Глава I. ОБЩИЕ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫЕ ОПЕРАЦИИ И РАБОТЫ

§ 1. Общие сведения о двухстадийном монтаже

Современный индустриальный монтаж электрооборудования производят в две стадии. На первой стадии осуществляют подготовительные работы. В состав этих работ входят составление технологической документации, комплектация и снабжение объекта, а также работы в мастерских электромонтажных заготовок (МЭЗ) и непосредственно на объекте монтажа. В МЭЗ производят изготовление нестандартных конструкций, заготовку элементов электрических сетей, укрупнительную сборку, регулировку и наладку оборудования с доведением монтажных блоков до полной заводской готовности.

В процессе строительства объекта представители электромонтажных организаций ведут контроль за возведением фундаментов, выполнением в строительных конструкциях ниш, каналов и отверстий, а также за установкой закладных деталей и устройств, необходимых для производства электромонтажных работ. В это же время электромонтажники выполняют подготовительные работы на объекте, разметку, пробивку борозд и отверстий, установку крепежных деталей, подготовку мест для установки электрооборудования.

На второй стадии проводят собственно электромонтажные работы непосредственно на объекте. Обычно их производят после завершения строительных работ. В состав электромонтажных работ входят сборка оборудования, поставляемого на объект по частям (из-за больших габаритов или масс), установка аппаратов и машин на места по проекту, крепление оборудования на основаниях и фундаментах, прокладка электрических сетей по подготовленным трассам и выполнение электрических соединений в соответствии с монтажными электрическими схемами.

При монтаже довольно часто встречаются операции, сущность и правила выполнения которых не изменяются в зависимости от вида электрооборудования. Условно их можно назвать общими электромонтажными операциями. Примерами таких операций служат разметка мест установки оборудования, разделка концов проводов и кабелей, прозвонка электрических цепей, контактное соединение токопроводящих жил и др.

§ 2. Электрические схемы

Понятие об электрических схемах. Электрическая схема представляет собой графическое изображение элементов электроустановок и их взаимосвязей. Для изображения схем применяют условные графические обозначения, установленные рядом ГОСТов, входящих в Единую систему конструкторской документации (ЕСКД).

В зависимости от назначения электрические схемы разделяют на структурные, функциональные, полные; схемы соединений, подключения, расположения. Условно первые три вида схем можно объединить в группу принципиальных схем, так или иначе поясняющих принципы устройства и работы электроустановок (рис. 1). Остальные

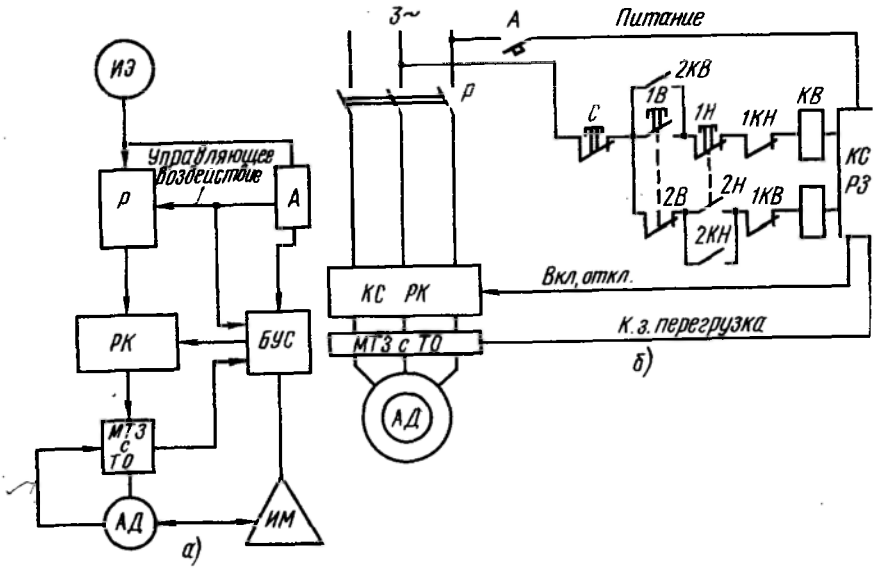


Рис. 1. Виды электрических схем:

а—структурная, *б*—функциональная; *ИЭ*—источник электроэнергии, *Р*—рубильник, *А*—автомат, *РК*—реверсивный контактор, *БУС*—блок управления и сигнализации, *МТЗ с ТО*—максимальная токовая защита с токовой отсечкой, *АД*—асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, *ИМ*—исполнительный механизм, *КС РК*—контактная система реверсивного контактора, *С*—кнопка «Стоп», *2КВ*—контакт самоблокирования питания обмотки КВ, *1В—2В*—кнопка «Вперед», *1Н—2Н*—кнопка «Назад», *1КН, 1КВ*—контакты блокировки от неправильных действий схемы, *КВ*—обмотка контактора «Вперед», *КС РЗ*—контактная система релейной защиты, *2КН*—контакт самоблокирования питания обмотки контактора «Назад»

три вида схем образуют группу монтажных схем, показывающих взаиморасположение элементов электроустановок или порядок электрических соединений между ними (рис. 2).

Использование электрических схем различного назначения способствует безошибочному проектированию, бездефектному монтажу и безаварийной эксплуатации электроустановок.

Маркировка электрических схем. Правила маркировки электрических схем установлены ЕСКД. Поскольку эти правила не охватывают всего разнообразия практических потребностей, для специфических случаев применяют нормали ведущих проектных организаций и заводов.

Основным графическим документом электроустановки является полная принципиальная электрическая схема. На полных схемах условные графические обозначения располагают двумя способами: совмещенным и разнесенным.

При совмещенном способе составные части оборудования изображают вместе подобно тому, как они расположены в натуре. Линии электрических связей (соединений) между частями различных элементов электроустановки в этом случае многократно пересекаются и приобретают сложную конфигурацию и большую общую длину. Чтение таких схем затруднительно.

При разнесенном способе действительного расположения частей аппаратов и оборудования не учитывают. Условные графические обозначения элементов одного аппарата могут располагаться в разных местах схемы и даже в разных ее частях, не связанных электрически между собой. Элементы схемы располагают так, чтобы линии соединений между ними были прямыми и короткими, что обеспечивает удобства чтения. Для установления принадлежности условного обозначения тому или иному аппарату, а также для указания количества элементов одного и того же аппарата вводят буквенно-цифровую маркировку аппаратов, их частей и цепей схемы.

Буквами обозначают наименование и назначение оборудования. Например, *ТТ*—трансформатор тока, *Др*—дроссель, *R*—резистор и т. д. Одинаковые аппараты отличают друг от друга порядковым номером, который проставляют после букв. Например, *ТТ1*, *ТТ2* и т. д.; *Др1*, *Др2* и т. д. Одинаковые элементы многоэлементных аппаратов (контакты, обмотки и др.) различают порядковыми номерами, проставляемыми перед буквами или после порядкового номера

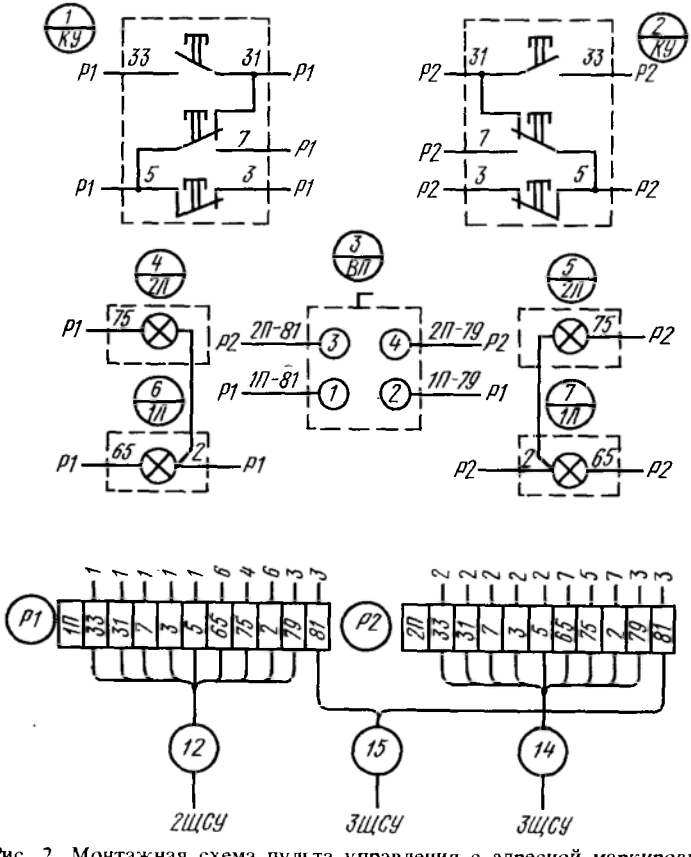


Рис. 2. Монтажная схема пульта управления с адресной маркировкой:
КУ—кнопка управления, *1Л*, *2Л*—сигнальные лампы, *ВП*—пакетный выключатель, *Р1*, *Р2*—рейки зажимов, *ЩСУ*—щит сигнализации и управления

аппарата дробью в знаменателе. Например, *1ТТ3, ТТ3/1, 3Р2, Р2/3* (первая обмотка третьего трансформатора тока, третий контакт второго реле) и т. д.

Буквенно-цифровое обозначение отдельного элемента на схеме называют позиционным и проставляют непосредственно около каждого графического обозначения сверху или справа от него. Номера обозначений последовательно проставляют слева направо и сверху вниз при горизонтальном расположении цепей или сверху вниз и слева направо при вертикальном их расположении.

Допускается позиционные обозначения элементов заменять только цифрами, представляющими сквозную нумерацию, начиная с единицы. В этом случае цифровое позиционное обозначение заключается в окружность. В некоторых случаях (в станциях управления) применяют параллельно порядковую нумерацию элементов и позиционные их обозначения. Записывают их дробью (в числителе — номер, в знаменателе — обозначение) и заключают в окружность (см. рис. 2). Порядковые номера облегчают поиск аппарата в схеме.

Маркировку цепей производят с учетом следующих положений.

1. Непрерывный участок цепи на обоих концах имеет одинаковую маркировку.

2. Все участки цепи, исходящие из одного общего узла, имеют одинаковую маркировку.

3. Цепь, проходящая через разъемные контактные соединения, маркировку сохраняет одинаковой по обе стороны разъема.

4. Маркировка меняется при прохождении цепи через элемент, на входе и выходе которого при включении его под напряжение имеется разность потенциалов, превышающая падение напряжения в соединительном проводе (размыкаемые контакты, катушки, резисторы и т. п.).

5. Маркировка участков цепей, соединенных с зажимами аппаратов, производится независимо от заводской или иной маркировки этих зажимов. Маркировка последних может проставляться рядом со схемной маркировкой, но каким-либо отличным способом (в скобках, в окружностях и т. п.).

6. Для маркировки используют, как правило, арабские цифры.

С целью упрощения изображения как принципиальных, так и монтажных схем применяют адресную маркировку. Существо этой маркировки состоит в том, что около зажимов соединяемых аппаратов кроме схемной маркировки изображают короткий участок соединительного провода. Сами соединительные провода не показывают. Отходящий от зажима участок снабжают отличительным знаком (точкой на конце, коротким штрихом, стрелкой). Около знака указывают адрес соединения — позиционное обозначение элемента, к которому должен быть присоединен второй конец соединительного провода. При соединениях аппаратов с рейками зажимов в качестве адреса указывают порядковый номер зажима (со знаком №).

Зажимы реек нумеруют сверх схемной маркировки последовательно от единицы слева направо и сверху вниз (при нескольких рядах реек или при их вертикальном расположении).

Существуют и другие способы обозначений при адресных маркировках. Так, часто отличительные знаки для обозначений адресных

линий не употребляют. Аппараты снабжают порядковыми номерами. Рейки порядковых номеров зажимов не имеют (см. рис. 2). На линиях адресов, отходящих от зажимов аппаратов, снабженных схемной маркировкой, указывают только адрес рейки в целом. На линиях адресов, отходящих от зажимов реек, имеющих схемную маркировку, указывают только порядковый номер аппарата. Этот способ обозначения адресов более других пригоден для автоматического вычерчивания схем.

Условия и порядок чтения схемы. Для успешного чтения электрических схем необходимо знать:

принцип действия, устройство и режимы работы электрооборудования, изображенного на схеме;

условия согласованности рабочих параметров аппаратов, совместно работающих в электроустановке, при которых обеспечивается работоспособность схемы;

типы электрических схем, их назначение и правила составления;

основные графические условные обозначения и правила маркировки в электрических схемах, а также правила пользования стандартами на условные графические обозначения.

Можно рекомендовать следующий общий порядок чтения и анализа электрических схем:

ознакомление с информацией, содержащейся в надписях на чертеже, таблицах и диаграммах, помещенных на его полях;

определение типа и назначения схемы, состава и назначения всех машин, аппаратов, приборов и т. п., входящих в изображенную на схеме установку;

определение системы схемной маркировки и структуры позиционных обозначений на схеме;

выделение частей схемы, объединенных общими функциями (цепей главного тока, управления, защиты, сигнализации и т. п.);

определение направлений электрических токов в схеме (расположения генераторов и приемников электроэнергии);

выявление типовых узлов электроустановки на схеме (схемы пуска двигателей, приводов выключателей, сигнализации положения отключающих аппаратов и т. п.);

нахождение на разнесенных схемах всех элементов каждого из аппаратов и установление их функций;

определение последовательности работы аппаратов в установке для основного рабочего режима и при реально возможных отклонениях от него — от исходного состояния схемы до конечных устойчивых ее состояний в каждом из рассматриваемых режимов;

оценка возможностей элементов схемы для выполнения заданных ей функций;

оценка согласованности рабочих параметров совместно работающих элементов, обеспечивающей работоспособность схемы;

анализ работы схемы в аварийных ситуациях (короткие замыкания, перегрузки, повреждение изоляции);

анализ последствий возможных отказов элементов схемы и оценка надежности электроустановки;

проверка выполнения условий безопасности установки во всех режимах работы.

Указанный порядок не претендует ни на полноту, ни на универсальность. Он является лишь иллюстрацией подхода к анализу электрической схемы при ее чтении. Необходимо иметь в виду, что чтение схемы и ее анализ производятся одновременно.

§ 3. Подготовительные работы

Разметка. Измерительной базой для разметки строительных конструкций служат осевые плашки и высотные реперы, устанавливаемые при геодезическом обосновании монтажа.

Осевые плашки служат для разметки главных осей строящихся объектов, фундаментов, технологического оборудования. Для разметки каждой из осей необходимы две плашки.

Осевая плашка представляет собой стальную пластину размерами 80×80 мм, заделанную в какое-либо строительное основание заподлицо с его поверхностью. На пластину кернером наносят стрелку, совпадающую с размечаемой осью и направленную в сторону второй плашки. В качестве оснований для плашек могут служить фундаменты оборудования или специальные бетонные тумбы, возвышающиеся над поверхностью грунта не менее чем на 200 мм. Тумбы имеют размеры (в плане) 500×500 мм.

Тумбу заглубляют на 200 мм ниже уровня промерзания грунта. На таких же тумбах или на поверхностях фундаментов располагают стальные пластины высотных реперов. На поверхности пластин клеймят цифры, указывающие их положение по высоте относительно нулевой геодезической отметки объекта (здания).Высотные реперы, расположенные на нулевой отметке, называют нулевыми и используют как базу для всех измерений по высоте. Количество и расположение нулевых реперов на объекте должны обеспечивать удобства строительства и монтажа.

Для линейных измерений при разметке используют стальные линейки, рулетки, а также штриховые инструменты с линейным нониусом с пределами измерения до 2000—4000 мм (с удлинительными элементами). Для выверки горизонтальности и вертикальности служат отвесы, угольники, брусковые (слесарные) и рамные уровни (рис. 3, *а*, *б*). Угловые измерения осуществляют с помощью универсальных слесарных угломеров. Малые углы (до 5′) измеряют с помощью слесарных уровней, оборудованных микрометрическими нониусами, градуированными в линейных отклонениях 0,01 мм на 1000 мм длины базы.

Разметочные риски отверстий наносят на строительные конструкции прочной быстросохнущей краской. Оси отверстий выходят за контуры последних так, чтобы разметка отверстий была видна и после их изготовления.

Разметку стен под оборудование производят от отметки чистого пола. Положение чистого пола отмечают на стене черной полосой 10×150 мм по предварительно нанесенной белой грунтовке. Для переноса отметки чистого пола на различные места разметки на стенах применяют гидростатический уровень или нивелир. Гидростатический уровень в простейшем варианте (рис. 3, *в*) представляет собой длинную резиновую трубку, концы которой надеты на стеклянные полые цилиндры с нанесенными на них шкалами. Трубку

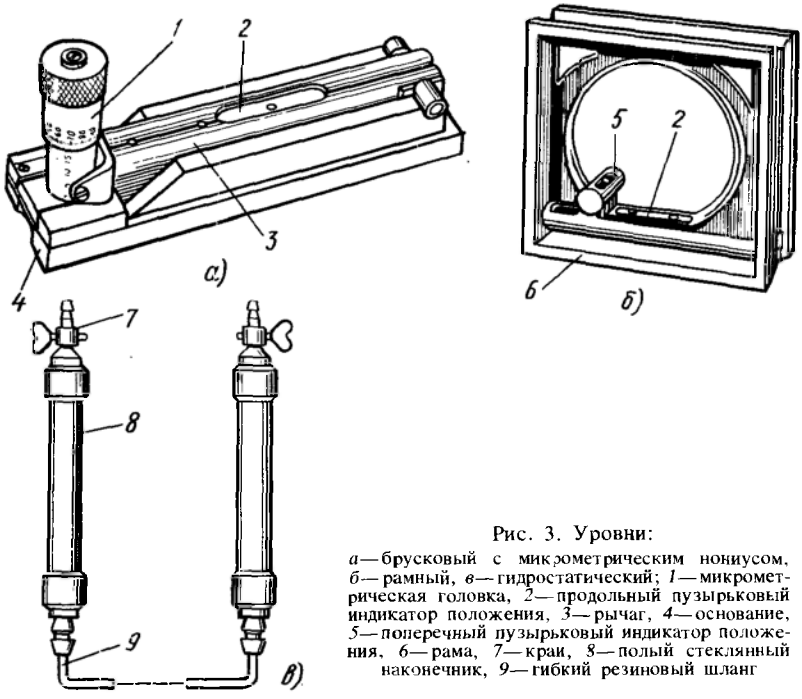


Рис. 3. Уровни:

а—брусковый с микрометрическим нониусом, *б*—рамный, *в*—гидростатический; *1*—микрометрическая головка, *2*—продольный пузырьковый индикатор положения, *3*—рычаг, *4*—основание, *5*—поперечный пузырьковый индикатор положения, *6*—рама, *7*—краи, *8*—полый стеклянный наконечник, *9*—гибкий резиновый шланг

заполняют окрашенной жидкостью так, чтобы она была видна в обоих стеклянных цилиндрах, а мениски жидкости находились на нулевых рисках шкал. Один из концов уровня устанавливают нулевым делением шкалы на имеющуюся отметку чистого пола. Второй конец уровня переносят в место разметки. Перемещая вертикально его мерный цилиндр, добиваются совпадения мениска жидкости с нулевой отметкой шкалы. Переносят нулевую отметку на стену и получают базу для разметки. Точность измерения гидростатическим уровнем может быть повышена при оборудовании его микрометрическими головками, снабженными микрометрическим винтом и нониусом.

Положение оборудования на стене должно соответствовать проекту. На стены наносят линии осей симметрии оборудования и отмечают места крепежных отверстий. Оси симметрии продолжают за контуры оборудования и отверстий.

Для разметки проводок применяют специальный разметочный инструмент (рис. 4). Трассы открытых проводок располагают относительно архитектурных линий интерьера помещения так, чтобы проводки по возможности были мало заметны. Для этого линии проводки располагают вдоль, а не поперек лучей света; трассу ведут, повторяя линии карнизов и других строительных элементов.

Начало места расположения проводки определяют по месту установки электроаппаратов, распределительных устройств и другого оборудования. Затем намечают уровень трассы проводки над чистым полом и все проходы сквозь строительные конструкции, повороты

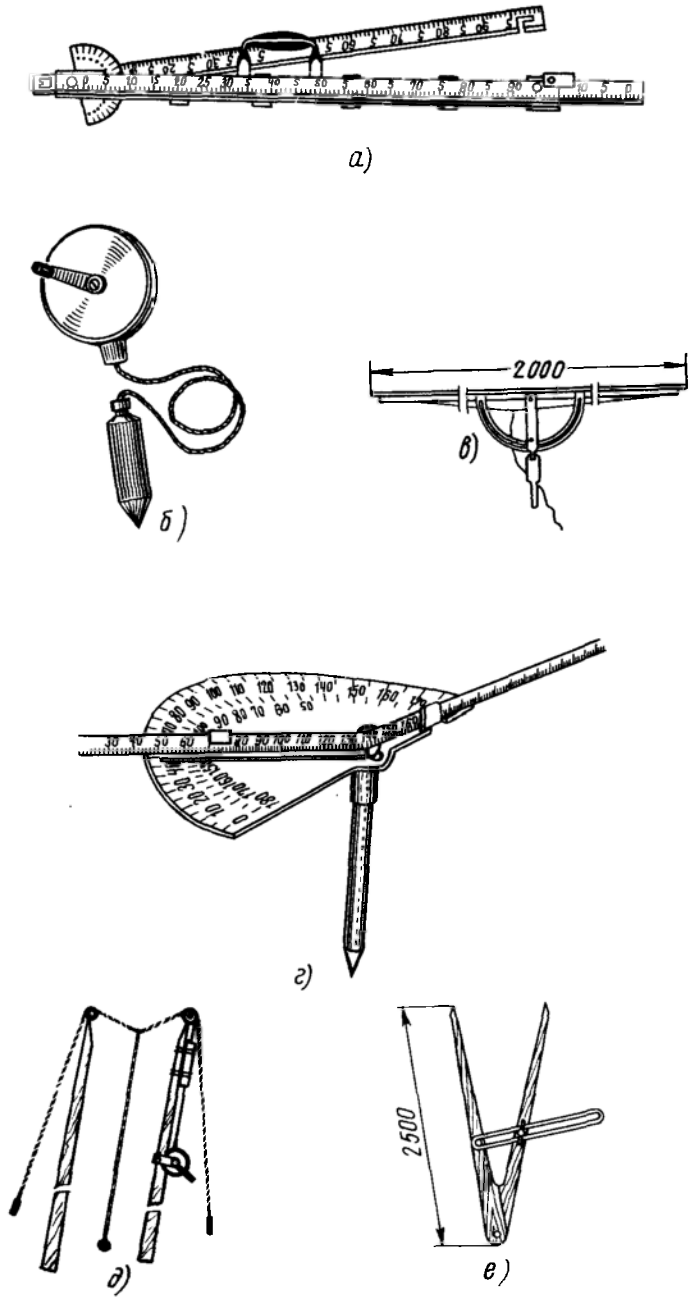


Рис. 4. Инструменты для разметки:
а — телескопическая линейка, *б* — рулетка-отвес, *в* — приспособление для отбивки линий, *г* — угломер, *д* — разметочные шесты с окрасочным приспособлением, *е* — разметочный циркуль

трассы и обходы препятствий. При нанесении разметочных линий руководствуются правилами расположения проводов и кабелей относительно других объектов (ПУЭ). Радиусы поворота трасс должны быть не меньше минимально допустимых радиусов изгиба проводов или кабелей, применяемых для проводки. При прокладке потоков проводов вертикальные потоки размещают симметрично оси трассы, а горизонтальные — на нормативном расстоянии от пола до нижнего провода потока. Верхний провод горизонтального потока прокладывают на расстоянии не менее 50 мм от линии карниза или не менее 100 мм от уровня потолка. Радиус поворота потока принимают по наибольшему из допустимых радиусов изгиба проводов.

Незащищенные открытые проводки напряжением выше 42 В располагают на высоте не менее 2 м в помещениях без повышенной опасности и не менее 2,5 м в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных. При напряжении до 42 В открытые проводки в любых помещениях прокладывают на высоте не ниже 2 м. Высота прокладки защищенных проводов, проводов и кабелей в трубах, коробах, металлорукавах не нормируется.

Одиночные светильники размещают в центре потолка. Несколько светильников располагают на пересечении диагоналей одинаковых прямоугольников, на которые разбивают потолок. В некоторых случаях разметку производят на полу, перенося точки подвеса светильников с пола на потолок с помощью отвесов.

Места установки анкерных (крепежных) деталей сначала размечают у приборов и аппаратов, на поворотах, ответвлениях, а затем — в промежуточных пролетах. Расстояние между точками крепления принимают по нормам (ПУЭ).

При разметке скрытых сменяемых проводок линии борозд наносят по кратчайшим расстояниям между предварительно размеченными местами установки выключателей, розеток, ответвительных и протяжных коробок и т. п. Трассы несменяемых проводок размечают строго по вертикали и горизонтали.

Линии при разметке наносят на строительные основания мелом, углем, карандашами. При больших длинах разметочных линий их отбивают разметочным шнуром, окрашенным синькой, сухой охрой или другими красящими веществами. Иногда вместо отбивки линий натягивают струну из стальной проволоки.

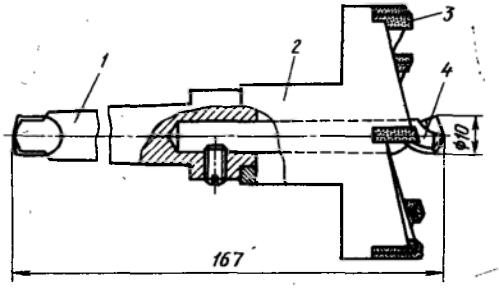


Рис. 5. Коронка КГС:
1 — конус, 2 — головка, 3 — зуб из твердого сплава, 4 — центрирующее сверло

Пробивные работы. Пробивные работы отличаются большой трудоемкостью и, как правило, производятся с применением средств малой механизации.

Круглые сквозные и глухие отверстия сверлят электросверлилками легкого, среднего и тяжелого типов со сверлами различных длин (250—700 мм), ∅ до 28 мм, снабженными твердосплавными пластин-

ками на режущих кромках. Для работ по дереву и металлу используют сверла-перки и спиральные нормальные сверла. Для изготовления отверстий в кирпичных и гипсобетонных основаниях под скрытые коробки используют коронки КГС (рис. 5) и шлямбурные резцы РШ. При работах на твердых основаниях применяют инструменты ударно-поворотного и ударно-вращательного действия, например электромагнитобур СЦ-2 (рис. 6), питаемый от специального преобразователя УПЭБ.

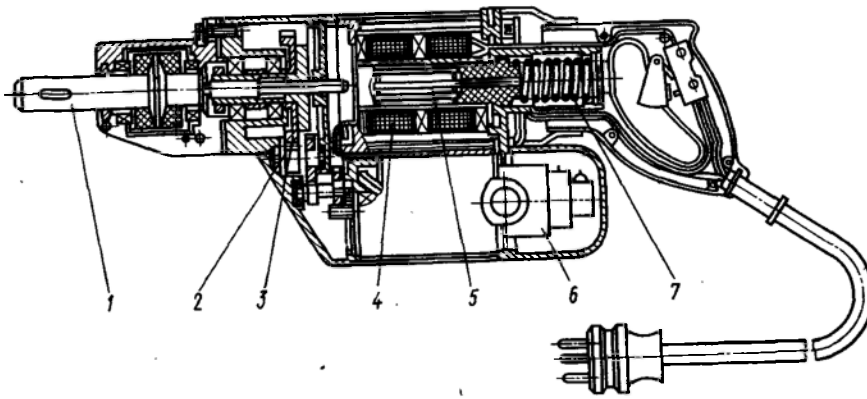


Рис. 6. Электромагнитобур СЦ-2:
1—шпиндель, *2*—трехступенчатый цилиндрический редуктор, *3*—фрикционная муфта, *4*—двигатель ударного механизма, *5*—боек, *6*—двигатель вращательного механизма, *7*—буферная пружина

При наличии сжатого воздуха используют пневмомолотки РБ-45 с трубчатыми пробойниками ПТ-28 и пикой-ломиком ПЛ-1. С помощью пики-ломика удобно изготовлять ниши и борозды. Для создания борозд применяют механизм выборки борозд МВБ-2 с электроприводом (рис. 7) и усовершенствованный механизм МВБ-2М с двойной электроизоляцией привода, а также электробороздодел ИЭ-6401. Рабочим инструментом в этих механизмах является фреза, прорезающая борозду глубиной 20 мм и шириной 7—8 мм. Бороздодел ИЭ-6401 снабжен сверлильной насадкой, позволяющей высверливать отверстия ∅ 75 мм. Для выборки широких борозд фрезеруют параллельные борозды, а промежуток между ними скалывают. Для пробивки отверстий ∅ до 40 мм в пустотных железобетонных плитах применяют пороховую ударную колонку УК-2М (рис. 8) с патронами В и Г и усовершенствованную колонку УК-6 с патронами МПУ.

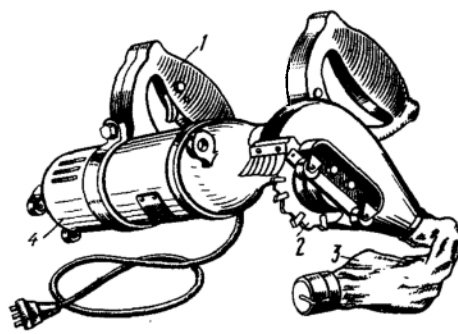


Рис. 7. Механизм для выборки борозд МВБ-2:
1—рукоятка, *2*—фреза, *3*—пылесборник, *4*—электропривод

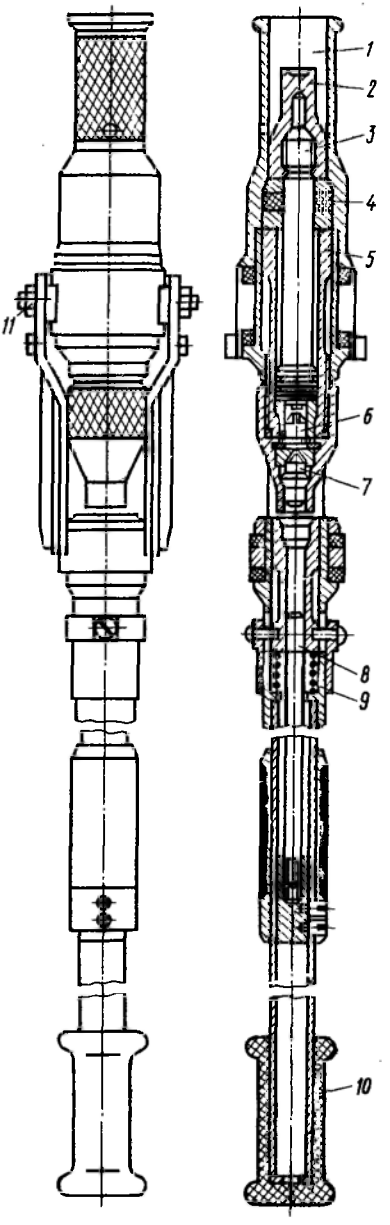


Рис. 8. Пороховая ударная колонка УК-2М:

1 — направляющий цилиндр, *2* — пробойник, *3* — поршень, *4* — амортизатор, *5* — ствол, *6* — патрон, *7* — боек, *8* — ударник, *9* — возвратная пружина, *10* — подпятник, *11* — ось

Глубина пробивки составляет 15—50 мм.

Для ручной пробивки отверстий под закладные дюбели применяют пробойники типов ПО-1 (∅ 5,8 мм) и ПО-2 (∅ 7,8 мм). Для удобства работы пробойники устанавливают в предохранительную оправку ОПКМ.

С помощью скарпели СТ длиной 800 мм и ∅ 20 мм с твердосплавной напайкой пробивают борозды в бетоне.

К пробивным работам относятся изготовление отверстий для вмазки анкерных деталей, борозд для прокладки скрытых проводок, гнезд и ниш для ответвительных и установочных коробок, групповых щитков, а также проходов трасс сквозь стены и перекрытия.

Готовые борозды и отверстия очищают от строительного мусора. В гнезда трасс скрытых проводок помещают установочные, ответвительные и протяжные коробки так, чтобы их лицевые крышки и панели находились в плоскости стен. Крепление коробок в гнездах производят «примораживанием» алебастровым раствором или другими способами. В бороздах сменяемых скрытых проводок укладывают трубы в соответствии с проектом, вводя их внутрь коробок на 5—7 мм. Одиночные трубы фиксируют в бороздах примораживанием. Потоки труб укрепляют деревянными распорками или проволочной зигзагообразной вязкой.

Сложные трубные блоки, замоноличиваемые в фундаменты и другие строительные основания, монтируют в период строительства.

Трубные пакеты и блоки изготовляют в мастерских электромонтажных заготовок (МЭЗ) по замерным эскизам.

В полах помещений укладываются трубные заготовки модульных проводок, если последние предусмотрены проектом.

Трубы замоноличивают бетонным раствором, слой которого над верхней трубой пакета или блока должен быть толщиной не менее 20 мм для стальных и не менее 50 мм для неметаллических труб. Зазор между трубами в местах их пересечения друг с другом должен быть не менее 10 мм. Трубы прокладывают с небольшим уклоном; в наинизших точках магистралей устанавливают дренажные коробки (типа протяжных). Перед бетонированием контролируют качество соединения труб и непрерывность цепей заземления. После этого концы труб надежно закрывают специальными пластмассовыми колпаками и составляют акт на скрытые работы.

Установка анкерных деталей. Анкерными называют детали, прочно соединяемые со строительными основаниями и предназначенные для закрепления на них оборудования непосредственно или с помощью промежуточных опорных конструкций. В зависимости от условий монтажа применяют следующие способы установки анкерных деталей: 1) на вмазке с помощью армировочных составов (замазок); 2) на закладных распорных дюбелях; 3) на забиваемых в основание высокопрочных стальных гвоздевых дюбелях; 4) приклеиванием (для анкерных деталей специального изготовления). Для вмазки применяют анкерные детали и изделия, заглубляемая часть которых имеет развитую форму (рис. 9 и 10). Это обеспечивает надежное сцепление анкеров со строительной конструкцией после твердения армировочных составов, в качестве которых часто применяют портландцементные замазки (табл. 1).

Таблица 1. **Составы портландцементных замазок**

Виды замазки	Компоненты, мас.ч.							
	Цемент марки 600	Цемент марки 400	Цемент любой марки	Речной песок	Фарфоровая крошка	Кирпичная крошка или мелкая щебенка	Жидкое стекло	Раствор хлористого кальция плотностью 1,04
Быстросхватывающаяся	200	—	—	—	100	—	—	100
№ 1	—	100	—	150	—	—	—	—
№ 2	—	—	100	200	—	—	30	—
№ 3	—	—	100	300	—	До необходимой консистенции	—	—

Примечание. Количество воды в составе замазок определяется требуемой консистенцией, которая должна исключать растекание замазки.

Для вмазки мелких анкеров применяют алебастр (гипсовый порошок), разведенный до густоты сметаны в воде. Иногда в его состав добавляют наполнитель — кирпичную крошку. Алебастровый раствор быстро схватывается. Поэтому разводить его надо в таких количествах, которые можно успеть использовать до схватывания.

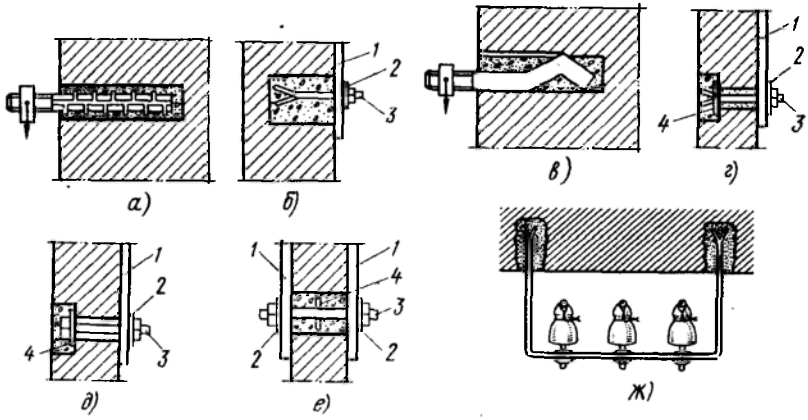


Рис. 9. Различные анкерные детали, крепящиеся на вмазке:
а, б, в, г—штыри, *д*—болт, *е*—сквозная шпилька, *ж*—скоба; *1*—основание закрепляемого объекта, *2*—стальная шайба, *3*—штырь, болт или шпилька, *4*—анкерная шайба

Алебастровый раствор удобно разводить в специальном резиновом полусферическом сосуде—гипсовке, из которой легко удаляются затвердевшие остатки раствора.

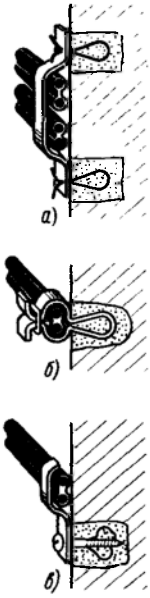


Рис. 10. Способы крепления проводов на вмазке:
а—скобой и усами, *б*—полоской с пряжкой, *в*—скобой и шурупом со спиралью

Технология вмазки анкеров складывается из следующих операций: разметки и пробивки отверстия; продувки отверстия сжатым воздухом для удаления мелкой крошки и пыли, препятствующих сцеплению замазки с внутренней поверхностью отверстия; промывки—смачивания внутренней поверхности отверстий струей воды, что обеспечивает хорошее сцепление замазки с отверстием; установки анкерной детали хвостовиком в отверстие по разметке; временного закрепления анкерной детали в отверстии при помощи распорок, растяжек, клиньев и других крепежных деталей; приготовления состава; заполнения составом пустот между стенками отверстия и хвостовиком анкера (состав закладывают в несколько приемов, каждый раз тщательно уплотняя его металлическим тупым стержнем; мелкие анкеры устанавливают после заполнения отверстия составом путем вдавливания хвостовика анкера в состав; излишки состава удаляют шпателем); твердения армировочного состава; удаления временных упоров и растяжек, установленных для фиксации анкера в отверстии; зачистки наружной части вмазки от неровностей, наплывов и потеков раствора.

Закладные дюбели (рис. 11) для крепления электрооборудования к строительным основа-

ниям применяют двух типов: с распорной гайкой (ДГ) и капроновые (ДК). Дюбели ДК крепят шурупами (рис. 12) и глухарями, дюбели ДГ — болтами в заранее приготовленном отверстии. При завертывании крепежного шурупа или болта в тело дюбеля создается распор, который удерживает его в отверстии. Для повышения прочности креплений целесообразно отверстия изготовлять так, чтобы дюбели входили в них плотно (лучше с молотка). Глубину отверстий следует делать такой, чтобы дюбель в отверстии утапливался полностью, но не проваливался в него. Наибольшей прочностью обладают дюбели в кирпичных и бетонных основаниях. Удерживающие усилия дюбелей ДГ-40 — ДГ-100 (цифры обозначают длину болтов) с болтами М6×40 — М16×100 составляют 2100—9000 Н в бетоне и 2000—7300 Н в кирпиче, а дюбелей ДК-3,4÷ДК-16 (цифры означают диаметры шурупов или глухарей) — 500—9000 Н в бетоне и 300—7300 Н в кирпиче. Такие значительные допустимые нагрузки на капроновые дюбели и дюбели с распорной гайкой создают условия для их широкого применения. Особенные преимущества вследствие простоты, дешевизны и легкости имеют дюбели ДК.

Гвоздевые дюбели (рис. 13) могут быть забиты в прочные строительные основания, включая стальные. В зависимости от объема и условий производства работ для забивки гвоздевых стальных дюбелей применяют ручные и пиротехнические оправки (рис. 14) или поршневой строительно-монтажный пистолет ударного действия ПЦ-52 (рис. 15).

Стальные гвоздевые дюбели различают по типу соединений и назначению. Для неразъемного соединения (рис. 16) применяют дюбель-гвозди ДГП и ДГПМ. Первые используют для кирпичных, бетонных, вторые — для металлических (стальных) оснований. Для разъемных креплений служат дюбель-винты ДВП и ДВПМ. Диаметр головок дюбелей соответственно калиб-

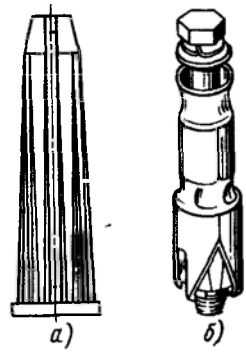


Рис. 11. Крепежные дюбели:
а — капроновый, *б* — со стальной распорной гайкой

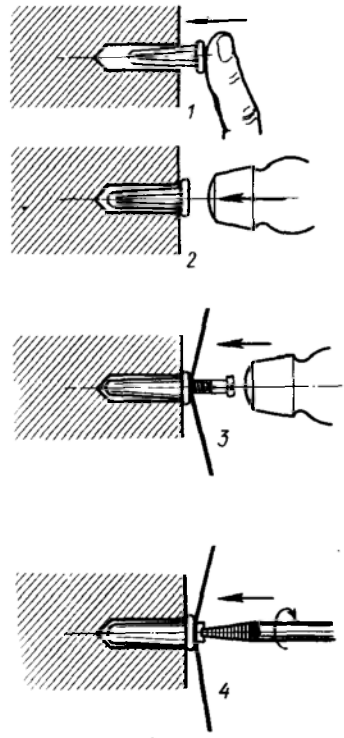


Рис. 12. Порядок установки капронового дюбеля:
1, 2, 3, 4 — последовательность операций

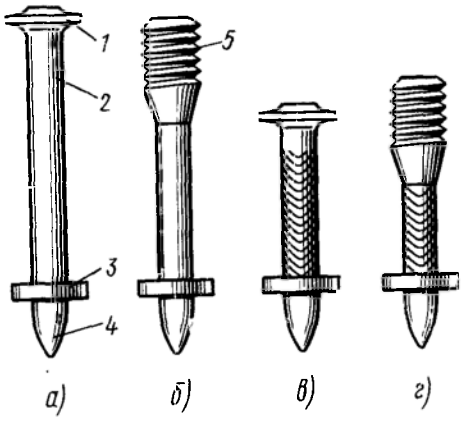


Рис. 13. Стальные гвоздевые дюбели: *а*—ДГП, *б*—ДВП, *в*—ДГПМ, *г*—ДВПМ; *1*—дисковая головка, *2*—стержень, *3*—стальная шайба, *4*—жало, *5*—резьбовая головка

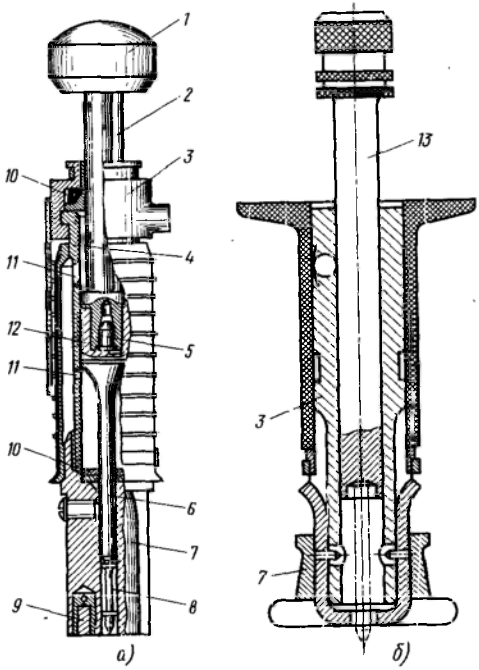


Рис. 14. Оправки для забивки дюбелей: *а*—пиротехническая ОДП-6, *б*—ручная; *1*—концевая гайка, *2*—зарядный шток, *3*—запорная гайка, *4*—корпус, *5*—патрон, *6*—поршень, *7*—фланец, *8*—дюбель, *9*—магнитный фиксатор, *10*—амортизатор, *11*—выхлопное отверстие, *12*—обойма с бойковым выступом, *13*—ударник

рам сменных стволов пистолета составляет 8 или 10 мм. Головки дюбель-винтов имеют метрическую резьбу. Для предотвращения деформации захода резьбы на конце головки выполнена глубокая фаска. На заостренный конец дюбеля для расположения его по центральной оси канала пистолета надеваются стальные насадные шайбы или пластмассовые колпачки. Дюбели для стальных оснований имеют накатку длиной 20 мм, увеличивающую сцепление дюбеля с основанием. Дюбели изготовляют из качественных конструкционных сталей марок 60, 65, 70, 60Г, 65Г и подвергают термообработке; это обеспечивает их высокую прочность.

Обозначение марки дюбеля состоит из буквенной и цифровой частей. Последняя представляет собой произведение диаметра стержня или резьбы на длину дюбеля. Дюбели ДГП выпускают размерами от 3,5×40 до 6,8×100 мм; дюбели ДГВ — от М8×30 до М10×60 мм. Дюбели ДГПМ и ДГВМ изготовляют размерами 3,5×20—4,5×50 и М8×30—М10×60 мм.

Пороховые патроны для забивки дюбелей с помощью пиротехнических инструментов подразделяются на две группы — длинные (Д) и короткие (К). В каждой группе предусмотрены четыре номера патронов калибра 6,9 мм, отличающихся друг от друга массой заряда без-

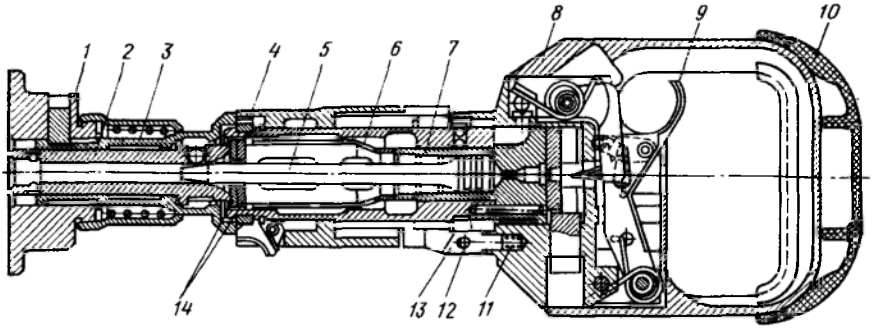


Рис. 15. Монтажный поршневой пистолет ПЦ-52:
1—прижим, *2*—направитель № 1, *3*—наконечник № 1, *4*—муфта, *5*—поршень № 1, *6*—рассекатель № 1, *7*—ствол № 1, *8*—коробка с рукояткой, *9*—спусковой крючок, *10*—рукоятка пистолета, *11*—пружина упора, *12*—ось, *13*—упор, *14*—амортизатор

дымного пороха (0,2—0,4 г). Наименее мощным является заряд в патроне К1, наиболее мощным — в патроне Д4. Патроны отличают по условной окраске. Для поршневого пистолета применяют любые патроны и дюбели, выпускаемые промышленностью. Оправка ОДП-6 применяется с патронами К1 — К4 для забивки дюбелей размерами 4,5×40 мм в бетонные основания, выполненные на цементе марки до 500 включительно. При этом обеспечивается пристрелка стальных деталей толщиной до 6 мм.

Технология забивки гвоздевых дюбелей складывается из следующих операций: выбора типа дюбеля, группы и номера патрона; подготовки основания к забивке; разметки места забивки; подготовки анкера к креплению и его установки, забивки дюбеля (пристрелки анкера); контроля качества забивки.

Размеры дюбеля и его тип определяются видом соединения, прочностью основания и массой монтируемого оборудования. Допускаемая нагрузка на один дюбель в зависимости от материала строительного основания и размеров дюбеля составляет для бетонов 200—2000 Н, для керамзитобетонов 40—80 Н, для стальных конструкций 70—700 Н. Для менее прочных оснований выбирают длинные дюбели. Длина рабочей части дюбелей для забивки в сталь должна быть равна толщине основания. Острие дюбеля после забивки должно несколько выступать с противоположной стороны основания. Диаметр дюбеля выбирают тем большим, чем больше масса прикрепляемого оборудования. Конструкция головки дюбеля

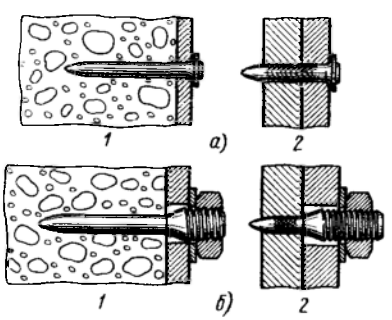


Рис. 16. Соединения гвоздевыми дюбелями:
а—неразъемные (*1*—стальной детали с бетонным основанием, *2*—стальной детали со стальным основанием), *б*—разъемные (*1*—стальной детали с бетонным основанием, *2*—стальной детали со стальным основанием)

предопределена устройством крепежных деталей оборудования. Чем прочнее основание и больше размеры дюбеля, тем большей должна быть мощность патрона. Таким образом, выбор патрона во многом определяется выбором дюбеля.

Подготовка основания к забивке заключается в осмотре основания, ориентировочной оценке его прочности и толщины, проверке отсутствия дефектов структуры или элементов арматуры в месте забивки и в обеспечении плоскостности опорной площадки для пиротехнического инструмента. Место забивки дюбеля должно быть удалено от края основания из бетона или кирпича не менее чем на 80 мм; для стали это расстояние составляет 15 мм. В кирпичных основаниях точка забивки должна находиться на некотором расстоянии от растворных швов. Край пробиваемой дюбелем детали должен быть удален от точки забивки на 10 мм для металлических и

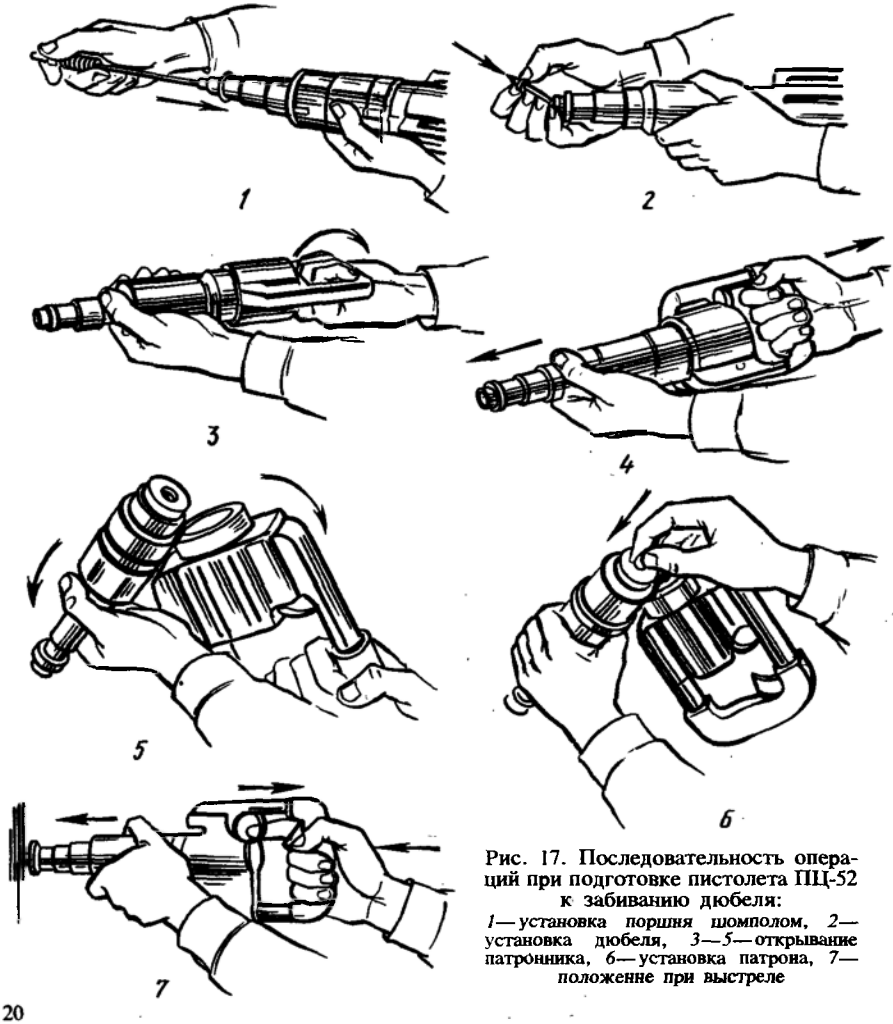


Рис. 17. Последовательность операций при подготовке пистолета ПЦ-52 к забиванию дюбеля:
1—установка поршня шомполом, *2*—установка дюбеля, *3—5*—открывание патронника, *6*—установка патрона, *7*—положение при выстреле

на 15 мм для пластмассовых и деревянных деталей. Последовательность операций подготовки пистолета ПЦ-52 к забиванию дюбеля показана на рис. 17.

Качество забивки считается удовлетворительным, если дюбель забит до основания головки и перемещение анкера относительно забитого дюбеля исключается полностью. При неправильном выборе патрона в случае его избыточной мощности головка дюбеля утапливается в тело анкерной детали. Это уменьшает прочность соединения в сравнении с расчетной. Если же мощность патрона недостаточна, то дюбель забивается неполностью. Его забивка производится повторно, при этом используют патрон минимальной мощности.

Потолочные крепления пристрелкой следует выполнять несколькими дюбелями. Прочность забивки каждого из них испытывают приложением нагрузки 800 Н.

К работе с пороховыми инструментами допускаются совершеннолетние монтажники, прошедшие специальное обучение. Обращаются с инструментами в соответствии с прилагаемыми к ним инструкциями.

Крепление оборудования на фундаментах. Электрооборудование располагают на фундаментах, перекрытиях, полу или стенах в зависимости от массы и характера нагрузок, создаваемых при работе. В качестве опорных служат сварные конструкции из прокатных профилей. Тяжелое оборудование размещают на прочных фундаментных плитах, устанавливаемых на фундаментах. Менее тяжелое оборудование монтируют на облегченных фундаментных или опорных рамах. Рамы обычно изготовляют из швеллера при горизонтальном расположении его полок. При монтаже оборудования на легких ленточных фундаментах и на черном полу верхнюю полку рамы устанавливают в плоскости чистого пола.

Крепление оборудования к фундаментам производят с помощью болтов. Болты устанавливают в тело фундамента при его изготовлении (рис. 18, *а*). В полах, перекрытиях, а также фундаментах сложной формы делают сквозные или глухие отверстия. При сквозных отверстиях для крепления оборудования применяют анкерные болты (рис. 18, *б*), а при глухих — фундаментные дюбели (рис. 19) или самоанкерующиеся болты (рис. 20). Дюбели и самоанкерующиеся болты применяют также при необходимости дополнительных креплений на фундаментах.

Фундаментные дюбели отличаются от самоанкерующихся болтов тем, что распор, созданный в дюбелях при забивании клиньев, не изменяется с приложением нагрузки, а приложение нагрузки к болтам увеличивает распор. Применение фундаментных дюбелей и самоанкерующихся болтов обеспечивает более точную фиксацию оборудования, исключает необходимость устройства в фундаментах колодцев и позволяет крепить его непосредственно после установки дюбелей и болтов. Этим они выгодно отличаются от обычных фундаментных и анкерных болтов. Недостатками фундаментных дюбелей и самоанкерующихся болтов являются сложность их устройства и необходимость сверления отверстий. Отверстия сверлят после установки и выверки фундаментной плиты на фундаменте. Крепежные отверстия в плите используют как отверстия кондукто-

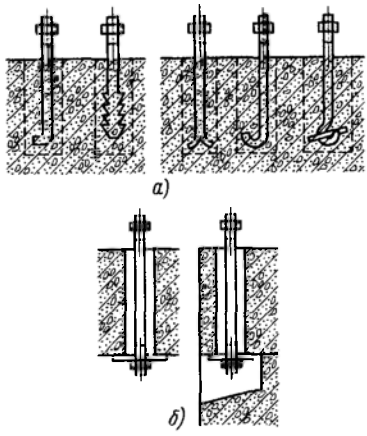


Рис. 18. Крепежные фундаментные болты:
а — фундаментные болты в колодцах, *б* — анкерные болты

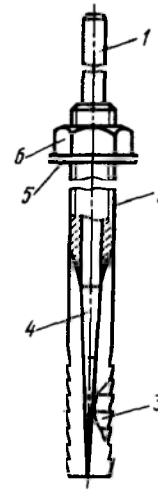


Рис. 19. Фундаментный дюбель:
1 — съемный шток, *2* — шпилька, *3* — распорная часть дюбеля, *4* — клин, *5* — шайба, *6* — гайка

ра. Фундаментные дюбели и самоанкерующиеся болты различаются по конструкции. Однако принципы их монтажа одинаковы.

Для установки дюбеля (см. рис. 19) съемным штоком *1* забивают клин *4* в конусное отверстие полой шпильки *2*. Нижний конец шпильки имеет продольные прорези, позволяющие осуществить распор. Для улучшения сцепления с фундаментом на поверхности полой шпильки сделаны упорные кольцевые проточки.

Положение фундаментных плит и рам в пространстве обычно регулируют, устанавливая между ними и фундаментами монтажные подкладки. Подкладки изготовляют из чугуна или стали; при этом расходуются на второстепенные нужды дефицитные материалы.

Бесподкладочный метод монтажа фундаментных плит и рам электрических машин хорошо сочетается со способом установки анкерных болтов на эпоксидных высокопрочных клеях. Анкерные колодцы пробуривают в готовом фундаменте по кондуктору или с разметкой по шаблону. Диаметр колодца должен быть на 8—10 мм больше диаметра анкерного болта при глубине не менее 10 диаметров анкерного болта. Готовые колодцы очищают от продуктов бурения и продувают сжатым воздухом.

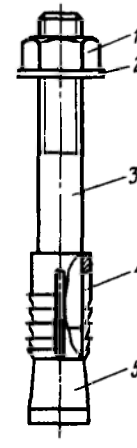


Рис. 20. Самоанкерующийся болт:
1 — гайка, *2* — шайба, *3* — болт, *4* — распорная втулка, *5* — конусная головка

Над колодцами устанавливают фундаментную плиту на винтовых установочных домкратах, представляющих собой массивную гайку, опирающуюся на фундамент, и ввернутый в нее болт, упирающийся головкой в плиту снизу. После выверки положения плиты с помощью домкратов через ее крепежные отверстия над колодцами заливают приготовленный клей. Затем через те же отверстия погружают в клей тщательно очищенные и обезжиренные анкерные болты и выверяют их положение относительно отверстия, временно фиксируя их относительно плиты. Через 24 ч после этого предварительно затягивают резьбу анкерных болтов. Окончательную затяжку производят после подливки под плиту бетонного раствора не ранее чем через 72 ч после установки болтов. Однако, если температура окружающей среды ниже +15° С, то время должно быть увеличено до 240 ч.

В качестве клея применяют состав из 100 мас. ч. пластифицированной эпоксидной смолы ЭД-6, 15 мас. ч. полиэтиленполиамина в качестве отвердителя и 20 мас. ч. кварцевого песка, выполняющего функцию наполнителя. Смолу пластифицируют 20 мас. ч. дибутилфталата при 70° С и при тщательном перемешивании в течение 10—15 мин. Жизнеспособность клея составляет 1,5 ч, поэтому его приготовляют частями, масса которых не превышает 5—7 кг.

§ 4. Разделка проводов и кабелей

Последовательность операций при разделке проводов и кабелей

Разделку проводов и кабелей производят в следующем порядке:

определяют размеры разделки в зависимости от конструкции проводника и вида соединительного или концевого устройства, пользуясь справочниками;

производят разметку разделки при помощи кабельных линеек или шаблонов;

в процессе ступенчатой разделки накладывают несколько витков фиксирующих бандажей из оцинкованной стальной или медной проволоки, крученого шпагата, кордовой или капроновой нити, суровых ниток, а также хлопчатобумажной или пластмассовой ленты;

производят кольцевое поперечное и линейное продольное надрезание оболочек, подлежащих удалению (брони, свинцовых, алюминиевых, пластмассовых оболочек, монолитной изоляции);

снимают или сматывают удаляемые покровы;

разводят концы жил многожильных проводников, т. е. придают им форму и расположение, удобные для последующей разделки;

обрабатывают оголенные концевые участки токопроводящих жил: производят операции зачистки до металлического блеска, лужения, покрытия флюсами, кварцевазелиновой пастой или токопроводящим клеем, сплавления многопроволочной жилы в монолит.

Необходимо отметить, что состав операций зависит от конструкции проводников. В полном объеме они осуществляются для силовых кабелей с бумажной изоляцией. Для простейших проводников технология разделки сводится лишь к снятию поливинилхлоридной изоляции и обработке жилы.

Инструменты для разделки проводов и кабелей

Для разделки проводов и кабелей применяют специальные инструменты, при правильном использовании которых исключается брак и повышается производительность труда.

Для резки отдельных медных и алюминиевых жил, а также небронированных и бронированных кабелей применяют секторные ножницы (рис. 21) трех типоразмеров: НС-1, НС-2 и НС-3 (табл. 2).

Таблица 2. **Характеристики секторных ножниц**

Тип	Максимальное сечение, мм²						Габариты, мм	Масса, кг
	разрезаемых жил		разрезаемых кабелей с жилами					
			небронированных		бронированных			
	алюминиевых	медных	алюминиевыми	медными	алюминиевыми	медными		
НС-1	70	50	—	—	—	—	200×75×20	0,35
НС-2	240	150	3×70	3×25	—	—	385×135×28	1,1
НС-3	—	—	—	—	3×240	3×150	660×200×38	2,8

Большие усилия, создаваемые на ножах ножниц, обеспечиваются рычажно-храповым механизмом, приводимым в действие качанием подвижной рукоятки. Амплитуда качания ножниц должна быть тем меньше, чем больше сопротивление при резке.

Размеры разделок силовых кабелей напряжением до 10 кВ, соединяемых в чугунных, эпоксидных и свинцовых муфтах, определяют при помощи кабельных линеек ЛК-1 (до 1 кВ) и ЛК-2 (6—10 кВ).

Проволочные бандажи для закрепления брони кабеля накладывают с применением клетневки (рис. 22, *а*). Это приспособление представляет собой деревянный брусок с рукояткой и полуобоймой для наложения на кабель. При вращении клетневки вокруг кабеля (рис. 22, *б*) бандажная проволока, проходя по ее кривому каналу, натягивается. При необходимости регулировать натяжение проволоки применяют клетневку с катушкой, на которой намотана бандажная проволока. Для регулирования натяжения проволоки поворачивают в ту или другую сторону барашковую гайку на оси катушки, тем самым сжимая или ослабляя ее обойму.

Проволоку укладывают вдоль кабеля в месте наложения бандажа. Отмечают начало наложения бандажа и изгибают проволоку по

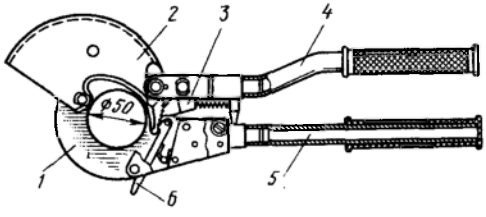


Рис. 21. Секторные ножницы НС-2: *1*—неподвижный нож, *2*—подвижный нож, *3*—ходовая собачка, *4*—подвижная рукоятка, *5*—неподвижная рукоятка, *6*—стопорная собачка

метке на 90°. Вращая клетневку вокруг кабеля и следя за плотной укладкой витков, накладывают бандаж заданной длины в направлении к концу кабеля (по проволоке). Конец последнего витка скручивают с началом проволоки и обрезают (рис. 23, *а*).

Для наложения мягких бандажей из шпагата или ниток применяют простое приспособление, состоящее из катушки с бандажным материалом, вкладываемой в корпус, снабженный направителем нити. Схема наложения и затяжки бандажа показана на рис. 23, *б*.

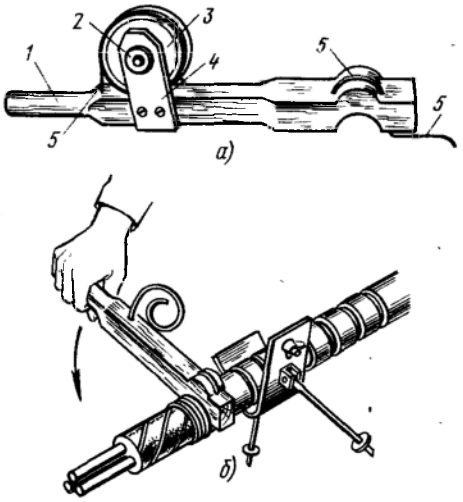


Рис. 22. Наложение бандажа с помощью клетневки:
а — устройство клетневки, *б* — положение клетневки при бандажировании; *1* — рукоятка, *2* — ось, *3* — бобина, *4* — кронштейн, *5* — бандажная проволока

Стальную броню кабелей надрезают перед снятием при помощи бронерезки (рис. 24). Высота режущей части бронерезки, выступающей из ограничителя, не должна превышать общей толщины брони.

Для кольцевых, спиральных и продольных надрезов свинцовых и алюминиевых оболочек кабелей служат специальные ножи (рис. 25 и 26) с регулируемой глубиной резания. Глубина резания устанавливается так, чтобы сквозного прорезания оболочек не происходило. Оставшуюся тонкую перемычку разрывают при удалении оболочек. Спиральный надрез выполняют на алюминиевых оболочках. Для этого державку режущего ролика ножа (рис. 26) поворачивают в посадочном гнезде в специально предусмотренное фиксированное положение, при котором плоскость режущей кромки ролика наклонена относительно оси кабеля под углом 45°.

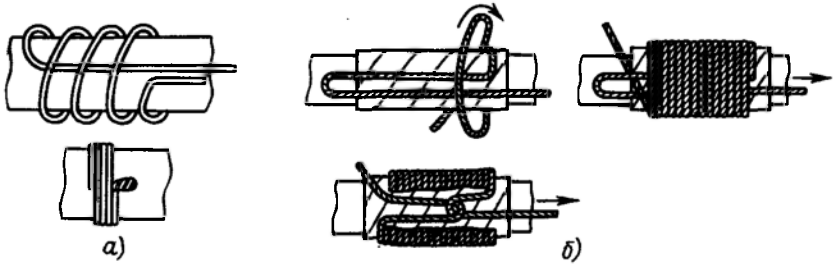


Рис. 23. Схемы наложения бандажей:
а — проволочных, *б* — мягких

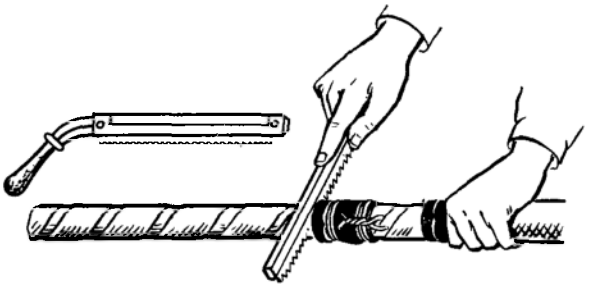


Рис. 24. Надрезание металлических оболочек бронерезкой

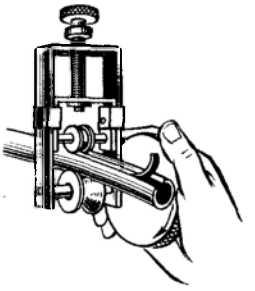


Рис. 25. Нож для продольного надрезания металлических оболочек

Пластмассовые оболочки проводов и кабелей надрезают вдоль торцовыми кабельными ножами двутаврового сечения с режущей кромкой на торце стойки сечения. Надрезы любого направления на пластмассовых оболочках производят кривым лезвием монтерского ножа с внутренней режущей кромкой.

Для удаления с токопроводящих жил проводов пластмассовой изоляции предназначены термоклещи ТК-1 (рис. 27). Специальные губки клещей оборудованы наборами кольцевых и продольных ножей для проводов с жилами сечением 1,5—6 мм^2. На губках установлены закрытые электронагреватели, питаемые от понижающего трансформатора при напряжении 36 В. Температура нагрева ножей в продолжительном режиме достигает 200° С. Снятие изоляции клещами ТК-1 можно произвести не только на конце проводника, но и на любом другом его участке. При зажиме проводника в то или иное гнездо губок одновременно работают два кольцевых и два продольных ножа, диаметрально противоположных относительно провода. В результате изоляция на оголяемом участке оплавляется и отпадает.

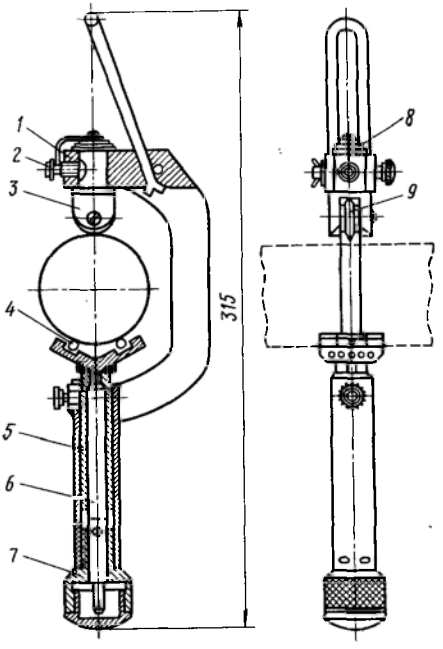


Рис. 26. Нож для поперечного и винтового надрезания алюминиевых оболочек:
1—корпус, 2—зажимной винт, 3—державка, 4—обойма, 5—втулка, 6—регулировочный шток, 7—регулировочная головка, 8—мерное кольцо, 9—роликовый нож

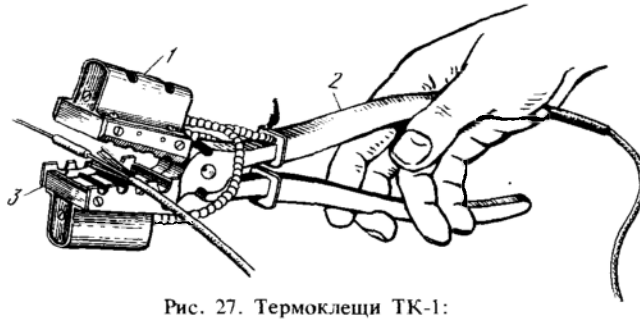


Рис. 27. Термоклещи ТК-1:
1—нагревательный элемент, *2*—рукоятка, *3*—головка

Применяют и более простые приспособления с электронагревом для снятия изоляции, например клещи для кольцевой подрезки пластмассовой изоляции и электронож для подрезки хлопчатобумажной изоляции. Рабочим органом в них служит нагретая проволока из нихрома ∅ 1—1,2 мм и длиной 75 мм, изогнутая в петлю. Питание проволок осуществляют от регулятора напряжения.

Удаление с жил установочных и монтажных проводов резиновой и пластмассовой изоляции удобно осуществлять с помощью клещей для снятия изоляции типов КСИ-1М и КСИ-2М (рис. 28). Клещи КСИ-1М удерживают большим пальцем и ладонью правой руки за рычаг *1*, безымянным и мизинцем — за рычаг *2* и указательным и средним — за рычаг *3*. Рычагами *1* и *2* и ножами *9* и *10* отрезают конец провода и, возвратив рычаг в исходное положение, устанавливают провод при сомкнутых губках в отверстие *11* (1,5 мм^2) или *12* (2,5 мм^2). Сжимая рычаги *1* и *2*, закрепляют провод в прижимах *4* и *5* и одновременно подрезают его изоляцию. Затем к сжатым рычагам *1* и *2* прижимают рычаг *3*. Губки *6* и *7* при этом расходятся и с конца провода сдвигается изоляция. Все рычаги освобождают, провод извлекают из клещей.

Клещи КСИ-2М более совершенны по конструкции и имеют только две рукоятки.

Для снятия резиновой, пластмассовой и хлопчатобумажной изоляции с концов жил проводов и кабелей сечением 0,75—1,5 мм^2 применяют клещи МБ-1М (рис. 29). Они снабжены ножами для перекусывания жил.

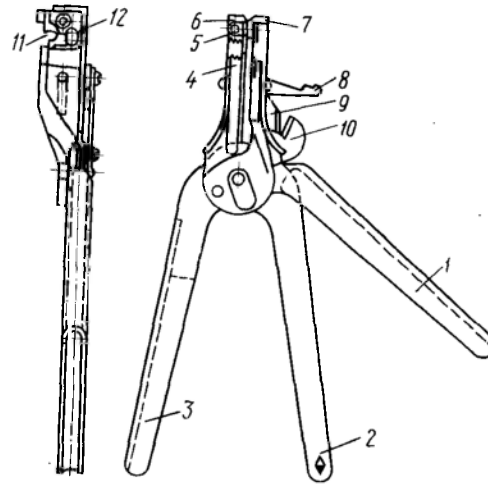


Рис. 28. Клещи КСИ-1 для снятия изоляции:
1, 2, 3—рычаги, *4, 5*—прижимы провода, *6, 7*—губки, *8*—указатель длин, *9, 10*—ножи, *11, 12*—отверстия для проводов

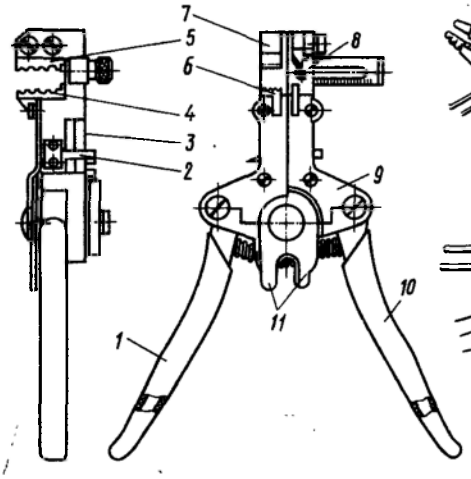


Рис. 29. Клещи МБ-1М:
1, 10—рукоятки, *2*—копир, *3*—поводок, *4*—подвижный нож, *5*—неподвижный нож, *6*—прижим, *7, 8*—губки, *9*—крышка, *11*—ножи

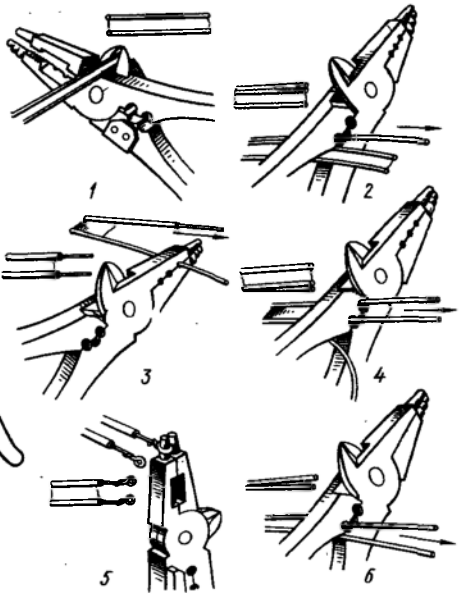


Рис. 30. Универсальные клещи КУ-1 и производимые с их помощью операции:
1—отрезание провода, *2, 4, 6*—удаление перемычки, *3*—снятие изоляции, *5*—изготовление колец

Обработку плоских проводов АППВ, АППВС и т. п. производят клещами МБ-2, устройство которых подобно МБ-1М и КУ-1 (рис. 30).

Разделка проводов

Разделка проводов выполняется путем последовательного удаления защитной, герметизирующей, изолирующей и других оболочек токопроводящих жил с целью их соединения или оконцевания.

Размеры разделок зависят от многих факторов: от диаметра жилы, способа соединения или оконцевания, типа контактного зажима аппарата или штепсельного разъема, диаметра контактного болта. В каждом случае разделки эти размеры определяются по справочным данным или расчетам.

При ступенчатой разделке каждую ступень закрепляют бандажом. Ширина бандажей зависит от диаметра ступени и обычно составляет 3—12 мм. В зависимости от требуемой прочности бандажи выполняют из вязальной оцинкованной или медной проволоки ∅ до 1 мм, крученым шпагатом ∅ 1 мм или суровой ниткой. Непроволочные бандажи упрочняют промазкой перхлорвиниловым составом № 1 или клеем БФ.

Объем и содержание технологических операций разделки определяются конструкцией проводов.

Основным требованием к разделкам проводов являются минимальные длина и число ступеней разделки. Необходимость ступени обусловлена потребностью наложения бандажа. Поэтому в оболоч-

ках, где бандаж не требуется, можно отдельной ступени разделки не предусматривать.

Разделка провода ПРТО (рис. 31).

Определяют длину разделки *А* по конструктивным соображениям и по месту. Длину *А* принимают по той жиле, которая по условиям разводки жил оказывается самой протяженной.

На хлопчатобумажную оплетку *2* накладывают бандаж *1* длиной 5 мм из шпагата.

На расстоянии 1—2 мм от бандажа надрезают хлопчатобумажную оплетку *2* и удаляют ее.

Накладывают второй бандаж *4* на обмотку *3* из прорезиненной ткани. Длина бандажа, выполненного тем же шпагатом, примерно вдвое короче первого. Обмотку *3* удаляют, сматывая ее с конца провода и отрезая около второго бандажа.

В зависимости от числа жил провода и условий разделки (например, ширины распределения концов жил при соединениях) отмеряют длину остающейся на жилах провода резиновой изоляции, которая составляет 5—10 мм при небольшом числе жил и простой разводке, 50—100 мм и более при большом числе жил.

С концов жил удаляют резиновую изоляцию (например, клещами КСИ-2М).

В зависимости от принятого способа соединения (опрессовки, сварки и т. п.) определяют необходимую длину оголенных участков *l*; лишние концы жил обрезают.

Разделка провода ПРВ (рис. 32).

Определяют длину разделки *А*.

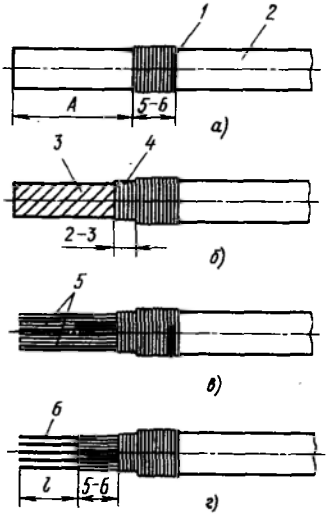


Рис. 31. Разделка провода ПРТО:
а, б, в, г — последовательность разделки; *1, 4* — бандажи, *2* — оплетка, *3* — обмотка из прорезиненной ткани, *5* — изоляция жил, *6* — оголенный участок жилы

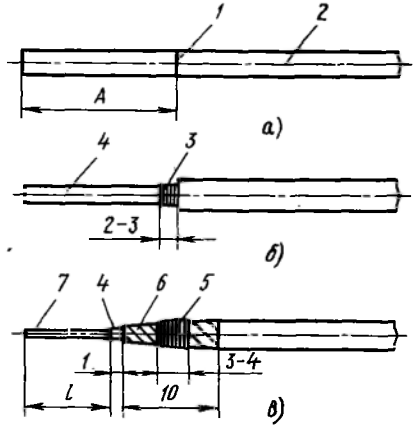


Рис. 32. Разделка провода ПРВ:
а, б, в — последовательность операций; *1* — кольцевой надрез пластмассовой оболочки, *2* — оболочка, *3, 5* — бандажи, *4* — резиновая изоляция жил, *6* — подмотка липкой лентой, *7* — жила

На поливинилхлоридной оболочке делают кольцевой надрез (например, малогабаритным кабельным ножом или комбинированным кабельным ножом) на расстоянии *А* от конца кабеля. Затем делают продольный надрез оболочки малогабаритным кабельным ножом и снимают оболочку.

На резиновую изоляцию *4* жилы *7* накладывают бандаж *3* (шпагат). Бандаж предохраняет оболочку от сдвига.

Поверх бандажа *3* подматывают узкую липкую ленту в два слоя (вполнахлеста) на длине 10—12 мм с захватом оболочки и резиновой изоляции за пределами бандажа примерно на его ширину.

На подмотку *6* накладывают наружный бандаж *5* (шпагат ∅ 1 мм), затем подрезают и снимают резиновую изоляцию жилы.

Лишний конец оголенного участка жилы обрезают.

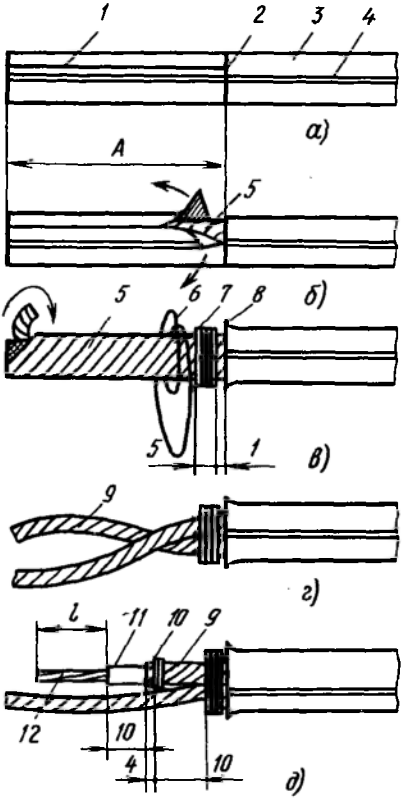


Рис. 33. Разделка провода ПРФ:
а, б, в, г, д—последовательность разделки; *1*—продольный надрез, *2*—кольцевой надрез, *3*—оболочка, *4*—фальц (замок), *5*—бумага, *6*—петля, *7, 10*—бандажи, *8*—отбортовка, *9*—тканевая прорезиненная лента, *11*—резиновая изоляция, *12*—жила

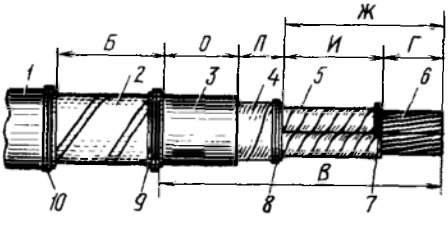


Рис. 34. Размеры разделки:
1—наружный покров, *2*—броня, *3*—свинцовая или алюминиевая оболочка, *4*—поясная изоляция, *5*—изоляция жил, *6*—жила кабеля, *7, 8*—бандажи из ниток, *9, 10*—проволочные бандажи

Разделка трубчатого провода ПРФ (рис. 33).

Определяют размер *А*.

Выполняют кольцевой *2* и продольный *1* надрезы фальцованной оболочки *3* и удаляют ее (рис. 33, *а, б*).

На бумажную подушку *5* накладывают бандаж *7* из суровой нитки, а затем петлю *6* из медной проволоки ∅ 0,5 мм вплотную к

бандажу и натягивают ее пальцем. Бумажную подушку *5* разматывают и обрывают по границе, определяемой петлей *6* (рис. 33, *в*).

Накладывают бандаж *10* из шпагата ∅ 1 мм на обмотку из прорезиненной ткани *9*, разматывают и отрезают ткань (рис. 33, *г*).

Определяют длину остающейся резиновой изоляции *11* по условиям соединения, а излишки ее подрезают и удаляют (рис. 33, *д*).

Лишний конец оголенной жилы отрезают.

Разделка кабеля с бумажной изоляцией

Определяют размеры разделки (рис. 34) с помощью кабельной линейки или по специальным таблицам и разматывают наружный джутовый покров (рис. 35, *а*). Для этого его бандажируют стальной оцинкованной вязальной проволокой ∅ 1—1,5 мм (2—3 витка) и разматывают с конца кабеля до бандажа. Материал покрова не удаляют; его наматывают на неразделываемый участок кабеля для последующего использования при монтаже муфт.

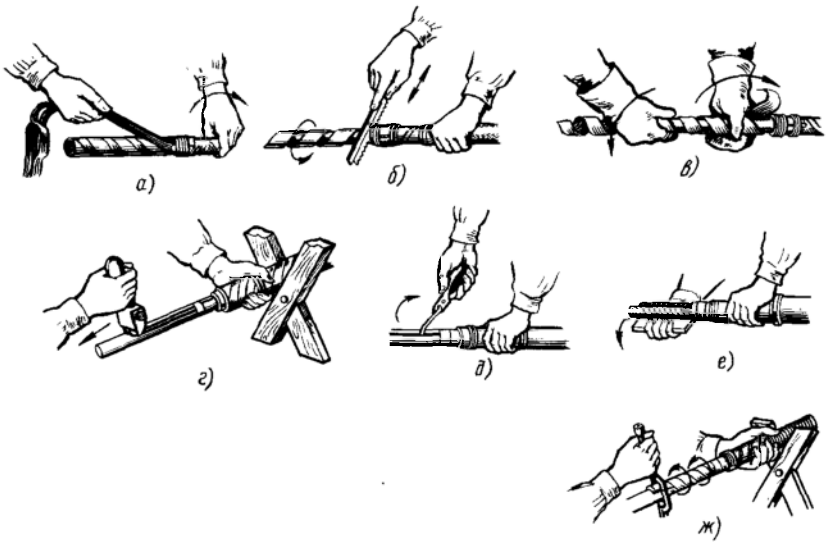


Рис. 35. Операции по разделке кабелей с бумажной изоляцией:
а—размотка защитного покрова, *б*—надрезание брони, *в*—снятие брони, *г*—надрезание оболочки, *д*—удаление полоски, *е*—снятие оболочки, *ж*—винтовое надрезание алюминиевой оболочки

На расстоянии *Б* (см. рис. 34) от первого бандажа (или *В* от конца кабеля при внутренней установке) на броню накладывают бандаж из стальной проволоки. Обхватывая броню обеими руками в рукавицах, несколько ослабляют натяг лент усилиями, направленными навстречу их навивке. Броню надрезают по кромке второго бандажа бронерезкой, разматывают вручную (в рукавицах) и удаляют (рис. 35, *б*, *в*).

Ленту подушки разматывают и обрезают по кромке бандажа. При усиленных подушках, состоящих из слоя битумного состава, пластмассовых лент, поливинилхлоридного или полиэтиленового шланга,

крепированной бумаги и еще одного слоя битумного состава на герметической оболочке, последовательно удаляют эти слои. Смывают горячим (40—50° С) трансформаторным маслом наружный битумный слой; разматывают и удаляют пластмассовые ленты: надрезают продольно и снимают шланг, отрезая его по кромке бандажа. Затем беглым огнем горелки слегка прогревают и снимают крепированную бумагу. Так же прогревают и удаляют тряпками, смоченными в бензине, битумный состав с оболочки.

На расстояниях (от бандажа на броне) *О* и *О+П+5* (см. рис. 34) последовательно выполняют два кольцевых надреза оболочки на половину ее толщины (рис. 35, *г*) специальным кабельным ножом (НКА, НКС).

На свинцовой оболочке от наружного кольцевого надреза к концу кабеля делают два продольных параллельных надреза, находящихся один от другого на расстоянии 10 мм. Полоску, образованную продольными надрезами, аккуратно вырывают, начиная со среза оболочки, при помощи пассатижей. Оболочку разгибают и снимают вручную (рис. 35, *д, е*). Поясок оболочки между двумя кольцевыми надрезами оставляют. Его ширина при напряжении до 1 кВ составляет 20 мм, а при напряжении 6—10 кВ — 25 мм.

Для удаления гладкой алюминиевой оболочки на ней выполняют винтовой надрез. При этом режущий ролик ножа НКА поворачивают на 45° относительно его положения при кольцевых надрезах, укрепляют нож на кабеле и производят винтовой надрез от второго кольцевого надреза до конца кабеля (рис. 35, *ж*). Оболочку снимают с конца кабеля, надрывая ее по линии винтового надреза с помощью пассатижей.

На расстоянии *Ж* разматывают и обрывают по кромке пояска оболочки черную полупроводящую бумагу, а затем — кабельную бумагу поясной изоляции.

Производят разводку и изгибание жил. Перед этой операцией следует проверить, надета ли на кабель заготовка муфты или воронки. Выправленные и очищенные муфты и воронки надевают на один из соединяемых кабелей в самом начале разделки и располагают на участке, предварительно обернутом чистой тряпкой. Перед изгибанием и разводкой жил на концы изоляции жил накладывают бандажи из ниток.

Для изгибания жил используют шаблон. Все радиусы изгиба должны быть не менее десяти диаметров или наибольших размеров сечения секторных жил. Во избежание загрязнения и увлажнения изоляции изгибание и разводку жил следует выполнять в полиэтиленовых или медицинских перчатках. При разводке все жилы у корня разделки плотно сжимают одной рукой, чтобы не повредить изоляции кромкой оболочки.

На расстоянии *Г* от конца жил или *И* от среза поясной изоляции накладывают бандажи из кабельной пряжи или сухой суровой нитки (2—3 витка). Снимают временные бандажи с концов жил, разматывают и обрывают по струне у кромок бандажей кабельную бумагу.

Осуществляют монтаж заземляющего проводника. Проводник должен быть медным, многопроволочным. Рекомендуемые сечения заземляющего проводника:

Сечение жилы кабеля, мм²	Сечение заземляющего проводника, мм²
10	6
16—24	10
50—120	16
150—240	25

Длина провода определяется размерами соединительных муфт и видом опорных конструкций концевых муфт и заделок.

При разделке кабелей для монтажа свинцовых соединительных муфт заземляющий провод крепят к проводящим оболочкам кабеля только бандажами (без пайки).

В остальных случаях зачищают и облуживают оболочки. Для лужения используют припой ПОС-40 для свинца и припой А для алюминия. Заземляющий провод закрепляют бандажом из стальной оцинкованной проволоки ∅ 1,0—1,5 мм и припаивают к оболочке и к бандажу припоем ПОС-40. Продолжительность нагрева при пайке не должна превышать 3 мин.

Броню кабеля зачищают и облуживают (обе бронеленты). Заземляющий провод закрепляют на броне бандажом из стальной проволоки и припаивают к обеим бронелентам и бандажу. Если кабель имеет проволочную броню, то бандаж и броню пропаивают кругом. Свободный конец заземляющего провода располагают вдоль неразделанного участка кабеля.

Разделка кабеля с пластмассовой изоляцией

Особенности разделки кабелей с пластмассовой изоляцией обусловлены своеобразием их конструкции. В кабелях напряжением до 1 кВ (рис. 36, *а*) жилы заключены в общий шланг из поливинилхлоридного пластиката. В кабелях напряжением 6 кВ (рис. 36, *б*) поверх изоляции жил намотаны полупроводящие экраны из черной бумаги, а поверх них — ленты металлических экранов из алюминиевой, медной фольги или металлизированной бумаги. В кабелях напряжением 10 кВ непосредственно на проволоки жилы, до ее изолировки полиэтиленом, намотан экран из полупроводящей бумаги. В кабелях с полиэтиленовой изоляцией в качестве дополнительного экрана применяют слой графита, накладываемый на изоляцию. При разделке этот слой смывают бензином. Каждая жила кабелей напряжением 10 кВ после наложения экранов заключена в индивидуальный поливинилхлоридный шланг.

Кабели напряжением 10 кВ имеют круглые жилы. Пустоты сечения заполнены наполнителями. Жилы с наполнителями скрепле-

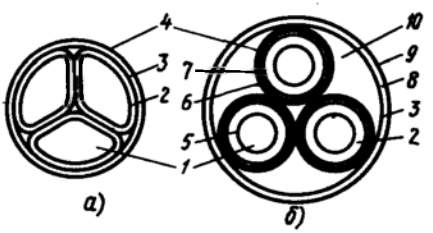


Рис. 36. Устройство кабелей с пластмассовой изоляцией:

а — напряжением до 1 кВ, *б* — напряжением 10 кВ; *1* — токопроводящая жила, *2* — изоляция из полиэтилена, *3* — скрепляющая лента, *4* — оболочка из поливинилхлоридного пластиката, *5* — полупроводящий экран на жиле, *6* — полупроводящий экран на изоляции, *7* — металлический экран, *8* — подушка под броню, *9* — броня из стальных лент, *10* — заполнение

2 Зак. 37

ны обмоткой из изоляционной ленты. Поверх скрепляющей обмотки расположена подушка. На подушку навита броня (обычно из стальных лент). Небронированные кабели заключены в шланг из поливинилхлоридного пластиката. В кабелях напряжением 1—6 кВ броня и подушка размещены поверх поливинилхлоридного шланга.

Ступенчатая разделка кабеля слагается из тех же операций, что и разделка кабеля с бумажной изоляцией. Отличие состоит лишь в том, что после разводки и изгибания жил удаляют изоляцию жилы с конусной обрезкой кромки изоляции на длине 6 мм для кабелей 1—6 кВ и 10 мм для кабелей 10 кВ.

Особенностью разделки кабелей до 1 кВ с полиэтиленовой изоляцией является необходимость ее защиты трубками из поливинилхлоридного пластиката или двухслойной подмоткой липкой поливинилхлоридной лентой. На корешок разделки накладывают бандаж из липкой ленты с переходом со шланга на подмотку жил. Ширина бандажа должна быть достаточной для прочного удержания на шланге. Поверхность шланга предварительно обрабатывают напильником и промазывают клеем ПЭД-Б. Кабели напряжением до 1 кВ не имеют металлических оболочек, кроме брони. Поэтому заземляющий проводник при разделке этих кабелей бандажируют и пропаивают на броне.

Особенностью разделки кабелей напряжением 6 кВ, имеющих экраны, состоящие из полупроводящей бумаги и металлических лент, является заземление металлических экранов. Металлические ленты экрана сматывают с кабеля до корешка разделки. На расстоянии 50—60 мм от корешка концы лент отрезают, а оставшуюся их часть отгибают на броню, предварительно зачистив последнюю. Под общий бандаж укладывают ленты экранов и заземляющий проводник и пропаивают места контакта. Полупроводящую бумагу оставляют на участке длиной 40 мм от линии отгиба экранов и закрепляют бандажом из суровых ниток. Полиэтиленовую изоляцию от корня разделки до оголенных участков жил защищают трубкой или липкой лентой. Для пайки медных экранов к броне используют припой ПОССу-30-2; алюминиевые экраны припаивают припоем А.

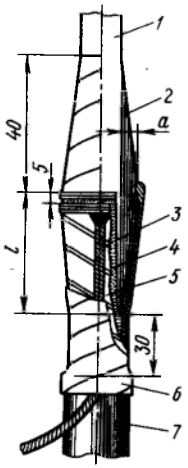


Рис. 37. Конусная подмотка под экраны кабелей с пластмассовой изоляцией:
1—изоляция жилы, 2—конусная подмотка, 3—провод заземления, 4—экран из полупроводящего материала, 5—металлический экран, 6—подмотка лентой поверх экрана, 7—шланг

Особенностью разделки кабелей напряжением 10 кВ является конусная подмотка под экраны. Ленты экрана и полупроводящей бумаги на расстоянии 30 мм от кромки брони скрепляют бандажом и разматывают до этого бандажа, но не отрезают. Выполняют конусную подмотку (рис. 37) из липкой полиэтиленовой или поливинилхлоридной ленты (в зависимости от материала изоляции жил). Размеры конусных подмоток приведены в табл. 3. Затем восстанавливают на конусной подмотке слой полупроводящей бумаги. По вершине подмотки бумагу скрепляют

нитяными бандажами, а оставшиеся концы черной бумаги отрывают. Концы экранной ленты наматывают поверх черной бумаги, размечают и отрезают излишки так, чтобы черная бумага выступали из-под экрана на 5 мм.

Таблица 3. **Размеры конусной подмотки для заделок кабелей 10 кВ**

Сечение жил кабеля, мм²	Размеры подмотки, мм	
	a	*l*
До 16	6	40
25—70	4	50
95—150	3,5	55

Затем экраны снова отгибают и припаивают к ним концы заземляющих проводников, располагая их вдоль лент экрана в направлении от их концов к корню разделки. Затем ленты укладывают на жилы в прежнее положение, выправляют неровности киянкой и бандажируют по вершине подмотки проволокой. Свободные концы всех трех заземляющих проводников скрепляют на броне проволочным бандажом вместе с основным заземляющим проводником и концы заземляющих проводников припаивают к броне кабеля. Излишки заземляющих проводников отрезают. Поверхность изоляции жил вместе с конусной подмоткой защищают двумя слоями липкой ленты. Концы подмотки должны покрывать примыкающие участки шлангов.

Экраны кабелей, конусный срез изоляции жил и конусная подмотка под экраны служат для выравнивания электрического поля внутри кабеля. Это улучшает условия работы изоляции.

Разделка силового кабеля с резиновой изоляцией

Силовые кабели с резиновой изоляцией жил выпускают на напряжение переменного тока до 660 В с медными и алюминиевыми жилами в свинцовой, поливинилхлоридной и найритовой оболочках, бронированными и небронированными.

Устройство кабеля с резиновой изоляцией показано на рис. 38.

Резиновая изоляция жил, как и полиэтиленовая, при воздействии на нее световых лучей быстро стареет. При разделке кабелей для защиты от света на изоляцию жил надевают трубки из поливинилхлоридного пластиката или покрывают ее специальными защитными смесями ИКФ-130, ИКФ-141 и ИКФ-147 с помощью кисти или краскопульта. Смеси сохнут 24 ч. После высыхания их припудривают тальком для устранения липкости. Рецептура смесей приведена в табл. 4.

Технология разделки силовых кабелей с резиновой изоляцией отличается простотой.

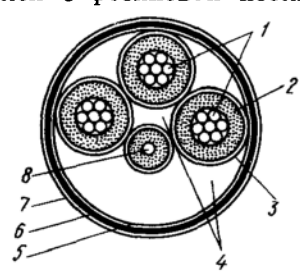


Рис. 38. Устройство кабеля с резиновой изоляцией:
1—токопроводящая жила, *2*—резиновая изоляция, *3*, *5*—обмотки прорезиненной лентой, *4*—заполнение, *6*—поливинилхлоридная оболочка, *7*—броня, *8*—заземляющая нулевая жила

Таблица 4. **Защитные смеси**

Компоненты	Содержание, мас. ч.		
	ИКФ-130 черная	ИКФ-141 красная	ИКФ-147 темно-красная
Найритовая смесь:			
А/13	20	—	—
А/14	—	25	20
Рубракс	5	—	5
Бензин авиационный	37,5	37,5	37,5
Этилацетат	37,5	37,5	37,5

Наружный покров, броню, подушку и оболочку, а также скрепляющую обмотку из прорезиненной тканевой ленты и наполнители удаляют при ступенчатой разделке так же, как и у кабелей с пластмассовой изоляцией. Прорезиненную ткань с поверхности жил снимают до корня разделки, а поверхность резины изоляции жил защищают двумя слоями липкой ленты ПВХ вполнахлеста, или поливинилхлоридными трубками на всю длину изоляции, или окраской защитными смесями. Корешок разделки заполняют густым перхлорвиниловым составом № 2 слоем толщиной до 15 мм (табл 5). Поверх корешка накладывают подмотку из двух слоев с заходом на оболочку на 15—20 мм. Подмотка на корешок должна перекрывать на 3—5 мм область заполнения составом № 2. Поверх подмотки накладывают бандаж из крученого шпагата ∅ 1 мм и пропитывают его жидким перхлорвиниловым составом № 1. Вместо подмотки и бандажа применяют бандажирующие муфты из специальной резины. Разделка кабеля с резиновой изоляцией показана на рис. 38.

Таблица 5. **Перхлорвиниловые составы**

Компоненты	Содержание отдельных компонентов, мас. ч.	
	Состав № 1	Состав № 2
Дихлорэтан технический; циклогексанон; растворитель Р4	100	100
Смола перхлорированная поливинилхлоридная сухая	15	30
Дибутилфталат	2	4
Совол; масло касторовое, рафинированное 1-го или 2-го сорта	1	1

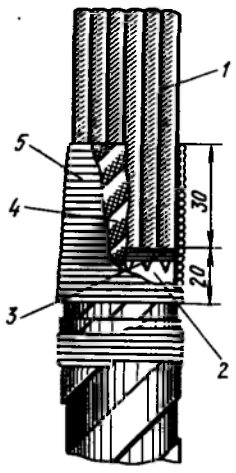


Рис. 39. Разделка контрольного кабеля с резиновой или пластмассовой изоляцией:
1—трубка из поливинилхлоридного пластиката, *2*—оболочка, *3*—бандаж из ниток, *4*—подмотка липкой поливинилхлоридной лентой, *5*—бандаж из шпагата

Разделка контрольного кабеля

Контрольные кабели выполняют с медными или алюминиевыми жилами с полиэтиленовой или резиновой изоляцией в оболочках из свинца, поливинилхлоридного пластиката и найрита, бронированными и небронированными, с наружным покровом и без него.

Сечения жил контрольных кабелей изменяются в пределах 0,75—10 мм^2, а число жил — в пределах 4—37.

Разделка контрольных кабелей производится по той же технологии, что и разделка силовых кабелей с резиновой изоляцией. Для защиты полиэтиленовой и резиновой изоляции жил широко применяют трубки из поливинилхлоридного пластиката. Трубки, надеваемые на изоляцию жил, расположенных снаружи пучка, срезают косо (под углом около 30° к оси трубки). Надевают трубки так, чтобы козырьки скосов ложились на кромку оболочки или на кромку намотки прорезиненной тканью, когда она присутствует как конструктивный элемент кабеля. Поверх козырьков трубок накладывают бандаж из шпагата или ниток. Корешок разделки обрабатывают так же, как и для силовых кабелей с резиновой изоляцией (рис. 39).

Разделку контрольного кабеля для соединения в муфтах производят так, чтобы соединения жил располагались вразбежку.

§ 5. Прозвонка и маркировка электрических цепей

Прозвонка жил

Термином «прозвонка» объединяются способы отыскания среди многих проводников, проложенных потоком, одного из них по доступным концам, как правило, удаленным друг от друга и не присоединенным к каким-либо другим цепям. Происхождение термина «прозвонка» объясняется тем, что первоначально в качестве сигнала о нахождении цепи применяли электрические звонки, зуммеры и т. п.

Принципом прозвонки является создание цепи, содержащей кроме искомого проводника источник тока и прибор-индикатор, сигнализирующий о замыкании цепи.

Практическая необходимость в прозвонке возникает при маркировке проводников, проложенных потоками (например, жил контрольных или многожильных силовых кабелей, проводов, проложенных в трубе или «навалом» в кабельных каналах и т. п.). Кроме того, прозвонка позволяет проверить правильность присоединений цепей при монтаже или отыскать немаркированные цепи многоценных аппаратов, машин и т. д.

Методом прозвонки решаются и более простые задачи — проверка целости жил (цепей) и отсутствия их замыкания между собой или на землю. Эти проверки обязательно выполняются перед прозвонкой, так как обрывы и замыкания совместно проложенных цепей могут быть причиной ошибок при их маркировке.

Как известно, при маркировке целых участков цепи, не содержащих никаких элементов электроаппаратов и состоящих только из токопроводящей жилы, обоим концам участка (жилы) должно быть присвоено одинаковое маркировочное обозначение. Задачей прозвон-

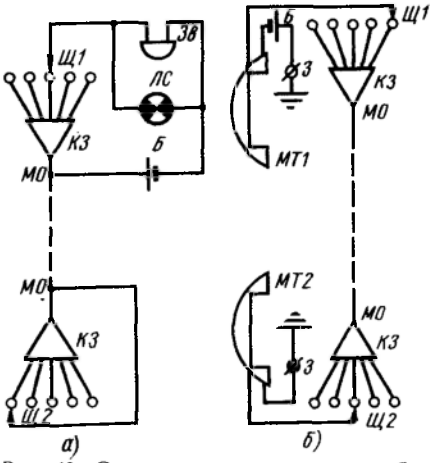


Рис. 40. Схемы прозвонки жил способами первой группы:

а — с помощью светозвукового сигнального устройства, *б* — с помощью микротелефонных трубок: *Щ1*, *Щ2* — щупы. *Зв* — звонок. *ЛС* — сигнальная лампа, *Б* — сухой элемент, *З* — заземление, *МО* — металлическая оболочка. *КЗ* — концевая заделка, *МТ* — микротелефонная трубка

ки является определение тех концов, выходящих из потока проводов, которые принадлежат одной и той же исправной жиле.

Прозвонку осуществляют различными способами, которые можно объединить в две группы.

В первую группу входят способы, при которых жилы в процессе прозвонки ничем специально не отличаются друг от друга и маркировка на те или иные жилы наносится произвольно (рис. 40).

Вторая группа способов прозвонки основана на предварительном шифровании жил, имеющих определенную маркировку на одном из концов потока (рис. 41). Шифрование жил производится по какому-либо отличительному признаку по сравнению с другими жилами: по различным сопротивлениям жил (при искусственном подключении к жилам резисторов с разными сопротивлениями), по различным электрическим потенциалам жил (подаваемым от вспомогательного устройства) или по различным направлениям тока в жилах. На втором конце потока производится дешифрование жил путем опознавания их с помощью того или иного прибора. На жилы наносится маркировка, соответствующая их маркировке на первом конце потока.

Для способов первой группы требуется простое оборудование. Однако прозвонка этими способами отличается трудоемкостью и производится, как правило, двумя электромонтажниками.

Вторая группа по сравнению с первой обеспечивает более высокую производительность работы и проведение прозвонки одним электромонтажником. Однако для прозвонки способами второй группы необходимо более сложное и дорогое оборудование (в сравнении со способами первой группы).

Все способы прозвонки предполагают наличие в потоке, по крайней мере, одной исправной цепи, легко опознаваемой на обоих концах потока. Обычно такой цепью служит цепь заземления или металлические оболочки кабелей. При отсутствии заземления и при небольших удалениях концов потока друг от друга прокладывают дополнительный провод. Иногда в таких случаях в потоке предусматривают цепь, опознаваемую по внешнему виду (например, по цвету, по типу провода и т. п.).

В пределах групп способы отличаются друг от друга типом индикации замыкания цепи или видом шифрования и дешифрования цепей.

Для осуществления прозвонки первым способом второй группы промышленность выпускает приставку УМЖК (устройство маркировки жил кабелей) к мегаомметрам. Приставка представляет собой магазин резисторов и применяется в качестве шифратора. Мегаомметр, имеющий собственный генератор и указательный прибор, используется в качестве дешифратора. Для дешифрования жил мегомметр М4100/3, комплектно с которым применяется приставка, снабжен дополнительной шкалой, градуированной в номерах жил. Недостатками этого комплекта приборов являются громоздкость и необходимость вращения рукоятки мегаомметра при измерениях.

Для прозвонки кабелей с небольшим числом жил (например, силовых) применяют мегаомметр без приставок. В этом случае требуется иметь несколько резисторов, номинальные сопротивления которых достаточно велики и резко отличаются от сопротивления жилы кабеля и друг от друга. На одном из концов кабеля жилы заземляются через разные резисторы. Одну из жил заземляют непосредственно. Измеряя сопротивление жил другого конца кабеля с помощью мегаомметра, нетрудно определить их по резко различающимся их сопротивлениям. Вместо мегаомметра можно использовать переносные измерительные мосты или омметры, сопротивления которых, подключаемые к жилам, должны быть согласованы с пределами измерений приборов.

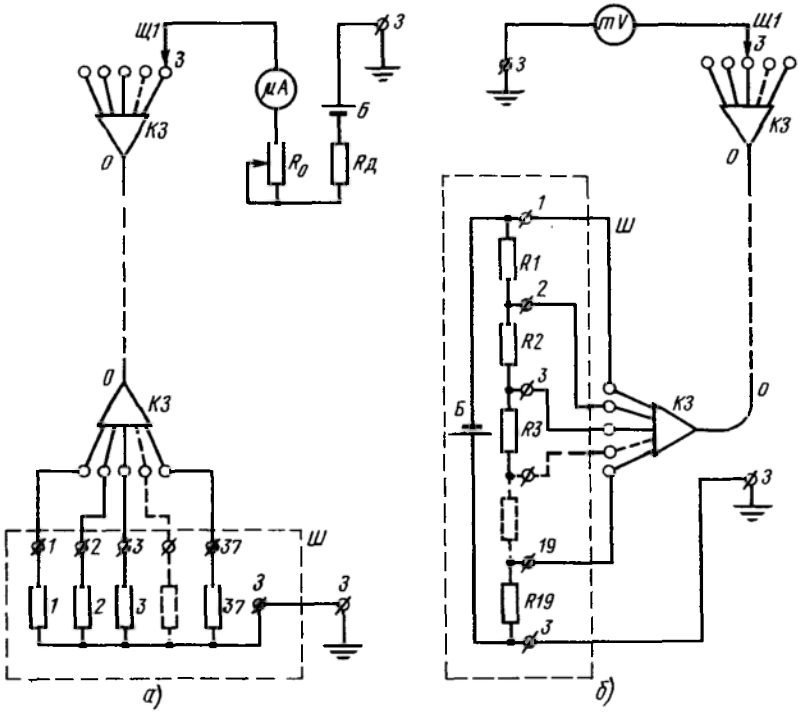


Рис. 41. Схемы прозвонки жил способами второй группы:

а—с шифрованием сопротивлением, *б*—с шифрованием потенциалом; *Ш*—шифратор, P_1—P_{19}—потенциометры, R_0—установочный резистор, $R_д$—добавочный резистор, *О*—неметаллическая оболочка; остальные обозначения те же, что на рис. 40

Для маркировки с использованием микротелефонов используют переговорное устройство ПУ-71, выпускаемое серийно.

Измерение сопротивления изоляции

Для измерений сопротивления изоляции широко применяют переносные электромеханические мегаомметры М4100/1 — М4100/5 на напряжения 500, 1000 и 2500 В со встроенными электромеханическими генераторами. Генераторы имеют ручной привод от специальной рукоятки. Показания измерительной части этих приборов не зависят от частоты вращения рукоятки, если она превышает 120 об/мин. Поэтому рукоятку следует вращать с этой или несколько большей скоростью. При наличии питающей сети напряжением 127 или 220 В могут быть применены мегаомметры М4101/3 — М4101/5 с такими же параметрами, но без собственных генераторов. Неавтономность этих мегаомметров в монтажных условиях, когда питающей сети может и не быть, является недостатком. Кроме указанных применяют также многопредельные мегаомметры Ф4101 с переключателем рабочих напряжений (100, 500 и1000 В), Ф4100 на напряжение 2500 В и электронный Ф-2 на 2500 В, требующие внешних источников питания.

Сопротивление изоляции измеряют при отключении установок от источников питания. В электроустановках напряжением до 1000 В сопротивление изоляции должно быть 0,5 МОм. В таких установках для измерения изоляции каждой из секций распределительных устройств или каждого из присоединений вторичных цепей (при всех включенных аппаратах и приборах) используют мегаомметры напряжением 500 или 1000 В, для осветительных (при вывернутых лампах накаливания и отсоединенных люминесцентных лампах, но с присоединенным к арматуре нулевым проводом) и силовых электропроводок — мегаомметры напряжением 1000 В.

Во вторичных цепях установок напряжением выше 1000 В измерения производят мегаомметрами напряжением 500 или 1000 В для каждого присоединения со всеми включенными аппаратами и приборами. Норма сопротивления изоляции — 1 МОм. Для шинок оперативного тока измерения производят при полном отключении всех присоединений. Норма сопротивления изоляции — 10 МОм.

Маркировка электрических цепей

Для оконцевания изоляции жил разделанных проводов и контрольных кабелей и нанесения маркировочных обозначений применяют маркировочные муфты, отрезки поливинилхлоридных трубок, изоляционные маркировочные оконцеватели целые и наборные, а также наборные оконцеватели из липкой маркировочной ленты. Кабели в целом в зависимости от их назначения маркируют пластмассовыми или алюминиевыми бирками различной формы (табл. 6). На маркировочные муфты, оконцеватели и манжеты, а также на оболочки кабелей маркировку наносят несмываемыми чернилами. При этом следует соблюдать осторожность, так как некоторые из веществ, входящих в состав чернил, токсичны. Для нанесения маркировки применяют стеклянные чертежные трубочки.

Таблица 6. **Кабельные бирки**

Форма бирки	Марка бирки		Виды кабелей
	алюминиевой	пластмассовой	
Круг	БКА-1	БКП-1	Силовые выше 1000 В
Прямоугольник	БКА-2	БКП-2	Силовые до 1000 В
Овал	БКА-3	БКП-3	Контрольные
Шестигранник	БКА-4	БКП-4	КИП и А
Квадрат	БКА-5	БКП-5	Связи

§ 6. Способы соединения, ответвления и оконцевания жил проводов и кабелей

Для сращивания проводов и кабелей в процессе прокладки и при разветвлении линий их токопроводящие жилы соединяют между собой. Для резьбового или штепсельного контактного соединения с выводами электрооборудования жилы оконцовывают металлическими наконечниками. Операция соединения или оконцевания должна обеспечить надежный электрический контакт. Электрическое сопротивление контакта должно быть стабильным и минимальным. Для создания электрического неразъемного контакта применяют сварку, пайку или опрессовку.

Процесс сварки состоит в сплавлении материалов жил и присадочного материала. В отличие от сварки при пайке жилы не расплавляются. Соединение осуществляется путем адгезии припоя к соединяемым жилам. Припой — специальный материал, отличающийся от основного более низкой температурой плавления и меньшей механической прочностью.

Опрессовка как процесс соединения основана на методе холодной сварки. Сущность ее состоит в создании такого давления в месте соединения, при котором металлы соединяемых жил приобретают текучесть, в результате этого обеспечивается высокое качество соединения. Однако создание высоких давлений оказывается технически возможным лишь на небольших площадях соединяемых деталей. Контакт, полученный методом опрессовки, имеет вид местных вдавливаний. Общая площадь монолитного контакта при этом значительно меньше площади контактирующих поверхностей. В таком контакте имеются пустоты и точки высоких переходных сопротивлений. Создаются условия для проникновения внутрь соединения влаги или конденсации ее в пустотах, что ухудшает работу контакта и сокращает срок его службы.

Метод опрессовки является высокопроизводительным и технологичным; он, как правило, не требует внешних источников энергии и не вызывает опасного нагрева изоляции. Эти качества опрессовки являются несомненными ее преимуществами перед сваркой и пайкой.

Сварные и паяные контакты отличаются большей стабильностью и меньшим сопротивлением, но методы сварки и пайки менее производительны и технологичны, чем опрессовка. Высокие температуры при пайке и сварке требуют дополнительных мер по защите изоляции от перегрева. Для осуществления процессов сварки обычно

требуется энергия внешних источников. Исключением в этом смысле является термитная сварка. Для неразъемного соединения алюминиевых жил применяют все три метода соединения. Соединение медных жил производят методами пайки и опрессовки. Сварку медных жил применяют редко из-за технологических трудностей. Для оконцевания медных жил медными наконечниками применяют полуавтоматическую аргонодуговую сварку на переменном токе и дуговую сварку угольным электродом на постоянном токе. Для соединения медных жил с алюминиевыми используют сварку. Для соединения и оконцевания жил проводов и кабелей нашла применение электрическая, газовая и термитная сварка.

§ 7. Электрическая сварка

Оборудование и материалы для электрической сварки. В зависимости от требований и условий монтажа применяют бездуговую сварку способом контактного разогрева, дуговую сварку угольным электродом на постоянном токе и дуговую полуавтоматическую сварку в среде аргона неплавящимся или плавящимся электродом. Дуговую сварку используют при большой теплоемкости жил — для крупных сечений многопроволочных жил (алюминиевых до 1500 мм^2 и медных до 300 мм^2), а также для монолитных алюминиевых жил сечением до 240 мм^2.

Для сварки способом контактного разогрева применяют комплектные установки УСАП-2М и выпускавшиеся ранее УСАП-1 и УСАП-2. Они состоят из трансформаторов для питания сварочного поста, электрододержателей с угольными электродами, охладителей для предохранения от перегрева изоляции проводов, наборов сварочных форм, инструментов для обработки жил под сварку и др. Эти установки используют для сварки алюминиевых проводов сечением до 240 мм^2. Кроме установок УСАП для сварки однопроволочных алюминиевых и медных жил сечением 1,5—6 мм^2 служит полуавтоматический сварочный пистолет ВКЗ-1, питаемый от сварочного трансформатора. Для дуговой сварки на переменном токе в среде аргона неплавящимся электродом используют комплект из сварочного

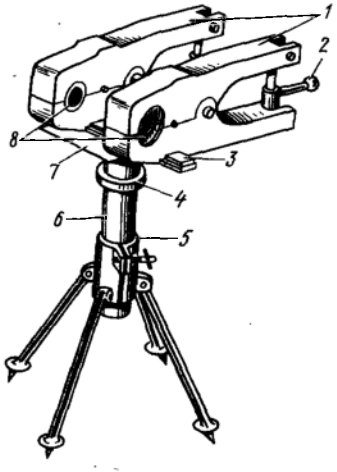
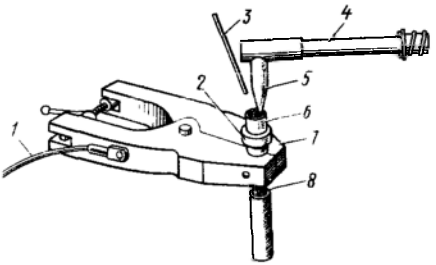


Рис. 42. Охладитель для сварки жил:
1—теплоотвод, *2*—винт для затяжки теплоотвода на жиле, *3*—соединительная планка, *4*—винт с накатной головкой для закрепления соединительной планки на стойке, *5*—штатив, *6*—выдвижная стойка, *7*—стальной экран, *8*—сменная втулка

Рис. 43. Сплавление концов жил в монолит:
1 — соединительный провод, 2 — бандаж, 3 — присадок, 4 — электрододержатель, 5 — угольный электрод, 6 — форма, 7 — охладитель, 8 — жила



трансформатора с регулятором, осциллятора, сварочной горелки и баллона с аргоном и соответствующим баллонным оборудованием (редуктором, ротаметром, манометром). Для сварки жил плавящимся электродом (проволокой 2 Св — АК5) в среде аргона применяют монтажные ранцевые полуавтоматы ПРМ-4 и ПРМ-2, питаемые постоянным током от преобразователя ПСГ-500. Для сварки на постоянном токе угольным электродом используют сварочные преобразователи или выпрямители. При дуговой сварке жил или приварке наконечников применяют охладители (рис. 42).

Для повышения качества сварки должны быть надежно удалены окислы с поверхности свариваемых металлов. Особенно это относится к алюминиевым жилам. Удаление окислов и предохранение свариваемых поверхностей от их последующего окисления осуществляют при помощи флюсов. При сварке алюминиевых жил используют флюсы АФ-4а и ВАМИ.

Флюс АФ-4а применяется для соединений, подвергающихся герметизации после сварки; флюс ВАМИ пригоден для соединений во внутренних сетях, кроме сетей в особо сырых помещениях. Место сварки должно быть защищено водостойкими лаками.

При полуавтоматической сварке медных жил применяют промышленный флюс ОСЦ-45П.

Сварка способом контактного разогрева многопроволочных алюминиевых жил сечением 16-240 мм^2 с предварительным сплавлением концов жил в монолит (рис. 43).

1. Разделка жилы. Длины разделок для различных сечений изолированных жил приведены в табл. 7 и 8.

Таблица 7. **Режимы сплавления концов жил в монолит способом контактного разогрева**

Сечение жилы, мм^2	Длина зачистки изоляции жилы, мм	Диаметр присадочного прутка, мм	Тип угольного электрода	Сварочный ток, А	Время сварки, с	Длина участка сплавления, мм
16	60	3	1	250	15	8
25	60	3	1	300	15	8
35	60	4	1	350	20	8
50	60	4	1	350	30	10
70	65	4	1	400	30	10
95	65	5	1	480	35	10
120	70	5	1	480	40	12
150	73	5	2	540	40	12
185	73	6	2	540	50	15
240	75	6	2	600	70	15

Таблица 8. **Режимы приварки наконечников ЛА способом контактного разогрева**

Сечение жилы, мм²	Диаметр присадочного прутка, мм	Тип угольного электрода	Сварочный ток, А	Время сварки, с	Длина зачистки изоляции, мм
16	3	1	300	20	45
25	3	1	300	23	45
35	4	1	350	25	50
50	4	1	420	35	50
70	4	1	450	40	50
95	5	1	500	50	60
120	5	1	540	60	65
150	5	2	540	65	65
185	7	2	600	75	70
240	8	2	600	80	70

2. Зачистка проволок жил и присадочного прутка до полного металлического блеска с помощью стальной щетки. В качестве присадочного материала можно использовать проволоки жил, при необходимости скручивая их между собой.

3. Обезжиривание проволок жил органическим растворителем, бензином.

4. Подмотка асбестовой пряжей места установки цилиндрической разъемной формы (рис. 44, *а*). Конец жилы должен выступать из подмотки на 10—15 мм. Длина подмотки определяется длиной формы.

5. Установка цилиндрической формы, скрепление полуформ бандажом. Верхний торец формы должен располагаться в одной плоскости с торцом жилы.

6. Установка на жилу между изоляцией и формой охладителя 7 (см. рис. 43), соединенного с одним из зажимов вторичной обмотки сварочного трансформатора.

7. Покрытие торца жилы и присадочного прутка флюсом. Флюс в виде пасты наносят кисточкой тонким слоем на торец жилы и на пруток. Пасту получают, разводя 100 мас. ч. порошка флюса в 40 мас. ч. воды.

8. Сплавление торца жилы в монолит прикосновением к нему угольного электрода, присоединенного ко второму зажиму вторичной обмотки сварочного трансформатора. Электрод перемещается по торцам проволок при непрерывном касании. При образовании жидкой сварочной ванны (рис. 44, *б*) конец электрода остается погруженным в нее. В ванну вводится конец присадочного прутка (рис. 44, *в*). Жидкий металл ванны перемешивается прутком и электродом.

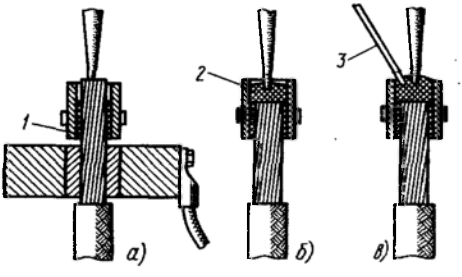


Рис. 44. Операции сплавления торца жилы в монолит:
а—начало сплавления, *б*—образование ванны, *в*—введение присадка; *1*—асбестовое уплотнение, *2*—сварочная ванна, *3*—присадок

Процесс ведут до заполнения формы с образованием небольшой выпуклости жидкого металла. Затем электрод быстро отводят, не допуская возникновения дуги. Прутком присадка слегка перемешивают ванну и удаляют его.

Режимы сплавления торцов жил для различных сечений и длины получаемых монолитных стержней приведены в табл. 7.

9. Удаление формы после остывания жилы.

10. Зачистка монолитного стержня на конце жилы и прилегающего участка проволок стальной щеткой и обезжиривание жил. На этой операции процесс сплавления жилы в монолит заканчивается. Последующие операции относятся к соединению между собой жил, предварительно сплавленных в монолит.

11. Подмотка асбестовой пряжей 10 жил для последующей установки на них открытой формы (рис. 45). Подмотка должна выступать на несколько миллиметров из торцов формы и доходить на каждой жиле до середины длины сплавленного конца.

12. Обмазка флюсом концов жил.

13. Установка концов проводников в приспособление для сварки. Зазор между концами жил в стыке должен быть около половины диаметра жилы.

14. Установка открытой формы на асбестовые уплотнения и крепление ее проволочными бандажами.

15. Расплавление концов жил в форме поочередным прижиманием конца электрода к сплавленным концам жил (рис. 46, *а*). Продолжительность касания электрода — около 10 с; перенос электрода должен быть быстрым и не сопровождаться возникновением дуги.

16. Заполнение формы жидким металлом путем плавления присадка, покрытого флюсом. Поверхность жидкого металла над местом стыка жил должна быть слегка выпуклой (рис. 46, *б*). Электродом и присадочным прутком в процессе плавки перемешивают расплав. Скорость плавления прутка регулируется изменением расстояния от

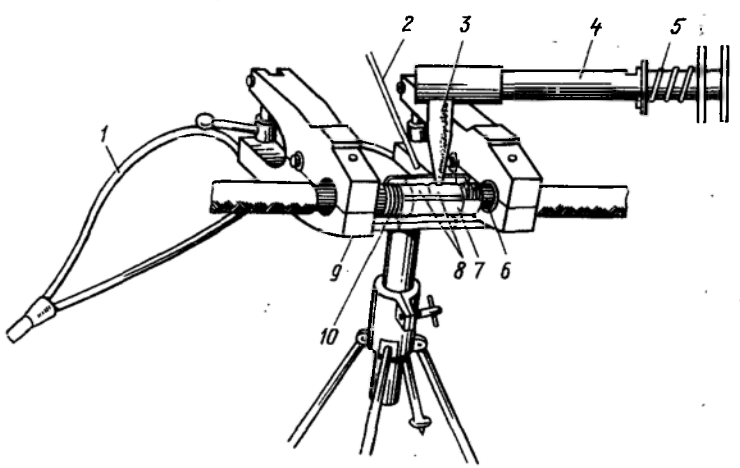


Рис. 45. Установка для сварки жил встык:
1 — провода к трансформатору, *2* — присадочный алюминиевый пруток, *3* — угольный электрод, *4* — электрододержатель, *5* — пружина, *6* — концы жил, очищенные от изоляции, *7* — форма для сварки, *8* — сплавляемые концы жил, *9* — охладитель, *10* — асбестовое уплотнение

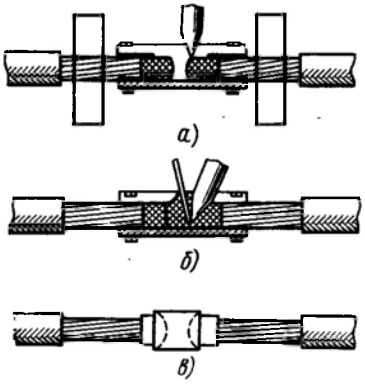


Рис. 46. Последовательность операций при сварке жил встык способом контактного разогрева:
а—начало сварки, *б*—присадка алюминиевого прутка в сварочную ванну, *в*—готовое соединение

него до конца электрода в ванне. Режимы сварки жил различного сечения приведены в табл. 9.

17. Снятие формы и подмотки после охлаждения соединения.

18. Удаление с поверхности соединения шлака и остатков флюса стальной щеткой.

19. Опиливание соединения напильником для придания ему правильной цилиндрической формы (рис. 46, *в*).

В настоящее время сплавление многопроволочных жил в монолит контактным разогревом применяется сравнительно редко в связи с низкой производительностью процесса. Он рекомендуется для сплавления по торцам в монолит алюминиевых жил кабелей напряжением до 1 кВ.

Таблица 9. **Режимы сварки жил встык способом контактного разогрева**

Сечение жилы, мм^2	Диаметр присадочного прутка, мм	Тип угольного электрода	Сварочный ток, А	Время сварки, с	Сечение жилы, мм^2	Диаметр присадочного прутка, мм	Тип угольного электрода	Сварочный ток, А	Время сварки, с
16	3	1	300	18	95	5	1	600	50
25	3	1	360	20	120	5	1	600	60
35	4	1	360	25	150	5	2	650	80
50	4	1	420	35	185	7	2	700	100
70	4	1	550	40	240	7	2	750	120

Сварка методом контактного разогрева однопроволочных алюминиевых жил сечением 2,5—10 мм^2.

1-й способ. Оголенные жилы зачищают до металлического блеска, скручивают, обрезают по торцу и покрывают флюсом.

На участок скрутки около изоляции устанавливают контактный зажим, соединенный кабелем с трансформатором.

Угольный электрод, присоединенный к трансформатору, прижимают к торцу скрутки и оплавляют его до получения каплевидного утолщения, охватывающего все скрученные жилы.

Зачищают, обезжиривают и защищают соединение от воздействия влаги водостойким лаком.

Таким же образом можно сплавлять алюминиевые жилы с медными.

2-й способ. Вместо угольного электрода используют угольные клещи в замкнутом состоянии. Контактный зажим на скрутку не устанавливают. При этом угольные электроды клещей, соприкасаясь между собой, замыкают электрическую цепь, и их концы разогреваются. Этими концами, не размыкая клещей, оплавляют скрутку.

3-й способ. Зачищенные, покрытые флюсом жилы укладывают в ленточную обойму без скрутки; обойму сжимают пассатижами; при этом концы жил должны выступать из обоймы в одну сторону на

1—2 мм. Обойму в месте расположения жил сжимают угольными клещами и разогревают до сплавления проволок жил.

Во всех трех способах применяют флюс ВАМИ.

По такой же технологии производят оконцевание многопроволочных алюминиевых жил. Наконечник приваривается при вертикальном положении жилы. Дополнительными операциями перед сваркой является зачистка и обезжиривание отверстия наконечника и верхнего его торца. Для зачистки используют стальной ерш. При установке наконечника на жилу торцы ее проволок должны выступать из цилиндрической части наконечника на 2—3 мм. После приварки, зачистки и обезжиривания место сварки защищают антикоррозийными покрытиями.

Дуговая сварка. Методом дуговой сварки производят оконцевание алюминиевых однопроволочных монолитных жил сечением до 240 мм^2 и многопроволочных жил сечением 300—1500 мм^2, а также медных жил сечением 16—300 мм^2. Наиболее часто применяют ручную дуговую сварку на постоянном токе угольным электродом и аргоно-дуговую полуавтоматическую сварку как плавящимся, так и неплавящимся электродом. Режимы дуговой сварки алюминиевых и медных жил с наконечниками приведены в табл. 10 и 11.

Таблица 10. **Режимы дуговой сварки алюминиевых жил с наконечниками**

Конструкция жилы	Тип наконечника	Сечение жилы, мм^2	Длина участка жил, мм		Сварочный ток, А, при сварке электродом			Диаметр присадочных прутков, мм, при сварке	
			для ЛА	для ЛАШ, ЛАС	угольным	неплавящимся	плавящимся	угольным электродом	неплавящимся электродом
Однопроволочная	ЛА, ЛАШ	25	45	—	70	75	—	2	2
	ЛА, ЛАШ	50	50	85	80	75	—	3	2
	ЛА, ЛАШ	95	60	97	80	100	—	3	3
	ЛА, ЛАШ	150	65	97	80	100	—	3	3
	ЛА, ЛАШ	240	70	100	100	100	—	3	3
Многопроволочная	ЛА	300	80	—	100	100	—	4	3
	ЛА	500	100	—	125	125	—	5	3
	ЛА	800	120	—	150	150	—	8	4
	ЛА	1500	150	—	200	200	—	8	6
	ЛАС	300	—	80	—	150	150	—	3
	ЛАС	500	—	100	—	150	180	—	4
	ЛАС	800	—	120	—	200	200	—	4
	ЛАС	1500	—	150	—	250	250	—	5

Таблица 11. **Режимы дуговой сварки медных жил с наконечниками.**

Параметры режима	Сечение жил, мм^2					
	16—25	35—50	70—95	120—150	185—240	300
Диаметр медного присадочного прутка, мм	2	3	3	4	4	4
Ток, А	75	75	100	125	150	175—200

§ 8. Газовая сварка

Для сварки контактных соединений жил проводов и кабелей пригодны многие способы газовой сварки. Однако наибольшее применение в монтажной практике нашли пропано-воздушная и пропано-кислородная сварка.

В состав горючей смеси для пропано-воздушной сварки входит пропан-бутан, содержащийся в баллонах, и кислород окружающего воздуха. Баллоны для кислорода в этом случае не требуются; отпадает также необходимость хранить и транспортировать его. Комплект оборудования для сварки получается облегченным. Однако по производительности пропано-воздушная сварка уступает пропано-кислородной. Поэтому пропано-воздушную сварку обычно применяют для соединения алюминиевых жил суммарным сечением не более 120 мм^2.

Для пропано-воздушной сварки скруток алюминиевых однопроволочных жил суммарным сечением до 20 мм^2 в соединительных коробках при монтаже осветительных проводок применяют набор ОГК-19 массой всего 3,4 кг. В него входят пропано-воздушная горелка ГПВМ-0,07; баллон с пропан-бутановой смесью емкостью 1 л; резиновый шланг с накидной гайкой и штуцером; банки с флюсом и кисть для его нанесения. Набор укладывается в специальную сумку.

Другой набор НСП-2м применяют для пропано-воздушной сварки алюминиевых жил суммарным сечением до 120 мм^2. Его поставляют в двух контейнерах. В первом контейнере упакованы два пропан-бутановых баллона с соединительным устройством. Во втором контейнере расположены горелка, охладители со стойкой, тепловой экран, разъемные формы для соединений и др.

Горючая смесь для пропано-кислородной сварки образуется пропан-бутаном и кислородом. Хранение и транспортировку этих газов производят в баллонах емкостью 60 и 40 л. Это обусловливает некоторую громоздкость и малоподвижность сварочного оборудования. Газокислородное пламя используется для сварки жил в широком диапазоне сечений — от 16 до 1500 мм^2.

Для пропано-кислородной сварки в монтажных условиях применяют следующие наборы аппаратуры и принадлежностей: НПГ-1 — для сварки жил сечением 16—625 мм^2; НСПУ — для сварки жил сечением 800—1500 мм^2; НСПК-1 — для сплавления в монолит концов жил сечением 16—240 мм^2; НСПК-2 — для приварки пластинчатых наконечников к жилам сечением 800—1500 мм^2.

Эти наборы составляют из баллонов для пропан-бутана емкостью 50 л, баллонов для кислорода емкостью 40 л; редукторов, обратных клапанов и шлангов к этим баллонам; пропано-кислородных двух- и трехрожковых модернизированных горелок; наборов наконечников с многосопловыми мундштуками НЗП от № 1 до № 5 в разных сочетаниях; охладителей для жил различных сечений; стоек-треног; наборов разъемных форм для соединений, ответвлений и сплавления жил в монолит и др.

Особенностью газовой сварки является интенсивное рассеяние тепла в окружающее пространство, опасное для изоляции проводов и кабелей. Эта опасность наиболее высока при многопламенной пропано-кислородной сварке. Поэтому зону сварки ограждают асбе-

стовыми экранами, устанавливаемыми вплотную к торцам форм. Охладители закрепляют на оголенных участках жил за экранами. Изоляцию жилы за охладителем защищают листовым асбестом на длине не менее 100 мм. На остальные жилы надевают поливинилхлоридные трубки и экранируют их листом асбестового картона.

Другой особенностью газовой сварки является постепенный отвод горелки при завершении сварки после заполнения форм. Это дает возможность заполнить возникающую при кристаллизации металла усадочную раковину подплавлением к ее поверхности присадочного материала. Вместе с тем общее время сварки должно быть ограниченным во избежание перегрева жил и порчи изоляции проводника.

Порядок технологических операций при газовой сварке тот же, что и при сварке методом контактного разогрева.

При сплавлении в монолит многопроволочных алюминиевых жил сечением до 240 мм^2 применяют цилиндрические разъемные формы со стопорным кольцом. Процесс плавки ведут двухрожковой (двухпламенной) горелкой с многосопловыми наконечниками НЗП-1 при сечениях жил до 120 мм^2 и с наконечниками НЗП-2 при сечениях 150—240 мм^2. Сплавление производится без применения флюса, если присадок содержит легирующие элементы. В качестве присадочных прутков применяют сварочные проволоки Св-АК5, Св-АМ5, Св-АМг6. Однако при отсутствии этих проволок в качестве присадка можно использовать материал жил, но применять флюс АФ-4а или ВАМИ. Последовательность сплавления жил в монолит показана на рис. 47.

Форму нагревают до вишневого цвета (рис. 47, *а*), после чего одно пламя переносят внутрь формы, а вторым продолжают нагревать ее снаружи. Когда внутри формы образуется сварочная ванна, в нее вводят присадок.

После сплавления в монолит соединяемые жилы устанавливают в разъемные стальные формы с литниковым отверстием и клиновыми зажимами. На треногах собирают экраны и охладители. Сварку ведут двухпламенной горелкой, применяя наконечники № 2 или № 3 при сечении жил до 240 мм^2, а при больших сечениях — наконечники

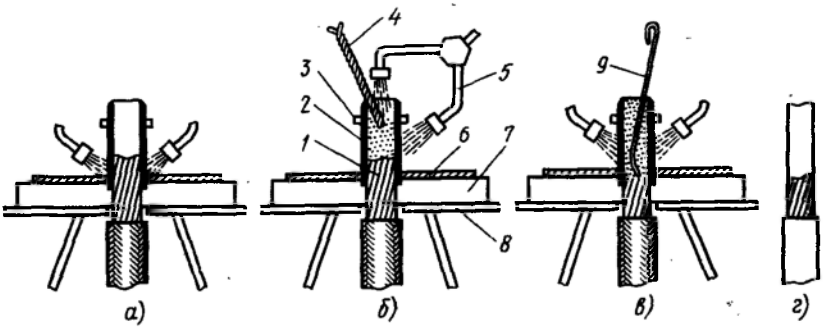


Рис. 47. Последовательность сплавления жилы в монолит методом газовой сварки: *а* — начало нагрева, *б* — расплавление присадочного материала с направлением пламени в форму, *в* — перемешивание расплава, *г* — жила, сплавленная в монолит; *1* — жила, *2* — форма, *3* — стопорное кольцо, *4* — присадочный материал, *5* — горелка, *6* — экран из листового асбеста, *7* — охладитель, *8* — тренога, *9* — мешалка

№ 4 или № 5. Последовательность действий горелкой та же, что и при сплавлении жил в монолит (рис. 47, *б, в*). Присадок вводят до заполнения литника. Литниковую прибыль после сварки откусывают специальными кусачками или отрезают (рис. 47, *г*).

Обработка соединений после газовой сварки проводится так же, как и после электросварки.

Приварка наконечников подобна сплавлению жил в монолит.

Сварка алюминиевых жил сечением 800—1500 мм^2 производится по общей технологии, но с применением трехпламенной горелки с наконечниками НЗП-5 на крайних рожках и с наконечником НЗП-2 на среднем рожке.

Во всех случаях пламя регулируют на небольшой избыток в горючей смеси пропан-бутана по сравнению с кислородом во избежание окисления наплавленного металла.

§ 9. Термитная сварка

Термитная сварка основана на высокой теплотворной способности специального горючего состава—термита (по массе: Fe_2O_3—72,5%, Al—18%, Mg—4,5% и 40%-ного ферромарганца—5%). Из термита прессуют толстостенные полые цилиндры—муфели, составляющие основу термопатронов. Для поджигания муфеля термопатрона служат специальные термитные спички, создающие температуру около 1000° С. Горит термитный патрон при температуре около 2800° С.

Для термитной сварки не требуется внешних источников энергии и сложных приспособлений, она проста; может быть осуществлена в разнообразных условиях монтажа; кроме того, она обеспечивает высокую производительность работ. Все это, а также полная автономность и высокое качество получаемых соединений обеспечивают термитной сварке преимущества перед другими способами сварки контактных соединений.

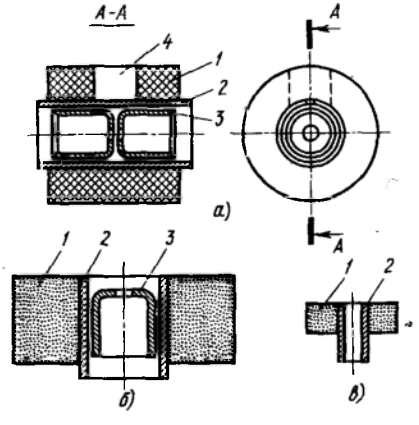
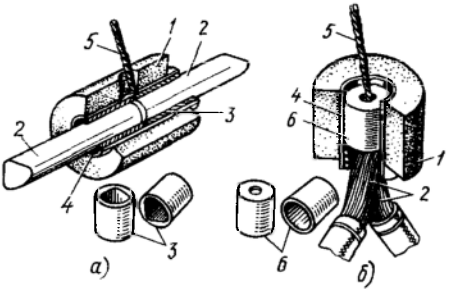


Рис. 48. Патроны для термитной сварки:
а—ПА, *б*—ПАТ, *в*—АТО; *1*—муфель, *2*—кокиль, *3*—колпачок, *4*—литниковое отверстие

Для термитной сварки выпускаются термопатроны различных конструкций: ПА (рис. 48, *а*) для соединения встык алюминиевых жил сечением 16—800 мм^2 и приварки наконечников типа ЛАС; ПАТ (рис 48,*б*)—для торцовой сварки многопроволочных алюминиевых жил суммарным сечением до 240 мм^2; ПАН—для приварки наконечников ЛАШ к жилам сечением 50—240 мм^2; АН—для приварки к жилам сечением до 240 мм^2 трубчатых наконечников ТА и ТАМ, предназначенных для опрессовки; АТО (рис. 48, *в*)—для сварки по торцам однопроволочных жил суммарным сечением 5—32 мм^2, скрученных между собой.

Рис. 49. Установка термопатронов: *а*—ПА, *б*—ПАТ; *1*—муфель, *2*—жила, *3*—втулки для монолитных секторных жил, *4*—кокиль, *5*—присадок. *6*—колпачок



Некоторые типы патронов (ПА, ПАТ) имеют колпачки из алюминия, которые устанавливают на концы соединяемых жил для их бандажирования и предохранения боковой поверхности проволок от пережога при сварке. Для установки в патроны монолитных секторных жил изготовляют переходные втулки *3* с цилиндрической наружной поверхностью и отверстием секторного сечения (рис. 49, *а*, *б*).

Для осуществления термитной сварки промышленность выпускает комплектные наборы НТС-2М, укомплектованные охладителями с вкладышами для круглых и секторных жил, стойкой-треножником, термоспичками с державкой и футляром, стальной щеткой и другими принадлежностями. Масса набора в чемодане — 17 кг.

Термитная сварка производится с применением флюсов (АФ-4а, ВАМИ), исключение составляет лишь сварка однопроволочных жил суммарным сечением до 26 мм^2 в патронах АТО. Перед сваркой

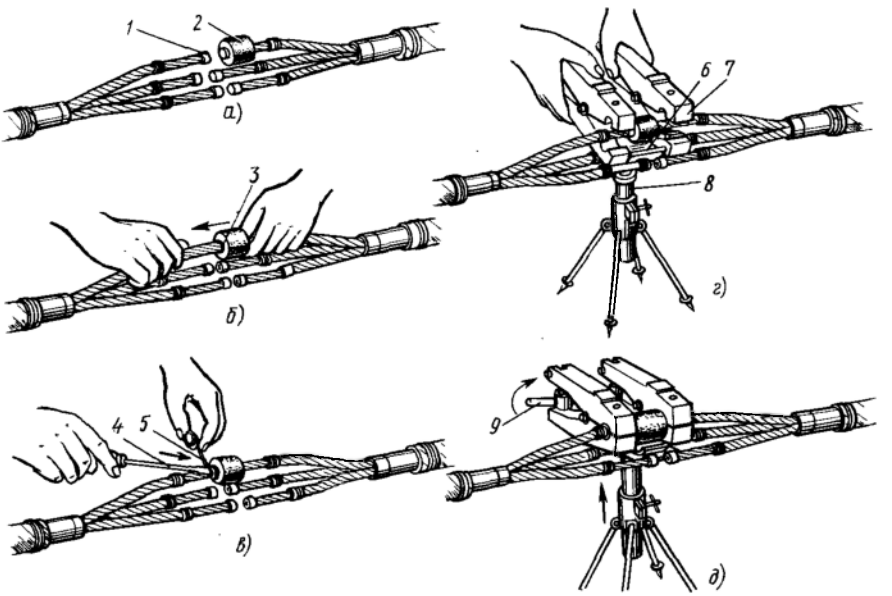


Рис. 50. Операции при подготовке жил к термитной сварке:
а, *б*—надевание на жилу термитного патрона, *в*—уплотнение формы, *г*—установка охладителей, *д*—закрепление охладителей на жилах; *1*—алюминиевый колпачок, *2*—термитный муфель, *3*—кокиль, *4*—отвертка, *5*—уплотнение из асбестового шнура, *6*—экран, *7*—охладитель, *8*—штатив, *9*—вороток

внутренняя поверхность стального кокиля термопатрона должна быть окрашена кокильной краской или меловым раствором и высушена. Это предотвращает приварку кокиля к жиле. Последовательность операций при установке термопатрона ПА при сварке жил встык показана на рис. 50. Зазор в стыке жил должен быть минимальным и располагаться точно против литникового отверстия.

Торцы термопатронов следует уплотнять асбестовой пряжей тщательно, набивая ее между кокилем и жилой до упора в колпачки. На соединяемую жилу перед охладителями и между местом сварки и остальными жилами устанавливают экраны, изготовленные из асбестового картона толщиной не менее 4 мм, при необходимости укрепляя их стальной подкладкой из кровельного листа. Экран на соединяемой жиле должен выступать за габариты охладителей не менее чем на 10 мм. Экран на остальные жилы кабеля изготовляют из листового асбеста. На защищаемые жилы надевают дополнительно поливинилхлоридные трубки на всю длину разделки. При сварке жил с пластмассовой изоляцией последняя защищается от тепловых воздействий плотной обмоткой мокрым асбестовым шнуром на длине 80—100 мм.

Последовательность термитной сварки показана на рис. 51. Муфель поджигают термитной спичкой путем трения ее о торец в месте, отмеченном кружком (в этом месте более рыхлая консистен-

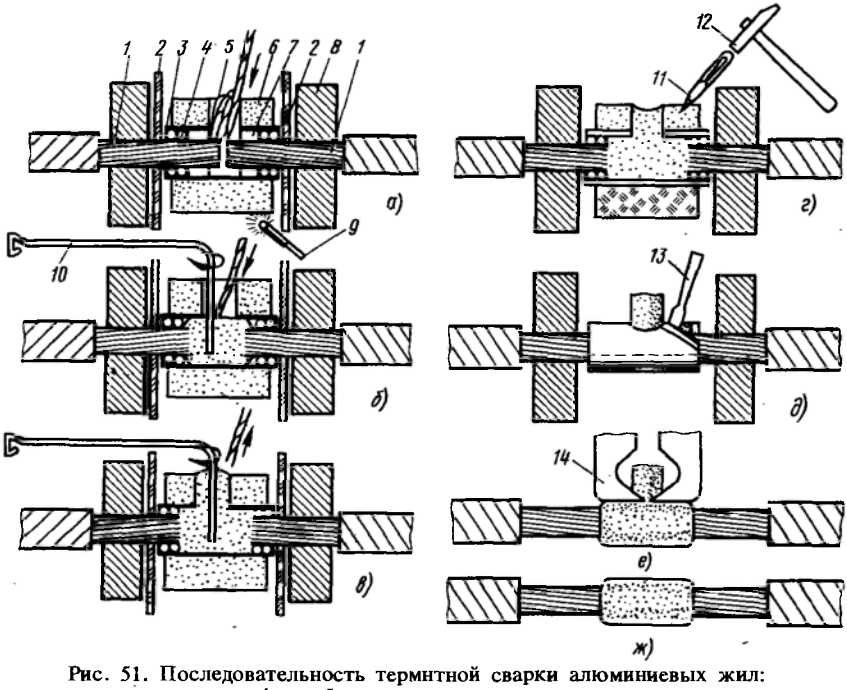


Рис. 51. Последовательность термитной сварки алюминиевых жил:
а—поджигание термитного муфеля, *б*—оплавление присадочного прутка и расплавление жил, *в*—перемешивание расплава, *г*—скалывание муфеля, *д*—снятие кокиля, *е*—удаление литниковой прибыли, *ж*—готовое соединение; *1*—жила кабеля, *2*—асбестовый экран, *3*—стальной кокиль, *4*—асбестовый шнур, *5*—присадок, *6*—термитный муфель, *7*—алюминиевый колпачок, *8*—охладитель, *9*—термитная спичка, *10*—проволочная мешалка, *11*—зубило, *12*—молоток, *13*—отвертка, *14*—губки клещей для скусывания прибылей

ция). Спичку перед зажиганием берут плоскогубцами или устанавливают в специальное приспособление.

Присадок, на который нанесен тонкий слой флюса, вводят в термопатрон немедленно после его зажигания во избежание пережога соединяемых жил. Первоначально с этой целью вводят увеличенное количество присадка. Полное расплавление жил происходит через 10—15 с после окончания горения муфеля. Убедившись в этом с помощью стальной мешалки, тщательно промешивают ванну для более полного выхода газов.

После кристаллизации расплавленного металла удаляют шлак муфеля, скалывая его небольшим зубилом или разламывая в пассатижах (при мелких термопатронах). Прибыль откусывают специальными клещами. Дальнейшую обработку соединения производят так же, как и при электросварке. Сварку остальных жил проводят аналогично описанной.

При сварке жил секторной формы их предварительно скругляют (обжимают в цилиндры). При торцовой сварке скругляют сложенные вместе жилы соединения.

§ 10. Пайка и опрессовка

Пайка

Для выполнения контактных соединений преимущественно используют методы сварки и опрессовки. Пайку применяют в качестве основного метода лишь при ответвлениях медных жил сечением 16—185 мм^2. В остальных случаях пайку производят при трудностях использования сварки или опрессовки.

Пайка отличается простотой технологии, но большой трудоемкостью. При соблюдении технологических требований припои создают высокую адгезию материалов соединяемых жил. Достижению высокой адгезии способствует применение флюсов, которые в соединении с окислами образуют шлаки и препятствуют окислению, а также повышают жидкотекучесть припоев.

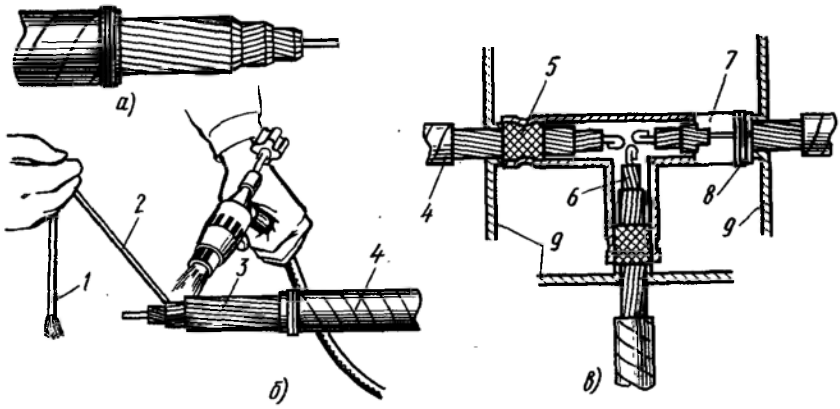


Рис. 52. Подготовка к пайке жил способом непосредственного сплавления припоя: *а*—разделка конца жилы под пайку, *б*—облуживание жилы, *в*—ответвление, подготовленное к пайке; *1*—стальная кисточка, *2*—припой, *3*—жила, *4*—изоляция, *5*—асбестовое уплотнение, *6*—ступенчатая разделка, *7*—форма, *8*—бандаж, *9*—тепловой экран

Рис. 53. Пайка жил способом полива

Для пайки алюминия широко применяют припои А, ЦО-12 и ЦА-15. Обычно предпочтение отдают припою А. Перед пайкой производят ступенчатую разделку жил. Пайку проводят в формах методом непосредственного сплавления припоя (рис. 52) или методом полива (рис. 53).

Для пайки ответвлений медных жил применяют мягкие припои ПОС-40, ПОС-50 и ПОС-61. Среди них наиболее употребителен ПОС-40.

Флюсы используют бескислотные: канифоль, спиртовой раствор канифоли, паяльный жир. Паяльный жир представляет собой сплавленные 10 ч. (по массе) канифоли и 3 ч. животного жира. Отдельно растворяют в 1 ч. воды 2 ч хлористого аммония и 1 ч. хлористого цинка. Затем раствор вливают в смесь жира с канифолью при 50° С, тщательно промешивают и охлаждают.

Опрессовка

В монтажной практике получили распространение два способа опрессовки: местным вдавливанием и многогранным обжатием.

Первый способ характеризуется сравнительно небольшими усилиями опрессовки, но контакты соединения получаются менее стабильными, чем контакты, образующиеся вторым способом. Кроме того, искажается геометрическая форма токопроводящих жил, а при напряжениях 6—10 кВ это приводит к созданию неоднородности электрического поля, которое опасно для изоляции. Указанные недостатки опрессовки местным вдавливанием обусловили ограниченное применение этого способа. С помощью местного вдавливания соединяют алюминиевые жилы сечением 16—95 мм^2 при напряжении кабельных линий до 10 кВ включительно, сечением более 95 мм^2 при напряжении до 1 кВ; оконцовывают алюминиевые жилы сечением 16—240 мм^2 при напряжении до 35 кВ и медные жилы всех сечений и при всех напряжениях кабельных линий. Второй способ требует значительно бо́льших усилий опрессовки.

В последнее время получает распространение смешанный способ опрессовки, сочетающий шестигранное обжатие соединений с одновременным однозубым местным вдавливанием. Таким способом создаются соединения более надежные, чем при местном вдавливании. При этом не требуется очень больших усилий опрессовки. Инструменты для опрессовки представляют собой комплекты из пуансона и матрицы. Характеристики наборов опрессовочных инструментов приведены в табл. 12.

Для создания усилий, необходимых для опрессовки, применяют разнообразные механизмы (рис. 54—58 и табл. 13).

Соединение и ответвление однопроволочных алюминиевых жил сечением 2,5—10 мм^2 выполняют в гильзах ГАО с внутренним

Таблица 12. **Инструменты для опрессовки**

Марка набора и характер опрессовки	Сечение жил		
	медных	алюминиевых	
		однопроволочных	многопроволочных
НИСО — набор инструментов для скругления и опрессовки:			
однозубое вдавливание	—	25—240	16—240
скругление секторных жил	—	25—240	—
НИСШО — набор инстументов для скругления и шестигранной опрессовки:			
шестигранное обжатие	—	25—240	16—240
скругление секторных жил	—	25—240	—
УНИ-2А — универсальный набор инструментов для опрессовки алюминиевых жил двухзубым вдавливанием	—	25—240	16—240
УНИ-1А — то же, что и УНИ-2А, но однозубое вдавливание	—	120—240	150—240
УНИ-1М — то же, что и УНИ-1А, но для медных жил	16—240	—	—
НУСА — набор универсальный для алюминиевых жил ступенчатого вдавливания:			
двухзубое вдавливание	—	25—120	16—120
однозубое и двухзубое ступенчатое вдавливание	—	—	120—240
ИСК — инструмент для скругления алюминиевых жил кабелей	—	25—120	25—120

диаметром 4—8 мм коротких (для одностороннего введения жил) и длинных (для двустороннего введения жил). Суммарное сечение соединяемых жил в коротких гильзах 7,5—32,5 мм^2, а в длинных гильзах — 15—65 мм^2.

Соединение алюминиевых жил сечением выше 10 мм^2 производят в гильзах ГА, а оконцевание — в наконечниках ТА и ТАМ.

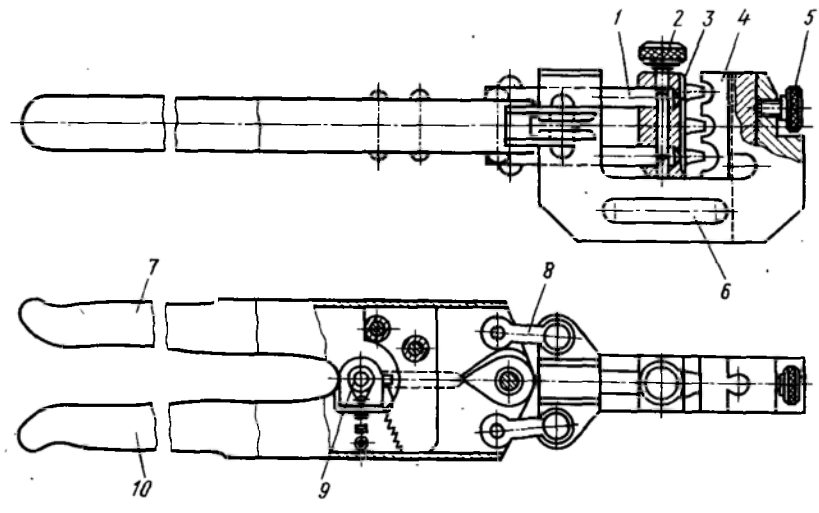


Рис. 54. Пресс-клещи ПК-3:
1 — толкатель, *2*, *5* — винты, *3* — блок-пуансон, *4* — блок-матрица, *6* — бугель, *7*, *10* — рукоятки, *8* — тяга, *9* — блокировочное устройство

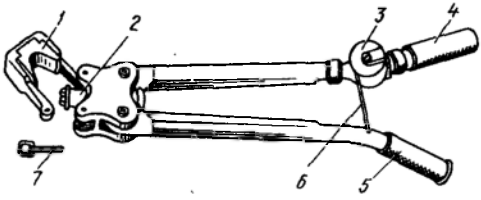


Рис. 55. Механический пресс РМП-7:
1—матрица, *2*—пуансон, *3*—барабан с храповым устройством, *4*—рукоятка привода барабана, *5*—неподаижная рукоятка, *6*—трос, *7*—чека (стопор)

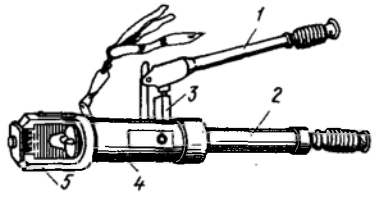


Рис. 56. Гидравлический пресс РГП-7М:
1—рукоятка привода насоса, *2*—резервуар, *3*—насос, *4*—корпус, *5*—бугель

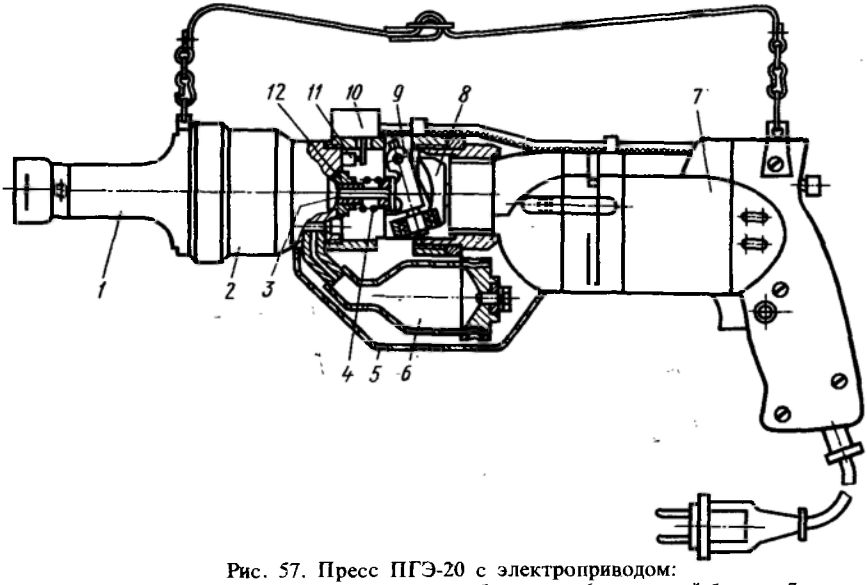


Рис. 57. Пресс ПГЭ-20 с электроприводом:
1—бугель, *2*—корпус, *3*—плунжер, *4*—пружина, *5*—кожух, *6*—масляный баллон, *7*—электропривод, *8*—вал-кулачок, *9*—рычаг, *10*—отключающее устройство, *11*—предохранительный клапан, *12*—нагнетательный цилиндр

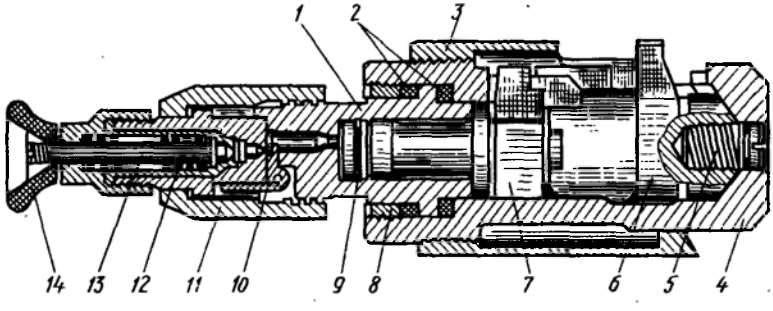


Рис. 58. Пороховой пресс ППО-95М:
1—ствол, *2*—амортизатор, *3*—защитный кожух, *4*—корпус, *5*—винт, *6*—матрица, *7*—пуансон, *8*—гайка амортизатора, *9*—стопорная пружина, *10*—экстрактор, *11*—затвор, *12*—боевая пружина, *13*—ударник, *14*—пуговка

Таблица 13. **Механизмы для опрессовки**

Тип	Наибольшее усилие, кН (тс)		Назначение	Сечение жил, мм²				Габариты, мм (длина×	Масса кг
				медных		алюминиевых		×ширина×	
	на штоке пуансона	на рукоятках		однопроволочных	многопроволочных	однопроволочных	многопроволочных	× высота)	
ПГР-20М1 (пресс гидравлический ручной)	200 (20)	0,25 (0,025)	Оконцевание и соединение шестигранным обжатием с местным вдавливанием	—	16—240	—	16—240		
			Скругление секторных жил	—	—	25—240	—	605×135×90	5,6 (наибольшая)
ПГЭ-20 (пресс гидравлический с электроприводом)	200 (20)	—	Оконцевание, соединение	—	—	—	16—240		
			Скругление секторных жил	—	—	25—240	—	700×85×175	6,5 (без кабеля)
ПГЭМ-2М (пресс гидравлический с электроприводом)	100 (10)	—	Оконцевание, соединение	—	16—240	—	16—240	35,5×202×300 (пресс);	23
			Скругление секторных жил	—	—	25—120	—	80×220 (головка)	
ПРГ-7М (ручной гидравлический пресс)	70 (7)	0,15 (0,015)	Оконцевание, соединение вдавливанием:						
			однозубым	—	16—240	—	16—240		
			двухзубым	—	16—120	—	16—240	590×153×90	6,5
			Скругление секторных жил		—	25—120	—		
РМП-7 (ручной механический пресс)	70 (7)	0,15 (0,015)	Оконцевание, соединение вдавливанием:						
			однозубым	—	16—240	—	16—240		
			двухзубым	—	16—25	—	16—95	650×120×60	5,3

Продолжение табл. 13

Тип	Наибольшее усилие, кН (тс)		Назначение	Сечение жил, мм²				Габариты, мм (длина × ширина × высота)	Масса, кг
				медных		алюминиевых			
	на штоке пуансона	на рукоятках		однопроволочных	многопроволочных	однопроволочных	многопроволочных		
ПГМВ (пресс гидравлический многоместного вдавливания)	150 (15)	0,20 (0,020)	Оконцевание, соединение многоместным вдавливанием	—	16—240	—	16—240	665×132×85	7,2
ПМГУ-4 (пресс механический ручной)	60 (6)	0,15 (0,015)	Оконцевание, соединение вдавливанием:						
			однозубым	—	70—150	—	70—150		
			двухзубым	—	16—9	—	16—95	575×48×140	3,0
ГКМ (гидравлические клещи монтажные)	14 (1,4)	0,3 (0,03)	Оконцевание	До 10	До 10	До 25	16—25	275×45×72	1,2 (с футляром)
			Соединение	—	—	2,5—10 (суммарно до 41)	—		
			Оконцевание пистоном	1,0—2,5	1,0—2,5	—	—	—	
ПК-1М (пресс-клещи)	14 (1,4)	0,3 (0,03)	Оконцевание, соединение	—	—	—	16—35	530×140×52	2,5 (комплекта 3,6)
			Опрессовка в гильзах ГАО-5, ГАО-6, ГАО-8-2	—	—	65 (суммарно)			
ПК-2М (пресс-клещи)	5,5 (0,55)	0,35 (0,035)	Оконцевание, соединение	4—6	4—6	—	—	255×65×29	0,65 (комплекта 1,3)
			Опрессовка в гильзах ГАО-4, ГАО-5	—	—	26 (суммарно)			
			Оконцевание пистоном	1,5—2,5	1,5—2,5	—			
ПК-3 (пресс-клещи)	12,5 (1,25)	0,35 (0,035)	Оконцевание, соединение в гильзах ГАО-4—	4—6	4—6	До 25 (суммарно до 41)	—	325×62×60	0,85

Тип	Наибольшее усилие, кН (тс)		Назначение	Сечение жил, мм²				Габариты, мм (длина × ширина × высота)	Масса, кг
				медных		алюминиевых			
	на штоке пуансона	на рукоятках		одно-проволочных	много-проволочных	одно-проволочных	много-проволочных		
			ГАО-6, в гильзах ГМ и наконечниках Т					325×62×60	0,85
			Оконцевание пистоном	1,5—2,5	1,5—2,5	—	—		
ППО-95М (пресс пороховой для однопроволочных жил)	—	—	Объемная штамповка из жилы наконечника	—	—	25—95	—	270×66	2,6 (комплекта 8)
ИПОН (пресс пороховой для опрессовки)	—	—	Опрессовка в наконечниках ТА, ТАМ, ПА	—	—	—	16—120	315×124×80	6
ППЧ-20 (пресс пороховой Чижикова)	—	—	Оконцевание, соединение	—	16—240	—	16—240	500×90	6
			Опрессовка овальных соединителей ВЛ	—	—	—	До 120		
ИП-240Д (пресс импульсный)	—	—	Объемная штамповка из жилы наконечника	—	—	25—240	—	—	—

Для соединения и оконцевания медных жил применяют медные гильзы МГ и наконечники Т.

Маркировка наконечников и гильз соответствует их внутренним диаметрам и совпадает с маркировкой инструментов (пуансонов и матриц), что облегчает выбор последних (табл. 14 и 15).

Таблица 14. **Сечение круглых жил в зависимости от диаметра медных и алюминиевых гильз и наконечников**

Сечение жил, мм²	Диаметр медных гильз и наконечников, мм	Диаметр алюминиевых гильз и наконечников, мм	Сечение жил, мм²	Диаметр медных гильз и наконечников, мм	Диаметр алюминиевых гильз и наконечников, мм
4	3	—	50	10	9
6	4	—	70	11	11
10	5	—	95	13	13
16	6	5,4	120	15	14
25	7	7	150	16	16
35	8	8	185	18	18; 19
			240	20	20

Таблица 15. **Сечение секторных жил в зависимости от диаметра медных и алюминиевых гильз и наконечников**

Сечение жил, мм²	Диаметр медных гильз и наконечников, мм	Диаметр алюминиевых гильз и наконечников, мм	Сечение жил, мм²	Диаметр медных гильз и наконечников, мм	Диаметр алюминиевых гильз и наконечников, мм
70	12	12	150	18	17
95	13	14	180	19	18; 19
120	15	16	240	21	22

Кроме трубчатых изделий для опрессовки применяют штифтовые медно-алюминиевые наконечники ШП и кольцевые медные наконечники П (пистоны). Наконечники ШП выпускают для многопроволочных алюминиевых жил сечением 16—240 мм², а пистоны П — для медных жил сечением 1,0; 1,5 и 2,5 мм².

В технологии опрессовки алюминиевых и медных жил имеются некоторые различия. При опрессовке алюминиевых жил на их поверхности образуется окисная пленка, которая имеет высокие электрическое сопротивление, механическую прочность и изолирующие свойства. Все это препятствует созданию надежного контакта и ухудшает его свойства с течением времени.

Разрушенный механически окисел на поверхности алюминия быстро восстанавливается на воздухе. Таким образом, обычной зачистки до металлического блеска при опрессовке алюминия недостаточно. Поэтому во избежание образования окисной пленки алюминия при подготовке алюминиевых жил к опрессовке применяют кварцевазелиновую пасту. Паста состоит из равных количеств (по массе) очищенного кварцевого песка и технического вазелина. Свойства пасты позволяют совместить функции удаления окисла и защиты от окисления в последующем. Абразивные свойства песка

оказываются полезными и в процессе опрессовки, обеспечивая дополнительную зачистку площади контакта.

Техника применения кварцевазелиновой пасты состоит в нанесении ее на очищаемую поверхность, зачистке этой поверхности по слою пасты стальными щетками и ершами, удалении грязной пасты ветошью и нанесении нового слоя пасты для опрессовки. Так подготавливают для опрессовки алюминиевые жилы, гильзы и наконечники. Монолитные секторные жилы предварительно скругляют инструментом ИСК.

Медные жилы перед опрессовкой зачищают до металлического блеска без применения кварцевазелиновой пасты.

Последовательность оконцевания и соединения опрессовкой алюминиевых жил сечением 16—240 мм² показана на рис. 54.

Выбирают инструмент, механизм и наконечник (гильзу) для данного типа и сечения жилы.

С участка жилы, равного длине втулки наконечника или половине длины гильзы, удаляют изоляцию (рис. 59, *а*), зачищают жилу (рис. 59, *б*), внутреннюю поверхность гильзы (рис. 59, *в*) или наконечника и смазывают их кварцевазелиновой пастой (рис. 59, *г*, *д*). Обычно гильзы поставляются со слоем кварцевазелиновой пасты на внутренней поверхности, в этом случае зачистка гильзы не требуется.

Надевают наконечник до упора; жилы вводятся в гильзу до стыка (рис. 59, *е*); стык должен находиться в середине длины гильзы.

Собранное соединение устанавливают в механизм для опрессовки; предварительно пуансон отводится от матрицы в крайнее положение (рис. 59, *ж*).

Производят опрессовку, в процессе которой следят за симметричным расположением лунок по оси соединения; окончание процесса опрессовки определяется по моменту упора шайбы пуансона в торец матрицы; опрессовку наконечников осуществляют двумя вдавливаниями однозубым инструментом или одним вдавливанием двухзубым инструментом; на гильзе с каждой стороны выполняют по два

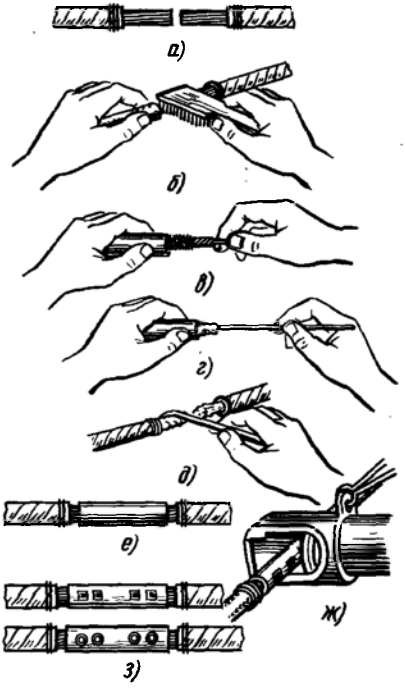


Рис. 59. Последовательность опрессовки алюминиевых жил сечением 16—240 мм²:

а—концы жил после снятия изоляции, *б*—зачистка жил, *в*—зачистка внутренней поверхности гильзы, *г*—смазка внутренней поверхности гильзы кварцевазелиновой пастой, *д*—смазка жил кварцевазелиновой пастой, *е*—соединение, подготовленное к опрессовке, *ж*—опрессовка жил, *з*—опрессованное соединение

вдавливания (рис. 59, з). Наилучшие результаты опрессовки достигаются применением набора НУСА с пуансоном ступенчатой формы.

Разводят пуансон и матрицу, снимают механизм с опрессованного соединения или наконечника.

Удаляют излишки пасты, притупляют острые грани на соединении и обезжиривают его.

Накладывают один слой полупроводящей кабельной бумаги на соединение жил кабелей напряжением 6—10 кВ с перекрытием всех лунок, предварительно заполненных кабельной массой МП, бумага крепится ниточными бандажами.

Готовое соединение изолируют.

Так же осуществляется опрессовка однопроволочных секторных жил сечением 25—120 мм^2, но перед зачисткой они скругляются.

Оконцевание алюминиевых однопроволочных секторных жил сечением 25—95 мм^2 производят объемной штамповкой. Для этого используют пороховой пресс ППО-95М.

Конец жилы устанавливают на матрицу пресса. При взрыве порохового заряда пуансон пресса деформирует жилу и образует наконечник непосредственно из материала жилы. Вокруг наконечника и внутри его отверстия создается облой, который легко удаляют ножом.

Оконцевание и соединение медных жил сечением 4—240 мм^2 производится по технологии опрессовки алюминиевых жил, но без применения кварцевазелиновой пасты. Кроме того, для создания надежного контакта достаточно одного вдавливания на наконечнике и двух на гильзе (по одному на каждую жилу).

Соединение многопроволочных медных жил сечением 1,0—2,5 мм^2 производят клещами ПК-3 с гребенчатыми матрицей и пуансоном (см. рис. 54). Вместо гильзы используют ленту шириной 20 мм из латунной или медной фольги толщиной 0,2 мм. Ленту наматывают плотно в два слоя на концы жил, оголенные на длину 25 мм, зачищенные до металлического блеска, подкрученные плоскогубцами и соединенные внахлест. Намотанная лента подкручивается пассатижами, устанавливается в клещи ПК-3 и опрессовывается однократным обжатием в гребенчатых матрице и пуансоне.

Оконцевание в пистоне медных многопроволочных жил сечением 1,0—2,5 мм^2 производят следующим образом. Жилу зачищают до металлического блеска на участке 25—30 мм, подкручивают пассатижами, изгибают в колечко на желобке наконечника П. Затем жилу с наконечником устанавливают в клещи, оборудованные специальными инструментами, и производят опрессовку.

§ 11. Соединения и ответвления жил проводов и кабелей в резьбовых зажимах

Обычно необходимость в резьбовых контактных соединениях возникает при подключении жил проводов и кабелей к зажимам машин, аппаратов, приборов. Конструкции резьбовых контактных зажимов отличаются разнообразием (рис. 60) и требуют соответствующей подготовки концов жил.

Концы присоединяемых жил подготавливают в зависимости от конструкции, сечения и материала жил, от формы контактного

вывода аппарата, а также от условий окружающей среды при эксплуатации.

При относительной влажности не более 80% при 20° С и отсутствии химически активных веществ в окружающей среде допускается контакт алюминиевой однопроволочной жилы в виде кольца или многопроволочной жилы, оконцованной алюминиевым наконечником, с медным контактным зажимом аппарата.

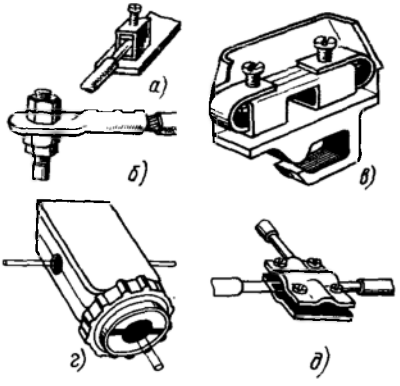


Рис. 60. Резьбовые контактные зажимы:
а — винтовой для штифтовых оконцеваний, *б* — болтовой, *в* — реечный наборный, *г* — ответвительный У870, *д* — то же, без кожуха

Медный плоский контакт зажима должен быть зачищен под слоем нейтральной смазки до металлического блеска и облужен. Медные штыревые контактные зажимы промывают растворителями. Затем смазка должна быть заменена на кварцевазелиновую пасту. Вместо кварцевазелиновой пасты можно применять токопроводящий клей. В этом случае зачистку производят без применения смазки.

Если среда содержит химически активные вещества и ее относительная влажность более 80% при температуре 20° С и выше, то контакт алюминиевой жилы, оконцованной алюминиевым наконечником, допускается только для плоского медного зажима аппарата при условии, что как лапка наконечника, так и поверхность зажима имеют антикоррозийное покрытие из никеля, олова или кадмия. Без применения покрытий допускается присоединять к плоским и штыревым медным зажимам алюминиевые жилы, оконцованные медно-алюминиевыми наконечниками.

§ 12. Контроль качества контактных соединений

Объективным и прямым методом контроля качества контактного соединения является измерение величины переходного сопротивления контактного соединения или падения напряжения на нем и сравнение полученных данных с нормативными. Наряду с этим контактное соединение осматривают, используя в необходимых случаях лупы, а также измеряют штриховыми инструментами. В ответственных случаях сварки сборных шин РУ для контроля качества соединений применяют физические методы контроля (например, рентгенодефектоскопию, гаммадефектоскопию и т. п.).

Сварные соединения считаются непригодными, если наблюдаются пережоги проволок наружного повива, нарушения целости металла шва при перегибах соединения или усадочные раковины глубиной более одной трети диаметра жилы.

Опрессованные контактные соединения бракуются при несоответствии геометрических размеров соединения требованиям инструкций по монтажу, при наличии на поверхности соединителя трещин,

механических повреждений или следов значительной коррозии, при кривизне опрессованного соединителя более 3% его длины.

Во всех случаях критерием браковки является превышение более чем в 1,2 раза сопротивления или падения напряжения на участке соединения по сравнению с теми же величинами, измеренными на участке той же цепи и той же длины, но не содержащей соединения. Измерение производят микровольтметром или микрометром.

Широкое применение для контроля качества опрессованных соединений имеет метод измерений остаточных толщин с помощью приспособленных для этого штангенциркулей или штриховых приборов (рис. 61). Измеряемые при этом остаточные толщины h, h_1 и h_2

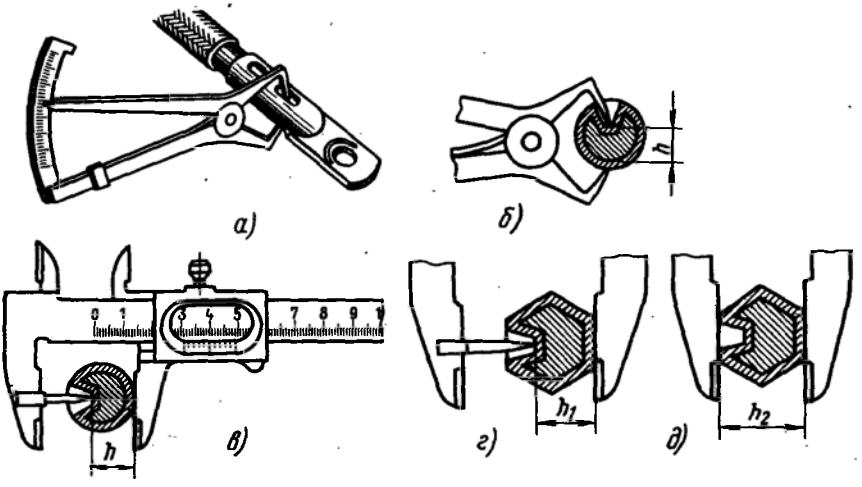


Рис. 61. Средства и способы контроля качества опрессовки:
а, б — при местном вдавливании специальным измерителем, *в, г* — при местном вдавливании штангенциркулем с насадкой, *д* — при шестигранном обжатии штангенциркулем

Таблица 16. **Остаточная толщина после местного вдавливания при оконцевании и соединении опрессовкой алюминиевых жил сечением 16—240 мм²**

Сечение, мм², и конструкция жил	Маркировка наконечников и гильз	Остаточная толщина h в месте опрессовки, мм (±0,3)	Сечение, мм², и конструкция жил	Маркировка наконечников и гильз	Остаточная толщина h в месте опрессовки, мм (±0,3)
16Н	5,4	4	95С; 120Н	14	11
25Н; 25СО	7	6	120С; 120СК;		
35Н; 35СО	8	7	150Н	16	12
50Н; 50СО; 70СО	9	8	150С; 150СК	17	12
70Н; 95СО	11	9	185Н; 185СК	18	13
70С	12	9	185С	19	13
95Н; 120СО	13	10	240Н	20	15
			240С	22	16

Условные обозначения: Н — нормальная многопроволочная круглая; С — многопроволочная секторная; СО — секторная однопроволочная; СК — секторная комбинированная (монолитный сердечник с наружным повивом проволок).

Таблица 17. **Остаточная толщина после шестигранного обжатия при оконцевании и соединении опрессовкой алюминиевых жил сечением 16—240 мм²**

Сечение, мм², и конструкция жил	Маркировка наконечников и гильз	Остаточная толщина в месте обжатия, мм (±0,3)		Сечение, мм² и конструкция жил	Маркировка наконечников и гильз	Остаточная толщина в месте обжатия, мм (±0,3)	
		h_1	h_2			h_1	h_2
16Н	5,4	4,5	8,5	95С; 120Н	14	10,5	18,0
25Н	7	5,5	10,0	120С; 150Н;	16; 17	12,0	19,5
35Н	8	6,5	11,5	150С	18; 19	13,0	21,0
50Н	9	7,5	13,0	185Н; 185С	20	14,5	23,0
70Н; 70С	11; 12	8,5	15,0	240Н	22	16,0	24,0
95Н	13	9,5	17,0	240С			

должны соответствовать нормам (табл. 16 и 17). Контролю подвергают 3—5% соединений опрессовкой сборных шин и 5—10% соединителей ВЛ.

Качество болтовых соединений проверяют выборочно, вскрывая и осматривая 2—3% соединений. При этом обращают внимание на степень затяжки резьб, а также измеряют падение напряжения на участках длиной 0,7—0,8 м, содержащих и не содержащих соединение.

§ 13. Изолирование контактных соединений

Целью изолирования при монтаже контактных соединений обычно является восстановление изоляции, нарушенной при разделке проводников для соединения, ответвления или оконцевания жил.

Ручное изолирование связано с дополнительным увлажнением и загрязнением слоев изоляции. Снижение качества изоляции при ручном способе может быть компенсировано путем наложения более толстых слоев изоляции или применением материалов с характеристиками, превосходящими характеристики заводской изоляции. Во всех случаях особое внимание следует обращать на стыки заводской и восстановленной изоляции, которые должны быть перекрыты дополнительными слоями изоляционных материалов. В связи с тем, что восстановленная изоляция имеет, как правило, толщину бо́льшую, чем толщина заводской изоляции, контактные соединения жил в потоках проводников располагают вразбежку по длине.

По долговечности и механической прочности восстановленная изоляция уступает заводской. Неплотность восстановленной изоляции создает возможность проникновения влаги к контактному соединению. Все это требует дополнительных мер герметизации контактных соединений. Поэтому контактные соединения, работающие в наружных установках и в помещениях с относительной влажностью более 80% при 20° С и выше, дополнительно герметизируют водостойкими лаками и лакокрасочными покрытиями. Наиболее широко применяют глифталево-масляный лак ГРФ-95, глифталевую грунтовку № 138, поливинилбутиралевую грунтовку ВЛ-08 и перхлорвиниловую эмаль ФСХ-26. В качестве растворителей используют бензин Б-70, растворитель Р-4, технические ацетон и дихлорэтан.

3 Зак. 37

Перед нанесением антикоррозийных покрытий стыки контактных соединений и примыкающие к ним участки шириной 10—20 мм тщательно обезжиривают растворителями. Покрытия наносят на стыки деталей контактных соединений, сварные и паяные швы, места возможных неплотностей. При этом необходимо, чтобы защитный слой покрывал не только неплотности, но и примыкающие к ним участки поверхностей шириной не менее 5 мм. Защитные покрытия наносят кистью или пульверизатором.

Сварные стыки шин магистральных комплектных шинопроводов изолируют пропиленовыми накладными кожухами, состоящими из двух одинаковых накладок, снабженных замками-защелками. Накладками охватывают соединение с обеих сторон, а выступающие кромки с замками сжимают до защелкивания.

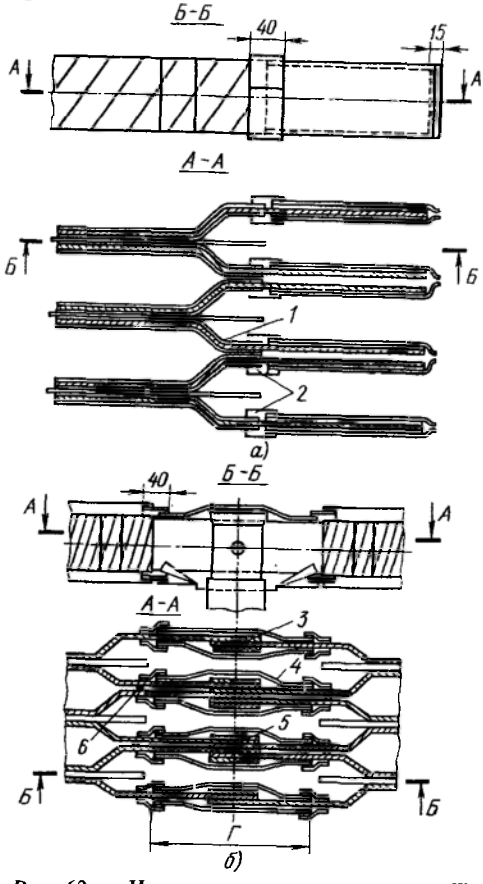


Рис. 62. Изолирование сварных стыков комплектных шинопроводов:
а—изоляция концов шин крайних секций, *б*—изоляция сварного соединения с ответвлением; *1*—заводская изоляция шин, *2*—лента стеклолакоткани, *3*—пакет из трех шин, *4*—двухслойная изоляция из стеклолакоткани, *5*—пакет из пяти-шести шин, *6*—изоляционные уплотнения (вкладыши)

Для магистральных шинопроводов выпускают четыре вида кожухов: для сварных и болтовых соединений без ответвлений и для сварных и болтовых соединений с ответвлениями. В кожухах для соединений болтовым сжимом предусмотрены отверстия для прохода трубчатого изолятора, на котором собирается стык. Кожухи изготовляют комплектами. Для каждого стыка секций в комплект входят четыре глубокие крышки-накладки для двух толстых стыков из четырех шин и четыре накладки меньшей глубины для двух тонких стыков из двух шин. Для ответвлений шин применяют глубокие кожухи, так как число шин в пакетах увеличивается за счет ответвительных шин. Контактные плоскости концов шин крайних секций для изолирования оклеивают полотнами стеклолакоткани ЛСЭ-0,15 на клее 88Н (рис. 62, *а*). Кромки полотна за торцами шины склеивают между собой. Сварные ответвления шин при отсутствии кожухов также оклеивают полотнами стеклолакоткани (рис. 62, *б*).

так, чтобы отростки раскроя полотна легли на кромку изоляции ответвления. Боковые углы полотен загибают на магистральные шины, как показано на рисунке. Последовательно наклеивают два полотна. Поверхности пакетов магистральных шин между ответвительными шинами также оклеивают стеклолакотканью. Стыки полотен стеклолакоткани с заводской изоляцией обматывают на расстоянии 15—20 мм лентой из стеклолакоткани на клее 88Н, а затем промазывают слоем эпоксидного компаунда.

При отсутствии пропиленовых кожухов прямые сварные стыки шин также изолируют лентой из стеклолакоткани. Намотку осуществляют встык в два слоя, перекрывая стыки первого слоя вторым слоем и с заходом на заводскую изоляцию с обоих концов на 15—20 мм.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие типы электрических схем применяют в электромонтажном производстве?
2. Каковы основные принципы, которыми руководствуются при маркировке электрических цепей?
3. Какие механизированные инструменты применяют для пробивных работ?
4. В какой последовательности операций следует вмазывать анкерные детали?
5. Какие виды дюбелей применяют для крепежных работ?
6. Расскажите о последовательности крепления анкерных деталей с помощью пластмассовых дюбелей.
7. Какие типы стальных гвоздевых дюбелей применяют для крепежных работ?
8. Какими специальными инструментами можно забивать стальные дюбели?
9. В чем состоит принцип действия пистолета ПЦ-52 для забивки стальных дюбелей?
10. В какой последовательности операций следует забивать дюбели пистолетом ПЦ-52?
11. В какой последовательности разделывают кабели с бумажной изоляцией?
12. Расскажите об особенностях разделки кабелей с пластмассовой изоляцией по сравнению с разделкой кабелей с бумажной изоляцией.
13. С какой целью заземляют экраны и выполняют конусную подмотку при разделке кабелей с пластмассовой изоляцией?
14. Опишите последовательность выполнения конусной подмотки на жилах кабелей с пластмассовой изоляцией.
15. В чем заключаются особенности разделки кабелей с резиновой изоляцией в сравнении с разделкой кабелей с бумажной изоляцией?
16. Каковы особенности разделки контрольных кабелей в сравнении с разделкой силовых кабелей?
17. Какими специализированными инструментами и приспособлениями разрезают кабели для наложения на них бандажей, удаления с них брони и оболочек?
18. Каковы особенности разделки проводов по сравнению с разделкой кабелей?
19. Сравните преимущества и недостатки методов контактного соединения токопроводящих жил сваркой, пайкой и опрессовкой.
20. Какие способы электрической сварки применяют для контактных соединений токопроводящих жил?
21. В какой последовательности следует сваривать многопроволочные алюминиевые жилы способом контактного разогрева?
22. Каковы особенности технологии газовой сварки контактных соединений?
23. В чем состоит сущность термитной сварки контактных соединений?
24. В какой последовательности производят термитную сварку контактных соединений?
25. В какой последовательности операций производят пайку контактных соединений алюминиевых жил способом непосредственного сплавления припоя и способом полива?
26. Каковы особенности пайки контактных соединений медных жил?
27. Какие способы опрессовки применяют для контактного соединения токопроводящих жил?

28. В какой последовательности операций следует опрессовывать контактные соединения алюминиевых многопроволочных жил?

29. Какие специализированные инструменты и приспособления применяют для контактных соединений методами сварки, пайки и опрессовки?

30. Каким образом и по каким показателям контролируют качество контактных соединений?

ГЛАВА 11. УСТРОЙСТВО И МОНТАЖ СИЛОВЫХ МАСЛЯНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

УСТРОЙСТВО СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

§ 14. Классификация силовых трансформаторов

Силовые масляные трансформаторы выпускаются промышленностью различных мощностей до 1000 МВ·А при напряжениях до 750 кВ и выше.

Трансформаторы разделяются:

по числу фаз на однофазные и трехфазные;

по числу обмоток на фазу на двухобмоточные и трехобмоточные;

по типу магнитопровода на стержневые и броневые;

по способу охлаждения — на сухие (с воздушным охлаждением), масляные, совтоловые;

по системе охлаждения — с масляным дутьевым охлаждением и естественной циркуляцией масла, с масляным дутьевым охлаждением и принудительной циркуляцией масла; с масляно-водяным радиатором и естественной циркуляцией масла, с масляно-водяным радиатором и принудительной циркуляцией обеих сред.

В зависимости от мощности и напряжения трансформаторы разделяются на семь габаритов (табл. 18).

Таблица 18. **Характеристика силовых масляных трансформаторов**

Габарит	Напряжение, кВ	Мощность, кВ·А
I	6—10	16, 25, 40, 63, 100
II	До 35	125, 160, 250, 400, 630
III	„ 35	1000, 1600, 2500, 4000, 6300
IV	35	10 000, 16 000, 25 000, 32 000, 40 000, 63 000, 80 000
	110	2500, 6300, 10 000, 16 000, 25 000, 32 000, 40 000, 63 00 80 000
	150—220	До 40 000
V	110	100 000—400 000
	150—220	63 000—320 000
VI	150 и 220	400 000 и выше
	330 и 500	Все трансформаторы и автотрансформаторы
VII	750 и выше	То же

§ 15. Устройство силовых трансформаторов

Трансформатор состоит из магнитопровода *13* (рис. 63) и обмоток *17*, жестко закрепленных на нем. Для защиты от воздействий окружающей среды они помещены в стальной бак *1*. Бак герметически закрыт крышкой *6*. Сквозь крышку с помощью проходных изоляторов (вводов) *7*, *8*, *9* электрические цепи обмоток *ВН* выведены наружу. Над крышкой расположен расширитель *12*, сообщающийся трубопроводом с баком. В разрез соединительного трубопровода установлено газовое реле *11*. Непосредственно из бака наружу через крышку выведена выхлопная труба *10*, нормально закрытая мембраной. Труба предназначена для аварийных выбросов газов и масла наружу. На крышке смонтирована рукоятка *4* переключателя напряжения. Переключатель напряжения *16* расположен под крышкой и соединен с рукояткой валом, проходящим сквозь

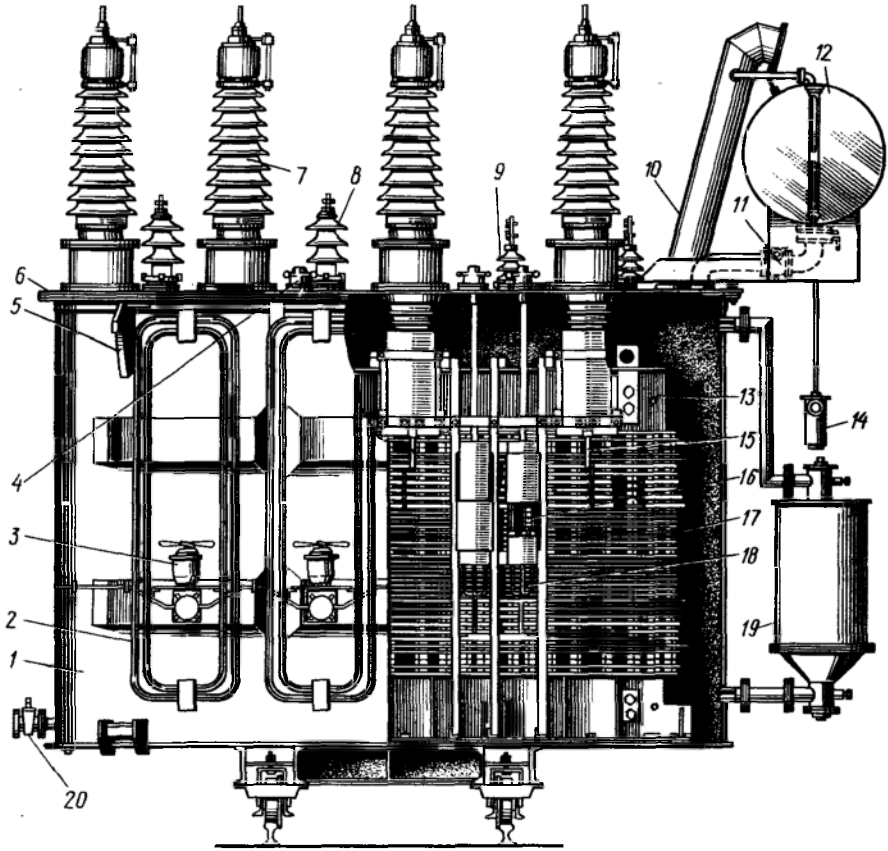


Рис. 63. Устройство трансформатора ТДТГ-16 000/110:
1—бак, *2*—трубчатый радиатор, *3*—электровентилятор, *4*—привод переключателя напряжения, *5*—подъемный крюк, *6*—крышка, *7*—ввод ВН, *8*—ввод СН, *9*—ввод НН, *10*—предохранительная (выхлопная) труба, *11*—газовое реле, *12*—расширитель, *13*—ярмо магнитопровода, *14*—осушитель воздуха, *15*—отвод обмотки ВН, *16*—переключатель напряжения, *17*—обмотка ВН, *18*—регулировочные отводы, *19*—термосифонный фильтр, *20*—сливной кран

крышку в сальниковом уплотнении. Контакты переключателя могут быть электрически соединены с теми или иными регулировочными отводами *18* обмоток высшего напряжения *17*. Крышка сквозными подъемными шпильками соединена с магнитопроводом, установленным на дно бака. Наружная резьбовая часть подъемных шпилек предназначена для навертывания съемных грузовых колец (рымов).

При работе трансформатор нагревается, так как в проводниках обмоток и в стали магнитопровода происходят потери энергии. Для интенсивного удаления избытка тепла внутренний объем бака заполнен специальным минеральным маслом. При этом часть масла находится в расширителе, что исключает наличие воздушных пузырей под крышкой. Этому способствует небольшой уклон крышки в сторону, противоположную расширителю.

Устройство трансформаторов усложняется по мере роста их мощности. Так, при мощности до 25 кВ·А баки выполняют гладкими. При мощностях 63—1600 кВ·А баки оборудуют одним, двумя или тремя рядами охладительных труб. При более высоких мощностях устанавливают радиаторы и т. д.

Расширитель необходим для трансформаторов мощностью не ниже 25 кВ·А и напряжением 6 кВ. При отсутствии расширителя в маломощных трансформаторах уровень поверхности масла располагается ниже крышки. Пространство под крышкой должно обеспечивать температурные изменения объема масла. Объем этого пространства составляет около 10% объема масла. Крышка бака трансформатора без расширителя снабжена пробкой с отверстием для прохода воздуха при изменениях объема масла. На баке установлен стеклянный трубчатый маслоуказатель, действующий по принципу сообщающихся сосудов.

Выхлопные трубы необходимы для трансформаторов мощностью 1000 кВ·А и более. При этих же мощностях трансформаторы имеют термосигнализатор — дистанционный контактный термометр. При меньших мощностях для измерения температуры масла служит стеклянный термометр. Термоприборы устанавливают на крышке бака. Пробивные предохранители применяют в трансформаторах для защиты от перенапряжений обмоток напряжением до 1 кВ. Предохранитель представляет собой искровой разрядник, пробиваемый при возникновении на обмотке НН высокого потенциала. Разрядник предохранителя включают между цепью обмотки НН и заземлением. При пробое промежутка разрядника обмотка заземляется, и ее потенциал становится равен потенциалу земли.

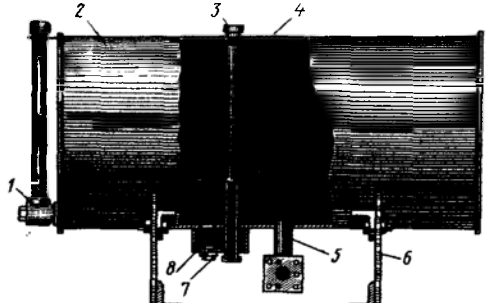


Рис. 64. Расширитель:
1—штуцер маслоуказателя, *2*—бак, *3*—пробка, *4*—дыхательная трубка, *5*—патрубок, *6*—кронштейн, *7*—сливная пробка, *8*—отстойник

Стальной бак трансформатора представляет собой сварную конструкцию овальной формы.

Для создания необходимой поверхности охлаждения стенки бака делают гофрированными, вваривают в них вертикальные трубы, сообщающиеся с внутренним объемом бака, или устанавливают наружные трубчатые радиаторы *2* (рис. 63). Для охлаждения мощных трансформаторов применяют наружный обдув радиаторов вентиляторами в сочетании с принудительной циркуляцией масла. В случаях, когда и эти меры оказываются недостаточными для эффективного охлаждения активной части, применяют выносные масляно-водяные теплообменники с естественной или принудительной циркуляцией масла.

Расширитель (рис. 64) предназначен для компенсации масла в баке в связи с изменением его объема при нагреве и охлаждении трансформатора. Расширители старых образцов были цельносварными. Это затрудняло их ремонт, так как бак *2* расширителя приходилось разрезать, а после ремонта сваривать. В настоящее время расширители выпускают с одним съемным днищем. На съемном днище устанавливают маслоуказатель *1*. В новых типах трансформаторов верхнее отверстие маслоуказателя сообщается не с атмосферой, а вводится в верхнюю полость расширителя, не заполненную маслом. Это повышает герметичность трансформатора. На маслоуказателе нанесены метки, соответствующие нормальному объему масла при температурах +40, +15 и −45° С не работающего трансформатора.

Осушитель воздуха (рис. 65, а) предназначен для снижения влажности воздуха, всасываемого в расширитель в результате температурных изменений объема масла.

При установившейся температуре масла его объем не изменяется. В этом режиме поверхность масла в расширителе изолирована от кислорода воздуха гидравлическим масляным затвором *2*. Уменьшение объема масла приводит к снижению давления над его поверхностью. Под действием атмосферного давления уровень масла в наружной чаше затвора будет снижаться до тех пор, пока под колпак последнего не проникнет атмосферный воздух. Этот воздух проходит через активное вещество осушителя, теряет большую часть влаги и поступает в расширитель, повышая давление над поверхностью масла до атмосферного. Путь воздуха на рисунке показан стрелками (рис. 65, *б*).

Газовое реле осуществляет защиту трансформатора от внутренних повреждений и снижения уровня масла. Внутренние повреждения трансформатора так или иначе связаны с нагревом масла и выделением газов. При местных перегревах газы выделяются постепенно в виде пузырьков. Серьезные повреждения сопровождаются возникновением электрической дуги, которая вызывает бурное разложение масла, резкое увеличение его объема и быстрый переток масла из бака в расширитель. Газовое реле (рис. 66) — поплавковое ПГ-22 или чашечное РГЧЗ-66 — устанавливают в разрез трубопровода, соединяющего бак с расширителем. Скопление газов под крышкой реле приводит к опусканию уровня масла. Верхний поплавок или чашка с маслом *9* поворачивается вокруг оси *8* и замыкает ртутный или

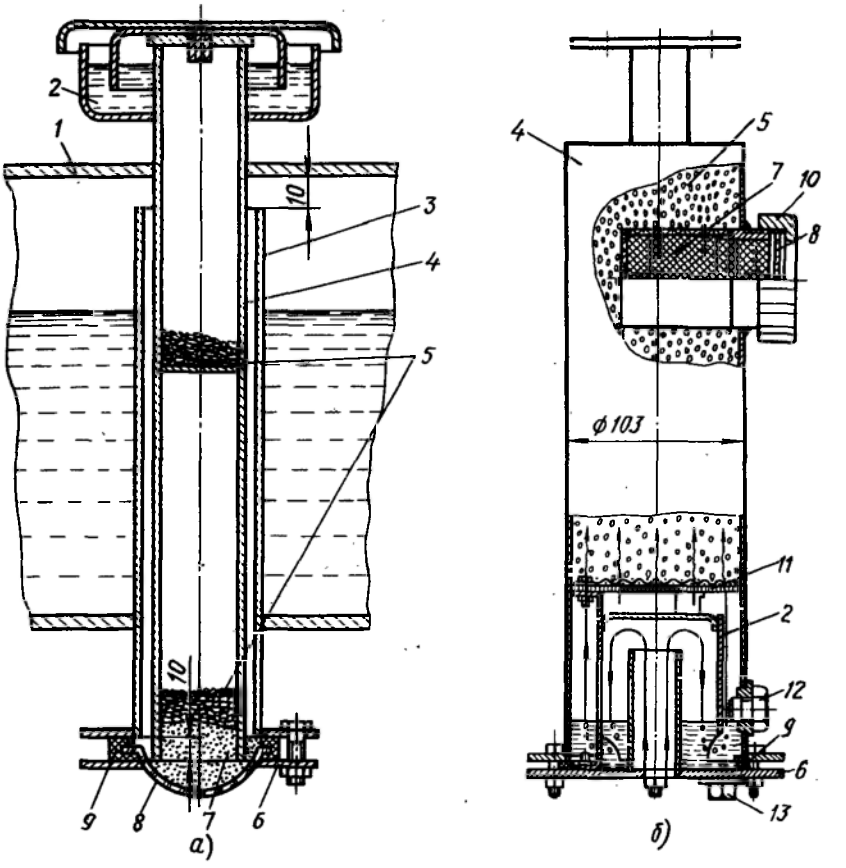


Рис. 65. Осушители воздуха трансформаторов:
а—I и II габаритов, *б*—III и IV габаритов; *1*—расширитель, *2*—масляный затвор, *3*—наружный цилиндр, *4*—цилиндр с цеолитом или силикагелем, *5*—силикагель, *6*—фланец с отверстием, *7*—контрольный силикагель, *8*—смотровое стекло, *9*—прокладка, *10*—накидная гайка, *11*—сетка, *12*—контрольная пробка, *13*—сливная пробка

обычный контакт *5*. При этом подается сигнал о неисправности трансформатора. Дальнейшее понижение уровня масла вызывает поворот нижнего поплавка или чашки *10* относительно оси *8* и замыкание ртутного или обычного контакта *2*. Трансформатор в этом случае обычно отключается от действия защиты.

При бурном газообразовании в трансформаторе газомасляный поток давит на поплавок *10* или лопатку *12*, вынуждая их поворачиваться и замыкать контакты *2*. Происходит аварийное отключение трансформатора.

В верхнее положение чашки реле РГЧЗ-66 возвращаются усилием пружин при заполнении объема реле маслом. Подвижные контакты реле РГЧЗ-66 запрессованы в изоляционные стойки *11*, неподвижные укреплены на изоляторах рамки *7*. Корпуса обоих реле снабжены

фланцами и смотровыми стеклами для визуального контроля за уровнем масла.

Реле типа РГЧЗ-66 отличаются от ПГ-22 более совершенным устройством и повышенной надежностью.

Термосифонные фильтры (см. рис. 63) устанавливают на трансформаторах мощностью 160 кВ·А и выше, в которых масло в расширителе соприкасается с атмосферным воздухом. Масло при этом окисляется и увлажняется. Термосифонный фильтр предназначен для частичной очистки масла в процессе работы трансформатора. Фильтр расположен на баке подобно съемному радиатору. Масло в фильтре очищается, соприкасаясь с силикагелем, которым заполнен корпус фильтра.

В трансформаторах I—II габаритов фильтры обычно не применяют. Для этих трансформаторов используется масло с антиокислительными присадками.

Магнитопроводы трансформаторов служат в качестве магнитной цепи основного магнитного потока и как конструктивная основа для сборки обмоток и изоляции.

Для уменьшения потерь от вихревых токов магнитопроводы набирают (шихтуют) из тонких (0,1—0,5 мм) листов электротехнической стали. Ранее широко применялась горячекатаная сталь. В настоящее время преимущественно применяют холоднокатаную текстурованную сталь. Магнитная проницаемость текстурованной стали вдоль направления прокатки листа в 10 раз больше, чем поперек. Электротехническая рулонная сталь выпускается с жаростойким двусторонним покрытием, выполняющим функции изоляции. Листовая сталь с двух сторон покрывается лаками № 202, № 302 или КФ-965. Покрытие запекается при температуре около 500° С.

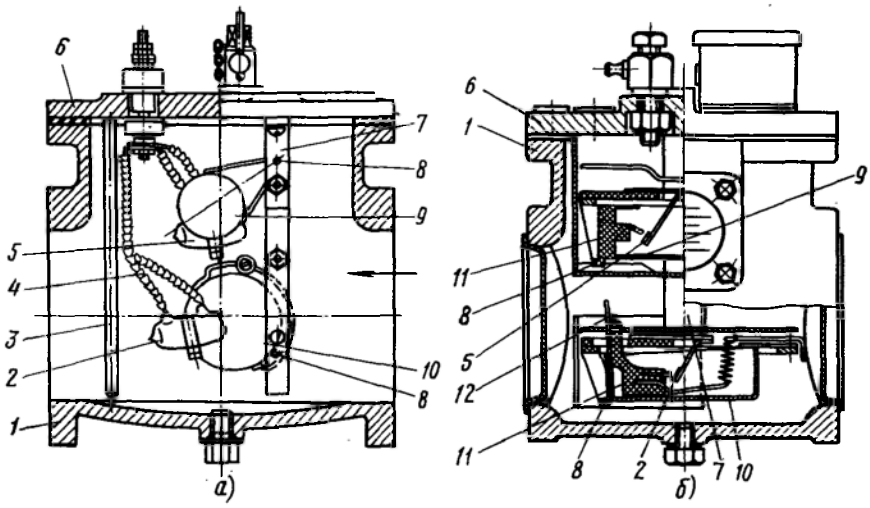


Рис. 66. Газовое реле:
а—поплавковое ПГ-22, *б*—чашечное РГЧЗ-66; *1*—корпус, *2*, *5*—контакты, *3*—опорный стержень крышки, *4*—изоляция провода, *6*—крышка, *7*—рамка, *8*—ось, *9*—верхний поплавок (чашка), *10*—нижний поплавок (чашка), *11*—стойка, *12*—лопатка

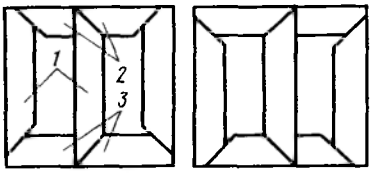


Рис. 67. Схема шихтовки магнитопровода из холоднокатаной текстурованной стали:
1 — элементы стержней, *2*, *3* — элементы ярем

Шихтовку магнитопроводов производят так, чтобы магнитное сопротивление цепи потока было минимальным. Для листов текстурованной стали необходимы косые стыки (рис. 67), позволяющие использовать направленность ее магнитных свойств. Косой стык целесообразен и потому, что площадь его поперечного сечения больше, а индукция в зазоре меньше, чем при прямом стыке. В результате уменьшается ток холостого хода, пропорциональный индукции в зазоре.

Прессовка магнитопроводов по старой технологии осуществлялась с помощью резьбовых шпилек, устанавливаемых в сквозные отверстия стержней и ярем. Трансформаторы новых серий собирают по новой прогрессивной бесшпилечной технологии, исключающей необходимость изготовления отверстий для шпилек. Новые способы прессовки магнитопроводов (рис. 68) в сочетании с применением текстурованной стали улучшают технические характеристики трансформаторов.

Сечение магнитопровода для более плотной компоновки с обмотками приближают к круглому, выполняя его в виде ступенчатого многоугольника, вписанного в окружность.

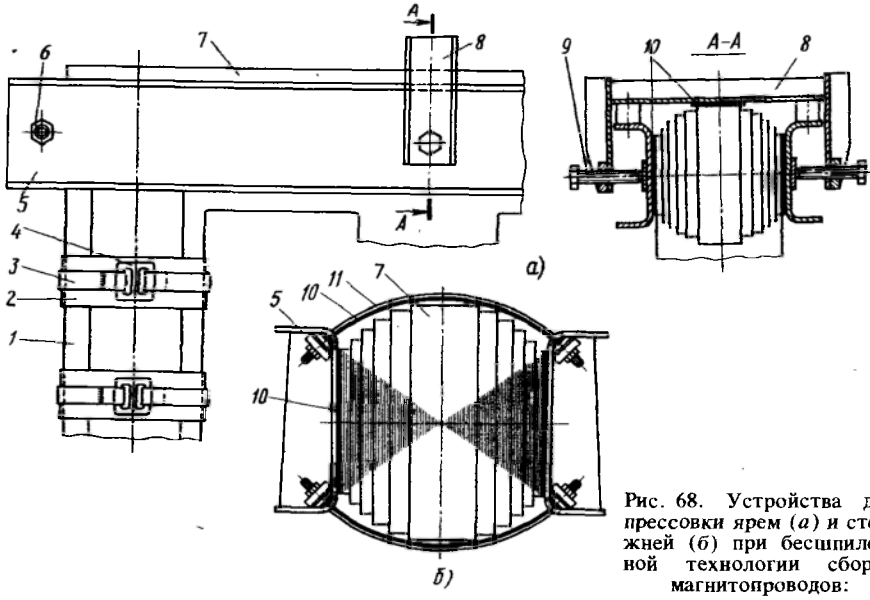


Рис. 68. Устройства для прессовки ярем (*а*) и стержней (*б*) при бесшпилечной технологии сборки магнитопроводов:

1 — стержень, *2* — подмотка (электрокартон), *3* — стальной ленточный бандаж, *4* — пряжка, *5* — ярмовая балка. *6* — внешняя стяжная шпилька, *7* — стержень, *8* — прессовочная скоба, *9* — нажимной винт. *10* — изоляционная прокладка (электрокартон), *11* — стальной ленточный полубандаж

Обмотки трансформаторов изготовляют из алюминиевых (I—II габариты) или медных проводов прямоугольного или, реже, круглого сечения. В ответственных случаях применяют проводники с усиленной или теплостойкой изоляцией. Проводники больших диаметров обычно заменяют несколькими, соединенными параллельно. Это увеличивает их гибкость и снижает потери в них от вихревых токов.

На стержнях сердечников обмотки обычно располагают концентрически: на стержни надевают катушки обмотки НН, а поверх них устанавливают катушки обмотки ВН. Такое расположение обмоток снижает перепады потенциалов между элементами активной части и позволяет выполнять изоляцию более простой конструкции и меньшей толщины.

Для увеличения механической прочности активной части и повышения динамической устойчивости обмоток к сквозным токам коротких замыканий в промежутки между стержнями магнитопровода и катушками НН, а также между катушками НН и ВН забивают деревянные клинья.

Наибольшее распространение в трансформаторах получили цилиндрические, винтовые и непрерывные обмотки (рис. 69 и 70), отличающиеся друг от друга устройством.

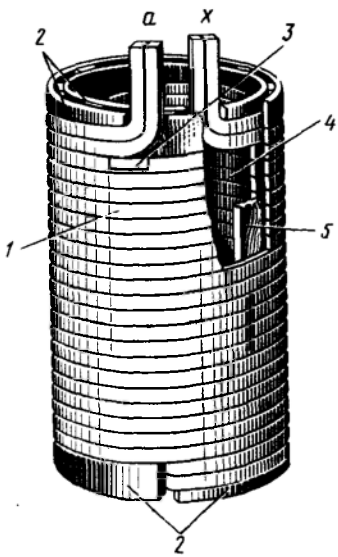


Рис. 69. Двухслойная цилиндрическая обмотка:
1—провод, 2—уравнительное кольцо, 3—коробочка (электрокартон), 4—внутренний слой, 5—рейка

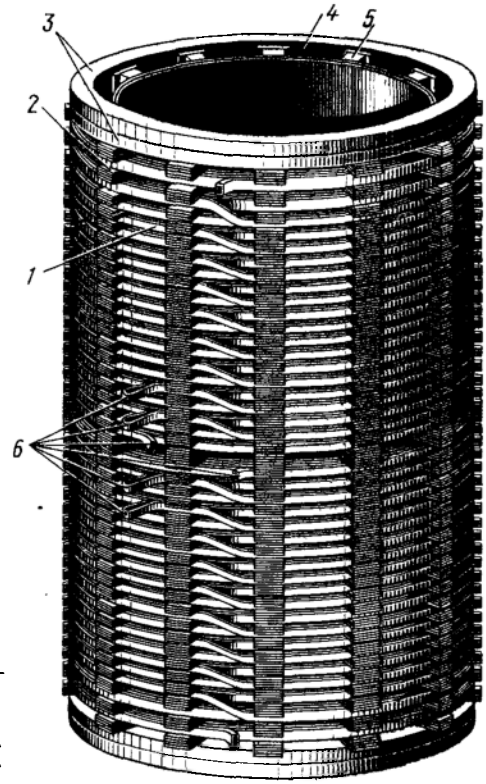


Рис. 70. Непрерывная обмотка:
1—катушка, 2—дистанционная прокладка, 3—нажимное кольцо, 4—канал, 5—рейка, 6—регулировочные ответвления

§ 16. Регулирование напряжения силовых трансформаторов

Применяют две системы регулирования: переключение без возбуждения (ПБВ) и регулирование под нагрузкой (РПН). Для осуществления регулирования по системе ПБВ трансформатор отключают

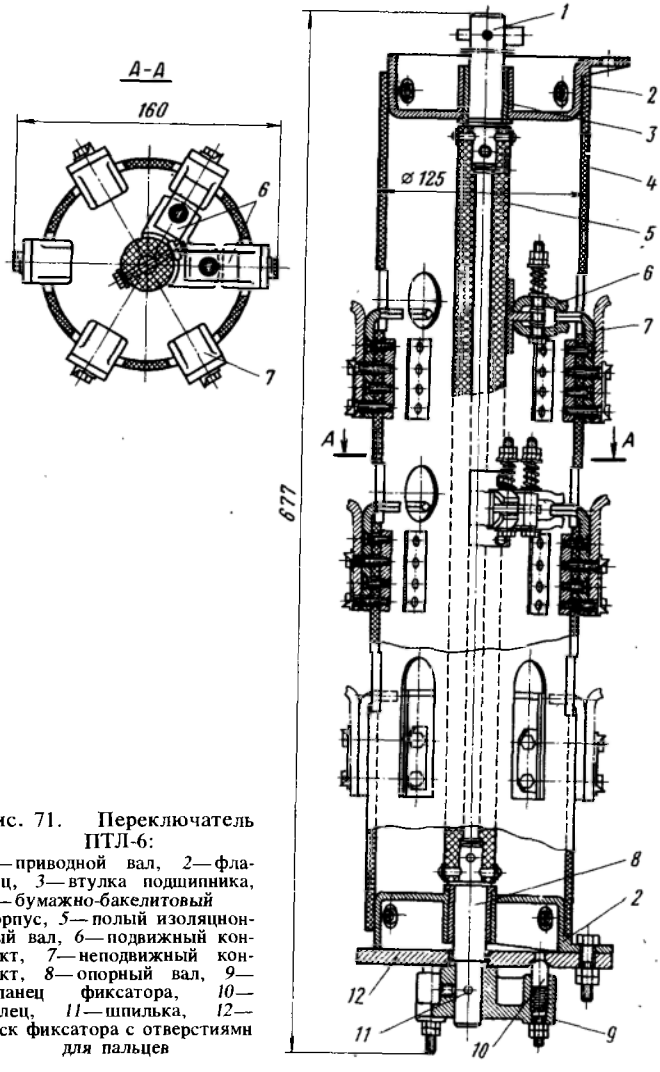


Рис. 71. Переключатель ПТЛ-6:
1 — приводной вал, 2 — фланец, 3 — втулка подшипника, 4 — бумажно-бакелитовый корпус, 5 — полый изоляционный вал, 6 — подвижный контакт, 7 — неподвижный контакт, 8 — опорный вал, 9 — фланец фиксатора, 10 — палец, 11 — шпилька, 12 — диск фиксатора с отверстиями для пальцев

от сетей со всех сторон, что приводит к перерыву в электроснабжении подключенных к нему потребителей. Однако ПБВ происходит в цепях без электрического тока. Это позволяет применять для регулирования напряжения простые по устройству и недорогие переключатели. По своей сущности ПБВ пригодно лишь в системах электроснабжения неответственных потребителей, допускающих пе-

рерывы в работе. Устройства РПН сложны, велики по габаритам, стóят дорого и применяются в мощных трансформаторах при электроснабжении ответственных потребителей.

В обеих системах регулирование напряжения основано на изменении коэффициента трансформации путем увеличения или уменьшения числа витков регулировочной обмотки. В качестве регулировочной используют ту обмотку, ток в которой меньше, чем в других обмотках. Обычно регулировочной бывает обмотка высшего напряжения.

В регулировочных обмотках трансформаторов с ПБВ предусматривают пять отводов для регулирования напряжения переключением ступеней по 2,5% в пределах ±5% номинального напряжения. Средние отводы соответствуют номинальному напряжению.

Устройства ПБВ различаются между собой числом фаз, конструкцией, типом контактов. Трехфазные в обозначении имеют букву Т. Применяют следующие типы переключателей: П и ПТ — барабанные с кольцевым контактом; ПС и ПТС — то же, с сегментным контактом; ПЛ и ПТЛ — то же, с ламельным контактом, ПР и ПТР — реечные с ламельным контактом. Устройство одного из переключателей для прямой схемы ответвлений ПТЛ-6-200/10 (6 ответвлений, 200 А, 10 кВ) показано на рис. 71.

Устройства РПН состоят из переключателя ответвлений, контакторной группы, токоограничительного элемента, привода и вспомогательной аппаратуры (автоматики, сигнализации и т. п.). Переключения осуществляют без обрыва цепи тока. Переключатель ответвлений переводится в новое положение при отсутствии тока в его цепи. Контакторы служат для коммутации цепей с токами и оборудуются устройствами гашения электрических дуг. Токоограничительные элементы (дроссель, резистор) предназначены для ограничения токов в момент короткого замыкания регулировочной ступени обмотки при безобрывном переключении. Цикл работы РПН с дросселем протекает в течение нескольких секунд. Быстродействующее РПН с резисторами срабатывает за доли секунды. Кроме быстродействия РПН с резисторами отличаются малогабаритностью и простотой компоновки в трансформаторе, но изготовляются из высококачественных материалов с высоким классом точности.

МОНТАЖ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

§ 17. Подготовка к монтажу трансформаторов

На стадии подготовки монтажа предприятие-заказчик снабжает монтажную площадку необходимым подъемно-транспортным, такелажным, инвентарным оборудованием, электроэнергией, материалами, инструментами и приспособлениями. Заказчик должен обеспечить готовность фундаментов с рельсовыми путями не менее чем за две недели до прибытия трансформатора на монтажную площадку. Транспортировка и хранение трансформатора до начала монтажа производятся заказчиком в соответствии со специальными инструкциями.

С началом монтажных работ на площадке монтажная организация принимает от заказчика трансформатор и его аппараты, поставля-

емые отдельно. Затем, если необходимо, производят ревизию активной части, подготовляют к монтажу и монтируют отдельные агрегаты трансформатора и проводят его испытания. Трансформатор устанавливают на фундамент и, если это возможно, осуществляют пробное включение без сушки. После этого его сдают в эксплуатацию.

В последние годы значительно усовершенствовалась конструкция силовых трансформаторов, улучшились их эксплуатационные характеристики. Вместе с тем повысилась культура транспортирования, хранения и монтажа трансформаторов. Поэтому оказалось возможным проводить их монтаж без ревизии активной части.

§ 18. Ревизия трансформаторов

Без ревизии могут быть смонтированы трансформаторы и автотрансформаторы, выпущенные по ГОСТ 11677—65 и ГОСТ 12022—66 (класс до 35 кВ, мощность 25—630 кВ·А), ГОСТ 11920—66 (класс до 35 кВ, мощность 1000—80 000 кВ·А), ГОСТ 12965—67 (класс 110 кВ, мощность 2500—400 000 кВ·А).

Условиями монтажа без ревизии являются соблюдение требований по разгрузке, транспортировке и хранению трансформатора; отсутствие внешних повреждений (по результатам осмотра) и внутренних дефектов (по данным измерений в процессе приемки трансформатора в монтаж).

Решение о монтаже трансформатора без ревизии принимает монтажная организация на основании анализа документов, составленных в процессе разгрузки, транспортировки, хранения и приемки трансформатора в монтаж. Решение монтажной организации оформляется протоколом с участием представителей заказчика и пусконаладочной организации. При нарушении требований инструкций (ОДХ 458003—70 и РТМ 16.687000—73) или при повреждениях и дефектах, обнаруженных в трансформаторе, производится ревизия его активной части, предшествующая монтажу.

Ревизию трансформатора производят с целью выявления и устранения внутренних его дефектов. Ревизия связана со вскрытием бака трансформатора, в результате чего изоляция контактирует с окружающим воздухом и увлажняется им. Поэтому время пребывания активной части на воздухе, т. е. практически время ревизии, ограничивается (табл. 19).

В зависимости от условий монтажа ревизия может производиться в помещении или на открытом воздухе. В обоих случаях должны

Таблица 19. **Допускаемая продолжительность пребывания активной части трансформатора на воздухе**

Мощность трансформатора, кВ·А	Напряжение трансформатора, кВ	Продолжительность соприкосновения активной части с окружающим воздухом, ч, не более			
		при относительной влажности воздуха, %			при температуре ниже 0° С
		до 65	65—80	более 80	
До 6300	До 35 кВ	24	16	12	12
10 000 и более	35 кВ	16	12	8	8
Все мощности	110 кВ и выше				

быть исключены условия, при которых возможна конденсация влаги, содержащейся в воздухе, на частях трансформатора. Для этого температура активной части должна быть всегда выше температуры окружающей среды.

Ревизию в помещении с температурой 20° С и выше при относительной влажности воздуха до 65% производят без прогрева активной части, если температура ее равна или выше температуры воздуха. В этом случае трансформатор выдерживают в помещении до вскрытия в течение времени, необходимого для выравнивания температур. При температуре воздуха в помещении 0—20° С перед ревизией активную часть прогревают до температуры, превышающей на 10° С и более температуру воздуха. Если же в помещении температура менее 0° С, независимо от влажности воздуха перед началом ревизии активную часть прогревают до температуры, соответствующей установившемуся превышению температуры не менее 20° С. В случае, когда в помещении относительная влажность воздуха более 80%, независимо от температуры воздуха в течение всего времени ревизии должен быть обеспечен подогрев активной части с превышением температуры не менее 10° С. Температура активной части измеряется на верхнем ярме магнитопровода.

Вне помещения при 20° С и выше и относительной влажности до 65% ревизия может проводиться без подогрева активной части, а при относительной влажности 65—80% — с предварительным ее подогревом до превышения температуры не менее 10° С. При температуре от 0 до 20° С и влажности до 80% должен быть обеспечен постоянный подогрев с превышением этой температуры не менее 10° С. При отрицательных температурах независимо от влажности воздуха активную часть прогревают до установившегося превышения температуры не менее 20° С перед началом работ.

При влажности более 80% независимо от температуры воздуха обеспечивают постоянный подогрев активной части до температуры не менее 10° С. Во всех случаях ревизии вне помещений обязательным условием является ясная сухая устойчивая погода. Температуру и влажность воздуха контролируют каждый час.

Для проведения ревизии трансформатор устанавливают в горизонтальное положение, проверяют его герметичность и берут пробу на сокращенный анализ масла и затем сливают его (начало ревизии). В процессе разборки снимают приводы переключателей напряжения, отключают подводы цепей от контакторов, ослабляют транспортные крепления, отключают обмотки от вводов и отсоединяют цепь заземления активной части на бак, снимают крышку и вынимают активную часть или снимают колокол в трансформаторах с нижним разъемом бака. Активную часть (колокол) устанавливают на шпальную выкладку. При снятии колокола его положение регулируют оттяжками, так как перекосы колокола приводят к повреждению активной части.

В процессе ревизии проверяют достаточность затяжки всех доступных резьбовых соединений, в том числе и винтовых домкратов осевой прессовки обмоток; изоляционные детали внимательно осматривают. Проверяют состояние контактных соединений, размыкаемых контактов переключателей, заземляющих цепей. Измеряют сопротивление изоляции: стяжных шпилек относительно ярмовых

балок и активной стали, ярмовых балок относительно активной стали, прессующих колец относительно активной стали и ярмовых балок, экранов относительно магнитопровода и обмоток. Во время этих измерений заземляющие шинки должны быть временно разъединены.

При наличии загрязнений осадочного или отстойного характера активную часть и бак промывают тонкой струей подогретого масла, удовлетворяющего всем нормативным требованиям. Обнаруженные при ревизии недостатки и повреждения устраняют в процессе работ.

После ревизии активную часть поднимают со шпальной выкладки и медленно опускают в бак, контролируя правильность ее расположения в нем. После фиксации в баке активной части присоединяют обмотку к вводам и цепи, ранее отключенные от контакторов, в соответствии с маркировкой. Восстанавливают цепь заземления активной части на бак. Вынимают из баков привод устройства регулирования напряжений и валы, хранящиеся во время ревизии в масле, и устанавливают их на трансформаторе. Положение валов определяют по заводским рискам, нанесенным на ониусных дисках соединяемых валов. Проверяют контактное нажатие контакторов. Снимают циклограмму переключающего устройства и заливают бак контакторов сухим маслом с пробивным напряжением не менее 30 кВ. Затем контролируют качество резиновой прокладки разъема бака, устанавливают крышку трансформатора и крышки всех люков, открытых при ревизии, обеспечивая их герметичность затяжкой резьбовых соединений на прокладках.

В заключение ревизии трансформатор заливают маслом. Заливку трансформаторов напряжением до 35 кВ производят без создания вакуума при температуре масла не ниже 10° С и с превышением температуры активной части над температурой масла.

§ 19. Монтаж агрегатов трансформаторов

Монтаж радиаторов. При закрытых верхнем и нижнем кранах радиатор устанавливают на шпильки верхнего, а затем нижнего кранов. Равномерно затягивают резьбовые соединения фланцев на прокладках. Установив таким образом несколько радиаторов, монтируют расширитель и соединительный трубопровод с газовым реле. Расширитель заливают маслом. Затем устанавливают остальные радиаторы. В это время первые радиаторы заполняются маслом из расширителя.

Масло поступает в радиаторы через нижний кран при открытой пробке для выпуска воздуха. После выхода масла из воздуховыпускного отверстия его герметически закрывают пробкой и открывают верхний кран радиатора.

Под каждым радиатором на кронштейнах монтируют по два электровентилятора. Устанавливают магистральные и распределительные коробки и прокладывают по стенке бака кабель АВРГ в металлорукаве, закрепляя его скобами. Затем (при автоматическом управлении дутьем) монтируют шкаф управления типа ШД-2.

После монтажа электрической части дутьевой системы охлаждения измеряют сопротивление изоляции всех электрических цепей

(норма: 0,5 МОм при 10—30° С), проверяют свободу вращения валов электродвигателей и отсутствие биений крыльчаток вентиляторов. Подключением электродвигателей к трехфазной сети проверяют правильность направления вращения крыльчаток (против часовой стрелки, если смотреть со стороны крыльчатки).

Монтаж вводов. Вводы классов напряжения 3—35 кВ монтируют на новых резиновых прокладках. При заполнении трансформаторов маслом открывают пробки для выпуска воздуха в верхней части разборных вводов.

Монтаж расширителя. Расширитель устанавливают на крышке бака на временных кронштейнах. Трубопровод от бака к расширителю прокладывают с уклоном 2% в сторону бака. Во фланцевую рассечку трубопровода на клингеритовых прокладках, покрытых глифталевым лаком, монтируют корпус газового реле, выверяя горизонтальность его оси. В корпус реле устанавливают поплавковую систему стрелкой к расширителю. В расширитель монтируют реле уровня масла и временно присоединяют через его контакты к сети сигнальную лампу. Заливают в расширитель масло, и с помощью лампы проверяют работу реле. Если реле срабатывает, лампу отключают, а вместо нее к зажимам реле подключают постоянный сигнальный кабель.

Расширитель переставляют на постоянные кронштейны, выверяют его положение и соединяют на фланцах с трубопроводами.

Монтаж выхлопной трубы. С промытой трубы снимают заглушки. Отверстие верхнего фланца герметически закрывают диафрагмой. Нижний фланец трубы устанавливают на крышку на новую резиновую прокладку вместо предварительно снятой заглушки. Верхний конец трубы опирают на косынку, укрепленную на расширителе. Верхний конец трубы и верх расширителя соединяют сообщающим патрубком, устанавливая его на специальные фланцы.

Монтаж аппаратов защиты масла. Термосифонные фильтры перед монтажом разбирают, очищают и промывают сухим трансформаторным маслом. Затем фильтр собирают и устанавливают на фланцы бака подобно радиатору. Засыпают фильтр через верхний загрузочный люк сухим адсорбентом КСК и герметически закрывают его. При открытой воздуховыпускной пробке заливают фильтр маслом из бака через нижний кран. После заполнения бака пробку и кран закрывают и выдерживают фильтр с маслом в течение 1 ч. По истечении этого времени через выпускное отверстие отстойника выпускают масло в количестве, равном нескольким объемам отстойника. Затем, открыв оба радиаторных крана, доливают в фильтр масло из бака, периодически выпуская воздух через верхнюю пробку. Затраченное на промывку масло компенсируют, доливая его в расширитель.

Воздухоочистительные фильтры разбирают, очищают, протирают спиртом и просушивают. Индикаторный патрон под смотровым стеклом заполняют индикаторным силикагелем. Цилиндр воздухоосушителя заправляют силикагелем КСМ. Через горловину в нижней части цилиндра заливают сухое масло до уровня в гидрозатворе, определяемого по маслоуказателю. Монтаж воздухоосушителя производят после проверки герметичности смонтированного трансформатора, устанавливая его на входе дыхательной трубки расширителя.

§ 20. Установка трансформаторов на фундамент

После сборки трансформатор поднимают на шпальную выкладку высотой 0,7 м, подводят под него каретки и устанавливают их шкворнями в отверстия балок, приваренных к днищу бака. Каретки крепят к балке четырьмя болтами каждую, затягивая их до плотного прилегания пластин кареток к балкам, но не до отказа. Трансформатор поднимают со шпальной выкладки и убирают ее. Затем его опускают катками кареток на железнодорожный путь подстанции и окончательно затягивают резьбовые крепления кареток.

Трансформатор перемещают по пути до фундамента, против которого в рельсовом пути устанавливают крестовину. Трансформатор останавливают на пути так, чтобы центр каждой из четырех кареток располагался над пересечением рельсов. Домкратами приподнимают его с одной стороны над рельсами так, чтобы была возможность повернуть каретки. Установив страховочные упоры, поворачивают его вокруг шкворней на 90° и снова закрепляют две каретки. Опустив эти каретки уже на рельсовый путь фундамента, так же поворачивают две каретки с противоположной стороны трансформатора.

По рельсовому пути фундамента трансформатор перемещают с помощью полиспаста и лебедки или трактора на место установки. Трансформатор должен находиться в таком положении, чтобы уклон его крышки обеспечивал надежную работу газового реле. При размещении расширителя на узкой стороне трансформатора уклон должен составлять 1%, а при расположении расширителя на широкой стороне — 1,5%. Для создания уклона под катки кареток со стороны расширителя подкладывают стальные подкладки, толщина которых $b=cl$, где c — относительное значение нормированного уклона (0,01 или 0,015); l — расстояние между шкворнями соседних кареток в направлении уклона, мм. Во всех случаях толщина подкладок под каждым катком должна быть не менее 10 мм, а длина — не менее 150 мм. Катки на рельсах фиксируют упорами, а бак трансформатора заземляют. После этого к вводам трансформатора присоединяют внешние цепи.

§ 21. Включение трансформаторов без сушки

Для оценки возможности включения трансформатора без сушки используют следующие критерии.

1. Уровень масла в трансформаторе должен находиться в пределах отметок маслоуказателя.

2. Уровень масла может быть ниже отметок маслоуказателя, но обмотки и переключатель напряжения должны быть покрыты маслом.

3. Герметичность трансформатора должна быть испытана избыточным давлением столба масла высотой 1,5 м в течение 3 ч.

4. Пробивное напряжение масла не должно быть ниже 25 кВ для трансформаторов напряжением до 15 кВ и 30 кВ для трансформаторов напряжением 15—35 кВ.

5. По сравнению с критерием 4 пробивное напряжение снижено на 5 кВ.

6. $R_{60}/R_{15} \geqslant 1{,}3$ при температуре 10—30° С, где R_{15} и R_{60} — показания мегаомметра через 15 и 60 с после подачи напряжения в измерительную систему прибора. Отношение R_{60} к R_{15} называют коэффициентом абсорбции.

7. R_{60} соответствует нормам. $R_{60}/R_{15} \geqslant 1{,}3$ при температуре 10—30° С.

8. R_{60} соответствует нормам или $R_{60} \geqslant R_{пр}$ ($R_{пр}$ — заводское значение R_{60}, пересчитанное к монтажным условиям).

9. C_2/C_{50} — отношение емкостей обмоток при частотах 2 и 50 Гц соответствует нормам. Определяется с помощью специальных приборов контроля влажности ПКВ-7 или ПКВ-13.

10. $tg\delta$ — тангенс угла диэлектрических потерь соответствует нормам. Измеряется с помощью моста МД-16.

11. $tg\delta$ соответствует нормам или $tg\delta \leqslant 1{,}3 tg\delta_{пр}$ ($tg\delta_{пр}$ — величина по заводскому протоколу, пересчитанная к монтажным условиям).

Приведенные данные получают по специально разработанным методикам в соответствии с Нормами испытания электрооборудования.

В зависимости от условий транспортировки и хранения, а также от мощности и класса напряжений трансформаторы разделяются на 5 групп (I—V). Для решения вопроса о возможности включения без сушки в каждой группе должны быть удовлетворены не все приведенные критерии, а лишь определенные их сочетания в том или ином варианте.

В табл. 20 приведены варианты сочетаний критериев для определения возможности включения трансформаторов разных групп без сушки.

Таблица 20. **Варианты критериев для определения возможности включения трансформаторов напряжением до 35 кВ в эксплуатацию без сушки**

№ группы	Мощность, кВ·А	Варианты критериев (их номера)		
I	До 100	а) 1—4; б) 2—4; в) 2—10; г) 1—5—9; д) 1—5—11		
	100—1000	а) 1—4—6; г) 1—5—6—9; ж) 1—4—10	б) 2—4—6—9; д) 1—5—6—10;	в) 2—4—6—10; е) 1—4—9;
II	1600—6300	а) 1—4—7; г) 1—5—7—9; ж) 1—4—10	б) 2—4—7—9; д) 1—5—7—10;	в) 2—4—7—10; е) 1—4—9;
	10 000 и более	а) 3—4—8—9; б) 3—4—8—11		

Примечания: 1. Трансформаторы транспортируют заполненными маслом (III — без расширителя). 2. Указаны группы для трансформаторов напряжением до 35 кВ.

§ 22. Контрольный прогрев и контрольная подсушка трансформаторов

Контрольный прогрев трансформаторов всех мощностей напряжением до 35 кВ производится в следующих случаях: 1) обнаружены признаки увлажнения масла в трансформаторе, поступившего с

завода-изготовителя; 2) время пребывания активной части вне масла на воздухе превышает допустимое, но не более чем в 2 раза; 3) продолжительность хранения трансформаторов без доливки масла превышает время, указанное в инструкции ОАХ 458003—70, но не более 7 мес; 4) характеристики изоляции не соответствуют требованиям норм испытаний электрооборудования.

Контрольный прогрев трансформатора обычно осуществляют методами потерь в обмотках на постоянном токе или индукционных потерь в стали бака. Более экономичным является метод нагрева обмоток постоянным током, так как при этом нет необходимости наматывать поверх бака индукционную обмотку, а потребление электроэнергии резко уменьшается. Дополнительный нагрев возможен от электронагревателей закрытого типа. Их размещают под дном бака. Мощность электронагревателей выбирают из расчета 1—2 кВт/м^2 поверхности дна бака. Контрольный прогрев производят в собственном баке, заполненном маслом, при атмосферном давлении.

Трансформатор нагревают до тех пор, пока температура верхних слоев масла не превысит наибольшую из температур, указанных в паспорте трансформатора: на 10° С при нагреве постоянным током или на 20° С при нагреве методом индукционных потерь в баке. Во всех случаях в режиме контрольного прогрева температура верхних слоев масла не должна превышать 75° С.

Целью контрольного прогрева является улучшение характеристик изоляции до уровней, удовлетворяющих условия включения без сушки. Если по результатам измерения после прогрева эта цель не достигнута, производят контрольную подсушку. Контрольную подсушку осуществляют также и в случае, когда срок хранения трансформатора без доливки масла превышает 7 мес, но менее 1 года.

Контрольная подсушка отличается от контрольного прогрева тем, что в баке трансформатора создается разрежение, равное 460 гПа, а верхние слои масла нагревают до 80° С. Для возможности создания вакуума в баке, заполненном маслом, последнее сливают до уровня, расположенного ниже крышки примерно на 150 мм.

Минимальное время режима подсушки после достижения 80° С составляет 36 ч для трансформаторов мощностью до 80 000 кВ·А и 54 ч для трансформаторов большей мощности. Через каждые 12 ч подсушки для выравнивания распределения температуры и влажности масло прокачивают через трансформаторы в течение 4 ч. Для прокачивания применяют шестеренчатые маслонасосы. Производительность насоса должна быть не менее 4 м^3/ч. Время окончания контрольной подсушки определяют по достижении характеристиками изоляции значений, соответствующих нормам.

Если контрольная подсушка не дает положительных результатов, трансформатор подвергают сушке. В монтажной практике сушка трансформаторов представляет редкое явление. При необходимости сушку проводят по инструкциям заводов-изготовителей.

Перед включением трансформатора в эксплуатацию монтажная и наладочная организации при участии заказчика оформляют и комплектуют техническую документацию. В комплект документов входят документы завода-изготовителя, акты приемки и протоколы

отдельных работ и испытаний, а также протоколы испытаний реле, сигнализаторов, приборов и протокол анализа масла.

До пробного включения трансформатор проверяют на отсутствие воздуха, открывая все пробки, контролируют готовность к работе всех узлов охладительной системы и уровень масла в расширителе, определяют правильность положения регуляторов, исправность внешних элементов конструкции и цепей заземления. В органах защиты устанавливают минимально возможные уставки времени, сигнальные контакты переводят на отключение силового выключателя.

Пробное включение трансформатора производят толчком на номинальное напряжение без нагрузки на время не менее 30 мин. В течение этого времени прослушивают трансформатор и наблюдают за состоянием его агрегатов.

При явных признаках ненормальной работы (треск электрических разрядов, неравномерный или резкий тон звучания магнитопровода, течи масла из уплотнений и швов и т. п.) трансформатор отключают, выявляют и устраняют неисправности. В случае благоприятного пробного включения снимают с трансформатора напряжение, устанавливают рабочие уставки защиты, переключают сигнальные контакты на сигнал. После этого производят 3—5-кратное включение толчком на номинальное напряжение для проверки отстройки защиты от бросков намагничивающего тока. При положительных результатах пробных включений трансформатор ставят под нагрузку и сдают в эксплуатацию.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы назначение и устройство расширителя, газового реле, термосифонного фильтра, осушителя воздуха, выхлопной трубы?
2. Для чего и какими способами регулируют напряжение трансформаторов?
3. По каким признакам и в каком порядке определяют возможность включения трансформаторов без ревизии?
4. Какие работы выполняют при ревизии трансформатора?
5. В какой последовательности операций следует производить общий монтаж силовых масляных трансформаторов напряжением до 35 кВ?
6. По каким признакам и в каком порядке определяют возможность включения силовых масляных трансформаторов после монтажа без сушки?
7. Какими способами и в каком порядке производят контрольный прогрев и контрольную подсушку силовых трансформаторов?

ГЛАВА III. УСТРОЙСТВО И МОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

§ 23. Классификация электрических машин

Устройство для преобразования механической энергии в электрическую называется генератором, а электрической энергии в механическую — двигателем. Машина, совмещающая функции электрического двигателя и электрического генератора, называется вращающимся преобразователем. Его назначение состоит в преобразовании параметров электрической энергии.

По роду тока различают машины постоянного и переменного тока.

По способу возбуждения машины постоянного тока могут быть параллельного, последовательного или смешанного возбуждения, а машины переменного тока — синхронными или асинхронными.

В общепромышленных установках преимущественное применение имеют машины переменного тока: синхронные — в качестве электрогенераторов, асинхронные — в качестве электродвигателей. Машины постоянного тока обычно предназначаются для специальных установок.

§ 24. Устройство синхронных машин

Общие сведения. Синхронной (рис. 72) называется машина переменного тока, ротор которой вращается с частотой, равной частоте вращающегося магнитного поля, созданного обмоткой статора, включенной в электрическую сеть. Частота вращения синхронной машины в установившемся режиме не зависит от ее нагрузки и определяется частотой тока f в обмотке статора и числом пар полюсов p машины: $n=60f/p$. В станину машины запрессован сердечник *1* статора, в пазах которого уложена трехфазная обмотка *2*. В расточке сердечника статора размещен ротор. На валу ротора укреплены полюса *3* с обмотками возбуждения. Питание к обмоткам возбуждения подводится с помощью щеток, скользящих по кольцам *4*, изолированным от вала и друг от друга. Вал опирается на подшипники, расположенные в подшипниковых щитах *5*.

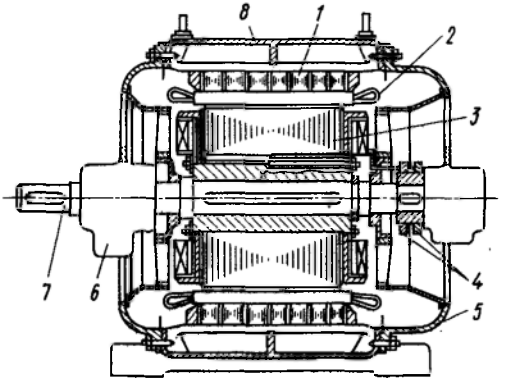


Рис. 72. Устройство синхронной машины:
1 — сердечник статора, *2* — обмотка статора, *3* — полюс ротора, *4* — контактные кольца, *5* — подшипниковый щит, *6* — подшипник (корпус), *7* — вал, *8* — станина

Для работы в качестве генератора достаточно подать постоянный ток в обмотки возбуждения и вращать вал от первичного двигателя с частотой вращения n, обеспечивающей частоту тока 50 Гц при имеющемся числе пар полюсов.

Для работы в качестве двигателя необходимо подключить обмотку статора к трехфазной сети. При этом ротор

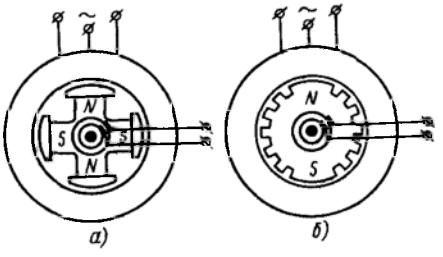


Рис. 73. Конструктивные схемы роторов синхронных машин:
а — явнополюсного, *б* — неявнополюсного

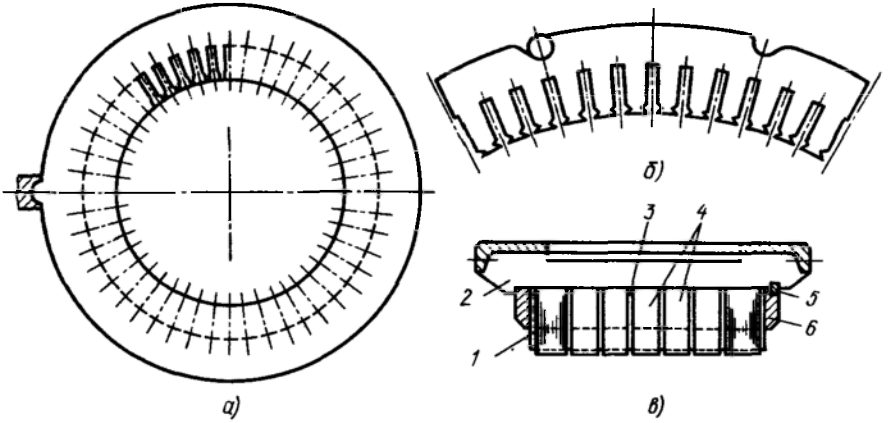


Рис. 74. Элементы сердечника статора:
а, *б* — формы заготовок для сборки сердечника статора, *в* — пакеты сердечника статора в сборе; *1* — нажимной палец, *2* — станина, *3* — ветреница, *4* — пакет сердечника, *5* — запорная шпилька, *6* — нажимное кольцо

придет во вращение и постепенно достигнет частоты вращения, близкой к частоте вращения поля статора. Далее необходимо подать постоянный ток в обмотку возбуждения. При этом произойдет сцепление полей ротора и статора, после чего частота вращения ротора станет неизменной и соответствующей частоте тока сети.

Синхронные машины выпускают с двумя конструктивными модификациями роторов. При сравнительно невысоких частотах вращения (до 1500 об/мин) широко применяют явнополюсные роторы, отличающиеся простотой конструкции и большими массами полюсов (рис. 73, *а*). При высоких частотах вращения применяют неявнополюсные роторы (рис. 73, *б*), так как явновыраженные полюса при вращении создают значительные центробежные силы, угрожающие прочности конструкции. В неявнополюсных роторах обмотку возбуждения распределяют по пазам ротора и надежно закрепляют.

Статор синхронной машины. Станина синхронных машин имеет цилиндрическую форму и изготовляется литьем из серого чугуна, силумина; для крупных машин станину изготовляют из стальных листовых сварных конструкций. Внутри станина имеет продольные ребра, равномерно расположенные по внутренней ее поверхности. Между этими ребрами запрессован сердечник статора.

Сердечник статора (рис. 74) изготовляют шихтовкой колец или сегментов, штампованных из электротехнической стали толщиной 0,5 мм. Внешняя окружность колец и сегментов имеет выступы или впадины для фиксации их в ребрах станины при сборке. По внутренней окружности заготовок сердечников равномерно распределены пазы, в которых после сборки сердечника располагают активные проводники обмотки статора.

В статорах синхронных машин обычно применяют различные типы пазов: полузакрытый, полуоткрытый и открытый (рис. 75). При сборке сердечника между пакетами *4* (см. рис. 74, *в*) прокладывают листы с приваренными дистанционными прокладками-

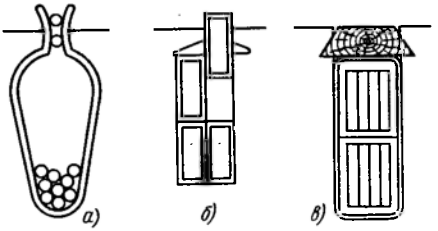


Рис. 75. Типы пазов статоров:
а — полузакрытый, *б* — полуоткрытый, *в* — открытый

ветреницами *3* и таким образом создают вентиляционные каналы. К крайним листам приваривают нажимные пальцы *1*. Затем сердечник статора в сборе прессуют между нажимными кольцами *6* и фиксируют в станине *2* запорной шпилькой *5*. Нажимные пальцы и ветреницы приваривают так, чтобы сохранить прессовку в зубцовой зоне сердечника и создать в вентиляционных каналах вихревые потоки воздуха.

Ротор синхронной машины. Сердечник явнополюсного ротора (рис. 76) состоит из полюсов *5* и ярма *2*, укрепленных на корпусе *16*. Полюса набирают из листов обычной листовой стали Ст 3 толщиной 1—1,5 мм и прессуют между литыми или коваными нажимными щеками *4* с помощью шпилек *15*. Иногда вместо шихтованных применяют литые полюса, что оказывается возможным из-за отсутствия сильных переменных магнитных полей в зоне их расположения.

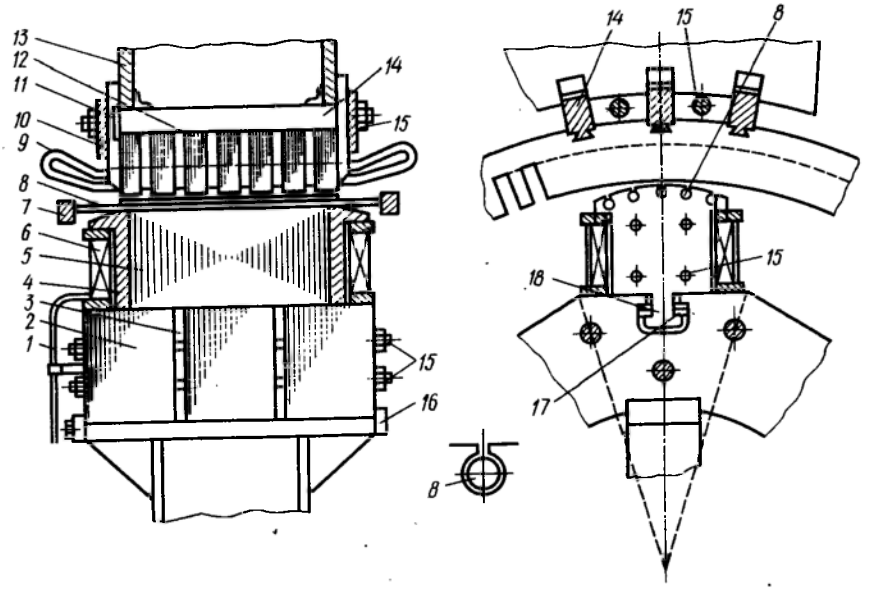


Рис. 76. Устройство явнополюсного ротора:
1 — отвод обмотки возбуждения, *2* — пакет ярма ротора, *3* — вентиляционный канал, *4* — нажимная щека полюса, *5* — полюс, *6* — обмотка возбуждения, *7* — замыкающее кольцо успокоительной обмотки, *8* — стержень успокоительной обмотки, *9* — обмотка статора, *10* — нажимное кольцо статора, *11* — нажимной палец, *12* — пакет статора, *13* — станина, *14* — ребро-клин, *15* — шпилька, *16* — корпус ротора, *17* — клин, *18* — хвостовик полюса ротора

Ярма роторов машин малой и средней мощности выполняют массивными. В этом случае полюса крепят к ярму радиальными болтами. В машинах большой мощности ярма выполняют шихтованными из штампованных листов стали Ст 3 толщиной до 6 мм или из листов толщиной до 100 мм. Из листов образуют пакеты *2*, разделенные каналами *3*, и прессуют стяжными шпильками. Полюса соединяют с ярмом креплением Т-образных хвостовиков *18* в пазах ярма клиньями *17*. Если диаметр ротора превышает 2—4 м, ярма изготовляют из сегментов, прессуемых шпильками на сварном ободе. Обод жестко связан спицами со втулками, а втулки насажены на вал. На каждом полюсе установлена катушка *6* обмотки возбуждения. Выводы *1* от обмотки возбуждения соединены с контактными кольцами.

В круглых пазах на поверхности полюсов уложены стержни *8* проводников успокоительной (демпферной) обмотки ротора, замкнутые на торцах накоротко кольцами *7*. Роль успокоительной обмотки сводится, в основном, к уравновешиванию магнитодвижущей силы (мдс) обратной последовательности. Она возникает при несимметричной нагрузке генератора и создает в роторе дополнительные потери и вибрацию двойной частоты по сравнению с частотой тока.

Успокоительная обмотка по отношению к мдс обратной последовательности играет роль замкнутой накоротко вторичной обмотки трансформатора тока. Эта обмотка создает вторичную мдс, почти полностью уравновешивающую первичную. Таким образом, успокоительная обмотка устраняет дополнительные потери и нагрев в роторе, а также вибрации, возникающие при несимметричной нагрузке генератора. Кроме того, успокоительная обмотка создает асинхронный момент, подобный вращающему моменту асинхронного двигателя, который улучшает условия работы машины при выпадении из синхронизма.

Неявнополюсный ротор (рис. 77) представляет собой цельную массивную цилиндрическую поковку, в которой сердечник ротора совмещен с валом. Для изготовления ротора применяют углеродистую сталь, если его диаметр не превышает 800 мм. При больших

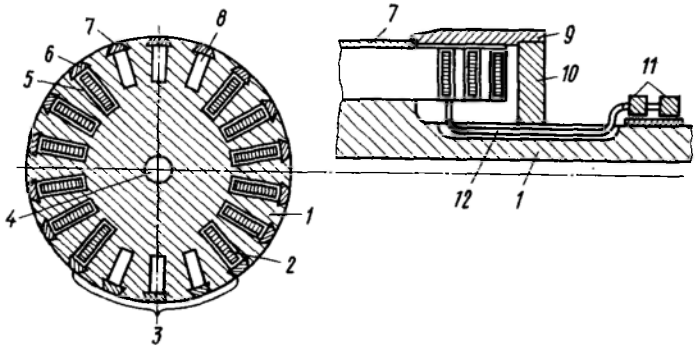


Рис. 77. Устройство неявнополюсного ротора:

1—бочка ротора, *2*—обмотка ротора, *3*—большой зуб, *4*—осевой канал, *5*—паз ротора, *6*, *7*—стальные клинья, *8*—осевой охладительный канал, *9*—бандаж, *10*—центрирующее кольцо, *11*—контактные кольца, *12*—соединительный проводник

диаметрах для повышения механической прочности конструкции используют специальную легированную сталь. Вообще по условиям механической прочности при частоте вращения 3000 об/мин диаметр бочки не должен быть более 1300 мм. Допустимый прогиб ротора ограничивает возможную длину его активной части значением 8000 мм.

Неявнополюсный ротор подвергается токарной обработке, в процессе которой высверливается осевой канал *4* диаметром до нескольких сотен миллиметров. Осевой канал необходим для удаления загрязненной части отливки, контроля качества поковки и уменьшения внутренних напряжений в металле. Наружная поверхность бочки *1* имеет винтовую канавку глубиной и шириной около 5 мм для улучшения условий охлаждения. По образующим активной части профрезерованы пазы *5* и аксиальные каналы *8* в большом зубе *3*, свободном от обмотки. Пазы *5* с обмоткой *2* и аксиальные каналы забиты стальными клиньями *6*, *7*. Выводы обмотки возбуждения соединены с контактными кольцами. Лобовые части обмотки укреплены бандажами *9* из высокопрочной немагнитной стали. Бандажи опираются на центрирующие кольца *10*, которые выполняют упругими. Роль успокоительной обмотки в неявнополюсных роторах выполняют клинья пазов, замкнутые массой ротора и бандажами.

§ 25. Устройство асинхронных двигателей

Асинхронным называется электрический двигатель переменного тока, частота вращения n_2 ротора которого меньше частоты n_1 вращающегося поля статора. Величина отставания $s=\frac{n_1-n_2}{n_1}100$ выражается в процентах и называется скольжением.

Устройство статора асинхронного двигателя не отличается от устройства якорей синхронных машин, изложенного выше. В отличие от синхронных машин воздушный зазор асинхронного двигателя должен быть предельно малым. Это необходимо, в частности, для уменьшения реактивной мощности, потребляемой двигателем из сети. Устройство ротора асинхронного двигателя принципиально отличается от устройства роторов синхронных машин.

По типу ротора асинхронные двигатели разделяются на двигатели с короткозамкнутым и с фазным роторами. Схемы устройства машин с обоими типами роторов представлены на рис. 78 и 79.

Сердечники ротора прессуются теми же способами, что и ярма роторов синхронных машин. Пакеты сердечника при этом насаживают либо непосредственно на вал, либо на сварную или литую втулку (в крупных двигателях). Отличительные особенности имеет прессовка сердечников с литыми алюминиевыми обмотками (см. рис. 78): пазы заливаются жидким алюминием при одновременном сжатии пакета сердечника прессом. После кристаллизации и охлаждения металла обмотки короткозамыкающие кольца *7* становятся также и прессующими. Посадка сердечника на вал осуществляется с натягом на его рифленую поверхность.

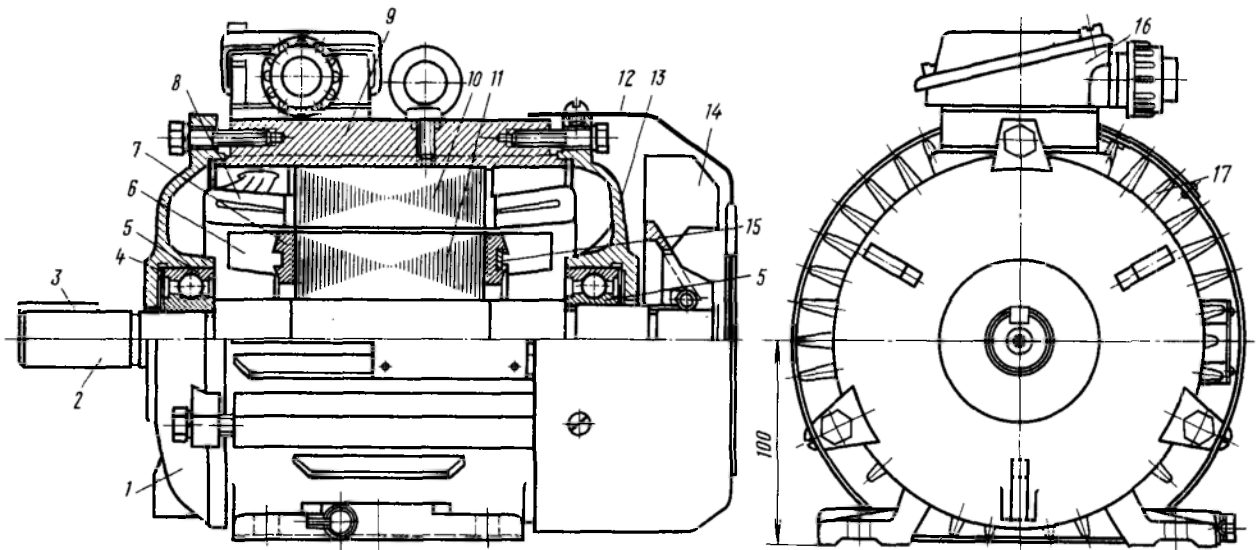


Рис. 78. Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором единой серии 4А:
1—передний щит, *2*—вал, *3*—шпонка, *4*—кольцевая установочная пружина, *5*—подшипник, *6*—крыльчатка, *7*—короткозамыкающее кольцо, *8*—лобовая часть обмотки статора, *9*—станина, *10*—сердечник статора, *11*—сердечник ротора, *12*—кожух вентилятора, *13*—задний щит, *14*—вентилятор, *15*—балансировочный грузик, *16*—коробка выводов, *17*—охладительные ребра

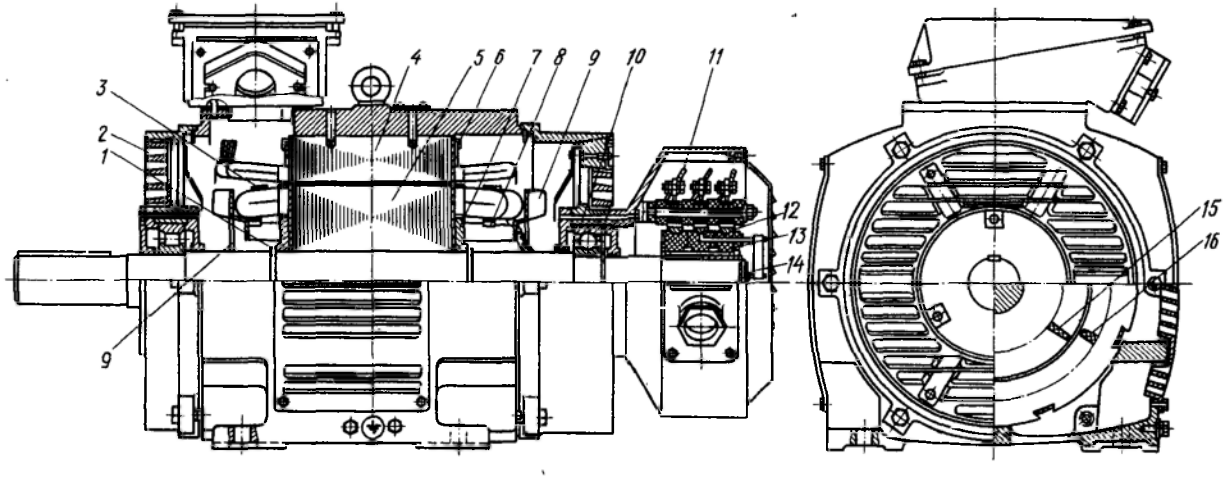


Рис. 79. Асинхронный двигатель с фазным ротором в защищенном исполнении:
1—стопорное кольцо, *2*—жалюзи, *3*—бандаж обмотки ротора, *4*—сердечник статора, *5*—сердечник ротора, *6*—фиксирующая скоба, *7*—нажимная шайба, *8*—опорное кольцо, *9*—аксиальный вентилятор, *10*—подшипник, *11*—щеткодержатель, *12*—контактное кольцо, *13*—изоляционная втулка, *14*—соединительная перемычка, *15*—паз ротора, *16*—паз статора

Фазные обмотки ротора выполняют по тем же схемам, что и обмотки статора. Типы пазов ротора для фазных обмоток такие же, как в статорах. Применяют двухслойные катушечные петлевые и стержневые волновые обмотки. Число витков в катушках обмоток статора и ротора асинхронной машины не зависят друг от друга, так как обмотки ротора к сети не присоединяются и их напряжение может изменяться в широких пределах. В этой связи стержневые обмотки ротора крупных машин выполняют с одновитковыми катушками. Высокая жесткость стержней обмотки в этом случае обеспечивает необходимую прочность лобовых частей. Роторные обмотки двигателей до 3 кВт делают мягкими всыпными из провода круглого сечения, при мощности 3—10 кВт — жесткими катушечными из провода прямоугольного сечения или стержневыми из голой шинной меди. При мощности свыше 100 кВт роторные обмотки делают только стержневыми.

Три фазные обмотки концами соединяются между собой, образуя звезду, а начала обмоток сквозь полый конец вала выводятся к контактным кольцам *12* (см. рис. 79). На контактные кольца наложены щетки, позволяющие присоединить к фазным обмоткам внешние цепи управления. Ввод их в коробку щеточного устройства осуществляется через сальник.

Короткозамкнутые обмотки ротора выполняют по типу беличьей клетки из стержней различного сечения. Развитие формы поперечного сечения стержней короткозамкнутых обмоток в глубину способствует улучшению пусковых характеристик двигателей.

Изготовляют обмотки типа беличьей клетки методами литья и пайки твердыми припоями; обмотки отличаются технологичностью и надежностью. Заодно с замыкающими кольцами отливают крыльчатку *6* внутреннего вентилятора (см. рис. 78). Такие обмотки имеют машины мощностью до 200 кВт. Машины большей мощности изготовляют с короткозамкнутыми обмотками из меди и латуни. Короткозамыкающие кольца или сегменты делают из меди и соединяют их со стержнями пайкой твердыми припоями ПСр-15, ПМФ-7 и др. Обычно пайку производят с помощью газовой горелки.

§ 26. Устройство машин постоянного тока

Особенности устройства машин постоянного тока. Принципиальными отличиями машины постоянного тока от синхронной являются механическое выпрямление тока с помощью коллектора и процессы коммутации тока.

Коллектор обеспечивает выпрямление тока в режиме генератора и обратное его преобразование в режиме двигателя, так как в обмотке якоря протекает переменный ток, а во внешней цепи машины за щетками — постоянный. Коммутация представляет собой процесс переключения щеткой секции обмотки якоря из одной параллельной ветви в другую с промежуточным замыканием секции накоротко и изменением направления тока в ней.

Кроме того, отличительной особенностью машины постоянного тока является активность материала станины. Станина несет на себе полюса системы возбуждения и является частью магнитной цепи машины. В связи с этим ее изготовляют из низкоуглеродистой стали литьем или сваркой (в крупных машинах).

Сердечник якоря не отличается от сердечника фазного ротора. В пазах якоря расположены двухслойные обмотки, напоминающие двухслойные обмотки роторов переменного тока, но более разнообразные по типам и сложные по схемам. Секции обмоток якоря соединяются между собой на коллекторе.

Конструкции коллектора. Конструкции коллектора разнообразны. Широко распространен арочный коллектор (рис. 80). Клиновидные пластины *4*, изолированные друг от друга прокладками *8* из миканита, сжимаются конусами *1* и *7*, входящими своими кольцевыми конусными выступами в вырезы «ласточкина хвоста» пластин. От

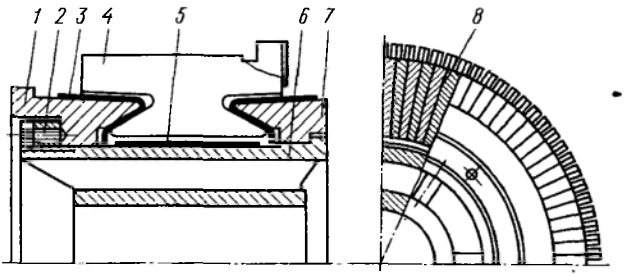


Рис. 80. Устройство арочного коллектора:
1, *7*—нажимные конусы, *2*—гайка, *3*—миканитовая манжета, *4*—медная коллекторная пластина, *5*—миканитовый цилиндр, *6*—стальной корпус, *8*—миканитовая прокладка

пластин конусы изолированы миканитовыми манжетами *3*. Прессовка коллектора осуществляется специальной гайкой *2* на стальном втулочном корпусе *6*, от которого пластины изолированы миканитовым цилиндром *5*. Прессующее усилие на конусном сопряжении пластин и нажимных колец направлено к оси цилиндра. При этом создаются боковые усилия, взаимосжимающие боковые поверхности клиновых пластин и создающие прочную арочную конструкцию.

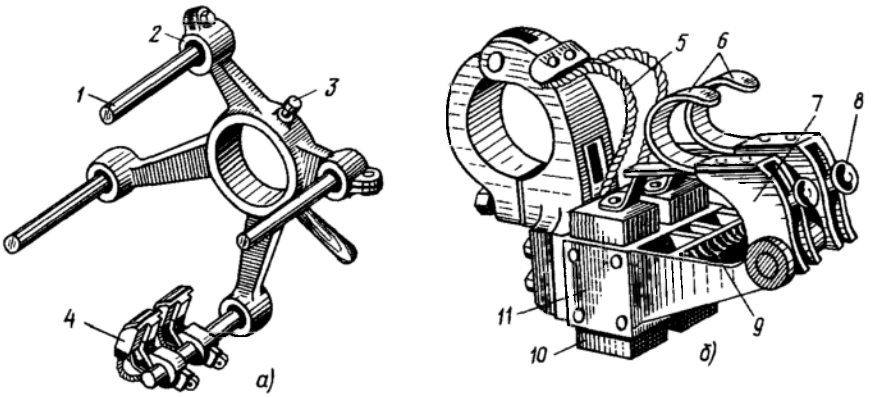


Рис. 81. Щеточный механизм:
а—траверса, *б*—щеткодержатель со щетками; *1*—изолированный палец, *2*—кронштейн-луч, *3*—фиксирующий болт, *4*—щеткодержатель, *5*—проводник, *6*—захват, *7*—нажимная скоба, *8*—регулировочная гайка, *9*—пружина, *10*—щетка, *11*—обойма

Втулкой корпуса коллектор с натягом или на шпонках устанавливается на вал.

Щеточный механизм. Щеточный механизм машины состоит из траверсы, щеткодержателей и щеток (рис. 81, *а*, *б*). Конструкции щеткодержателей различны. Щеткодержатель предназначен для удерживания щетки в определенном положении и создания заданного контактного давления щетки на коллектор (1,5—2,5 Н/см^2). Щеткодержатели устанавливаются хомутом на пальцы *1* траверсы (рис. 81, *а*), а траверса своим отверстием — на посадочный прилив подшипникового щита (изнутри). Траверса закрепляется на щите фиксирующим болтом *3*. Пальцы траверсы изолированы. При большом числе щеток вместо пальцев применяют продольные прямоугольные балочки — бракеты. Траверса в этом случае имеет кольцевую форму *10* (рис. 82).

В машинах постоянного тока используют главным образом графитные и электрографитированные щетки. Они обеспечивают большое сопротивление скользящего контакта, что улучшает условия коммутации машины. Основной магнитный поток машины создается обмоткой возбуждения главных полюсов машины.

Главные полюса *5* (рис. 82) по своему устройству мало отличаются от явновыраженных полюсов возбуждения синхронных машин. Главные полюса крепятся к станине сквозными винтами. Резьба под винты нарезается непосредственно в пакете полюса или в закладных прямоугольных стержнях.

Как известно, реакция якоря искажает магнитное поле машины. По этой причине стороны секций обмотки якоря, соответствующие нулевой эдс, перемещаются с геометрической нейтрали на физическую. Угол поворота физической нейтрали пропорционален нагрузке якоря. Если щетки остаются в положении геометрической нейтрали, возникает усиленное искрение на коллекторе. Поворот щеток в положение физической нейтрали позволяет снизить искрение. Однако ее положение меняется с нагрузкой якоря.

Таким образом, при переменной нагрузке однократное изменение положения щеток на коллекторе не улучшает условий коммутации.

Улучшить условия коммутации можно установкой дополнительных полюсов *13* в промежутках между главными полюсами *5*. Обмотка *12* дополнительных полюсов выполнена из толстого прямоугольного провода и включена последовательно обмотке якоря. Дополнительные полюса создают магнитный поток, который направлен навстречу потоку реакции якоря и компенсирует его в зоне коммутации как при постоянной, так и при изменяющейся нагрузке. Полярность дополнительных полюсов должна сохранять полярность главных полюсов в зоне коммутации: в генераторе по направлению вращения за главным следует противоположный дополнительный полюс, в двигателе — одноименный.

Дополнительные полюса изготовляют монолитными и крепят к станине так же, как и главные. Применение дополнительных полюсов исключает смещение нейтрали из геометрического положения, но не обеспечивает полной компенсации реакции якоря вдоль всей его окружности.

Для создания компенсации реакции якоря вдоль всей его окружности и во всех режимах в наконечниках главных полюсов размеще-

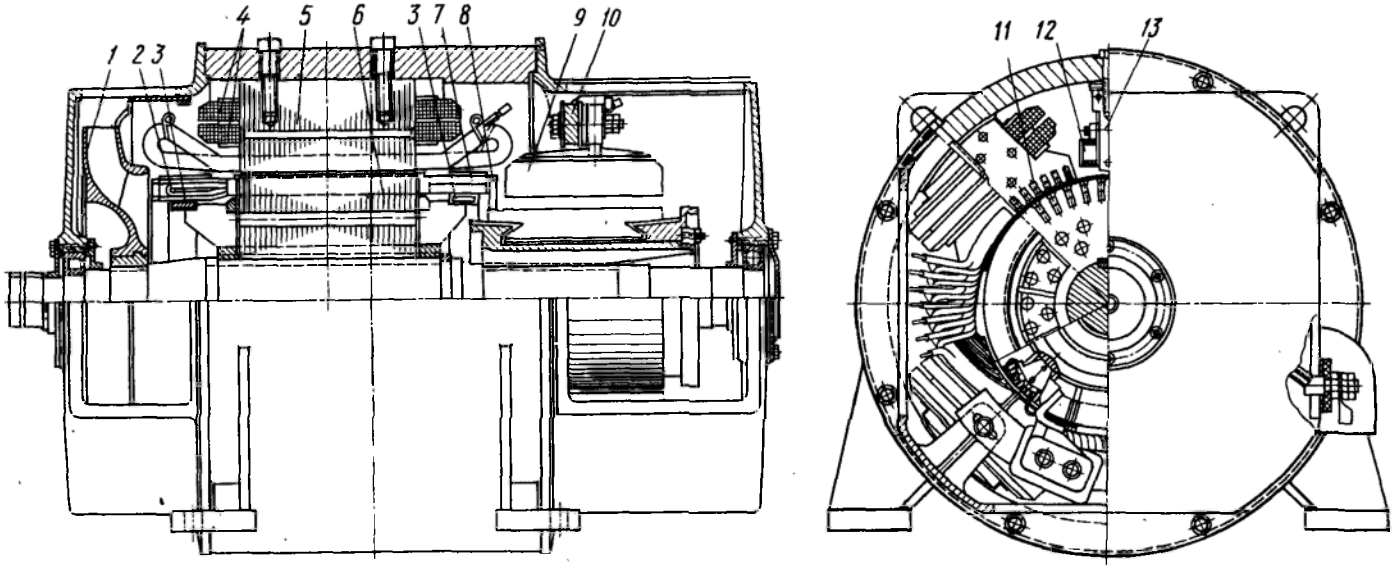


Рис. 82. Двигатель постоянного тока серии 11:

1—вентилятор, *2*—обмотка якоря, *3*—опорное кольцо, *4*—обмотка главного полюса, *5*—сердечник главного полюса, *6*—сердечник ротора, *7*—выводы секций обмотки якоря к коллектору, *8*—присоединения секций обмотки к коллектору (петушки), *9*—бракет, *10*—кольцевая траверса, *11*—компенсационная обмотка, *12*—обмотка дополнительного полюса, *13*—сердечник дополнительного полюса

на компенсационная обмотка *11*. Магнитная ось ее совпадает с геометрической нейтралью. Обмотка последовательно и встречно включена с обмоткой якоря.

Устройство компенсационной обмотки удорожает машину. Поэтому она применяется только в машинах с резкопеременной нагрузкой при мощности не менее 100 кВт.

§ 27. Конструктивные исполнения электрических машин

Конструктивные исполнения электрических машин отличаются креплением к основаниям, подшипниками, системами охлаждения, защитой от воздействия окружающей среды, а также способами компоновки. В зависимости от перечисленных характеристик укажем наиболее распространенные варианты исполнения машин.

По устройству узлов крепления машин к основаниям: М101 — на лапах с двумя подшипниковыми щитами; М202 — то же, но с фланцем на одном щите; М301 — с фланцем, имеющим центрирующую заточку; М601 — на лапах с двумя подшипниковыми щитами и одним стояковым подшипником; М602 — то же, что и М601, но с двумя стояковыми подшипниками; М701 — на лапах с одним стояковым подшипником (без подшипниковых щитов); М732 — на лапах с двумя стояковыми подшипниками и др.

По степени защиты от окружающей среды: 1Р00 — открытая; 1Р10, 1Р20 — защищенная от прикосновения и попадания внутрь посторонних предметов; 1Р01 — каплезащищенная; 1Р44 — брызгозащищенная; 1Р55 — защищенная от водяных струй и вредных отложений пыли, а также некоторые их комбинации; для работы в особых условиях выпускают машины взрывозащищенные, в тропическом исполнении, морозостойкие и др.

По способам воздушного охлаждения (вентиляцин): естественное (без вентиляторов); искусственное (с собственными и внешними автономными вентиляторами).

§ 28. Подшипники электрических машин

Подшипник — элемент опоры вала, воспринимающий от него нагрузки и обеспечивающий возможность его вращения. В технике находят применение два типа подшипников, различающихся видом трения: подшипники качения и подшипники скольжения.

Подшипники качения представляют собой два стальных кольца различного диаметра, расположенные концентрически, между которыми равномерно по окружности размещаются тела качения. Внутреннее кольцо подшипннка устанавливается на вал с натягом, а наружное кольцо более свободно — в расточку щита (рис. 83).

По воспринимаемой нагрузке различают радиальные, упорные и радиально-упорные подшипники. В зависимости от величины нагрузки форма тел качення может быть шариковой, цилиндрической, игольчатой. Подшипники со сферическими телами качения называются шариковыми, а с цилиндрическими и конусными — роликовыми.

Для смазки подшипников качения применяют консистентные (нежидкие) составы, которые не требуют сложных уплотнений и частой замены.

4 Зак. 37

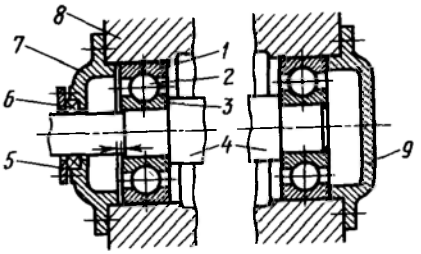


Рис. 83. Компоновка подшипников качения в щитах:
1—наружное кольцо, *2*—тело качения, *3*—внутреннее кольцо, *4*—вал, *5*—нажимное кольцо, *6*—уплотнитель, *7*—передняя крышка, *8*—подшипниковый щит, *9*—задняя крышка

Подшипник скольжения (рис. 84) представляет собой гладкую изнутри втулку (вкладыш) *4* из антифрикционного состава—бронзы, баббита (сплав на основе олова или свинца с добавкой сурьмы и меди). Во вкладыш устанавливается вал. Перед установкой вала вкладыш тщательно пришабривают, обеспечивая прилегание вала к вкладышу с заданным зазором. Вкладыш отливают целиком или делают разъемным вдоль оси вала.

Смазкой подшипников скольжения служат жидкие смазочные масла. Смазка в тихоходных машинах наносится на трущиеся поверхности с помощью смазочных колец *8*, установленных непосредственно на вал в прорезях вкладыша. Диаметр колец больше диаметра вала, так что внизу они охватывают весь вкладыш. Под вкладышем размещается масляная ванна *9*, в которую опущен нижний край колец. Кольца вращаются под действием сил трения вместе с валом и наносят на него смазку. Смазка растекается вдоль вала по винтовым канавкам вкладыша. В быстроходных машинах масло под вал подается под давлением специальным масляным насосом.

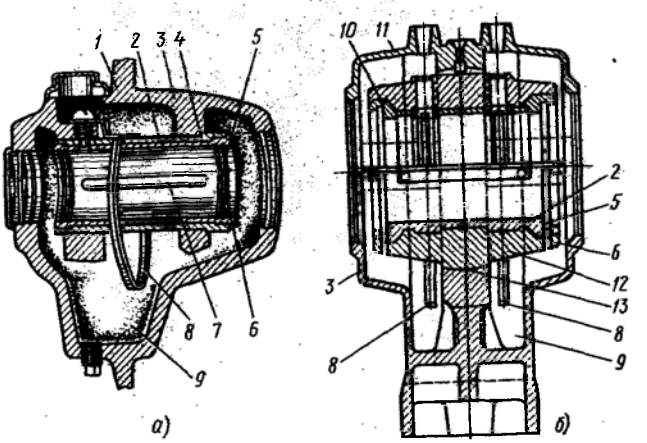


Рис. 84. Устройство подшипников скольжения:
а—встроенного в подшипниковый щит, *б*—стоякового; *1*—подшипниковый щит, *2*—антифрикционный слой, *3*—корпус, *4*—неразъемный вкладыш, *5*—маслосборная канавка, *6*—маслосточное отверстие, *7*—распределительная канавка, *8*—смазочное кольцо, *9*—масляный резервуар, *10*—верхний вкладыш, *11*—крышка, *12*—нижний вкладыш, *13*—сферическая поверхность для самоустановки вкладыша

При небольших нагрузках на вал подшипники совмещаются с подшипниковыми щитами (рис. 84, *а*). В центральной части щита для этой цели предусматривается цилиндрическая расточка с крышками для установки подшипников качения или отливается букса для запрессовки вкладыша. В нижней части буксы имеется масляный резервуар.

При больших нагрузках подшипники имеют вид стояка, опирающегося непосредственно на фундаментную плиту. Такие подшипники называют стояковыми (рис. 84, *б*).

Преимущества подшипников качения: большой срок службы, высокая надежность, малые потери на трение, простота эксплуатации и другие обусловливают их широкое применение в машинах малой и средней мощности при отсутствии ударных нагрузок на вал в сравнительно быстроходных машинах.

Подшипники скольжения, отличающиеся способностью воспринимать очень большие усилия и устойчивостью к ударным нагрузкам, применяются в крупных машинах или при динамических нагрузках на вал в сравнительно тихоходных машинах.

МОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

§ 29. Монтаж полносборных машин

Подготовка машин к монтажу. Принятые в монтаж электрические машины продувают сжатым воздухом. Проворачивают их валы, контролируя свободу вращения. В машинах малой мощности валы проворачивают вручную, в машинах больших мощностей используют для этой цели грузоподъемные средства. После этого машины очищают и протирают снаружи; поврежденную окраску восстанавливают.

Предварительно контролируют состояние изоляции и целость электрических цепей машины. Сопротивление изоляции измеряют для каждой из цепей относительно заземленных частей, а также между цепями. В машинах постоянного тока при измерениях щетки изолируют от коллектора при помощи изолирующей прокладки из электрокартона или резины. В статорах переменного трехфазного тока при трех выведенных концах обмоток измеряют только сопротивление изоляции обмоток относительно земли.

В двигателях с фазным ротором кроме сопротивления изоляции обмоток статора измеряют сопротивление изоляции между обмотками статора и ротора, а также сопротивление изоляции щеток относительно корпуса (при измерениях щетки изолируют от колец).

При обнаружении дефектов изоляции, препятствующих монтажу, решают вопрос о ревизии, ремонте и сушке машины.

Подготовка фундамента. Принятый в монтаж фундамент обрабатывают в местах расположения монтажных подкладок, придавая им плоскостность и горизонтальность. Места установки подкладок очерчивают мелом по-возможности близко к анкерным или фундаментным болтам. Располагают их по обе стороны болтов. Кроме того, места подкладок размечают под теми участками фундаментной плиты, к которым будут приложены сосредоточенные нагрузки (под лапами станин, стойками промежуточных подшипников и т. п.).

Размеры размечаемых площадок должны превышать размеры подкладок на 15—20 мм на сторону.

Площадки выравнивают ручным или пневматическим молотком с рифленым бойком или ручным зубилом. Плоскостность и горизонтальность их контролируют с помощью брускового уровня. Уклоны площадки должны быть не более 0,2 мм на 1 м. Отклонение высоты площадок от проектного уровня должно быть ±3 мм.

Подготовленный фундамент обдувают сжатым воздухом и промывают струей воды. Обработанные площадки посыпают цементом до заполнения насечек.

Установка фундаментных плит. Фундаментные плиты крупных электрических машин устанавливают по разметке, нанесенной на плиту, и главным осям фундамента. Главные оси фундамента (рис. 85) обозначают в натуре с помощью монтажных струн из стальных проволок ∅ 0,35—0,5 мм. Струны растягивают чаще всего между вертикальными сварными стойками с устойчивым основанием и блоком в верхней части. Проволока пропускается через блоки двух стоек и нагружается гирями, подвешенными на ее концах. Масса одной гири зависит от диаметра проволоки:

Диаметр, мм	0,35	0,5	0,45	0,5
Масса, кг	9,5	12,4	15,6	19,3

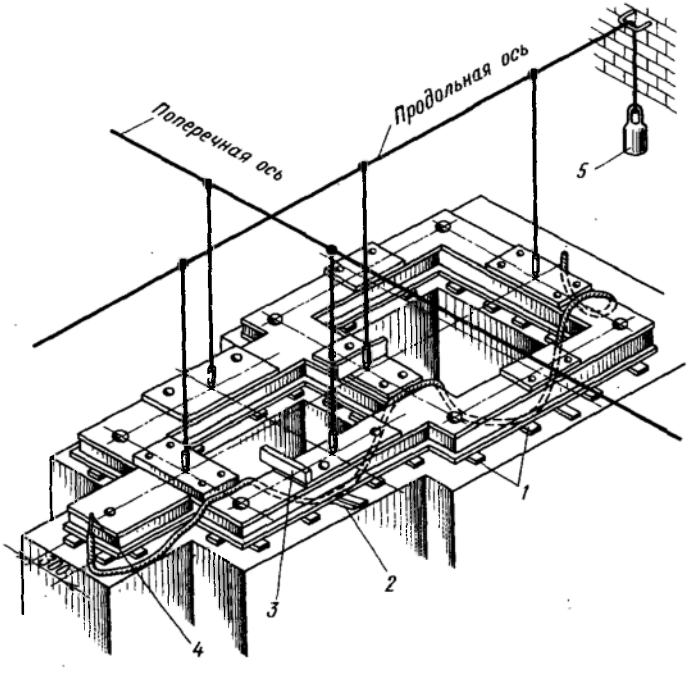


Рис. 85. Обозначение главных осей фундамента:
1—подкладки, *2*—стальной клин, *3*—уровень, *4*—гидростатический уровень, *5*—груз

Масса гири примерно равна двум третям разрывающей нагрузки. Считают, что при такой нагрузке проволоки натянуты достаточно прямолинейно.

Монтажные струны используют как базу для определения пространственного положения монтируемых деталей, расстояния при этом измеряют микроштихмасом.

При точных измерениях учитывают стрелу провеса (мм) проволоки под действием собственной массы

$$f=\frac{l_1 l_2 q}{2G},$$

где l_1, l_2 — расстояния от центров блоков стоек до точки измерения, м; q — масса одного метра проволоки, г; G — масса натяжного груза, кг. Величину стрелы провеса f приплюсовывают к погрешности измерения.

Над осевыми плашками фундамента на струнах закрепляют по два отвеса на каждой из двух струн. Грузик отвеса должен иметь цилиндрическую форму с резьбовой пробкой для подвешивания на верхнем торце и конусом для точной ориентировки на нижнем торце. Высота острия конуса над кернением должна быть 0,5—1 мм. Струну ориентируют так, чтобы указатели отвесов на обеих осях фундамента точно совпали с кернениями оси на плашках. После этого положение стоек монтажных струн отмечают и фиксируют. Отвесы помещают в сосуды с маслом, успокаивающим их колебания.

На фундаментной плите размечают положение ее главных (продольной и поперечной) осей в соответствии с проектом. Разметку фиксируют кернением. Перед установкой плиты поверхность фундамента, кроме площадок для подкладок, насекают, обдувают сжатым воздухом и промывают струей воды. Это необходимо для хорошего сцепления подливочного слоя бетона с фундаментом. На обработанных площадках фундамента размещают пакеты монтажных подкладок, выводя их верхние плоскости по нивелиру (НА-1, НБ-4 и т. п.) на 1—1,5 мм выше проектной отметки. Отклонения этих плоскостей от горизонтали в направлениях главных осей должны быть не более 0,3 мм на 1 м.

На пакетах подкладок располагают фундаментную плиту, ориентируя ее по монтажным струнам. К струнам подвешивают еще четыре отвеса над кернениями осей плиты. Перемещая плиту в плоскости ее расположения и четыре дополнительных отвеса вдоль струн, добиваются совпадения указателей отвесов с кернениями осей плиты. При этом оси плиты и фундамента совпадут.

При невысокой точности установки фундаментные болты обычно замоноличивают в тело фундамента в процессе его возведения. Плиту опускают на эти болты.

При умеренных требованиях к точности размещения фундаментных болтов в фундаментах при строительстве оставляют глухие колодцы. Фундаментные болты устанавливают в процессе монтажа. После выверки положения фундаментной плиты болты центрируют в ее отверстиях и заливают бетонной смесью до уровня, расположенного ниже поверхности фундамента на 100—150 мм. Окончательно заполняют колодцы бетонной смесью при подливке основания.

Затяжку фундаментных болтов в этом случае не производят до тех пор, пока прочность бетона не достигнет 60% проектной прочности. Это определяют разрушением контрольных образцов смеси.

В фундаментах ответственных машин предусматривают ниши, сквозные колодцы и ямы. Анкерные болты в этом случае устанавливают в процессе монтажа с высокой точностью. Образованные при этом колодцы заполняют бетонной смесью во время подливки оснований машин.

Высотное и горизонтальное положение фундаментной плиты выверяют при затянутых фундаментных болтах. Горизонтальное перемещение плиты при выверке ее положения производят с помощью винтовых и эксцентриковых приспособлений, а также винтовых или клиновых установочных домкратов.

Высотное положение верхней плоскости плиты контролируют относительно высотного репера фундамента с помощью гидростатического уровня, снабженного микрометрическими головками. В неответственных случаях эту выверку выполняют с помощью контрольных линеек и микроштихмаса.

Горизонтальность плоскости плиты устанавливают с помощью брусковых уровней. Допустимое отклонение от горизонтального положения фундаментных плит не превышает 0,15 мм на 1 м. Каждое измерение уклонов производят с поворотом базы уровня на 180°. Уклоны контролируют в направлениях обеих главных осей.

После выверки положения плиты на нее устанавливают машину так, чтобы общие отверстия для фундаментных или анкерных болтов станины машины и фундаментной плиты совпали.

Установка электрических машин. Крупные машины устанавливают на плиты так, чтобы наилучшим образом обеспечить совпадение в пространстве осей валов монтируемых машин и агрегатов, в составе которых машины должны работать.

Положение машины на плите выверяют перемещениями в пределах зазоров резьбовых соединений машины и плиты, а также перемещениями самой плиты на подкладках. Главной операцией выверки является центровка валов базовой и монтируемой машин. Базовой машиной может быть технологический агрегат или одна из машин многомашинных электроустановок с общим валом.

Центровка валов с общей осью обычно производится в два этапа. Предварительную центровку производят по рискам, нанесенным на ободы полумуфт. Риски наносят с помощью центроискателей на каждой полумуфте соединяемых валов через 90°. Сначала накладывают контрольную линейку на обе полумуфты в четырех точках окружности, сдвинутых на 90°, и убеждаются в отсутствии параллельного сдвига осей валов. Если оси сдвинуты, то это устраняют перемещением вала центруемой машины. Затем на риску базовой полумуфты накладывают контрольную линейку и, вращая центруемый вал, совмещают одну из рисок его полумуфты с базовой риской. При совпадении обеих рисок с кромкой линейки без углового расхождения линейку переносят на следующие две риски и т. д. В случае, когда угловое расхождение осей валов установлено, перемещают центруемый вал до совпадения рисок.

Предварительная центровка считается достигнутой, если совпадают все четыре пары рисок соединяемых полумуфт. Для окончатель-

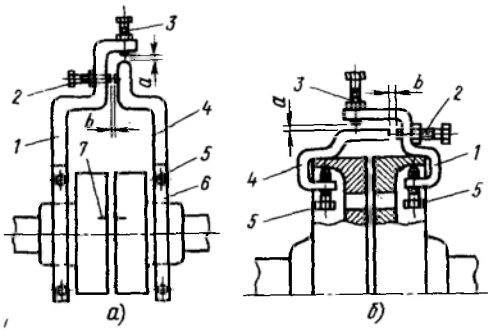


Рис. 86. Монтажные центровочные скобы: *а*—для центровки по втулкам полумуфт, *б*—для центровки по ободам полумуфт; *1*, *4*—скобы, *2*, *3*—болты для измерения зазоров, *5*—крепежные болты, *6*—хомут, *7*—риски

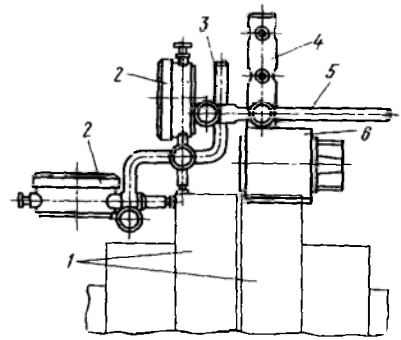


Рис. 87. Схема приспособления с магнитным креплением для проверки соосности полумуфт: *1*—полумуфта, *2*—индикатор, *3*—установочный кронштейн, *4*—индикаторная стойка, *5*—выдвижной кронштейн, *6*—стальной корпус с магнитным сердечником

ной центровки малогабаритных тихоходных машин применяют монтажные скобы (рис. 86). Центровка может производиться по втулкам или по ободам полумуфт. Для центровки валов крупных и быстроходных машин используют более сложные приспособления, в которых несоосность измеряют точными индикаторами с часовым отсчетом (рис. 87).

Окончательная центровка заключается в измерении зазоров *a* и *b* в четырех положениях валов, совместно поворачиваемых ступенями на 90°. Разность как зазоров *a*, так и зазоров *b* (см. рис. 86) в диаметрально противоположных положениях должна быть меньше допускаемых отклонений, приведенных в табл. 21.

После центровки валов сопрягаемых машин и механизмов предварительно затягивают фундаментные болты (нормальными ключами вручную до отказа). Контролируют сохранность центровки и проверяют свободу вращения соединенного вала. Для этого в качестве рычага используют ломик, вращая с его помощью вал за полумуфту.

Таблица 21

Наибольшие допустимые отклонения центровки валов для муфт различных типов

Частота вращения, об/мин	Допустимые отклонения, мм, при диаметре муфт 600 мм				
	жесткая (фланцевая)	упругая втулочно-пальцевая	упругая с пластинами из прорезиненной ткани	переменной жесткости с ленточными пружинами	зубчатая типа МЗН или МЗУ
3000	0,04	0,20	0,20	0,25	0,25
1500	0,04	0,30	0,30	0,40	0,40
750	0,04	0,40	0,40	0,50	0,50
500	0,04	0,50	0,50	0,60	0,60

Для проворачивания валов крупных машин на полумуфту наматывают трос и вытягивают его с помощью грузоподъемного устройства. Если свобода вращения вала установлена, подливают под фундаментную плиту бетонную смесь. Эта работа должна выполняться строительной организацией под наблюдением монтажников. Перед подливкой бетонной смеси монтажные и регулировочные подкладки сваривают между собой по торцам точечным швом. В состав бетонной смеси (при отсутствии проектных указаний) входят 1 мас. ч. быстросхватывающегося цемента, 2—3 мас. ч. просеянного чистого речного песка и добавки мелкой щебенки или гравия. Смесь заливают с одной стороны фундамента без перерыва до выхода смеси с противоположной его стороны. Для ограничения размеров подливки устанавливают опалубку из досок. Смесь уплотняют вибраторами. Подливку необходимо производить в течение 3 сут (не позднее) после предварительной затяжки фундаментных болтов. После твердения подливочного слоя до 60% проектной прочности бетона осуществляют окончательную затяжку резьбовых креплений с усилием, указанным в проекте. Затяжку выполняют тарированными ключами. При необходимости бо́льших усилий применяют гидравлические ключи.

Достаточность затяжки контролируют щупом. Щуп толщиной 0,05 мм должен проникать в стык резьбового соединения не глубже чем на 5 мм.

Коллектор. С помощью индикатора контролируют биение коллектора, вращая его со скоростью не более 1 м/с. При обнаружении неровностей, превышающих допустимые значения и достигающих 0,2 мм, коллектор подвергают полировке стеклянной бумагой № 100—180, укрепленной на деревянной колодке с цилиндрической выемкой по форме коллектора (рис. 88,*а*). Коллекторы полируют при рабочей частоте вращения машины.

Если неровности коллектора в пределах 0,2—0,5 мм, то он должен быть пришлифован и отполирован. Для шлифовки применяют приспособление (рис. 88, *б*), оборудованное суппортом для перемещения карборундового мелкозернистого абразивного круга, вращаемого от электродвигателя посредством гибкого вала. При шлифовке коллектор вращают навстречу вращению шлифовального круга.

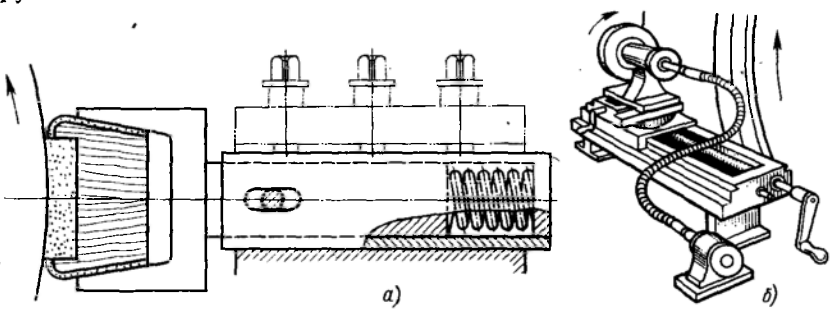


Рис. 88 Приспособления для обработки коллекторов:
а—для полировки, *б*—для шлифовки

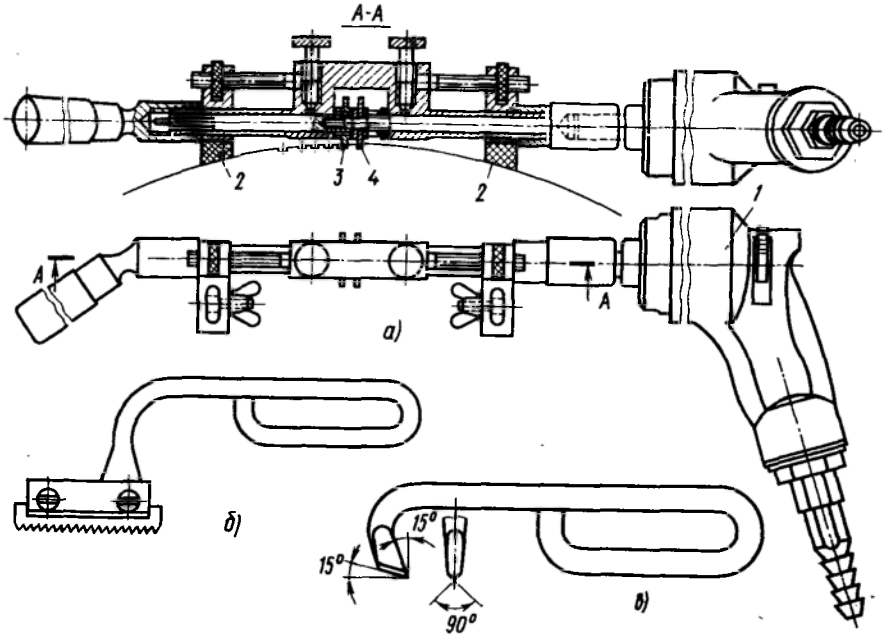


Рис. 89. Приспособления для продороживания коллекторов:

а — пневматическое, *б* — ручной дорожник. *в* — ручной фасочник; *1* — сверлилка СД-8, *2* — упор из текстолита, *3* — направляющая шайба, *4* — фреза Ø30 мм

При обнаружении биений коллектора, превышающих 0,5 мм, необходима его проточка. Коллекторы небольших машин протачивают на токарных станках. Проточку коллекторов крупных машин осуществляют в собственных подшипниках при помощи передвижных или переносных суппортов. Суппорт оборудуют устройством механической подачи резца с твердосплавными пластинами. Размеры поперечного сечения резца по сравнению с токарными резцами должны быть больше для обеспечения жесткости, исключающей его дрожание при работе. Для вращения коллектора двигатель включают в сеть. При этом половину щеточной траверсы снимают, а вторую половину смещают по коллектору в удобное для проточки положение. Скорость резания по условиям качества обработки и стойкости резца должна быть 400—700 м/мин при подаче 0,05 мм/об. Режущую кромку резца располагают для уменьшения искрения на электрической нейтрали. На коллектор двигателей в режиме проточки подают пониженное напряжение, а резец и суппорт заземляют. В случаях, когда собственное вращение машины при проточке невозможно, применяют вспомогательные двигатели и ременную передачу на вал коллектора.

После проточки коллектор продороживают. Коллекторы крупных машин продороживают с помощью фрезерного приспособления с пневматическим (рис. 89, *а*) или электрическим приводом.

Фрезу выбирают диаметром порядка 25 мм и шириной зубьев — на 0,1 мм меньше ширины дорожки. Глубина дорожки должна быть

больше ее ширины в 1,2—1,5 раза. Для небольших машин пользуются ручным инструментом в виде пакета из ножовочных полотен, укрепленных в оправке (рис. 89, *б*).

В продороженном коллекторе с наружных ребер пластин снимают фаски под углом 45°, пользуясь для этого чаще всего ручным фасочником (рис. 89, *в*) или конической фрезой и приспособлением для продороживания.

Обработанный таким образом коллектор шлифуют и полируют. Для окончательной полировки используют колодку из твердых несмолистых пород дерева (бук, клен) без шлифовальной бумаги и других абразивных материалов. Волокна деревянной колодки, обработанной по форме коллектора, должны располагаться торцами к полируемой поверхности. Такая обработка коллектора способствует образованию на его поверхности оксидной пленки (политуры), улучшающей условия коммутации.

Готовый коллектор продувают сжатым воздухом для удаления миканитовой пыли и металлических стружек.

Монтаж щеткодержателей. Щеткодержатели распределяют по коллектору в шахматном порядке, сдвигая их через два ряда. Это обеспечивает равномерный износ коллектора и одинаковые условия работы щеток. В рядах сбегающие кромки щеток выравнивают по прямой, параллельной кромкам коллекторных пластин. Правильность рядов проверяют путем наложения на коллектор полосы бумаги длиной, равной длине окружности коллектора и разделенной на число промежутков, соответствующих месту нахождения щеткодержателей. Ближайшие кромки обойм щеткодержателей располагают на расстоянии 2—4 мм от поверхности коллектора. Зазор между щетками и обоймами щеткодержателей должен быть 0,1—0,2 мм. Усилия нажимных пружин щеткодержателей регулируют так, чтобы удельное нажатие щеток соответствовало данным заводской инструкции (ориентировочно около 200 Н/м^2). При этом отклонения усилия нажатия пружин отдельных щеток должны быть не более ±10%. Усилия пружин измеряют ручным динамометром в момент освобождения из-под щетки предварительно заложенной полоски папиросной бумаги.

Щетки должны иметь зеркальную рабочую поверхность без местных изъянов и перемещаться в обоймах щеткодержателей свободно. При необходимости пришлифовки щеток употребляют стеклянную бумагу № 100—120.

Подшипники скольжения. Подшипники скольжения промывают керосином при вращении вала вручную, а затем маслом для удаления остатков керосина. Подшипники заполняют маслом до контрольной отметки. В крупных машинах с неразъемными подшипниками контролируют зазоры между валом и вкладышем с кольцевой смазкой. При проверке зазоров их величину, измеренную с помощью щупов, сравнивают с заводскими данными. При отсутствии последних результаты измерений верхнего зазора сопоставляют с нормами, приведенными в табл. 22. Боковые зазоры должны быть в пределах 0,5—1 от верхнего зазора, что необходимо для правильного формирования смазочного клина. В подшипниках с принудительной смазкой диаметр расточки вкладыша должен быть больше диаметра шейки вала на 0,2—0,3%. Если зазор больше максимально допусти-

мого, необходимо вкладыш заменить. В случае, когда зазор меньше минимально допустимого, вкладыш расшабривают до необходимого диаметра.

Таблица 22. **Допустимые зазоры в неразъемных подшипниках скольжения**

Диаметр шейки вала, мм	Верхний зазор между шейкой вала и вкладышем, мм			
	при частоте вращения до 1000 об/мин		при частоте вращения выше 1000 об/мин	
	наибольший	наименьший	наибольший	наименьший
80—120	0,12	0,08	0,17	0,12
121—180	0,15	0,10	0,21	0,15
181—260	0,18	0,12	0,25	0,18
261—360	0,21	0,14	0,29	0,21
361—500	0,24	0,17	0,34	0,25

Подшипники качения. При обнаружении дефекта подшипники качения заменяют новыми такого же типа и каталожного номера.

Шариковые подшипники снимают с вала винтовыми или гидравлическими съемниками (рис. 90, *а*), передающими усилие на внутреннее кольцо. Роликовые подшипники, устанавливаемые раздельно, демонтируют по частям. Внутреннее кольцо с вала снимают обычными подшипниковыми съемниками или съемниками с разрезной шайбой

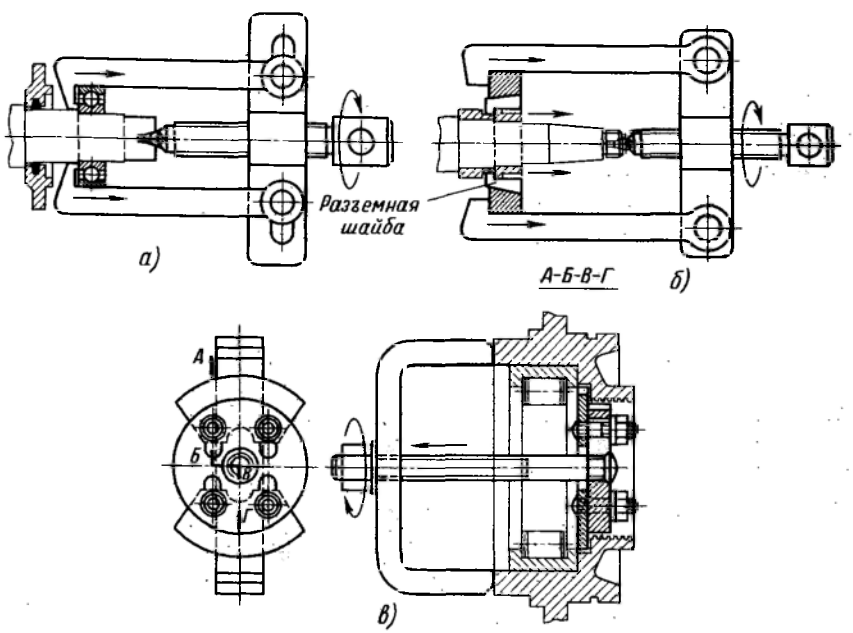


Рис. 90. Приспособления для демонтажа подшипников качения:
а — съемник для шарикоподшипника, *б* — приспособление с разъемной шайбой для снятия внутреннего кольца роликоподшипника, *в* — приспособление для выпрессовки роликоподшипника из корпуса

(рис. 90, *б*). Наружное кольцо с роликами извлекают из расточки щита приспособлением с выдвижными секторами (рис. 90, *в*).

Таблица 23. **Разновидности неподвижной посадки шарико- и роликоподшипников на валу**

Мощность электрических машин, кВт	Диаметр, мм				Посадки
	радиальных подшипников		радиально-упорных подшипников		
	шариковых	роликовых	шариковых	роликовых	
До 100	До 100	До 40	До 100	До 100	Напряженная, плотная
	Свыше 100	«100	Свыше 100	«180	Тугая
	—	«250	—	«250	Глухая
Свыше 100	Все диаметры				»

В электрических машинах принята неподвижная посадка внутреннего кольца подшипника на вал (табл. 23). Наружное кольцо подшипника устанавливается в посадочное гнездо подшипникового щита с подвижной посадкой (скользящей или движения). Соблюдение посадок подшипников качения является обязательным условием их нормальной работы. Подшипники устанавливают на вал и в горячем, и в холодном состоянии с помощью прессов. Для нагрева подшипников применяют индукционные нагреватели или масляные ванны с электроподогревом. Нагрев подшипников выше 100° С не допускается из-за опасности отпуска стали. При напрессовке подшипника на вал усилие передают только на внутреннее его кольцо. Для этого используют монтажные стаканы, устанавливаемые между подшипником и штоком пресса.

В отличие от шарикоподшипников роликовые подшипники монтируют раздельно: внутреннее кольцо напрессовывают на вал, а наружное кольцо вместе с роликами устанавливают в расточку подшипникового щита (корпуса).

В правильно посаженном подшипнике радиальный зазор между обоймой и телом качения, измеренный щупом, должен быть не менее значений, приведенных в табл. 24.

Таблица 24. **Минимально допустимые зазоры в подшипниках качения**

Диаметр вала, мм	Минимальный радиальный зазор подшипников, мм	
	шариковых	роликовых
20—30	0,005	0,01
35—50	0,01	0,02
55—80	0,015	0,03
85—120	0,02	0,04

Внутреннее кольцо подшипника должно плотно прилегать к заплечику вала. Наружное кольцо должно легко вращаться вручную.

После монтажа подшипника на вал расточку корпуса подшипника (свободное пространство между телами качения) заполняют консистентной смазкой. В подшипниках с частотой вращения вала до 1500 об/мин заполняют $^2/_3$ свободного пространства. При более высоких частотах вращения вала заполняют только половину этого пространства. При больших количествах смазки подшипник перегревается, а смазка вытекает из корпуса.

§ 30. Монтаж неполиосборных машин

Общая технологическая последовательность монтажа крупных электрических машин.

Распаковка и размещение узлов на монтажной площадке;

очистка, ревизия и продувка машин сжатым воздухом;

подготовка фундамента;

установка на фундамент фундаментной плиты (или нескольких плит);

монтаж подшипниковых стояков;

установка статора на плиту;

монтаж ротора в статор и подшипниковые стояки;

центровка и сопряжение валов агрегата;

пригонка вкладышей и уплотнение подшипников скольжения;

выверка воздушных зазоров и осевого разбега ротора;

регулировка коллектора или контактных колец;

монтаж щеточного механизма;

монтаж систем принудительной смазки и принудительной вентиляции;

монтаж внутренних соединений машины и ее внешних цепей;

контрольный прогрев или сушка изоляции (при необходимости);

пробный пуск и регулировка систем машины;

балансировка ротора машины (при необходимости);

приемо-сдаточные испытания машины;

фиксация частей машины после обкатки на фундаментной плите с помощью установочных штифтов;

оформление технической документации и сдачи машины в эксплуатацию.

Монтаж подшипниковых стояков. Подшипниковые стояки устанавливают на опорные площадки, которые должны несколько выступать над поверхностью фундаментной плиты. Высоту положения оси подшипника регулируют количеством и толщиной подкладок под основание стояка. Измерения при этом производят между высотным репером фундамента и отрихтованным на плоскость стальным листом шириной около 250 мм, наложенным на плоскость разъема подшипника. Лист на корпусе подшипника закрепляют неподвижно временными болтами. Болты сильно не затягивают во избежание деформации разметочных листов. Горизонтальность разметочных листов выверяют брусковыми уровнями в направлениях главных осей машины. На каждый лист наносят линию, лежащую в вертикальной плоскости, проходящей через ось подшипника. Стояки устанавливают по монтажной струне главной оси машины. Для этого над каждым стояком подвешивают по два отвеса над краями листов с разметочными линиями (рис. 91). Стояки в плоскости плиты переме-

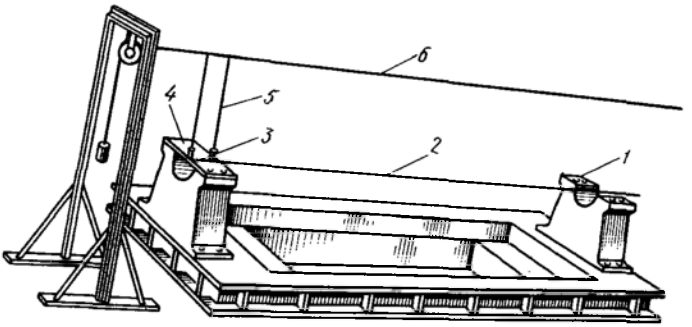


Рис. 91. Выверка положения подшипников на фундаментной плите:
1—стояк, 2—контрольная струна, 3—риска, 4—пластина, 5—отвес, 6—монтажная струна

шают до тех пор, пока указатели всех отвесов не окажутся над разметочными линиями. Концы разметочных линий кернят. Между стояками по разметочным листам натягивают контрольную струну. Положение стояков считают удовлетворительным, если все четыре накерненных точки совпали с контрольной струной.

При определении расстояния между торцами вкладышей стояков учитывают осевой разбег вала. Осевой разбег указывается в заводских чертежах.

В соответствии с заводскими чертежами под одним или обоими стояками устанавливают изоляционные прокладки. Крепежные болты, установочные штифты стояков и фланцы маслопроводов также должны быть изолированы. Прокладки стояков изготовляют из текстолита толщиной 3—10 мм. Шайбы и втулки болтов и штифтов делают из миканита толщиной 2 мм, а прокладки флаицев—из клингерита толщиной 2—3 мм. Прокладки должны выступать из соединения на 5—10 мм. Изоляционные шайбы должны иметь диаметр, на 5—10 мм превышающий диаметр стальных шайб.

Изоляция стояков подшипников бывает необходима при несимметрии магнитного поля машины. В результате магнитной несимметрии в короткозамкнутом контуре, образованном валом, стояками подшипников и фундаментной плитой, индуктируются токи, разрушающие зеркало подшипников. Кроме того, подшипники и вал могут обтекаться сварочными токами при сварке вблизи машины.

Детали изоляции подшипников должны поставляться заводом-изготовителем комплектно с машиной. Величина сопротивления изоляции подшипников должна быть не менее 0,5 МОм.

Монтаж неразъемных статоров по осевой струне. Измерения расстояний от струны до расточки статора производят микроштихмасами. Перпендикулярность оси штихмаса относительно образующих расточки контролируют угольником.

Монтаж ротора (якоря) в статор. Ввод ротора (якоря) в неразъемный статор представляет определенные трудности, так как возникает опасность их взаимного повреждения. В особенности это относится к машинам переменного тока, воздушный зазор в которых мал.

Роторы, имеющие сравнительно небольшие массы, соединяют со статорами, уравновешивая их на стропах грузоподъемных устройств контргрузами или с помощью консольных приспособлений. Для перемещения таких роторов при сборке применяют также траверсы, монтируемые на статорах и снабженные стропами на роликовых подвесах.

Роторы больших масс вводят в расточку статоров, перемещая их на рельсовых тележках и поддерживая на кронштейнах, укрепленных на статорах.

Длинные роторы быстроходных машин, имеющих небольшой диаметр, соединяют со статорами с помощью удлинителей вала (рис. 92), поставляемых комплектно с машиной.

Тихоходные машины имеют короткие роторы большого диаметра. Их устанавливают в неразъемные статоры, предварительно поднимая последние над поверхностью фундамента на шпальные выкладки. Подъем статора необходим потому, что нижняя часть его расточки на фундаменте располагается ниже уровня пола.

Сначала ротор стропят за сердечник средним стропом (рис. 93, *а*), располагая его в плоскости, проходящей через центр тяжести. Под строп для предохранения сердечника укладывают деревянные планки. С помощью грузоподъемного устройства ротор частично вводят в расточку статора так, чтобы конец вала показался с противоположной стороны. Затем в нижнюю часть расточки статора под ротор подкладывают пакет листов электрокартона. Левый конец вала устанавливают на временную опору (рис. 93, *б*) и производят перестроповку ротора. Концы вала стропят к траверсе *9* стропами *8*, располагая их на концах траверсы, а средний строп *5* освобождают. После перестроповки ротор полностью вводят в статор. Предохранительные листы картона укладывают и в верхнюю часть расточки статора. Статор стропят к середине траверсы стропом *5*. Под строп *5* на боковую поверхность траверсы *9* подкладывают деревянные брусья различной толщины с целью равного натяжения всех трех стропов. При ослаблении стропов вал опирают на временные упоры *7*. Затем одновременно приподнимают ротор и статор (рис. 93, *в*). Временные упоры вала и шпальную выкладку убирают. Под концы вала устанавливают стояки подшипников с нижними вкладышами. Ротор и статор опускают (рис. 93, *г*). Перед установкой вала в

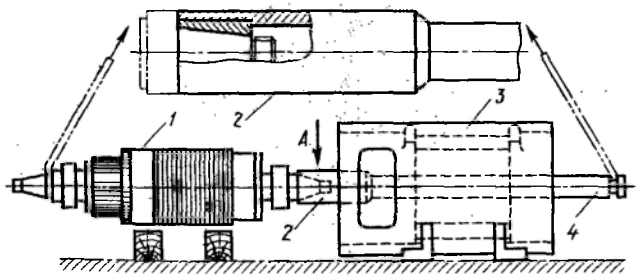


Рис. 92. Ввод ротора в статор с помощью удлинителя вала:
1—ротор, *2*—захват удлинителя вала, *3*—статор, *4*—удлинитель вала

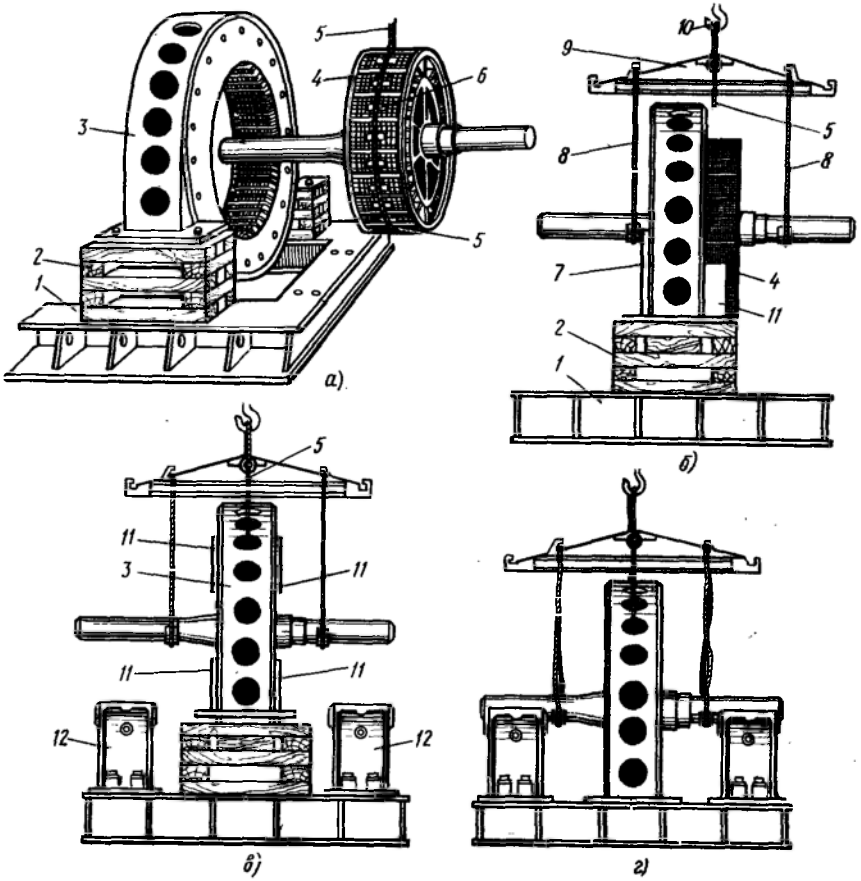


Рис. 93. Ввод ротора большого диаметра в статор:

а — строповка ротора средним стропом, *б* — ввод ротора с перестроповкой, *в* — строповка и подъем статора и ротора, *г* — установка вала в подшипники и лап на плиту; *1* — плита, *2* — шпальная клетка, *3* — станина статора, *4* — ротор, *5* — средний строп, *6* — деревянная подкладка, *7* — временный упор вала, *8* — крайний строп, *9* — траверса, *10* — крюк грузоподъемного устройства, *11* — пакет электрокартона, *12* — подшипниковый стояк

подшипники, а лап статора на плиту измеряют и сравнивают зазоры между ними. При необходимости выровнять их под основания стояков или под лапы статора подкладывают электрокартон. Стояки машины размещают на расстоянии, обеспечивающем заданный осевой разбег вала.

Выверка зазоров в подшипниках (рис. 94). Зазоры между нижними вкладышами и валом (рис. 94, *а*) регулируют до монтажа машины. Они должны быть одинаковыми по длине подшипника. Для измерения зазоров используют способ оттисков. Свинцовые проволоки диаметром около 1 мм укладывают на вал и плоскость разъема вкладышей. Аккуратно установив верхний вкладыш, накладывают крышку подшипника и равномерно затягивают болты. Затяжка болтов должна быть достаточной для деформации всех проволок.

Проволоки, лежащие в зазоре на валу, будут деформированы меньше, чем проволоки, лежащие в стыке вкладышей, где зазора нет. Очевидно, разность толщин проволоки на валу и проволоки в стыке вкладышей после деформации будет равна величине зазора. Или с учетом возможности перекоса крышки при затяжке болтов

$$a_1 = c_1 - \frac{d_1 + d_2}{2}; \qquad a_2 = c_2 - \frac{d_3 + d_4}{2},$$

где a_1 и a_2 — верхние зазоры на концах подшипника, мм; c_1 и c_2 — толщины деформированных проволок на валу, мм; d_1, d_2, d_3 и d_4 — толщины деформированных проволок в стыке вкладышей, мм.

Верхний зазор считают достаточно равномерным, если a_1 и a_2 отличаются друг от друга не более чем на 10%. Зазоры a_1 и a_2 должны соответствовать заводским данным или быть в пределах, указанных в табл. 25.

Таблица 25. **Величина верхнего зазора в разъемных подшипниках скольжения**

Тип смазки	Зазор, %, от диаметра шипа вала
Кольцевая	0,15—0,20
Принудительная	0,20—0,30

Если по результатам измерений зазоры a_1 и a_2 отличаются больше чем на 10%, то измерение повторяют. При этом строго следят за равномерностью затяжки болтов. Вторично вычисленная разность между a_1 и a_2, превышающая 10% и сохраняющая тот же знак, что и при первом измерении, указывает на неправильную

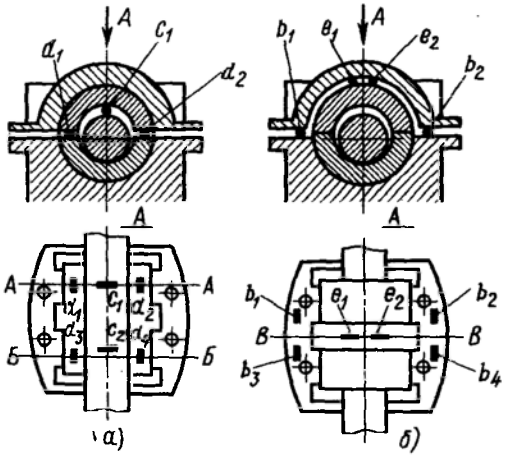


Рис. 94. Измерение зазоров в подшипниках:
а — между вкладышем и валом, *б* — между вкладышем и крышкой

расточку вкладышей. В этом случае требуется исправить расточку вкладышей или заменить их новыми.

Аналогично измеренный зазор между верхним вкладышем и крышкой подшипника (рис. 94, *б*)

$$b = \frac{e_1 + e_2}{2} - \frac{b_1 + b_2 + b_3 + b_4}{4}$$

должен быть в пределах 0,05—0,1 мм (e_1 и e_2 — толщины деформированных проволок между крышкой подшипника и вкладышем в верхних точках по обе стороны от продольной оси; b_1, b_2, b_3 и $в_4$ — толщины деформированных проволок в стыке крышки и корпуса подшипника).

Величина зазоров в подшипниках скольжения имеет большое значение для их работы. В очень малых зазорах не формируется масляный клин, поднимающий вал над вкладышем. Это приводит к перегреву подшипника. При слишком больших зазорах толщина масляного клина оказывается чрезмерной, в результате чего его несущая способность становится недостаточной. В процессе работы подшипника вал сначала приподнимается клином, а затем проваливается в него, ударяясь о нижний вкладыш, и таким образом подшипник быстро изнашивается.

Окончательное крепление стояков к фундаментной плите производят после выверки зазоров a_1, a_2 и b и регулировки осевого разбега ротора.

Выверка воздушных зазоров. Неравномерность воздушного зазора приводит к магнитной несимметрии машины, в результате чего в рабочем режиме может возникнуть чрезмерная вибрация, которая особенно опасна для быстроходных машин.

В машинах с явновыраженными полюсами воздушные зазоры измеряют под серединой каждого полюса с обоих торцов машины. В машинах постоянного тока с петлевой обмоткой якоря зазоры под главными полюсами могут отличаться от среднеарифметического значения не более чем на 10% при номинальном зазоре 3 мм и ниже и не более чем на 5% при номинальном зазоре выше 3 мм. Эти допуски вдвое больше для машин с волновой обмоткой якоря. Во всех случаях отклонения воздушных зазоров под серединами добавочных полюсов от среднеарифметического всех зазоров должны быть не более 5%.

В асинхронных машинах и синхронных машинах с неявновыраженными полюсами зазоры измеряют на обоих торцах машины в диаметрально противоположных точках окружности расточки статора по обеим осям симметрии. При больших диаметрах ротора зазор измеряют в восьми точках окружности ротора. Дополнительные четыре точки располагают в серединах промежутков окружности, образованных первыми четырьмя точками.

Отклонения воздушных зазоров от среднеарифметического в синхронных тихоходных и в асинхронных машинах должны быть не более 10%, а в синхронных быстроходных машинах — не более 5%.

Для всех машин зазор в каждой из намеченных точек измеряют трижды, последовательно поворачивая ротор вокруг оси на 120°.

Значение величины зазора получают как среднеарифметическое трех результатов измерения. Средний зазор машины, от которого определяют отклонения зазоров в контрольных точках, вычисляют как среднеарифметическое результатов всех 24 или 12 измерений с каждого торца машины.

Особенности монтажа машин с разъемным статором. При подготовке половин статора к монтажу тщательно проверяют сохранность обмоток и переходных секций, укладываемых на стыках статора. Статор тщательно очищают и продувают сухим сжатым воздухом. Особое внимание уделяют продувке вентиляционных каналов сердечника.

Сначала на фундаментную плиту монтируют стояки подшипников и выверяют совпадение их осей с осью машины с помощью монтажной струны. Затем на плиту, сняв монтажную струну, устанавливают нижнюю половину статора. Восстанавливают осевую монтажную струну и выверяют по ней при помощи микроштихмасов положение расточки нижней половины статора. Укладывают ротор шейками вала в нижние вкладыши подшипников. Проверяют плотность прилегания вала к вкладышам на краску и пригоняют подшипники. Регулируют воздушный зазор между ротором и нижней половиной статора, изменяя толщину пакетов подкладок под лапы статора. Затем производят центровку валов агрегата, после чего тщательно очищают плоскости разъема обеих половин статора. Листы активной стали половин сердечника в стыке не должны выступать из плоскости более чем на 0,2 мм. Если выступ листа превышает 0,2 мм, то его аккуратно опиливают или сшабривают, очищают стальной щеткой и продувают сжатым воздухом. Проверяют зазор в разъеме станины: для плотности стыка активной стали необходимо, чтобы плоскость разъема последней выступала над плоскостью разъема станины на 0,15—0,20 мм на каждой половине статора. В монтаже машин постоянного тока эта операция отсутствует.

На торцы листов активной стали в разъеме статора укладывают несколько пластин листовой стали для предохранения их от удара при стыковке. Затем осторожно устанавливают верхнюю половину статора. Проверяют зазор между верхней половиной статора и ротором и, если он достаточен, убирают прокладочные пластины стали из стыка.

Проверяют воздушный зазор и при необходимости регулируют его, изменяя положение статора и подшипниковых стояков. Затягивают болты стыка станины, при этом щупом толщиной 0,05 мм проверяют зазор: щуп не должен проникать в стык после затяжки более чем на 5 мм. В стыке станин машин переменного тока перед затяжкой должен быть зазор 0,3—0,5 мм, в машинах постоянного тока зазора не должно быть.

Затянув болты стыка половин статора, проверяют равномерность воздушных зазоров. Затем затягивают фундаментные болты, закрепляя статор на плите, и снова контролируют воздушные зазоры.

В точном соответствии с заводской инструкцией на стыках статора укладывают в пазы статора стержни или катушки части

обмотки, лобовые участки которой попадают в плоскость разъема. В машинах постоянного тока соединяют между собой катушки обмотки возбуждения и компенсационную обмотку. Обычно изоляция статорных обмоток выполняется с применением микалент, упругость которых повышается при нагреве. Поэтому при укладке обмотки на стыках статора изолированные стержни нагревают током или в специальных нагревателях до 85—95° С. Заклинивают обмотку с обоих торцов статора. Плотность прессовки обмотки в пазах обеспечивается подкладкой под клинья полос электрокартона. Обмотки на стыках статора соединяют пайкой или болтами. Перед соединением контактные поверхности облуживают, если эта операция не выполнена на заводе-изготовителе. Контактные соединения изолируют в соответствии с инструкцией завода.

Проворачивают вал машины. Накладывают на вал верхние вкладыши подшипников и выверяют верхний и боковые зазоры. Устанавливают крышку подшипника, контролируют ее зазоры и затягивают вкладыши. Регулируют осевой разбег вала и закрепляют подшипниковые стояки на фундаментной плите. Снова контролируют зазоры в подшипниках и проворачивают вал для проверки свободы вращения.

Подшипники уплотняют, заправляют маслом, присоединяют маслопровод системы принудительной смазки и контролируют ее работоспособность.

Монтируют токособирательную систему (верхнюю половину траверсы, бракеты, щеткодержатели, щетки), шинные выводы обмотки статора и выводные изоляторы. Проводники от траверсы машин постоянного тока соединяют с катушками добавочных полюсов и выводными изоляторами. Внешние цепи машины от выводов до распределительного устройства прокладывают в соответствии с проектом. В машинах переменного тока обращают внимание на соблюдение правильного порядка следования фаз.

§ 31. Сушка электрических машин

Условия включения электрических машин без сушки. Основным условием включения электрических машин без сушки является преобладание сопротивления и коэффициента абсорбции изоляции статора над минимально допустимыми нормами. Когда величины R_{60} и R_{60}/R_{15} не удовлетворяют требованиям норм, производят испытания изоляции повышенным выпрямленным напряжением в диапазоне 0,5—3,0 $U_{ном}$ и снимают характеристику утечки $i_{ут}=f(U_{исп})$. На основании полученных данных вычисляют коэффициент нелинейности $k_V=R_{0,5}/R_{2,5}$, где $R_{0,5}$ — сопротивление изоляции, полученное по данным измерений при $U_{исп}=0,5U_{ном}$; $R_{2,5}$ — то же, но при $U_{исп}=2,5U_{ном}$.

Для включения без сушки форма характеристики утечки должна приближаться к прямой и не должна иметь резких изгибов и разрывов. Ее ординаты должны быть ниже ординат кривой, построенной по данным нормативной таблицы. Величина коэффициента нелинейности должна быть $k_V \leqslant 3,0$.

Для включения машины без сушки обмотки роторов синхронных генераторов должны иметь сопротивление изоляции не ниже 0,5 МОм. Для электродвигателей эта величина должна быть не менее 0,2 МОм. Коэффициент абсорбции изоляции роторов во всех случаях должен превосходить 1,2. Все данные соответствуют диапазону температур роторов от 10 до 30° С.

Методы сушки электрических машин. Машины подвергают сушке в том случае, если при снятии характеристики $i_{ут}=f(U_{исп})$ убеждаются в чрезмерной увлажненности изоляции. Сушку электрических машин производят разнообразными методами.

Метод сушки внешним нагревом применяют для сильно увлажненных машин. Машину помещают в теплоизолированную камеру, продуваемую горячим воздухом от воздуходувки. Мощность нагревательных элементов воздуходувки (кВт) может быть ориентировочно определена по формуле

$$P=3V_к(t_1-t_2)10^{-2},$$

где $V_к$ — объем камеры, м^3; t_2 — температура горячего воздуха, °С; t_1 — температура окружающего воздуха, °С.

Производительность вентилятора воздуходувки (м^3/ч) принимают из расчета полуторакратного воздухообмена камеры в минуту $V_в=90V_к$.

Метод инфракрасной сушки реализуют с помощью теплоизлучателей, в качестве которых применяют зеркальные лампы мощностью 250 или 500 Вт, располагаемые на расстоянии 200—400 мм от нагреваемой поверхности. Лампы размещают на расстоянии 200—300 мм одну от другой в шахматном порядке. Температуру регулируют включением и отключением части ламп.

Методы инфракрасной сушки и сушки внешним нагревом применяют для любых электрических машин.

Метод потерь в обмотках, вызываемых током от внешнего источника переменного тока, или в генераторном режиме при коротком замыкании обмоток применяют для машин как переменного, так и постоянного тока. Во всех случаях ток в обмотках не должен превышать номинального значения. Напряжение питания пониженное. Роторы машин переменного тока при сушке от внешних источников затормаживают. Включение и отключение тока производят плавным изменением сопротивления реостата. Ток регулируют в пределах $(0,4\div0,7)I_{ном}$ в зависимости от температуры нагрева машины.

При нагреве машин от источника однофазного переменного тока напряжение изменяют в пределах от 0,15 до $U_{ном}$; при этом ток не должен превышать $(1,0\div0,5)I_{ном}$.

В генераторном режиме при коротком замыкании обмоток ток сушки зависит от скорости вращения машины и способа ее вентиляции, но не должен превышать 0,8 $I_{ном}$.

Метод индукционных потерь чаще применяется для машин постоянного тока, так как в машинах переменного тока при этом необходимо выводить из статора ротор. На статор или станину накладывают специальную намагничивающую обмотку из гибкого изолированного провода и теплоизолируют ее асбестом.

Число витков обмотки при нормальной частоте сети

$$w = \frac{4{,}5\,U_c}{SB},$$

где U_c — напряжение, подводимое для сушки, В; B — индукция в стали машины ($B=0{,}6\div0{,}8$ Т); S — сечение активной стали; $S=0{,}95lH$, см^2 (l — длина без охладительных каналов; H — высота за вычетом высоты зубцов).

Намагничивающая сила обмотки $F=\pi D_{ср}aw_0$, где $D_{ср}$ — средний диаметр активной стали; aw_0 — удельные ампервитки на 1 см длины магнитопровода (при $B=0{,}6\div0{,}8$ Т принимают $aw_0=1{,}4\div2{,}2$).

Ток в намагничивающей обмотке $I=F/w$.

При выборе сечения провода обмотки нагрузку принимают не более 0,7 длительно допустимой.

Кроме перечисленных методов применяют метод вихревых потерь в станине, метод «ползучей» скорости и др.

Режим сушки. Перед сушкой машину тщательно очищают и продувают сжатым воздухом. Корпус машины надежно заземляют. Принимают меры по уменьшению теплопотерь: перекрывают деревянными щитами фундаментные ямы, ограждают машину брезентовыми палатками. В процессе сушки первоначальный нагрев производят медленно, особенно при сильно отсыревшей изоляции крупных машин. Скорость нагрева при этом должна быть не более 4° С/ч. Сильно отсыревшие машины не сушат током из-за опасности пробоя, а также из-за явления электролиза, ухудшающего свойства изоляции. Температуру не повышают выше 80° С во всех случаях. Средняя температура допустимого нагрева 65—70° С. Разброс температур нагрева различных частей машины должен быть в пределах 20° С.

Температуру измеряют термометрами, встроенными или закладными термоиндикаторами, а также методом сопротивления. При измерениях температур вращающихся частей машину периодически останавливают. Для удаления выделяющейся влаги обеспечивают периодическую или постоянную вытяжную вентиляцию тепляка (теплоизолирующего сооружения вокруг машины).

В процессе сушки через каждый час или два часа измеряют: 1) температуру в контрольных точках машины; 2) температуру окружающего воздуха; 3) сопротивление изоляции каждой обмотки от корпуса; 4) сопротивление изоляции между обмотками. Коэффициент абсорбции определяют в холодном состоянии машины в начале сушки, после ее нагрева до установившейся температуры, в конце сушки (для принятия решения о ее прекращении) и после сушки при остывании машины.

Сушку заканчивают после того, как устанавливается постоянное сопротивление изоляции при неизменной температуре в течение 3—

8 ч. Общая продолжительность сушки для различных случаев приведена в табл. 26.

Таблица 26. **Ориентировочная продолжительность сушки электрических машин**

Наименование машин	Минимальное время, ч, для достижения температуры, °С		Продолжительность сушки, ч	
	50	70	общая	минимальная после достижения установившегося сопротивления изоляции
Машины малой и средней мощности	2—3	5—7	15—20	3—5
Машины большой мощности открытого исполнения	5—10	15—25	30—60	4—8
Машины большой мощности закрытого исполнения	10—20	25—60	70—100	4—8

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чем отличаются принципы действия и устройство электрических машин переменного тока (синхронных и асинхронных) и машин постоянного тока?
2. По каким признакам различают конструктивные исполнения электрических машин?
3. Как устроены подшипники качения и подшипники скольжения электрических машин?
4. В какой последовательности операций следует производить общий монтаж полносборных машин?
5. Каковы особенности монтажа и последовательность операций при монтаже неполносборных машин?
6. Какими способами и с помощью каких приспособлений вводят роторы в статоры неполносборных машин при их монтаже?
7. Как выверяют зазоры стояковых подшипников скольжения при их монтаже?
8. Каков порядок выверки воздушного зазора при монтаже неполносборных машин?
9. В каком порядке и с помощью каких приспособлений производят центровку валов электрических машин?
10. Какими способами и как сушат изоляцию электрических машин при их монтаже?

ГЛАВА IV. УСТРОЙСТВО И МОНТАЖ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

УСТРОЙСТВО ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Осветительной называют электротехническую установку, предназначенную для искусственного освещения объектов. В состав осветительной электроустановки входят источники света, осветительные арматуры, пускорегулировочные устройства, электропроводки и распределительные устройства с аппаратами защиты и управления.

Электрическим источником света называют устройство, преобразующее электрическую энергию в энергию видимых излучений.

По принципу действия различают лампы накаливания и газоразрядные.

§ 32. Лампы накаливания

Лампы накаливания состоят из герметической прозрачной колбы, в которой на изолирующей опоре размещена нить накала из тугоплавкого материала (обычно вольфрам). Нить накала нагревается электрическим током. Для подвода тока и укрепления в патронах арматуры лампы снабжены цоколями. При работе лампы материал нити накала постепенно испаряется, оседая на внутренней поверхности колбы. Поэтому срок службы лампы ограничен и в процессе эксплуатации прозрачность колбы снижается.

Лампы накаливания выпускают следующих типов: вакуумные (В), газонаполненные (Г), биспиральные (Б), биспиральные криптоновые (БК), галоидные (галогенные), иодные (КГ). Лампы, кроме галоидной, отличаются лишь средой внутри колбы и конструкцией нити накала.

Вакуум исключает окисление нити кислородом. Однако вакуум не мешает испарению нити накала. Инертные газы, которыми заполнены колбы ламп Г, БК и КГ, препятствуют интенсивному испарению нитей накала и не образуют с вольфрамом химических соединений. Но высокая теплопроводность газов обусловливает некоторые потери тепла нити накала, что отчасти снижает экономичность ламп. Поэтому для газового заполнения используют инертные газы с малой теплопроводностью. Наряду с этим для снижения теплопотерь нить накала изготовляют в виде двойной спирали (биспирали) или тройной спирали (триспирали). При таких более компактных формах тел накала не только снижаются теплопотери лампы, но и уменьшается испарение вольфрама.

Галоидная лампа заметно отличается от остальных ламп накаливания. Спиральная вольфрамовая нить накала расположена точно по оси трубчатой колбы из термостойкого и прочного кварцевого стекла. В этом положении нить удерживается вольфрамовыми держателями. Торцы колбы герметично закрыты цоколями. Колба заполнена инертным газом под давлением 10^6 Па. Вместе с газом в колбу введено небольшое количество чистого иода. Присутствие иода в колбе позволяет во время работы лампы возвращать испаренный вольфрам обратно на нить. Это значительно сокращает

расход вещества нити накала, повышает ее рабочую температуру и экономичность. Одновременно увеличивается срок службы лампы.

Процесс образования на внутренней поверхности колбы из конденсата паров вольфрама и паров иода газообразного соединения — иодида вольфрама, который вследствие разности концентрации его в объеме лампы диффундирует к нити накала, называется галоидным циклом. Под действием высокой температуры нити иодид вольфрама распадается, пары иода диффундируют обратно к колбе, а вольфрам на некоторое время оседает на нити. Галоидный цикл замыкается.

Для осуществления замкнутого галоидного цикла на стенках колбы необходима достаточно высокая температура (около 700° С). Она достигается при сравнительно малом диаметре колбы (10—12 мм). Во избежание деформации нити накала под действием собственной массы рабочее положение лампы горизонтальное.

В сравнении с остальными лампами накаливания достоинствами галоидных ламп являются вдвое больший срок службы, увеличенная на 20% световая отдача, высокая прочность и мощность, а также меньшие размеры.

Мощность галоидных ламп 500—20 000 Вт. Диапазон мощностей остальных ламп накаливания составляет 15—1500 Вт. Номинальные напряжения ламп накаливания 127 и 220 В за исключением галоидной лампы мощностью 20 кВт, которая рассчитана на 380 В.

Кроме ламп накаливания общего применения изготовляют ряд специальных ламп: зеркальные (тепловые) лампы для инфракрасной сушки мощностью 40—1000 Вт, прожекторные лампы мощностью 300—3000 Вт и др.

§33. Газоразрядные лампы

Принцип действия газоразрядных ламп основан на преобразовании электрической энергии в оптическое излучение при прохождении электрического тока через газы и другие вещества (ртуть или галогены), находящиеся в парообразном состоянии.

В зависимости от рабочего давления газов, заполняющих область разряда, различают газоразрядные лампы низкого и высокого давления. Газоразрядные лампы низкого давления называют люминесцентными.

Газоразрядные лампы высокого давления по составу среды дугового разряда разделяют на ртутные, ксеноновые и натриевые. Ртутные лампы по способу исправления цветности излучения бывают люминесцентными и металлогалоидными (иодидными).

Люминесцентные лампы низкого давления широко применяют для внутреннего освещения. Лампы высокого давления, отличающиеся большими мощностями, преимущественно используют в наружных осветительных электроустановках и для специальных целей.

Люминесцентные лампы низкого давления.

Колба люминесцентных ламп низкого давления имеет форму трубки и выполняется из стекла. На внутреннюю поверхность трубки нанесен слой люминофора. Концы трубки снабжаются

герметичными цоколями (рис. 95, *а*), с внутренней стороны которых прикреплены электроды, а снаружи — токоподводящие штифты. В трубке создают вакуум, после чего ее заполняют аргоном или его смесями с неоном, криптоном. Внутрь колбы вводят определенное количество жидкой ртути или амальгамы (индия, кадмия) в виде таблетки, шарика. После этого лампу герметически запаивают. Размеры трубки (диаметр и длина) должны быть строго определенными при данной мощности разряда, так как они определяют температурный режим лампы, а он, в свою очередь, давление насыщенных паров ртути, при котором свечение разряда наиболее интенсивно.

Вольфрамовая нить накала *3* (рис. 95, *б*), скрученная в биспираль или триспираль, удерживается никелевыми держателями *6*, соединенными с платинитовыми электродами, обеспечивающими герметичность прохода цепи тока сквозь стекло лопатки *11* (за счет близости значений коэффициентов линейного расширения). Для работы лампы необходим предварительный нагрев нити накала до 800—900 К, при котором достигается необходимый уровень термоэлектронной эмиссии. При повышении напряжения, приложенного между электродами, происходит ионизация газовой среды лампы. Сначала возникает тлеющий разряд между каждым из электродов и близлежащим участком стекла трубки. По мере дальнейшего роста напряжения зона тлеющего разряда распространяется по направлению к противоположным концам трубки. Наступает момент, когда тлеющий разряд перекрывает пространство между обоими электродами. При этом ток возрастает и тлеющий разряд переходит в дуговой, являющийся рабочим. При возникновении дугового разряда сопротивление лампы резко уменьшается и ток возрастает настолько, что может вызвать разрушение лампы. Для ограничения тока предусматривают устройства, включенные обычно последовательно с лампой. Чаще всего при этом используют дроссели — катушки с железным сердечником. В цепях переменного тока они имеют хорошую токоограничивающую способность и создают сравнительно небольшие потери при благоприятном для работы лампы сдвиге фаз между напряжением и током лампы. Разряд протекает при низком давлении паров ртути. В этих условиях основная часть излучения лежит в невидимой ультрафиолетовой части спектра. Однако ультрафиолетовые лучи являются мощным возбудителем люминофоров. Возбуждая атомы последних, эти лучи вызывают свечение всей внутренней поверхности трубки. Комбинируя состав люминофо-

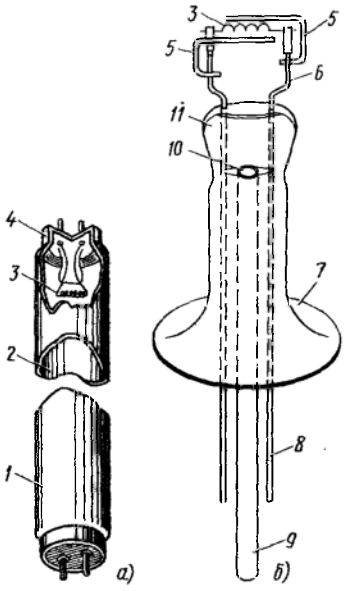


Рис. 95. Люминесцентная лампа низкого давления:

а — общий вид, *б* — конструкция электрода; *1* — колба лампы, *2* — люминофор, *3* — нить канала, *4* — цоколь, *5* — экран, *6* — никелевая часть электрода, *7* — тарелка, *8* — медная часть электрода, *9* — штенгель, *10* — отверстие для откачки и наполнения лампы, *11* — лопатка

ров, получают требуемую цветность излучения лампы.

Процесс возбуждения газового разряда в лампах называют зажиганием. Для зажигания ламп низкого давления широко применяют стартеры. Стартер представляет собой ионный прибор тлеющего разряда с одним или двумя биметаллическими элементами — электродами, заключенными в стеклянную колбу, заполненную неоном. Биметаллический элемент составлен из двух пластин разнородных металлов, жестко соединенных между собой. Материалы пластин резко различаются коэффициентами линейного расширения. Если один конец пластин жестко закрепить, то при нагреве биметаллический элемент изогнется в сторону пластины с меньшим коэффициентом линейного расширения.

Стартер включают параллельно междуэлектродному промежутку лампы и последовательно в цепь нитей накала ее электродов (см. рис. 97, *а*). При включении лампа сначала не зажигается, так как приложенное к ней напряжение недостаточно для возбуждения разряда в условиях отсутствия термоэлектронной эмиссии. Однако этого напряжения достаточно для возбуждения тлеющего разряда между электродами стартера.

Под воздействием энергии разряда биметаллический электрод стартера нагревается и изгибается. Происходит замыкание электродов. Тлеющий разряд при этом шунтируется замкнутыми электродами стартера и гаснет. Биметаллический электрод охлаждается и, распрямляясь, размыкает цепь. Снова возникает тлеющий разряд.

Некоторое время при периодических замыканиях электроды остаются замкнутыми между собой. Сопротивление стартера в этом случае близко к нулю. Во время тлеющего разряда сопротивление стартера очень велико, что практически эквивалентно разрыву цепи.

В моменты нулевого сопротивления стартер включает цепи накала люминесцентной лампы. Происходит их предварительный разогрев током для возбуждения термоэлектронной эмиссии. При размыкании электродов стартера цепь нитей накала разрывается и напряжение сети оказывается приложенным к междуэлектродному промежутку лампы. В ней возникает дуговой разряд — лампа зажигается. Если попытка зажигания почему-либо окажется неудачной, стартер снова замкнет цепь разогрева нитей накала и снова разомкнет ее при охлаждении биметаллического электрода. При исправной лампе несколько таких попыток обычно приводят к ее зажиганию.

В настоящее время изготовляют люминесцентные лампы общего применения мощностью 15, 20, 30, 40, 65, 80, 110, 125, 150 и 200 Вт (диаметры трубок 27, 38 и 54 мм и длины в пределах 450—1524 мм) и малогабаритные люминесцентные лампы мощностью 4, 6, 8, 10, 13 Вт (диаметр трубки 16 мм, длина 136—528 мм). Лампы в комплекте с пускорегулирующей аппаратурой рассчитаны на напряжение 127 и 220 В.

Кроме основной прямой формы лампы могут иметь форму кольца (К), квадрата (КВ), могут быть U-образные и др.

По цветности люминесцентные лампы низкого давления разделяются на лампы дневного света (ЛД), лампы с улучшенной цветопередачей (ЛДЦ), лампы белого света (ЛБ), лампы холодно-белого света (ЛХБ), лампы тепло-белого света (ЛТБ). Наибольшую светоотдачу имеют лампы ЛБ (до 75 лм/Вт), наименьшую — лампы ЛДЦ. Для

декоративного и художественного освещения выпускают цветные лампы красного (ЛК), розового (ЛР), желтого (ЛЖ) и голубого (ЛГ) света.

Для бесстартерного пуска изготовляют лампы с проводящей полосой или покрытием на колбе, облегчающими распространение разряда вдоль трубки.

Срок службы люминесцентных ламп низкого давления достигает 10 000 ч. Люминесцентные лампы низкого давления хорошо работают при 18—25° С. При других температурах светоотдача уменьшается. При отрицательных температурах сокращается срок службы, ухудшается зажигание. Лампы чувствительны к колебаниям напряжения сети.

Газоразрядные лампы высокого давления

Основой конструкции ртутных ламп является кварцевая горелка *1* (рис. 96). Горелка представляет собой трубку из термостойкого высокопрочного стекла, заполненную аргоном с добавкой дозированной капли ртути. Давление паров ртути в горелке достигает 1 МПа. В трубку впаяны два или четыре электрода (два главных и два зажигательных). В горелке возбуждается дуговой разряд, который под высоким давлением отличается большой мощностью в малом объеме.

Для возбуждения в горелке дугового разряда необходима определенная разность потенциалов на главных электродах. Однако после подачи на электроды напряжения, соответствующего потенциалу зажигания, рабочий режим дугового разряда устанавливается лишь постепенно. Время установления разряда зависит от состава рабочей среды, мощности горелки и температуры окружающей среды. Пусковой период в работе горелки обусловлен временем полного испарения ртути и разогрева кварцевой трубки до рабочей температуры.

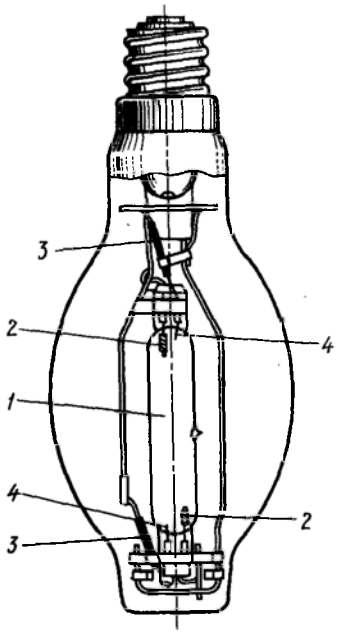


Рис. 96. Люминесцентная лампа высокого давления ДРЛ:

1—кварцевая горелка, *2*—основной электрод, *3*—резистор, *4*—зажигающий электрод

После отключения горелки дуговой разряд прекращается, но рабочее давление паров ртути сохраняется в течение некоторого времени. Немедленное повторное включение горелки при том же напряжении оказывается невозможным, так как при повышенном давлении паров ртути для возбуждения разряда требуется повышенное значение разности потенциалов на электродах горелки. Повторное зажигание становится возможным после конденсации паров ртути.

Особенностью устройства горелок металлогалоидных ламп является то, что в их рабочую среду вводят дополнительно иодиды металлов, способных после сильного возбуждения отдавать избыток энергии в виде световых излучений. Эти металлы (таллий, индий, натрий, цезий) активны. Поэтому их перед вводом в трубку во избежание порчи ее стекла связывают с иодом в простые соединения — иодиды. Иод не только связывает добавки металлов, но и обеспечивает замкнутый галоидный цикл химических превращений в горелке. Галоидный цикл в горелке подобен тому, который описан для галоидной лампы накаливания.

Если в лампе накаливания галоидный цикл является только средством усовершенствования рабочих характеристик, то в металлогалоидной лампе он служит основой рабочего процесса, обеспечивая периодические циклы возбуждения и последующего излучения одних и тех же атомов металлов.

Четырехэлектродные кварцевые горелки зажигаются при более низких напряжениях, чем двухэлектродные. Разряд сначала возбуждается между близко расположенными зажигательным и главным электродами, а затем распространяется между главными электродами.

Дуговая ртутная люминесцентная лампа ДРЛ состоит из кварцевой горелки, заключенной в стеклянный баллон. Форма баллона обеспечивает нагрев горелкой всех его точек до одинаковой температуры (300—400° С). Такая температура необходима для работы люминофора, слой которого нанесен на внутреннюю поверхность баллона. Для консервации свойств люминофора баллон заполнен углекислым газом. Лампа собрана на резьбовом цоколе, с помощью которого она укрепляется в светильниках.

Горелка лампы ДРЛ содержит только инертный газ и каплю ртути. Интенсивный дуговой разряд в парах ртути при высоком давлении излучает сине-зеленую часть видимого спектра при полном отсутствии красно-оранжевых лучей. Такое излучение сильно искажает цветопередачу и для целей искусственного освещения малопригодно.

Для исправления цветности излучения применяют люминофор, атомы которого возбуждаются ультрафиолетовым излучением горелки. Химический состав люминофора подобран так, что максимум излучения его возбужденных атомов расположен в оранжево-красной части спектра. Для видимого излучения горелки люминофор практически прозрачен. Смешение спектров излучений горелки и люминофора делает лампу приемлемой для наружного освещения. Продолжительность пускового периода ламп ДРЛ составляет 3—10 мин. Повторное зажигание возможно через 5—8 мин. Лампы ДРЛ выпускают мощностью 80, 125, 250, 400, 700, 1000 и 2000 Вт. Лампа мощностью 2 кВт рассчитана на напряжение 380 В, остальные — на напряжение 220 В. Срок службы — 10 000 ч.

Дуговая ртутная иодидная (металлогалоидная) лампа ДРИ по конструкции подобна лампе ДРЛ. Баллон лампы имеет овальную или цилиндрическую форму. Горелка несколько короче и большего диаметра, чем в лампе ДРЛ. Цветность излучения атомов металлов в горелке лампы ДРИ зависит от их состава. Состав добавок металлов в горелке подбирают так, чтобы излучения атомов совместно с

видимым излучением газового разряда давали спектр, близкий к естественному. В связи с этим необходимость в люминофоре отпадает. Баллон необходим для создания вокруг горелки глубокого вакуума. Вакуум теплоизолирует горелку, чувствительную к изменениям температуры окружающей среды.

Для зажигания ламп ДРИ требуется импульс повышенного напряжения. Этот импульс вырабатывает специальное пускорегулирующее устройство (ПРА), смонтированное на арматуре светильников. Процесс пуска ламп продолжается 3—4 мин. Повторное включение лампы возможно через 5—30 мин после выключения. Лампы ДРИ изготовляют мощностью 400, 700 и 1000 Вт при напряжении 220 В и мощностью 2000 Вт при напряжении 380 В. Срок службы с возрастанием мощности уменьшается от 4500 до 1000 ч.

Кроме ртутных ламп высокой экономичностью работы отличаются ксеноновые и натриевые лампы. Ксеноновые лампы могут иметь очень большую мощность (до 100 кВт), при которой необходимо искусственное водяное охлаждение. Натриевые лампы создают благоприятный спектр излучения при наиболее высокой в сравнении с другими лампами светоотдаче.

Натриевые лампы могут быть не только высокого, но и низкого давления.

§ 34. Схемы управления газоразрядными лампами

Общие сведения о схемах управления лампами

Схемы управления лампами должны обеспечивать зажигание разряда, ограничение тока при нормальной работе, подавление помех радиоприему, повышение коэффициента мощности ламп, снижение стробоскопического эффекта.

Схемы зажигания люминесцентных ламп низкого давления разделяют на стартерные и бесстартерные. Бесстартерные схемы, в свою очередь, разделяют на схемы быстрого и мгновенного (холодного) зажигания.

Стартерные схемы основаны на работе стартеров, позволяющей предварительно прогреть нить накала. Бесстартерные схемы дают возможность зажечь лампы с частичным подогревом нитей накала (схема быстрого пуска) или вовсе без их подогрева (схема мгновенного зажигания).

Пуск ламп с применением стартеров происходит сравнительно долго. При бесстартерном пуске включение ламп завершается быстрее. Однако зажигание ламп с холодными или недостаточно прогретыми нитями накала приводит к более интенсивному износу последних. Для успешного зажигания ламп по бесстартерным схемам необходимо повысить напряжение питающей сети или снизить потенциал зажигания разряда. Проще всего снижения напряжения (потенциала) зажигания лампы можно достигнуть нанесением на баллон снаружи проводящего покрытия или расположением продольно лампе и близко к ней металлических стержней, укрепленных в светильниках. Вдоль наружных проводящих полос или стержней разряд внутри лампы распространяется при пониженном напряжении.

Схема управления люминесцентными лампами низкого давления

Схема стартерного зажигания люминесцентной лампы низкого давления приведена на рис. 97, *а* (нити накала показаны с учебной целью). Для упрощения схем аппараты защиты и отключающие аппараты на этой и последующих схемах не изображены.

Конденсатор $C_п$ способствует подавлению радиопомех и облегчает работу контакта стартера при размыкании индуктивной цепи. Его влияние снижает амплитуду и увеличивает продолжительность импульса. Конденсатор $C_к$ кроме подавления радиопомех при соответствующем выборе повышает коэффициент мощности схемы. Симметрирование дросселя также направлено на подавление радиопомех за счет создания фильтра, запирающего сеть и состоящего из обмотки дросселя и емкости, распределенных по частям обмотки. Схемы стартерного зажигания ламп отличаются невысокой надежностью из-за частых выходов из строя стартеров.

Схема быстрого зажигания характеризуется тем, что предварительный подогрев электродов осуществляется с помощью накальных трансформаторов *ТН* (рис. 97, *б*) или накальных автотрансформаторов (подключение *bc* переносится в положение *ba*). Накальный трансформатор имеет одну первичную и две одинаковых вторичных обмотки. Обмотки *ТН* соединяют между собой так, чтобы напряжение на лампе складывалось из напряжения первичной обмотки и двух напряжений накала. В цепь первичной обмотки, кроме того, включают фазосдвигающий конденсатор $C_ф$. Суммарное напряжение на лампе с его участием достигает 1,3 $U_н$ сети. Под действием такого напряжения при достаточном прогреве электродов лампа зажигается надежно.

После успешного зажигания лампы ток резко возрастает, но ограничивается балластным дросселем. Работающая лампа шунтирует первичную обмотку *ТН*, в результате чего ток накала снижается до безопасной для электродов величины.

Схемы зажигания газоразрядных ламп высокого давления

Схемы зажигания четырехэлектродных ДРЛ отличаются простотой благодаря наличию зажигательных электродов. Зажигание ламп производится при напряжении сети, ток ограничивается индуктивным балластом. Емкость $C_к$ необходима для улучшения cos φ.

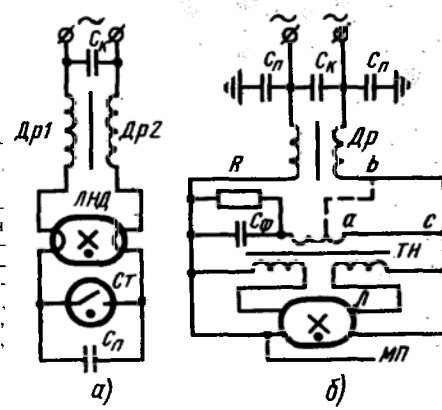


Рис. 97. Схемы управления люминесцентными лампами низкого давления:

а — простейшая схема включения люминесцентной лампы низкого давления, *б* — бесстартерная схема быстрого зажигания: *Ст* — стартер, $C_ф$ — фазосдвигающий конденсатор, *ТН* — трансформатор накала, *МП* — металлическая полюса, $C_п$ — конденсатор подавления радиопомех, $C_к$ — конденсатор компенсации сдвига фаз, *ЛНД* — лампа низкого давления, *Др* — дроссель, *R* — резистор

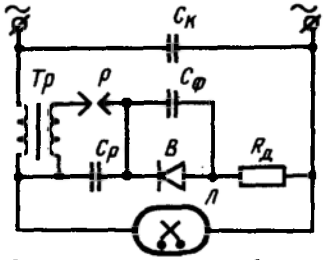


Рис. 98. Схема зажигания газоразрядных ламп высокого давления:

$C_к$ — компенсационный конденсатор, *Л* — лампа, *Тр* — высокочастотный трансформатор, *Р* — искровой разрядник, $C_ф$ — сглаживающий конденсатор, $C_р$ — конденсатор разрядного контура, *В* — вентиль, $R_д$ — добавочный резистор

Схема зажигания двухэлектродной ДРЛ (рис. 98) сложнее, так как для пуска в этом случае необходим импульс повышенного напряжения. При подаче в схему напряжения конденсатор $C_р$ заряжается по цепи $R_д$ — *В*. При достижении пробивного напряжения конденсатор разряжается на обмотку импульсного трансформатора *Тр* через разрядник *Р*. Импульс повышенного напряжения складывается с напряжением сети и зажигает разряд в лампе. Если первый импульс не достигает цели, схема вырабатывает второй и т. д. После зажигания сниженное сопротивление лампы шунтирует зарядную цепь, и разряды прекращаются.

Простейшие схемы зажигания ламп ДРИ практически не отличаются от схем зажигания ламп ДРЛ.

§ 35. Осветительная арматура

Осветительной арматурой называется устройство, обеспечивающее установку источника света и его защиту от внешних воздействий, перераспределение его светового потока и экранирование избыточной его яркости. Обычно арматура состоит из корпуса, несущего ламподержателя (патрона), оптической системы (отражателей, рассеивателей, преломлятелей и т. д.), подвески (или иной опорной конструкции), электропроводов для присоединения патронов к сети. Арматура газоразрядных ламп содержит, кроме того, пускорегулирующие аппараты (ПРА).

Конструкция осветительной арматуры зависит от типа и мощности источника света, вида светораспределения, условий применения, способа крепления к несущим конструкциям и других факторов. Конструктивные исполнения арматуры отличаются большим разнообразием. Распределительные устройства осветительных установок рассматриваются в § 54.

МОНТАЖ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

§ 36. Состав работ по монтажу электроустановок

В состав работ по монтажу электроустановок входят подготовка трасс электропроводок и мест крепления светильников и электроустановочных изделий, заготовка осветительных электропроводок и зарядка светильников, сборка осветительных линий, доставка электромонтажных заготовок на объект, монтаж электропроводок, подвеска светильников и осветительных линий, монтаж электроустановочных изделий, испытания и пробное включение электроустановок, а также сдача их в эксплуатацию.

Осветительные электроустановки обычно монтируют индустриальными способами с максимальным использованием электромон-

тажных заготовок, типовых электромонтажных изделий и конструкций. При этом большая часть работ производится на первой стадии монтажа. На второй стадии осуществляют монтаж электропроводок, подвеску и присоединение к сети светильников, установку электроустановочных изделий и работы, связанные с пуском установок.

§ 37. Монтаж светильников и установочных изделий

Зарядка светильников осуществляется на заводах-изготовителях или в МЭЗ. Для зарядки используют проводники с медными жилами сечением не менее 0,5 мм^2 в помещениях и не менее 1 мм^2 вне помещений. Изоляция проводников должна быть теплостойкой. Поэтому провода с пластмассовой изоляцией для зарядки светильников не применяются. Наиболее подходят для этой цели провода ПРКС или ПРБС с теплостойкой изоляцией. Для зарядки светильников с лампами накаливания мощностью не более 60 Вт можно применять провода ПРГ.

При зарядке светильников снаружи оставляют проводники, длина которых должна быть достаточна для присоединения к сети в ближайшей установочной коробке. Для присоединения к патрону светильника провода оконцовывают колечком или пестиком в зависимости от типа контактных зажимов патрона. Фазный проводник присоединяют к центральным зажимам патронов для ламп накаливания. Нулевой провод, обычно присоединенный к заземленной нейтрали трансформатора, подключают к резьбовой части патрона. Внутри конструкции светильников натяжение проводов, а также их соединения (скрутки) не допускаются.

Светильники подключают к питающей сети, соединяя их либо с помощью опрессовки или сварки, либо с помощью резьбовых зажимов или штепсельных разъемов. Наибольшие эксплуатационные и монтажные удобства представляют штепсельные разъемы.

Крепления светильников с лампами накаливания и ртутными цокольными лампами к потолкам и перекрытиям осуществляют на крюках (рис. 99, *а*, *б*). Отверстия в потолке закрывают потолочными

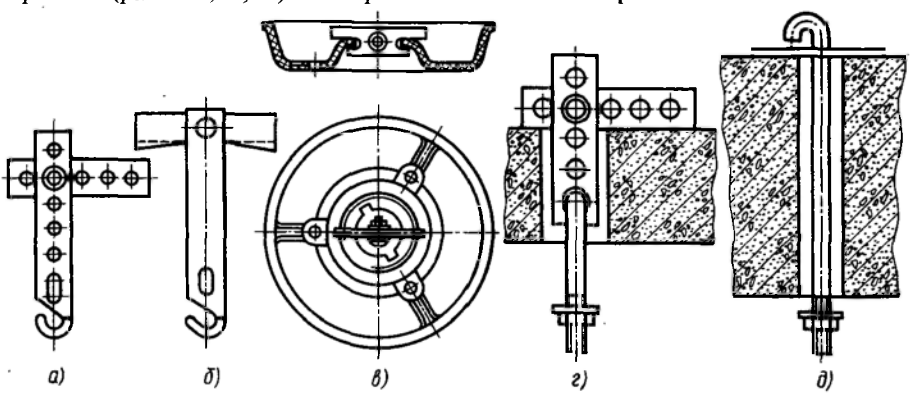


Рис. 99. Изделия для подвески светильников к потолкам:

а — крюк для перекрытий из пустотелых плит, *б* — крюк для перекрытий из сплошных плит, *в* — потолочная розетка, *г* — шпилька для крепления плафонов на перекрытиях из пустотелых плит, *д* — шпилька для крепления плафонов на перекрытиях из сплошных плит

5 Зак. 37

розетками (рис. 99, *в*). Плафоны подвешивают к потолкам на шпильках (рис. 99, *г, д*). Спуски от потолков к светильникам выполняют трубчатыми штангами, снабженными резьбой для крепления к светильнику и серьгой для подвески к крюку. Для коротких спусков (до 1 м) используют стальную проволоку диаметром не менее 1,5 мм.

Для крепления однорядных и двухрядных линий люминесцентных светильников применяют короба КЛ-1 и КЛ-2. Короба крепят к потолкам с помощью штанг и потолочных скоб. Короба с линиями светильников монтируют укрупненными блоками на заранее установленные опорные конструкции. Ответвления к светильникам в коробах выполняют без разрыва магистрали с помощью специальных зажимов.

Для освещения помещений с нормальными условиями окружающей среды кроме линий светильников применяют осветительные устройства ЛОУ ТП—2×40 и ЛОУ ТП—2×80, представляющие собой непрерывную светящую линию. Сборку линий ЛОУ производят в МЭЗ или на месте монтажа из комплектных двухламповых секций. Длина монтажных блоков ЛОУ определяется длиной траверс, применяемых для их подъема.

Отдельные люминесцентные светильники (ЛД, ЛПО, ЛСП и др.) могут быть собраны в сплошные линии без применения промежуточных элементов непосредственно на потолке или на подвесах. Линию обычно собирают на полу монтажной площадки. Светильники соединяют между собой резьбовыми патрубками. Корпуса светильников образуют при этом короб, внутри которого прокладывают магистральные проводники и осуществляют ответвления с помощью штепсельных разъемов. На каждой секции линии монтируют устройство подвески. Подъем и крепление линии выполняют с помощью траверсы.

Одиночные светильники с лампами накаливания при прокладке проводок в трубах устанавливают на трубчатых кронштейнах, кото-

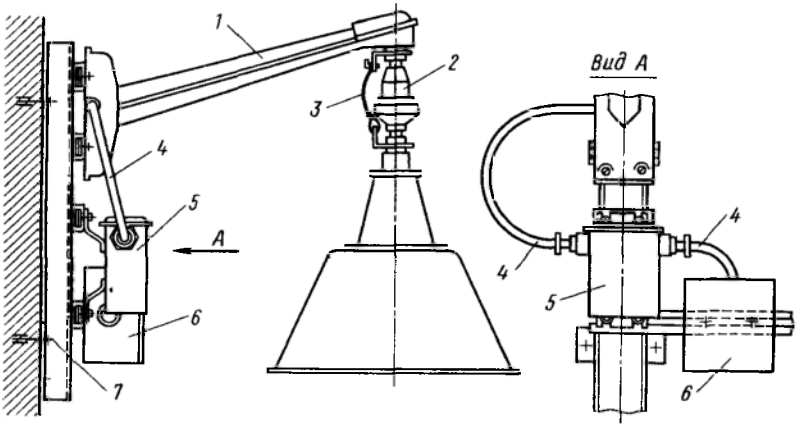


Рис. 100. Установка светильника с лампой ДРЛ на кронштейне У114 на стене:

1—кронштейн У114, *2*—штепсельный разъем, *3*—стальная вязальная проволока, *4*—кабель АВВГ, *5*—пускорегулирующая аппаратура, *6*—ответвительная коробка У995, *7*—капроновый дюбель

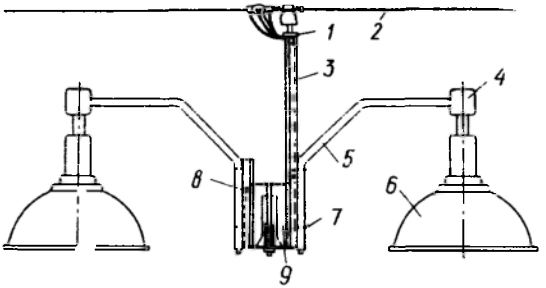


Рис. 101. Крепление светильников и проводки к нижнему поясу металлической фермы:

1—трверса К125, *2*—провод, *3*—универсальная стойка К120, *4*—коробка К936, *5*—трубчатый кронштейн К984, *6*—светильник, *7*—хомут С437, *8*—стойка К121, *9*—основание К124

рые репят к стенам, колоннам при помощи специального трубного держателя. На переходах и мостиках светильники крепят к перилам и ограждениям с помощью трубчатой стойки высотой 2500 мм.

Светильники присоединяют к стойкам и кронштейнам посредством переходных коробок, устанавливаемых на резьбовые патрубки стоек и кронштейнов. В этих же коробках провода светильника соединяют с проводами питающей линии. На стенах и колоннах светильники с лампами накаливания устанавливают посредством кронштейнов У114 (рис. 100).

Ответвления от магистралей проводки к светильникам выполняют в основаниях кронштейнов У114, а присоединение ответвлений к проводам светильников—в головках кронштейнов, снабженных съемными крышками.

Если провода прокладываются на изоляторах по железобетонным и металлическим фермам, то светильники и магистрали крепят совместно. Для этого используют типовые электромонтажные крепежные изделия (рис. 101).

В тросовых проводках светильники крепят к тросам с помощью подвесок и ответвительных коробок (рис. 102).

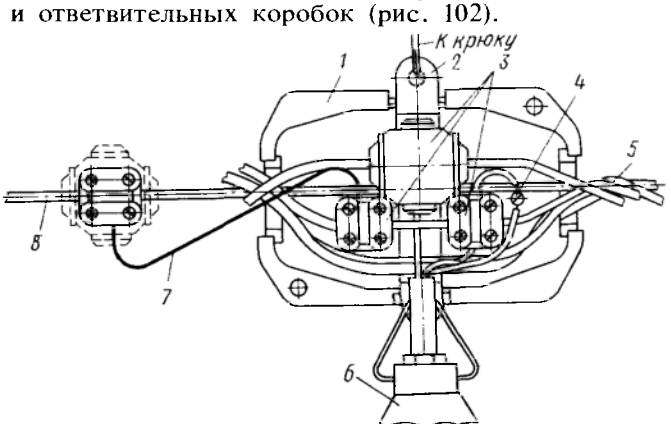


Рис. 102. Крепление светильника в тросовых проводках:

1—коробка типа У245, *2*—скоба, *3*—ответвительный зажим, *4*—винт заземления, *5*—тросовый провод АРТ, *6*—светильник, *7*—гибкая перемычка заземления троса, *8*—трос

Выбор мест установки *выключателей, штепсельных розеток и блочных электроустановочных изделий* обычно бывает предопределен при выполнении работ на первой стадии.

При монтаже выключателей и розеток следует оставлять небольшой запас длины проводов под крышкой, чтобы можно было произвести повторную зарядку теми же проводниками. Вводить проводники в корпуса герметических розеток и выключателей в сырых помещениях необходимо снизу и тщательно уплотнять в сальниках.

Разрыв нулевого провода на выключателе или предохранителе в сетях с заземленной нейтралью не допускается в целях безопасности. Поэтому выключатели располагают в фазном проводе. В установках с изолированной нейтралью, в двухфазных линиях и в помещениях с повышенной опасностью необходимо применять двухполюсные выключатели, обеспечивающие разрыв в обоих проводах линии. Открытые розетки и выключатели следует крепить на предварительно установленных на стену деревянных подрозетниках.

Промышленные магистральные и групповые пункты и щитки могут быть напольными, навесными и для установки в нишах. В цеховых установках чаще применяют навесные и напольные конструкции. При монтаже пунктов и щитков на первой стадии (в МЗУ) в металлоконструкции корпуса (ящика) вырубают или просверливают отверстия для ввода проводников. Перед установкой ящика удаляют транспортные ушки, мешающие монтажу. В нишах под заднюю стенку ящика помещают подкладки вблизи опорных деталей. Перед закреплением ящика в нише из него вынимают основание (шасси) со смонтированной на нем аппаратурой. Ящик закрепляют на опорных конструкциях, вводят в него проводники и устанавливают шасси с аппаратурой. Затем распределяют проводники в соответствии с расположением аппаратуры, разделывают их концы, прозванивают, маркируют и оконцовывают. Металлоконструкцию ящика заземляют. В соответствии с маркировкой присоединяют проводники к зажимам аппаратов и закрывают ящик передней съемной крышкой. На лицевую крышку ящика наносят прочной краской установленного цвета обозначение щитка или пункта по проекту.

Групповые осветительные щитки устанавливают в местах, доступных для обслуживания в любое время суток. Щитки с выключателями следует располагать так, чтобы были видны лампы всех управляемых групп.

Распределительные устройства для централизованного управления осветительными электроустановками, состоящие из нескольких аппаратов, комплектуют в МЭЗ. Их монтируют на общей раме. Полностью монтируют и маркируют внутренние соединения, окрашивают металлоконструкции и комплектуют изделиями и материалами, необходимыми для монтажа на объекте.

Монтаж на объекте таких РУ сводится к выверке положения и креплению на опорной раме или фундаменте, а также к выполнению внешних соединений в соответствии с маркировкой.

Освещение производственных территорий и технологических участков осуществляют с помощью светильников наружного освещения и прожекторов заливающего света.

Подвесные светильники типов СПО, СПП устанавливают на опорах при помощи кронштейнов или траверс, на которых укрепляются изоляторы проводки. Ответвление от магистралей к светильникам выполняют проводом АПВ на изоляторах или одножильным кабелем АНРГ на скобах. Применяют также подвеску светильников и проводок на тросах, натягиваемых между опорами или зданиями и сооружениями.

Консольные светильники типа СКЗР, СКЗПР для ртутных ламп устанавливают на оголовках железобетонных опор с кабельным вводом с помощью трубчатых консолей. Цоколь опоры должен иметь размеры, достаточные для монтажа концевых заделок и предохранителей на ответвлениях. Ответвление к светильникам выполняют проводом АПВ, прокладываемым внутри опор.

При освещении транспортных дорог светильники располагают в один или два ряда в зависимости от ширины проезжей части. На узких дорогах опоры устанавливают в один ряд по оси или сбоку магистралей с шириной проезжей части до 10 м. Для освещения более широких дорог опоры располагают симметрично с двух сторон или подвешивают светильники на тросах.

Высота подвески светильников над проезжей частью дорог должна быть не менее 6 м, при тросовой подвеске — не менее 6,5 м, над пешеходными дорогами — не ниже 4 м.

Для освещения территорий открытых складов, карьеров и других подобных участков применяют прожекторы заливающего света, а также специальные светильники с лампами высокой интенсивности (натриевыми, ксеноновыми и т. п).

Обычно устанавливают группу прожекторов. В группе прожекторы располагают в несколько рядов по вертикали по нескольку прожекторов в ряду.

Прожекторы монтируют в лирах, укрепленных на треугольном основании с помощью шкворня. Лира вместе с прожектором поворачивается вокруг шкворня на 360°. В лире оптическая ось прожектора может быть наклонена на 45° вниз и на 85° вверх.

Наименьшая высота установки прожекторов зависит от их типа и мощности источника света. Для прожекторов с лампами мощностью 500 Вт и более наименьшая высота должна быть 10—29 м.

Прожекторы монтируют на прожекторных металлических или железобетонных мачтах. В верхней части мачты располагается прожекторная площадка, огражденная перилами высотой 1 м. Прожекторные площадки помещают также на крышах зданий и сооружений соответствующей высоты.

Перед монтажом проверяют фокусировку прожекторов. В необходимых случаях (для прожекторов типов ПЗС и ПЗМ) фокусировка сводится к перемещению ламп в прожекторе с помощью регулировочных винтов. Целью фокусировки является размещение нити накала лампы в фокусе отражателя прожектора. Фокусировка считается достигнутой, если экран размерами 2×2 м, удаленный на 30—40 м от прожектора, освещается им равномерно в середине с некоторым уменьшением освещенности на краях.

Прожекторы крепят на металлоконструкциях площадки болтами. После установки прожекторов на площадке регулируют углы наклона и поворота их оптических осей, руководствуясь проектом. В

проекте указывается базисная линия, от которой производят отсчет углов поворота. Углы наклона отсчитывают от горизонтали.

Питание прожекторов осуществляют кабелем КРПТ, прокладываемым от групповых щитков, установленных на площадке. В группу объединяют не более трех прожекторов. У основания мачты устанавливают ящик управления с выключателями и аппаратами защиты. Групповые щитки и ящики управления должны иметь влагозащитное исполнение.

Питающую линию по мачте прокладывают в стальной трубе проводом АПВ. К ящику управления питание подводят кабелем длиной не менее 10 м, проложенным в земле для защиты от грозовых перенапряжений.

Заземление осветительных установок необходимо для снижения опасности поражения электрическим ударом. С этой целью все токопроводящие детали установок, нормально не находящиеся под напряжением (кожухи, трубы, отражатели и т. п.), заземляют.

Заземление в системах электроснабжения с заземленной нейтралью заключается в присоединении заземляемой части оборудования к нулевому проводу. В конструкции светильников для этого предусматривают специальные резьбовые зажимы, которые соединяются перемычкой с зажимом нулевого провода. При свободной подвеске светильника перемычка соединяется с нулевым проводом на его опоре, ближайшей к светильнику. Для заземления используют гибкие изолированные медные проводники сечением не менее 1,5 мм^2 или алюминиевые проводники сечением не менее 2,5 мм^2.

Заземление светильников в соответствии с ПУЭ производят в сетях напряжением выше 42 В в наружных установках и во всех помещениях, кроме помещений без повышенной опасности. Кронштейны и корпуса светильников, размещенные на деревянных опорах сети наружного освещения, не заземляют.

В сети с изолированной нейтралью заземление светильников следует производить с помощью специальных заземляющих проводников, присоединяемых к контуру защитного заземления.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы принципы действия и устройство следующих источников света: ламп накаливания, иодных (галоидных) ламп, люминесцентных ламп низкого давления, дуговых ртутных люминесцентных и металлогалоидных ламп высокого давления?
2. Начертите (на память) схемы зажигания люминесцентных ламп низкого и высокого давления.
3. Какими способами крепят светильники при монтаже осветительных электроустановок?
4. Каковы правила монтажа прожекторов?

ГЛАВА V. УСТРОЙСТВО И МОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

§ 38. Устройство контактов

Участок соединения электрической цепи называют контактом.

По характеру работы контакты разделяют на неразмыкаемые, размыкаемые и скользящие. Неразмыкаемые контакты создают при монтаже установок сваркой, пайкой, опрессовкой или резьбовым соединением. Они применяются для присоединений к аппаратам или для соединения неподвижных участков электрических цепей.

Размыкаемые контакты изготовляют при производстве электрических аппаратов как их составную часть. Эти контакты предназначены для включения, отключения или переключения электрических цепей и состоят из подвижного и неподвижного элементов.

Скользящий контакт создают при монтаже электроустановок (например, токосъемы подъемно-транспортных устройств) или при изготовлении электроаппаратов (например, роликовые токосъемы маломасляных выключателей). Скользящий контакт соединяет между собой взаимно подвижные участки электрической цепи.

По виду касания различают размыкаемые контакты точечные, линейные и плоскостные. Поверхности контактов из-за шероховатости соприкасаются в ограниченном числе точек. Поэтому фактическая площадь поперечного сечения контактного перехода всегда меньше геометрической. Величина переходного сопротивления контакта зависит от силы сжатия контактов, пластичности их материала, качества обработки поверхности и ее состояния, а также от удельного сопротивления материала и вида касания.

В электрических аппаратах наиболее широко применяются размыкаемые и неразмыкаемые контакты. Работа размыкаемых контактов обычно сопровождается разрушающим воздействием на них электрической дуги при коммутации электрических цепей с током. Поверхности размыкаемых контактов под действием рабочего тока подвержены окислению. При замыканиях электрических цепей они испытывают удары и вибрации. В связи с тяжелыми условиями работы к размыкаемым контактам предъявляются бо́льшие требования, чем к неразмыкаемым.

Размыкаемые контакты должны обладать малым и стабильным переходным сопротивлением, дугостойкостью, долговечностью (износоустойчивостью), способностью включать и отключать токи рабочего режима или короткого замыкания.

Все эти требования удовлетворить сложно, поэтому часто применяют двойные или тройные контакты, соединенные параллельно. Одни контакты размыкаются позже, а замыкаются раньше других и являются дугогасительными. Другие (главные) контакты обеспечивают протекание рабочих токов и нормальную работу электроустановок.

Размыкаемые контакты характеризуются номинальным напряжением, номинальными рабочими токами и токами отключения, кото-

рые они выдерживают без повреждений продолжительное (заданное) время. Рабочими параметрами размыкаемых контактов являются раствор, провал и контактное нажатие. Провалом называют расстояние, на которое сжимается контактная пружина после встречи подвижного контакта с неподвижным. Устройство размыкаемых контактов предусматривает самозачистку контактной поверхности при включении (путем перекатывания или скольжения контактной пары).

Контакты, применяемые в аппаратах напряжением до 1 кВ, приведены на рис. 103, *а*, *б*, а в маломасляных выключателях — на рис. 103, *в*, *г*.

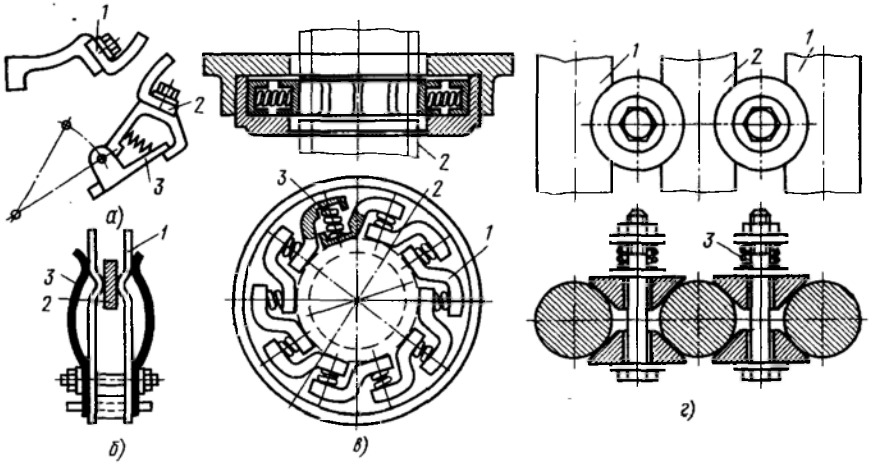


Рис. 103. Конструкции размыкаемых контактов:

а — пальцевых, *б* — линейных врубных, *в* — розеточных, *г* — роликовых; *1* — неподвижный контакт (контактная губка), *2* — подвижный контакт, *3* — пружина

В качестве материалов для размыкаемых контактов широко применяют медь с серебряным покрытием, обеспечивающую сочетание неокисляемости и хороших электропроводности и теплопроводности. Контакты повышенной износоустойчивости получают в виде металлокерамики методами порошковой металлургии из композиций вольфрам — медь, серебро — окись кадмия и др.

Главными требованиями к неразмыкаемым контактам являются малое и стабильное переходное сопротивление и неокисляемость.

§ 39. Дугогасительные устройства

На устойчивость процесса горения дуги оказывают влияние род тока, физические свойства среды, в которой горит дуга (давление, теплоемкость, теплопроводность и т. п.), условия охлаждения дуги, длина дуги и скорость ее перемещения, число участков дуги, полученных ее делением проводящими перегородками, и другие факторы. Дуга постоянного тока более устойчива, чем дуга переменного тока. Переменный ток дважды за период принимает нулевое значение. Каждый раз при этом дуга погасает, чтобы зажечься вновь при нарастании напряжения в следующих полупериодах.

Высокое давление, большие теплоемкость и теплопроводность среды, в которой образуется дуга, приводят к усиленному теплоотводу от нее и способствуют нарушению устойчивости разряда. Так же влияют на него различные внешние охлаждающие факторы (например, близость холодных и теплоемких тел). При неизменной длине дуги ее устойчивость обеспечивается при определенном минимальном напряжении. При уменьшении этого напряжения или увеличении длины дуги заряд прекращается. Чем быстрее увеличивается длина дуги, тем эффективней процесс ее гашения. Продолжительное существование дугового разряда в отключающих устройствах недопустимо из-за разрушающего действия дуги.

Дугогасительные устройства предназначены для предельного сокращения времени действия дуги. В особенности важной становится их функция при гашении мощных дуг, возникающих при коротких замыканиях в электроустановках. Токи короткого замыкания бывают так велики, что повреждают части установок, по которым они протекают в аварийном режиме. Опасность токов короткого замыкания обусловлена их термическими и динамическими действиями. Для ускорения гашения дуги необходимо использовать теплоемкую и теплопроводную среду, повышать давление в дуге, интенсивно ее охлаждать, перемещать дугу с возможно высокой скоростью или делить на несколько коротких дуг. На этих принципах построены дугогасительные устройства электроаппаратов.

Устройства с внешним газовым дутьем (импульсные) применяют в воздушных выключателях. Принцип их работы состоит в механическом удалении дуги из межконтактного промежутка направленной струей сжатого воздуха.

Газогенерирующие устройства, или *устройства с автогазовым дутьем,* применяют в масляных выключателях, выключателях нагрузки с камерой из оргстекла, предохранителях с фибровым патроном. Под действием дуги масло, оргстекло или фибра бурно разлагаются, образуя газы с хорошими охладительными свойствами. Давление в ограниченных объемах газовых пузырей резко растет, повышая давление в дуге. Далее в гасительных камерах масляных выключателей возникают газомасляные струи продольного и поперечного дутья, перемещающие, удлиняющие и охлаждающие дугу. В выключателях нагрузки и предохранителях газовые струи устремляются в неплотности гасительных камер и патронов, растягивая и охлаждая дугу.

Щелевые устройства применяют как в аппаратах напряжением до 1 кВ, так и в масляных и электромагнитных выключателях напряжением выше 1 кВ. Примером такого устройства являются многощелевые камеры, которые изготовляют из дугостойкой изоляционной керамики. Их устанавливают на пути движения дуги. Под воздействием магнитного дутья дуга с силой отбрасывается в щели, ширина которых меньше диаметра столба дуги. В щелях дуга изгибается, удлиняется, сжимается и охлаждается (рис. 104, *а, б*).

Деионные решетки применяют преимущественно в аппаратах напряжением до 1 кВ. Решетка представляет собой пакет стальных или медных пластин, собранных с зазорами между ними на изоляционных основаниях. Дуга перемещается магнитным дутьем на решетку, где она делится пластинами на ряд коротких дуг. В этих

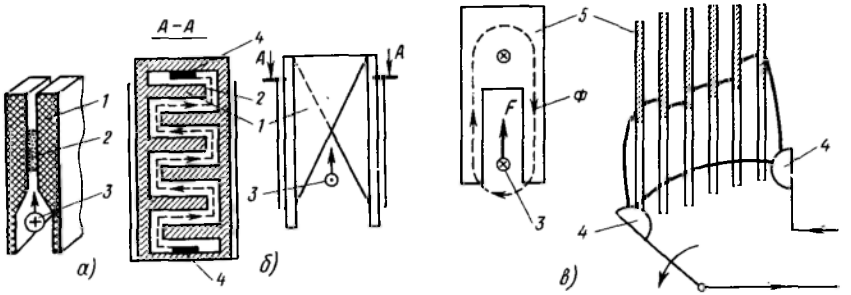


Рис. 104. Дугогасительные устройства:

а — щелевое с плоской щелью, *б* — щелевое лабиринтное, *в* — деионная решетка; *1* — решетка, *2* — узкая щель, *3* — электрическая дуга, *4* — контакт, *5* — стальная пластина

дугогасительных устройствах применяют в зависимости от тока пластины из различных материалов.

При малых токах применяют П-образные стальные пластины, искажающие магнитное поле вокруг дуги так, что возникают силы F, втягивающие дугу в решетку (рис. 104, *в*). При этом не требуется создавать магнитное дутье. Для токов средней величины (десятки ампер) применяют омедненные пластины. При больших токах (сотни ампер) используют медные пластины, но совместно со специальной системой магнитного дутья. Дутьевая катушка (рис. 105) включена в

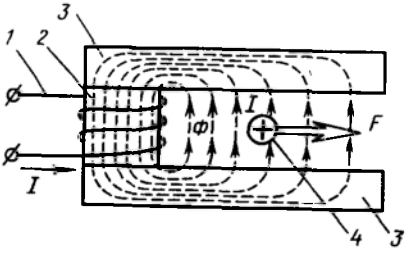


Рис. 105. Принцип действия катушки магнитного дутья:

1 — катушка, *2* — сердечник, *3* — полюсный наконечник, *4* — поперечное сечение канала дуги; *I* — ток, *F* — сила, Ф — магнитный поток

цепь главного тока. Сердечник катушки имеет развитые полюсные наконечники. Они охватывают дугогасительную камеру так, что по отношению к току дуги I их магнитный поток Ф создает выталкивающую силу F, направленную на решетку.

Вакуумные устройства применяют в аппаратах при напряжении до 20 кВ. В вакууме дуга образуется лишь за счет испарения металла контактов и существует всего 10^{-6} с, так как происходит интенсивная диффузия заряженных частиц из дуги в окружающий вакуум.

§ 40. Силовые электромагниты (приводы)

Сущность работы контактных коммутационных аппаратов состоит в замыкании и размыкании электрических цепей. Каждая цепь замыкается и размыкается парой контактов, один из которых неподвижен, а другой перемещается, занимая одно из двух устойчивых положений («отключено» или «включено»). При включении аппарата подвижная часть контактной системы приводится в движение внешним усилием, которое при дистанционном, автоматическом

или местном (при большом усилии) управлении создается силовым электромагнитом (приводом).

Главными частями привода (рис. 106) являются магнитопровод и обмотка. Магнитопровод состоит из неподвижного сердечника и подвижного якоря, с которым механически связаны подвижные контакты электроаппарата. Между сердечником и якорем имеется воздушный зазор, который обеспечивает необходимый ход подвижных контактов.

Кинематическая схема силового электромагнита электроаппаратов напряжением до 1 кВ зависит от величины требуемого усилия. В реле, у которых это усилие невелико, применяют клапанные электромагниты с призматической опорой якоря. В магнитных пускателях и контакторах используют электромагниты клапанного типа с шарнирной опорой или электромагниты с прямоходовым якорем, создающие большие усилия.

По роду тока обмотки различают электромагниты постоянного и переменного тока.

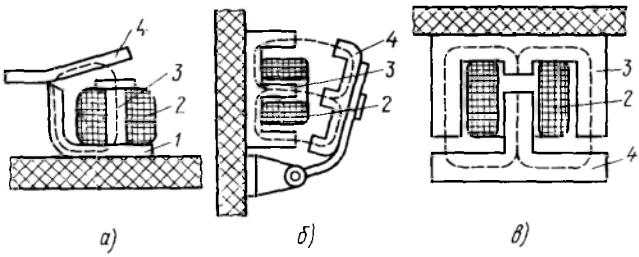


Рис. 106. Электромагнитные приводы управления:

а — клапанный с призматической опорой якоря, *б* — клапанный с шарнирной опорой якоря, *в* — с прямоходовым якорем: *1* — ярмо, *2* — обмотка, *3* — сердечник, *4* — якорь

Воздушный зазор магнитопроводов постоянного тока обычно невелик. Это необходимо для уменьшения начального тягового усилия. Во включенном состоянии электромагнита магнитный поток увеличивается и тяговое усилие становится излишне большим. Его уменьшают, вводя последовательно с обмоткой добавочный резистор, ограничивающий ток и снижающий потребление электроэнергии. В аппаратах переменного тока при уменьшении зазора увеличивается индуктивное сопротивление обмотки. Поэтому с изменением зазора в процессе включения тяговое усилие и ток обмотки меняются мало. Аппараты переменного тока изготовляют со сравнительно большим зазором, что упрощает их конструкцию и технологию изготовления. Силовые электромагниты электроаппаратов напряжением выше 1 кВ принципиально не отличаются от рассмотренных, но имеют сложную кинематическую схему, содержащую звенья механизма свободного расцепления, фиксирующие защелки, отключающие пружины.

§41. Выключатели напряжением до 1 кВ

Выключатели напряжением до 1 кВ предназначаются для коммутации силовых цепей и цепей управления, имеют ручное, электромаг-

нитное или электродвигательное управление и выполняются с различной степенью защиты от воздействия окружающей среды.

Рубильники, пакетные выключатели предназначены для коммутации цепей главных токов. Контроллеры обеспечивают ту или иную программу переключения этих же цепей и применяются для управления электродвигателями.

Контакторы и магнитные пускатели по устройству одинаковы и работают от электромагнитного привода. Магнитные пускатели предназначены для управления электродвигателями и оборудованы тепловыми реле для защиты двигателей от перегрузок. От коротких замыканий эти реле не защищают.

Несколько более сложными по конструкции являются автоматические выключатели, выполняющие дополнительно, кроме включения и отключения рабочих токов, функции защиты электроприемников от коротких замыканий и перегрузок.

Автоматические воздушные выключатели (автоматы) представляют собой аппараты для коммутации цепей электроустановок при токах нормальных режимов нагрузки и защиты от токов короткого замыкания, перегрузки и снижения напряжения. Отдельные автоматы выполняют не все перечисленные функции, а лишь часть их. Включение и отключение автоматов могут осуществляться как вручную, так и дистанционно с помощью электроприводов. Аварийные отключения производят специальные устройства — расцепители, воздействующие на механизм свободного расцепления автомата. Современные автоматы могут быть оборудованы максимальными расцепителями, мгновенно срабатывающими при коротких замыканиях; тепловыми расцепителями, срабатывающими с выдержкой времени тем меньшей, чем больше ток перегрузки; минимальными расцепителями, срабатывающими при снижении напряжения до определенного значения; независимыми расцепителями для дистанционного отключения.

В состав автоматов входят контактная система, дугогасительные устройства, расцепители, привод и механизм свободного расцепления. Этот механизм является важной частью каждого автомата. Он обеспечивает моментное размыкание главных контактов и невозможность их удержания во включенном состоянии при сохранении ненор-

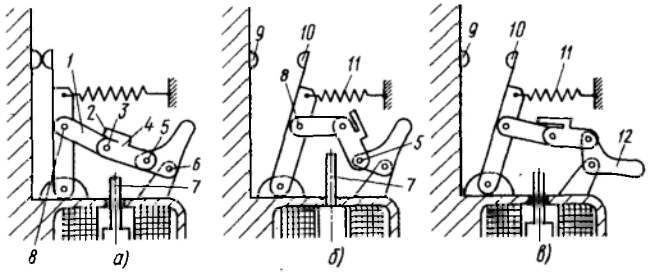


Рис. 107. Механизм свободного расцепления:

а — при включении, *б* — при отключении, *в* — при взводе; *1, 4* — звенья рычагов, *2* — ограничительный упор, *3, 5, 6, 8* — шарнирные оси, *7* — шток отключающего электромагнита, *9, 10* — контакты, *11* — пружина, *12* — рукоятка

мального режима установки. Главную функцию в механизме свободного расцепления выполняет ломающаяся пара рычагов *1* и *4* (рис. 107, *а*). При провисании оси *3* относительно осей *8* и *5* звенья *1* и *4* фиксируются ограничительным упором *2* и представляют собой продольно-жесткую систему, способную передавать усилие включения от рукоятки *12* на контакт *10*. Во включенном состоянии рукоятка повернута до упора и установлена на защелку. Отключающая пружина *11* растянута. Механизм фиксирован, так как оси *3* и *5* лежат ниже осей *8* и *6*. При подаче тока в обмотку любого из расцепителей шток *7* ударяет по шарниру *3*, выводя его выше линии, соединяющей оси *8* и *5* механизма. Звенья *1* и *4* «ломаются» на шарнире *3*. Освобожденная пружина *11* производит моментное размыкание главных контактов *9* и *10* (рис. 107, *б*).

Перед новым включением необходимо повернуть рукоятку вправо до отказа так, чтобы звенья *1* и *4* под действием собственной массы провисли до упора *2* (рис. 107, *в*).

Конструктивно автоматы могут сильно отличаться друг от друга, но принципы их работы сохраняются неизменными.

Взвод автомата А3100 (рис. 108, *а*) перед включением осуществляется поворотом рукоятки вниз до упора. При этом фигурный рычаг *5* устанавливается на защелку собачки *6*. Рычаги «ломающихся звеньев» *4* механизма свободного расцепления находятся в положении, показанном на рис. 108, *б*. При включении рукоятка движется вверх вместе с закрепленными на ней концами перекидных пружин *3*. После пересечения осью симметрии рукоятки оси *18* рычага *5* пружины *3* перекидывают ось *17* ломающихся рычагов вверх, где она попадает во впадину *16* рычага *5*. Звенья *4*, сжатые между осями *18*, *19* и впадиной *16*, становятся продольно-жесткими и передают усилие от рукоятки на контактодержатель *13*, поворачивая его относительно оси *12* вплоть до замыкания контактов *14* и *15*. Рычаг *5* при этом поворачивается относительно точки фиксации его собачкой *6*.

Когда автомат включен (рис. 108, *в*), механизм автомата фиксируется, так как оси пружин *3*, по которым направлены их усилия, лежат выше оси *18*. Пружины *3* стремятся повернуть рукоятку вверх, но это движение ограничено корпусом. Звенья *4* с рычагом *5* представляют собой в этом положении жесткую систему, подвижность которой ограничена в точках *19*, *16*, *18* и в точке фиксации рычага *5* собачкой *6*. Тепловой *7* и максимальный электромагнитный *9*, *10* расцепители, выполняющие функции защиты от перегрузки и короткого замыкания, воздействуют при срабатывании на рейку *8*, поворачивая ее по часовой стрелке. При этом зуб *11* рейки *8* освобождает защелку собачки *6*, которая отпускает рычаг *5*. Поворачиваясь под действием пружин *3* вокруг оси *18*, этот рычаг своей впадиной *16* ломает звенья *4*, которые освобождают контактодержатель *13*. Пружины *3* производят моментное размыкание контактов *14*, *15* и одновременно несколько опускают рукоятку до зацепления ею рычага *5* (рис. 108, *а*). Гашение дуги, возникающей при размыкании контактов *14* и *15*, происходит в деионной решетке из стальных омедненных пластин *1*, укрепленных в фибровой обойме *2*.

Тепловой расцепитель *7* представляет собой биметаллическую пластину, изгибающуюся тем быстрее, чем больше ток перегрузки.

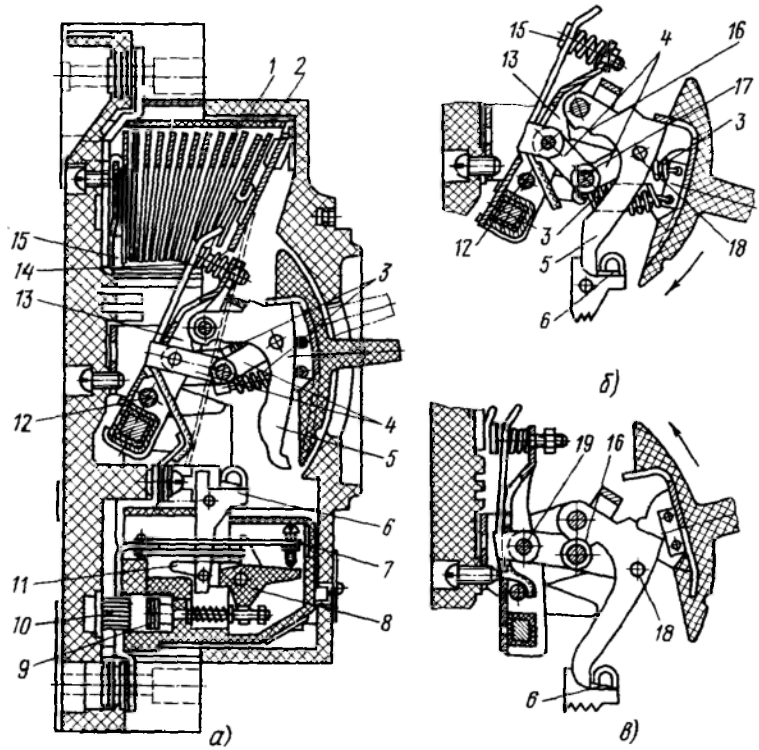


Рис. 108. Автомат А3100:

а — устройство (автомат отключен автоматически), *б* — при взводе, *в* — при включении; *1* — дугогасительная камера, *2* — обойма, *3* — перекидная пружина, *4* — ломающиеся рычаги, *5* — фигурный удерживающий рычаг, *6* — собачка, *7* — тепловой расцепитель, *8* — рейка, *9* — якорь электромагнитного расцепителя, *10* — сердечник электромагнитного расцепителя, *11* — зуб, *12* — неподвижная ось, *13* — контактодержатель, *14*, *15* — контакты, *16* — впадина рычага, *17*, *18*, *19* — подвижные оси

Свободный конец ее регулировочным винтом воздействует на рейку *8*.

Электромагнитный расцепитель состоит из сердечника *10*, охватывающего токопроводящую шину, и подпружиненного якоря *9*. При коротких замыканиях якорь притягивается к сердечнику и поворачивает рейку *8*.

Широкое распространение в электроустановках напряжением до 1 кВ получили универсальные автоматы серии АВМ в двух- и трехполюсном исполнении на токи до 2000 А при напряжении до 460 В постоянного и 660 В переменного тока. Особенностью устройства этих автоматов (рис. 109) является комбинированная двух- или трехступенчатая контактная система. Трехступенчатая система состоит из пальцевых дугогасительных *9* и переходных *10* контактов и мостиковых главных контактов *11*. Переходные контакты предназначены для облегчения перехода тока с рабочих контактов на дугогасительные и обратно при отключениях и включениях нагрузки.

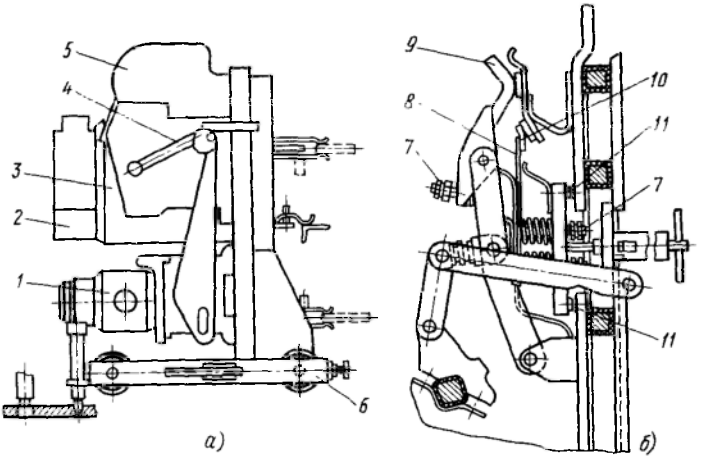


Рис. 109. Универсальный автомат АВМ:

а—общий вид, *б*—контактная система; *1*—электромеханический привод, *2*—максимальный расцепитель с выдержкой времени, *3*—механизм свободного расцепления, *4*—рукоятка ручного привода, *5*—дугогасительная камера, *6*—выдвижная тележка, *7*—установочная гайка, *8*—пружина, *9*—дугогасительные контакты из металлокерамики, *10*—переходные контакты из меди, *11*—главные контакты

§ 42. Выключатели напряжением выше 1 кВ

Маломасляные выключатели

Маломасляные выключатели ВМП-10 отличаются тем, что их изоляция выполнена из твердых материалов, а масло является лишь газогенерирующей дугогасительной средой. Поэтому маломасляные выключатели не относятся к категории пожаро- и взрывоопасного оборудования.

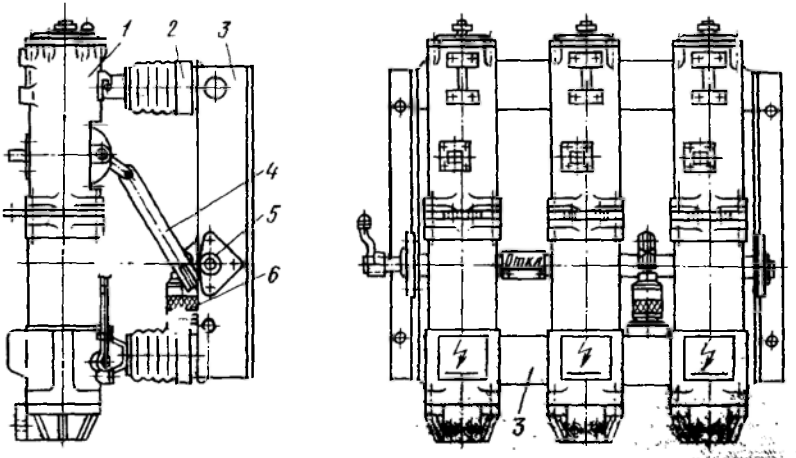


Рис. 110. Выключатель ВМП-10:

1—полюс, *2*—опорный изолятор, *3*—рама, [illegible] тяга, [illegible] ный буфер

Маломасляный выключатель ВМП-10 (рис. 110) находит широкое применение в распределительных устройствах промышленных предприятий. Отдельные полюсы *1* выключателя смонтированы на раме *3* с помощью опорных изоляторов *2*. Привод подвижных контактов осуществляется от вала *5* через изоляционную тягу *4* и спрямляющий механизм.

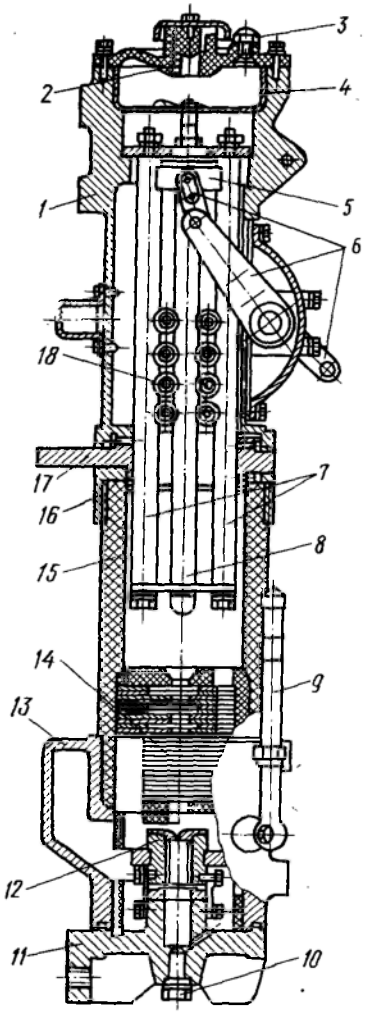


Рис. 111. Полюс выключателя ВМП-10:

1—корпус, *2*—верхняя крышка, *3*, *10*—пробки, *4*—маслоотделитель, *5*—направляющая колодка, *6*—механизм, *7*—направляющие стержни, *8*—подвижный контакт, *9*—маслоуказатель, *11*—нижняя крышка (ввод), *12*—неподвижный контакт, *13*—нижний фланец, *14*—дугогасительная камера, *15*—цилиндр, *16*—верхний фланец, *17*—контактный вывод, *18*—роликовый токосъем

Корпус *1* (рис. 111) полюса выключателя закрыт крышкой *2*, снабженной отверстием для выхода газов и пробкой *3*. Непосредственно между крышкой и корпусом установлен маслоотделитель *4* для разобщения газов и масла при выхлопе в процессе гашения дуги. Электрическая цепь подводится к подвижному контакту *8* от верхнего вывода *17* через направляющие стержни *7* и роликовый токосъем *18*. Центрирование хода подвижного контакта по конструктивной оси полюса осуществляется капроновой колодкой *5* и роликами токосъема. С выводом *17* жестко соединены стеклоэпоксидный цилиндр *15*, армированный фланцами *13* и *16*, и корпус *1* с механизмом подвижного контакта.

В нижней части цилиндра *15* расположена дугогасительная камера *14*, собранная из пластин фибры, гетинакса и электрокартона на стяжных шпильках. Пластины имеют фигурные вырезы. После сборки камеры вырезы в пластинах образуют две-три радиальные щели поперечного дутья с раздельными вертикальными выходами вверх. Над щелями располагаются несколько масляных карманов. В зоне щелей происходит гашение дуг больших и средних токов. Слабые дуги гасятся в зоне карманов. Камера опирается на изоляционный цилиндр, установленный на нижнем вводе *11*. Здесь же смонтирован розеточный контакт *12* и предусмотрена пробка *10* масловыпускного отверстия.

Нижний фланец *13* имеет карман для воздушного буфера и маслоуказатель *9*, снабженный обратным клапаном, размещенным в

основании маслоуказателя. Обратный клапан предотвращает прорыв дугогасительной среды через маслоуказатель при возрастании давления внутри полюса. Воздух, всегда имеющийся в кармане, при гашении дуги сжимается, аккумулируя энергию в момент пика давления. Впоследствии эта энергия освобождается, обеспечивая в зоне дуги давление, необходимое для ее гашения.

Для смягчения ударов подвижной части на границах ее хода установлены масляный и пружинный буферы. Для отключения выключателей служат специальные пружины. Буферы и пружины расположены на раме.

Вакуумные выключатели

Вакуумные выключатели работают при разрежении воздушной среды до 10^{-4} Па в дугогасительной камере. При таком низком давлении электрическая прочность среды достигает 100 МВ/м (100 кВ/мм). Такая высокая электрическая прочность среды объясняется тем, что вакуум не может быть ионизирован.

При расхождении контактов в вакууме в последний момент соприкосновения их друг с другом они расплавляются и в этом месте образуется жидкометаллический мостик. Мостик нагревается настолько, что полностью испаряется. Электропроводность паров металла обусловливает возникновение вакуумной дуги. Ее особенность состоит в очень высокой скорости диффузии заряженных частиц дуги в окружающий вакуум. В результате вакуумная дуга истощается и гаснет при первом же нулевом значении тока.

Контакты в вакууме работают в тяжелых тепловых условиях. Поэтому в качестве материала контактов применяют вольфрам, износоустойчивый и не склонный к свариванию. Кроме того, вольфрам выгоден потому, что уменьшает число заряженных частиц в дуге за счет большой работы выхода электронов с его поверхности.

Дугогасительная вакуумная камера КВД-21 конструкции ВЭИ монтируется в полом керамическом цилиндре *3* (рис. 112). Неподвиж-

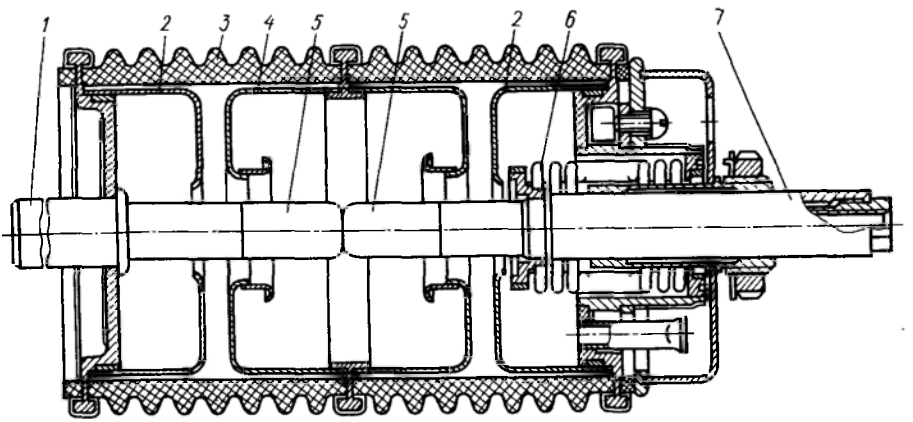


Рис. 112. Камера вакуумного выключателя:

1—неподвижный контакт, *2*, *4*—экраны, *3*—изоляционный корпус, *5*—вольфрамовый наконечник, *6*—сильфон, *7*—подвижный контакт

ный контакт *1* жестко закреплен. Ход контакта *7* до 5 мм достигается соединением его с торцом камеры с помощью стального тонкостенного гармоникообразного элемента — сильфона *6*. Нажатие контактов создается атмосферным давлением. Оба торцовых контакта оборудованы вольфрамовыми наконечниками *5*. Экран *4* препятствует осаждению паров вольфрама на стенках цилиндра, поэтому он не перекрывается дугой. Экраны *2* укорачивают электрическое поле, сводя его к двум промежуткам *2—4*. Они настолько коротки, что заряженные частицы не могут разогнаться на них до высоких скоростей и произвести ионизацию внутри камеры. Камера КВД-21 изготовляется на длительный ток 320 А, номинальное напряжение 20 кВ и ток отключения 2000 А. На базе этой камеры отечественной промышленностью выпускаются выключатели нагрузки, в частности для комплектных распределительных устройств.

Недостатком вакуумного выключателя является трудность его создания на большие токи; достоинство его состоит в большом числе допустимых циклов отключения.

Электромагнитные выключатели

Электромагнитные выключатели ВЭМ осуществляют гашение дуги в воздушной среде. Их дугогасительные устройства выполняются по типу узкой щели с магнитным дутьем (рис. 113). Конструктивным основанием для контактной системы служат проходные изоляторы *19* (рис. 114) и диэлектрическая стойка *23*. Контактная система полюса выключателя состоит из главных *1, 2* и дугогасительных *3, 11* контактов. Неподвижный контакт *3* покрыт фторопластом *4* для фиксации конца дуги. На контактном рычаге подвижных контактов жестко укреплен цилиндр воздушного дутья *16*. В цилиндре расположен поршень, шток *21* которого шарнирно связан с изоляционным основанием оси рычага. При отключении аппарата поршни сжимают воздух в цилиндрах, выбрасывая его в зону дуги. В результате этого дуга перемещается внутрь решетки *8* с узкими щелями при малых токах отключения, когда электродинамические силы, действующие на дугу, недостаточны. Это способствует надежному гашению дуги.

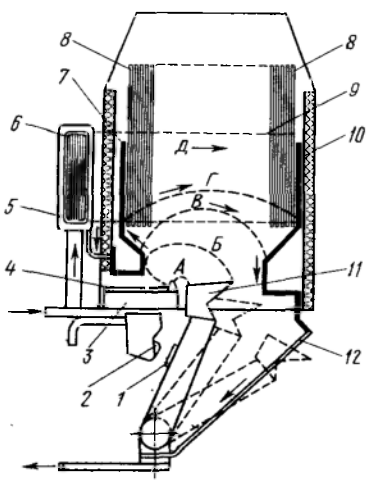


Рис. 113. Принципиальная схема устройства электромагнитного выключателя:

1, 2 — главные контакты, *3, 11* — дугогасительные контакты, *4* — покрытие из фторопласта, *5* — катушка магнитного дутья, *6* — сердечник катушки, *7, 10* — дугогасительные рога, *8* — щелевая дугогасительная камера, *9* — подвижный наконечник, *12* — шина

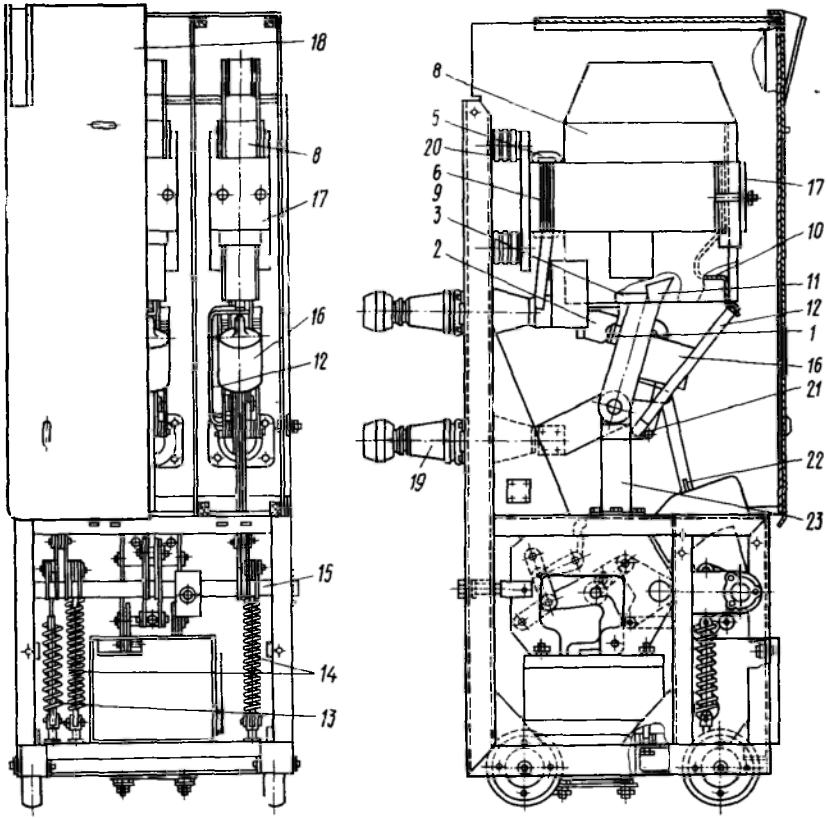


Рис. 114. Электромагнитный выключатель серии ВЭМ на выкатной тележке КРУ (позиции от *1* до *12* соответствуют рис. 113):

13—буферная пружина, *14*—отключающая пружина, *15*—вал, *16*—цилиндр воздушного дутья, *17*—диамагнитная накладка, *18*—дверца, *19*—проходной изолятор, *20*—опорный изолятор, *21*—шток поршня, *22*—изолирующая тяга, *23*—диэлектрическая стойка

Подвижные контакты связаны с валом *15* привода изолирующей тягой *22*. Привод имеет отключающие *14* и буферные *13* пружины. Катушка *5* магнитного дутья одним концом присоединена к неподвижным контактам, а другим — к одному из дугогасительных рогов *7* так, что в нормальном режиме работы через катушку ток не протекает. Второй дугогасительный рог *10* постоянно присоединен к подвижным контактам шиной *12*. Сердечник *6*, полюсные наконечники *9* катушки магнитного дутья и замыкающая диамагнитная накладка *17* охватывают и удерживают дугогасительную камеру *8*. Они крепятся к раме опорными изоляторами *20*.

Дугогасительная камера состоит из тонких керамических пластин из кордиерита, отличающегося высокими дугостойкостью, теплопроводностью, теплоемкостью, электрической и механической прочностью. Пластины собраны в пакет на асбестовых прокладках. Фигурные вырезы в пластинах обеспечивают удлинение дуги, а также

искривление ее ствола. Сопротивление такой дуги во много раз превышает сопротивление цепи короткого замыкания. Поэтому дуга понижает ток короткого замыкания. Кроме того, уменьшается угол сдвига фаз между эдс системы и током в момент гашения дуги. Все это способствует эффективному гашению дуги.

В начальный момент гашения дуга занимает положение *А* (см. рис. 113). Электродинамические силы контура тока и воздушная струя поршневого устройства выталкивают дугу вверх. Дуга в виде петли касается рога *7*, распадаясь на нижнюю *3—7* и верхнюю *7—11* ветви (положение *Б*). Длина нижней ветви определяется положением фторопластового покрытия *4*. Эта ветвь шунтирована катушкой магнитного дутья, сопротивление которой невелико. Напряжение на этом участке дуги оказывается недостаточным для ее существования, и она гаснет. Весь ток дуги переключается в катушку, которая создает сильное поперечное магнитное поле между полюсными наконечниками *9*. Взаимодействие поля с током дуги создает силу, отбрасывающую дугу в решетку со скоростью около 100 м/с. При проходе подвижного контакта мимо рога *10* дуга перебрасывается на него (положение *В*) и по обоим рогам поднимается вверх, углубляясь в решетку (положение *Г*). Там она гаснет при первом проходе тока через нулевое значение (положение *Д*).

Достоинствами электромагнитных выключателей являются большое число отключений без ревизии, взрыво- и пожаробезопасность, отсутствие потребности в сжатом воздухе и масле.

К недостаткам выключателя следует отнести большие габариты дугогасительного устройства.

Отечественная промышленность выпускает серийно электромагнитные выключатели ВЭМ-6 и ВЭМ-10 на номинальные токи до 3200 А и токи отключения до 40 кА. Работоспособность выключателей без ревизии составляет до 10 000 рабочих циклов.

Хорошая работа выключателей при большой частоте рабочих циклов обусловила их широкое применение в электропечных установках, а также в шахтных установках благодаря их взрыво- и пожаробезопасности.

При установке в КРУ выключатели монтируют на тележке с катками и втычными разъединителями; токопроводящие части закрывают дверцами.

§ 43. Аппараты защиты

Аппараты защиты электроустановок предназначены для предотвращения или ограничения аварий, возникающих в результате нарушения нормальных режимов работы электрооборудования.

Наиболее широкое применение в качестве защитных аппаратов получили предохранители с плавкими вставками, реле, разрядники.

Предохранители

Предохранители представляют собой защитные аппараты, обеспечивающие разрыв электрической цепи в аварийном режиме путем расплавления плавкой вставки.

Сильный нагрев предохранителя разрушает его изоляционные части и затрудняет гашение дуги. Поэтому стремятся снизить температуру плавления вставки. Для этого обычно используют металлургический эффект.

Металлургический эффект заключается в растворении тугоплавких металлов (серебра, меди) в расплаве некоторых легкоплавких (свинец, олово). Для использования металлургического эффекта на металлическую нить из тугоплавкого материала (вставку) наносят шарик легкоплавкого металла. При расплавлении шарика происходит диффузия частиц его металла в материал вставки, отчего температура плавления последнего снижается. Происходит расплавление вставки в объеме шарика, возникает дуга, и вставка разрушается. Применение олова на меди дает снижение температуры плавления вставки с 1083 до 280° С. Весь предохранитель при этом не нагревается до высоких температур.

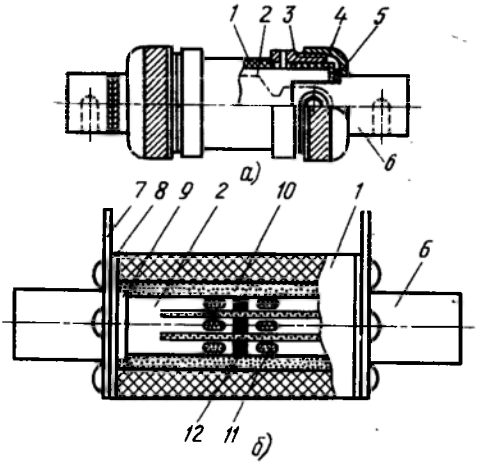


Рис. 115. Плавкие предохранители напряжением до 1 кВ:

а — ПР-2, *б* — ПН-2; *1* — дугогасительный патрон, *2* — медная вставка, *3* — наконечник, *4* — контактный колпак, *5* — фиксирующая шайба, *6* — контактный нож, *7* — крышка, *8* — асбестовая прокладка, *9* — диск, *10* — сухой кварцевый песок, *11* — участок уменьшенного поперечного сечения, *12* — оловянный шарик

Предохранители находят применение как при напряжении до 660 В, так и при напряжениях 6—35 кВ. Наиболее широкое распространение получили предохранители напряжением до 1 кВ типов ПР-2, ПН-2, ПНБ, ПРС и предохранители напряжением выше 1 кВ типов ПК, ПКТ, ПСН (рис. 115 и 116).

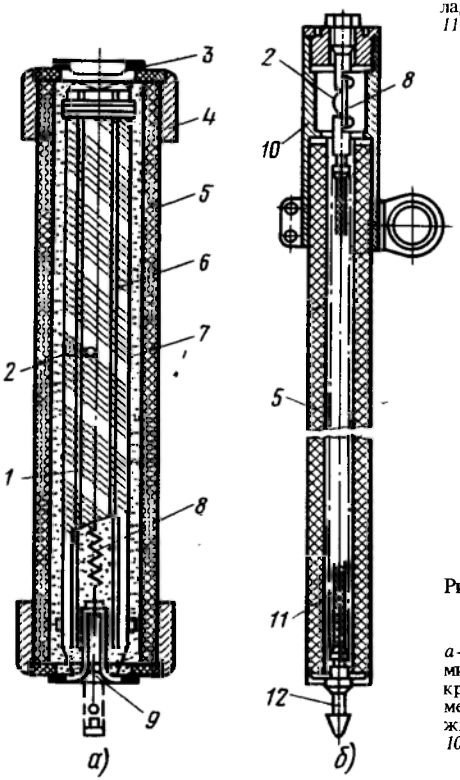


Рис. 116. Плавкие предохранители напряжением выше 1 кВ:

а — серии ПК, *б* — стреляющие ПСН; *1* — керамический каркас, *2* — легкоплавкий шарик, *3* — крышка, *4* — контактный колпак, *5* — патрон, *6* — медная вставка, *7* — кварцевый песок, *8* — удерживающая вставка, *9* — указатель срабатывания, *10* — стальной стакан, *11* — гибкий проводник, *12* — наконечник

Тепловые реле

Тепловые реле служат для защиты электроприемников от перегрузок. Основой их конструкции является биметаллический элемент, нагреваемый пропорционально контролируемому току. Элемент представляет собой две сваренные между собой пластины из разных металлов с резко отличающимися температурными коэффициентами расширения. При одинаковой температуре нагрева пластины удлиняются различно, что приводит к изгибу элемента в сторону пластины с меньшим коэффициентом расширения. Биметаллический элемент может быть нагрет наружным нагревателем или за счет тепловых потерь в самом элементе. В обоих случаях количество тепла пропорционально контролируемому току нагрузки. Лучшие результаты достигаются при использовании обоих способов нагрева: ток нагрузки (или известная часть его) протекает как по элементу, так и по наружному нагревателю.

Реле срабатывает, если ток перегрузки равен току уставки реле (или больше него). При этом свободный конец биметаллического элемента, прогибаясь, воздействует на моментный механизм переключения контактов, вызывая изменение их состояния. Этот механизм всегда необходим, так как процесс нагрева элемента протекает медленно из-за тепловой инерции. С увеличением тока время срабатывания реле уменьшается.

Тепловое реле не защищает цепь от короткого замыкания и само должно быть защищено от него. При коротком замыкании элемент нагревается без отдачи тепла в окружающую среду. Во многих случаях это может привести к тому, что он будет поврежден до того, как успеет воздействовать на контактную систему.

Устройство однофазного теплового реле ТРП показано на рис. 117. При нагреве U-образного биметаллического элемента его свободный конец *3*, перемещаясь, уменьшает наклон пружины *2*, которая удерживает в равновесии контактное коромысло *1*. Когда пружина наклонится в противоположную сторону, равновесие коромысла нарушится. Оно резко повернется по часовой стрелке и разомкнет контакты. Реле имеет устройство плавной регулировки

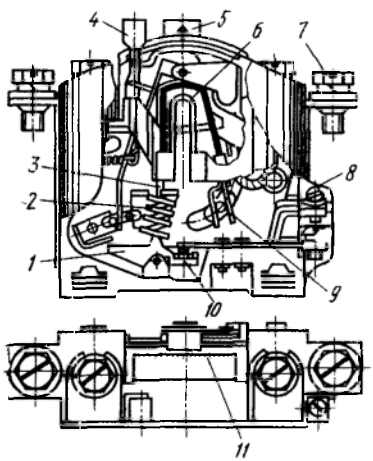


Рис. 117. Тепловое реле ТРП:

1—контактное коромысло, *2*—контактная пружина, *3*—свободный конец биметаллического элемента, *4*—кнопка возврата контактов, *5*—указатель регулятора уставок, *6*—наружный нагреватель, *7*—контактный зажим главной цепи, *8*—контактный зажим цепи управления, *9*—механизм регулирования уставки, *10*—контакты, *11*—шкала уставок

тока срабатывания в пределах ±25% номинального тока. Устройство действует путем изменения исходного положения биметаллического элемента. Промышленностью выпускаются однофазные реле ТРП и двухфазные реле ТРН. Оба типа реле широко используются комплектно с пускателями и контакторами.

Разрядники

Разрядником называется аппарат, обеспечивающий защиту электроустановок от перенапряжений. Перенапряжения представляют собой внезапные и резкие повышения напряжения, способные серьезно повредить изоляцию электрооборудования.

Различают внешние (атмосферные) и внутренние (коммутационные) перенапряжения. Причинами внутренних перенапряжений являются переходные процессы, возникающие при резких изменениях режима работы электроустановки, содержащей нагрузки индуктивного и емкостного характера. Например, при отключении индуктивного тока короткого замыкания возникает коммутационное перенапряжение вследствие явления самоиндукции.

Внешние перенапряжения вызываются атмосферными электрическими разрядами. Вблизи электроустановок эти разряды индуктируют в проводящих контурах электрооборудования перенапряжения. Наибольшую опасность представляют импульсные перенапряжения, возникающие при грозах в результате атмосферных разрядов непосредственно на провода ЛЭП. Величина перенапряжений при этом превосходит номинальные напряжения в десятки раз.

Для снижения перенапряжения до неопасной величины устанавливают разрядник, который присоединяется с одной стороны к токопроводящей (потенциальной) части установки, а с другой — к заземляющему устройству. При набегании волны перенапряжения на место присоединения разрядника его искровой промежуток пробивается раньше, чем защищаемая изоляция. В результате пробоя токопроводящая часть оборудования присоединяется к заземляющему устройству. Однако потенциал токопроводящей части не становится равным нулю, так как разрядник и заземлители имеют некоторое сопротивление. Ток, проходящий через разрядник и заземлители, создает на них падение напряжения, которое называется остающимся напряжением, и воздействует на изоляцию электрооборудования. Чем меньше это напряжение, тем лучше разрядник. В настоящее время для защиты изоляции применяют трубчатые и вентильные разрядники.

При пробое трубчатого разрядника (рис. 118) между электродами *4* и *5* в промежутке l_1 возникает дуга. Под воздействием дуги

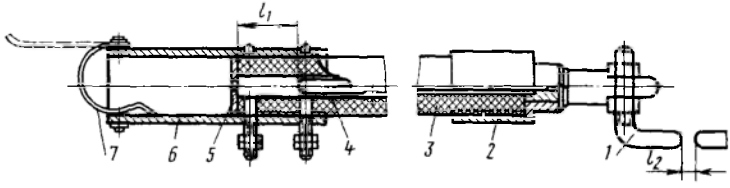


Рис. 118. Трубчатый разрядник:

1 — удлинитель, *2* — наконечник, *3* — дугогасительный патрон, *4* — стержневой электрод, *5* — дисковый электрод, *6* — заземляемый наконечник, *7* — лента-указатель срабатывания; l_1 — разрядный промежуток, l_2 — отделительный промежуток

материал патрона генерирует газы, создающие интенсивное продольное дутье, обеспечивающее ее надежное гашение. Для разгрузки изоляции разрядника от электрического поля предусмотрен воздушный промежуток l_2. Разряд в трубчатом разряднике сопровождается звуковым эффектом и выбросом ионизированных газов.

Вентильные разрядники (рис. 119) состоят из колонки последовательно включенных искровых промежутков и нелинейных разрядных резисторов, выполненных из специальных материалов вилита или тервита. Первый по своим характеристикам пригоден для защиты от больших атмосферных перенапряжений. Второй лучше подходит для ограничения внутренних коммутационных перенапряжений, превышающих амплитуду номинального напряжения в 3—4 раза.

Сопротивление разрядных резисторов зависит от напряжения, приложенного к ним, обратно пропорционально и нелинейно. При перенапряжениях происходит пробой искровых промежутков. Оказавшись под большим перенапряжением, разрядные резисторы резко уменьшают собственное сопротивление. Однако при восстановлении рабочего напряжения, сравнительно малого по величине, разрядные резисторы резко увеличивают свое сопротивление, чем ограничива-

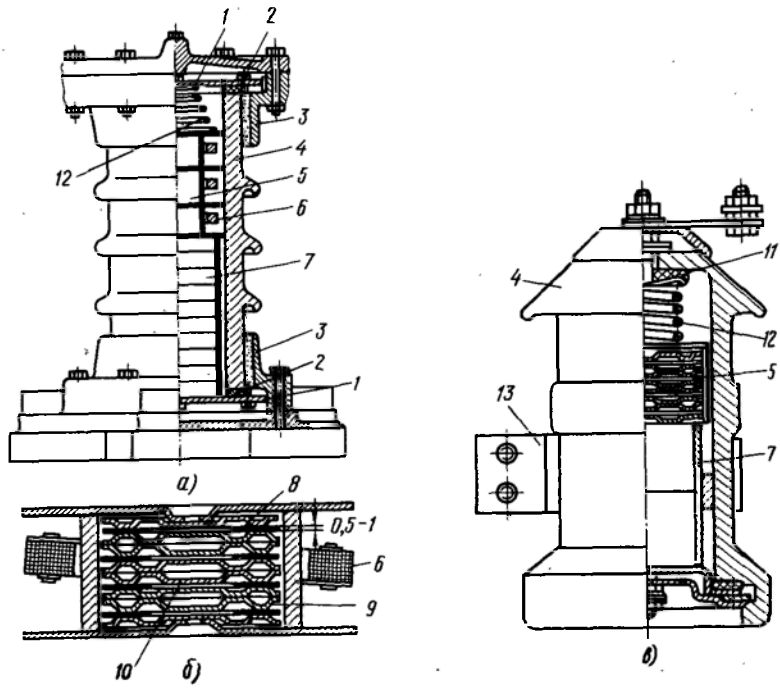


Рис. 119. Вентильные разрядники:

а—устройство станционного разрядника РВС, *б*—комплект искровых промежутков разрядника РВС, *в*—устройство разрядника РВП: *1*—стальная крышка, *2*—герметизирующая прокладка, *3*—фланец, *4*—фарфоровый корпус, *5*—комплект искровых промежутков, *6*—шунтирующий вилитовый подковообразный резистор, *7*—комплект вилитовых дисков, *8*—гетинаксовая прокладка, *9*—фигурная металлическая шайба, *10*—искровой промежуток, *11*—герметик, *12*—сжимающая пружина, *13*—хомут

ют ток и способствуют интенсивному гашению дуги в искровых промежутках.

Сразу после гашения дуги импульсного высокочастотного тока разряда рабочее напряжение восстанавливается. Под его воздействием в искровых промежутках разрядника вновь образуется дуга так называемого сопровождающего тока. Для облегчения гашения дуги применяют нелинейные резисторы, шунтирующие искровые промежутки. Их сопротивление должно быть таким, чтобы при промышленной частоте сопровождающего тока напряжение распределялось примерно равномерно между искровыми промежутками, что облегчает гашение дуги промышленной частоты. В то же время нелинейные резисторы выбирают так, чтобы они сохраняли выраженную неравномерность распределения напряжения между искровыми промежутками при высокой частоте разрядного импульса, обеспечивая легкий пробой этих промежутков.

Для гашения дуги в разрядниках используют также и магнитное дутье в искровых промежутках. Дутье создается специальными катушками, включенными последовательно с искровыми промежутками.

Разрядники собирают в герметизированных корпусах, так как вилитовые диски гигроскопичны. Дополнительно цилиндрические поверхности дисков покрывают влагоизолирующей обмазкой, а торцовые поверхности металлизируют.

В настоящее время промышленность выпускает вентильные разрядники серий РВП, РВС; магнитно-вентильные — РВТ, РВМ, РВМГ, РВМК (комбинированные для защиты от атмосферных и внутренних перенапряжений) для номинальных напряжений от 3 до 750 кВ.

МОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

§ 44. Ревизия электроаппаратов

При подготовке к монтажу на стендах МЭЗ производят ревизию электроаппаратов. Аппараты полностью расконсервируют, очищают и протирают от пыли. Труднодоступные места продувают сжатым воздухом.

Проверяют одновременность касания подвижных и неподвижных контактов и плотность прилегания контактных поверхностей, значения начального и конечного контактного нажатия, величины растворов и провалов контактов, измеряют переходное сопротивление контактов. Результаты проверок и измерений сравнивают с заводскими данными, приведенными в паспортах аппаратов или инструкциях по монтажу. Если полученные результаты отличаются от заводских данных, производят необходимую регулировку.

Изоляционные детали электроаппаратов, в особенности работающих при напряжении выше 1 кВ, внимательно осматривают. При обнаружении разрушений, сколов и повреждений поверхности их устраняют. Сильно поврежденные детали заменяют новыми.

С помощью мегаомметра измеряют сопротивление изоляции токопроводящих частей аппарата относительно металлического корпуса и между собой. Сопротивление изоляции должно соответствовать

нормам ПУЭ-76. При обнаружении увлажнения изоляции сверх допустимого предела аппараты подвергают сушке.

Электромагнитные приводы автоматов и контакторов проверяют многократными включениями и отключениями при номинальном и пониженном напряжении. Пониженное напряжение включения должно составлять 90% от номинального, кратность включения — 5. Для отключения напряжение снижают до 80%, кратность отключения увеличивают до 10. При номинальном напряжении производят пять циклов включения и отключения. В процессе проверок не должно быть отказов и других нарушений работы аппаратов.

Работоспособность релейно-контакторных схем комплектных устройств проверяют при напряжениях, составляющих 90 и 100% от номинального. Все элементы схем при этом должны надежно работать в такой последовательности, которая установлена проектом.

Простые схемы типа кнопка — пускатель при пониженном напряжении не проверяют. Мелкие многочисленные аппараты неответственного назначения ревизуют выборочно.

Регулировка контактного нажатия производится путем изменения сжатия контактных пружин. Во многих аппаратах для этого изменяют длину пружин с помощью регулировочных винтов или гаек. В контактах врубного типа контактное нажатие, оцениваемое усилием вытягивания ножей из губок, регулируют подбором пружин с различным усилием и отчасти величиной изгиба губок и изменением толщины ножа в допустимых пределах.

Начальное контактное нажатие измеряют в отключенном состоянии аппарата. Для этого оттягивают с помощью петли и динамометра контакт от контактодержателя, сжимая контактную пружину (рис. 120, *а*). Измерение производят в момент начала деформации пружины. О наступлении этого момента судят по возникновению возможности вытянуть с небольшим усилием полоску тонкой бумаги, предварительно заложенной между контактодержателем и контактом.

Конечное нажатие контактов измеряют во включенном состоянии аппарата, определяя момент измерения так же, как и в предыдущем случае. Полоску бумаги закладывают между контактами (рис. 120, *б*).

В некоторых случаях, когда способом вытягивания полоски по каким-либо причинам пользоваться неудобно, используют другие приемы для определения момента отсчета показания динамометра. Например, в автоматах типа АВМ при измерении нажатия предварительных и разрывных контактов для этой цели используют винт *8* (рис. 120, *в*), который в момент измерения освобождается от усилия пружины, уравновешенного усилием оттягивания. Конечное нажатие главных контактов измеряют с помощью специального динамометра *7*. Этот динамометр навертывается вместо регулировочной гайки контактной пружины главного контакта. Фасонный винт *6* динамометра опирается после завертывания на контактодержатель главного контакта.

Направление силы оттягивания должно быть перпендикулярным плоскости касания контактов. Линия действия этой силы должна

проходить через точку касания, середину линии или площадки касания контактов.

Усилие вытягивания контактов врубного типа измеряют также с помощью динамометров. При отсутствии динамометра можно воспользоваться набором гирь. Необходимое направление создаваемого при этом усилия достигается с помощью гибкой нити, перекинутой через неподвижный блок.

Плотность соприкосновения контактов проверяют щупом толщиной 0,05 мм. При точечном контакте щуп не должен проникать между контактами. Глубина проникновения щупа в линейный контакт должна быть не более $^1/_3$ длины контактной линии. В плоскостный контакт щуп не должен проникать глубже чем на $^1/_3$ ширины контактной площадки.

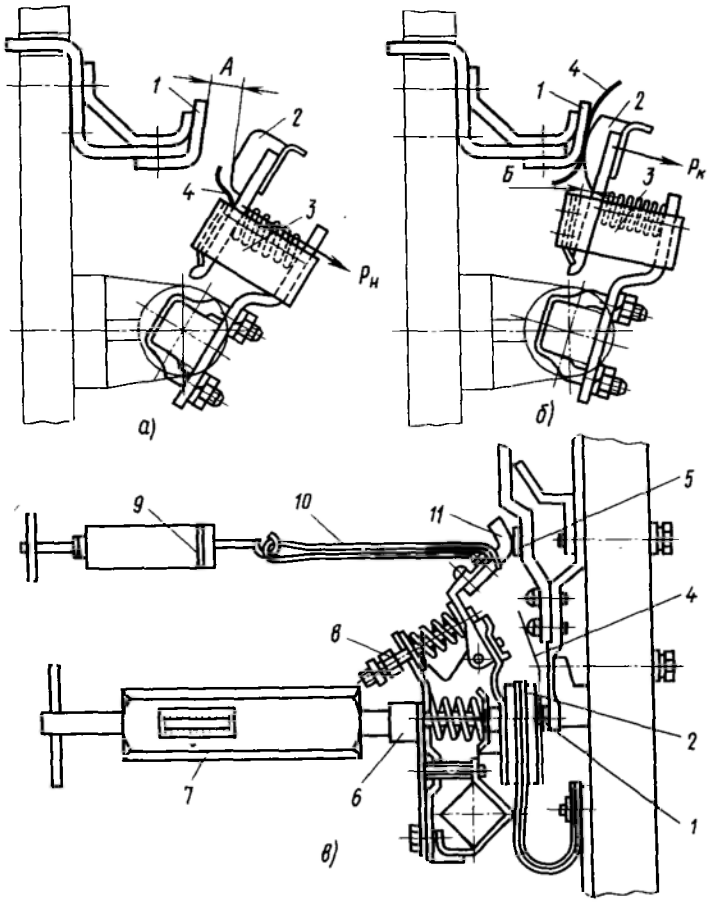


Рис. 120. Схемы измерения нажатия контактов:
а — начального $P_н$, *б* — конечного $P_к$, *в* — конечного в дугогасительных и главных контактах автомата АВМ; *А* — зазор, *Б* — провал; *1* — неподвижный контакт, *2* — подвижный контакт, *3* — контактодержатель, *4* — полоска тонкой прочной бумаги, *5* — неподвижный дугогасительный контакт, *6* — фасонный винт, *7*, *9* — динамометры, *8* — винт пружины дугогасительных контактов, *10* — тесьма, *11* — подвижный дугогасительный контакт

Плотность прилегания контактов врубного типа проверяют щупом шириной 10 мм и толщиной 0,05 мм, который не должен входить между соприкасающимися контактами глубже чем на 6 мм. При обнаружении неплотности прилегания контакты рихтуют и пришлифовывают на плите. Контактные губки чаще всего заменяют. Не рекомендуется снимать поверхностный слой контактов, покрытых металлокерамикой и серебром.

Точность совпадения контактных поверхностей подвижных и неподвижных контактов в общем случае не нормируется. При контроле совпадения контактных поверхностей пользуются указаниями завода-изготовителя. При отсутствии таких указаний считают, что площадь совпадения контактных поверхностей должна быть не менее 70%. При этом подвижные контакты врубного типа должны входить в неподвижные губки без ударов об их торцовую часть.

В зависимости от конструкции контактов их совпадения достигают путем бокового смещения или поворота неподвижных контактов вокруг оси контактодержателей на основании или подвижных — на валу аппарата. Часто для регулировки оказывается достаточно изменить зазоры, имеющиеся в незатянутых соединениях контактов. В отдельных случаях зазоры для этого искусственно увеличивают в допустимых пределах, развертывая или рассверливая отверстия резьбовых соединений контактных групп.

Одновременность замыкания контактов может иметь большее или меньшее значение в зависимости от вида включаемых или отключаемых электроприемников и от вида отключения. Так, например, желательно, чтобы включение и отключение асинхронных двигателей, а также отключение токов коротких замыканий быстродействующими выключателями происходило одновременно во всех фазах.

Одновременности работы контактов достигают теми же приемами, которыми пользуются при регулировке раствора и провала. При регулировке контакты перемещают так, чтобы возросло контактное нажатие. Необходимо следить в этом случае за тем, чтобы растворы и провалы оставались в допустимых пределах.

В аппаратах напряжением до 1000 В подвижную систему приводят в медленное движение и контролируют при этом зазоры между контактами. При касании первой пары контактов измеряют зазоры в других контактных парах. Допуски на неодновременность даются в заводских инструкциях, как правило, в миллиметрах. Для многополюсных контакторов и пускателей допускают неодновременность замыкания до 0,5 мм, для разъединителей напряжением выше 1000 В — до 3 мм, а для маломасляных выключателей с розеточными контактами — до 5 мм. Обычно момент измерений определяют визуально или по защемлению между контактами полоски тонкой бумаги.

В маломасляных выключателях о моменте касания сигнализируют лампы накаливания пониженного (для безопасности) напряжения, подключаемые к источнику контактами самих выключателей.

Последовательность работы контактов должна быть определенной при наличии в одной цепи более одного контакта с разными функциями. Например, в одной цепи воздушного автомата серии

АВМ работают три контактные пары, включенные параллельно: главные, переходные и дугогасительные. Каждая из этих пар должна срабатывать одновременно с одноименными парами в других цепях, но в пределах одной цепи они работают последовательно. В момент касания дугогасительных контактов автоматов зазор между переходными контактами должен быть в пределах 5—7 мм, а при касании переходных контактов зазор между верхними частями главных контактов — 2,5—3,5 мм.

В нормальных контактных системах с электромагнитными приводами блок-контакты срабатывают позже, а возвращаются раньше главных контактов. В частных случаях может быть установлена и другая последовательность срабатывания главных и блокировочных контактов. Величина линейного отставания блокировочного контакта от главного при включении обычно составляет 0,5—1 мм.

Последовательность работы контактов аппаратов регулируется теми же способами, что и раствор или провал. Предпочтительными являются регулировки, не снижающие контактного нажатия.

Регулировка плотности прилегания якоря к сердечнику электромагнитных приводов аппаратов обычно производится в магнитных системах переменного тока. Магнитопроводы этих систем набирают из тонких листов электротехнической стали. Неровности стыка торцов магнитопровода в воздушном зазоре приводят к увеличению тока, нагрева, шума и вибраций при работе. Поэтому допускают лишь такие неровности в стыке, при которых общая площадь прилегания якоря к сердечнику составляет не менее 70% площади поперечного сечения стыка. Площадь прилегания сердечника и якоря определяют с помощью краски, нанесенной на торец якоря, и листа бумаги. Лист вводят в зазор и сжимают между сердечником и окрашенным якорем. Вместо краски применяют лист копировальной бумаги. Если площадь отпечатка, полученного на бумаге при полном замыкании магнитопровода, меньше 70% общей площади стыка, примыкающие друг к другу участки магнитопровода пришабривают. Шабрение осуществляют вдоль торцов листов. После шабрения торец магнитопровода очищают от стружек стальной щеткой. Пригонку стыка выполняют при условии, что боковые люфты якоря находятся в пределах допусков. В противном случае сначала устраняют излишне большие люфты.

Предельное расположение механизма выключателей во включенном состоянии выбирают поблизости от мертвой точки механизма, но на определенном расстоянии от нее. Если механизм во включенном состоянии расположен слишком близко к мертвой точке, то он может отказать при отключении. При нахождении механизма выключателей в мертвой точке оси его звеньев располагаются на линии действия усилия отключающей пружины. При этом освобождение подвижной системы с защелки привода не вызовет отключения, так как для удержания механизма в мертвой точке достаточно сил трения. Если же механизм выключателя во включенном состоянии расположен слишком далеко от мертвой точки, то затрудняется как включение, так и снятие механизма с защелки привода. В этом случае оси звеньев оказываются значительно смещенными с линии действия усилия отключающей пружины. В результате в звеньях механизма под действием отключающей пружины

возникают большие силы трения. Привод выключателя оказывается перегруженным как при включении, так и при отключении выключателя. Ряд выключателей (ВМП-10, МГГ-10 и др.) не имеют в механизме звеньев, способных образовать мертвую точку. В этом случае такие звенья должны быть в приводе выключателя.

Оптимальное положение включения механизма выключателей контролируют с помощью шаблонов, форма и размеры которых указываются заводом-изготовителем. Совпадение контрольных точек шаблона с осями звеньев мертвой точки свидетельствует о правильной регулировке положения включения. Недотяг (зазор) между шаблоном и средней осью (в иных выключателях — между крайними осями) допускается в пределах 2—3 мм. Перетяг (противоположный зазор) недопустим совершенно.

Скорости включения и отключения являются важными характеристиками силовых выключателей. Скорость отключения в известной мере определяет время существования дуги при нормальных отключениях и влияет на сохранность контактов. Определенная скорость включения позволяет избежать приваривания контактов. Скорости включения и отключения измеряют методом виброграмм.

В качестве записывающего прибора используют неподвижно закрепляемый на металлоконструкциях электромагнитный виброграф. Перо вибрографа колеблется с частотой 50 Гц. Размах колебаний регулируется в пределах, обеспечивающих удобства измерения. Относительно пера вибрографа, касаясь его, перемещается приспособление с закрепленной на нем полосой бумаги. Для выключателей различного типа это приспособление имеет разную форму: пластины для выключателя ВМП, диска на валу выключателя ВММ,

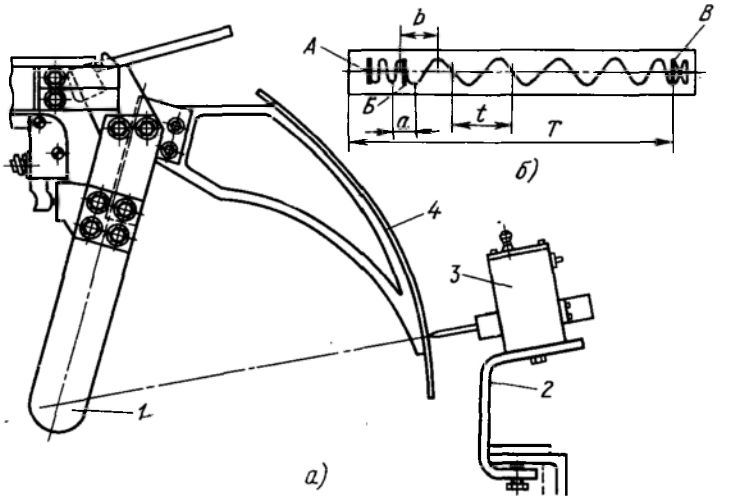


Рис. 121. Приспособление (*а*) и виброграмма (*б*) для измерения скорости включения и отключения выключателей серии ВЭМ:

1 — подвижный контакт, *2* — кронштейн, *3* — виброграф, *4* — сектор; *А* — метка начала отключения. *Б* — метка момента размыкания контактов, *В* — метка конца отключения, *t* — период колебания вибрографа (0,02 с), *Т* — время полного хода контактов, *a*, *b* — расчетные периоды виброграммы

сектора для выключателя ВЭМ (рис. 121, *а*). При включении выключателя вручную перо вибрографа, отключенного от источника питания, прочерчивает осевую линию виброграммы. В момент касания контактов определяемый по тестеру, пробнику или сигнальной лампе, на виброграмме делают метку *Б* кратковременным включением вибрографа под напряжение. Эта метка соответствует моменту размыкания контактов. Затем выключатель доводят до положения полного включения. Наносят вторую метку А, которая соответствует моменту начала отключения. Перед отключением включают виброграф. В процессе отключения перо вычерчивает на бумаге периодическую кривую (рис. 121, *б*), период которой пропорционален скорости движения контактов (пересечения осевой линии при частоте колебаний пера происходят через 0,01 с). Третья метка *В* виброграммы соответствует моменту остановки подвижной системы.

На каждой из виброграмм средняя скорость отключения определяется как полусумма двух периодов, примыкающих с обеих сторон к метке Б момента размыкания контактов. В зависимости от конструкции приспособления скорость движения контактов (м/с) вычисляют по формулам:

а) для выключателя ВМП $v_{ср}=\frac{a+b}{2}10^{-1}$;

б) для выключателя ВММ (диаметр диска 200 м) $v_{ср}=2\frac{a+b}{2}100$;

в) для выключателя ВЭМ $v_{ср}=\frac{a+b}{2}$.

В каждом измерении снимают не менее трех виброграмм. Результат измерений вычисляют как среднее арифметическое скорости по всем снятым виброграммам. Скорость включения определяют аналогично.

§ 45. Особенности монтажа электроаппаратов

Монтаж воздушных автоматов напряжением до 1 кВ

Воздушные автоматы выпускают в стационарном и выдвижном исполнении. В автоматах стационарного исполнения предусматривается возможность переднего и заднего присоединения внешних цепей. Автоматы в выдвижном исполнении изготовляют на специальных тележках, предназначенных для установки в комплектных распределительных устройствах (см. рис. 109, *а*). Для соединения с токопроводящими частями распределительного устройства выдвижные автоматы оборудуют втычными (штепсельными) контактами. Рабочее положение воздушных автоматов — вертикальное с допустимым отклонением ±5°.

При регулировке автоматов обращают внимание на согласование работы параллельных контактов (главных, дугогасительных). Кон-

тактное нажатие, растворы и провалы регулируют в соответствии с указаниями завода-изготовителя. Для регулировки контактного нажатия втычных контактов между их неподвижными губками устанавливают вместо подвижного контакта обработанную стальную пластину толщиной 10 мм. Между пластиной и губками зажимают полоску бумаги и определяют контактное нажатие по методике, изложенной ранее.

Воздушные автоматы рассчитаны на большие отключаемые токи. Поэтому гибкие проводники для внешнего присоединения должны быть надежно закреплены на металлоконструкции распределительного устройства, непосредственно у выводов автомата. В противном случае электродинамические усилия в проводниках при коротких замыканиях будут воздействовать на детали автомата, которые на это не рассчитаны.

После монтажа на контакты автомата устанавливают дугогасительные камеры и убеждаются в отсутствии соприкасаний контактов и стенок камер во всех положениях подвижной системы.

Для заземления автоматов заземляющий болт каркаса соединяют с металлоконструкцией РУ. В автоматах, имеющих ручной рычажный привод, заземляющий проводник присоединяют также к болту крепления привода. В автоматах выдвижного исполнения для заземления служит специальный скользящий контакт. После завершения монтажа этих автоматов проверяют надежность действия механической блокировки, запрещающей разъединение втычных контактов при включенном автомате.

Монтаж аппаратов напряжением выше 1 кВ

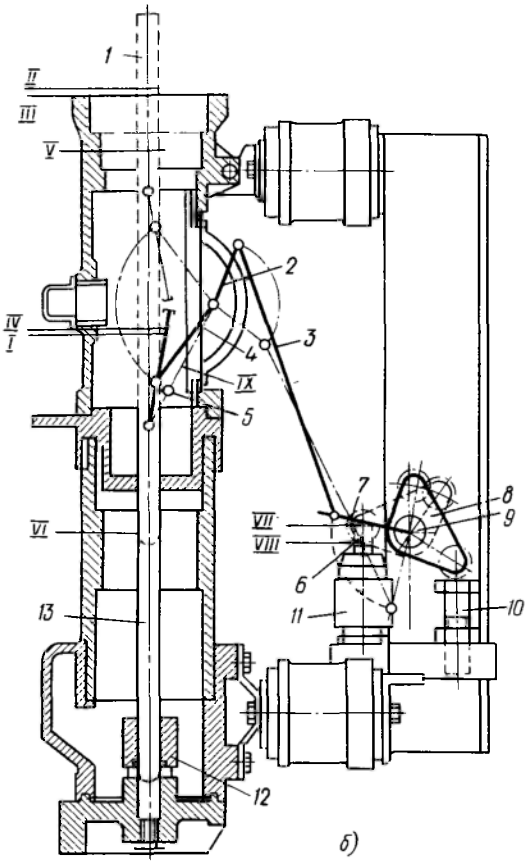
Маломасляные выключатели широко применяют в стационарных и выкатных комплектных распределительных устройствах. Заводы-изготовители поставляют маломасляные выключатели полностью собранными и отрегулированными.

Выключатели подвергают ревизии, разбирая их только при очевидных повреждениях внутренних деталей. Выключатели обычно поступают на монтаж во включенном состоянии временно застопоренными от случайного отключения. Перед осмотром на месте монтажа временные стопоры снимают и отключают выключатель. Во время этой операции соблюдают меры предосторожности, так как мощные пружины создают высокие скорости движущихся частей при отключении.

Выключатели серии ВМП устанавливают на опорные конструкции, и во избежание перекосов при монтаже выверяют их по вертикали и по главным осям камеры.

Раму выключателя крепят к опорным конструкциям с помощью резьбовых соединений. Приводы выключателей, поступающие на монтаж в полностью собранном и отрегулированном состоянии, устанавливают на стенах зданий или на опорных металлоконструкциях. На стенах, имеющих неровную поверхность, под приводы подкладывают опорные стальные пластины толщиной до 8 мм.

После установки в соответствии с разметкой и выверки положения выключателя и его привода регулируют ход подвижной части выключателя. Для этого выключатель и привод отключают и соединяют их валы тягой. Регулировку длины тяги начинают при



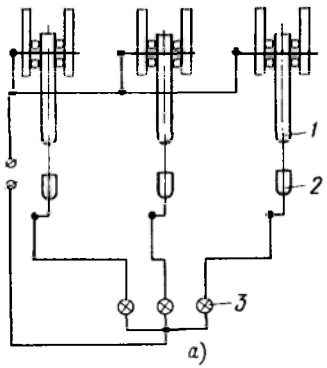


Рис. 122. Регулировка выключателя ВМП-10:

а — схема индикации момента касания контактов, *б* — кинематическая схема; *1* — контрольный стержень, *2, 4, 7* и *8* — рычаги, *3* — изоляционная тяга, *5* — серьга, *6* — поршень, *9* — приводной вал, *10* — упорный болт, *11* — масляный буфер, *12* — розеточный контакт, *13* — контактный стержень; *I* — предельное положение стержня в отключенном состоянии, *II* — предельное положение стержня во включенном состоянии, *III* — недоход во включенном состоянии, *IV* — недоход в отключенном состоянии, *V* — момент касания контактов, *VI* — низ контактного стержня в отключенном положении, *VII, VIII* — положения поршня масляного буфера в отключенном и включенном состояниях, *IX* — положение рычага и серьги механизма и полюса при полном ходе контактного стержня

полностью включенных приводе и выключателе. Затем, изменяя углы поворота рычагов, добиваются нормальной величины раствора контактов. Механизм привода осматривают в различных положениях. Работу механизма свободного расцепления проверяют при полностью включенном положении выключателя и в двух-трех промежуточных положениях. Верхнюю крышку и маслоотделитель каждого цилиндра снимают, и в резьбовые отверстия в торцах подвижных контактов ввертывают регулировочные стальные стержни ∅ 6 мм и длиной 400 мм с резьбой М6 на конце. Для контроля момента соприкосновения контактных стержней с неподвижными розеточными контактами монтируют вспомогательную схему с лампами сигнализации (рис. 122, *а*). Неодновременность касания контактов в различных полюсах не должна превышать 5 мм.

При ручном управлении подвижной частью регулируют момент замыкания контактов и отмечают предельные верхнее (отключенное)

и нижнее (включенное) положения подвижных контактов. Для этого наносят риски на регулировочные стержни. В процессе регулировки (рис. 122, *б*) обеспечивают общий ход контактных стержней в цилиндрах в пределах 240—245 мм, ход в контактах (вхождение стержня в розетку) — в пределах 56—64 мм (для выключателя на 1500 А — 52—60 мм) и угол поворота вала выключателя — в пределах 85—89°. При этом недоход контактного стержня во включенном положении, зафиксированном защелкой привода, до предельного нижнего положения должен быть не менее 4 мм. Этот недоход представляет собой расстояние, которое подвижная часть переходит по инерции за пределы ее фиксированного положения. При этом отключающая пружина сжимается, что приводит к прекращению движения подвижной части, а затем и к движению в обратном направлении, в начале которого и осуществляется (при помощи защелки) запирание подвижной части в требуемом положении.

Величину недохода практически оценивают при ручном включении привода до упора измерением зазора между защелкой и опирающимся на нее при фиксации роликом. Зазор должен быть равен 1—2 мм. При бо́льших зазорах подвижная часть сильно ударяет по защелке при фиксации. Кроме того, чрезмерный выбег (заход) контактного стержня за фиксированное положение в контактах розеточного типа может привести к удару конца стержня в дно розетки. Такие удары недопустимы по условию механической прочности опорных изоляторов. Поэтому при регулировке ходов подвижной части выключателей с розеточными контактами проверяют запас хода контактного стержня при включении. Для этого в розетку неподвижного контакта до отказа вводят отсоединенный от механизма подвижный контактный стержень вместе с ввернутым в него регулировочным стержнем. Предельное положение контакта отмечают риской на регулировочном стержне. Вторую риску наносят при нормально фиксированном положении подвижного контакта. Расстояние между рисками равно запасу хода контактного стержня при включении. Обычно считают достаточным запас хода около 20 мм.

Регулировку подвижной части выполняют так: переводят выключатель из включенного положения в отключенное, а затем, отступив на 5 мм, наносят на регулировочный стержень риску. Это расстояние в 5 мм от крайнего отключенного положения выключателя называется недоходом подвижной части. Величину недохода регулируют при помощи тяг, соединяющих выключатель с приводом. Величина хода подвижной части выключателя ограничивается буферами: пружинным при включении и масляным — при отключении.

По окончании регулировки хода подвижной части выключателя и привода регулировочные стержни убирают, устанавливают маслоотделители и верхние крышки цилиндров и заливают цилиндры и масляный демпфер чистым сухим трансформаторным маслом. В малообъемных выключателях напряжением до 35 кВ масло используется только как газогенерирующее вещество. Поэтому масло заливают из металлической посуды при любой температуре окружающей среды и без применения центрифуги или фильтр-пресса. Проверяют достаточность затяжки и стопорят все резьбовые соединения. Выключатель опробуют, включая его 10—15 раз от привода.

В заключение монтажа регулируют сигнально-блокировочные контакты привода, работающие в цепях управления выключателем. Блок-контакты в цепи включения должны размыкаться только после полного включения выключателя и установки механизма на защелку. Блок-контакты цепи отключения должны размыкаться не позже главных контактов выключателя.

Электромагнитные и вакуумные выключатели применяют преимущественно в выкатных комплектных распределительных устройствах. Они поставляются полностью собранными и отрегулированными. Выключатели ВЭМ-6 транспортируют без дугогасительных камер, упакованных отдельно.

При ревизии выключателей тележки выкатывают из ячеек КРУ. Выключатели расконсервируют, очищают от пыли и загрязнений. Гасительные камеры продувают сухим сжатым воздухом со всех сторон. Камеры устанавливают на выключатель, убедившись в правильности вхождения их втычных контактов в розетки, к которым подключены катушки магнитного дутья. Вручную перемещают подвижные контакты, контролируя отсутствие задеваний их о камеры. Узлы и детали выключателя осматривают, выявляя внешние повреждения и работоспособность. Проверяют подвижность механизмов выключателя и привода; осматривают пружины в сжатом и растянутом состоянии, оценивая равномерность шага их витков. Трущиеся части смазывают тонким слоем рекомендованной заводом смазки.

Контактную систему выключателей серии ВЭМ регулируют обычными способами. Раствор главных контактов должен быть не менее 110 мм, провал — 3—4 мм при контактном нажатии 140±20 Н.

После регулировки контролируют степень затяжки резьбовых соединений, проверяют механическую часть выключателя при замедленных ходах на включение и отключение. При этом в механизмах выключателя не должно быть заеданий и остановок в промежуточных положениях.

Проверяют работу привода, устройств блокировки, реле прямого действия и встроенных электромагнитов. Выключатель с приводом опробуют несколькими циклами включения.

Осуществляют пробное вкатывание тележки, проверяя работу втычных контактов и механических блокировок. Измеряют переходное сопротивление втычных контактов, которое должно соответствовать установленным нормам. Выкатив тележку, осматривают контактные поверхности втычных контактов и по рискам на этих поверхностях судят о надежности их работы. После вкатывания тележки в КРУ и проверки вторичных цепей управления производят 10—15-кратное включение выключателя приводом. Если после этого при осмотре выключателя не обнаруживают никаких неисправностей, выключатель сдают в эксплуатацию.

При регулировке выключателей ВЭМ соблюдают особенную осторожность в зоне движения контактов, имеющих значительные массы и перемещающихся с высокой скоростью. Отключающие собачки встроенных электромагнитных приводов во включенном состоянии стопорят стальным стержнем длиной 100 мм и ⌀ 3 мм. При отключениях стержни снимают. Рычаги ручного управления выключателем после каждой операции обязательно снимают.

Вакуумные выключатели содержат камеры КВД-21, которые в монтажных условиях регулировке не подлежат. Механизмы и приводы регулируют так же, как и рассмотренные ранее другие выключатели.

Вентильные разрядники чувствительны к увлажнению и ударам. Перед установкой их осматривают, проверяют на отсутствие шума при встряхивании и поворачивании на 20—30° от вертикали. Наличие шума при этом свидетельствует о внутренних повреждениях. Гибким стальным щупом проверяют правильность расположения и упругость уплотняющей резиновой прокладки.

Трубчатые разрядники устанавливают наклонно, под углом к горизонтали не менее 15°, так, чтобы зоны выхлопов не перекрывались и не вызывали перекрытий фаз на землю и чтобы была возможность контролировать визуально состояние разрядника, положение указателя срабатывания и вид внешнего промежутка.

При ревизии разрядники очищают от ржавчины и загрязнений. Специальным щупом проверяют длину внутреннего искрового промежутка, измеряют диаметр канала. Металлические части смазывают бескислотным вазелином.

Разрядники монтируют в состоянии, при котором изоляция остается упакованной в плотную оберточную бумагу до окончания монтажа. Включают разрядники между линейным проводом и заземлением. При этом во избежание повреждения органической изоляции разрядник отделяют от линейного провода внешним искровым промежутком. В зависимости от напряжения 6, 10, 35 кВ промежуток должен быть соответственно равен 10, 15, 100 мм. Расстояние от ближайшего электрода внешнего промежутка до верхнего наконечника разрядника должно быть не менее 250 мм во избежание затягивания дуги разряда на конструкцию разрядника.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите типы контактов, применяемых в электроаппаратах.
2. Какие типы дугогасительных устройств применяют в электроаппаратах?
3. Как устроены и работают установочные воздушные автоматические выключатели?
4. Каково устройство маломасляного выключателя ВМП-10? Как работает этот выключатель?
5. Каковы принцип действия, устройство и взаимодействие частей при работе вакуумной камеры КВД-21?
6. Как устроен и работает электромагнитный выключатель ВЭМ?
7. Каковы принципы действия, устройство и работа плавких предохранителей, тепловых реле и разрядников?
8. Какие работы выполняют при ревизии электроаппаратов?
9. Как измеряют скорости отключения и включения силовых выключателей?
10. В какой последовательности монтируют маломасляные выключатели? Какие регулировки производят при этом?

ГЛАВА VI. УСТРОЙСТВО И МОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

§ 46. Кабельные линии

Вне зданий и производственных помещений кабельные линии прокладывают:

в траншеях, отрываемых в земле,— на открытой и свободной от застройки местности;

в блоках и трубах под землей — при пересечении путей сообщения и мест с улучшенными покрытиями и оживленным движением;

в подземных кабельных туннелях — при большом числе кабелей, прокладываемых в одном направлении;

в подземных каналах, крытых железобетонными плитами,— при числе кабелей, прокладываемых в одном направлении, до 50;

в подземных коллекторах для совместной прокладки силовых кабелей, кабелей сигнализации и связи, а также технологических трубопроводов — при большом числе кабелей (до 50 и более) и насыщенности территории другими подземными коммуникациями;

на технологических и кабельных эстакадах — при тех же условиях, что и для туннелей и коллекторов и при отсутствии препятствий для сооружения надземных трасс;

под водой — при необходимости преодоления водных преград и отсутствии мостов.

Внутри зданий и сооружений кабельные линии прокладывают:

открыто непосредственно по строительным основаниям на сборных кабельных конструкциях — при отсутствии опасности механического повреждения;

в трубах — при повышенной опасности механического повреждения; в некоторых случаях трубы замоноличивают в бетон оснований и фундаментов;

в кабельных каналах со съемными крышками — при числе кабелей до 15 и отсутствии опасности проникновения в канал высокотемпературных жидких сред (расплавленный металл и др.);

в лотках и коробах — в электротехнических помещениях с ограниченным доступом персонала при небольшом числе кабелей в потоке;

на тросовых и струнных подвесках по фермам зданий и сооружений.

Элементами кабельных линий являются кабели, кабельная арматура, средства дополнительной механической защиты, поддерживающие и опорные конструкции.

При многих способах прокладки возводят специальные кабельные сооружения — коллекторы, туннели, каналы, блоки, эстакады. Строительство подземных сооружений связано с большим объемом земляных работ. Для удешевления капитальных кабельных сооружений широко применяют землеройные машины и сборный железобетон.

§ 47. Шинопроводы

Типы шинопроводов

Шинопроводом называют устройство для канализации электроэнергии, состоящее из голых или изолированных шин, изоляторов, соединительных, защитных и опорных конструкций. Шинопроводы распространены в установках напряжением до 1000 В.

Шинопроводы могут быть открытыми и защищенными в той или иной мере от воздействий окружающей среды.

Открытые шинопроводы представляют собой неизолированные шины, прокладываемые на изоляторах по опорным конструкциям на высоте не менее 3,5 м от пола и 2,5 м от настилов кранов. При этом должны быть обеспечены нормированные расстояния как между шинами, так и до окружающих объектов.

Защищенные шинопроводы по сравнению с открытыми имеют следующие преимущества: их поставляют комплектно, они имеют высокую заводскую готовность, небольшие габариты, ремонтопригодны, обеспечивают повышенную надежность при эксплуатации, могут быть многократно использованы и т. д. Номенклатура шинопроводов общепромышленного применения приведена в табл. 27. Кроме того, выпускают магистральные шинопроводы для агрессивных сред гальванических цехов серии ШМА-Х на токи 2500 и 4000 А и шинопроводы постоянного тока серий ШМАД и ШМАДК на токи 1600—6300 А.

Таблица 27. **Номенклатура шинопроводов**

Магистральные		Распределительные		Осветительные		Троллейные	
Тип	Ток, А	Тип	Ток, А	Тип	Ток, А	Тип	Ток, А
ШМА59-Н	4000	ШРА-73	250, 400, 630	ШОС67	25	ШТМ70	200
ШМА68-Н	2500, 4000	ШРА-73В	250, 400, 630	ШОС73	63	ШТМ72	400
ШМА73	1600	ШРМ-75	100	ШОС73А	100	ШТМ73	250
ШМА79	1000, 1250, 1600, 2000, 2000, 3200, 400					ШТА75	250
						ШТМ76	100

Обозначения шинопроводов: М — магистральный; Р — распределительный; ОС — осветительный; Т — троллейный: А — алюминиевые шины; М (после Р или Т) — медные шины; цифры означают год выпуска.

Шинопроводы различных серий и типов комплектуются из отдельных секций различной конфигурации и назначения. Секции могут быть прямые, угловые, гибкие, вводные, ответвительные, компенсационные, переходные и подгоночные. Длины секций унифицированы и кратны 770 мм. Подобрав секции различных конфигурации и вида, можно получить практически любой шинопровод.

Магистральные шинопроводы

Магистральные шинопроводы собраны из алюминиевых прямоугольных изолированных шин, расположенных вертикально и зажа-

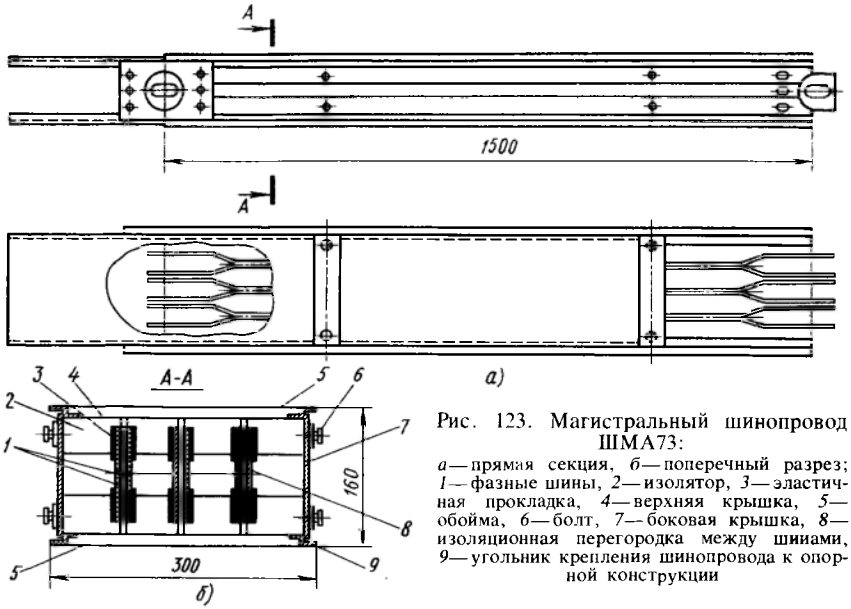


Рис. 123. Магистральный шинопровод ШМА73:

а — прямая секция, *б* — поперечный разрез; *1* — фазные шины, *2* — изолятор, *3* — эластичная прокладка, *4* — верхняя крышка, *5* — обойма, *6* — болт, *7* — боковая крышка, *8* — изоляционная перегородка между шинами, *9* — угольник крепления шинопровода к опорной конструкции

тых внутри перфорированного кожуха между специальными изоляторами (рис. 123). Число шин в магистральных шинопроводах — 3, 4, 6 (три спаренных). Магистральный шинопровод состоит из прямых и угловых секций с поворотом шин на ребро и плоскость, ответвительных вертикальных и горизонтальных (в том числе с автоматами и рубильниками) секций и др. Шины соединяют в основном сваркой при укрупнительной сборке блоков.

Шины собирают внахлест так, чтобы совпадали отверстия для одноболтовых сжимов. Сваривают шины по ребрам стыка. Места соединений шин изолируют эпоксидными составами или лакотканью ЛЭС-0,15 на клее № 88.

В шинопроводе ШМА73 кожух состоит из двух боковин двутаврового сечения и верхней и нижней перфорированных стальных крышек. Боковины, как и шины шинопровода, выполнены из сплава АД31Т1. Такой кожух является жестким и несущим. Боковины используются в качестве нулевого провода.

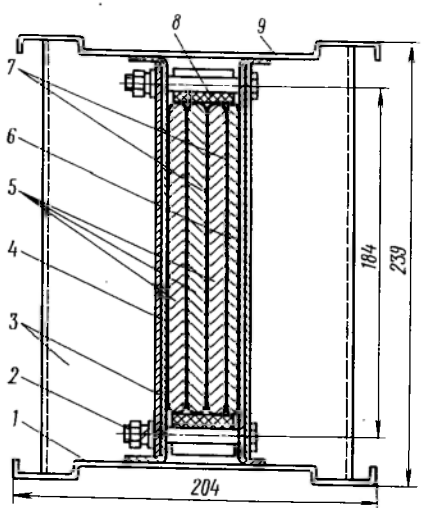


Рис. 124. Поперечное сечение пакета шинопровода ШМА79:

1 — нижняя обойма, *2* — крепежный болт, *3* — скоба крепления, *4* — боковина, *5* — фазная шина, *6* — нулевая шина, *7* — изоляция шин, *8* — изоляционная втулка, *9* — верхняя обойма

Шинопровод ШМА79 (рис. 124) имеет пакетную модульную конструкцию. Модулем шинопровода служит пакет, образованный изолированными шинами вместе с плотно прижатым к ним на всем протяжении секции жестким кожухом.

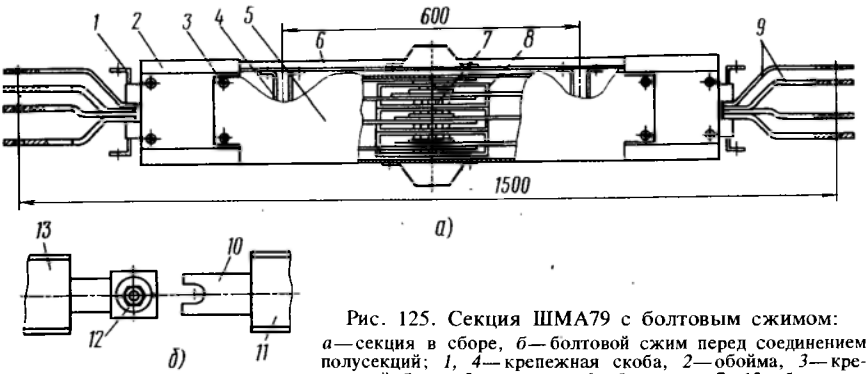


Рис. 125. Секция ШМА79 с болтовым сжимом:

а—секция в сборе, *б*—болтовой сжим перед соединением полусекций; *1, 4*—крепежная скоба, *2*—обойма, *3*—крепежный болт, *5*—крышка, *6*—боковина, *7, 12*—болтовые сжимы, *8*—изолятор болтового сжима, *9*—концы жил для сварного соединения, *10*—шина с открытым пазом, *11*—полусекция с открытым пазом, *13*—полусекция с болтовым сжимом

Двухпакетное исполнение шинопровода получают механическим соединением между собой двух модулей. Однопакетные шинопроводы на разные токи (1000, 1250, 1600 и 2000 А) выполнены в унифицированном кожухе одного габарита. Это облегчает переход с секций одного номинального тока на секции другого в линии шинопровода. Из модулей на указанные токи компонуют двухпакетные шинопроводы на токи 2500, 3200 и 4000 А.

Соединения шин секций шинопровода ШМА79 выполняют сваркой. При трудностях сварки используют специальную соединительную секцию, состоящую из двух полусекций с одноболтовым сжимом на их стыке. Одна из полусекций имеет открытый паз (вместо отверстия), что облегчает сборку секции (рис. 125).

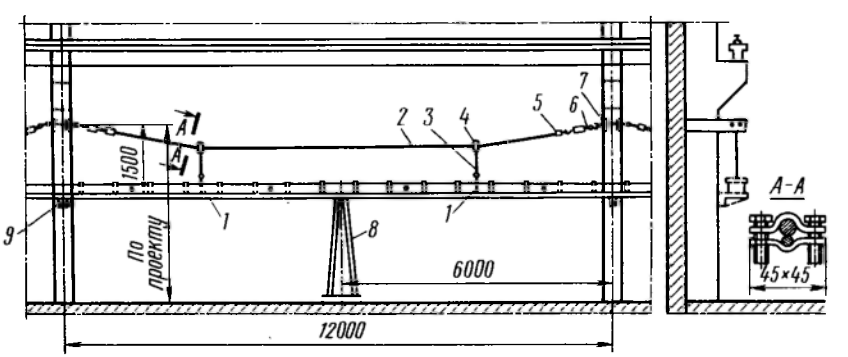


Рис. 126. Устройства крепления магистрального шинопровода в пролете длиной 12 м между колоннами на продольном тросе:

1—тросовый подвес, *2*—трос, *3*—стальная проволока, *4, 5*—сжимы, *6*—натяжная муфта, *7*—хомут, *8*—стойка, *9*—кронштейн

Сварное соединение шин изолируют с помощью специального изолятора — гребенки, укрепляемой на верхней крышке кожуха.

Шинопровод ШМА79 пригоден для использования в четырехпроводных сетях при напряжениях до 660/380 В. Нулевым проводом в этом шинопроводе является четвертая шина, сечение которой составляет 50 или 100% от сечения фазной шины.

Магистральные шинопроводы прокладывают на вертикальных стойках высотой 3 м. В качестве опорных конструкций применяют также кронштейны и тросовые подвески (рис. 126).

Распределительные шинопроводы

Распределительный шинопровод комплектуют из голых шин, расположенных горизонтально друг над другом внутри сплошного короба вдоль его вертикальной оси. Сплошной короб распределительного шинопровода (рис. 127, *а*) содержит шины, зафиксированные в пазах специальных изоляторов. Изоляторы закреплены в окнах короба. Таким образом шины могут перемещаться относительно изоляторов при колебаниях температуры. Нулевая шина внутри короба соединена с ним электрически. Как и магистральные, распределительные шинопроводы комплектуются

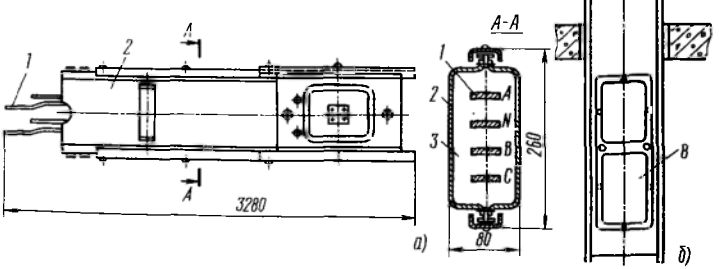


Рис. 127. Распределительные шинопроводы ШРА: *а* — общий вид прямой секции ШРА73, *б* — шинопровод ШРА73В для вертикальной прокладки; *1* — шина, *2* — короб, *3* — изолятор, *4* — универсальная секция, *5* — прямая секция, *6* — кронштейн, *7* — ответвительная коробка, *8* — крышка

прямыми и различными фигурными секциями, вводными и ответвительными коробками. Прямые секции длиной 3 м имеют по четыре окна с каждой стороны для штепсельного подключения ответвительных коробок. В местах ответвления на алюминиевые шины устанавливают медные накладки — неподвижные контакты штепсельного разъема. Окна закрыты крышками, которые снимают при монтаже ответвлений. Ответвительные коробки оборудуются автоматами, рубильниками, предохранителями, сигнальными устройствами.

На стыках секций шины соединяют внахлест с помощью болтов. Для соединения секций в кожухе шинопровода предусматривают специальные монтажные окна со съемными крышками.

На конструктивной основе шинопровода ШРА73 выполнен шинопровод для вертикальной прокладки ШРА73В (рис. 127, *б*). Устройство шинопровода, применяемого в качестве магистрального стояка, создает удобства при поэтажном монтаже высотных зданий. В номенклатуру шинопровода ШРА73В входит универсальная раздвижная секция, снабженная двумя огнестойкими перегородками, полностью перекрывающими сечение кожуха. Перегородки можно переставлять через 100 мм и располагать их в зоне прохода шинопровода сквозь междуэтажное перекрытие. Этим повышается степень пожарной безопасности шинопровода.

Раздвижная конструкция универсальной секции позволяет располагать ответвительные коробки на необходимой высоте.

По условиям нагрева при вертикальной прокладке шин их номинальный ток должен быть снижен на 10—12%.

Шинопровод ШРМ75 с медными шинами создан на базе шинопровода ШОС73 и предназначен для четырехпроводных сетей с напряжением 380 В, а также может быть использован и как осветительный.

Распределительные шинопроводы крепят так же, как и магистральные: на стойках, кронштейнах, подвесках.

Осветительные шинопроводы

Осветительные шинопроводы (рис. 128) предназначены для групповых четырехпроводных линий в сетях 380/220 В с нулевым проводом. В качестве проводников используют медные изолированные провода (ШОС67), алюминиевые шины, плакированные медью (ШОС73А), и медные шины (ШОС73). Прямые и фигурные секции

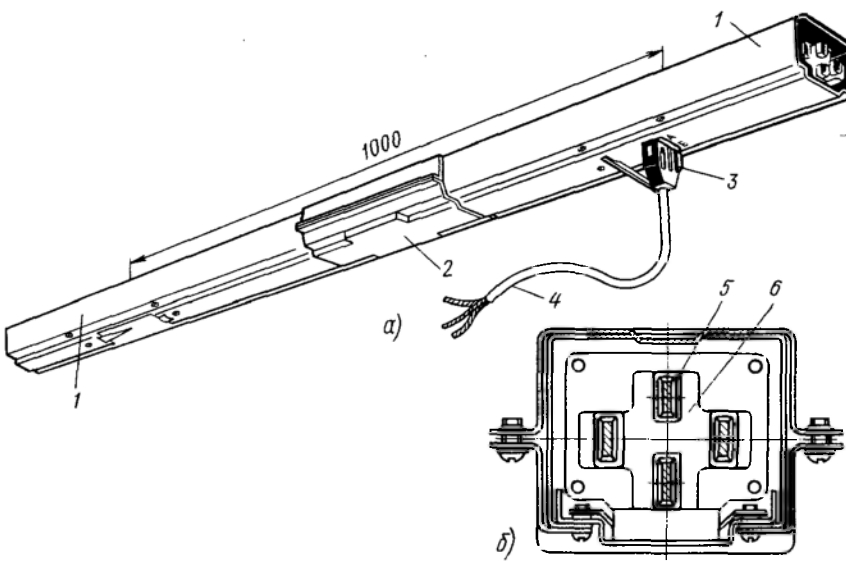


Рис. 128. Осветительный шинопровод ШОС73:

а — общий вид, *б* — штепсельное соединение секций: *1* — прямая секция, *2* — соединительная муфта, *3* — ответвительный штепсель, *4* — провод к светильнику, *5* — гнездо розетки, *6* — изолятор

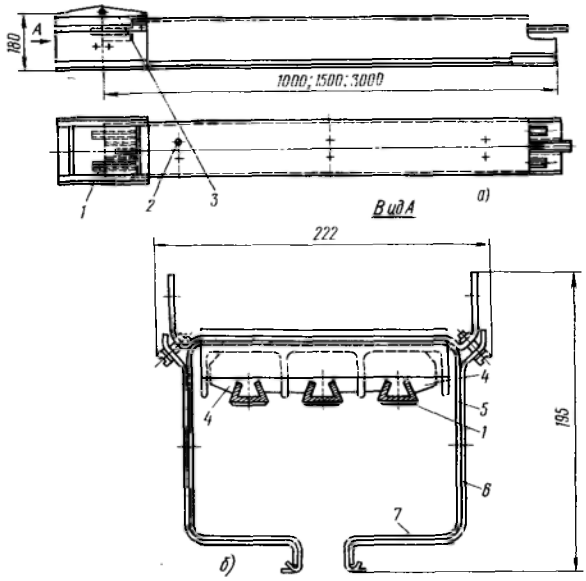


Рис. 129. Троллейный шинопровод ШТМ72:

а — общий вид, *б* — поперечный разрез; *1* — троллей, *2* — крепление изолятора, *3* — серьга подвески, *4* — изолятор, *5* — короб, *6* — корпус соединительной муфты, *7* — уступ короба

соединяют между собой четырехполюсным штепсельным разъемом. Каждая секция имеет с одной стороны гнезда, а с другой — штыри разъема. На прямых секциях снизу через каждые 500 мм смонтированы штепсельные гнезда, гнезда закрыты откидными крышками и служат для подключения светильников штепсельной вилкой. Короб каждой секции заземлен с помощью нулевого провода. Короба на стыке секций крепятся с помощью муфты винтами.

Шинопровод крепят на стенах, колоннах, фермах, перекрытиях, стойках. Часто в качестве несущих конструкций используют распределительные шинопроводы или специальные несущие трубы.

Светильники подвешивают к несущим конструкциям или непосредственно к осветительным шинопроводам. При этом общая нагрузка на 1 м шинопровода ШОС73 при максимальном пролете 3 м должна составлять не более 20 кг, а для ШОС67 — при максимальном пролете 2 м — 12 кг.

Троллейные шинопроводы

Троллейные шинопроводы (рис. 129) служат для питания подвижных электроприемников. К верхней крышке стального короба *5* шинопровода через одинаковые расстояния по его длине крепят разъемные изоляторы *4*, сжимающие три или четыре голых медных провода фигурного сечения (троллея) так, что они выступают внутрь короба. Концы *1* троллеев выводят из коробов секций вразбежку для удобства соединения сваркой. Стыки секций осуществляют в муфтах *6*, имеющих серьги *3* для подвески. Короб внизу имеет сплошную

продольную щель для вывода подвижных электрических цепей от скользящего контакта. Токосъем осуществляется с помощью каретки (рис. 130), перемещающейся внутри короба по уступам на роликах *2*. Боковые качания каретки предотвращают распорные ролики *1*. Щетки каретки прижаты пружинами к троллеям. В контактном блоке на каждый троллей устанавливают две медно-графитовые щетки, рассчитанные на ток 25 А (ШТМ70) или 100 А (ШТМ72). Сдвоенные каретки имеют вдвое больше щеток и номинальный ток 50 или 200 А. Каретки вводят в шинопровод через соединительные муфты. Для механического соединения каретки с тельфером или кран-балкой служит комплектная ведущая скоба.

В номенклатуру шинопровода входят прямые (0,75; 1; 1,5 и 3 м), угловые (45 и 90°) и концевые секции, а также каретки, опорные конструкции и др.

Троллейные шинопроводы ШТМ70, ШТМ72, ШТМ73 и ШТА75 предназначены для питания приводов подъемно-транспортных устройств.

Четырехпроводный шинопровод многоцелевого назначения ШТМ76 разработан для питания приводов подъемно-транспортных механизмов грузоподъемностью до 50 кН однофазных, трехфазных или постоянного тока, однобалочных кранов, электрифицированных инструментов.

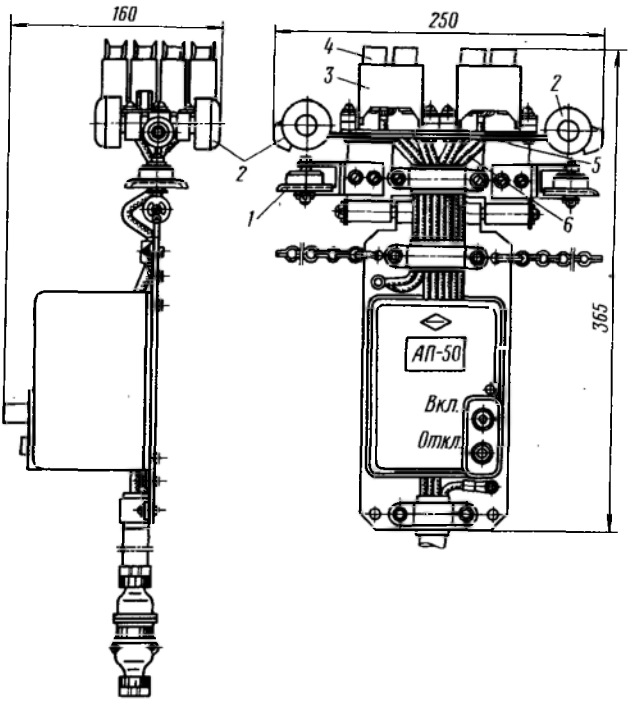


Рис. 130. Каретка троллейного шинопровода:
1—распорный ролик, *2*—ходовой ролик, *3*—блок контактов, *4*—щетка, *5*—основание, *6*—соединительные провода

В номенклатуре шинопровода ШТМ76 кроме прямых предусмотрены угловые (30, 40, 45, 50, 60 и 90°), присоединительные, компенсационные, разделительные и концевые секции, а также специальные секции для оборудования стрелок однорельсовых дорог и для ввода кареток.

Компенсационные секции имеют гибкую вставку и устанавливаются в линии шинопровода через каждые 30 м.

Троллейные шинопроводы крепят с помощью кронштейнов на железобетонных и металлических подкрановых балках, а также вдоль монорельсов. Минимальная высота прокладки их — 3,5 м.

§ 48. Электропроводки

Электропроводкой называется совокупность проводов и кабелей с относящимися к ним креплениями, поддерживающими, защитными конструкциями и деталями, установленными в соответствии с ПУЭ-76.

К электропроводкам относят силовые, осветительные сети и вторичные цепи напряжением до 1000 В, выполненные изолированными проводами всех сечений или небронированными кабелями с резиновой и пластмассовой изоляцией сечением до 16 мм^2.

Электропроводки внутри зданий и сооружений называют внутренними. Наружными считают электропроводки, проложенные по наружным стенам зданий, под навесами, а также на опорах (не более 4 пролетов, каждый длиной 25 м) вне дорог и улиц.

Наружные и внутренние электропроводки могут быть выполнены открытыми или скрытыми.

Открытые электропроводки прокладывают по поверхности строительных элементов зданий и сооружений следующими способами: непосредственно по поверхности строительных элементов; на роликах, изоляторах, струнах и полосах; в металлорукавах, трубах и коробах, на лотках, в электротехнических плинтусах и наличниках; на тросах; свободной подвеской.

Скрытые электропроводки прокладывают внутри конструктивных элементов зданий и сооружений, по перекрытиям, в подготовке пола, непосредственно под съемным полом следующими способами: в металлорукавах, трубах, коробах, замкнутых каналах и пустотах строительных конструкций, в заштукатуриваемых бороздах, под слоем штукатурки, а также замоноличиванием в строительные конструкции при их изготовлении.

Модульные электропроводки представляют собой магистрали в трубах, расположенные в подготовке полов с выходом в напольные распределительные коробки, выполненные в виде колонок. Распределение энергии от колонки между электроприемниками производят в стальных напольных трубах.

Струнные, тросовые, канальные, замоноличенные в панелях проводки, а также проводки на лотках, в коробах и электротехнических плинтусах относят к индустриальным.

Монтаж индустриальных электропроводок на монтажной площадке сводится к минимуму, так как основные работы осуществляются в заводских условиях на поточных линиях МЭЗ.

Широкая номенклатура проводниковых изделий, разнообразие способов прокладки и средств защиты представляют возможность выполнить электропроводки в разнообразных условиях производства и окружающей среды.

МОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

§ 49. Монтаж кабельных линий

Прокладка кабелей в траншеях

Обычно разбивку трасс кабельных линий производят представители проектной организации, а рытье траншей механизированным способом — подрядная организация под наблюдением монтажников — субподрядчиков. Эти работы должны быть согласованы с эксплуатирующей организацией и вестись в присутствии ее представителя.

Трассу прокладывают с учетом нормативных расстояний до подземных и наземных объектов.

Механизированную прокладку кабелей в траншеях осуществляют двумя способами: укладкой кабеля сверху с движущихся транспортных средств и тяжением кабеля вдоль траншеи.

Условием применения первого способа является отсутствие препятствий при продвижении транспорта вдоль траншеи и укладке кабеля в траншею. В этом случае кабель раскатывают с барабана, установленного в движущемся вдоль траншеи транспортере ТКБ-5 или ТКБ-6, кране-трубоукладчике (рис. 131, *а*), специализированном автомобиле или автомобильной станции (рис. 131, *б, в*). Кабель укладывают на дно траншеи без дополнительных средств механизации.

При прокладке кабеля с подвижных средств начальный участок кабеля временно закрепляют в траншее. Впоследствии кабель удерживается от смещения при укладке под действием сил трения. Однако во всех случаях при достаточно высоких скоростях раскатки необходимо, чтобы вращение барабану сообщалось от внешнего привода. В тех случаях, когда вращение и торможение барабана не механизировано, их осуществляют вручную. При укладке кабеля с движущейся специализированной кабельной машины барабан вращается транспортным двигателем через коробку отбора мощности.

В процессе раскатки кабеля монтажники перемещаются по траншее, принимают кабель и укладывают его на дно траншеи на подсыпку толщиной 100 мм из чистого песка или просеянной сухой земли. Скорость раскатки должна быть 0,6—1 км/ч.

Если в траншее имеются препятствия в виде поперечных креплений стенок траншеи, блочных участков, отрезков труб, сквозь которые кабель должен быть протянут, а также пересекающих траншею подземных или наземных сооружений, применяют второй способ прокладки. При протягивании кабеля вдоль траншеи его раскатывают с неподвижного барабана, вращающегося в специальных кабельных домкратах (рис. 132).

Вместо кабельных домкратов может быть использован транспортер ТКБ-5 (рис. 133), оборудованный ручным механическим тормозом. Кроме того, применяют специальное устройство (рис. 134) для

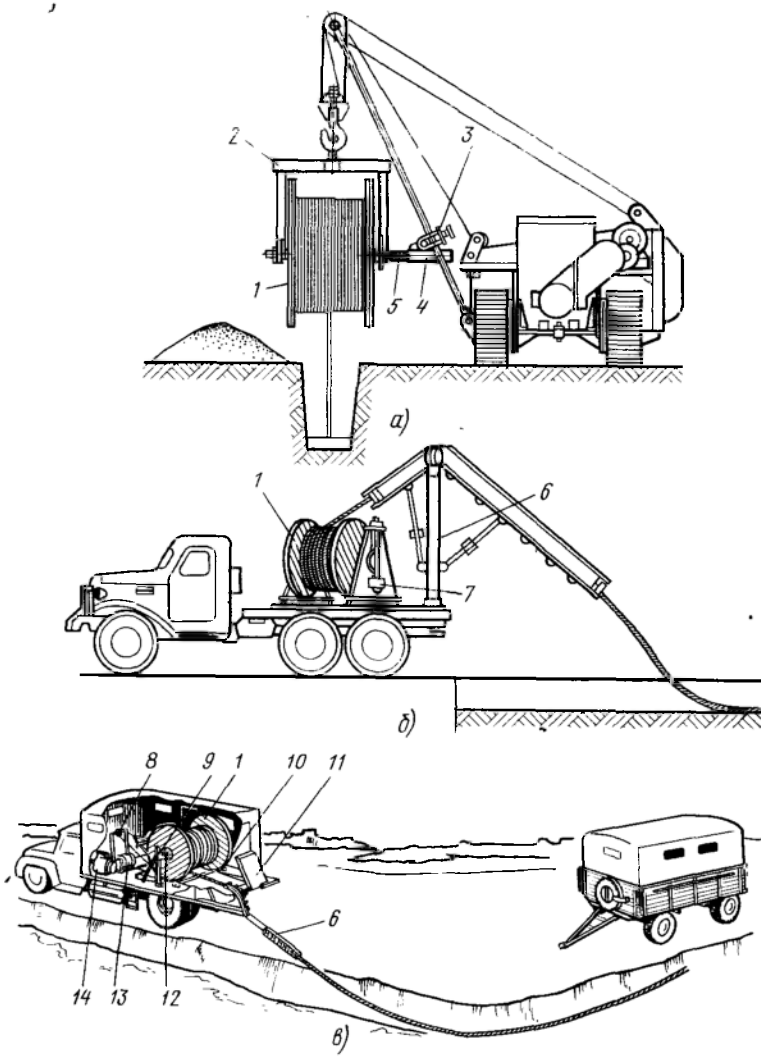


Рис. 131. Прокладка кабеля в траншею с движущихся средств:

а—с трубоукладчика, *б*—со специализированного автомобиля, *в*—с автомобиля специализированной станции; *1*—барабан, *2*—такелажная траверса, *3*—зажим, *4*—втулка-удлинитель, *5*—ось траверсы, *6*—направляющее приспособление, *7*—кабельный домкрат, *8*—погрузочная траверса, *9*—опорная стойка, *10*—тормозной упор, *11*—пандус в транспортном положении, *12*—ось барабана, *13*—лебедка, *14*—электрогенератор

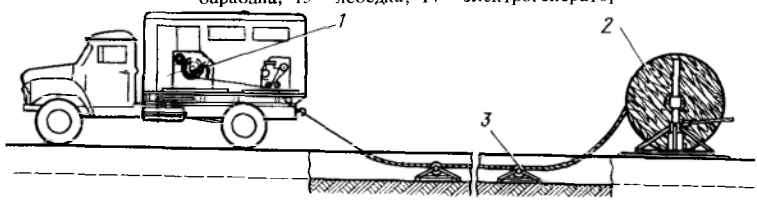


Рис. 132. Прокладка кабеля тяжением в траншею:

1—лебедка, *2*—барабан, *3*—линейный ролик в траншее

подъема, вращения и торможения кабельных барабанов. Во всех случаях высота нижней точки барабана над опорной поверхностью должна быть не менее 250 мм. Размотка кабеля с барабана при отсутствии тормозного устройства не допускается.

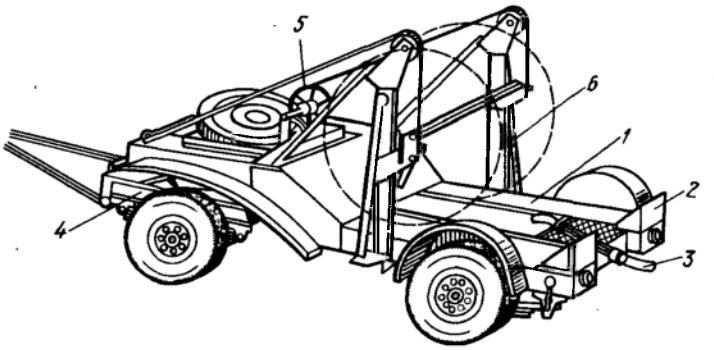


Рис. 133. Кабельный транспортер ТКБ-5:

1—платформа, *2*—откидной пандус, *3*—направляющее устройство, *4*—передняя поворотная тележка, *5*—ручной тормоз, *6*—стойка с приспособлениями для подъема барабана

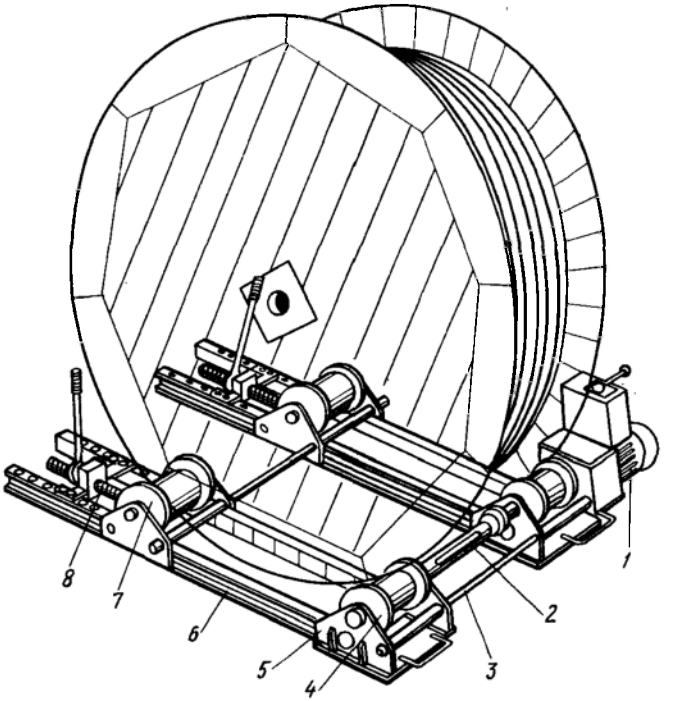


Рис. 134. Устройство для подъема, вращения и торможения кабельного барабана:

1—четырехскоростной электропривод, *2*—телескопический вал, *3*—тяга, *4*—приводной каток, *5*—подшипниковая стойка, *6*—рама, *7*—подъемно-опорный каток, *8*—подъемный винт с ручным приводом

На дно траншеи устанавливают через 5—6 м линейные кабельные ролики (рис. 135), на поворотах траншеи монтируют угловые ролики (рис. 136) или желоба, входы в цилиндрические отверстия блоков или труб оборудуют разъемными воронками. Все эти приспособления уменьшают трение при раскатке кабеля.

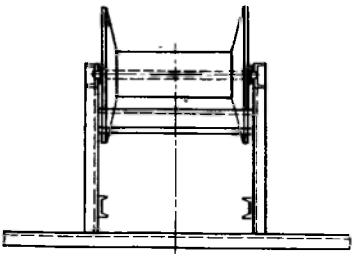


Рис. 135. Линейный кабельный ролик РКК-Л

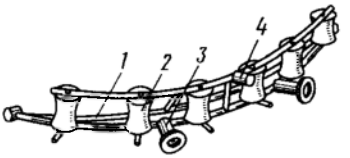


Рис. 136. Угловой универсальный ролик:

1—сегмент, *2*—рабочий валок, *3*, *4*—нижний и верхний ограничительные валки

Барабан с кабелем устанавливают на одном из концов траншеи так, чтобы кабель сматывался сверху, а направление его раскатки совпадало с осью начального участка траншеи. При этом вращение барабана должно быть противоположным стрелке, нанесенной на щеках барабана для указания направления перекатки.

На противоположном конце траншеи устанавливают тяговое устройство — лебедку, надежно закрепленную якорями, или специализированный автомобиль, оборудованный лебедкой. Тип лебедки, а также диаметр тягового троса выбирают по таблицам расчетных тяговых усилий, данным на 100 м кабеля в зависимости от материала и сечения его жил. Трос от лебедки пропускают через блок устройства контроля тягового усилия (динамометра) и растягивают вдоль трассы, располагая его на роликах и пропуская под все препятствия на трассе. Конец троса соединяют с концом кабеля с помощью специальных закрепляющих устройств: брезентового пояса (рис. 137, *а*), проволочного чулка (рис. 137, *б*), троса (рис. 137, *в*) или зажима (рис. 137, *г*). Проволочный чулок закрепляется на длине 0,5 м бандажом из вязальной проволоки. Бандаж накладывается на предохранительную подмотку из

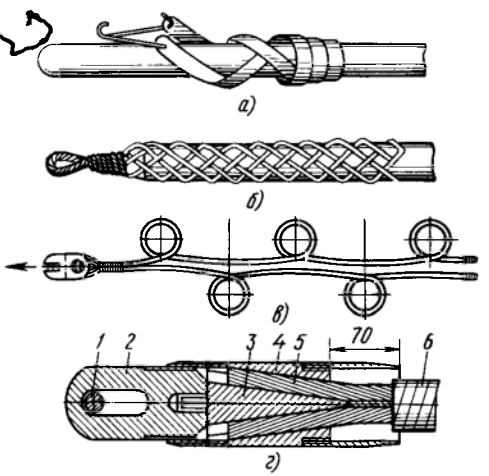


Рис. 137. Устройства крепления кабеля к тяговому канату:

а—брезентовым поясом, *б*—проволочным чулком, *в*—тросовым креплением, *г*—зажимом; *1*—трос, *2*—головка, *3*—звездочка, *4*—корпус, *5*—жила кабеля, *6*—кабель

смоляной ленты, расположенную на оболочке кабеля. Как проволочный чулок, так и брезентовый пояс применяют для закрепления кабеля длиной до 100 м и при сечениях жил 120—185 мм^2.

Клиновой зажим для тяжения за жилы применяется для кабелей больших сечений.

Усилие тяжения кабеля должно быть меньше предела прочности кабеля, по крайней мере, в 6 раз, т. е.

$$P_{max} \leq \frac{1}{6} nS\sigma_в,$$

где P_{max} — предельно допустимое усилие тяжения, Н; n — число жил кабеля; S — сечение жилы, мм^2; $\sigma_в$ — временное сопротивление материала жилы на разрыв, Н/мм^2: для меди $\sigma_в=260$, для алюминия $\sigma_в=160$.

Раскатку кабелей в траншеях рекомендуется вести со скоростью 0,6—1 км/ч (10—17 м/мин). Во время раскатки два монтажника должны вращать барабан и разделять слипшиеся витки кабеля. В необходимых случаях они производят торможение барабана. Один монтажник должен контролировать продвижение по трассе головного участка кабеля, а еще два монтажника должны управлять лебедкой и контролировать тяговое усилие.

После раскатки кабеля его снимают с роликов и укладывают по дну траншеи змейкой. Запас длины кабеля необходим для компенсации температурных изменений и возможных сдвигов слоев грунта. В нормальных условиях прокладки при устойчивых грунтах запас кабеля по длине должен составлять 1—3% от общей его длины. В грунтах, склонных к сдвигам, вспучиваниям и провалам, а также при прокладке кабеля в нагретом виде его запас длины должен быть увеличен до 3—4%.

Концы кабелей в траншее для монтажа соединительных муфт укладывают внахлест на длине около 1 м. Соседние муфты смещают по длине траншеи на расстояние не менее 2 м, располагая их в шахматном порядке.

После монтажа муфт кабельную линию маркируют. Бирки с маркировкой устанавливают на концах кабельной линии и через каждые 20 м по ее длине, а также на расстоянии 100 мм от каждой муфты. На кабельных бирках указывают напряжение и сечение жил кабеля, номер и назначение (наименование) линии. На бирках около муфт обозначают номер муфты, дату ее монтажа и фамилию монтажника-исполнителя.

Кабельную линию осматривают на всем протяжении, контролируют все нормированные расстояния и устраняют замеченные дефекты. Затем кабельную линию засыпают слоем мягкой просеянной земли или песка толщиной 100 мм.

Кабели напряжением до 1 кВ защищают от возможных механических повреждений при раскопках. Для этого кабели на участках, где повреждение возможно, покрывают сплошь железобетонными плитами толщиной не менее 50 мм или слоем кирпича, укладываемого вплотную друг к другу на его бо́льшую плоскость. Ширина слоя зависит от числа совместно проложенных кабелей.

Кабели напряжением выше 1 кВ (до 35 кВ) защищают плитами или кирпичом на всем их протяжении без разрывов.

Плиты и кирпич кладут над кабелем на первый слой засыпки толщиной не менее 100 мм. Последующую засыпку траншеи производят слоями толщиной 200—250 мм, увлажняя и утрамбовывая каждый слой.

Кабели напряжением до 20 кВ, проложенные на глубине 1 м и более, можно не защищать от механических повреждений.

Для засыпки траншей используют грунт, вынутый из траншеи ранее, но без мусора и камней. В зимнее время для засыпки применяют только сухую сеяную землю или песок. При засыпке и утрамбовке верхних слоев траншеи максимально используют средства механизации. Готовую трассу зачищают, нарушенные покрытия территорий восстанавливают.

На кабельную линию составляют акт на скрытые работы и исполнительный чертеж. На чертеже указывают направления прямых участков и углы поворота линии, места расположения кабельных муфт на трассе, а также расстояния от них до местных ориентиров.

При раскатке кабелей крупных сечений одностороннее тяжение может создать недопустимо большие растягивающие усилия в их конструктивных элементах. Во избежание этого применяют кабельные приводы, которые располагают равномерно по длине трассы. В результате усилие тяжения также распределяется равномерно по участкам трассы и недопустимые механические нагрузки на кабель не образуются.

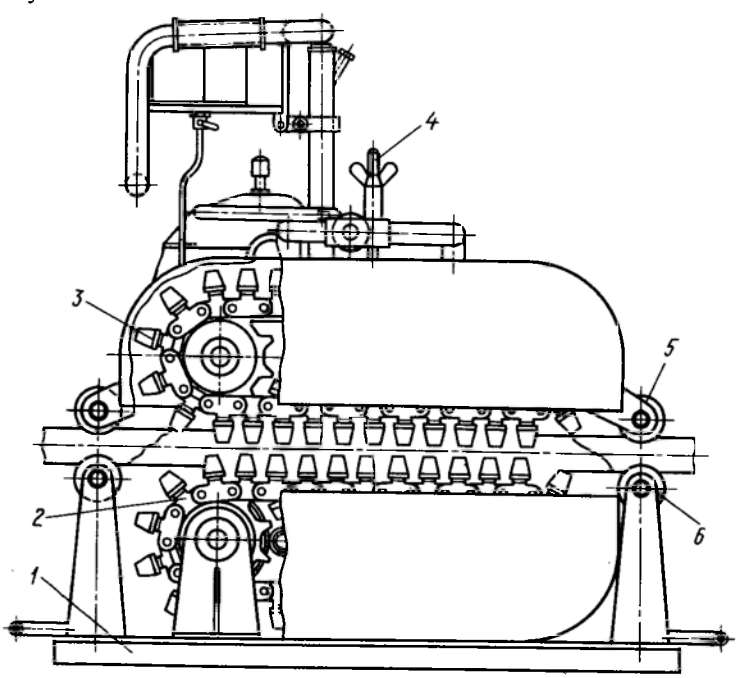


Рис. 138. Привод ВНИИПЭМ:

1—рама, *2*—ведущая цепь тягового элемента, *3*—ведомая цепь тягового элемента, *4*—прижимное устройство, *5*—прижимной ролик, *6*—опорный ролик

Для механизации раскатки кабелей в траншеях применяют кабельный привод ВНИИПЭМ (ВНИИпроектэлектромонтаж) с бензиновым двигателем от мотопилы «Дружба» (рис. 138). Тяговое устройство привода представляет собой гусеничный механизм, состоящий из двух цепей. Звенья цепи облицованы твердой резиной. Кабель зажимается между верхней и нижней цепями. Нижняя цепь через вал звездочки и редуктор соединена с валом бензодвигателя и является ведущей. Верхняя цепь с прижимным роликом *5* вертикально подвижны, благодаря чему осуществляется захват кабеля. Две пары направляющих роликов при протяжке кабеля обеспечивают его рихтовку. Кабельный привод, установленный непосредственно на дно траншеи, способен подавать кабель толканием на прямом участке трассы протяженностью 80 м и подтягивать его длиной 120 м. На трассах протяженностью несколько сот метров с поворотами устанавливают один привод на каждые 100 м перед поворотами траншеи. Это снижает нагрузки на кабель в момент его прохода по угловым роликам. Комплектно с приводом ВНИИПЭМ применяют специальные распорные ролики.

Прокладка кабелей в коллекторах, туннелях, блоках и других кабельных сооружениях

Общие сведения. Прокладка кабелей в сооружениях осуществляется тяжением с применением вспомогательных средств механизации (кабельные домкраты, линейные и угловые ролики, обводные устройства, кабельные захваты и др.). Вспомогательные средства (рис. 139) устанавливаются в сооружениях на распорных штангах, винтовых зажимах и т. п.

Барабан с кабелем помещают на кабельный домкрат или специальное устройство, чтобы обеспечить его вращение и торможение при раскатке. Это устройство по сравнению с кабельными домкратами имеет следующие преимущества: небольшая затрата времени на подъем барабана, наличие электропривода, регулируемая частота вращения барабана (2,5—5 об/мин в четыре ступени), самоторможение его при выключении двигателя, малые габариты устройства. Подъем барабана осуществляется грузовыми винтами *8*, перемещающими выталкивающие ролики *7*. Вращение передается барабану от двигателя *1* через редуктор и ведущие ролики *4* (см. рис. 134).

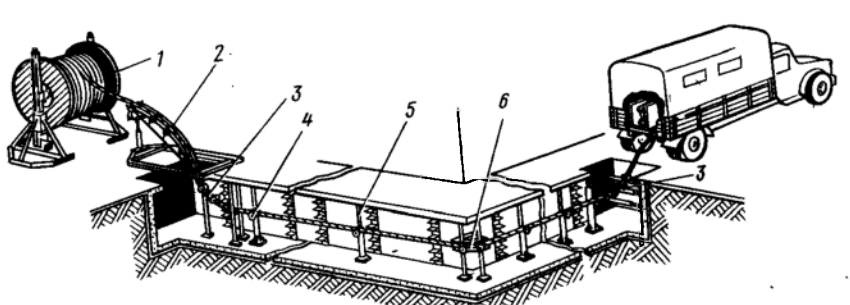


Рис. 139. Прокладка кабеля тяжением в туннель:

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

В качестве тяговых средств применяют в основном те же машины и механизмы, что и при раскатке кабелей в траншеях. При прокладке кабелей больших сечений применяют электроприводы (рис. 140). Наиболее часто используют роликовые электроприводы и челюстные механизмы раскатки кабеля типа МРК-3.

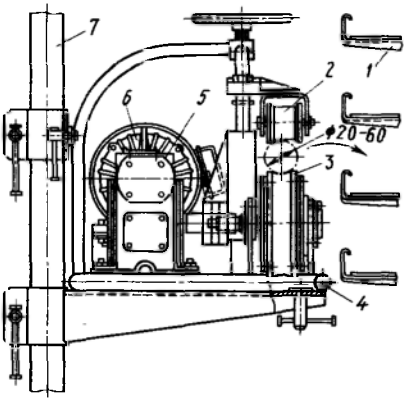


Рис. 140. Роликовый электропривод:
1—опорная кабельная конструкция, 2—прижимной ролик, 3—ведущий ролик, 4—рама, 5—редуктор, 6—электродвигатель, 7—распорная штанга

Прокладка кабеля в блоках. При прокладке кабеля в блоках (рис. 141) необходимы большие усилия тяжения. В связи с этим применяют вспомогательные устройства (ролики, обводные устройства, распорные штанги) усиленной конструкции.

Каналы блоков перед протягиванием кабеля калибруют для устранения острых выступов, опасных для кабелей, и очищают от мусора, наплывов застывшего бетонного раствора. Калибровку каналов осуществляют стальными контрольными цилиндрами, а очистку — стальными проволочными ершами (рис. 142). Последовательно сцепляют цилиндр и ерши, и к последнему ершу прикрепляют трос тяговой лебедки. Приспособление для прочистки протягивают по каналу с помощью вспомогательной лебедки, оснащенной более легким, чем тяговый, тросом. Таким образом одновременно с прочисткой канала в него вводят тяговой трос.

В неочищенный канал заводят легкий трос с помощью жесткой проволоки, конец которой образует петлю, заталкиваемой с противоположного конца канала. В длинные каналы (более 50 м) проволоки

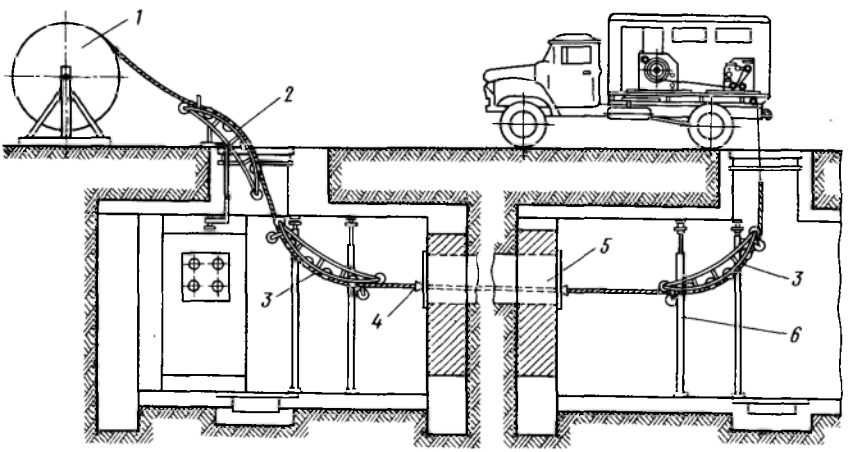


Рис. 141. Прокладка кабеля в блоках:
1—барабан, 2—верхнее обводное устройство, 3—нижнее обводное устройство, 4—воронка, 5—блок, 6—распорная стойка

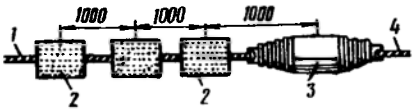


Рис. 142. Приспособление для калибровки и зачистки каналов блоков:

1—трос для протяжки кабеля, *2*—стальной ерш, *3*—контрольный цилиндр, *4*—трос для протяжки приспособления с тяговым тросом

заталкивают с обоих концов. Головные участки проволок загибают, образуя крюки, которыми сцепляют обе проволоки в канале. После этого проволоки вытягивают в сторону вспомогательной лебедки.

Для ускорения работ вместо проволоки в канал вдувают сжатым воздухом пустотелый пластмассовый шарик на прочном и легком шнуре или используют для той же цели специальное пневматическое устройство.

Конец легкого троса и конец введенного в канал шнура (проволоки) соединяют. При помощи шнура протягивают в канал трос и запасовывают его конец в барабан вспомогательной лебедки. С помощью вспомогательной лебедки протягивают через канал калибровочное устройство с тяговым тросом. Затем канал для очистки от мусора и пыли продувают сжатым воздухом. Кабель в свинцовой или алюминиевой оболочке смазывают солидолом или техническим вазелином (до 10 кг на 100 м кабеля) для уменьшения трения о стенки канала. К концу тягового троса чулком или конусным зажимом закрепляют конец кабеля и затягивают его с помощью тяговой лебедки в канал. Вход в канал оборудуют разъемной воронкой из алюминия и направляющими приспособлениями. Затяжка кабеля в туннель и блочную канализацию с помощью специализированного автомобиля была показана на рис. 132. Обычно в блоки прокладывают кабели СГТ, ВВГ, ВРГ, АСГТ, АВВГ и АВРГ, на коротких участках (до 50 м) допускается прокладывать голые бронированные кабели в свинцовой или алюминиевой оболочке. В этом случае броню защищают от коррозии в блоке битумным лаком БТ-577.

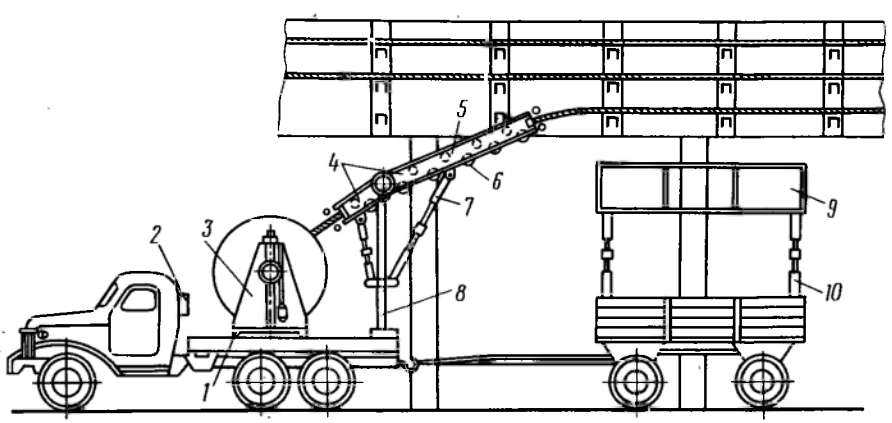


Рис. 143. Прокладка кабеля по открытым эстакадам при помощи специализированной машины:

1—поворотная платформа, *2*—пульт управления, *3*—кабельный домкрат, *4*—секция роликового транспортера, *5*—поджимной валок, *6*—приводной валок. *7*—двухходовой винт, *8*—стойка, *9*—подмости, *10*—подъемная штанга

Прокладка кабелей по эстакадам. Прокладка кабелей по эстакадам оказывается наиболее целесообразной на территории предприятий при сравнительно коротких участках трассы и большом числе кабелей крупных сечений.

По закрытым эстакадам кабели прокладывают способом тяжения при помощи электролебедки. Кабельный барабан и лебедку располагают на земле. Вход кабеля на эстакаду оборудуют универсальным угловым роликом, а сход троса к лебедке — отводным блоком. С линейных роликов на опорные кабельные конструкции кабель перекладывают вручную.

В условиях открытых эстакад более целесообразна прокладка с помощью специализированной машины с прицепом (или двух машин) на базе автомобиля ЗИЛ-157 (рис. 143).

В процессе прокладки машина движется со скоростью 4—5 км/ч, непрерывно подавая кабель на эстакаду. Монтажники, располагающиеся на площадке прицепа, укладывают кабель на опорные кабельные конструкции эстакады. Наибольшая высота прокладки 6 м.

Прокладка кабелей внутри производственных помещений

Прокладка кабелей внутри производственных помещений производится непосредственно по строительным основаниям, по сборным кабельным конструкциям, а также на лотках, в коробах и в каналах.

При немеханизированной прокладке кабелей по строительным конструкциям предварительно его раскатывают (производят разноску) вдоль трассы. При этом кабель протягивают сквозь все проходы, имеющиеся на трассе. Проходы кабеля сквозь строительные конструкции выполняют в специальных проемах или трубах (стальных, асбестоцементных, негорючих пластмассовых). На выходах из перекрытий кабели защищают от повреждений стальными трубами на высоте не менее 2 м. Кабели закрепляют в анкерных устройствах, установленных на первой стадии монтажа.

На сборных кабельных конструкциях и на лотках кабели прокладывают с применением средств механизации — кабелеукладчиков на базе электропогрузчиков, ручных штанг с подвижными раскаточными роликами и др.

§ 50. Монтаж кабельной арматуры

Монтаж соединительных муфт

Свинцовые соединительные муфты (рис. 144) перед монтажом надевают на один из концов кабеля. Концы кабелей разделывают, жилы соединяют, а бумажную изоляцию прошпаривают (промывают поливом) прошпарочной массой МП-1, разогретой до 120—180° С, для удаления загрязнений и влаги. Бумажную изоляцию жил обрывают ступенчато, применяя для ограничения места обрыва стальную струну с грузиками.

Для восстановления изоляции применяют специальные комплекты, состоящие из роликов и рулонов лент кабельной бумаги. Комплекты хранят в жестяных банках, заполненных пропиточным составом и герметически закупоренных.

На жилу между гильзой и первой ступенью заводской изоляции наматывают бумажную ленту с ролика шириной 5 мм. Диаметр намотки должен быть равен диаметру первой ступени изоляции.

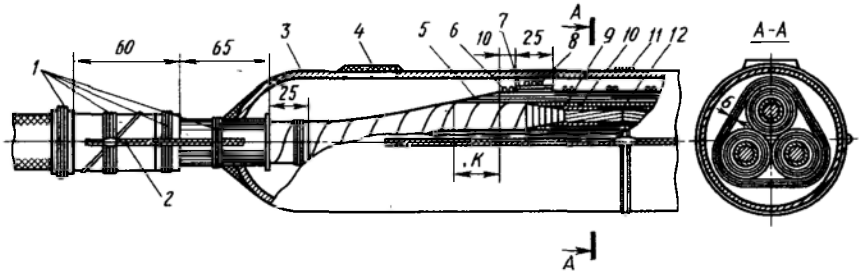


Рис. 144. Свинцовая соединительная муфта для кабеля напряжением 6—10 кВ с бумажной изоляцией:

1—бандаж, *2*—провод заземления, *3*—корпус муфты, *4*—заливочное отверстие, *5*—подмотка с рулонов, *6, 8,*—бандажи из кабельной пряжи, *7*—подмотка с роликов шириной 25 мм, *9*—подмотка с роликов шириной 10 мм, *10*—подмотка с роликов шириной 5 мм, *11*—проволочный бандаж, *12*—соединительная гильза

Намоткой ленты с ролика шириной 10 мм заполняют пространство между двумя конусными ступенчатыми разделками изоляции жилы. Намотку ведут до уравнивания диаметров заводской и восстановленной изоляции.

Затем на место соединения жил поверх восстановленной изоляции наматывают ленту *5* с рулона, умеренно затягивая ее после накручивания. Ленту рулона после намотки и бандажирования пряжей обрывают на конус высотой, равной 15 мм при 6 кВ и 20 мм при 10 кВ номинального напряжения кабеля. Изолированные жилы сближают и стягивают тремя бандажами: в середине—бумагой с рулона шириной 50 мм и по краям с отступом 10 мм от конусной разделки—бумагой с роликов шириной 25 мм. Бандажи из бумаги закрепляют бандажами *8* из кабельной пряжи.

В процессе изолировки бумажную изоляцию периодически прошпаривают (до трех раз). Затем удаляют кольцевые пояски оболочки. Срез оболочки разбортовывают, а места пайки трубы к алюминиевым оболочкам облуживают припоем А, а затем—припоем ПОС-40. Свинцовые оболочки зачищают, нагревают и натирают стеарином.

В свинцовых трубах симметричио вырубают два заливочных отверстия клиновой формы на расстоянии друг от друга, равном около 60% длины трубы. Трубу надвигают на соединение и обколачивают, придавая ее концам полусферическую форму. Стыки трубы с оболочками пропаивают припоем ПОС-40, наплавляя его над стыками толщиной 4—5 мм. Продолжительность процесса пайки ограничивается 3—4 мин во избежание перегрева и порчи изоляции кабеля. Места пайки сразу после ее окончания протирают палочкой стеарина для очистки и охлаждения.

Далее муфту заливают разогретой массой МБ-70 (160—170° С) или МБ-90 (180—190° С). Массу вводят через воронку в одно из прорубленных отверстий. Заливку ведут в один прием до полного прекращения выделения пузырьков и пены в массе, вытекающей из другого отверстия муфты.

Отверстия в муфте после заливки закрывают ранее отогнутыми клиньями и герметически запаивают. Затем закрепляют проволочными бандажами заземляющий проводник на броне, оболочках кабелей

и в середине муфты. На муфте и броне стыки бандажей и проводника пропаивают припоем ПОС-40. Поверхность брони, оболочек и муфты покрывают защитным слоем кабельной массы, разогретой до 130° С.

В случае монтажа муфт на кабелях с алюминиевой оболочкой ее защищают липкой поливинилхлоридной лентой, наматываемой в два слоя вполнахлеста, поверх которой укладывают подмотку из просмоленной ленты в один слой, наносят битумный лак Б-577 и восстанавливают ранее смотанный джутовый покров.

Выполненную муфту защищают чугунным кожухом. Кожух устанавливают горловинами на подмотку из смоляной ленты. Резьбовые соединения кожуха обмазывают горячей массой.

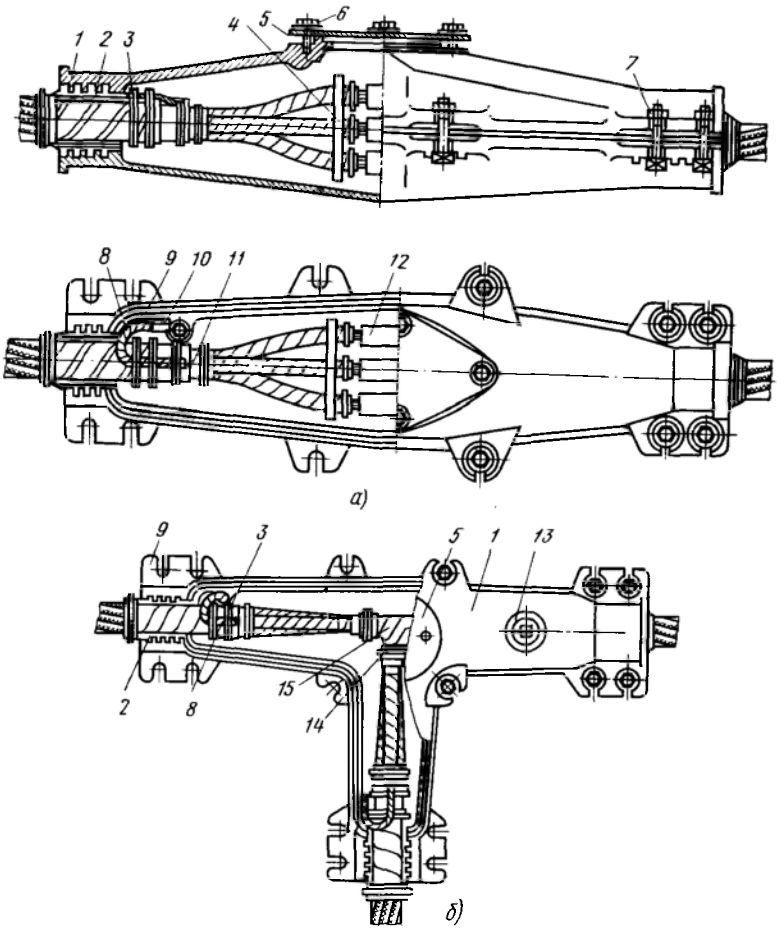


Рис. 145. Чугунные муфты для кабелей напряжением до 1 кВ с бумажной изоляцией:

а — соединительная, *б* — ответвительная; *1* — верхняя полумуфта, *2* — подмотка из смоляной ленты, *3* — проволочный бандаж, *4* — фарфоровая распорка, *5* — крышка, *6* — болт крышки, *7* — стягивающий болт, *8* — провод заземления, *9* — нижняя полумуфта, *10* — наконечник, *11* — кабель, *12* — соединительная гильза, *13* — пробка, *14* — распорный ролик, *15* — подмотка с бумажных роликов

Чугунные соединительные муфты (рис. 145, *а*) в процессе подготовки к монтажу очищают от грязи и окалины, зачищают заусенцы и прогоняют резьбу соединительных болтов. Муфту протирают бензином и обжигают пламенем горелки. В пазы стыка полумуфт и под крышку заливочного отверстия закладывают жгуты из пеньки, проваренные в битумной кабельной массе, или специальные уплотняющие прокладки из маслостойкой резины.

При разделке и соединении жил кабелей между ними устанавливают распорки. На оболочки и броню кабелей бандажируют и припаивают два отрезка заземляющего провода с наконечниками.

Примерив на готовое соединение корпус муфты, отмечают на кабеле расположение ее горловин. В этих местах выполняют герметизирующую подмотку из 5—6 слоев смоляной ленты. Диаметр подмотки должен быть несколько больше внутреннего диаметра горловины муфты. Корпус муфты устанавливают горловинами на подмотку, присоединяют на контактных площадках заземляющие проводники, закрывают корпус муфты крышкой и затягивают (не до конца) резьбовые соединения полумуфт. Крышку заливочного отверстия снимают.

Муфту разогревают пламенем горелки до температуры, указанной в паспорте заливочной массы (60—70° С), и заливают кабельной массой МБ, тип которой соответствует условиям окружающей среды. Масса должна быть разогрета до температуры, указанной в паспорте (160—180° С). Заливку производят в несколько приемов, чтобы не образовалось усадочных пустот. После каждой заливки некоторое время массу охлаждают. Залив последнюю порцию массы, ее охлаждают примерно до 30° С, затягивают окончательно резьбовое соединение полумуфт, производят окончательную заливку под крышку заливочного отверстия и герметически закрывают ее.

При прокладке кабелей в земле поверхность муфты дважды покрывают битумной массой МБ-70, разогретой до 130° С.

При установке кабелей на воздухе муфту покрывают снаружи асфальтовым лаком.

Особенностями монтажа *ответвительных чугунных муфт* (рис. 145, *б*) является расположение соединяемых жил в вертикальной плоскости друг над другом. Из-за недостатка места для производства опрессовки жилы соединяют пайкой в гильзах. Заземляющие проводники монтируют на всех трех соединяемых отрезках кабеля. Наконечники заземляющих проводников устанавливают под соединительные болты, так как контактные площадки в конструкции ответвительных муфт не предусмотрены.

Эпоксидные соединительные муфты (рис. 146) в настоящее время применяют усовершенствованной конструкции вместо ранее распространенных муфт типа СЭп. Муфта СЭпу отличается от муфты СЭп тем, что вместо стеклоленты, промазанной компаундом, применяется самосклеивающаяся лента ЛЭТСАР. Кроме того, на оболочку кабеля устанавливают резиновое кольцо, которое предотвращает вытекание из муфты кабельной пропитки. В результате усовершенствования муфты повышается ее технологичность и надежность.

При монтаже муфт СЭпу оболочки и бронеленты соединяемых кабелей в местах припайки к ним заземляющего проводника зачищают и облуживают. Провод, состоящий из двух отрезков, бандажиру-

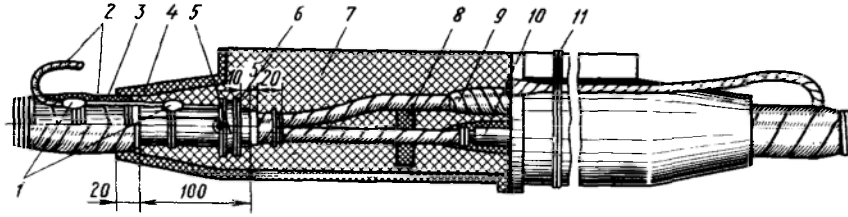


Рис. 146. Эпоксидная соединительная муфта типа СЭПу силовых кабелей:

1—бандаж провода заземления, *2*—провод заземления, *3*—герметизирующая подмотка, *4*—корпус, *5*—резиновое уплотнительное кольцо, *6*—металлический бандаж (разрезная гильза), *7*—компаунд, *8*—распорная звездочка, *9*—подмотка жилы, *10*—соединительная гильза, *11*—бандаж из проволоки

ют и припаивают к броне и оболочкам кабелей. На оболочки устанавливают уплотняющие резиновые кольца вплотную к местам припайки заземляющего проводника.

Соединения алюминиевых жил выполняют сваркой или пайкой, медные жилы соединяют только пайкой.

Жилы и гильзы между срезами заводской изоляции обезжиривают и покрывают обмоткой из самосклеивающейся ленты ЛЭТСАР в два слоя вполнахлеста с перекрытием заводской изоляции. Кольцевые пояски оболочек снимают, всю разделку тщательно обезжиривают. Резиновые уплотняющие кольца устанавливают на место (см. рис. 146). На кольца надевают разрезные металлические гильзы и затягивают металлическими хомутами до стыковки кромок разреза гильз. Броню и оболочки до резиновых колец зачищают стальной щеткой или пакетом ножовочных полотен.

Для герметизации кабеля на его броню, начиная от ее среза, на ширине 20 мм подматывают ленту ПВХ. Диаметр подмотки должен быть таким, чтобы горловина муфты была плотно на нее насажена. Остальную часть зачищенной брони подматывают лентой ПВХ в два слоя вполнахлеста с заходом на защитный покров.

Приготовляют (по инструкции) эпоксидный компаунд и дают ему отстояться в течение 15 мин. Время приготовления компаунда выбирают так, чтобы завершить работу по монтажу муфты до окончания срока пригодности компаунда для заливки. Полумуфты, надетые на концы кабелей перед их разделкой, сдвигают и устанавливают с натягом на уплотняющую подмотку. Стык корпусов полумуфт снаружи промазывают пластилином.

Муфту заливают непрерывной струей компаунда шириной 10—15 мм, направляя ее с небольшой высоты (20—30 мм от литника) на внутреннюю стенку корпуса.

Излишки заземляющего провода отрезают, соединяют концы провода между собой опрессовкой или пайкой, а место соединения и провод обмазывают компаундом для защиты от коррозии. К корпусу муфты прикрепляют проволочными бандажами заземляющий проводник.

По такой же технологии, но без подмотки лентой ПВХ и без уплотняющего кольца монтируют эпоксидные соединительные муфты СЭп с поперечным разъемом корпуса, СЭв с вертикальным продольным разъемом корпуса и муфты СЭс в съемных стальных

формах, а также ответвительные эпоксидные муфты ОЭс в съемных формах.

В настоящее время в монтажное производство внедряется усовершенствованная муфта СЭпу, в которой вместо ленты ЛЭТСАР применена новая самосклеивающаяся маслостойкая полупроводящая лента ЛЭТСАР ЛППм.

Особенности технологии монтажа усовершенствованной муфты в сравнении с муфтой СЭпу состоят в следующем.

Обезжиренную поверхность жил и контактного соединения подматывают двумя слоями ленты ЛЭТСАР ЛППм вполнахлеста (с 50%-ным перекрытием). При этом в отличие от муфты СЭпу подмотка не должна заходить на срез бумажной изоляции жил.

Фиксирующая эпоксидная звездочка закрепляется между жилами бандажом из полистирольной нити.

Монтаж соединительных муфт кабелей с пластмассовой изоляцией отличается только разделкой кабелей.

Концевые заделки кабелей

Концевые эпоксидные заделки в зависимости от условий применяют четырех типов: КВЭн, КВЭд, КВЭп и КВЭз (рис. 147).

При выполнении этих заделок на бумажную изоляцию жил разделанного кабеля наматывают липкую поливинилхлоридную ленту вразбежку. Отрезают найритовую трубку на каждую жилу. Нижний конец трубки срезают наискось и обрабатывают снаружи и изнутри. Верхний конец обрабатывают только изнутри. Обработка

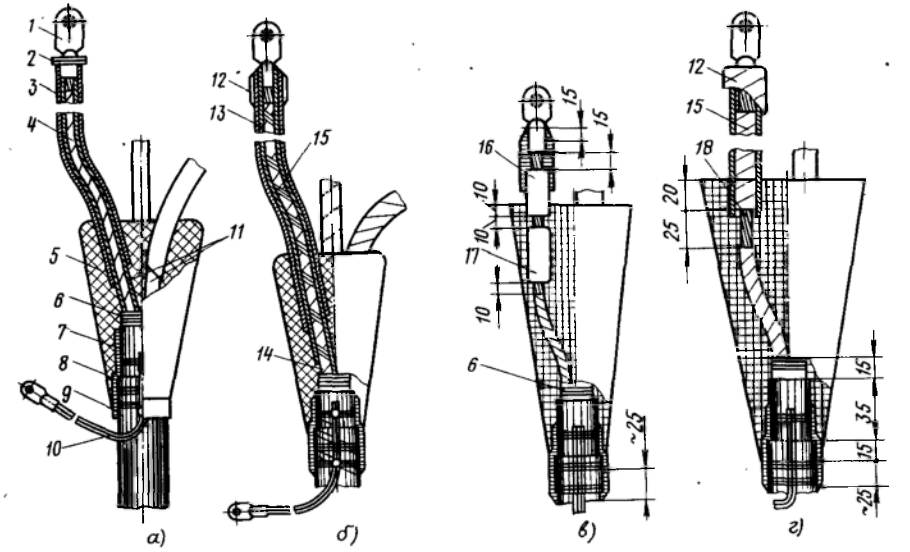


Рис. 147. Концевые эпоксидные заделки кабелей:

а — КВЭн, *б* — КВЭд, *в* — КВЭп, *г* — КВЭз; *1* — наконечник, *2* — бандаж или хомут, *3* — трубка из найритовой резины, *4* — жила в заводской изоляции, *5* — корпус из эпоксидного компаунда, *6* — бандаж из суровых ниток на поясной изоляции, *7* — оболочка кабеля, *8* — двухслойная подмотка, *9* — проволочный бандаж провода заземления, *10* — провод заземления, *11* — подмотка липкой лентой ПВХ, *12* — подмотка хлопчатобумажной лентой с промазкой эпоксидным компаундом, *13* — двухслойная трубка, *14* — бумажная изоляция жилы, *15* — подмотка липкой лентой ПВХ, *16* — изоляция провода, *17* — место соединения жил пайкой, *18* — оголенный участок жилы

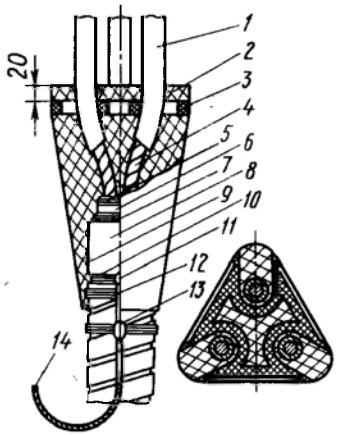


Рис. 148. Эпоксидная концевая заделка внутренней установки КВЭну с фиксирующей звездочкой:

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

состоит в обезжиривании, придании поверхностям шероховатости и покрытии их компаундом. Трубки надевают на жилы, на концах жил монтируют наконечники. Жилы между наконечниками и заводской изоляцией обматывают хлопчатобумажной лентой с промазкой компаундом. Обмотку выводят на предварительно обезжиренную цилиндрическую часть наконечника. Трубки надвигают на подмотку наконечников и бандажируют.

Броню и оболочку очищают, обезжиривают, обрабатывают напильником и обматывают в два слоя хлопчатобумажной лентой на эпоксидном компаунде.

Устанавливают съемную форму, симметрично располагают в ней жилы и заливают ее компаундом. Жилы удаляют на расстояние не менее 7 мм от края формы.

Разновидностью концевой кабельной заделки КВЭн является заделка КВЭну повышенной надежности с фиксирующей звездочкой (рис. 148).

В последнее время разработана концевая эпоксидная заделка повышенной надежности типа КВЭпу для кабелей с бумажной изоляцией (рис. 149), имеющая усиленную герметизацию изоляции жил. По своей конструкции она подобна КВЭп, но отличается от нее наличием эпоксидного корпуса типа перчатки, разъемного в плоскости жил. Пальцы перчатки после заливки компаундом образуют изоляторы жил. На торцы изоляции устанавливают уплотняющие колпачки *4*. Выводами из муфты являются специально разработанные провода марки ВВ с медной многопроволочной жилой в поливинилхлоридной изоляции. Провод ВВ соединяется с алюминиевой жилой кабеля пайкой в медной гильзе. Сечение провода ВВ для заделок должно быть на одну ступень стандарта ниже сечения алюминиевой жилы кабеля.

При монтаже муфты КВЭпу на провода ВВ надевают уплотняющие колпачки, входящие в комплект муфты; жилы кабеля и провода ВВ зачищают и облуживают соответственно припоями А и ПОС-40. Гильзу (половину ее длины) надевают на жилу кабеля и подматывают снизу асбестовой пряжей и несколькими слоями (3—4) стеклоленты, наматывая ее на бумажную изоляцию на участке

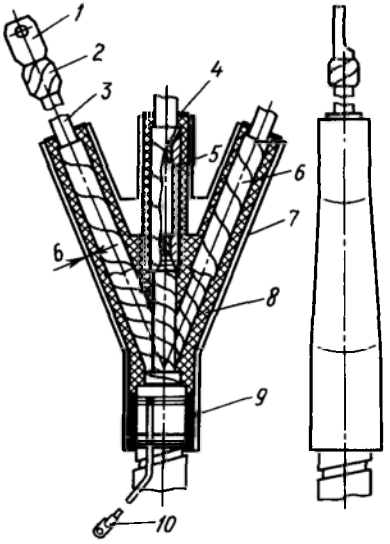


Рис. 149. Эпоксидная концевая заделка КВЭпу для сырых и особо сырых помещений:

1 — наконечник, *2* — подмотка лентой ПВХ, *3* — провод марки ВВ, *4* — колпачок, *5* — медная гильза, *6* — изолирующая подмотка стеклолентой, *7* — корпус муфты, *8* — эпоксидный компаунд, *9* — уплотняющая подмотка, *10* — провод заземления с наконечником

длиной около 50 мм. Корешок разделки заполняют тампоном из чистой салфетки.

Нижнюю половину гильзы прогревают газовой горелкой и вводят в нее припой ПОС-40 на $^2/_3$ ее объема. В гильзу погружают разогретый конец жилы кабеля ВВ до стыкования с жилой кабеля. Параллельно заполняют гильзу припоем до верха.

После окончания пайки из корешка разделки удаляют тампон. Торцы пластмассовой изоляции кабеля и провода срезают на конус на длине 10 мм. Ступени брони, оболочки, изоляцию, голые участки жил и гильзу обезжиривают ацетоном. Ступени брони, оболочки, гильзу и изоляцию провода делают шероховатой с помощью напильника. Изоляцию провода на участке 40 мм, прилегающем к гильзе, покрывают клеем ПЭД-Б и высушивают. Затем разделку покрывают слоем эпоксидного компаунда. На участок между изоляцией и гильзой подматывают стеклоленту, промазывая каждый ее слой компаундом. Поверх гильзы наматывают два слоя стеклоленты вполнахлеста на эпоксидном компаунде, перекрывая ею примыкающую к гильзе изоляцию на 10—15 мм. Отступив от кромки оболочки на 10 мм, на место установки горловины для ее герметизации наматывают встык два слоя хлопчатобумажной ленты и в процессе подмотки промазывают ее компаундом.

Устанавливают на разделку две различные половины корпуса муфты и скрепляют их хомутами на горловине и на крайних изоляторах. Горловину подматывают липкой лентой ПХЛ, стыки полумуфт промазывают пластилином. На торцы крайних изоляторов устанавливают уплотняющие колпачки, сдвигая их с проводов ВВ.

Муфту заливают компаундом через средний изолятор до верха крайних изоляторов, после чего торец среднего изолятора также закрывают колпачком.

В настоящее время разработана и внедряется в монтажное производство концевая заделка, в которой для герметизации применяется новая самосклеивающаяся маслостойкая лента типа ЛЭТСАР ЛПм. Эта заделка в опытно-промышленной партии специального обозначения не получила и маркируется по конструктивному аналогу — КВЭн. От муфты КВЭн новая заделка отличается технологичностью и повышенной эксплуатационной надежностью.

Основные элементы технологии изготовления КВЭн с применением маслостойкой самосклеивающейся ленты ЛЭТСАР ЛПм сводятся к следующему.

Жилы оконцовывают только герметизированными наконечниками способами пайки или опрессовки. Для алюминиевых жил при опрессовке обязательно используют кварцевазелиновую пасту. Секторные жилы перед опрессовкой скругляют инструментами ИСК или НИСО. При разделке кабеля оставляют ступень полупроводящей бумаги шириной 5 мм.

Концы найритовых трубок на жилах кабелей, которые заливаются эпоксидным компаундом в корпусе заделки, изнутри и снаружи обезжиривают, создают на их поверхностях шероховатость и смазывают эпоксидным компаундом.

Трубчатую чать наконечника, оголенную жилу в зазоре между торцом наконечника и срезом изоляции, а также изоляцию на длине 20 мм от среза обезжиривают и подматывают лентой ЛЭТСАР ЛПм в два слоя вполнахлеста. Диаметр подмотки на трубчатой части наконечника должен быть таким, при котором найритовая трубка надевается с некоторым натягом.

Кольцевые пояски оболочек (шириной 25 мм) снимают. Оболочки и броненленты кабелей обезжиривают и подматывают герметизирующей лентой ЛЭТСАР ЛПм вполнахлеста в два слоя. Подмотку начинают с отступом от среза оболочки на 15 мм и заканчивают на броне так, чтобы конец подмотки оставался в корпусе заделки. Устанавливают и бандажируют на жилах эпоксидную фиксирующую звездочку, заблаговременно отлитую в форму из этого же компаунда, что и предназначенный для корпуса. Съемную форму из специальной комбинированной бумаги устанавливают на подготовленную разделку. При отсутствии звездочки съемную форму располага-

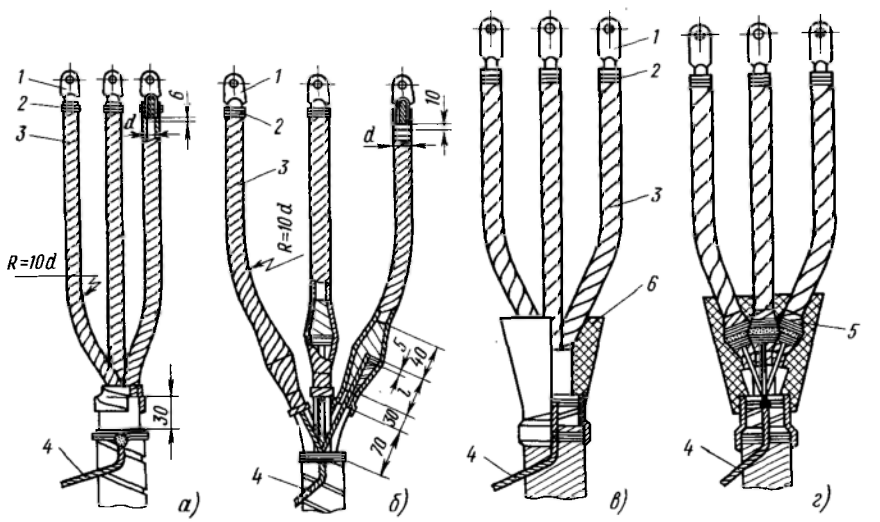


Рис. 150. Концевые заделки для кабелей с пластмассовой изоляцией:

а, б—типа ПКВ на напряжение до 1 и 10 кВ, *в, г*—типа ПКВэ на напряжение до 1 и 10 кВ: *1*—наконечник, *2*—бандаж на суровых ниток, *3*—подмотка липкой поливинилхлоридной лентой, *4*—провод заземления, *5*—конусная подмотка с экраном, *6*—эпоксидный корпус

ют так, чтобы расстояния жил от нее в свету были не менее 7 мм, а расстояния между жилами — не менее 25 мм.

Для кабелей с пластмассовой изоляцией в зависимости от условий окружающей среды применяют заделки из поливинилхлоридных лент (рис. 150, *а, б*) или эпоксидные (рис. 150, *в, г*).

§ 51. Монтаж комплектных шинопроводов

Монтаж магистральных шинопроводов

Магистральные шинопроводы монтируют по следующей технологической схеме: укрупнительная сборка в МЭЗ монтажных блоков длиной 6—12 м из стандартных секций; испытание, комплектование и маркировка монтажных блоков; упаковка и доставка монтажных блоков на объект; осмотр, проверка комплектности и раскладка блоков по участку трассы; монтаж комплектных опорных конструкций на анкерные устройства, установленные на первой стадии монтажа; подъем и крепление монтажных блоков; выполнение электрических и механических соединений монтажных блоков; испытания, опробование и сдача в эксплуатацию.

В процессе укрупнительной сборки блок перемещают на стендах МЭЗ с помощью тельфера, снабженного траверсой длиной 9,3 м. Шины стыкуют в сварочном кондукторе, центрируя пакет шин шкворнем кондуктора через отверстия для одноболтового сжима. Их сжимают эксцентриковым зажимом кондуктора (рис. 151).

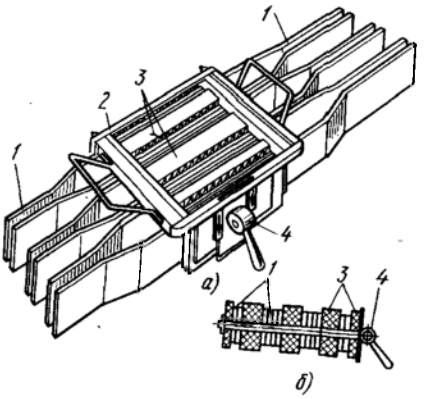


Рис. 151. Кондуктор для сварки шин:

а — общий вид, *б* — сечение кондуктора; *1* — шины, *2* — кондуктор, *3* — формирующие графитовые пластины, *4* — эксцентриковый зажим

Графитовые пластины и стальные стенки каркаса кондуктора предотвращают растекание алюминия при сварке шин по торцам стыков. Наилучшие результаты сварки достигаются при использовании полуавтомата ПРМ-4М. Однако при его отсутствии сварку можно производить и на постоянном токе прямой полярности угольным электродом. В качестве присадка используют прутки из алюминиевой сварочной проволоки, которые покрывают флюсом ВАМИ, а также стержни, нарезанные из шин. Перед обмазкой флюсом прутки присадка обезжиривают. Ребра шин перед сваркой тщательно зачищают и покрывают флюсом.

Рекомендуемый сварочный ток в зависимости от толщины шин составляет 350 А при толщине 8 мм, 450 А при толщине 10 мм и 500 А при толщине 12 мм. Диаметр присадочного прутка принимают

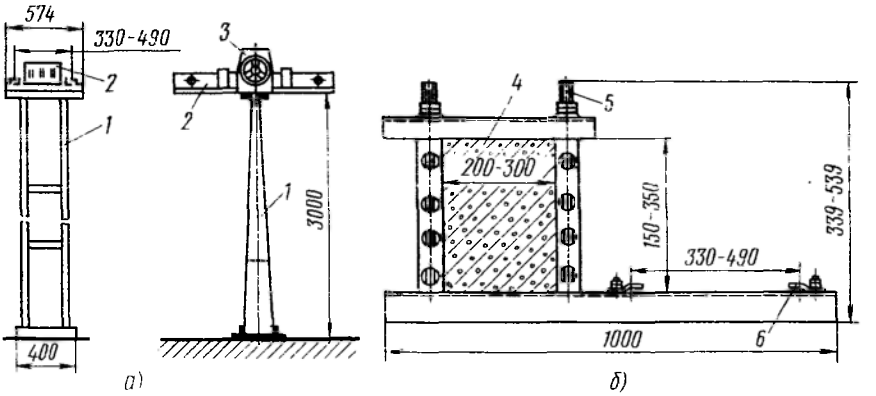


Рис. 152. Крепление магистральных шинопроводов:

а—на напольных стойках, *б*—к нижнему поясу железобетонных ферм на кронштейне; *1*—стойка, *2*—шинопровод, *3*—секционный рубильник, *4*—железобетонная ферма, *5*—шпилька для крепления опорной конструкции, *6*—прижим для крепления секции шинопровода к опорной конструкции

равным или несколько большим (на 1—2 мм) толщины шин. Наилучшей считается глубина провара, равная 5 мм. Толщина шва должна быть не менее толщины шины, а его длина—не менее ширины шины. Сварка должна быть быстрой (не более 1 мин) во избежание порчи заводской изоляции шин.

При окончательной сборке сварные швы зачищают стальными щетками и протирают чистой тканью, смоченной ацетоном или бензином. Следует обращать внимание на тщательное удаление

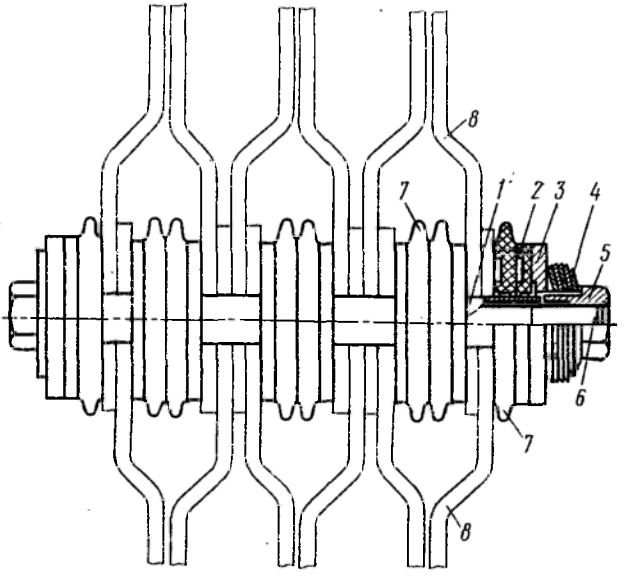
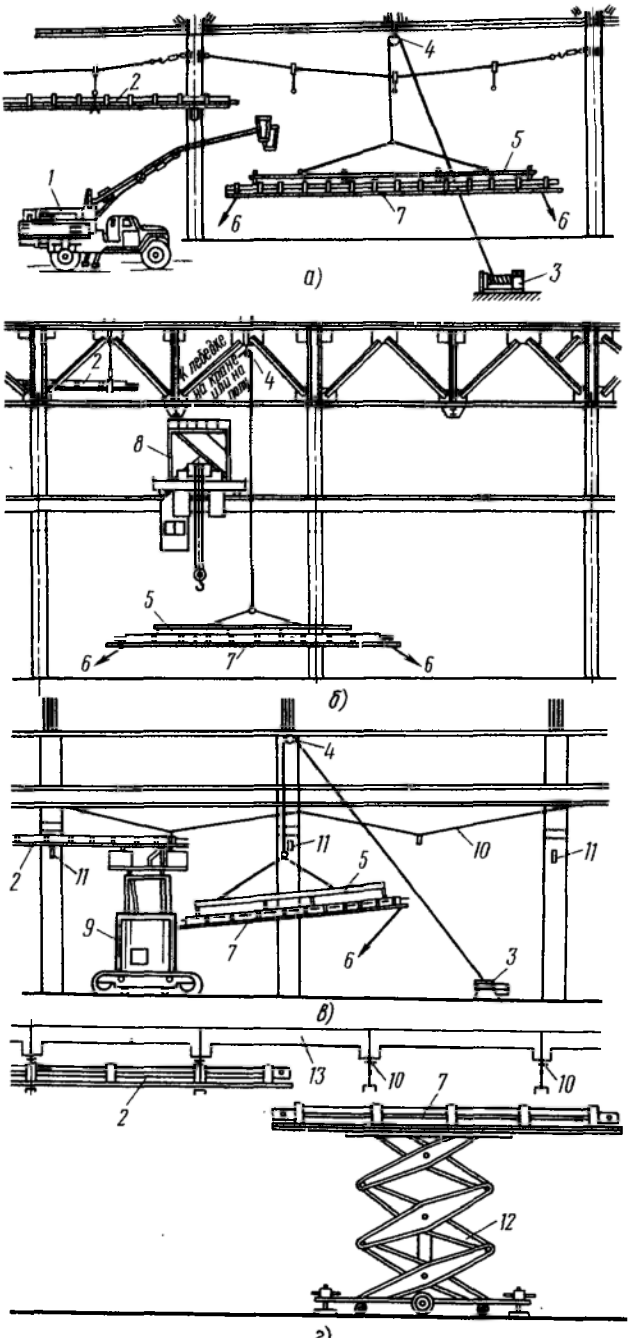


Рис. 153. Шины, соединяемые одноболтовым сжимом:

1—трубчатый изолятор, *2*—гетинаксовая прокладка, *3*—шайба, *4*—тарельчатые пружины, *5*—большая гайка, *6*—шпилька, *7*—изолятор, *8*—шина

7 Зак. 37


1
2
3
4
5
6
7
а)
8
9
10
11
12
13
б)
в)
г)

остатков флюса, так как он способствует образованию коррозии шин. После изолировки стыков устанавливают крышки кожуха и уголки. Уголки на стыках сваривают на вставке из уголка того же размера. Собранные блоки доставляют на объект комплектно с опорными конструкциями в сварных контейнерах из легких прокатных профилей. Шинопроводы прокладывают горизонтально или вертикально.

Горизонтально шинопроводы прокладывают по напольным стойкам (рис. 152, *а*), по стенам и колоннам на кронштейнах, по строительным фермам (рис. 152, *б*) и на тросовых подвесках.

Для вертикальной прокладки по строительным конструкциям применяют специальные крепления, предотвращающие смещения шинопроводов. Тросовые подвески применяют лишь как вспомогательные крепления в больших пролетах, так как они не обеспечивают требуемой неподвижности шинопроводов.

В стыках монтажных блоков шины соединяют сваркой. При трудностях сварки шины соединяют в одноболтовых сжимах (рис. 153). Сжимы применяют также в местах, где необходим разбор шинопровода. Подъем монтажных блоков на опорные конструкции производят с применением средств механизации (рис. 154).

Монтаж распределительных шинопроводов

Распределительные шинопроводы прокладывают в соответствии с проектом и по возможности без поворотов, на одном уровне, максимально приближая их к электроприемникам. В то же время шинопроводы располагают в производственных помещениях так, чтобы они не затеняли их и не создавали препятствий для перемещений людей и транспорта. Исходя из этих соображений, принята высота стойки 2,5 м. Однако за последнее время стали применять стойки высотой 0,5—1,0 м, если шинопроводы на них не препятствуют движению.

Монтаж распределительных шинопроводов на объекте состоит из операций установки секций, соединения их между собой, подключения питания от сети и выполнения ответвлений к электроприемникам.

Для крепления распределительных шинопроводов используют те же способы, что и для магистральных.

Ответвления (спуски) от шинопровода выполняют в ответвительных коробках, которые присоединяют к шинам через штепсельные окна. Спуски защищают стальными трубами, металлорукавами или другими конструкциями.

Вводные коробки монтируют в любом из стыков секций или на концах шинопровода. Ввод труб в коробку можно произвести сверху или снизу через съемные крышки.

Рис. 154. 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*—лебедка с шинопроводом, *4*—монтажный ролик, *5*—траверса для подъема блоков шинопровода, *6*—веревочные оттяжки, *7*—блок шинопровода, *8*—монтажная площадка на мостовом кране, *9*—самоходные подмости, *10*—тросовая подвеска, *11*—кронштейн, *12*—гидравлическая подвеска, *13*—перекрытие

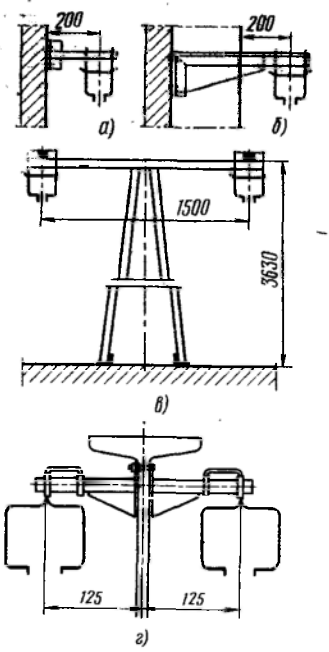


Рис. 155. Опорные конструкции троллейных шинопроводов:

а, б — кронштейны на стене, *в* — напольная стойка, *г* — кронштейн на подкрановой балке

Монтаж троллейных шинопроводов

Монтаж троллейных шинопроводов подобен монтажу магистральных. Крепление троллейных шинопроводов показано на рис. 155, *а, б*. Троллеи соединяют между собой специальными зажимами. Кожухи шинопроводов соединяют накладными муфтами или боковинами и крышками, закрепляемыми на винтах.

Каретки вводят в кожух шинопровода через специальные муфты, которые устанавливают на его концах. При числе кареток более двух дополнительные муфты (по числу кареток) устанавливают равномерно по трассе. Питание к шинопроводу подают бронированными кабелями или проводами в трубах через специальные вводные секции.

Особенностью монтажа шинопроводов является парная подвеска троллейных линий на прямоугольных несущих трубах сечением 30×60 мм, укрепленных на напольных стойках. Линии к трубам крепят через 3 м; стойки с траверсами (рис. 155, *в*) из той же прямоугольной трубы устанавливают через 6 м. Так же прокладывают шинопроводы поперек металлических ферм зданий.

Монтаж осветительных шинопроводов

В объем монтажа входят осмотр, проверка и комплектование; доставка на объект; подъем и крепление секций; стыковка секций или блоков; монтаж светильников и подключение их к шинопроводу; опробование и сдача в эксплуатацию. Если условия монтажа обеспечивают сохранность светильников, то последние устанавливают заблаговременно.

Осветительные шинопроводы прокладывают по строительным основаниям (стенам, потолкам), несущим прямоугольным стальным трубам, технологическим трубопроводам, фермам зданий, коробам распределительных шинопроводов. В качестве опорных конструкций (рис. 156) применяют кронштейны, хомуты, подвески.

Шинопровод ШОС73 в отличие от ШОС67 имеет штепсель не с четырьмя, а с пятью контактами, один из которых заземляющий, один — нулевой, а остальные — фазные.

Вилки разъемов заряжены тремя проводами (сечение жил 1 мм^2); один из них заземляющий, а два другие служат для подключения однофазных приемников (фаза-нуль).

Шинопроводы ШОС могут быть использованы для питания как осветительных, так и маломощных силовых (до 2 кВт) нагрузок. В

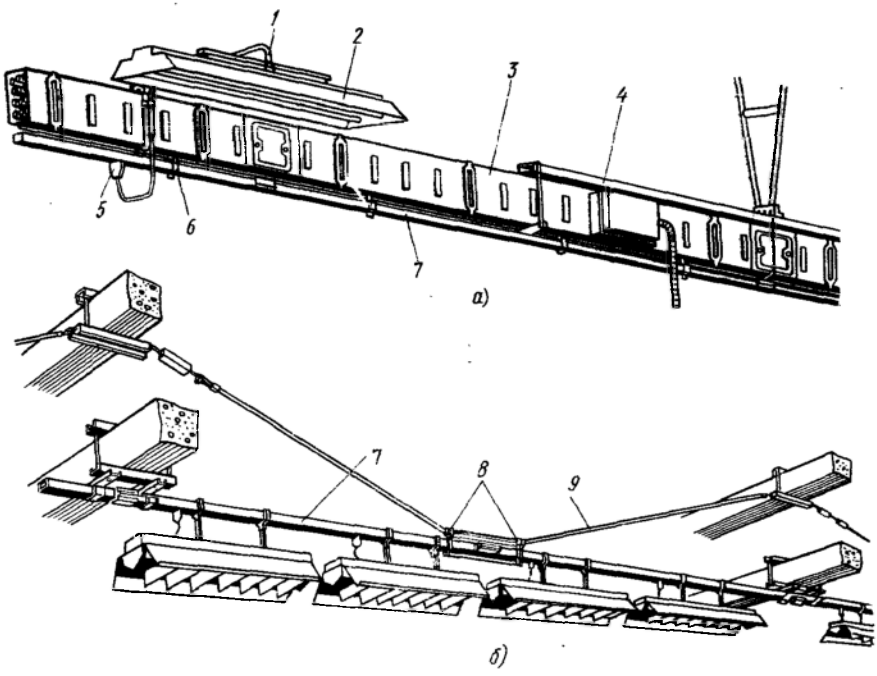


Рис. 156. Крепления осветительных шинопроводов:

а — на распределительном шинопроводе, *б* — на тросовых подвесках: *1* — подвеска, *2* — светильник, *3* — распределительный шинопровод, *4* — труба, *5* — штепсель, *6* — хомут, *7* — осветительный шинопровод, *8* — тросовая подвеска, *9* — поддерживающий трос

этом случае штепсели заряжают четырехжильным шнуром (сечение жил 1,5 мм^2).

§ 52. Монтаж электропроводок

Монтаж электропроводок на изоляторах

Электропроводки на изоляторах выполняют в производственных помещениях обычно изолированными проводами и реже голыми.

Работы по монтажу этих электропроводок состоят из следующих операций: раскатка проводов из бухт, расположенных на вертушках, вдоль трассы; мерная резка проводов и протяжка концов через все проходы; закрепление отрезка провода на одном из концов трассы заглушкой; натягивание провода вдоль трассы вручную (при сечении жил до 10 мм^2) или лебедкой и правка его; подмотка изоляционной лентой на проводе в местах его крепления на изоляторах; разметка мест ответвлений; ослабление провода и выполнение всех ответвлений и соединений; натяжение провода с закреплением его на втором конце трассы; промежуточные крепления провода на изоляторах в местах соединений и ответвлений; остальные промежуточные крепления провода на изоляторах; присоединения проводки к электроприемникам; опробование электропроводки и сдача ее в эксплуатацию.

На прямых участках трассы провода крепят чаще всего вязкой на шейках или головках изоляторов (рис. 157). На поворотах трассы

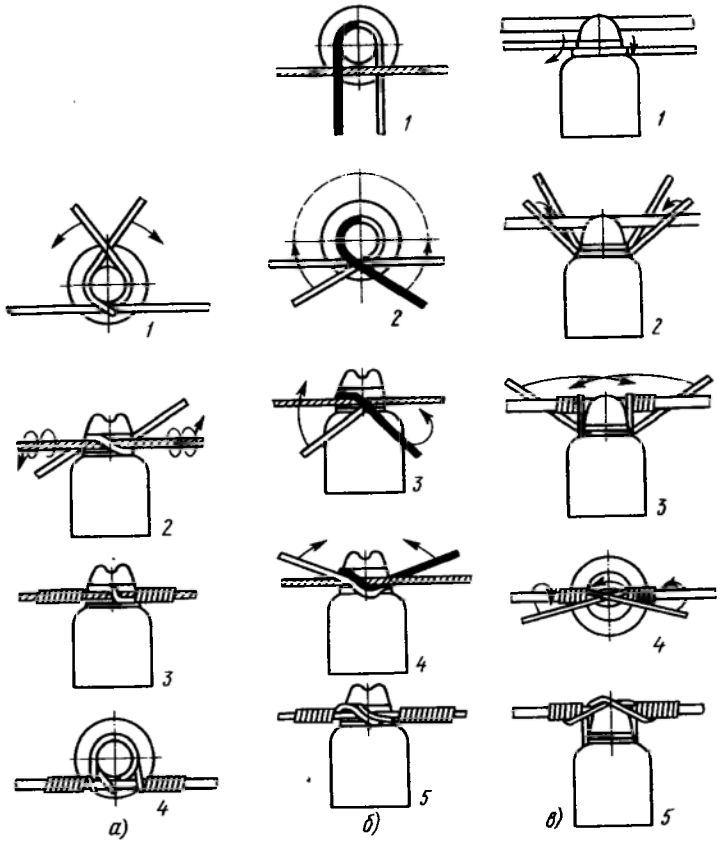


Рис. 157. Способы вязки проводов к изоляторам:
а — одиночная вязка на шейке, *б* — двойная вязка на шейке, *в* — двойная вязка на головке; *1, 2, 3, 4, 5,* — порядок операций

провода закрепляют только на шейках изоляторов. Для крепления употребляют вязальную оцинкованную стальную проволоку (мягкую).

Для крепления проводов малых сечений на шейках изоляторов иногда применяют кольца, нарезанные из поливинилхлоридных оболочек отходов кабелей. Кольца при прокладке надевают в необходимом количестве на провод и при креплении натягивают на шейку вместе с проводом через головку изолятора.

Сквозь стены и перекрытия провода прокладывают в трубах, коробах, проемах так, чтобы обеспечить возможность смены проводки. Пространство вокруг проводов в трубе, коробе и резервные трубы и короба для предотвращения проникновения влаги заполняют легко удаляемыми и несгораемыми массами. В проходах изолированные провода прокладывают в неразрезных изоляционных трубках. В условиях сырости хотя бы с одной из сторон прохода каждый провод должен быть проложен в отдельной трубке. Вертикально проложенные провода на высоте до 1,5 м от уровня пола или площадки

обслуживания должны быть защищены от механических повреждений (коробом, трубой) или проложены скрыто в стене.

Пересечения проводов, расположенных друг от друга на расстоянии менее 10 мм, выполняют в неразрезных изоляционных трубках или другой изоляционной оболочке на каждом незащищенном проводе.

Монтаж электропроводок плоскими проводами

Электропроводки плоскими проводами прокладывают как открыто, так и скрыто по несгораемым и сгораемым основаниям.

Открытая прокладка непосредственно по несгораемым основаниям производится без применения дополнительной изоляции.

При сгораемых основаниях под провода подкладывают дополнительные несгораемые материалы.

Узлы проводок обычно изготовляют на стендах МЭЗ и доставляют на монтажную площадку в бухтах укомплектованными и промаркированными с отмеченной нулевой жилой. На объекте бухты разматывают и прокладывают в соответствии с маркировкой. Провода крепят специальными гвоздями, полосками, пластмассовыми скобами или приклеиванием. Для изгиба проводов перемычку между жилами разрезают вдоль. Внутреннюю жилу смещают так, чтобы она не мешала изгибу другой жилы. Допускается изгибать провода без разрезания разделительной перемычки, сплющивая ее. Перекрещивание жил при изгибе не допускается. Соединение и ответвление плоских проводов выполняют в ответвительных коробках сваркой, опрессовкой или пайкой. Пересечения плоских проводов не рекомендуются. Если же их избежать нельзя, то на оба провода в месте пересечения подматывают липкие ленты с полуперекрытием в три слоя или делают другую дополнительную изоляцию.

По негорючим основаниям плоские провода прокладывают скрыто в бороздах или под слоем штукатурки толщиной не менее 10 мм. Допускается также прокладка в зазорах и пустотах (каналах) строительных конструкций, а также под полом верхнего этажа.

При скрытой прокладке проводов по сгораемым основаниям между ними помещают слой асбеста толщиной не менее 3 мм с выступами в стороны не менее 10 мм. Провод должен быть при этом отделен от всех сгораемых элементов сплошным слоем несгораемого материала (штукатурки, алебастрового, цементного раствора и т. п.) толщиной не менее 10 мм.

Монтаж канальных скрытых электропроводок

Скрытые электропроводки прокладывают в каналах, образованных в процессе производства панелей и блоков. Монтаж таких проводок сводится к затяжке в каналы предварительно заготовленных проводок и соединению их в соответствии с маркировкой в специально предусмотренных нишах, снабженных съемными крышками. Для установочных аппаратов (выключателей, розеток и т. п.) замоноличивают полипропиленовые стаканы.

Монтаж замоноличиваемых электропроводок

Замоноличиваемые электропроводки, применяемые только для групповых сетей, укладывают в панели в процессе их производства. Для стыкования проводки смежных панелей на одной из них созда-

ют запас проводов, упакованных в пластмассовый пакет и заделанных тонким слоем (до 5 мм) раствора, на другой в соответствующем месте (на расстоянии не более 200 мм от края) устанавливают ответвительную коробку. От коробки до края панели проделывают борозду. В коробках для выключателей и розеток оставляют запас провода длиной не менее 100 мм. Глубина расположения проводок может быть любой, но не менее 10 мм.

Монтаж замоноличенных проводок состоит в соединении участков проводок и установке выключателей и розеток в коробках, а также в установке и присоединении светильников. Для щитков устраивают ниши.

Совместно с канальными прокладками проводов применяют электротехнические плинтусы, позволяющие заметно сократить число каналов и упростить их конфигурацию. Плинтусы представляют собой пластмассовую напольную конструкцию, располагаемую вдоль стыка стен и пола. Плинтусы разделены вдоль перегородками на отсеки для прокладки проводов различного назначения (телевизионных, телефонных, радиотрансляционных, сигнализационных, осветительных и др.). Доступ в плинтусы обеспечивается через съемные крышки.

Монтаж электропроводок небронированными кабелями и трубчатыми проводами

Монтаж электропроводок небронированными кабелями и трубчатыми проводами (АСРГ, АПРФ и др.) сводится к выполнению обычных операций: размотке, мерной резке и правке проводов и кабелей, прокладке проводов и кабелей на трассе с вводом во все проходы и коробки, закреплению проводок на трассе, выполнению соединений и ответвлений в коробках, а также присоединений к электроаппаратам и приемникам электроэнергии.

При стендовой заготовке проводок их прокладывают и закрепляют по ранее подготовленной трассе, а также выполняют соединения, ответвления и присоединения. Изгибают провода и кабели вручную. Радиус изгиба должен быть не менее 6 диаметров трубчатого провода или кабеля в поливинилхлоридной оболочке и не менее 10 диаметров

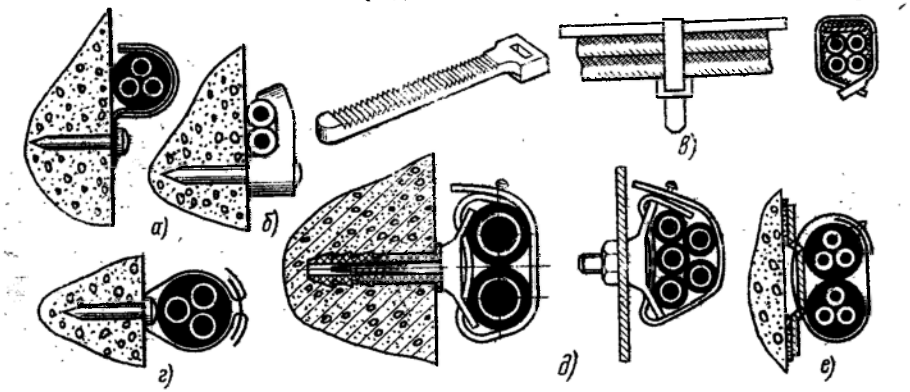


Рис. 158. Крепления небронированных проводов и кабелей:
а — металлической скобой, *б* — пластмассовой скобой, *в* — зубчатой полоской-пряжкой к несущей полосе, *г* — металлической полоской с пряжкой, *д* — на пластмассовом закрепе перфорированной лентой с кнопкой, *е* — перфорированной лентой с кнопкой к стальной приклеенной скобе

кабеля в свинцовой оболочке. Для изгибания трубчатых проводов применяют специальные клещи.

Крепления небронированных кабелей и трубчатых проводов показаны на рис. 158.

Наиболее широко применяют крепления, не требующие сверления или пробивки большого числа отверстий. К ним относятся прокладки по стальным полосам и струнам непосредственно по основаниям, а также приклеивание.

Несущие полосы и ленты (перфорированные сечением около 16×0,8 мм или сечением около 25×1 мм из отходов листа) укрепляют вдоль трассы сплошь или с разрывами с помощью гвоздевых дюбелей и строительно-монтажного пистолета. Несущую проволоку для крепления к стенам снабжают приваренными флажками.

К несущим проволокам и полосам провода и кабели прикрепляют бандажными полосками или пластмассовыми перфорированными полосками с кнопками. В случае крепления кабелей в свинцовой оболочке под бандажные стальные полоски устанавливают предохранительные прокладки из мягких материалов с выступами за ширину полосок не менее 1,5 мм.

Монтаж электропроводок на лотках и в коробах

Электропроводки на лотках и в коробах прокладывают теми же способами, что и рассмотренные ранее кабели. Для ускорения монтажа провода и кабели мелких сечений связывают в пучки, периодически бандажируя их. Допускается прокладка проводов и кабелей, а также пучков проводов вплотную друг к другу. Провода различных напряжений могут быть проложены в одном лотке только при наличии разделяющей перегородки по всей длине и только в том случае, если они принадлежат одному агрегату. Взаимно резервирующие друг друга цепи на одном лотке прокладывать запрещается.

Соединения и ответвления на лотках выполняют в ответвительных коробках, ящиках или сжимах с изолирующей оболочкой. Коробки и сжимы на конструкции лотков жестко закрепляют.

В коробах и на лотках допускается многослойная неупорядоченная прокладка проводов и кабелей «внавал». Сумма полных сечений проводников (по наружному диаметру, включая изоляцию и оболочки) не должна превышать 35% сечения глухих коробов и 40% открываемых коробов.

Монтаж тросовых электропроводок

Монтаж заготовленной тросовой электропроводки состоит в выполнении следующих работ (рис. 159): в разматывании бухт заготовки на месте монтажа на полу и сборке заготовок в плеть; натягивании тросовой линии на временных анкерах на высоте около 1,5 м; проверке, правке линии и установке светильников; подъеме тросовой линии с помощью лебедки (полиспаста) на проектную отметку и закреплении одного конца линии за постоянный анкер; закреплении за второй анкер полиспаста (лебедки) вместе со свободным концом троса; натяжении троса с контролем усилия тяжения по динамометру и стрелы провеса визированием; закреплении за второй анкер свободного конца троса с натяжным устройством; ослаблении и

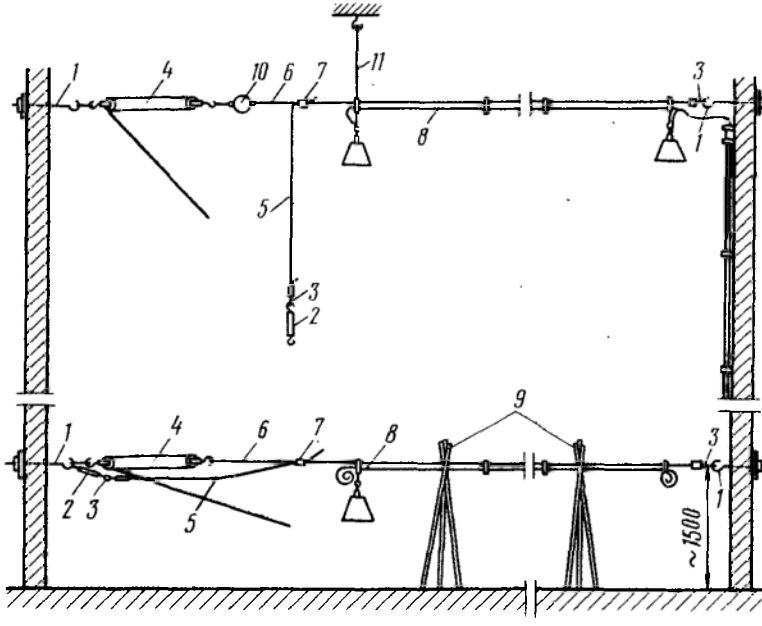


Рис. 159. Схема сборки и подвески тросовых электропроводок на месте монтажа:

1—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*—клиновой зажим, *8*—плеть тросовой электропроводки, *9*—инвентарные подставки, *10*—динамометр, *11*—вертикальная проволочная подвеска

снятии полиспаста; промежуточных креплениях троса к вертикальным подвескам, регулировке высоты подвеса путем изменения длины подвесок; окончательной регулировке натяжения и стрелы провеса натяжным устройством; заземлении несущего троса на его концах и всех металлических деталей проводки; подключении тросовой проводки к питающей магистрали; испытании и сдаче в эксплуатацию.

Для выполнения работ на высоте наиболее целесообразно использовать имеющиеся для других целей леса́ (для монтажа проводки леса́ сооружать экономически нецелесообразно). Используют также инвентарные передвижные леса и площадки, самоходные подмости, мостовые краны и другие средства.

Несущие тросы проводки заземляют проводниками сечением 2,5 мм^2, присоединяя их к нулевому проводу или к шине, соединенной с контуром заземления. Соединения и ответвления тросовых проводок производят в ответвительных коробках обычно до их подвески.

Струнные проводки, являющиеся разновидностью тросовых, выполняют на несущей струне из окрашенной горячекатаной стальной проволоки ∅ 4—6 мм. Монтаж производят по той же технологии, что и для тросовых проводок. Провода и кабели обычно прикрепляют пластмассовыми бандажами непосредственно к проволоке. Промежуточные крепления выполняют скользящими (для одинакового натяжения струны на всех участках линии) через 10—15 м. Соедине-

ния и ответвления осуществляют в ответвительных коробках или сжимах в пластмассовых корпусах.

Специальные провода для тросовых проводок (АРТ, АВТ, АВТС) представляют собой стальной трос, вокруг которого обвиты изолированные жилы. Для соединения и ответвления таких проводов применяют специальные ответвительные коробки (рис. 160). Ответвления производят в сжимах без разрезания проводов. Для заземления трос вне коробки соединяют гибкой перемычкой с нулевым зажимом в коробке.

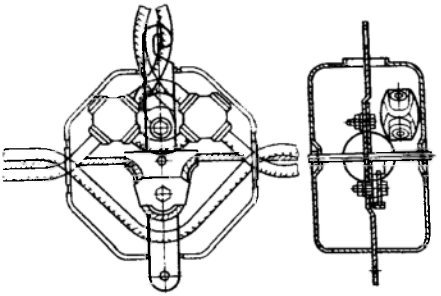


Рис. 160. Ответвительная тросовая коробка с крюком для подвески светильника

Использовать несущие тросы в качестве заземляющих проводников не допускается.

Монтаж проводов в трубах

Монтаж проводов в трубах при открытой и скрытой прокладке трубных заготовок отличается мало и имеет много общего с монтажом кабелей в блоках, рассмотренным ранее.

Технология заготовки стальных трубных конструкций состоит в правке, зачистке, окраске и сушке труб; разметке, мерной резке, торцовке и зенковке концов труб; накатке или нарезке резьб; гибке и маркировке труб. После заготовки труб комплектуют трубные конструкции, используя трубную арматуру (муфты, коробки, угольники, утки́ и т. п.), и собирают укрупненные монтажные плети и блоки. При этом кроме транспортабельности блоков учитывают габариты проемов на объекте, через которые эти блоки подаются на монтаж. Готовые монтажные блоки продувают сжатым воздухом, отверстия труб закрывают пластмассовыми заглушками или деревянными пробками.

Для производства технологических операций по заготовке труб применяют прави́льные вальцы, трубоотрезные и резьбонарезные станки, ручные, гидравлические и механизированные трубогибы.

При монтаже трубных электропроводок работы выполняют в следующем порядке: удаляют заглушки с концов участка, на котором предполагается затягивать провода; продувают участок трубы сжатым воздухом; при сильном загрязнении протягивают по трубам стальные ерши, а затем продувают; продувают трубу тальком; при сложной трассе натирают провода тальком, разматывают заготовку трубной проводки в положение, удобное для протяжки, правят провода и соединяют их с зажимом или другим приспособлением для захвата головных концов провода; оконцовывают трубу предохранительной втулкой и крепят зажим к протяжной проволоке, заложенной в трубу при ее заготовке; затягивают провода в трубу; разделывают концы проводов, прозванивают их и выполняют соединения и ответвления в коробках; оконцовывают и присоединяют

провода к электроприемникам; присоединяют проводку к питающей магистрали; испытывают и сдают проводку в эксплуатацию.

В местах соединений, ответвлений и на концах провода маркируют в соответствии с записями в кабельном журнале. Короткие и легкие провода затягивают в трубы вручную. Для облегчения протяжки один из монтажников направляет провода в приемный конец трубы. На сложных трассах с большим числом изгибов устанавливают дополнительные протяжные коробки и производят протяжку по частям участка, расположенным между этими коробками. Провода крупных сечений и большой длины затягивают в трубы с применением монтажных переносных лебедок или электромонтажных приводов. При вертикальном расположении проводов их затягивают снизу вверх. При этом провода периодически закрепляют в протяжных коробках изоляционными зажимами. Расстояние между точками вертикального крепления проводов зависит от их сечения и составляет 30 м при сечении до 50 мм^2 и 15 м при сечении 240 мм^2 и выше.

Заготовка пластмассовых труб состоит из следующих операций: разметки, резки, правки, гибки труб и колен, выпрессовки раструбов, соединения винипластовых труб склеиванием, соединения полиэтиленовых и полипропиленовых труб сваркой и горячей посадкой, соединения труб с ящиками и коробками, а также комплектования и маркировки трубных заготовок.

Для производства этих операций применяют станки для мерной резки и правки труб, устройства для нагрева труб, приспособления для изготовления раструбов и формовки втулок, электрические нагреватели для сварки.

Трубы легкого и среднего типа с внутренним диаметром до 25 мм, особенно трубы, поставляемые в бухтах, можно заготовлять и обрабатывать непосредственно на монтажной площадке.

Для гибки труб и выпрессовки из них раструбов применяют нагрев, облегчающий деформации.

Для нагрева полиэтиленовых труб до 100, винипластовых до 130 и полипропиленовых до 165° С применяют малые и большие газовые нагревательные печи. Концы труб можно нагревать с помощью газовоздушной пропан-бутановой горелки ГПВМ-0,1, оборудованной трубной насадкой с щелями для всасывания нагреваемого воздуха (рис. 161, *а*), а также с помощью сушильных шкафов, специальных

Рис. 161. Приспособления для обработки пластмассовых труб:

а—газовая грелка с насадкой, *б*—электропечь для нагрева концов пластмассовых труб

электропечей (рис. 161, *б*) и термостатов. Температура в этих устройствах должна регулироваться в пределах до 210° С. Длина нагреваемого конца трубы должна соответствовать данным табл. 26.

Таблица 26. **Длина нагреваемых концов пластмассовых труб для выпрессовки раструбов**

Наружный диаметр, мм	Длина, мм	
	нагреваемого конца	раструба
15	30	25
20	35	30
25	40	35
32	47	42
40	55	50
50	65	60
63	75	70
75	85	80

Формовку раструбов и втулок, а также изгибание труб выполняют на ручных прессах, снабженных наборами сменных матриц и пуансонов, и ручных гибочных приспособлений. Для резки пластмассовых труб применяют дисковые пилы со стальным или абразивным режущим диском, а для сварки — газовоздушные горелки и специальные электронагреватели.

Раструбы для стыков пластмассовых труб выпрессовывают на стальных оправках соответствующих диаметров. В процессе выпрессовки раструбов не рекомендуется применять масло или парафин. Приспособления для выпрессовки раструбов показаны на рис. 162.

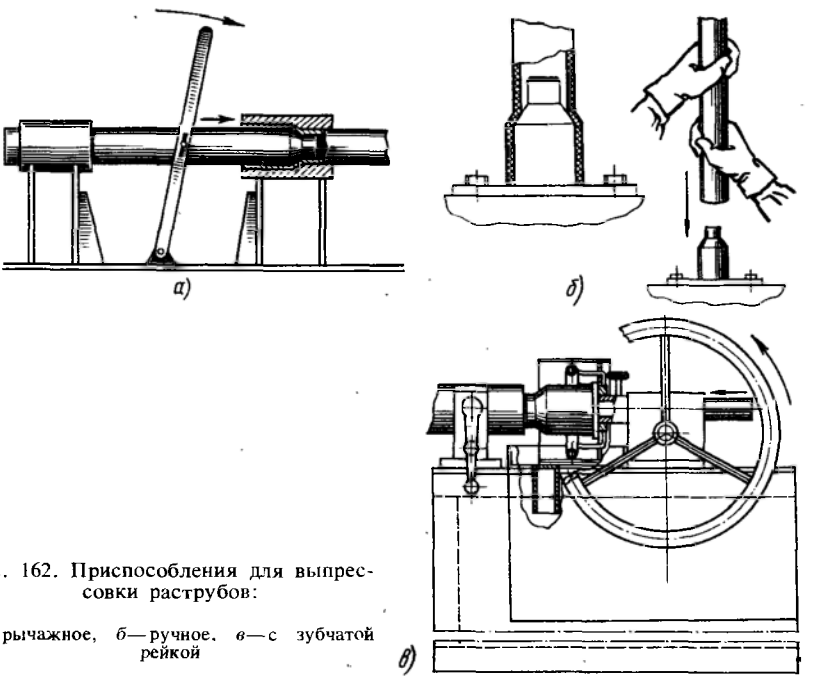


Рис. 162. Приспособления для выпрессовки раструбов:

а — рычажное, *б* — ручное, *в* — с зубчатой рейкой

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие типы кабельных линий применяют в электроустановках промышленных предприятий?
2. Каковы общие принципы устройства и особенности конструкции магистральных, распределительных, осветительных и троллейных шинопроводов?
3. Какие типы проводок применяют в электроустановках промышленных предприятий?
4. В какой последовательности осуществляют монтаж кабельных линий в траншеях?
5. Какие средства механизации применяют при монтаже кабельных линий в траншеях?
6. Расскажите о монтаже кабельных линий в кабельных сооружениях. Каковы особенности прокладки кабелей в блоках?
7. Какими способами и как прокладывают кабели внутри зданий?
8. В какой последовательности производят монтаж свинцовых и эпоксидных соединительных муфт на кабелях с бумажной изоляцией?
9. В чем заключаются особенности монтажа чугунных соединительных муфт?
10. Как монтируют эпоксидные концевые заделки?
11. Каковы особенности монтажа кабельных муфт с применением новых материалов?
12. Расскажите о монтаже комплектных магистральных, распределительных, осветительных и троллейных шинопроводов.
13. Какую последовательность операций соблюдают при монтаже скрытых электропроводок следующих типов: незащищенными проводами, в трубах, в пустотах и каналах строительных конструкций, замоноличиваемых в строительные панели и блоки в процессе их производства?
14. Какова последовательность монтажа открытых проводок следующих типов: небронированными кабелями и трубчатыми проводами, на лотках и в коробах, тросовых, в трубах?

ГЛАВА VII. КОНСТРУКЦИЯ И МОНТАЖ КОМПЛЕКТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ПОДСТАНЦИЙ

КОНСТРУКЦИЯ КОМПЛЕКТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ПОДСТАНЦИЙ

§ 53. Распределительные устройства

Распределительными устройствами (РУ) называют электроустановки, обеспечивающие прием и распределение электроэнергии и содержащие коммутационные аппараты, устройства защиты и автоматики, измерительные приборы, сборные и соединительные шины и вспомогательное оборудование.

Различают открытые (ОРУ) и закрытые (ЗРУ) распределительные устройства. ОРУ располагают вне зданий на открытой территории. ЗРУ помещают внутри зданий. Открытые РУ обычно применяют при напряжениях 35 кВ и выше, так как строительство зданий при таких напряжениях обходится очень дорого. Закрытые РУ экономически целесообразны при напряжениях 3—20 кВ. При тяжелых климатических условиях, при высоком уровне загрязнения атмосферы, а также при отсутствии достаточных площадей под открытые РУ приходится выполнять их закрытыми и при напряжении 35—110 кВ. По степени заводской готовности распределительные устройства разделяются на сборные и комплектные.

Сборные распределительные устройства комплектуют непосредственно в процессе подготовки монтажа. Оборудование и аппараты

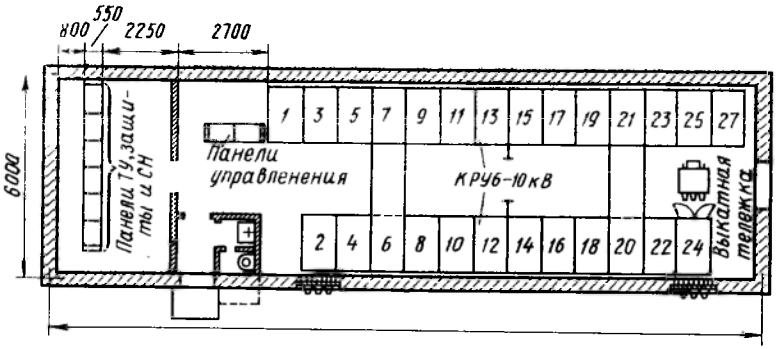


Рис. 163. План закрытого РУ 6—10 кВ

монтируют индивидуально. Эти особенности сборных РУ обусловливают большую трудоемкость и высокую стоимость монтажа.

Комплектные распределительные устройства (КРУ) поставляются полностью смонтированными и отрегулированными в металлических шкафах, ячейках, блоках. Монтаж КРУ в основном сводится к сборочным работам. Индустриальные условия производства КРУ обеспечивают им следующие преимущества в сравнении со сборными: полную комплектность поставки и высокую степень готовности; сокращенные объемы и сроки монтажных работ; снижение стоимости монтажа; высокий уровень ремонтопригодности; удобство и быстроту расширения или реконструкции.

Закрытые комплектные распределительные устройства промышленных предприятий (рис. 163) выполняются преимущественно в простейших одноэтажных зданиях зального типа.

Открытые комплектные распределительные устройства монтируют на сборных железобетонных и стальных опорных конструкциях.

При напряжениях 35—110 кВ в качестве ОРУ находят широкое применение открытые блоки высоковольтной аппаратуры, входящие в состав блочных комплектных трансформаторных подстанций (КТПБ).

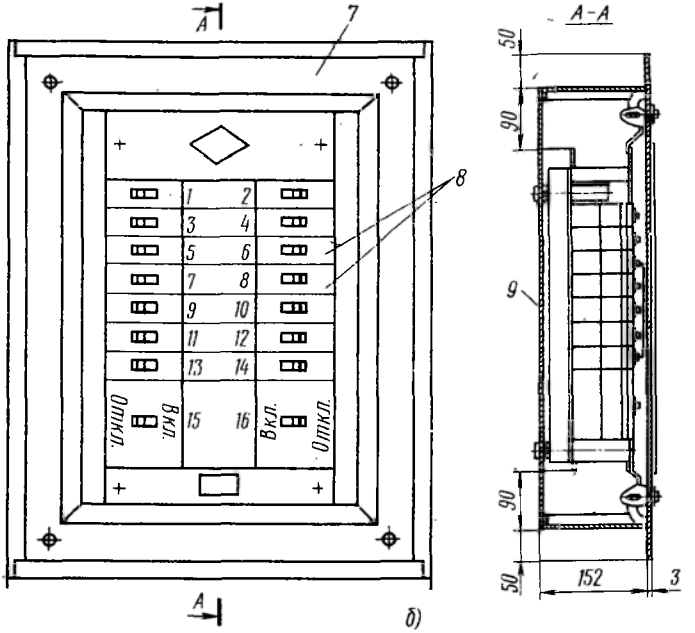
§ 54. Комплектные распределительные устройства напряжением до 1 кВ

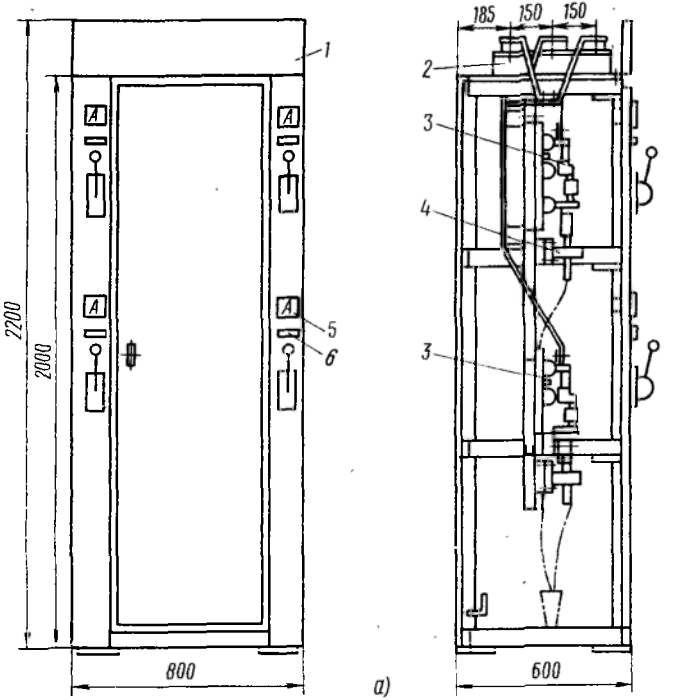
Комплектные распределительные устройства могут быть: обычного (ординарного), объемного и контейнерного исполнения. Комплектные РУ в обычном исполнении состоят из серийного оборудования и размещаются в промышленных зданиях обычного типа.

Комплектные РУ объемного исполнения размещают в отапливаемом, вентилируемом и освещаемом помещении облегченного типа.

Комплектное РУ контейнерного исполнения размещается в специальных контейнерах и состоит из специального оборудования, допускающего особо плотную компоновку.

Комплектные РУ обычного исполнения состоят из панелей, шкафов, блоков, которые при монтаже объединяют в щиты. В


А
7
8
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
Откл.
Вкл.
Вкл.
Откл.
А
б)
А-А
50
90
9
90
50
152
3


1
2
3
4
5
6
A
2200
2000
800
185
150
150
600
а)

зависимости от назначения различают щиты управления, распределительные, защитные и сигнализации.

В настоящее время широкое распространение имеют панели щитов одностороннего обслуживания (прислонного типа) ЩО-70 (рис. 164, *а*). В номенклатуре ЩО-70 имеются линейные, вводные, секционные, специальные и комбинированные панели. Стыковочные стороны панелей одинаковы. При комплектации панелей в щит свободные торцы последнего закрывают торцовыми панелями-крышками. Панели ЩО-70 используются для распределительных щитов.

Кроме панелей ЩО-70 применяют панели собственных нужд типа ПСН, силовые пункты с предохранителями СП и СПУ, распределительные пункты с автоматическими выключателями серии ПР-21 и ПР-9000, шкафы с автоматами «Электрон» типа ШЭ, силовые шкафы ШС, релейные шкафы ШР и др. Для осветительных установок специально изготовляют вводные шкафы ШВ, вводно-распределительные устройства серии ВРУ, щитки с установочными автоматами СУ-9400 (рис. 164, *б*) и разнообразные групповые и этажные щитки. Набор аппаратуры в панелях и шкафах многовариантен и отображен в стандартных сетках схем заполнения, по которым выбирают панели и шкафы при проектировании.

§ 55. Комплектные распределительные устройства напряжением выше 1 кВ

Комплектные распределительные устройства для внутренней установки (КРУ) выпускают двух типов: выкатного и стационарного.

Выкатные КРУ имеют выкатную тележку. На тележке монтируют наиболее часто повреждаемую или требующую регулировок аппаратуру (выключатели, трансформаторы напряжения, разрядники и т. п.). Выкатное исполнение при наличии резерва тележек обеспечивает быструю ликвидацию последствий аварий и облегчает ремонт и эксплуатацию КРУ.

Выкатные КРУ состоят из двух основных частей (рис. 165): корпуса и выкатной тележки. Деление внутреннего объема камер на отсеки ограничивает развитие аварии обычно пределами только одного отсека. Выкатная тележка КРУ с выключателем ВМП-10К показана на рис. 166. Механизм 7 доводки и фиксации обеспечивает усилие, необходимое для включения разъединителей в конце вкатывания тележки.

Безопасность камеры при выкаченной тележке создается шторочным механизмом 11 (см. рис. 165). Он автоматически закрывает отверстия в перегородке для подвижных контактов разъединителя. При вкатывании тележки в рабочее положение шторки открывают отверстия также автоматически. Относительно корпуса тележка имеет два фиксированных положения: рабочее и контрольное. В контрольном положении производятся работы по наладке. Для ремонтов тележки полностью выкатываются за пределы камеры.

Рис. 164. Комплектные распределительные устройства:
а — панель ЩО-70, *б* — щиток СУ-9400 с установочными автоматами; *1* — съемный карниз, *2* — траверса с изоляторами, *3* — рубильник с предохранителями на общей плите, *4* — трансформатор тока, *5* — амперметр, *6* — рамка для надписей, *7* — обрамление, *8* — установочный автомат, *9* — корпус щитка

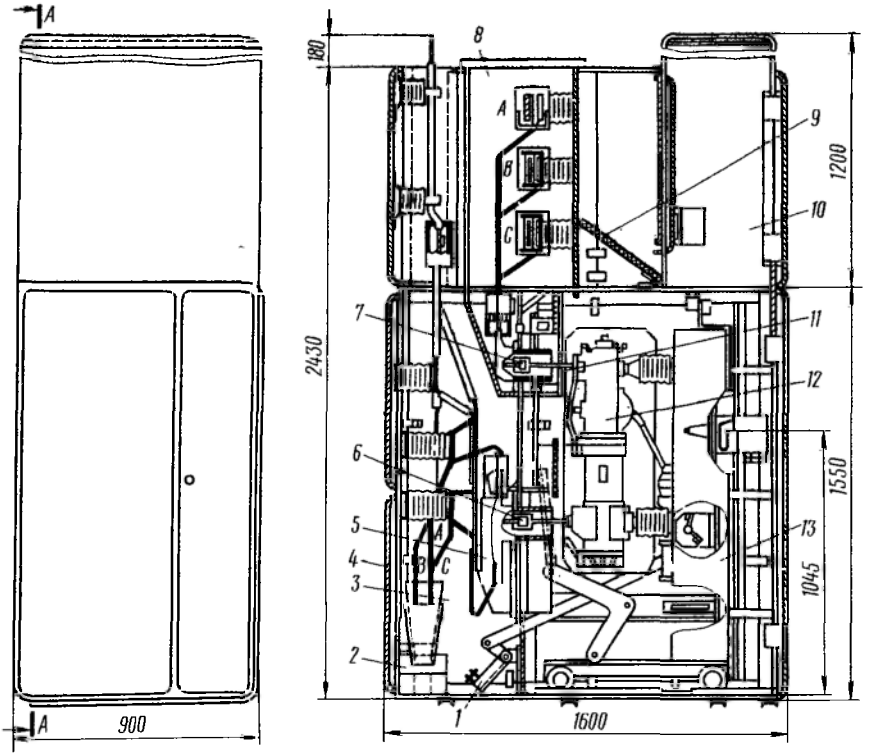


Рис. 165. Устройство шкафа КРУ выкатного типа:

1—заземлитель, *2*—кабельная заделка, *3*—трансформаторный (линейный) отсек, *4*—съемная крышка, *5*—трансформатор тока, *6*—штепсельный разъединитель (нижний), *7*—штепсельный разъединитель (верхний), *8*—отсек сборных шин, *9*—перегородка, *10*—релейный шкаф, *11*—шторочный механизм, *12*—выключатель, *13*—выкатная тележка

Ошибочные операции персонала в КРУ предотвращаются автоматическими блокировками. В конструкции КРУ предусмотрены блокировки от: 1) вкатывания тележки в рабочее положение при включенном выключателе; 2) выкатывания тележки из рабочего положения при включенном выключателе; 3) вкатывания тележки в рабочее положение при включенном заземлителе; 4) включения заземлителя в рабочем положении тележки; 5) включения выключателя в промежуточных нефиксированных положениях тележки.

Первые две блокировки предотвращают включение и отключение рабочего тока контактами разъединителя, на что они не рассчитаны. Следующие две блокировки исключают короткое замыкание. Последняя блокировка обеспечивает безопасность персонала.

Камеры КРУ с электромагнитным выключателем типа ВЭМ-6 имеют существенные преимущества перед другими. Эти преимущества определяются достоинствами самого электромагнитного выключателя.

Стационарные КРУ серий КСО-366 и КСО-272 имеют примерно одинаковое устройство. Корпус их камеры представляет собой

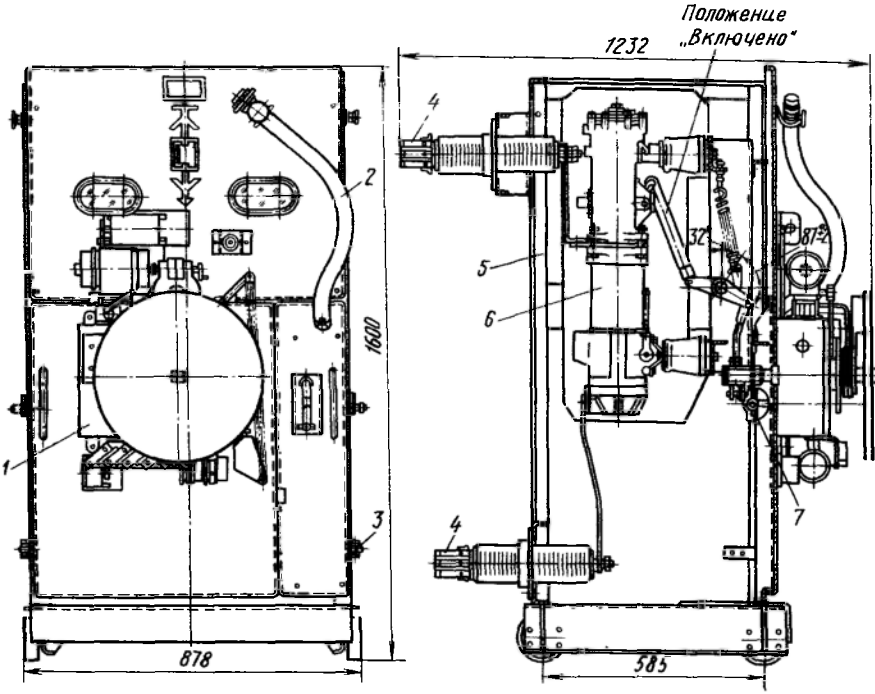


Рис. 166. Выкатная тележка КРУ с выключателем ВМП-10К:
1—пружинный привод ПП-67 к масляному выключателю, *2*—гибкий шланг вторичной коммутации со штепсельным разъемом, *3*—контакт защитного заземления, *4*—втычной контакт, *5*—металлоконструкция тележки, *6*—масляный выключатель, *7*—вал доводки тележки

сварной каркас из гнутых стальных профилей, облицованный стальными панелями. Внутри камеры стационарно смонтирована аппаратура РУ. Выкатных тележек стационарные КРУ не имеют.

Камеры КСО-366 предназначены для РУ, выполняемых по упрощенным схемам. Они комплектуются разъединителями и выключателями нагрузки при номинальных токах до 600 А (рис. 167). Камера внутри не разделяется на отсеки, но в комплект поставки КРУ входит инвентарная перегородка. Эта перегородка устанавливается в отключенных для ремонта камерах для ограждения частей, оставшихся под напряжением. Камеры КСО-366 имеют уменьшенные в сравнении с КСО-272 габариты (высоту, глубину).

Камеры КСО-272 (рис. 168) рассчитаны на номинальные токи до 1000 А. В качестве основного коммутационного аппарата применен масляный выключатель типа ВМГ-10 с приводом ПЭ-11. Вместо этого привода могут применяться приводы ПП-67 или ППВ-10.

Комплектные распределительные устройства для наружной установки (КРУН) размещают в металлических шкафах усиленной конструкции, снабженных уплотнениями, предотвращающими проникновение в них атмосферной влаги и пыли. Внутри шкафов смонтированы отключающие аппараты, устройства контроля, управления, защиты и автоматики.

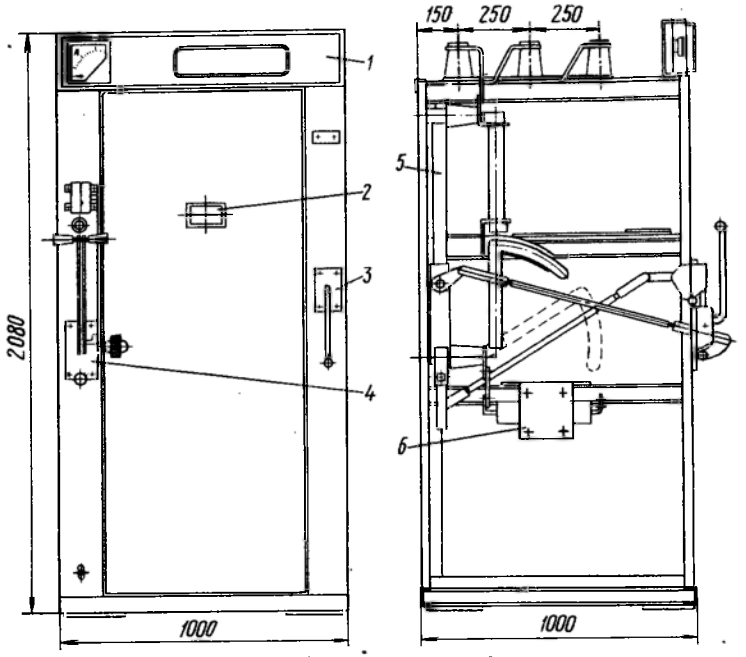


Рис. 167. Камера серии КСО-366:

1—короб вторичных цепей и зажимов, *2*—смотровое окно, *3*—привод ПР-2 заземляющих ножей, *4*—привод ПР-17, *5*—выключатель нагрузки ВНПЗ-16, *6*—трансформатор тока

КРУН изготовляют трех типов: 1) выкатные, 2) стационарные, 3) объемные (с однорядным и двухрядным расположением ячеек).

КРУН выкатного типа разделяются на отсеки и скомпонованы они так же, как и соответствующие КРУ внутренней установки. Для вентиляции в корпусе имеются жалюзи. Потолок шкафа снабжен теплоизоляционной панелью, защищающей находящееся в шкафу электрооборудование от нагрева солнечных лучей.

Выкатные тележки КРУН имеют конструкцию, показанную на рис. 166. Выкатные КРУН выпускают нормального и малого габаритов.

КРУН стационарного типа не имеют выкатных тележек, снабженных штепсельными разъединителями. Это вызывает необходимость применения отдельных разъединителей с приводами. Шкафы разделяются перегородками на отсеки (рис. 169). В этих КРУН в качестве основных аппаратов применяют масляные выключатели ВМГ-10, разъединители РВ-10 и предохранители ПК-10. Шкафы с выключателями оборудованы механической блокировкой от неправильных действий выключателем и разъединителем.

КРУН объемного типа изготовляют нормального и малого габаритов с однорядным и двухрядным расположением ячеек. Эти КРУН располагают в собственном помещении из стальных листовых панелей. Заднюю стену помещения однорядного КРУН составляют задние панели собранных вместе ячеек (рис. 170). Ячейки имеют

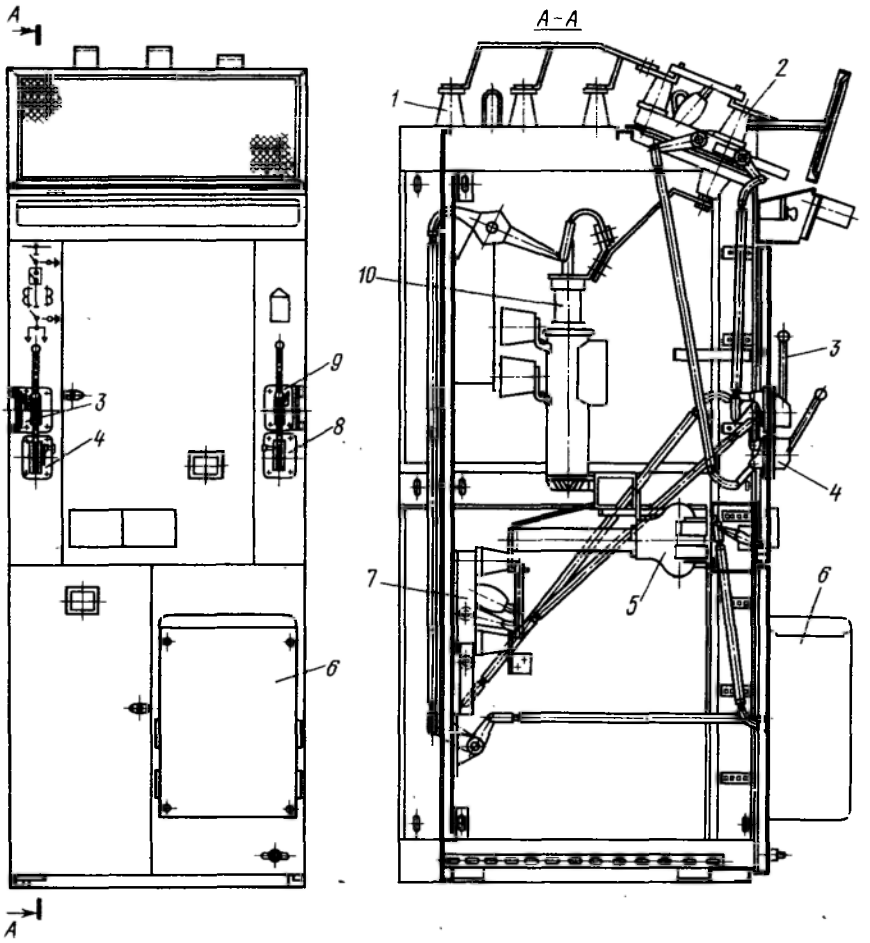


Рис. 168. Камера серии КСО-272 с выключателем ВМГ-10:

1—сборные шины, *2*—шинный разъединитель, *3*—привод заземляющих ножей шинного разъединителя, *4*—привод шинного разъединителя, *5*—трансформатор тока, *6*—пружинный привод ПП-67, *7*—линейный разъединитель, *8*—привод линейного разъединителя, *9*—привод заземляющих ножей линейного разъединителя, *10*—выключатель ВМГ-10

козырьки *5*. Козырьки в сборе составляют половину крыши КРУН. Остальная часть помещения собирается из стандартных панелей передней стенки коридора, крыши коридора и торцовых стенок коридора с дверьми. На свободной стенке коридора управления размещают релейные шкафы *7* и блоки питания *9*. Полная ширина коридора управления около 1900 мм. Длина коридора определяется количеством ячеек.

При двухрядном расположении ячеек продольные стены помещения образуются задними стенками ячеек. Торцовые стенки и крыша коридора имеют уменьшенные размеры. Коридор шириной около 2000 мм образуется между фасадами ячеек.

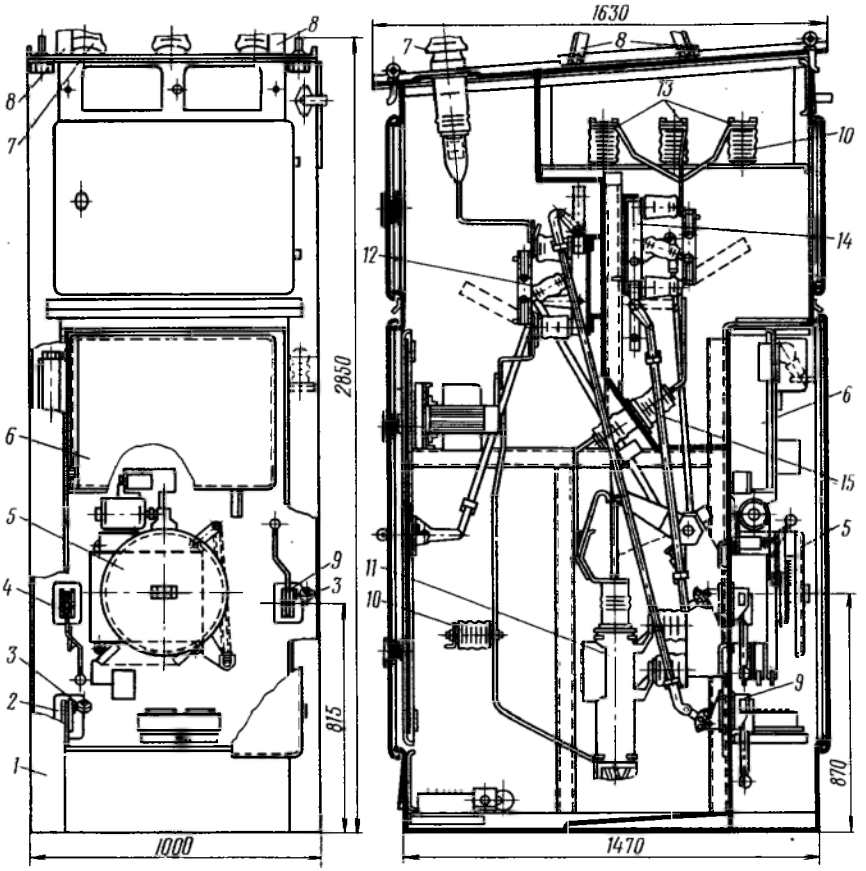


Рис. 169. Шкаф КРУН стационарного типа серии КРН-III-10:

1 — корпус шкафа, *2* — привод заземляющего ножа линейного разъединителя, *3* — замок блокировки, *4* — привод заземляющего ножа шинного разъединителя, *5* — пружинный привод ПП-67, *6* — релейный шкаф, *7* — линейный изолятор, *8* — кронштейн для воздушной линии, *9* — привод ПР-10-П шинного и линейного разъединителей, *10* — опорный изолятор, *11* — выключатель ВМГ-10, *12* — линейный разъединитель РВЗ-10-600, *13* — сборные шины, *14* — шинный разъединитель РВЗ-10-600, *15* — проходной изолятор

Малогабаритные объемные КРУН выполняются только с двухрядной компоновкой ячеек. Малогабаритность КРУН обеспечена малыми размерами основного аппарата — выключателя ВММ-10 и повышенной плотностью монтажа оборудования. Эти КРУН поставляются заводом-изготовителем крупными блоками (до 10 ячеек на общей раме).

Вводы в КРУН любого типа выполняются в трех вариантах: 1) токопроводом; 2) кабелем через приставку; 3) воздушной линией с помощью мачты.

КРУН всех типов применяют как в качестве отдельных распределительных устройств, так и в составе комплектных трансформаторных подстанций со стороны 6 (10) кВ.

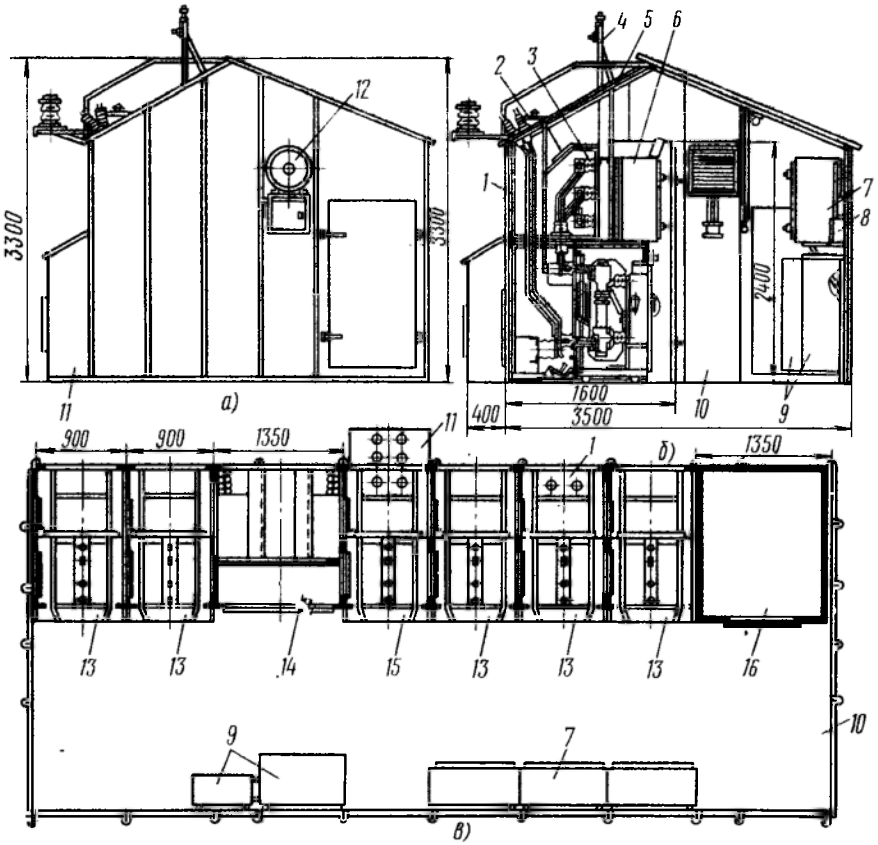


Рис. 170. КРУН объемного типа серии К-37:

а—вид сбоку, *б*—разрез по ячейке с выключателем, *в*—план; *1*—шкаф, *2*—шинный ввод токопроводом, *3*—изолятор ОФР-10, *4*—мачта, *5*—козырек, *6*—релейный шкаф, *7*—навесной релейный шкаф, *8*—лотки для соединений между шкафами, *9*—блок питания, *10*—коридор управления, *11*—кабельная приставка, *12*—вытяжной вентилятор, *13*—камеры КРУН с различными аппаратами, *14*—шкаф собственных нужд, *15*—шкаф кабельной линии, *16*—шкаф для устройств высокочастотной связи

§ 56. Комплектные трансформаторные подстанции

Комплектные трансформаторные подстанции изготовляют для внутренней (КТП) и наружной (КТПН) установок.

Оборудование КТП состоит из трансформаторов специального или обычного исполнения и комплектных распределительных устройств внутренней установки (КРУ). Выводы трасформаторов специального исполнения направлены не вверх, как обычно, а в стороны. Для безопасности персонала выводы закрыты коробками. Со стороны 10 кВ трансформатор оборудуется вводным шкафом *1* (рис. 171) с выключателем нагрузки ВНП-17. Со стороны 0,4 кВ к трансформатору присоединено распределительное устройство, состоящее из шкафов *3—6* с автоматическими выключателями. Такое

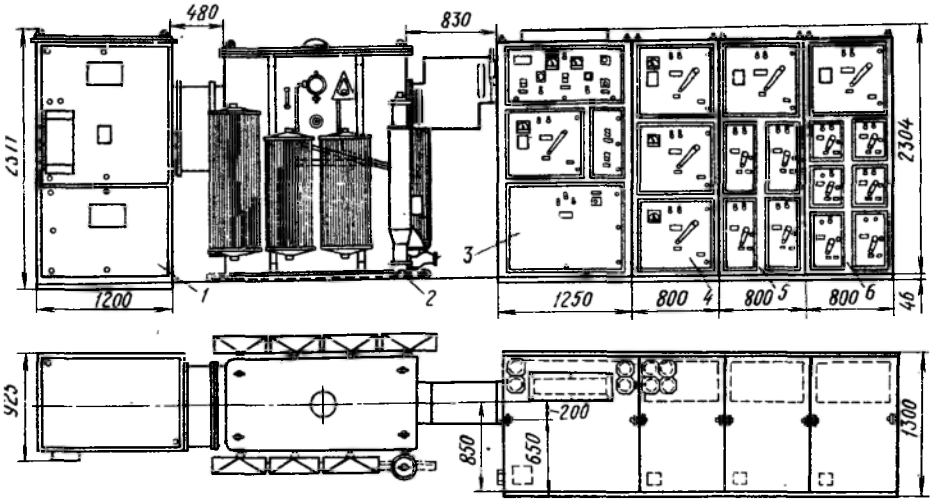


Рис. 171. Комплектная трансформаторная подстанция внутренней установки КТП-630-1000:

1—вводной шкаф ВН напряжением 6 кВ, *2*—силовой трансформатор, *3*—вводной шкаф НН, *4*, *5*, *6*—шкафы отходящих линий на 3, 4, и 6 присоединений

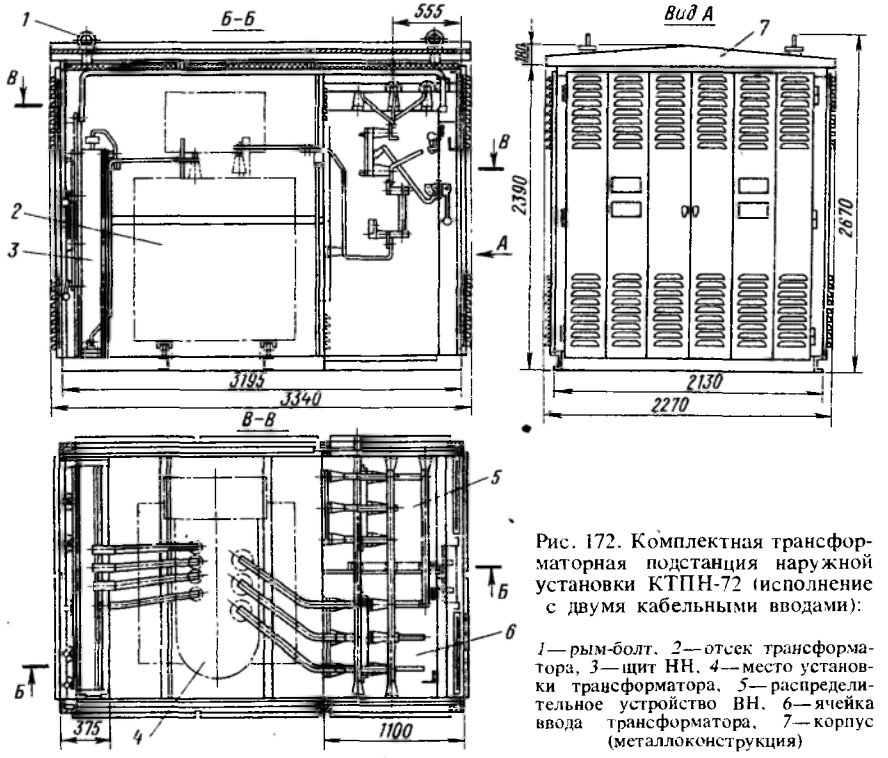


Рис. 172. Комплектная трансформаторная подстанция наружной установки КТПН-72 (исполнение с двумя кабельными вводами):

1—рым-болт, *2*—отсек трансформатора, *3*—щит НН, *4*—место установки трансформатора, *5*—распределительное устройство ВН, *6*—ячейка ввода трансформатора, *7*—корпус (металлоконструкция)

устройство имеют комплектные трансформаторные подстанции, выпускаемые промышленностью серийно (КТП-250, КТП-400, КТП-630).

Подстанции могут быть в однотрансформаторном и двухтрансформаторном исполнениях. Мощность устанавливаемых в КТП трансформаторов — 250—2500 кВ·А.

Комплектные трансформаторные подстанции наружной установки выпускаются промышленностью на высшие напряжения (6—110 кВ). Мощности трансформаторов 25—1000 кВ·А при напряжении 6(10) кВ и 630—16 000 кВ·А при напряжении 35 кВ. КТПН имеют однотрансформаторное исполнение. Составные части КТПН собираются в моноблок на резьбовых креплениях (КТПН-630, КТПН-1000) или монтируются внутри общего металлического (КТПН-72) или железобетонного (БКТП) корпуса.

На рис. 172 показана подстанция КТПН-72 в металлическом корпусе.

§ 57. Блочные комплектные трансформаторные подстанции

Блочная комплектная трансформаторная подстанция (рис. 173) состоит из трансформатора, КРУН напряжением 6—10 кВ и комплек-

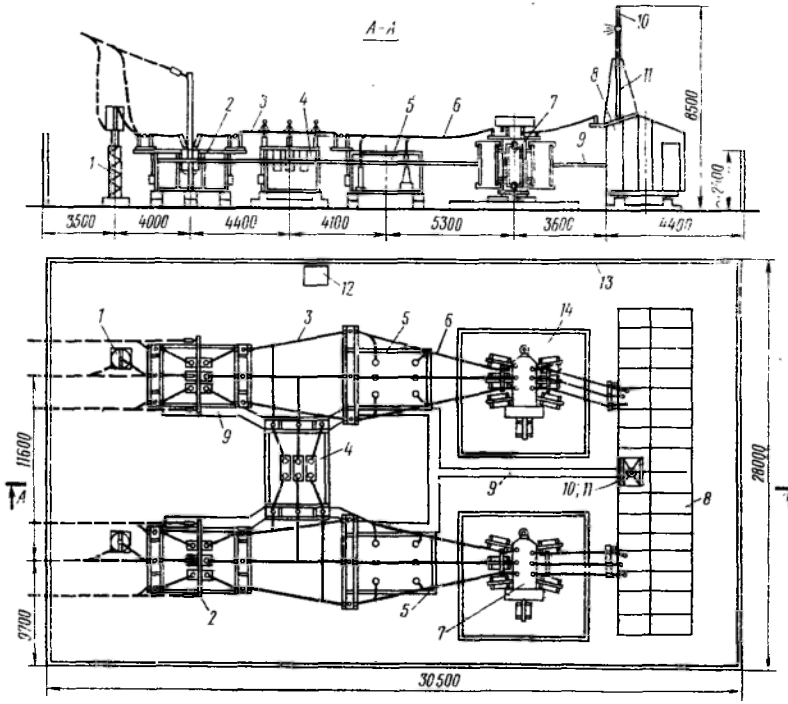


Рис. 173. Комплектная блочная трансформаторная подстанция 2КТПБ-356(10) кВ с выключателями 35 кВ:

1—устройство высокочастотной связи, *2*—блок с выключателем в цепи линии, *3*—шины открытого распределительного устройства 35 кВ, *4*—блок с выключателем в цепи перемычки, *5*—блок с трансформаторами напряжения, *6*—гибкие шины, *7*—силовой трансформатор, *8*—КРУН, *9*—кабельные короба, *10*—устройство грозозащиты, *11*—мачта, *12*—противопожарный шкаф, *13*—ограждение, *14*—гравийная засыпка приямка под трансформатором

та блоков напряжением 35—110 кВ с разъединителями, разрядниками, выключателями в зависимости от вида типовой схемы.

Блок представляет собой набор оборудования, полностью или частично смонтированного на металлоконструкции и налаженного на заводе-изготовителе.

МОНТАЖ КОМПЛЕКТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ПОДСТАНЦИЙ

§ 58. Монтаж комплектных распределительных устройств напряжением до 1 кВ

Комплектные распределительные устройства поставляют на объект блоками длиной до 4 м с выполненными межпанельными соединениями; шины, измерительные приборы и реле поставляют в отдельных упаковках.

В МЭЗ комплектные распределительные устройства собирают в монтажные блоки, массы и габариты которых определяются возможностями грузоподъемных средств, имеющихся на объекте.

Монтажные блоки разгружают подъемными кранами, а перемещают по горизонтали на тележках, катках (рольгангах) и при помощи лебедок.

До начала монтажа щитов не только должны быть выполнены основные строительные работы, но и завершен монтаж осветительной электроустановки, установлены сборные кабельные конструкции, а также осуществлена побелка помещения.

В объем работ по монтажу КРУ входят: установка первого монтажного блока на фундаментную раму, забетонированную в пол на первой стадии монтажа; выверка положения монтажного блока в пространстве; крепление выверенного блока к фундаментной раме; последовательная установка, выверка и крепление остальных монтажных блоков КРУ; соединение монтажных блоков между собой; монтаж сборных шин в соответствии с их окраской и маркировкой; установка и крепление приборов и аппаратов, поступивших на монтаж отдельно; выполнение внутренних присоединений к приборам, аппаратам и сборным шинам; ревизия КРУ в той части, необходимость которой выявлена в процессе монтажа; опробование, испытание и сдача в эксплуатацию.

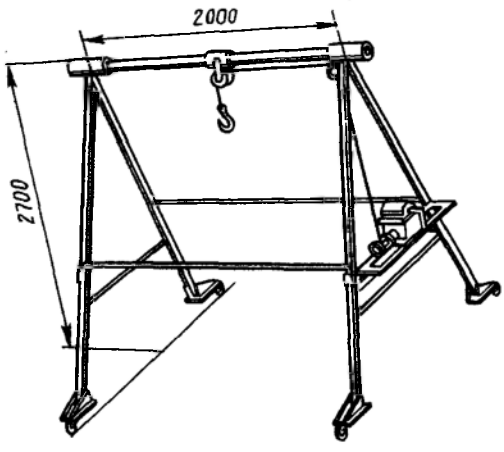


Рис. 174. Передвижной портал для установки шкафов

Установка отдельных панелей на фундаментные рамы производится с помощью ручных, грузоподъемных приспособлений, передвижных порталов (рис. 174) и тележек (рис. 175). Для горизон-

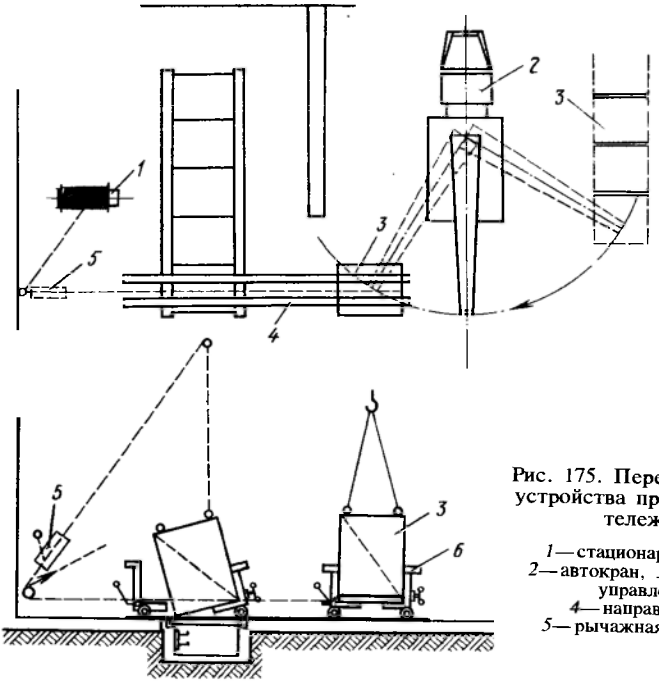


Рис. 175. Перемещение комплектного устройства при помощи специальной тележки и лебедки:

1—стационарная лебедка типа ЛБ, *2*—автокран, *3*—панель щита станции управления типа ЩСУ, *4*—направляющие швеллеры, *5*—рычажная лебедка, *6*—тележка

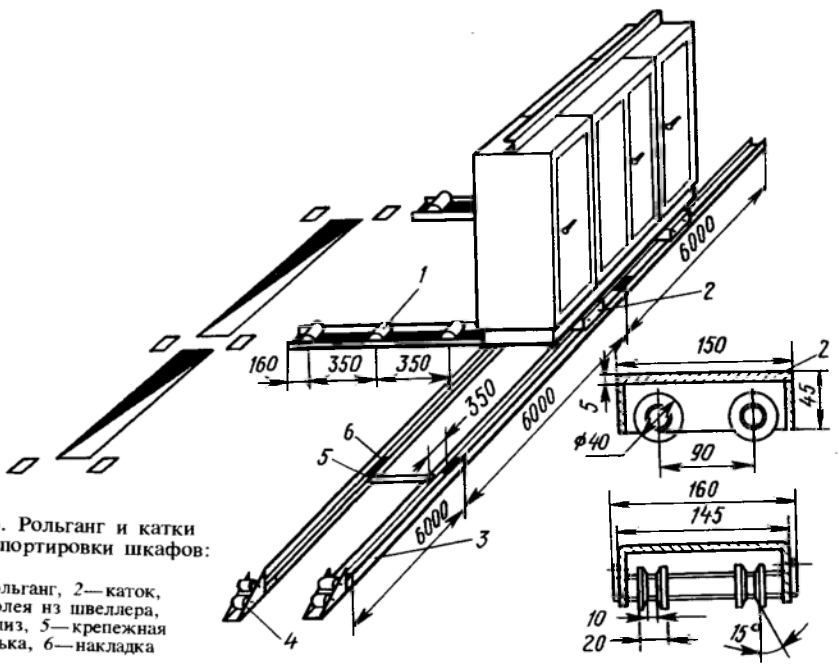


Рис. 176. Рольганг и катки для транспортировки шкафов:

1—рольганг, *2*—каток, *3*—колея из швеллера, *4*—склиз, *5*—крепежная шпилька, *6*—накладка

тальной транспортировки используют рольганги и катки с направляющими (рис. 176).

Параллельно монтажу панелей производят прокладку к ним кабельных и других линий, а также монтаж концевых заделок для присоединений к щиту. Для надежного заземления опорную часть каждой панели приваривают в нескольких точках к заземленной раме.

§ 59. Монтаж комплектных распределительных устройств напряжением выше 1 кВ

В объем работ по монтажу комплектных распределительных устройств напряжением выше 1 кВ входят доставка их на объект, распаковка и проверка исправности и комплектности, установка на закладные фундаментные рамы, выверка их положения, крепление к основанию и между собой, монтаж сборных шин, подключение кабелей, ревизия и регулировка отдельных аппаратов.

Особенностью этого монтажа являются регулировки вкатывания и выкатывания тележек, подъема и опускания шторок и проверка блокировок разъединителей с выключателями и дверцами.

По окончании монтажа каждую камеру КСО приваривают к фундаментной раме во всех углах, а камеру КРУ — к раме опорными швеллерами (не менее чем в двух точках каждый).

На панелях камер КСО и в релейных шкафах камер КРУ монтируют измерительные приборы, реле, аппараты защиты, сигнализации и управления. Прокладывают, разделывают и подключают силовые и контрольные кабели. Выполняют заземления вторичных обмоток трансформаторов тока, неиспользуемые вторичные обмотки закорачивают перемычками непосредственно на их выводах.

Проверяют уровни масла в маслонаполненных аппаратах и, если требуется, производят его доливку.

В соответствии с заводской инструкцией контролируют работу контактов, кинематику приводов и других элементов оборудования. При необходимости производят их дорегулировку.

§ 60. Монтаж комплектных трансформаторных подстанций

Монтаж комплектных трансформаторных подстанций начинают с установки силовых трансформаторов. Выводы трансформаторов с шинами распределительных устройств комплектной трансформаторной подстанции соединяют гибкими компенсаторами. Места соединений закрывают коробами, поставляемыми комплектно с КТП.

Камеры распределительных устройств присоединяют поочередно. Опорные швеллеры отдельных групп шкафов соединяют перемычками сечением 40×4 мм с помощью сварки.

Автоматы в шкафы КТП устанавливают только после проверки их исправности и соответствия проекту. После монтажа автоматов устанавливают дугогасительные камеры и проверяют работу контактов. Остальные работы производят так же, как и при монтаже распределительных устройств.

§ 61. Монтаж вторичных цепей

Вторичные цепи состоят из изолированных проводов, которые при прокладке по панелям объединяют в потоки. При числе проводов в потоке более 25 монтаж и эксплуатация вторичных цепей неоправданно усложняется. Потоки проводов прокладывают по кратчайшим путям, располагая их горизонтально или вертикально. Допустимые отклонения от горизонтали и вертикали составляют 6 мм на 1 м длины. При формировании потоков проводов избегают перекрещиваний; ответвления от потока выполняют преимущественно под прямым углом. Потоки проводов располагают прямыми плотными и ровными рядами. В каждом ряду должно быть не более 10—15 проводов. Длинные провода располагают в нижнем ряду, короткие — в верхнем.

В настоящее время распространены следующие способы монтажа вторичных цепей:

непосредственно по панели с креплением скобами на винтах или бандажными приварными полосками; по металлическим панелям под провода наклеивают полосу электрокартона:

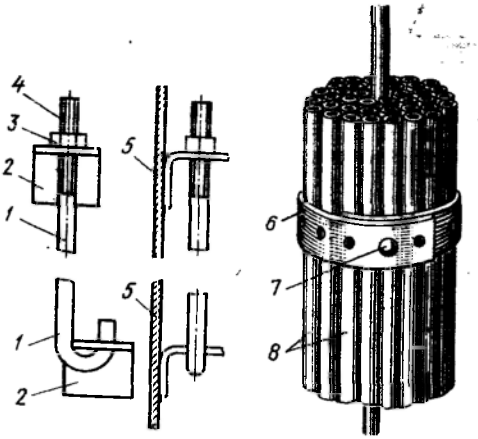
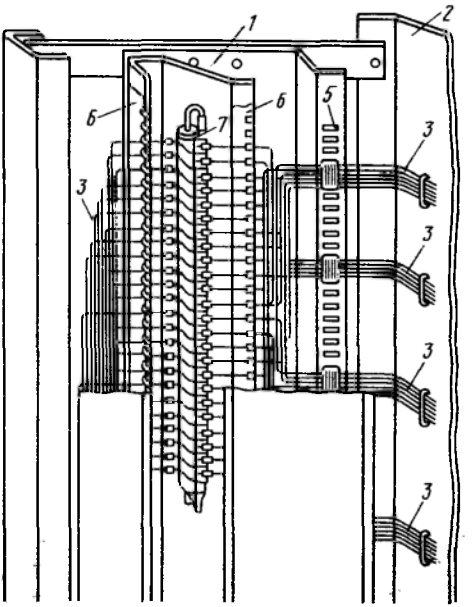


Рис. 177. Монтаж проводов вторичных цепей по струне:

1 — струна, 2 — скоба, 3 — гайка, 4 — натяжная резьба, 5 — панель, 6 — перфорированная лента, 7 — кнопка, 8 — провода



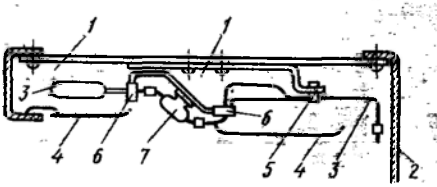


Рис. 178. Монтаж проводов вторичных цепей в пластмассовом кожухе:

1 — отсек для проводов, 2 — панель РУ, 3 — поток проводов, 4 — пластмассовая крышка, 5 — перфорированная планка для крепления потоков проводов, 6 — гребенка для проводов, 7 — рейка зажимов

по струне ∅ 5—6 мм с закреплением ее на скобах (рис. 177) и бандажированием потока проводов к струне;

с креплением бандажированного потока проводов только ответвлениями к аппаратуре и наборным зажимам; расстояние от потока проводов до панели 5—10 мм;

в пластмассовом или стальном коробе без креплений и бандажирования с выводом проводов через специальные отверстия и щели (рис. 178);

перекрестный монтаж или монтаж «напрямую», когда провода прокладываются кратчайшими путями на задней стороне панели. Выход проводов к аппаратам на лицевую сторону панели производится в проходных изоляционных втулках. В местах перекрещиваний проводов на задней стороне панели накладывают бандажи из липкой ленты для повышения общей жесткости ряда проводов. Последний способ наиболее прогрессивен и обеспечивает экономию трудозатрат (до 30%) и проводов (до 20%), а также наглядность соединений и хороший внешний вид лицевой стороны панели.

Прокладка в пластмассовых коробах имеет преимущества при небольшой длине потоков и высокой насыщенности панели приборами и аппаратами. Недостатком коробов является их громоздкость.

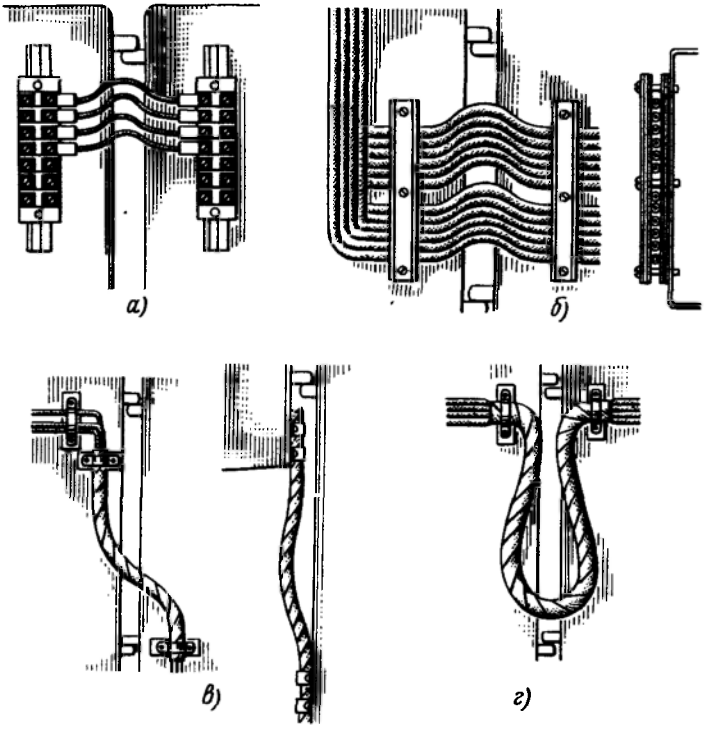


Рис. 179. Гибкие компенсаторы:

а — плоский с разъемом, *б* — плоский цельный, *в* — вертикальный жгутовой, *г* — петлевой жгутовой

Переходы потоков проводов с панели на панель выполняют гибкими плоскими или жгутовыми компенсаторами, работающими на изгиб или скручивание (рис. 179). Последние более предпочтительны, так как отличаются долговечностью. В качестве проводников во вторичных цепях обычно используют медные провода.

Применение во вторичных цепях алюминиевых проводов допускается при соблюдении следующих требований:

провода следует изгибать однократно и только руками с радиусом изгиба не менее трех диаметров провода;

от присоединения к аппарату до ближайшей точки крепления должно выдерживаться расстояние не менее 200 мм при сечении жилы до 2,5 мм^2;

изоляцию следует удалять только специальным инструментом (клещи КСИ, КУ);

при затяжке резьб контактных зажимов необходимо соблюдать осторожность во избежание среза жилы.

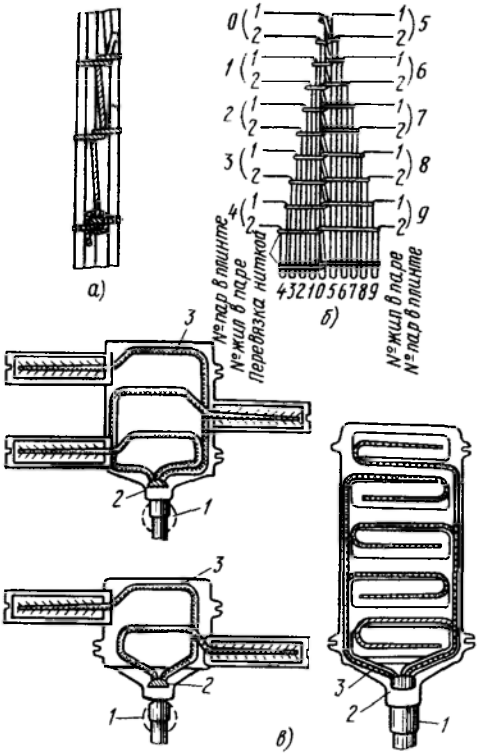


Рис. 180. Разделка кабелей связи:

а — вязка жгута проводов, *б* — расшивка жил кабелей елочкой, *в* — укладка пучков жил в боксах; *1* — место пропайки, *2* — обмотка миткалевой лентой, *3* — пучок жил

При использовании в цепях автоматики и телемеханики кабелей связи их концы разделывают, как показано на рис. 180.

Для бандажирования пучков жил кабелей применяют натертые парафином нитки диаметром около 0,5 мм. Шаг вязки бандажом пучка должен быть равен примерно двум диаметрам пучка. Вместо ниток применяют пластмассовые или металлические плакированные (покрытые пластмассой) пояски, устанавливаемые через 300—500 мм.

Изоляцию с жил кабелей связи удаляют термоклещами (для нетермостойкой изоляции) или ручными клещами для механического снятия изоляции.

Однопроволочные жилы диаметром менее 0,8 мм и многопроволочные жилы кабелей связи для присоединения к винтовым зажимам оконцовываются наконечниками. На многопроволочных жилах наконечники закрепляют опрессовкой или пайкой, на однопроволочных — только пайкой припоем ПОС-61 под спирто-канифольным флюсом (20 г канифоли на 100 г спирта).

К зажимам аппаратуры телефонного типа жилы сечением до 1,5 мм присоединяют пайкой с предварительным облуживанием.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие преимущества имеет комплектное электрооборудование в сравнении с некомплектным?
2. Каковы основные конструктивные различия выкатных и стационарных комплектных распределительных устройств для внутренней установки?
3. Как устроены комплектные распределительные устройства для наружной установки выкатного, стационарного и объемного типов?
4. В чем заключаются особенности устройства комплектных трансформаторных подстанций для внутренней и наружной установок?
5. Какова последовательность монтажа комплектных распределительных устройств?
6. Каков порядок монтажа комплектных трансформаторных подстанций?
7. Какие способы монтажа вторичных цепей применяют в электротехнических установках?

ЛИТЕРАТУРА

Правила устройства электроустановок (ПУЭ—76). 5-е изд.—М.: Атомиздат, 1977—1978.

Строительные нормы и правила (СНиП), ч. III, разд. II, гл. 6. Электротехнические устройства.—М.: Стройиздат, 1968.

Справочник по монтажу электроустановок промышленных предприятий, кн. 1 и 2. 2-е изд.—М.: Энергия, 1976.

Атабеков В. Б., Покровский К. Д. Монтаж электрических сетей и силового электрооборудования. 3-е изд.—М.: Высшая школа, 1979.

Атабеков В. Б., Живов М. С. Монтаж осветительных электроустановок.—М.: Высшая школа, 1979.

Белоцерковец В. В. и др. Справочник электромонтажника. Механизация электромонтажных работ.—М.: Энергия, 1977.

Белоцерковец В. В. Применение пороховых механизмов в электромонтажных работах.—М.: Энергия, 1976.

Гетлинг Б. В. Чтение схем и чертежей электроустановок. 6-е изд.—М.: Высшая школа, 1980.

Живов М. С. Индустриальный монтаж осветительных электроустановок. 2-е изд.—М.: Энергия, 1978.

Живов М. С., Делибаш Б. А. Электромонтажник по распределительным устройствам промышленных предприятий. 3-е изд.—М.: Высшая школа, 1978.

Зевакин А. И., Лигерман И. И. Шинопроводы в электрических сетях промышленных предприятий.—М.: Энергия, 1979.

Крюков В. И. Монтаж и эксплуатация электроосветительных установок.—М.: Высшая школа, 1979.

Масанов Н. Ф. Электропроводки на тросах и струнах. 2-е изд.—М.: Энергия, 1976.

Смирнов В. Н. и др. Монтаж электрических установок.—М.: Энергия, 1976.

Трифонов А. Н. Рабочее место при монтаже силового электрооборудования.—М.: Энергия, 1979.

Трифонов А. Н. Рабочее место при монтаже кабелей.—М.: Энергия, 1973.

Трифонов А. Н., Черноусов А. И. Твой инструмент. 2-е изд.—М.: Энергия, 1976.

Труиковский Л. Е. Монтаж силовых кабелей и электрооборудования.—М.: Энергия, 1974.

Чусов Н. П., Любашевская Р. И. Механизация кабельных работ на промышленных объектах.—М.: Энергия, 1976.