Библиотека СОК

МОНТАЖ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И УСТАНОВОК

Ю.Д. СИБИКИН
М.Ю. СИБИКИН

Ю.Д. СИБИКИН М.Ю. СИБИКИН

Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок

Рекомендовано Экспертным советом по профессиональному образованию Министерства образования Российской Федерации в качестве учебного пособия для учащихся начального профессионального образования

Москва
«Высшая школа» 2003

УДК 621.31
ББК 31.16
С 34

Рецензенты:
инженер *Е.Ф. Мельниченко*, канд. техн. наук *О.Д. Вельк*

Сибикин, Ю.Д.
С 34 Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок: Учеб. пособие для проф. учеб. заведений/Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин.— М.: «Высшая школа», 2003.— 462 с.: ил.

ISBN 5-06-004084-4

В книге приведены общие сведения о материалах, инструменте, приспособлениях и механизмах, используемых электромонтажником и электромонтерами в процессе работ. Даны некоторые технические характеристики важнейших электроустановок. Рассмотрены способы и приемы монтажа эксплуатации, ремонта электрооборудования и электрических сетей промышленных предприятий.

Может быть полезна мастерам производственного обучения, при подготовке рабочих на производстве и студентам техникумов по специальности «Электроснабжение и электрооборудование промышленных предприятий и установок».

УДК 621.31
ББК 31.16

ISBN 5-06-004084-4 © ФГУП «Издательство «Высшая школа», 2003

Оригинал-макет данного издания является собственностью издательства «Высшая школа», и его репродуцирование (воспроизведение) любым способом без согласия издательства запрещено.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Структурные преобразования в экономике России, планируемые правительством в долгосрочной концепции, предусматривают до 2020 г. не только ее стабилизацию, но и существенное развитие, в первую очередь, за счет производства новых видов материалов, комплектующих изделий, высокопроизводительного специального технологического оборудования для выпуска конкурентноспособной продукции.

Реализация намеченных правительством программ возможна только при условии технического перевооружения предприятий, успешного проведения конверсии оборонно-промышленного комплекса, восстановления научно-технического и технологического паритетов России на мировом рынке достижений науки и техники. Все это позволит преодолеть кризисные явления и дополнительно в указанный период создать более 2500 тыс. новых рабочих мест.

В этих условиях большое значение приобретает выпуск технической литературы, освещающей основные вопросы монтажа, эксплуатации и ремонта современных электроустановок. В такой комплексности заключается основное отличие данной книги от других известных трудов в этой области, что расширяет круг ее возможных читателей.

В настоящем пособии обобщены нормативные материалы и практические рекомендации по прогрессивным технологиям электромонтажных работ, обслуживанию и ремонту основных видов электротехнических установок, используемых в схемах электроснабжения, силовом и осветительном электрооборудовании.

Материал книги поможет электромонтерам повысить квалификацию без отрыва от производства, а учащимся технических училищ и техникумов приобрести глубокие знания по широкому кругу технологических вопросов ведения монтажных работ, техническому обслуживанию и ремонту электрооборудования. Состав и объем сведений, сконцентрированный в данном пособии, соответствует требованиям подготовки электромонтеров по монтажу электрооборудования и сетей промышленных предприятий, а также программе слушателей электротехнических техникумов по специальности «Электрооборудование промышленных предприятий и установок».

Авторы

РАЗДЕЛ I. МОНТАЖ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СЕТЕЙ

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

§ 1. РОЛЬ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ В РАЗВИТИИ РОССИИ

Важную роль в развитии отечественной электротехники сыграли труды русских ученых и изобретателей П.Н. Яблочкова, А.Н. Лодыгина, М.О. Доливо-Добровольского и др. Приоритет в создании и применении трехфазной системы переменного тока принадлежит М.О. Доливо-Добровольскому, который в 1891 г. осуществил передачу электрической энергии мощностью около 150 кВт при напряжении 15 кВ на расстоянии 175 км. Им же были созданы синхронный *генератор, трехфазный трансформатор и асинхронный двигатель.*

Электрификация является стержнем строительства экономики нашей страны. В 1920 г. Всероссийский съезд Советов утвердил Государственный план электрификации России (ГОЭЛРО), который предусматривал в течение 10—15 лет строительство тридцати новых районных электростанций, производящих до 8,8 млрд кВт · ч электроэнергии в год. Этот план был выполнен за 10 лет. С 1930 г. крупные городские районные тепловые электростанции (ГРЭС) стали постепенно объединять в энергетические системы, которые и в настоящее время остаются главными производителями электроэнергии для подавляющего большинства предприятий.

Принципом развития энергосистемы РФ является производство электроэнергии на крупных электростанциях, объединяемых в Единую энергосистему страны общей высоковольтной сетью 500—1150 кВ.

Единая энергетическая система России представляет собой уникальный электроэнергетический комплекс, объединяющий 65 энергосистем (всего их в стране 75) около 450 электростанций (из 700 по стране) с суммарной установленной мощностью примерно 194 млн кВт (из 216 млн кВт), а также более 2,2 млн км электрических сетей всех классов напряжения (из 2,5 млн км), в том числе около 400 тыс. км (из 440 тыс. км) линий электропередачи напряжением 110, 220, 330, 500, 750 и 1150 кВ, трансформаторные подстанции общей мощностью почти 470 млн кВА (из 530 млн кВА). В составе генерирующих мощностей тепловые электростанции (ТЭС) составляют примерно 70 %, доля гидроэлектростанций (ГЭС) — 20 % и атомных электростанций (АЭС) — около 10 %.

До 1960 г. мощность крупных генераторов тепловых электро-

станций (ТЭС) составляла 100 МВт. На одной электростанции устанавливали шесть — восемь генераторов. Поэтому мощность крупных ТЭС составляла 600—800 МВт. После освоения блоков 150—200 МВт мощность крупнейших электростанций повысилась до 1200 МВт, а после освоения блоков 300 МВт — до 2400 МВт.

В настоящее время вводят тепловые электростанции мощностью 6000 МВт с блоками 500—800 МВт.

Эффективность объединения энергосистем обусловлена экономией суммарной установленной мощности генераторов за счет совмещения максимумов нагрузки энергосистем, сдвинутых во времени в различных географических поясах; уменьшения необходимой мощности аварийного и ремонтного резерва в энергообъединении по сравнению с разрозненными системами; укрупнения электростанций и улучшения режима их работы благодаря взаимопомощи объединенных общей сетью энергосистем при отклонениях от плановых балансов выработки и потребления электроэнергии.

Получаемый эффект существенно превышает затраты на строительство и эксплуатацию межсистемных линий электропередачи. В 2020 г. производство электроэнергии в РФ приблизится к 1240 млрд кВт · ч., а в 2000 г. оно составило 879 млрд кВт · ч.

Из общего количества вырабатываемой в стране электроэнергии более 50% преобразуется в механическую энергию с помощью электропривода.

Электропривод является наиболее энергоемким потребителем электроэнергии, определяющим экономическую эффективность производственных процессов и темпы повышения производительности труда.

Основной технико-экономической тенденцией развития электропривода до 2020 г. является расширение областей применения *электроприводов переменного тока. Отсутствие коллектора, присущего* двигателям постоянного тока, снимает ограничения по мощности привода и позволяет повышать его перегрузочную способность. Реальными стали разработки регулируемых электроприводов практически неограниченной мощности. В настоящее время выполняют заказы на такие электроприводы мощностью до 100 МВт. Освоение производства силовых транзисторов обеспечивает возможность создания высокодинамичных глубокорегулируемых электроприводов для станкостроения и робототехники.

Увеличение электропотребления на душу населения все более остро ставит задачу необходимости создания принципиально новых эффективных методов потребления огромных количеств электроэнергии. Достижения физики твердого тела, улучшение характеристики магнитных металлов, исследование сверхпроводимости, достижения химии и т. д. позволят в ближайшие годы существенно изменить конструкции двигателей, преобразователей, высоко- и

низковольтной аппаратуры, электронного оборудования и информационной техники.

Электротехнической промышленностью России освоена широкая номенклатура электрифицированных товаров народного потребления, в том числе кухонных процессоров, гладильных автоматов, микроволновых печей, многофункциональных пылесосов, посудомоечных и бельесушильных машин холодильников и др.

Электрификация прочно вошла во все сферы народного хозяйства. От ее успешного развития во многом зависят экономика страны и благополучие народа.

§ 2. НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНИКА

Нормативные документы устанавливают правила, обязательные при проектировании, инженерных изысканиях, выполнении строительных и монтажных работ при строительстве новых, реконструкции, расширении и техническом перевооружении действующих предприятий, зданий и сооружений, а также при производстве строительных конструкций, изделий и материалов. Соблюдение требований правил и норм обеспечивает технический уровень, качество, экономичность, надежность, долговечность и удобство в эксплуатации сооружений и способствует сокращению сроков строительства. Нарушение правил и норм может привести к поражению электрическим током людей, авариям, пожарам, взрывам.

Документация на строительство предприятий, зданий и сооружений разрабатывается в соответствии с требованиями СНиП 11-01—95 и СП 11-101—95.

Электромонтажники особенно хорошо должны знать и соблюдать правила организации и производства работ по монтажу и наладке электротехнических устройств СНиП 3.05.06—85 «Электротехнические устройства», правила устройства электроустановок (ПУЭ) 1998 г. издания.

Нормативные документы СН и ПУЭ являются общероссийскими. Они обязательны для исполнения всеми министерствами и ведомствами, а также организациями, учреждениями и предприятиями независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности.

Обозначение СНиП 3.05.06—85 расшифровывается так: СНиП — строительные нормы и правила; цифра 3— часть 3 СНиП «Организация, производство и приемка работ»; цифра 05— группа 5-й части 3 СНиП; цифра 06— порядковый номер данного документа в группе 5-й части 3 СНиП; цифры 85, последние цифры года утверждения документа —1985.

При производстве работ электромонтажники должны также соблюдать требования ведомственных (отраслевых) строительных норм по монтажу отдельных видов электроустановок и требования, приведенные в технической документации предприятий — изготовителей электрооборудования.

Безопасность труда электромонтажника во многом зависит от соблюдения им требований, изложенных в «Правилах техники безопасности при эксплуатации электроустановок» и ГОСТ 12.3.032—84 «Работы электромонтажные. Общие требования безопасности». В данном случае 12— шифр системы стандартов безопасности труда (ССБТ); 3— шифр подсистемы; 032— порядковый номер в подсистеме; 84— год утверждения стандарта.

§ 3. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ И ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с помещениями и сооружениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, трансформации, передачи, распределения электроэнергии или преобразования ее в другой вид энергии, называют *электроустановкой*.

По условиям электробезопасности электроустановки в соответствии с ПУЭ разделяют на электроустановки напряжением до 1 и выше 1 кВ.

Электропомещениями называют помещения или ограждаемые, например, сетками части помещений, доступные только для обслуживающего персонала, в которых эксплуатируемое оборудование установлено для производства, преобразования или распределения электроэнергии.

Все помещения в зависимости от условий окружающей среды, проводимости полов, а также размещения электрооборудования и соединенных с землей металлических конструкций делят по степени опасности поражения током на три класса: с повышенной опасностью, особо опасные и без повышенной опасности.

При определении класса помещения в зависимости от наличия признака опасности в нем следует руководствоваться указаниями, приведенными в табл. 1 и 2.

Выпускаемые электротехнической промышленностью России изделия и оборудование, согласно требованиям системы стандартов безопасности труда (ССБТ), относят к различным классам по способу защиты человека от поражения электрическим током и различным степеням защиты от соприкосновения с токоведущими или движущимися частями и от попадания внутрь оболочки посторонних твердых тел и воды. Характеристики изделий, степеней защиты и их условные обозначения, нанесенные на таблички с паспортными данными, приведены в табл. 3—5:

Таблица 1. **Классификация помещений по степени опасности поражения людей электрическим током**

Класс	Характеристика
С повышенной опасностью	Характеризуются наличием в помещениях одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырости; токопроводящей пыли; токопроводящих полов (металлических, земляных, железобетонных, кирпичных и т.д.); высокой температуры; возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединения с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам, с одной стороны, и металлическим корпусам электрооборудования, — с другой
Особо опасные	Характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность: особой сырости; химически активной среды; одновременно двух или более условий повышенной опасности
Без повышенной опасности	Характеризуются отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность

Таблица 2. **Классификация помещений по характеру окружающей среды**

Класс	Характеристика (признаки)
Нормальное	Сухое помещение, в котором отсутствуют признаки, свойственные жарким, пыльным помещениям и помещениям с химически активной средой
Сухое	Относительная влажность воздуха в помещении не превышает 60 %
Влажное	Пары или конденсирующаяся влага выделяются в помещении временно и в небольших количествах; относительная влажность воздуха в нем более 60, но не более 75 %
Сырое	Относительная влажность воздуха в помещении длительное время превышает 75 %
Особо сырое	То же, около 100 % (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой)
Жаркое	Температура воздуха в помещении длительное время превышает 30°С
Пыльное	По условиям производства технологическая пыль в помещении выделяется в таком количестве, что может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т.д. Пыльные помещения подразделяются на помещения с проводящей и непроводящей пылью
С химически активной средой	По условиям производства в помещении содержатся (постоянно или длительно) пары или образуются отложения, разрушающе действующие на изоляцию и токоведущие части электрооборудования

Таблица 3. **Классы электротехнических изделий по способу защиты человека от поражения электрическим током**

№ п/п	Класс	Характеристика
1	0	Изделия, имеющие, по крайней мере, рабочую изоляцию и не имеющие элементов для заземления, если эти изделия не отнесены к классам II и III
2	0,I	Изделия, имеющие, по крайней мере, рабочую изоляцию, элементы для заземления и провод без заземляющей жилы для присоединения к источнику питания
3	I	Изделия, имеющие, по крайней мере, рабочую изоляцию и элемент заземления
4	II	Изделия, имеющие двойную или усиленную изоляцию и не имеющие элементов для заземления
5	III	Изделия, не имеющие ни внутренних, ни внешних электрических цепей с напряжением свыше 42 В**

* В случае, если изделие класса I имеет провод для присоединения к источнику питания, этот провод должен иметь заземляющую жилу и вилку с заземляющим контактом.

** Изделия, получающие питание от внешнего источника, могут быть отнесены к классу III в том случае, если они предназначены для присоединения непосредственно к источнику питания напряжением не выше 42 В. При использовании в качестве источника питания трансформатора или преобразователя его входная и выходная обмотки не должны быть электрически связаны; между ними должна быть двойная или усиленная изоляция.

Таблица 4. **Характеристика степеней защиты персонала *и электрооборудования***

Условное обозначение	Степень защиты	
	Персонала от соприкосновения с токоведущими или движущимися частями оборудования от попадания внутрь оболочки посторонних твердых тел	Оборудования от проникновения воды внутрь оболочки
0	Защита отсутствует	Защита отсутствует
1	Защита от случайного соприкосновения большого участка поверхности тела человека с токоведущими или движущимися частями внутри оболочки. Отсутствует защита от преднамеренного доступа к этим частям. Защита оборудования от попадания посторонних крупных твердых тел диаметром не менее 50,0 мм	Защита от капель сконденсировавшейся воды. Капли сконденсировавшейся воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать воздействия на оборудование, помещенное в оболочку

Условное обозначение	Степень защиты	
2	Защита от возможности соприкосновения пальцев с токоведущими или движущимися внутри оболочки частями. Защита оборудования от попадания посторонних твердых тел диаметром не менее 12,0 мм	Защита от капель воды. Капли воды, падающие на оболочку, наклоненную под углом не более 15° к вертикали, не должны оказывать воздействия на оборудование, помещенное в оболочку
3	Защита от соприкосновения инструмента, проволоки или других подобных предметов, толщина которых превышает 2,5 мм, с токоведущими или движущимися частями внутри оболочки. Защита оборудования от попадания посторонних тел диаметром не менее 2,5 мм	Защита от дождя. Дождь, падающий на оболочку, наклоненную под углом не более 60° к вертикали, не должен воздействовать на оборудование, помещенное в оболочку
4	То же, толщина которых превышает 1 мм, с токоведущими частями внутри оболочки. Защита оборудования от попадания посторонних мелких твердых тел толщиной не менее 1 мм	Защита от брызг. Брызги воды любого направления, попадающие на оболочку, не должны воздействовать на оборудование, помещенное в оболочку
5	Полная защита персонала от соприкосновения с токоведущими или движущимися частями, находящимися внутри оболочки. Защита оборудования от вредных отложений пыли	Защита от воздушных струй. Вода, выбрасываемая через наконечник на оболочку в любом направлении при условиях, указанных в стандартах или ТУ на отдельные виды электрооборудования, не должна оказывать воздействие на оборудование, помещенное в оболочку
6	То же, полная защита оборудования от попадания пыли	Защита от воздействий, характерных для палубы корабля (включая оборудование). При захлестывании морской волной не должна попадать в оболочку при условиях, указанных в стандартах или ТУ на отдельные виды электрооборудования
7	—	Защита при погружении в воду. Вода не должна проникать в оболочку при давлении в течение времени, указанного в стандартах или ТУ на отдельные виды электрооборудования
8	—	Защита при неограниченно длительном погружении в воду при давлении, указанном в стандарте или ТУ на отдельные виды электрооборудования. Вода не должна проникать внутрь оболочки

Требования, указанные в табл. 4, не распространяются на оболочки электрического оборудования, работающего во взрывоопасной среде, тропиках, а также на оболочки электробытовых приборов, провода, кабели и другие монтажные материалы, не относящиеся к оборудованию.

Таблица 5. **Условные обозначения степеней защиты оболочек электрического оборудования напряжением до 1 кВ**

Степень защиты от проникновения воды внутрь оболочки	Степень защиты от соприкосновения с движущимися частицами и попадания посторонних тел*						
	0	1	2	3	4	5	6
0	IP 00	IP 10	IP 20	IP 30	IP 40	IP 50	IP 60
1	IP 01	IP 11	IP 21	IP 31	IP 41	IP 51	—
2	—	IP 12	IP 22	IP 32	IP 42	—	—
3	—	IP 13	IP 23	IP 33	IP 43	—	—
4	—	—	—	IP 34	IP 44	IP 54	—
5	—	—	—	—	—	IP 55	IP 65
6	—	—	—	—	—	IP 56	IP 66
7	—	—	—	—	—	—	IP 67
8	—	—	—	—	—	—	IP 68

* Условное обозначение степени защиты следующее: IP (International Protection); цифры — степень защиты персонала от соприкосновения с движущимися частями оборудования и от попадания внутрь оболочки твердых посторонних тел; 1—8— степень защиты оборудования от проникновения внутрь оболочки воды (см. табл. 4).

Например, условное обозначение IP23 расшифровывается так: оболочка электрического оборудования, предохраняющая персонал от возможности прикосновения пальцами к токоведущим или движущимся частям оборудования, предохраняющая оборудование от попадания твердых тел диаметром не менее 12,0 мм и от дождя, падающего на оболочку под углом не более 60° к вертикали.

Если для изделия нет необходимости в одном из видов защиты, в условном обозначении допускается проставлять знак X вместо обозначения того вида защиты, который в данном изделии не требуется или испытание которого не производится, например, IPX2.

Условные обозначения степеней защиты наносят на оболочку изделия, или на табличку с паспортными данными, или в местах, указанных в стандартах или ТУ на отдельные виды электрооборудования. Если изделие состоит из электрооборудования, заключенного в различные оболочки, условные обозначения степеней защиты должны быть нанесены на каждую из них.

§ 4. РАБОЧАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНИКА

Работы по строительству зданий и сооружений, монтажу технологического, санитарно-технического, электротехнического оборудования, автоматике и слаботочным устройствам выполняют в соответствии со специально разрабатываемой на каждый объект проектно-сметной документацией. При строительстве промышленных объектов рабочие чертежи должны содержать комплекты архитектурно-строительной, санитарно-технической, электротехнической и технологической документации.

При электромонтажных работах используют рабочие чертежи электротехнической части проекта, включающие техническую документацию на внешние и внутренние электрические сети, подстанции и другие устройства электроснабжения, силового и осветительного электрооборудования. Как правило, при разработке рабочих чертежей электротехнической части проекта предусматривается электромонтаж, основанный на комплектно-блочном методе с установкой электрооборудования укрупненными узлами. При этом методе не нужно при установке выполнять операции правки, сверления, регулировки, резки и др. Поэтому, принимая рабочую документацию, нужно обращать внимание на учет в ней требований индустриализации монтажных работ, а также механизации работ по прокладке кабелей, такелажу узлов и блоков электрооборудования и их установке.

При разработке проектной документации учитывают требования технологии электромонтажного производства организации, которая будет вести монтаж. В монтажной зоне (непосредственно на месте установки оборудования и прокладки электросетей в цехах, зданиях) монтажные работы заключаются в установке крупных блоков электротехнических устройств, сборке узлов и прокладке сетей. Поэтому рабочие чертежи комплектуют по их назначению: для заготовительных работ, т.е. для заказа блоков и узлов на предприятиях-изготовителях или в *мастерских электромонтажных заготовок* (МЭЗ), и для монтажа электротехнических устройств в *монтажной зоне.*

Дыропробивные работы в процессе монтажа должны быть сведены проектом к минимуму. Проемы, ниши, отверстия для электромонтажа необходимо учитывать в чертежах архитектурно-строительной части проекта. Каналы или трубы для прокладки проводов, ниши, гнезда с закладными деталями для установки распределительных шкафов, штепсельных розеток, выключателей, звонков и звонковых кнопок следует предусматривать в рабочих чертежах строительных конструкций (железобетонных, гипсобетонных, керамзитобетонных панелях перекрытия, стеновых панелях и

перегородках, железобетонных колоннах и ригелях заводского изготовления).

Места установки электрооборудования и трассы прокладки электрических сетей должны быть увязаны с местами установки технологического и сантехнического оборудования и трассами других инженерных сетей. Монтаж внецеховых кабельных и воздушных линий осуществляют по чертежам прокладки указанных трасс линий с привязкой их к координатным сеткам здания и сооружения. Как правило, опоры ВЛ, их фундаменты, пересечения кабельных линий и кабельных сооружений выполняют по типовым чертежам.

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

При необходимости разрабатывают чертежи разрезов, узлов силовых и осветительных сетей и оборудования. Для производственных помещений со сложными коммуникациями при открытой или скрытой прокладке больших потоков труб для электропроводок разрабатывают план разводки труб с маркировкой, привязкой и отметкой их выходов, а также мест заложения по трассе.

Чертежи машинных залов и распределительных устройств, подстанций содержат план и разрезы объекта с указанием размещения узлов и блоков электрооборудования, прокладки сетей заземления, принципиальные и монтажные схемы главных и вторичных цепей, кабельные журналы.

Электромонтажное подразделение получает от заказчика проектную документацию и заказывает изготовление блоков и узлов электроустановок на предприятиях-изготовителях и на базах монтажных организаций.

На рабочих чертежах, передаваемых монтажной организации, ставят штамп или надпись: «Разрешен к производству» за подписью ответственного представителя заказчика. Заказчик передает монтажной организации также схемы и инструкции по монтажу, поступающие от предприятий-изготовителей оборудования.

Электромонтажные работы выполняют в соответствии с *проектом производства работ* (ППР), включающем в себя:

проверку технологичности устанавливаемых в проектное положение электромонтажных и электротехнических конструкций;

отбор существующих приспособлений и устройств для безопасного выполнения работ.

Технологичность конструкций монтируемых элементов рассматривают с точки зрения удобств, безопасности их монтажа и возможностей применения необходимых средств механизации.

Далее выбирают грузоподъемные краны и другие машины для работы монтажников, определяют места их размещения и схемы движения на строительной площадке. В зоне работы машин определяют места установки знаков безопасности и предупредительных надписей.

Во избежание падения работающих монтажников с высоты в проекте производства работ предусматривают: максимально возможное сокращение объемов верхолазных работ за счет конвейерной или укрупненной сборки конструкции и крупноблочного монтажа; устройство постоянных ограждающих конструкций (ограждений, лестничных маршей и балконов); применение надежных временных ограждающих устройств, удовлетворяющих требованиям техники безопасности, определяют работы, которые могут быть выполнены на земле.

§ 5. БУКВЕННЫЕ И ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ

Схемой электрической цепи называют ее графическое изображение с условными обозначениями элементов и их соединений.

В соответствии с ГОСТ 2.701—68 «Схемы виды и типы. Общие требования к выполнению» шифры схем (входящих в состав ЕСКД) состоят из буквы, определяющей виды схемы, и цифры, обозначающей тип схемы.

Электрическую схему обозначают буквой Э, а тип ее — цифрами:

1 — структурная; 2 — фукциональная; 3 — принципиальная; 4 — соединений (монтажная); 5 — подключения; 6 — общая; 7 — расположения.

Структурная схема представляет основные функциональные части установки, их назначение и взаимосвязь с помощью простых геометрических фигур (прямоугольников) и линий (рис. 1.1). Графическое построение и компоновка схемы должны обеспечить наиболее наглядное представление о последовательности взаимодействия функциональных частей в установке. Схему используют для общего ознакомления с установкой.

Функциональная схема разъясняет процессы, происходящие в отдельных функциональных частях или во всей установке. Функциональные части и связи между ними представляют,

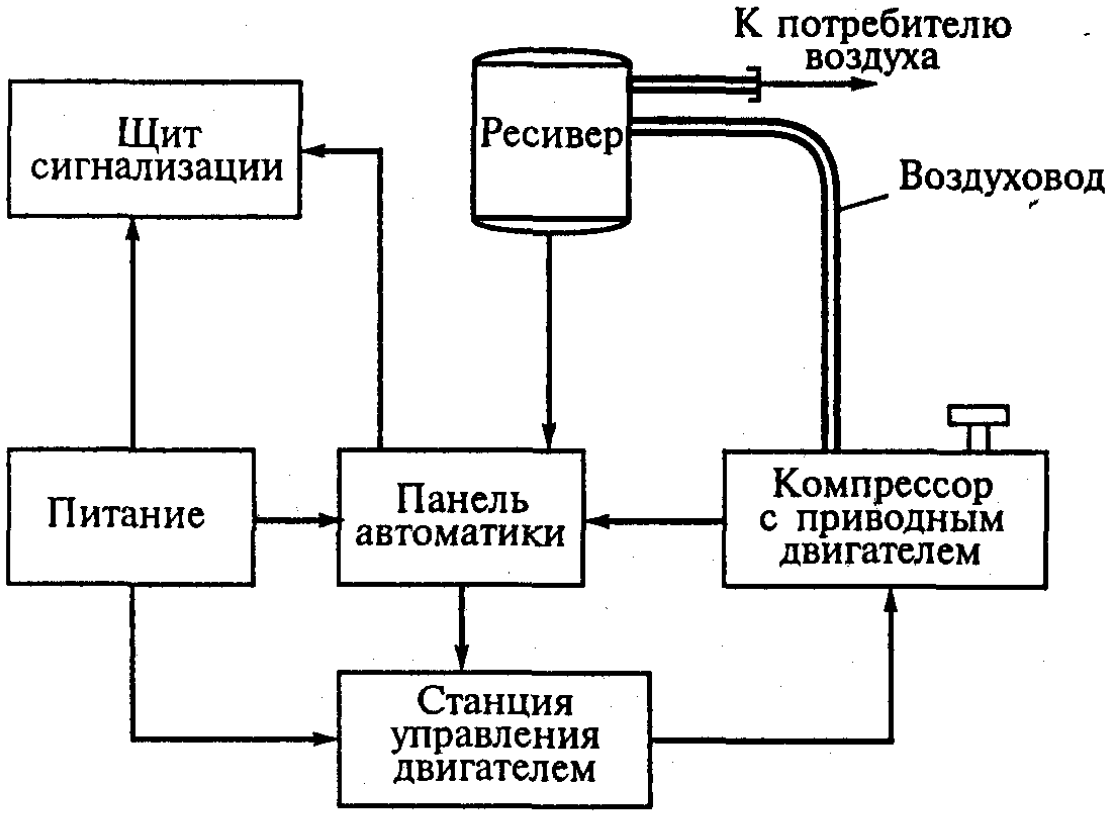


Рис. 1.1. Структурная схема электрооборудования компрессорной станции

как правило, в виде условных графических обозначений, причем отдельные устройства и функциональные группы могут изображаться в виде квадратов и прямоугольников (рис. 1.2). На схеме помещают надписи, диаграммы, или таблицы, поясняющие последовательности процессов во времени, а также указывают параметры в характерных точках: величины токов, напряжений, формы и амплитуды импульсов. Функциональные схемы используют для изучения принципов работы установки, а также при наладке, регулировке, контроле и ремонте.

Принципиальная электрическая схема определяет полный состав элементов и связи между ними, дает подробную информацию о принципе работы установки (рис. 1.3).

Размеры условных графических обозначений табл. 6 на принципиальных электрических схемах определяет ГОСТ 2.747—68.

Правила выполнения электрических схем даются в ГОСТ 2.702—75, а гидравлических и пневматических соответственно в ГОСТ 2.703—68 и 2.704—68.

Нестандартные условные обозначения на чертеже схемы должны быть пояснены.

При изображении на схеме различных функциональных групп (силовые цепи и цепи управления, цепи первичной и вторичной коммутации) их вычерчивают линиями различной толщины. При

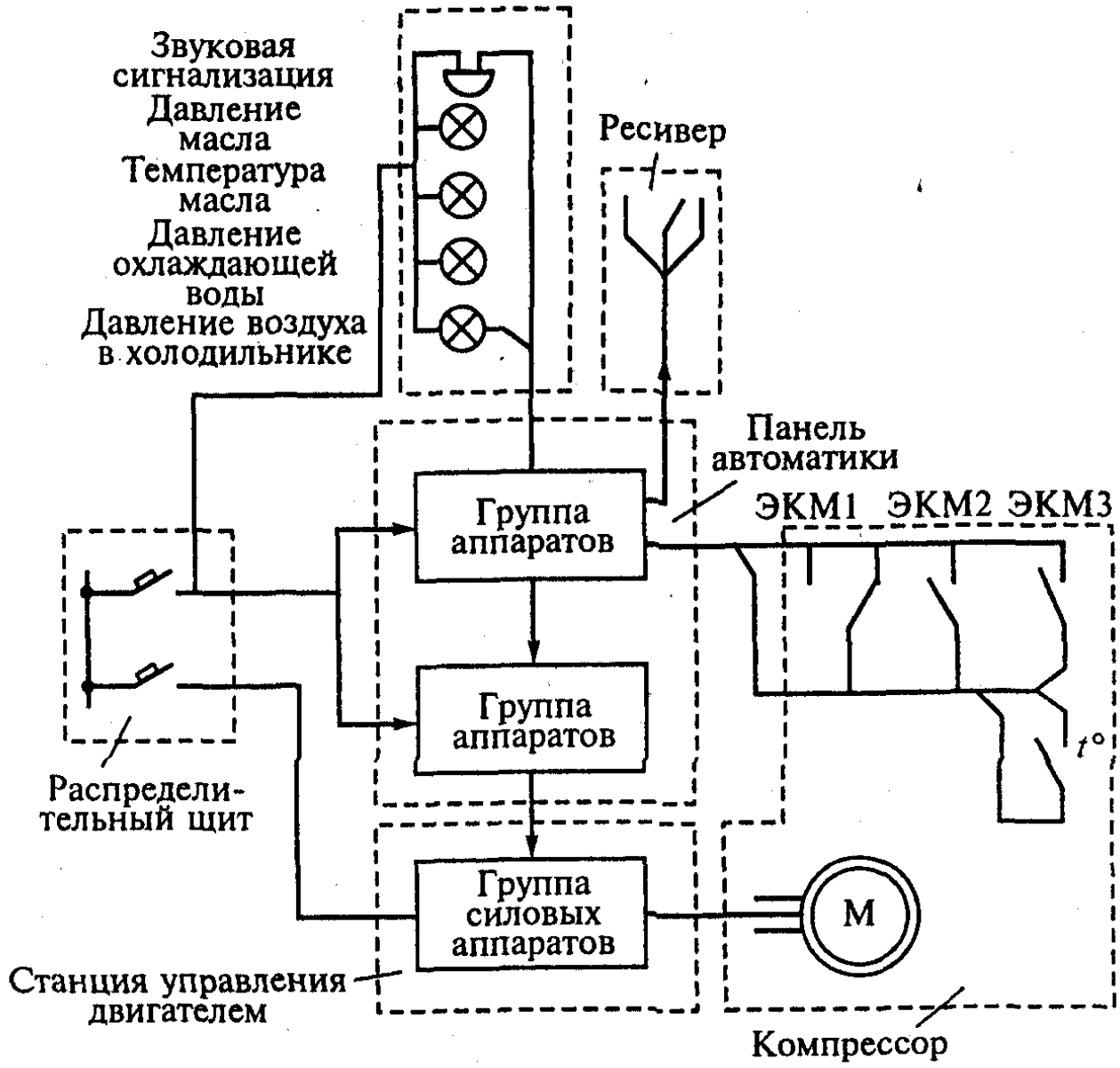


Рис. 1.2. Функциональная схема

выделении цепей можно применять линии толщиной до 1 мм. Все элементы, включенные в одну цепь, вычерчивают линией одной толщины.

Условные обозначения в принципиальных элементных схемах защиты и управления (табл. 7) обычно вычерчивают для отключенного положения, т. е. без напряжения на катушках аппаратов и в цепях управления, и без механических воздействий на аппараты (начальное положение схемы).

Для полного понимания работы схемы допускается в нее вносить позиционное обозначение. Цифровое позиционное обозначение вписывают в окружность и проставляют на схеме рядом с условными обозначениями элементов.

Порядковые номера присваивают в соответствии с последовательностью расположения элементов на схеме, считая, как правило, сверху вниз в направлении слева направо.

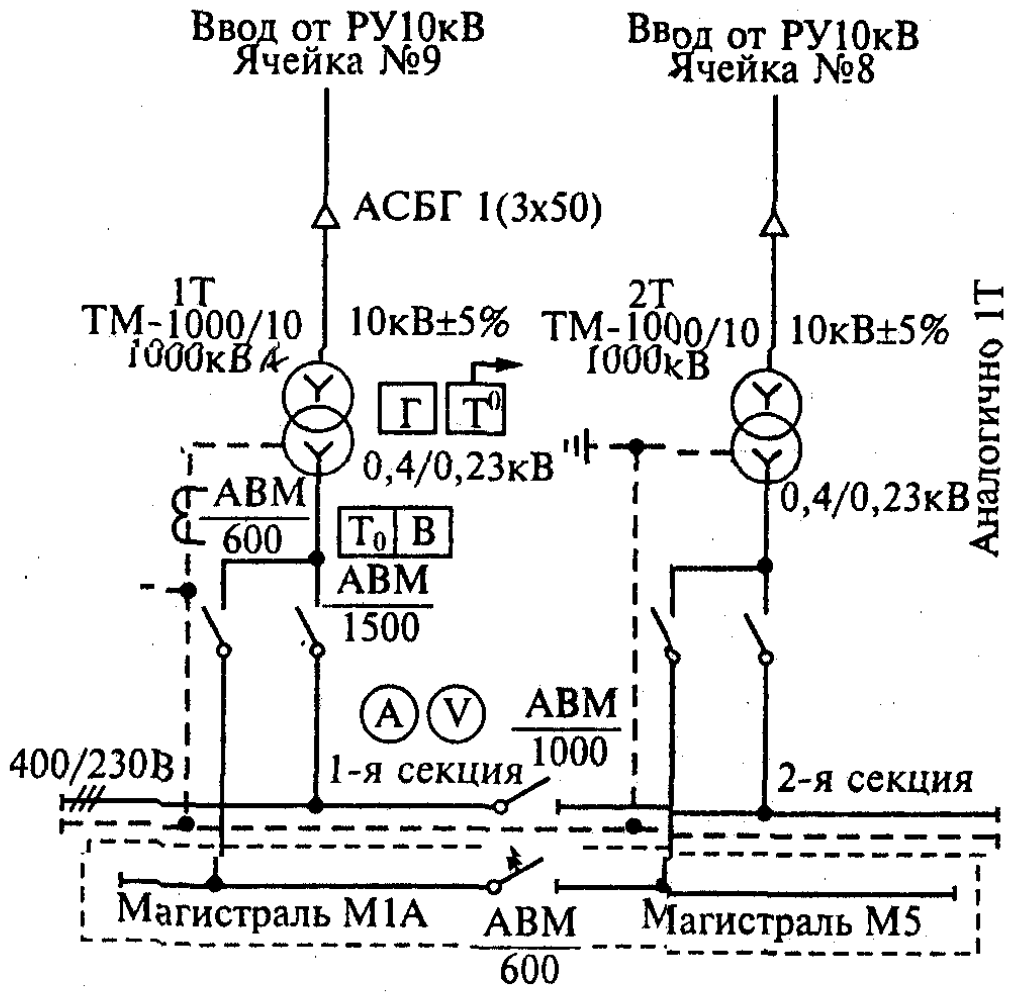


Рис. 1.3. Принципиальная схема внутрицеховой подстанции

Каждый элемент, изображенный на схеме, должен иметь буквенно-цифровое позиционное обозначение, составленное из буквенного обозначения и порядкового номера.

Буквенное обозначение представляет собой сокращенное наименование элемента, составленное из его начальных или характерных букв, например: трансформатор — Тр; разрядник — Рр.

Буквенные позиционные обозначения некоторых элементов приведены на рис. 1.4.

Данные о всех элементах, отображенных на принципиальной схеме, записывают в перечень элементов в виде табл. 8, помещаемой на первом листе схемы или отдельно на формате 11 как самостоятельный конструкторский документ.

Принципиальные схемы используют для изучения принципа работы электрооборудования, при наладке, контроле и ремонте, а также при разработке схем соединений и монтажных чертежей.

Схема соединений показывает соединения составных частей электроустановки и определяет провода, жгуты, кабели или трубопроводы, которыми осуществляют эти соединения, а также места их присоединения и ввода (зажимы, разъемы и т. п.).

Таблица 6. **Графические обозначения устройств защиты и автоматики**

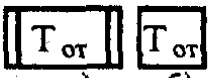
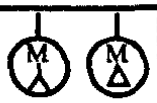
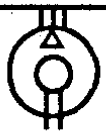
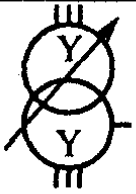
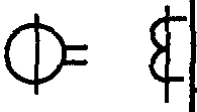
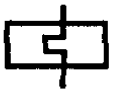
№ п/п	Наименование	Обозначение
1	Комплект защиты с реле прямого действия. Общее обозначение	
2	Комплект защиты с реле косвенного действия. Общее обозначение	
2	Комплект защиты, действующий на сигнал (с реле косвенного действия). *Общее обозначение*	
3	Комплект защиты, имеющий орган избирательности. Общее обозначение	
4	Защита максимальная токовая без выдержки времени: а) с реле прямого действия; б) с реле косвенного действия	 *а) б)*
6	Токовая отсечка без выдержки времени: а) с реле прямого действия; б) с реле косвенного действия	 *а) б)*
7	Защита максимальная токовая нулевой последовательности без выдержки времени	
8	Токовая отсечка нулевой последовательности без выдержки времени	
9	Защита минимального напряжения без выдержки времени: а) с реле прямого действия; б) с реле косвенного действия	 *а) б)*
10	Защита газовая	
11	Защита от повышения температуры масла с действием на сигнал	
12	Защита максимальная токовая с выдержкой времени: а) с реле прямого действия; б) с реле косвенного действия	 *а) б)*
13	Защита максимальная токовая с выдержкой времени, действующая на сигнал	

Таблица 7. **Условные графические обозначения в электрических схемах**

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Машина электрическая (общее обозначение)		Камера выкатного типа с масляным выключателем	
Генератор трехфазный (общее обозначение)			
Двигатель трехфазный (общее обозначение)		*Камера стационарная* с масляным выключателем	
Машина асинхронная с фазным ротором		Разрядник. Общее обозначение	
Машина асинхронная с короткозамкнутым ротором		Конденсаторная батарея. Общее обозначение	
Машина синхронная		Реле. Общее обозначение	
Трансформатор трехфазный с регулированием под нагрузкой с выведенной нулевой точкой		Диод полупроводниковый	
Трансформатор тока		Обмотка теплового реле	
Разъединитель		Обмотка реле напряжения	
Выключатель нагрузки		Обмотка реле токовая	
Автоматический выключатель		Обмотка магнитного пускателя или контактора Общее обозначение	
Короткозамыкатель		Предохранитель плавкий. Общее обозначение	
Отделитель		Контакты реле	

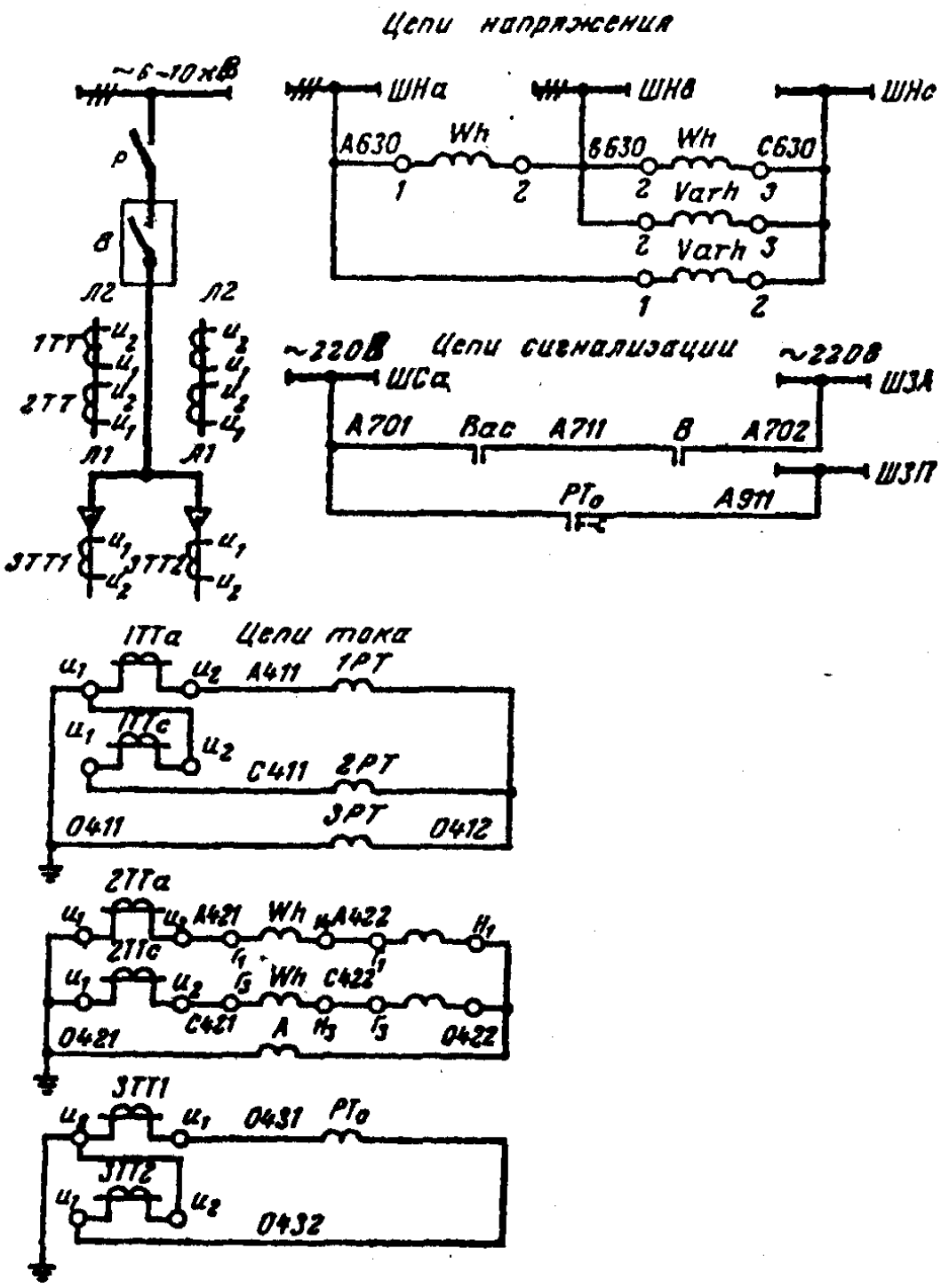


Рис. 1.4. Принципиальная схема управления и защиты присоединения 6—10 кВ

Расположение условных графических обозначений элементов на схеме должно по возможности отражать их действительное расположение.

Элементы, входящие в состав изделия, на схеме изображают в виде условных графических обозначений, а устройства в виде прямоугольников или внешних очертаний.

На схеме около условных графических обозначений элементов указывают обозначения, присвоенные им на принципиальной схеме.

Таблица 8. **Перечень электрооборудования к схеме рис. 1.4.**

Обозначение	Наименование	Тип	Технические данные	Количество
PT_0	Реле тока	РС		1
Varh	Счетчик	СРЧУ	Реактивной энергии	1
Wh	Счетчик	САЗУ	Активной энергии	1
A	Амперметр	Э30	Шкала	1
3TT, 2TT	Трансформатор тока		100/5	2
1TT, 2TT	Трансформатор тока		100/5	2
P	Разъединитель			1
3PT	Реле тока	РТВ	С зависимой характеристикой 5—15 А 1—5	1
1PT, 2PT	Реле тока	РТМ	Мгновенное 5—15 А	2
Bac	Контакт аварийной сигнализации	КСА-2	2РЩ	1
B	Блок-контакт выключателя	КСА-8	4 Н. О., 4Н. З.	1
B	Выключатель			1

Около условных графических обозначений допускается указывать номинальные величины основных параметров (сопротивление, емкость и т. п.) или тип элемента.

Для упрощения изображения можно вычерчивать отдельные провода, идущие на схеме в одном направлении в виде общей линии. При подходе к контактам каждый провод изображают отдельной линией (рис. 1.5).

Схему соединений можно выполнять по адресной системе (рис. 1.6). Адреса помещают у одной и другой клемм.

Данные о проводах и кабелях на схеме соединений указывают непосредственно около изображений соединений. При применении условных обозначений кабелей и проводов, на поле схемы помещают их расшифровку.

При большом количестве электрических соединений данные о проводах и кабелях, а также адреса их присоединений сводят в табл. 9

Таблица 9

Номер провода	Откуда идет			Куда поступает			Данные провода	Примечания
	Устройство	Элемент	Контакт	Устройство	Элемент	Контакт		

Схемы соединений используют при монтаже, наладке, контроле, ремонте и эксплуатации.

На схемах подключений показывают полный объем и характеристики электрических и трубных проводок, прокладываемых вне

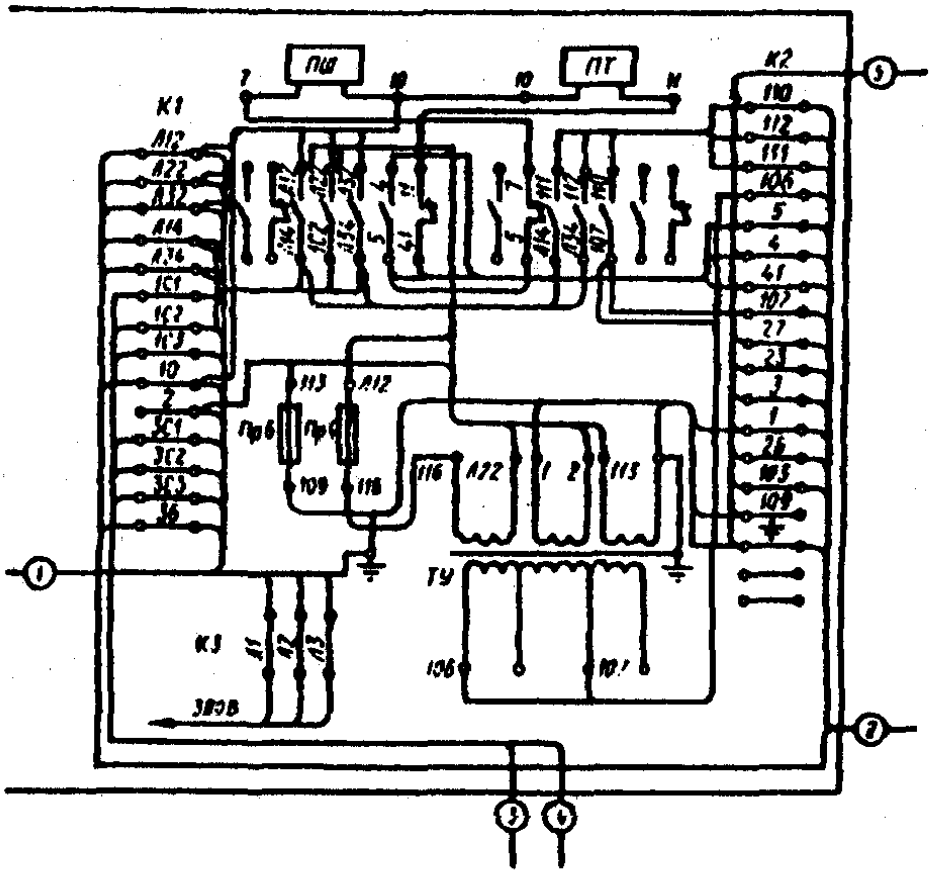


Рис. 1.5. Монтажная схема с указанием направлений прокладки проводов

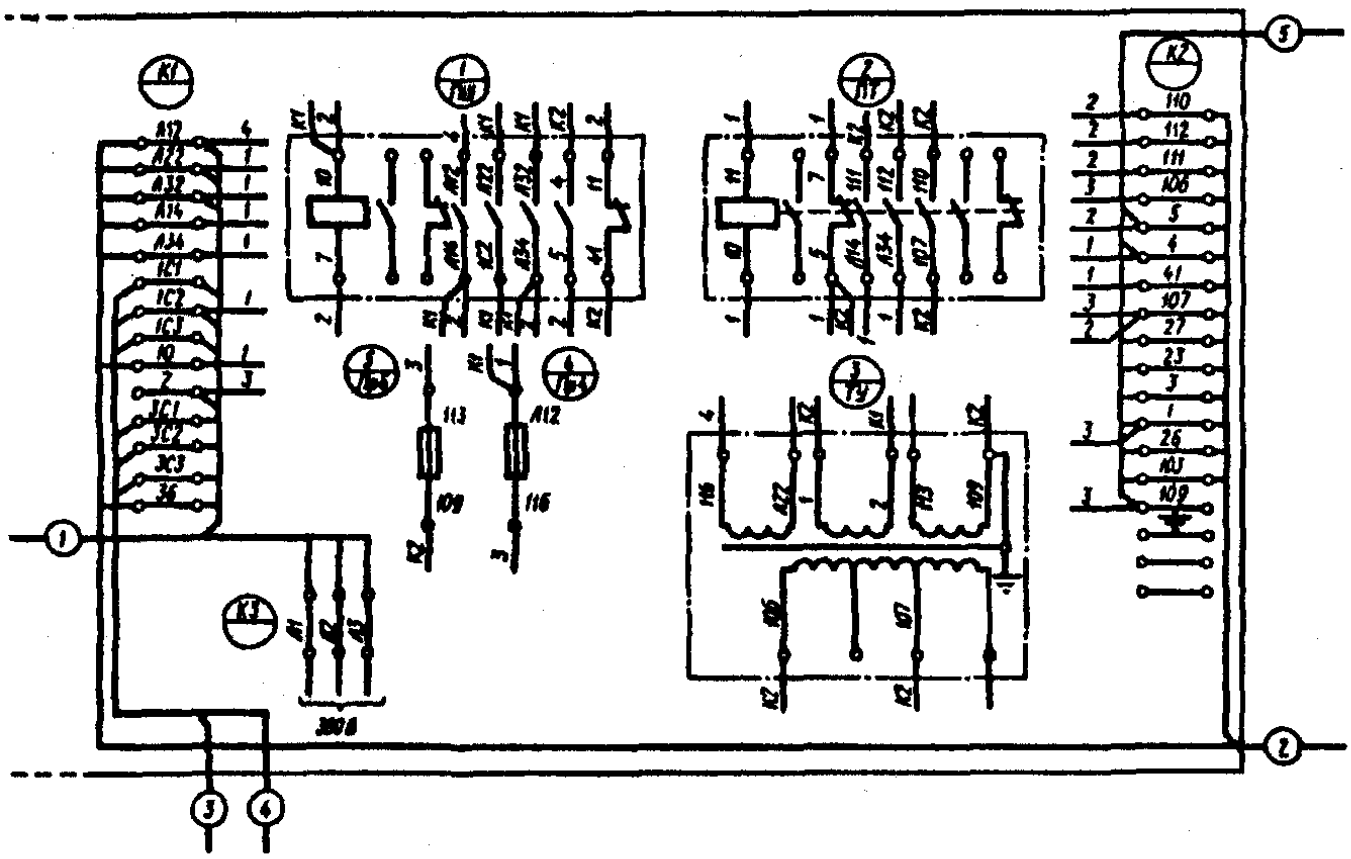


Рис. 1.6. Схема соединений, выполненная по адресной системе

щитов, шкафов и пультов (рис. 1.7). В условных обозначениях изображают устанавливаемые вне шкафов приводы, исполнительные механизмы, сенсорные устройства (датчики), источники снабжения воздухом, электроэнергией, маслом и пр., соединительные и проходные коробки, к которым подводят трубы, кабели или провода. На каждый элемент дают ссылки на позицию по принципиальной схеме.

Электрооборудование и проводки на планах обозначаются по ГОСТ 2.754—72.

В зависимости от насыщенности оборудованием и от величины объекта планы изображают в различных масштабах. Возможно совмещение планов силовой и осветительной сетей.

При разработке схем — необходимо прежде всего знать проектируемый объект (конструкцию, технологическое оборудование, характеристику помещений). Это позволяет правильно расставить электрооборудование, расположить трассы сетей и уточнить способ их прокладки.

Строительную часть здания и оборудование на планах показывают тонкими линиями.

Сети (силовые и осветительные) при вычерчивании должны выделяться на плане.

Сеть, идущую в трубах в полу, показывают по кратчайшим расстояниям.

Трассу линий показывают с указанием способа прокладки, над линией (или на выноске) силовой сети пишется марка кабеля (провода) и род прокладки.

В соответствии с ГОСТ 2.754—72 прокладки проводов и кабелей обозначают:

в металлических трубах	— Т
в пластмассовых	— П
в металлорукавах	— Мр
на изоляторах	— И
на клицах	— К
на тросе	— Тс

На планах освещения для каждого помещения указывают: нормируемую освещенность (200 лк), мощность ламп светильника записывают в числителе, высоту подвеса светильника над полом — в знаменателе, например

$$\text{ЛДОР}\ \frac{2 \times 80}{4{,}5}.$$

У каждого, указанного на плане электроприемника (ЭП) ставят цифровое обозначение. В числителе указывают номер ЭП, а в знаменателе — номинальную мощность.

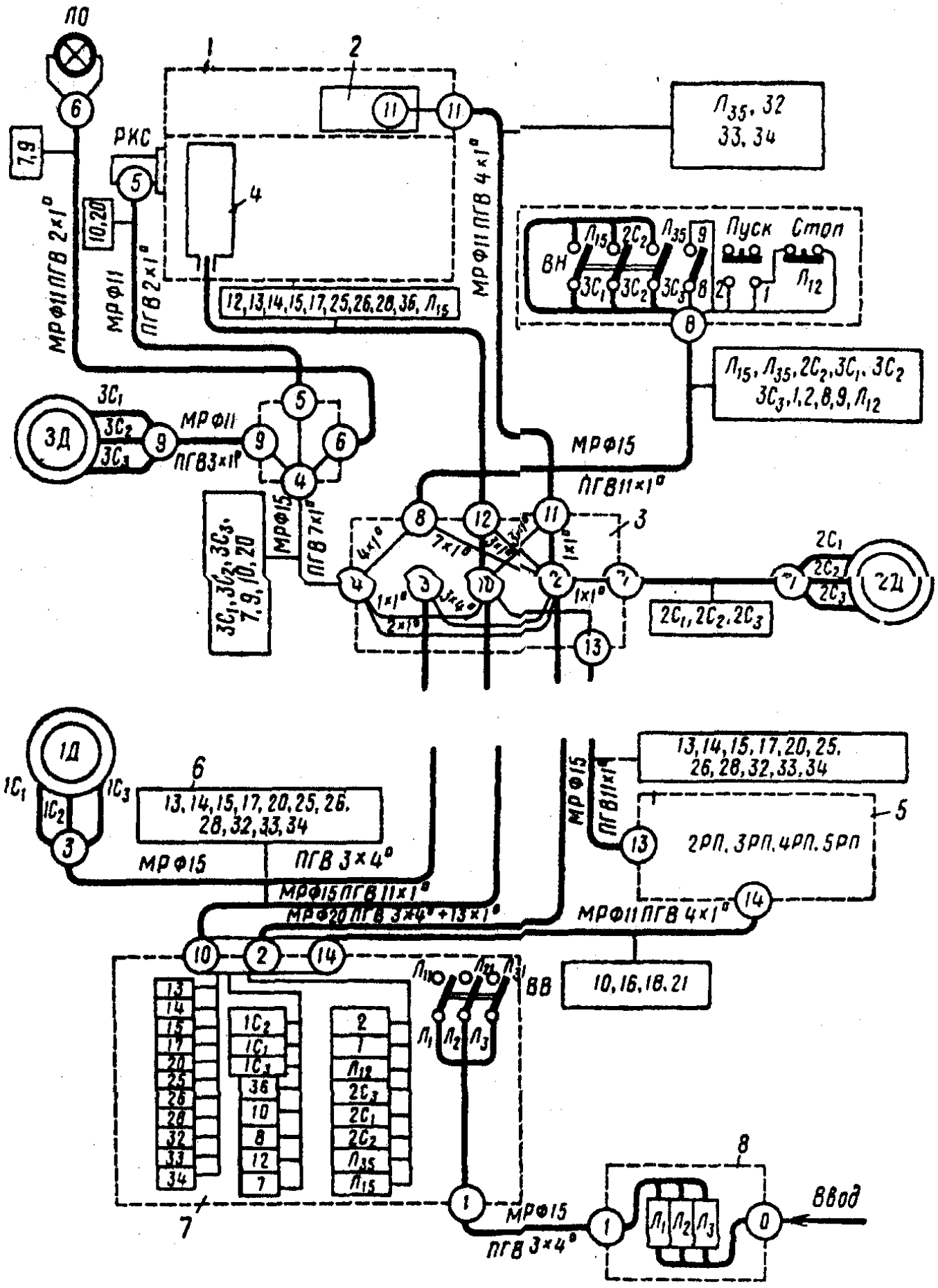


Рис. 1.7. Схема присоединений электрооборудования станка:

1 — коробка скоростей; *2* — электрозолотниковый блок; *3, 8* — разветвительная коробка; *4* — пульт управления шпинделем станка; *5* — блок реле; *6* — бирка; *7* — электрошкаф (пристроенный); *8* — вводная коробка

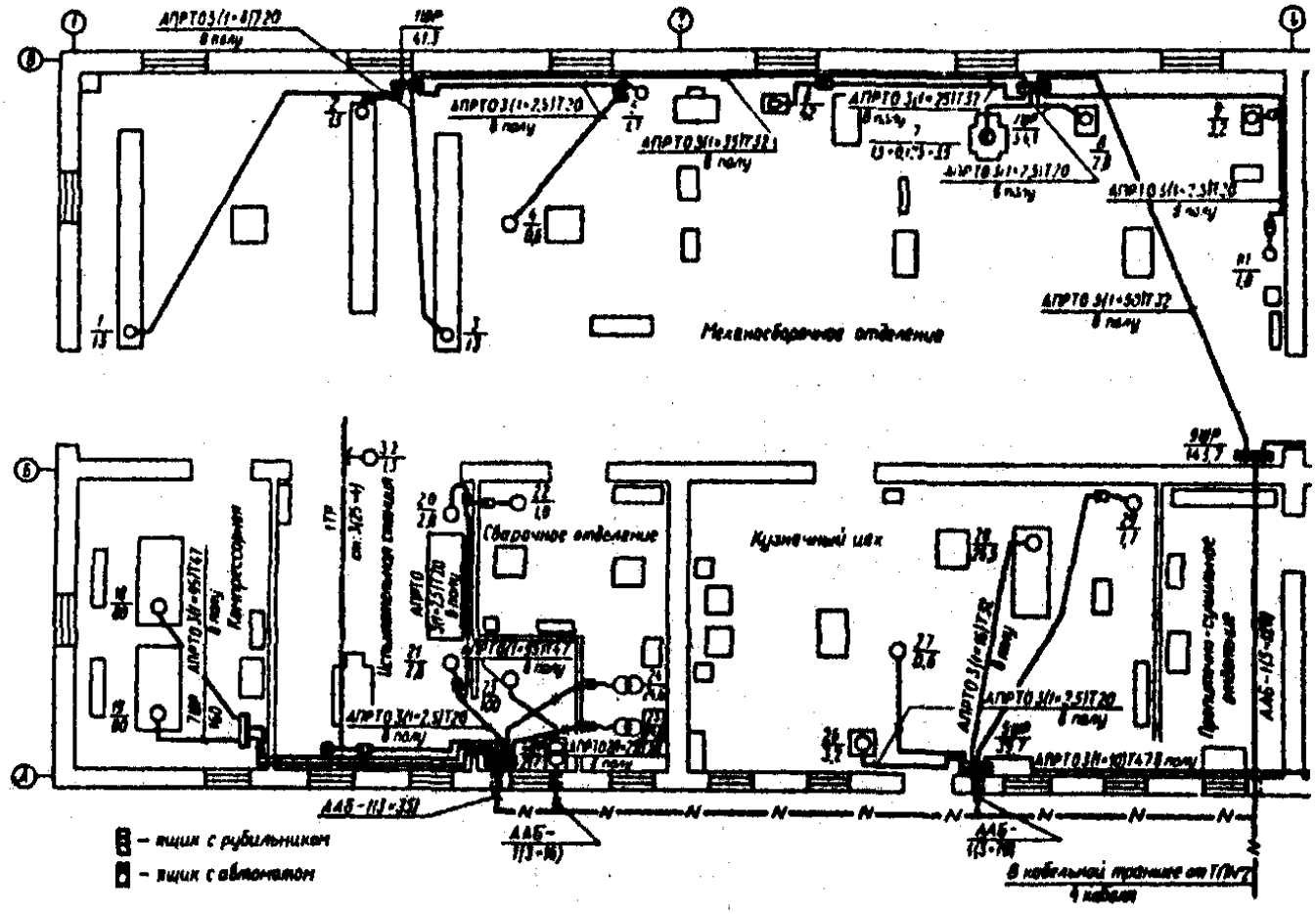


Рис. 1.8. План силовой сети

Пример выполнения плана силовой сети приведен на рис. 1.8.

Питание шкафа распределительного (ШР) осуществляется кабелями ААБ от ТП № 2. При наличии в цехе КТП вместо питающих кабелей могут быть применены шинопроводы.

Нестандартизованные обозначения (ящик с рубильником и ящик с автоматом) расшифровывают на свободном поле чертежа.

План сети освещения представлен на рис. 1.9.

Надписи у групповых щитков составляют с помощью условных обозначений и означают, например, для щитка рабочего освещения:

1 — номер щитка по плану;

8,7 — установленная мощность, кВт;

2,1 — потеря напряжения до щитка, %;

ПР 9232—308 — тип щитка.

На одном листе с планом сети помещают перечни элементов освещения (табл. 10) и щитков (табл. 11).

Штрихи на линиях групповой сети означают количество проводов в линии. При двух проводах в линии черточки не наносят.

На поле чертежа плана сети могут быть даны дополнительные пояснения к чертежу, не отраженные непосредственно на плане.

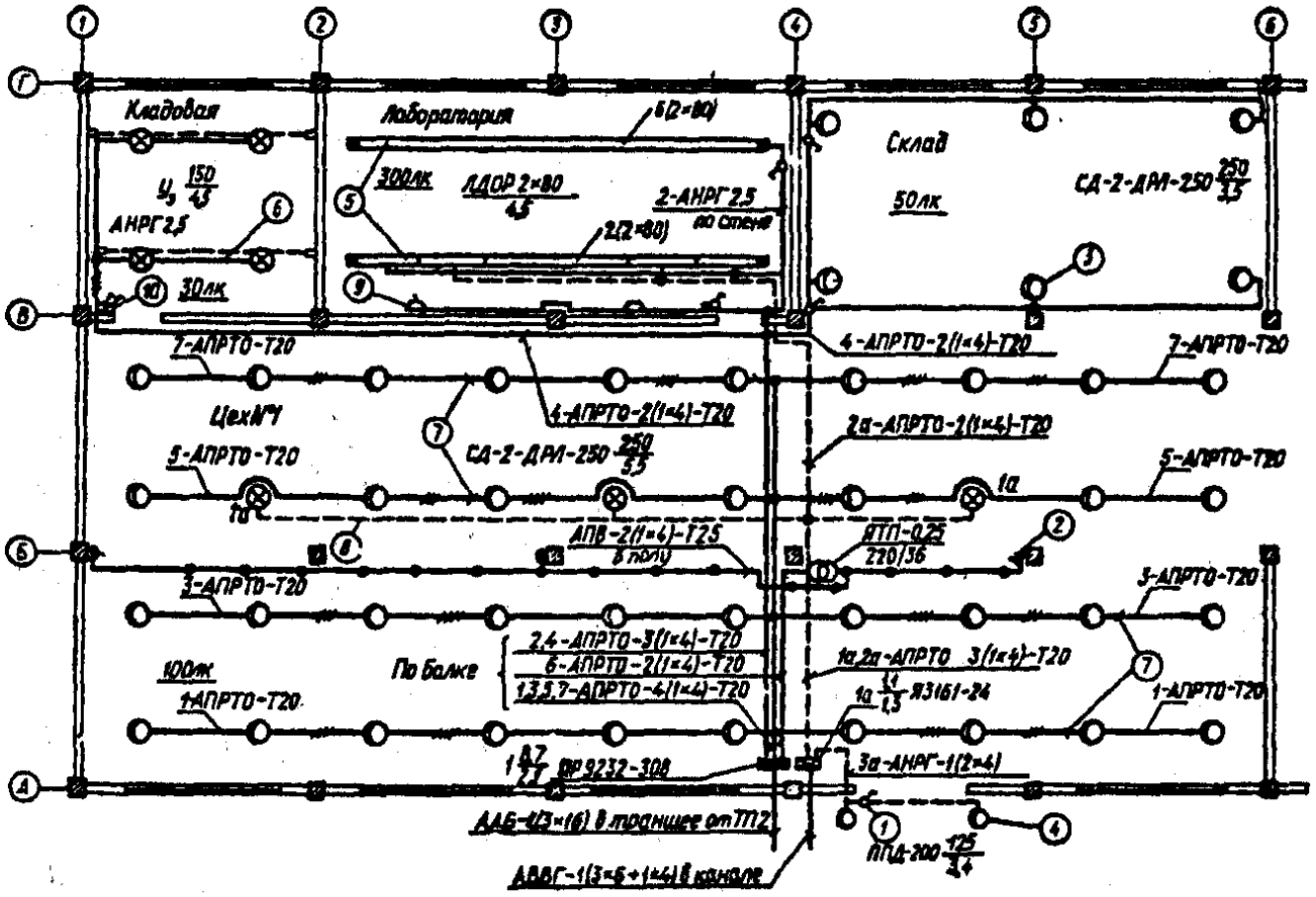


Рис. 1.9. План сети освещения

Таблица 10. **Перечень элементов (к рис. 1.9)**

Позиц. обознач.	Обознач.	Наименование	Количество	Примечания
1	000	Коробка с герметичным выключателем 250 В, 6 А	3	
2	050	Коробка с двухполюсной штепсельной розеткой 36 В У-86-Р6	3	
3	000	Светильнк СД-2-ДРЛ-250-2 на кронштейне У114	6	
4	000	Светильник ПЛД-ДРЛ-125 на кронштейне КР-7 м	2	
5	000	Линия с шестью светильниками ЛДОР 2 х 80 на коробе	2	
6	000	Линия с двумя светильниками Уз-200 (кабель на тросе)	2	
7	000	Линия с десятью светильниками СД-2-ДРЛ-250-2 (провода в трубе)	4	
8	000	Линия с тремя светильниками У-200 (провода в трубе)	1	
9	000	Штепельная розетка защищенная	2	
10	000	Выключатель защищенный	6	

Таблица 11. **Таблица щитков (к рис. 1.9)**

Распределительный пункт			№ автоматов				Установка расцепителя автомата, А
			занятых		резервных		
№	Тип	Установленная мощность, кВт	однополюсных	трехполюсных	однополюсных	трехполюсных	
1	ПР9232-308	8,7	1—7	—	8—12	—	20
1 а	Я3161-24	1,1	1, 2, 3	—	—	—	20

Расчетная схема является дополнением к плану сети. Ее составляют, как правило, для силовой сети. На схеме указывают тип и номер шкафа по плану, расчетные длительные и пиковые токи участков, длины, марки и сечения проводов (кабелей) участков, номера механизмов по плану, их наименование и установленную

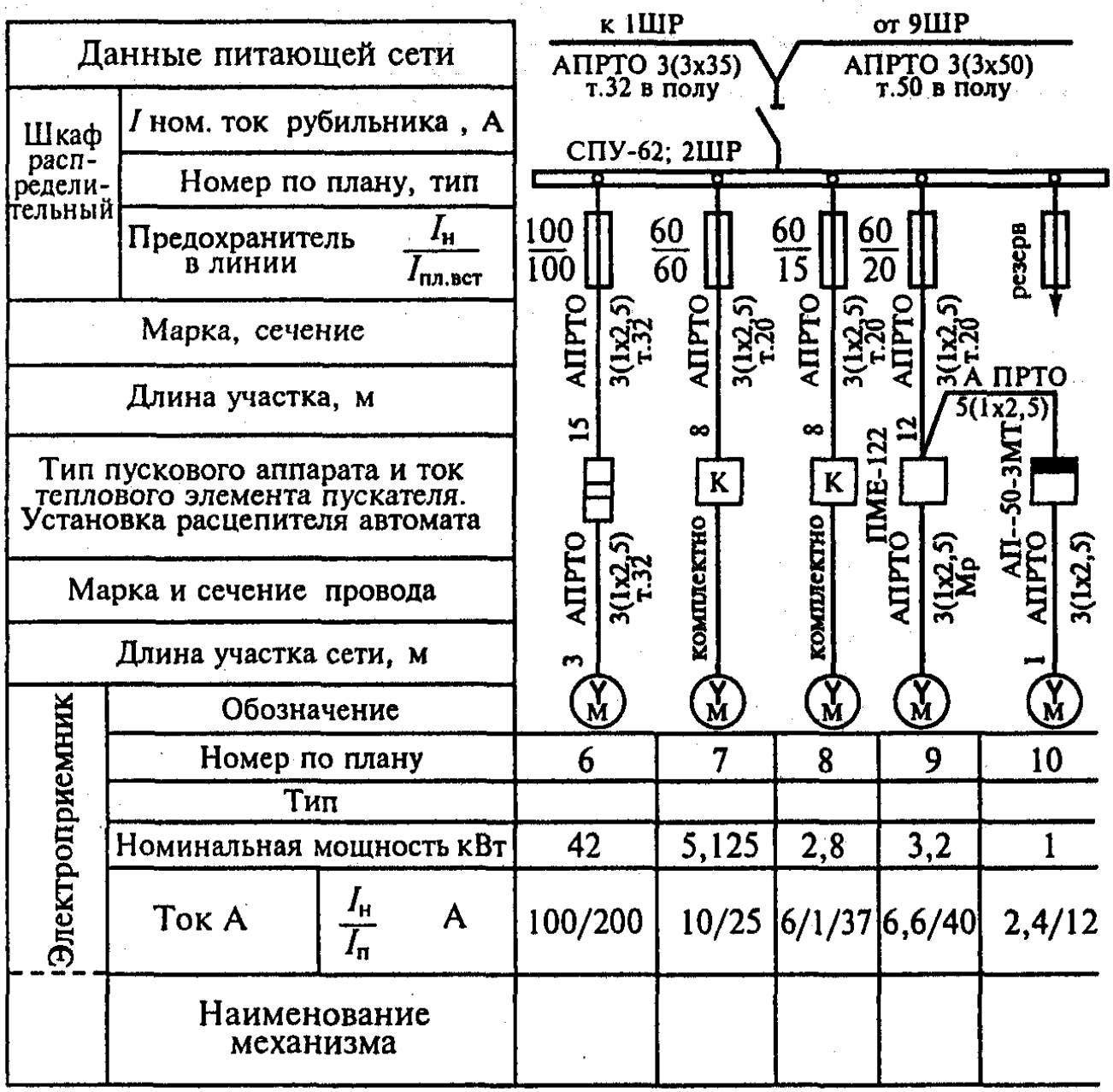


Рис. 1.10. Пример расчетной схемы распределительного шкафа

мощность. Пусковые аппараты, шины, тип которых не указан, поставляют комплектно. Пример расчетной схемы для шкафа 2ШР приведен на рис. 1.10.

§ 6. ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ

Технология производства монтажных работ — это последовательный и неразрывный комплекс организационно-технических и инженерных мероприятий, обеспечивающих ввод в действие вновь строящихся и реконструируемых объектов. Монтажные работы выполняют специализированные организации на основании договоров с заказчиками — предприятиями и организациями, имеющими бизнес-план, утвержденную и согласованную проектно-сметную документацию и соответствующие инвестиции. Заказчик заключает договор с подрядной организацией — генеральным подрядчиком, который несет полную ответственность за монтаж оборудования в установленные сроки. При необходимости генподрядчик на договорных началах может привлекать к выполнению определенных видов работ специализированные организации, выступающие в роли субподрядных.

Для производства монтажных работ заказчик передает генподрядчику в установленные сроки техническую документацию и сметы на объект в целом или на этапы работ. Если в переданную проектно-сметную документацию заказчик вносит в установленном порядке изменения, то он обязан не позднее чем за 15 дней до начала производства работ дополнительно передать необходимое число экземпляров измененной документации и перечень аннулированных чертежей. Заказчик обязан возместить подрядчику все затраты и убытки, связанные с изменением ранее выданной проектно-сметной документации.

Одним из важнейших направлений технического прогресса в монтажном производстве является *индустриализация*. Она предусматривает две основные цели:

1. Перенос максимальных объемов монтажных работ из монтажной зоны на заводы и производственные базы монтажных организаций. Здесь могут быть обеспечены наиболее производительные методы работ с применением совершенных станков и приспособлений.

2. Параллельно с производством строительных работ готовить электрооборудование, электроконструкции и электропроводки, скомплектованные в укрупненные блоки и узлы.

Индустриализация обеспечивает ускорение темпов производства монтажных работ и снижение их стоимости. Кроме того, массовое заводское производство комплектных крупноблочных устройств и

узлов улучшает качество электроустановок по сравнению с монтажом оборудования и устройством проводок на месте монтажа из оборудования и материалов, поставляемых россыпью в монтажную зону.

Применение крупноблочных устройств и монтажных узлов также облегчает эксплуатацию электрохозяйства предприятий. Наконец, крупноблочные комплектные устройства сокращают объем строительных работ, так как они во многих случаях могут быть установлены непосредственно в цехах, без постройки специальных помещений.

Заводы электротехнической промышленности и специализированных электромонтажных организаций выпускают в настоящее время широкий ассортимент крупноблочных комплектных устройств:

комплектные распределительные устройства (КРУ), комплектные трансформаторные подстанции (КТП), комплектные преобразовательные подстанции (КПП), комплектные выпрямительные подстанции на полупроводниках (КВПП), комплектные конденсаторные установки (ККУ), комплектные щиты управления механизмами с магнитными станциями, скомплектованными с сопротивлениями в стальных шкафах, распределительные силовые и осветительные пункты, распределительные и магистральные токопроводы и пр.

Если такие типовые крупноблочные устройства, как КРУ, КТП, щиты и пр., могут быть предусмотрены в проекте, то укрупнение узлов силовых и осветительных сетей применительно к специфике данного производства осуществляется путем разработки чертежей группами подготовки производства и выполняется в монтажных организациях.

В последнее время крупные проектные институты разрабатывают типовые монтажные узлы различных видов электропроводок с применением заводских монтажных изделий. Выпущено большое количество таких альбомов, которые не только сокращают объем проектных работ, но и значительно облегчают работу групп подготовки производства и предварительную сборку укрупненных монтажных узлов в мастерских монтажных организаций.

Одним из основных принципов внедрения индустриальных методов работ является организация монтажа в две стадии.

Первая стадия предусматривает производство всех подготовительных и заготовительных работ. На этой стадии внутри сооружений и зданий выполняют монтаж опорных конструкций для установки электрооборудования, прокладки кабелей, проводов, шинопроводов, троллеев, монтаж стальных и пластмассовых труб для электропроводок, прокладку проводов скрытой проводки до штукатурных и отделочных работ, а вне зданий и сооружений — монтаж

кабельных сетей и сетей заземления. Перечисленные работы выполняют в сооружениях и зданиях по совмещенному графику — совместно с проведением основных строительных работ. На этой же стадии в мастерских заготовляют узлы и пакеты силовых и осветительных электропроводок; собирают блоки электрооборудования, производят предварительную регулировку электрооборудования, проверяют и испытывают аппаратуру и машины на стендах и т.п.

На второй стадии монтируют электрооборудование (укрупненные узлы и блоки), прокладывают кабели и провода (узлы и пакеты), шинопроводы и подключают кабели и провода к выводам электрооборудования. В электротехнических помещениях (ЗРУ, машинных залах, помещениях распределительных щитов, постов и станций управления, камерах трансформаторов, кабельных полуэтажах, туннелях и каналах) работы второй стадии выполняют после завершения комплекса общестроительных, отделочных работ и монтажа санитарно-технических устройств.

В других (производственных неэлектротехнических) помещениях и зонах, в том числе пролетах цехов, ЭМР второй стадии выполняют после установки технологического оборудования, монтажа технологических, санитарно-технических трубопроводов и вентиляционных коробов. Электромонтажные работы второй стадии, выполняемые одновременно с работами смежных специализированных организаций, осуществляют в последовательности, установленной сводным сетевым графиком, в котором отражены вопросы техники безопасности при совместном выполнении работ разными организациями. Эти меры предусматривают защитные устройства при необходимости одновременного производства работ на разных отметках в одном помещении.

§ 7. ПРОЕКТ ПОДГОТОВКИ И ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ (ППР)

Проект подготовки и производства электромонтажных работ (ППР) в большинстве случаев разрабатывают группы подготовки производства монтажных организаций. По отдельным крупным и сложным объектам ППР разрабатывают проектные организации.

На первом этапе составления ППР тщательно изучают техническую документацию. Иногда между выпуском проектной организацией рабочих чертежей и началом монтажных работ проходит значительное время, в течение которого могут появиться новые типы оборудования, заводские монтажные изделия, более передовые приемы монтажной технологии. В этих случаях при разработке ППР в проект вносят необходимую корректировку соответственно достигнутому на данный момент техническому уровню проектиро-

вания и монтажной технологии. Однако первой и главной задачей ППР является тщательная разработка индустриальных методов монтажа, механизации и внедрения наиболее рациональных форм организации труда.

Основными разделами ППР являются:

краткая характеристика монтажного объекта с приведением физических и объемных показателей;

перечень вносимых в проект изменений и дополнений с приложением документов об их согласовании;

расчеты трудозатрат, численности и фондов заработной платы;

эскизы или чертежи укрупненных блоков и узлов с указаниями (в случае необходимости) способов такелажа, транспортировки и монтажа блоков;

ведомости закладных деталей, которые необходимо изготовить и установить в процессе строительных работ;

ведомости заказов на заводские монтажные изделия и на конструкции, подлежащие изготовлению в мастерских монтажно-заготовительного участка (МЗУ);

комплектовочные ведомости на электрооборудование раздельно: а) для поставки в МЗУ и б) для доставки непосредственно в монтажную зону;

спецификации на кабельную продукцию, трубы и металл с разбивкой по отдельным зонам монтажа;

калькуляции и наряды для предварительной выдачи их рабочим МЗУ и монтажных участков;

указания по монтажной технологии и механизации работ;

указания по технике безопасности с приложением эскизов ограждений, подмостей и т.п.;

указания о порядке сдачи работ в эксплуатацию с приложением форм технической документации;

графики производства работ, увязанные с общим графиком строительства объекта.

В зависимости от объема и сложности монтируемого объекта ППР могут быть полные и сокращенные.

Логическим развитием ППР является автоматизированная система планирования и управления строительно-монтажными работами (АСУ). Она широко внедряется на крупных стройках. Основным элементом АСУ служит *сетевой график,* который устанавливает взаимосвязь и последовательность всех технологических операций по созданию нового объекта, включая поступление проектной документации, поставку материалов, оборудования и завоз необходимых механизмов. Продолжительность работ в сетевом графике определяется по нормативам трудовых затрат и представляет собой трудоемкие расчеты, выполняемые с помощью ЭВМ.

Сетевые графики могут быть комплексными (по всем видам

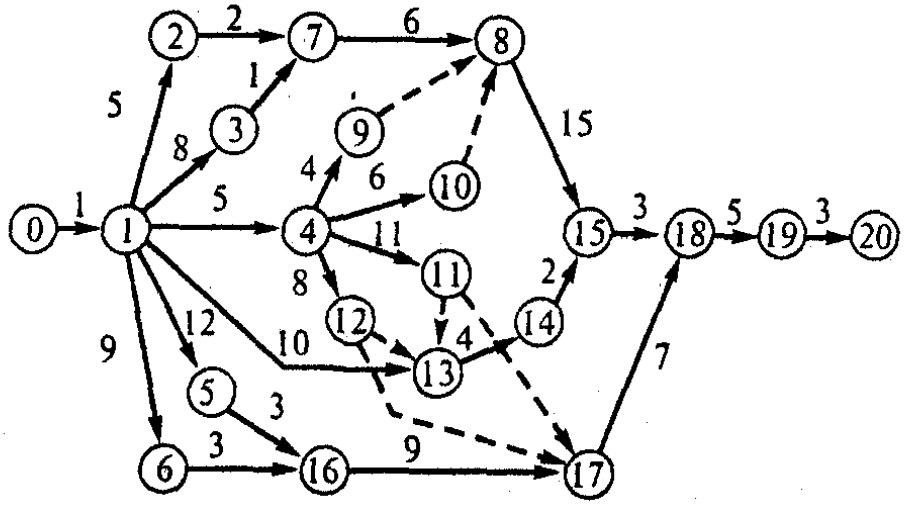


Рис. 1.11. Сетевой график проведения монтажных работ

работ при сооружении объекта) и локальными (по отдельным видам работ, в том числе по электромонтажным). Пример локального сетевого графика электромонтажа компрессорного агрегата (КА) с общей продолжительностью работ 40 дней приведен на рис. 1.11.

Основными составляющими сетевого графика являются «события» и «работы».

С о б ы т и е — факт окончания одной или нескольких предшествующих ему работ. Событие, не имеющее предшествующих работ, называют начальным, а последующих работ — конечным. На сетевом графике события обозначают в виде круга, в котором указывают номер.

Р а б о т а — производственный процесс, требующий затрат времени и ресурсов. Работу обозначают безмасштабной сплошной линией со стрелкой, на которой проставляют продолжительность работы (в часах, сменах, днях). Каждую работу сетевого графика ограничивают два события — предшествующее и последующее. Никакая работа не может быть начата, пока не выполнены все предшествующие ей работы.

З а в и с и м о с т ь , или фиктивная работа, отражает технологическую зависимость между событиями, не требует затрат времени и ресурсов. Обозначают зависимость на сетевом графике штриховой линией со стрелкой.

П у т ь — непрерывная последовательность событий, продолжительность которых определяется суммой продолжительностей составляющих работ.

К р и т и ч е с к и й п у т ь — путь, имеющий наибольшую продолжительность между начальным и конечным событиями. Определяет максимальный срок выполнения всех монтажных работ; обозначают на сетевом графике сплошной жирной линией.

На сетевом графике зашифрованы следующие работы: *0 — 1* — выдача задания монтажно-заготовительным мастерским и смежным

организациям; *1 — 2* — изготовление монтажных конструкций под защитные трубы, соединительные коробки и кабели; *1 — 3* — изготовление блоков защитных труб; *1 — 4* — доставка в монтажную зону электродвигателя, пультов управления, компрессора; *1 — 5* — изготовление монтажных конструкций под трубные проводки КА; *1 — 6* — изготовление блоков трубных проводок; *1 — 13* — изготовление монтажных конструкций крепления датчиков информационной системы; *2 — 7* — установка монтажных конструкций под защитные трубы, соединительные коробки и кабели; *3 — 7* — доставка блоков защитных труб в монтажную зону; *4 — 9* — монтаж; *4 — 10* — монтаж пульта управления электродвигателем; *4 — 11* — монтаж околокомпрессорного оборудования; *4 — 12* — монтаж компрессора; *5 — 16* — установка монтажных конструкций под трубные проводки; *6 — 16* — доставка блоков трубных проводок в монтажную зону; *7 — 8* — монтаж защитных труб и соединительных коробок; *8 — 15* — затяжка проводов в защитные трубы и подключение их к соединительным коробкам; *13 — 14* — монтаж датчиков системы автоматизации на околокомпрессорном оборудовании; *14 — 15* — монтаж защитных труб системы автоматизации; *15 — 18* — затяжка проводов в защитные трубы и подключение датчиков контроля к пульту управления; *16 — 17* — монтаж блоков трубных проводок КА; *17 — 18* — испытание трубных проводок и подключение их к исполнительным механизмам компрессора; *18 — 19* — индивидуальное опробование систем КА; *19 — 20* — сдача КА в наладку.

Штриховые линии *11 — 13, 12 — 13,* а также *11 — 17, 12 — 17* показывают, что до начала работ *13 — 14* и *17 — 18* должны быть завершены работы *4 — 11* и *4 — 12.* Аналогично, до начала работы *8 — 15* необходимо завершить работы *4 — 9* и *4 — 10.* Общая продолжительность монтажа КА определяется длиной критического пути (работы *0 — 1 — 5 — 16 — 17 — 18 — 19 — 20*). Работы, лежащие на критическом пути, не имеют резерва времени и на их своевременное выполнение следует обращать особое внимание.

§ 8. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧИХ МЕСТ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНИКОВ

Зону трудовых действий одного или группы электромонтажников (звена, бригады) при монтаже электроконструкций и электрооборудования называют *рабочим местом.* В этой зоне находятся и перемещаются участвующие в технологическом процессе рабочие, инструмент, приспособления, инвентарь, механизмы, а также материалы и оборудование (рис. 1.12).

При организации рабочего места важно правильно определить рабочую зону — пространство (площадь), в которой должны нахо-

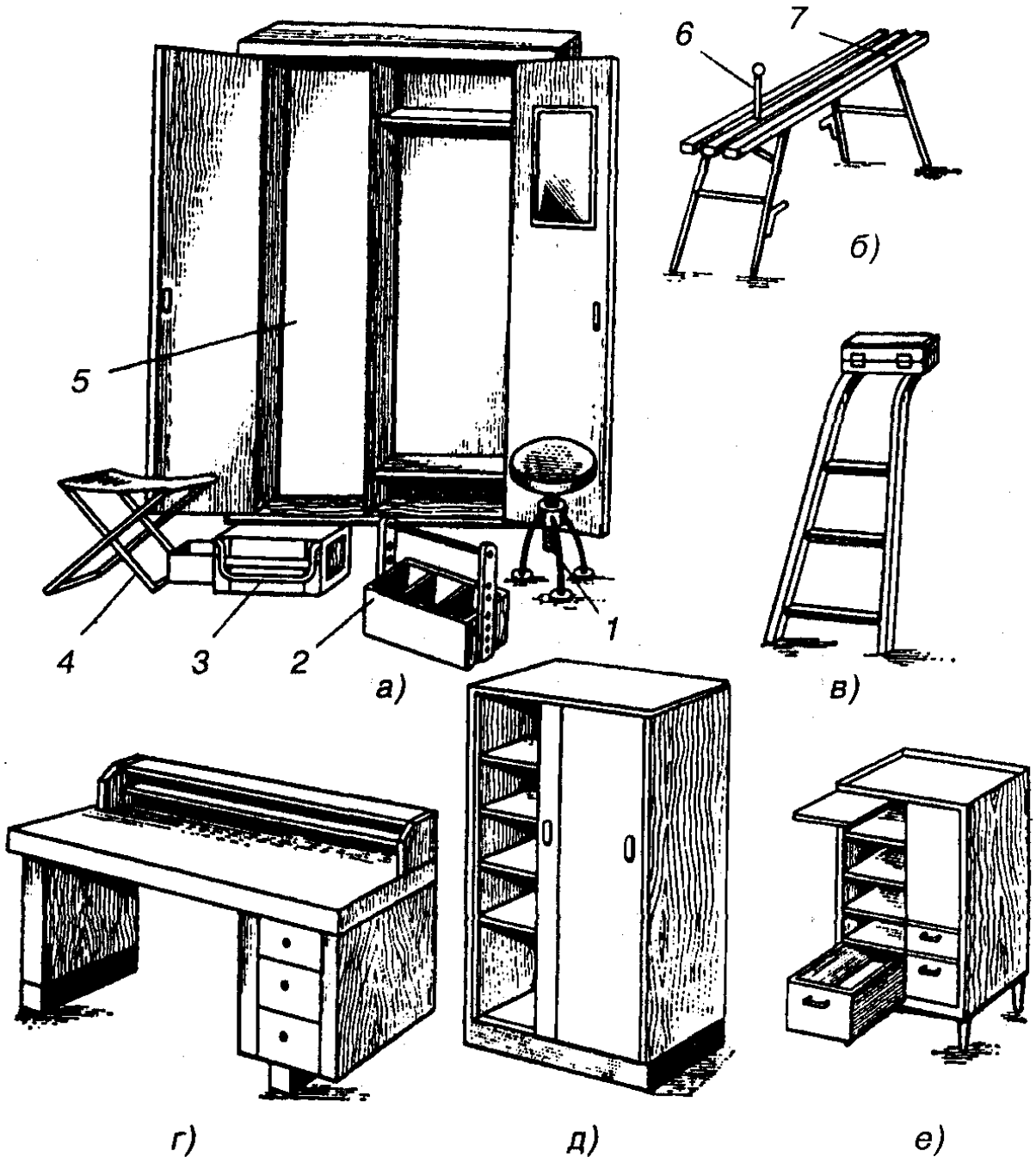


Рис. 1.12. Образцы инвентаря для электромонтажных работ:

а — набор инвентаря для монтажа проводов вторичной коммутации; *б* — столик подмостки для работы на высоте; *в* — лестница с ящиком для инструмента; *г* — верстак; *д* — шкаф с раздвижными дверками, полками и отделением для одежды; *е* — тумбочка; *1, 4* — стулья; *2* — ящик для хранения инструмента; *3* — ящик-сиденье для хранения вспомогательных материалов и инструмента; *5* — шкаф; *6* — кронштейн для бухт проводов; *7* — скоба для крепления молотка

диться предметы и орудия труда, а также электромонтажники, участвующие в осуществлении трудового процесса.

Рабочие места укомплектовывают грузоподъемными машинами и механизмами (гусеничными, пневмоколесными или автомобильными кранами, автопогрузчиками и т.д.). Чаще всего при монтаже электрооборудования применяют легкие автомобильные краны грузоподъемностью до 4 т или средние — до 10 т. Работой грузоподъемных механизмов руководят с мест, обеспечивающих наиболее

рациональную видимость в рабочей зоне. Для установки шкафов, щитов распределительных пунктов на закладные конструкции можно применять и другие передвижные механизмы или подъемники.

В комплект инвентарных приспособлений рабочих мест труднодоступных для универсальных механизмов в закрытых помещениях входят: катки, на которые устанавливают транспортируемые блоки электрооборудования; колея, набираемая из швеллеров №№ 8—12, скрепленных между собой шпильками и накладками, рольганги. Ролики катков регулируют по ширине швеллеров с помощью втулок, расположенных на осях катков. Для перемещения электрооборудования в направлении, перпендикулярном укладке колеи, служат рольганги.

Научной (НОТ) называют такую организацию труда электромонтажников, которая основана на современных достижениях науки и передовом опыте, обеспечивающих эффективное использование материальных и трудовых ресурсов, непрерывное повышение производительности труда, сохранение здоровья человека.

В сфере задач, решаемых НОТ, находятся вопросы внедрения современных средств связи (телефон, радио, промышленное телевидение) и диспетчеризации управления отдельными системами и предприятием в целом.

Все большее значение для НОТ приобретает *эргономика* — наука, изучающая влияние различных физических факторов (состава воздуха, шумов, вибрации, освещения) и различных элементов труда на работоспособность человека.

Большое значение для сохранения здоровья человека и повышения производительности его труда имеет освещение рабочих мест.

Кроме того, задачей НОТ является определение *комфортной зоны* рабочего места, т.е. зоны, в которой при оптимальных санитарно-гигиенических параметрах может быть достигнута наивысшая производительность труда. Условия комфортной зоны изучаются и определяются творческими группами не только по профессиям, но и по характеру выполняемых работ.

Научная организация труда охватывает также вопросы *культуры производства* и *промышленной эстетики.*

§ 9. СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ ИЗДЕЛИЯХ

Для крепления оборудования, аппаратов и приборов к поддерживающим конструкциям применяют стандартные болты, гайки, обычные и пружинные шайбы, винты с полукруглой, потайной и цилиндрической головками для металла, шурупы и глухари по дереву.

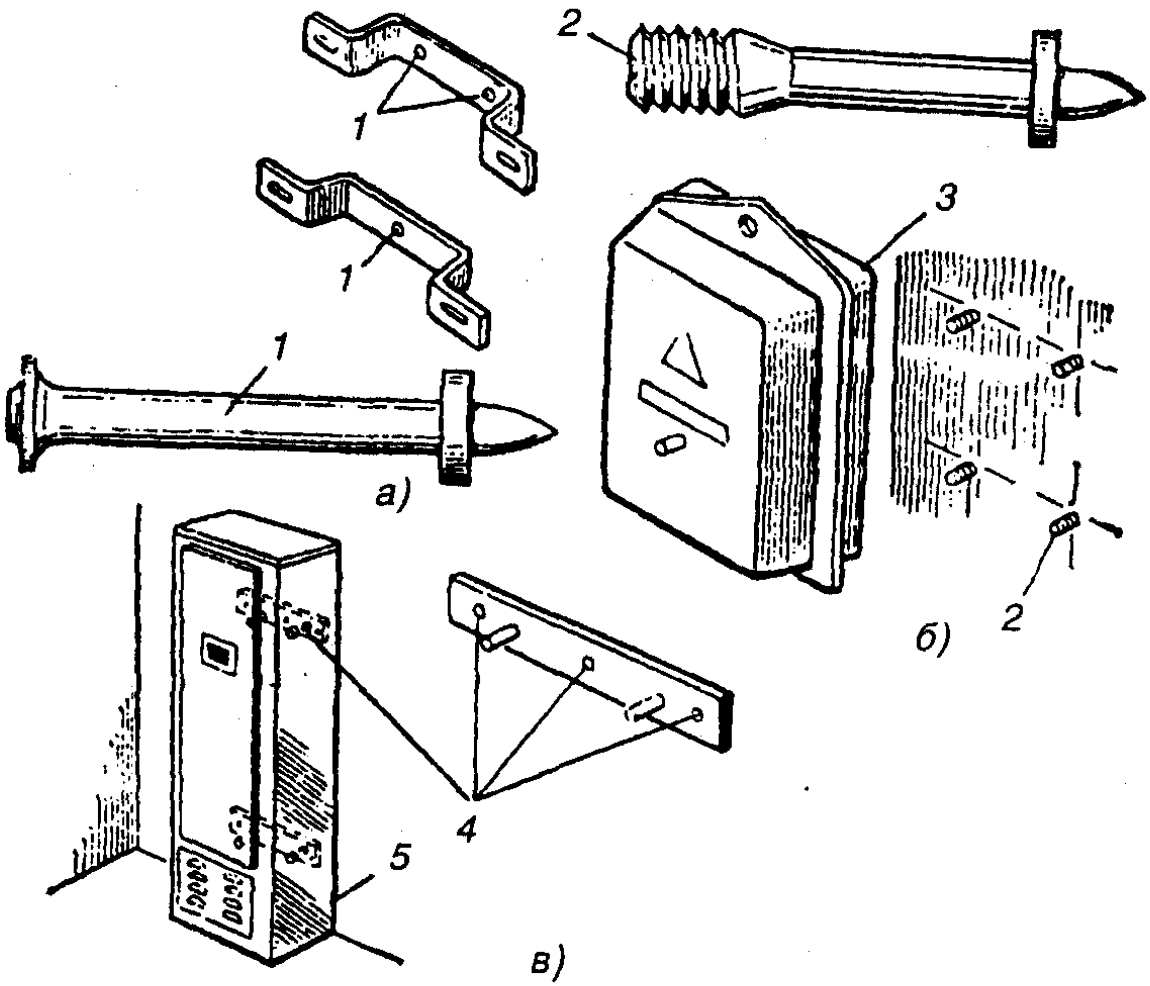


Рис. 1.13. Крепление дюбелями:

а — несъемное крепление; б — съемное крепление; в — комбинированное крепление; 1 — дюбель-гвоздь; *2 —* дюбель-винт; *3 —* аппарат; *4 —* места пристрелки деталей крепления дюбель-гвоздями; *5 —* шкаф распределительный

В электроустановках для закрепления как отдельных легких деталей, так и громоздких тяжелых конструкций, аппаратов и машин широко используют крепежные изделия и способы крепления, не требующие применения мокрых процессов. Это значительно ускоряет и упрощает монтаж, в особенности в зимних условиях, и позволяет загружать конструкции и оборудование немедленно после их закрепления.

Промышленность изготовляет различного вида и назначения дюбеля, дюбель-гвозди и дюбель-винты.

К бетонным и кирпичным стенам и перекрытиям электроустановочные изделия, скобы и конструкции крепят капроновыми и металлическими дюбелями, которые вставляют в высверленное или аккуратно пробитое отверстие соответствующего диаметра. При ввертывании шурупов в дюбеля они расширяются и прочно закрепляются в отверстии.

Пластмассовые дюбеля выпускают под шурупы диаметром 4; 5; 8 и 12 мм длиной соответственно 30; 40; 85 и 100 мм, а стальные с распорной гайкой и болтами (винтами) — размером от М4 × 30 до

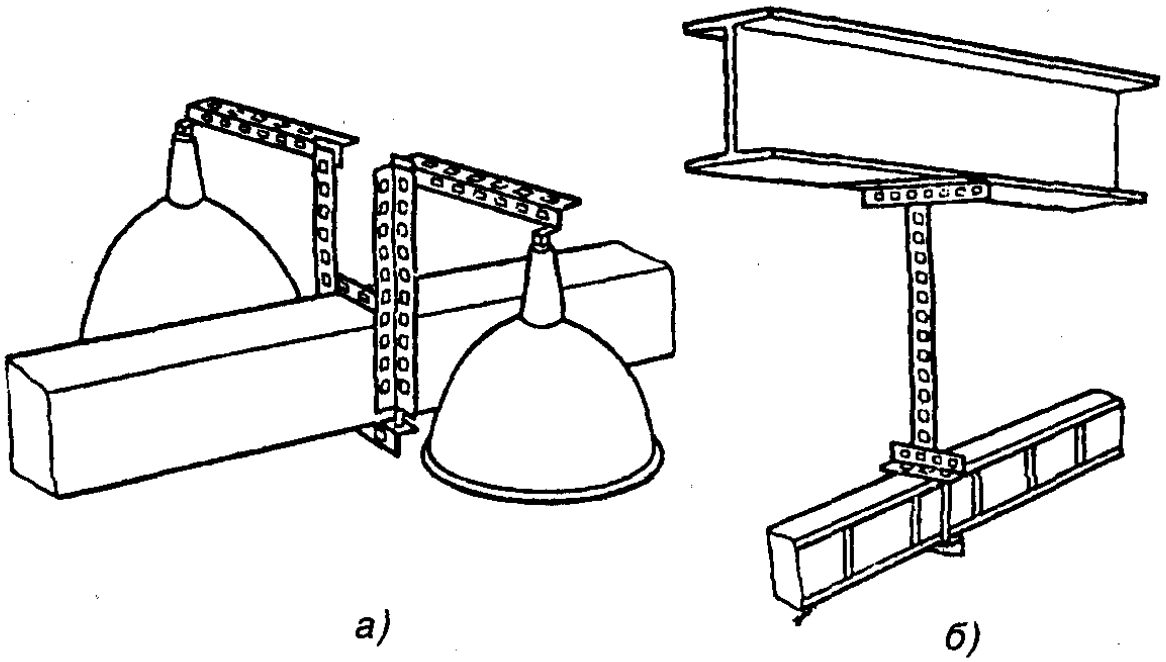


Рис. 1.14. Применение УСЭК для подвески светильников (*а*) и шинопроводов (*б*)

М16 × 120. Допустимое усилие выдергивания дюбеля с шурупом М4 × 30 при глубине заделки дюбеля в стене 25 мм составляет в бетонной стене 0,9 в кирпичной 0,7 кН.

Крепление дюбель-винтами широко используют при установке люминесцентных светильников, силовых ящиков, осветительных и распределительных пунктов и других электротехнических изделий (рис. 1.13).

Универсальные сборные электромонтажные конструкции (УСЭК) применяют в мастерских или непосредственно на объектах. Без сварки и сверления из них собирают кронштейны, подвесы, закрепы и т. п. для установки или прокладки различных по назначению электротехнических устройств и коммуникаций: шинопроводов, лотков, коробов, осветительной арматуры и др. Металлоконструкции собирают на обычных металлических крепежных изделиях или клиновых соединениях. Номенклатура изделий УСЭК включает 35 типоразмеров деталей: скобы, уголки, основания, патрубки, профили, полосы, шарниры, прижимы и др.

Электромонтажные конструкции изготовляют из элементов УСЭК по типовым альбомам. При этом сокращается до минимума механическая обработка, исключаются сварка и нанесение покрытий, а наличие в номенклатуре клиновых соединителей облегчает выполнение соединений.

Благодаря универсальности УСЭК значительно упрощается процесс электромонтажных работ, сокращаются сроки их проведения, повышается производительность труда. Применение УСЭК для крепления светильников и подвески шинопроводов показано на рис. 1.14.

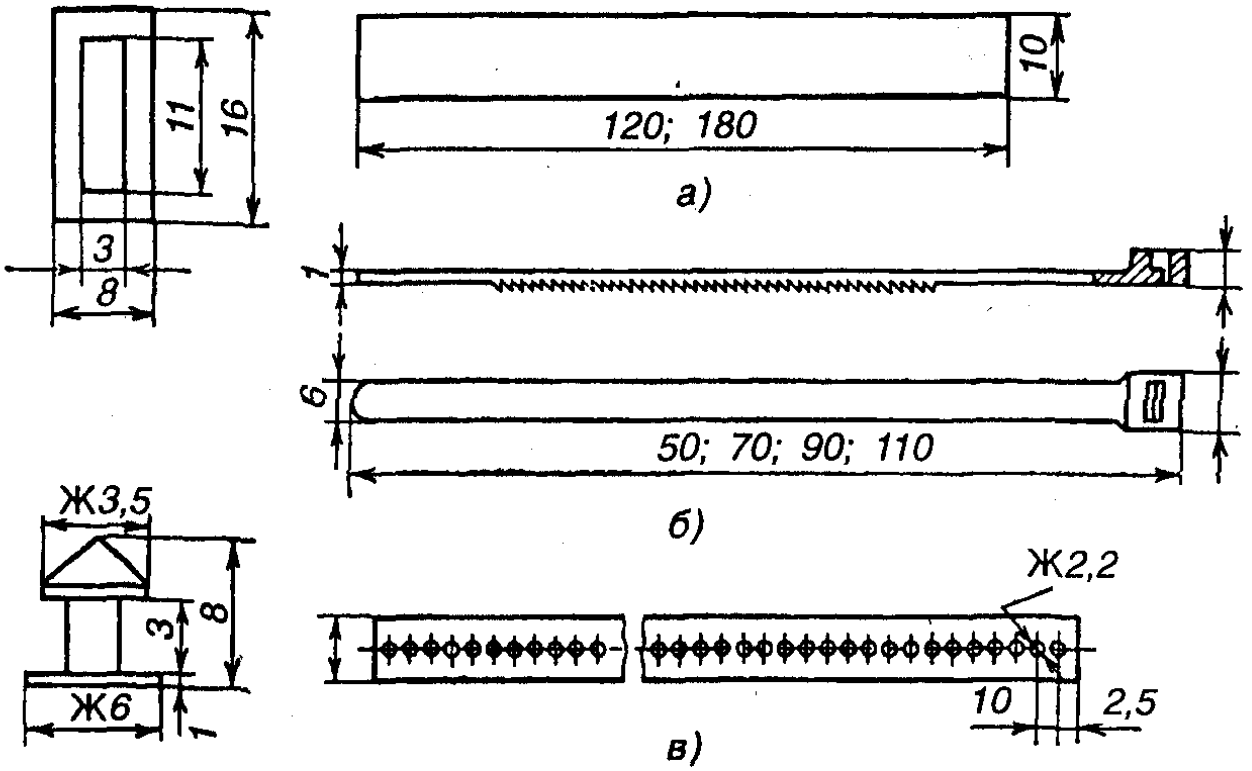


Рис. 1.15. Изделия для крепления проводов, труб и кабелей:

а — пряжка и алюминиевая полоска для крепления труб и кабелей на перфорированной конструкции; *б* — полоска — полиэтиленовая, зубчатая для бандажирования проводов; *в* — полиэтиленовая кнопка и лента для бандажирования проводов

Для крепления кабелей, труб и пучков проводов на перфорированных профилях и полосах, а также для стягивания в пакет нескольких изолированных проводов применяют различные пряжки, полоски и ленты (рис. 1.15).

Монтажную ленту ЛМ изготовляют шириной 10 и 15 мм с расстояниями между отверстиями 10 и 15 мм. Диаметр отверстий — соответственно 2,2 и 3 мм, диаметр кнопки — 6/3,5 и 12/6 мм. Лента выдерживает растягивающую силу 120 Н, направленную вдоль ее оси. Ленту поставляют в виде комплекта — 1000 м ленты и 1500 кнопок (ГОСТ 17563—80).

Кроме того, изготовляют стяжные зубчатые ленты из термопластичных материалов (ГОСТ 22612.1—77 и ГОСТ 22612.2—77) для формирования жгутов из проводов, маркировки и крепления на конструкции.

Крепление проводов, кабелей и труб различных диаметров непосредственно на строительных и электроконструкциях выполняют также с помощью скоб, хомутов и накладок, изготовляемых из стали и пластмассы.

Примеры формирования и маркировки жгутов приведены на рис. 1.16.

На рис. 1.17—1.26 изображены различные детали, используемые для маркировки, заземления, крепления сопротивлений, установки штепсельных розеток.

Для присоединения алюминиевых проводов к аппаратам применяют стальные ограничивающие шайбы типа ШО, для сохранения формы алюминиевых проводов, изогнутых в кольца, для присоединения к контактным зажимам — шайбы-звездочки латунного типа ШЗ (рис. 1.17).

Колодки маркировочные типа КМ для маркировки и закрепления рядов зажимов на рейке устанавливают в начале и в конце каждого ряда (рис. 1.18).

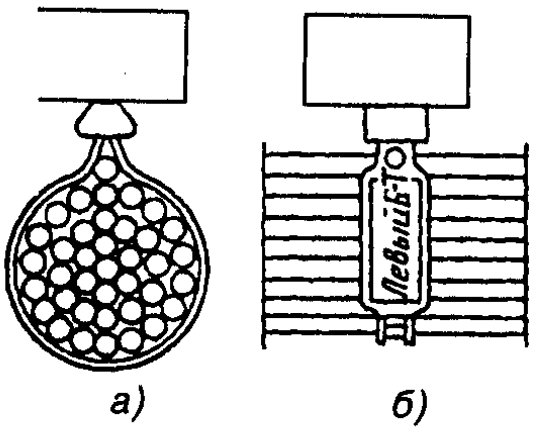


Рис. 1.16. Применение стяжных лент для бандажирования (*а*) и маркировки жгута (*б*)

Для обозначения приборов и аппаратов, устанавливаемых на щитах, пультах и шкафах, применяют рамки для надписей типа РМ и РБ (табл. 12; рис. 1.19).

Таблица 12

Тип	Размеры, мм			Масса 1000 шт., кг
	L	H	A	
РМ	61	17	55	2
РБ	81	32	73	4

Таблица 13

Тип	Сечение провода до мм^2	Масса 1000 шт., кг
БМП-2,5	2,5	0,9
БМП-4	4	2,0

Таблица 14

Тип	Резьба трубная, дюйм	Масса 1000 шт., кг
ГЗ-1	$1^1/_2$	40
ГЗ-2	1	15
ГЗ-3	$^3/_4$	12
ГЗ-4	$^1/_2$	7,2

Бирки маркировочные типа БМП (табл. 13) применяют для оконцевания и маркировки цепей вторичных соединений, выполненных контрольным кабелем или проводами (рис. 1.20; 1.21).

Для установки на заземленных металлических частях зданий, сооружений или технологического оборудования применяют зажим типа ЗЗ (рис. 1.22).

Гайки заземления типа ГЗ (табл. 14) применяют для создания электрического кон-

Таблица 15

Наименование детали	Тип сопротивления	L, мм	Масса 1000 шт., кг
Шайба		—	7,0
Втулка		—	1,5
	ПЭ-25	85	13,0
Шпилька	ПЭ-50	125	19,0
	ПЭ-75	195	30,0
Скоба		—	14,0

Таблица 16

Тип	Сечение провода, мм^2	L, мм
I	16	250
II	16	400
III	25	500

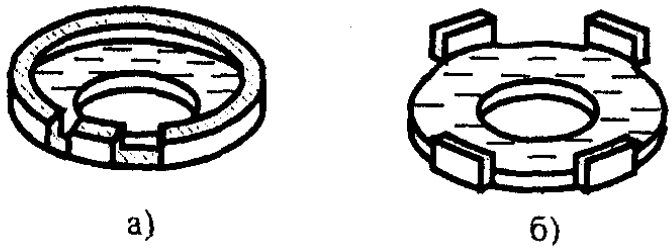


Рис. 1.17. Шайбы ограничивающие стальные:
а — типа ШО-4; *б* — типа ШЗ-3 — ШЗ-8

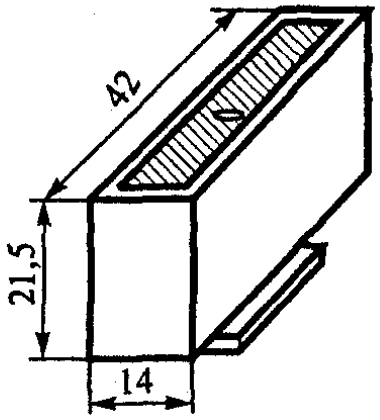


Рис. 1.18. Колодки маркировочные типа КМ

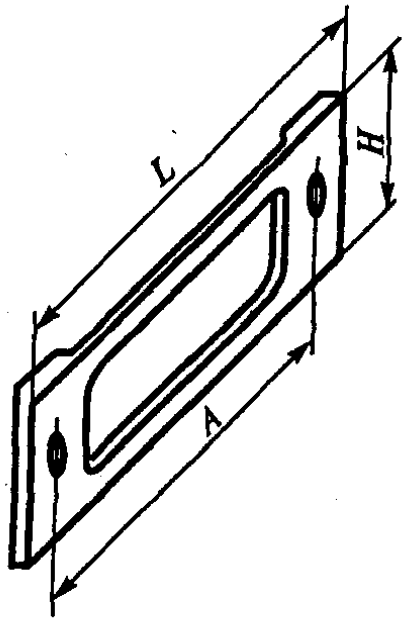


Рис. 1.19. Рамки для надписей типа РМ и РБ

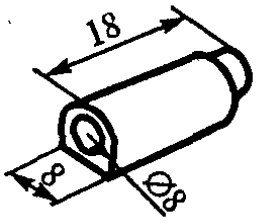


Рис. 1.20. Бирки маркировочные БМП-2,5

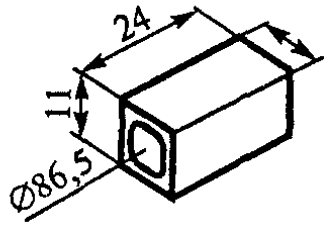


Рис. 1.21. Бирки маркировочные БМП-4

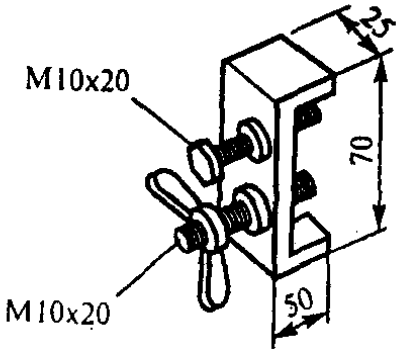


Рис. 1.22. Зажим для заземления типа ЗЗ

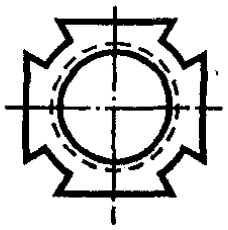


Рис. 1.23. Гайки заземления типа ГЗ

такта между корпусом электроустройства и стальными трубами (рис. 1.23). Детали типа ДС для крепления сопротивления (табл. 15) применяют при установке сопротивлений типа ПЭ в шкафах (рис. 1.24).

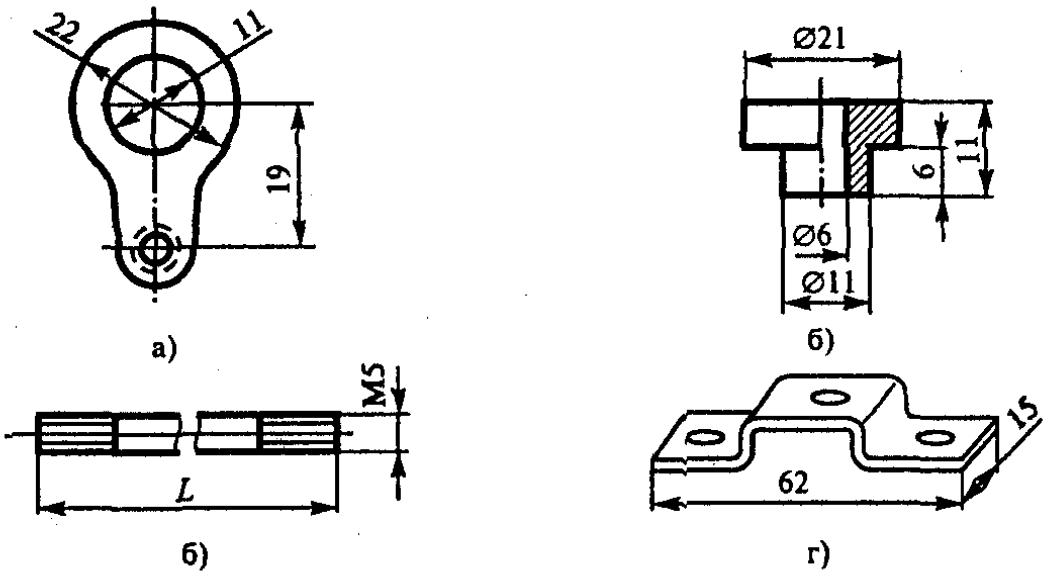


Рис. 1.24. Детали для крепления сопротивлений:

а — шайба; *б* — втулка; *г* — шпилька; *д* — скоба

Рис. 1.25. Перемычки гибкие типа ПГМ

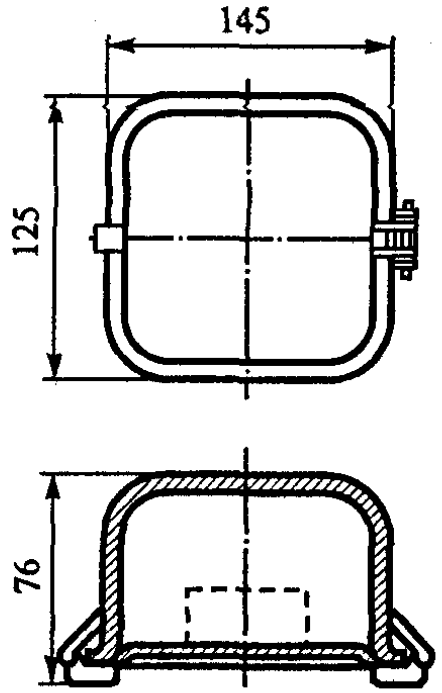


Рис. 1.26. Коробки для штепсельных розеток

Перемычки гибкие типа ПГМ (табл. 16) применяют для заземления кабельных заделок (рис. 1.25).

Коробки типа К-1 применяют для установки штепсельных розеток (рис. 1.26).

§ 10. ИНСТРУМЕНТ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И МЕХАНИЗМЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНИКАМИ

Основные работы по сооружению подстанций, монтажу электродвигателей, обработке и заготовке узлов электропроводок и комплектных линий в мастерских, а также прокладке и креплению их

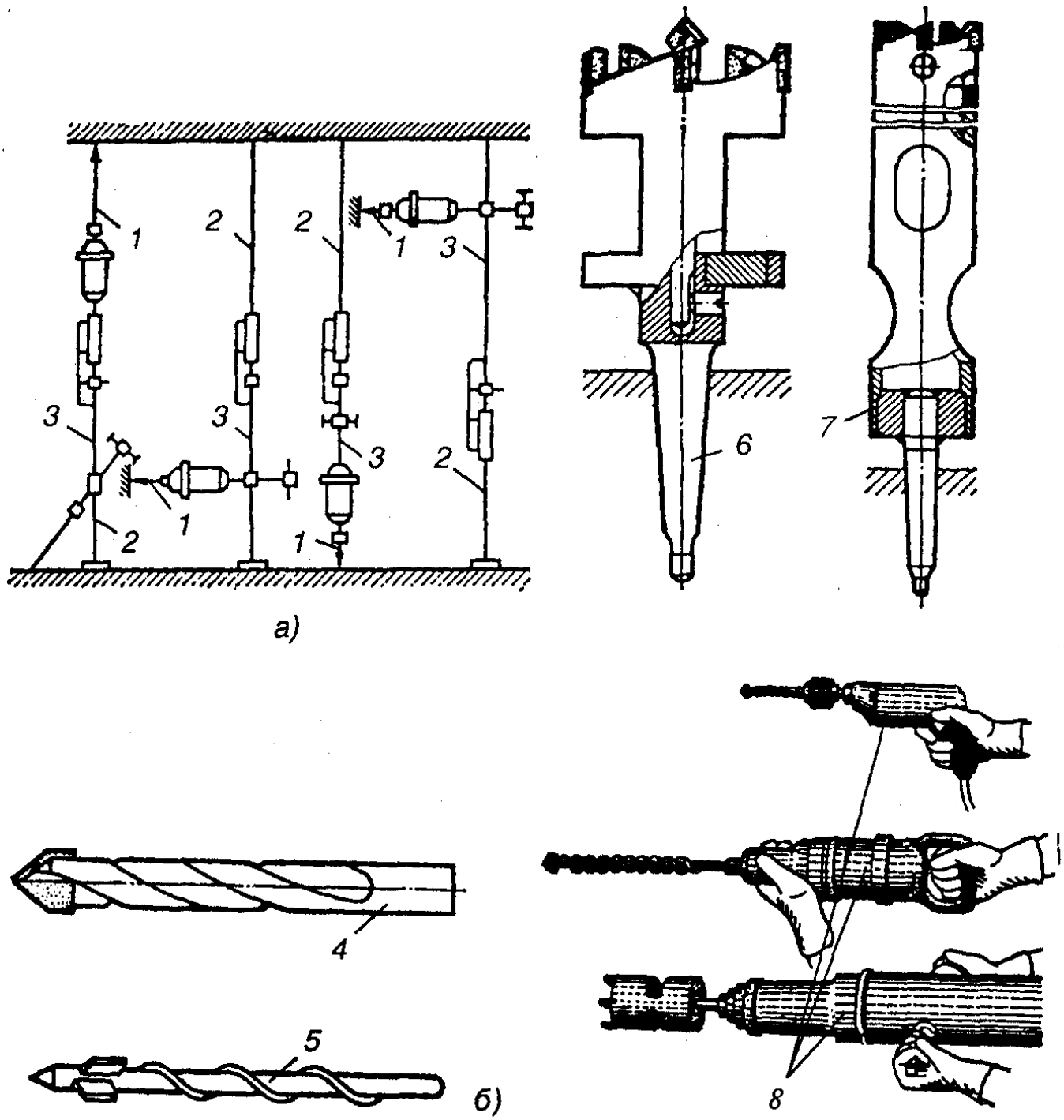


Рис. 1.27. Инструмент для сверления отверстий:

а — приспособление для создания давления на сверло; *б* — рабочий инструмент; *1* — сверло; *2* — упор; *3* — направляющие стойки; *4* — цилиндрическое сверло; *5* — спиральное сверло; *6* — коронка для сверления гнезд; *7* — шлямбур для электросверлильной машины; *8* — электросверлильная машина

на месте монтажа электромонтажники выполняют, применяя различные инструменты, приспособления и средства механизации.

Для сверления гнезд в кирпичных и гипсолитовых основаниях под коробки скрытой проводки применяют коронки КГС, для сверления отверстий — спиральные сверла с твердосплавными напайками, для глубоких отверстий — кольцевое сверло СК со штангой, переходным хвостовиком и втулкой, бурики и т. п.

При изготовлении отверстий в строительных основаниях из

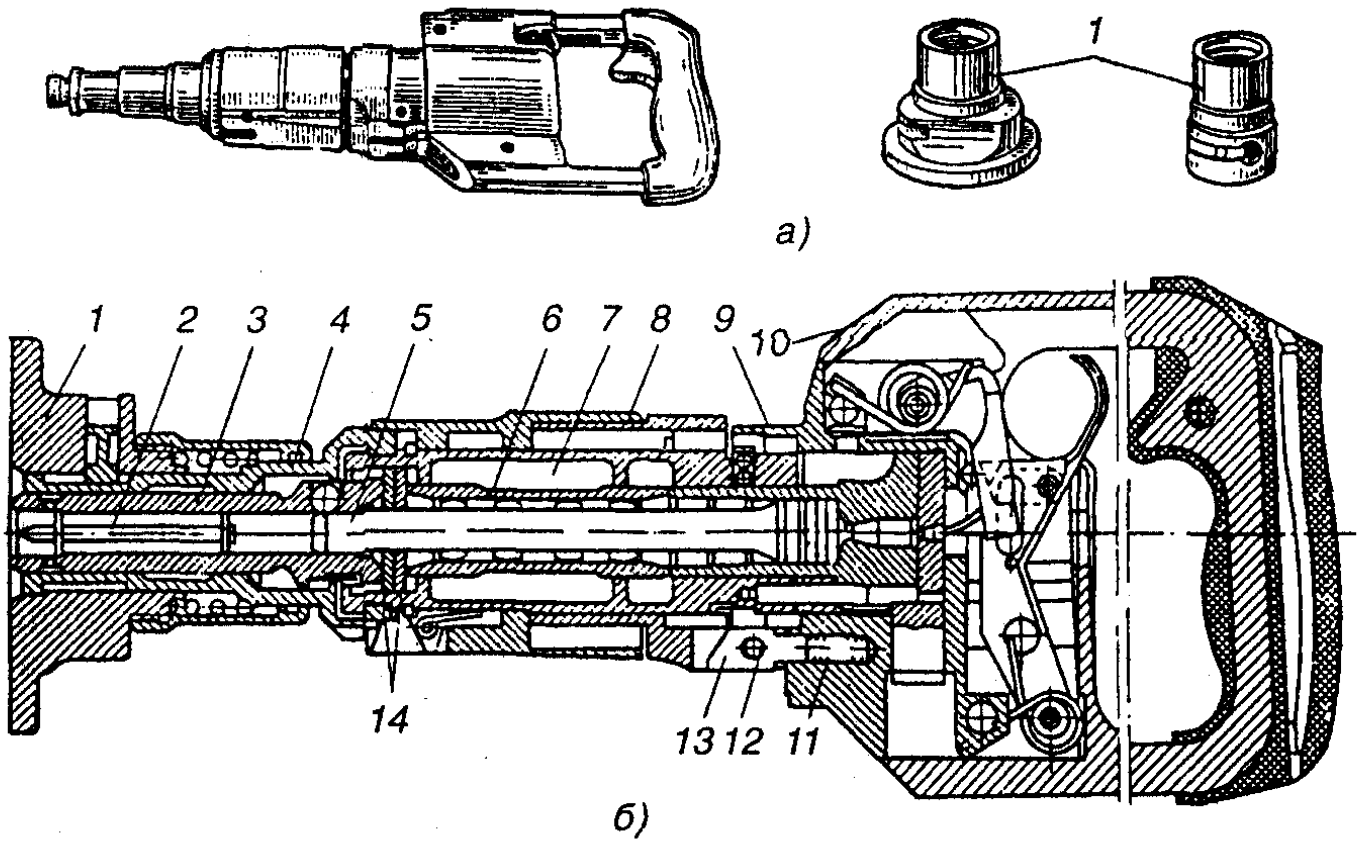


Рис. 1.28. Поршневой монтажный пистолет ПЦ52 с прижимами (*а*) — его устройство (*б*):

1 — прижим; *2* — дюбель; *3* — направитель; *4* — наконечник; *5* — поршень; *6* — рассекатель; *7* — полость муфты; *8* — кожух муфты; *9* — ствол; *10* — рукоятка; *11* — пружина упора; *12* — ось упора; *13* — упор; *14* — амортизатор

бетона, кирпича и других материалов применяют электросверлильные ручные машины на напряжение 220 В с *двойной изоляцией*, либо на 36 В в комплекте со специальным преобразователем, который не только снижает напряжение, но и повышает частоту до 200 Гц.

Дополнительной изоляцией является пластмассовый корпус машины, изолирующая втулка и т. п. Электросверлильные машины с двойной изоляцией не заземляют.

Электросверлильные ручные машины по конструкции разделяют на три группы: *с одной рукояткой* пистолетного типа — для сверл диаметром до 9 мм; *с двумя рукоятками* — центральной (закрытой) и боковой — для сверл диаметром 10—16 мм; *с двумя боковыми рукоятками* и грудным упором — для сверл диаметром более 16 мм (рис. 1.27, *а—б*).

Для пробивных работ электромонтажники используют также *механические* и *электрофугальные молотки* (ударные), например, ИЭ4207 с двойной изоляцией и ручные электрические перфораторы (ударно-вращательные), например, ИЭ4709 или ИЭ4713, предназначенные для пробивки отверстий в бетоне и железобетоне.

С помощью электрических молотков и перфораторов можно выполнять различные монтажные операции: сверление отверстий

по металлу; ударно-вращательное бурение отверстий в бетоне, кирпиче и др.; забивку дюбелей; заворачивание самонарезающих винтов.

Для крепления конструкций, изделий и деталей часто применяют поршневой пиротехнический монтажный пистолет ПЦ 52 (рис. 1.28, *а*, *б*).

Забивку дюбеля он осуществляет ударом поршня перемещающегося в стволе пистолета за счет давления пороховых газов. Благодаря относительно большой массе поршня скорость забиваемого дюбеля сравнительно невелика — 60—80 м/с (из пистолета прямого действия скорость дюбеля достигает 500 м/с). При выстреле в малопрочное основание или ошибочном применении слишком сильного патрона поршень останавливается специальным упором-амортизатором, исключающим опасный вылет его из пистолета. Производительность пистолета не менее 50 выстрелов в час, масса 3,6 кг.

Основными показателями, определяющими состояние электромонтажного производства, являются уровень механизации работ, механо-и энерговооруженность каждого электромонтажника. Средства механизации, а также набор инструментов, наиболее часто используемых при монтаже, приведены в табл. 17 и табл. 18.

Средства механизации работ, связанные с монтажом, подразделяют на три группы: *механизированный инструмент, средства малой и большой механизации.*

Монтажные приспособления, электрифицированный и пневматический инструменты индивидуального пользования с электродвигателем мощностью до 1 кВт (электрические сверлилки, перфораторы, гайковерты и др.) относят к *механизированному инструменту.*

Монтажные приспособления свыше 1 кВт, непосредственно обслуживаемые рабочими (лебедки, домкраты, опрессовочные агрегаты, пресс-ножницы, передвижные компрессоры и др.), относят к средствам *малой механизации.*

Монтажные механизмы и машины, требующие для своего обслуживания специально прикрепленного к ним персонала и используемые при выполнении транспортных, такелажных, погрузочно-разгрузочных и других работ (трейлеры, тракторы, автомобильные краны, автовышки), относят к средствам *большой механизации.*

Высшей формой механизации работ является комплексная, т. е. замена ручного труда механизированным на всех операциях соответствующего технологического процесса.

Механизация работ, при которой монтажные технологические процессы выполняют комплексом механизмов, называется *комплексной механизацией.* При разработке схем комплексной механиза-

ции особое внимание обращают на выбор наиболее рациональных методов производства работ, способов механизации и эффективных механизмов.

При наличии нескольких различных комплексов механизмов их выбор определяется технико-экономическими показателями.

Таблица 17. **Наборы инструментов общего назначения для выполнения электромонтажных работ**

Инструмент	Число инструментов набора	
	ИН-3	ИН-15
Плоскогубцы комбинированные ПГИ-200 с изолирующими чехлами	1	1
Острогубцы (кусачки) 150 с изолирующими чехлами	1	1
Клещи универсальные КУ-1	—	1
Молоток слесарный с деревянной ручкой	1	1
Нож монтерский	1	—
Отвертка:		
В100 × 0,3	1	—
В150 × 0,5	1	1
В175 × 0,7	—	1
В200 × 1	1	1
Метр:		
стальной	1	1
деревянный	—	1
Шило монтерское	1	1
Ключ разводной 30	—	1
Отвес 0—200	1	1
Шпатель стальной	1	1
Гипсовка резиновая	1	—
Указатель напряжения И—192	1	—
Пробник	—	1
Очки защитные светлые	1	1
Шнур разметочный длиной 15 м	1	1

Таблица 18. **Изделия и инструменты**

Изделие, инструмент	Тип	Количество
Аппарат для сварки одножильных проводов	ВКЗ-1	1 шт.
Аппарат резонансный	РА-2М	1 шт.
Буры для мерзлого грунта	БМГ-400/80, БМГ-600/80	2 шт.
Вальцы для правки шин	ВПШ-140М	1 шт.
Выпрямитель высоковольтный кремниевый	ВВК-0,5/200	1 шт.
Генератор:		
импульсов	ГИ-ИДС-2	

Продолжение табл. 18

Изделие, инструмент	Тип	Количество
технической частоты	ГТЧ-Т50	3 шт.
звуковой частоты	ГЗЧ-Т2	
Горелки газовоздушные	ГПВМ-1	1 шт.
Домкраты кабельные	ДК-3	1 шт.
Зажим для затягивания кабелей в трубы	ЗК-1	1 шт.
Зубило монтажное	ЗМ	2 шт.
Измеритель петли заземления	ИПЗТ	1 компл.
Инструменты для опрессовки алюминиевых наконечников и гильз вдавливанием:		
однозубые	УНИ-1А, 1УСА	2 компл.
двузубые	УНИ-2А, 2УСА	2 компл.
Инструменты для опрессовки медных наконечников и гильз	УНИ-1М	1 компл.
Источник тиристорный переносной постоянного тока	ПТИ-1	1 шт.
Инструменты для скругления комбинированных секторных жил	КС120. 150.185	3 компл.
Искатель арматуры	ИА-25	1 шт.
Обогревательная камера	ОК-1	1 шт.
Клещи:		
для снятия изоляции	КСИ-1	2 шт.
для термитной сварки проводов	АТСП50-185	1 шт.
универсальные	КУ-1	1 шт.
гидравлические монтажные	ГКМ	1 шт.
Ключ:		
для завинчивания крышек фитингов	КФ	1 компл.
для установочных заземляющих гаек	КГЛ	1 компл.
Колонка ударная пиротехническая	УК-2М	1 шт.
Контейнеры стеллажные	КС	2 шт.
Коронки для сверления гнезд	КГС-78	1 шт.
Кран штабеллер опорный	КШО-0,25	1 шт.
Кувалда	К-10	1 шт.
Набор инвентаря	НИРМ	1 компл.
Набор инструментов:		
коммутатчика	ИН-4, НИК-4	2 компл.
линейщика	ИН-8МА	1 компл.
электромотажника	ИН-3, ИН-15	2 компл.
для опрессовки овальных соединителей	НИОС-2	1 компл.
для скругления секторных алюминиевых жил кабеля к прессу ПГР-20М1	НИСШО	1 компл.
Набор инструментов и приспособлений:		
для кабельных работ	НКИ-3	1 компл.

Изделие, инструмент	Тип	Количество
для термитной сварки	НТС-2	1 компл.
для стержневого оконцевания	НСО	1 компл.
для замерщика	НИЗ	1 компл.
Набор принадлежностей:		
для пропано-воздушной пайки	НСП-1	1 компл.
для пропано-воздушной сварки	НСП-2М	1 компл.
для прочистки трубных каналов	НПТК-1	1 компл.
Набор приспособлений для сварки гибкой ошиновки ОРУ	НГО	2 компл.
Нож:		
для надрезания алюминиевой оболочки кабеля	НКА-1М	2 шт.
монтерский	НМ-2	2 шт.
Ножницы секторные	НУСК-120, НБК-3	2 шт.
Оправка:		
для забивки дюбелей	ОД-6	2 шт.
с клином к пробойникам серии ПО	ОПКМ	2 шт.
пиротехническая	ОДП-4М	2 шт.
Отвертки слесарно-монтажные с пластмассовой ручкой, ГОСТ 17199-71	7810-0306 7810-0312 7810-0318 7803-3030	2 компл.
Пила ломик	ПЛ-1	1 шт.
Пила дисковая	ПД-500В	1 шт.
Пистолет для точечной сварки	ПТЛ-2	1 шт.
Платформы монтажные	ПМ-800, ПМ-600	2 шт.
Пресс-клещи	ПК-1м, ПК-2 м	2 шт.
Прессы:		
гидравлический ручной	ПГР-20М1	
гидравлический стационарный	ПС-25	
гидравлический с электроприводом	ПГПЭ-2	
пиротехнический	ППО-95	6 шт.
ручной	ПРК-8	
ручной механический	РМП-7	
Прибор для отыскания тождественных жил кабеля	ПЖ-30	1 шт.
Приспособление:		
для линейной раскатки кабеля	УРК	1 шт.
для ввертывания электропроводов заземления	ПВЭ, ПЗД-12	2 шт.

Продолжение табл. 18

Изделие, инструмент	Тип	Количество
для термитно-тигельной сварки стальных полос и стержней заземления	ПТТС	1 шт.
для испытания трубопроводов на герметичность	ПИТ-20	1 шт.
Пробойник:		
трубчатый	ПТ-28	1 шт.
ручной для пробивки отверстий под дюбеля	ПО-1, ПО-2	2 шт.
усовершенствованный	УП-71	1 шт.
Электрифицированный разогреватель кабельной массы	ЭРКМ-2	1 шт.
Райберы	Р-1, Р-2	2 шт.
Ролик кабельный:		
линейный	РРК-Л	1 компл.
угловой	РРК-У	1 компл.
Ролик монтажный	МР-250	1 компл.
Тепловоздуходувка	ТВ-3	1 шт.
Термоклещи	ТК-1	1 шт.
Трансформатор нагрузочный	ТН-10	1 шт.
Трубогиб ручной	ТРТ-24	1 шт.
Устройство:		
для питания электромагнитобура	УПЭБ	1 компл.
переговорное	ПУ-71	2 компл.
Хвостовики к райберам	ХФ, ХК	2 компл.
Универсальный шинотрубогиб	УШТМ-2	1 компл.
Электромагнитобур	СЦ-2	1 шт.
Ящик для мелких деталей и инструментов	ЯМД	2 шт
Ящик-сиденье для коммутатчика	ЯСК	1 шт.

Контрольные вопросы

1. Какие материалы широко применяют в электромонтажном производстве?
2. Что характеризует марка провода?
3. Чем отличается провод от кабеля?
4. Какие схемы электрических соединений наиболее часто применяют при электромонтажных работах?
5. Каково назначение электромонтажных изделий?
6. Какие инструменты и механизмы широко используют в электромонтажном производстве?
7. Что называется уровнем механизации электромонтажного производства?
8. Какой инструмент называют механизированным?

ГЛАВА 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

§ 11. ТЕХНОЛОГИЯ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕКТРОСВАРКОЙ

Процесс получения неразъемного соединения твердых металлов, осуществляемый при использовании междуатомных сил сцепления, называют *сваркой*. Она является одним из самых высокопроизводительных и экономичных видов механизации электромонтажных операций.

Междуатомное сцепление происходит при расплавлении металлов и последующем остывании (сварка плавлением), а также при сдавливании свариваемых элементов (сварка давлением).

Сварка плавлением имеет универсальное применение, а сварка давлением используется для соединения пластичных металлов — алюминия, меди и др.

При электромонтажных работах и изготовлении конструкций для крепления электрооборудования и прокладки сетей заземления, проводов и кабелей широко используется ручная электродуговая сварка.

В монтажной зоне *сварку* стали производят *вручную* на переменном токе штучными электродами марок УОНИ; МР-3; АНО-8; ОММ-5; ЦМ-5 и др.

Питание сварочной цепи осуществляют от передвижных сварочных трансформаторов, которые подключают к сети напряжением 380/220 В. В зависимости от типа трансформатора рабочее напряжение сварочной цепи равно 25—35 В, напряжение холостого хода —60—79 В, пределы регулировки сварочного тока — от 55—60 до 400—700 А.

При сварке на постоянном токе питание сварочной цепи осуществляется от вращающегося преобразователя.

Для работ в монтажной зоне часто применяют сварочный комплект «Малютка», состоящий из сварочного трансформатора СА65 м и выпрямителя ВП-1 на ток 350 А. Масса комплекта — 43 кг.

В электромонтажном производстве при изготовлении в МЭЗ тонколистовых конструкций (лист толщиной 2—3 мм) широкое распространение получила *полуавтоматическая электросварка* стали *в среде защитного углекислого газа* (рис. 2.1). По сравнению с ручной сваркой она обеспечивает высокую производительность, хорошее качество швов, небольшое количество шлака. В связи с этим нет необходимости в зачистке швов. Для сварки применяют электродную проволоку марки Св-08ГС или Св-08Г2С диаметром 1; 1,2 и 1,6 мм, поставляемую в мотках.

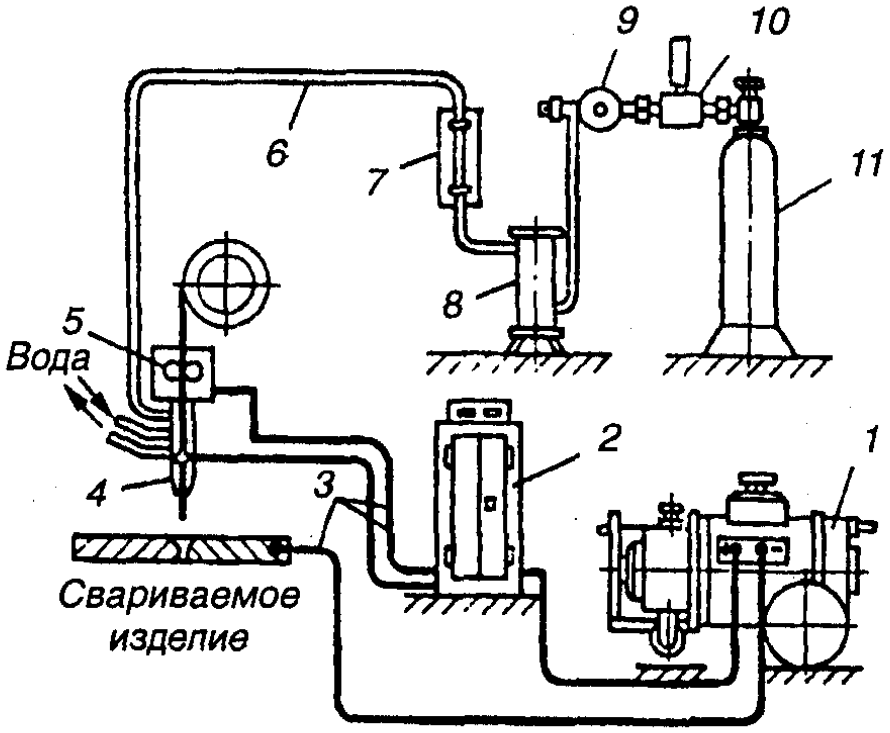


Рис. 2.1. Пост полуавтоматической сварки электродом (в среде защитного газа):

1 — источник тока; *2* — шкаф; *3* — кабель; *4* — горелка; *5* — механизм подачи электродной проволоки; *6* — шланг для газа; *7* — ротаметр; *8* — осушитель газа; *9* — газовый редуктор; *10* — подогреватель газа; *11* — баллон с защитным газом

Сварку алюминия в среде аргона производят алюминиевым плавящимся электродом, сварку меди — медным.

Сварку неплавящимся вольфрамовым электродом в среде аргона применяют для соединения алюминия и меди.

Флюс не применяют, так как электрическая дуга горит в среде нейтрального газа, который защищает место сварки от окисления атмосферным воздухом. Технологическая схема показана на рис. 2.1.

Сварка металлов в среде защитного газа обеспечивает высокую коррозионную стойкость сварных соединений. Полуавтоматическую аргонно-дуговую электросварку плавящимся электродом применяют, например, при изготовлении и монтаже поддерживающих конструкций из алюминиевых немагнитных сплавов для крепления токопроводов, рассчитанных на большие токи.

Этот способ контактных соединений в монтажной зоне выполняют монтажными ранцевыми полуавтоматами ПРМ. Сварку производят на постоянном токе от сварочных вращающихся или статических преобразователей. Кассета со сварочной проволокой и подающий механизм смонтированы в ранце, закрепляемом плечевыми ремнями (масса ранца с катушкой проволоки — 9 кг). Проволока подается к сварочному пистолету через резиновый шланг (масса пистолета — 0,6 кг). При нажатии кнопки на пистолете сначала открывается клапан подачи аргона, затем включается цепь сварочного тока и пускается механизм подачи проволоки.

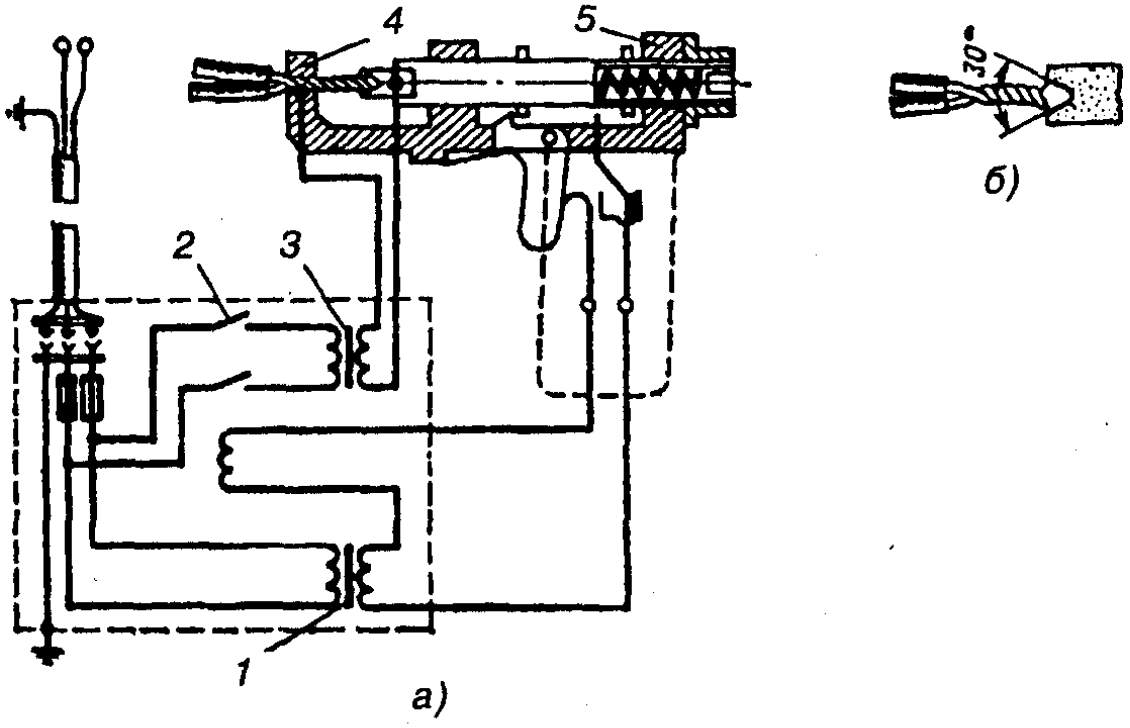


Рис. 2.2. Схема автоматической сварки контактным разогревом алюминиевых жил с применением аппарата ВКЗ:

а — аппарат; *б* — положение свариваемых жил в угольном электроде; *1* — трансформатор управления; *2* — реле включения; *3* — сварочный трансформатор; *4* — держатель свариваемых проводов; *5* — сварочный пистолет

Ручную аргонно-дуговую сварку неплавящимся вольфрамовым электродом осуществляют на переменном токе.

При оконцевании и соединении алюминиевых жил проводов и кабелей широко используют *электросварку контактным разогревом*. Электросварку соединений и ответвлений алюминиевых однопроволочных жил суммарным сечением в скрутке до 12,5 мм^2 выполняют аппаратом ВКЗ без флюса.

Клещами МБ-1 или КУ-1 с концов жил снимают изоляцию на длине 35—40 мм (пластмассовую изоляцию снимают клещами ТК-1), зачищают их до металлического блеска щеткой из кардоленты или наждачной бумагой и скручивают вместе. Далее аппарат ВКЗ готовят к сварке (рис. 2.2). Для этого угольный электрод отводят назад и скрученные жилы зажимают губками держателя так, чтобы их торцы упирались в лунку угольного электрода. После этого включают прибор, нажимая на спусковой крючок. Под действием пружины и по мере расплавления торцов жил угольный электрод продвигается вперед и сваривает их.

Сварка автоматически прекращается в момент оплавления соединяемых жил на заданную длину. Место соединения изолируют лентой или полиэтиленовым колпачком.

В монтажной зоне сварку алюминиевых однопроволочных жил контактным разогревом производят клещами с двумя угольными электродами, подключенными к полюсам обмотки трансформатора

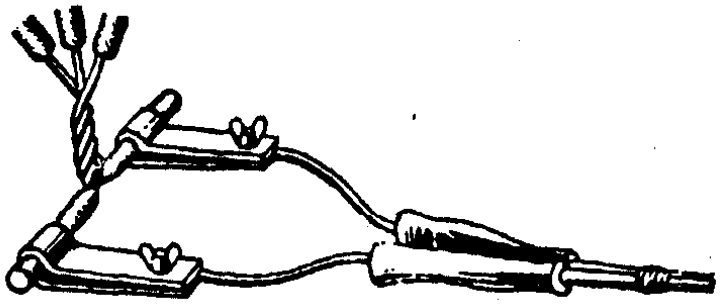


Рис. 2.3. Схема электросварки контактным разогревом алюминиевых жил в клещах с двумя угольными электродами

с вторичным напряжением 9—12 В (рис. 2.3). Мощность трансформатора 0,5 кВ · А. Изоляцию предварительно снимают с концов жил на длину 25—30 мм, скрученные жилы располагают вертикально торцами вниз, подводят электроды, сближая их до соприкосновения между собой и скруткой. Расплавленный алюминий на конце скрутки должен образовывать шарик. После остывания места сварных соединений стальной щеткой или наждачной бумагой очищают от шлака и остатков флюса и изолируют описанным выше способом.

Соединение и ответвление многопроволочных жил суммарным сечением 35—240 мм^2 осуществляют сплавлением их в монолитный стержень. Для сварки используют трансформатор мощностью до 2 кВ · А, с вторичным напряжением 8—9 В. К трансформатору подключают электродержатель с угольным электродом и охладитель; по сечению подбирают соответствующие цилиндрические формы; из алюминиевого прутка сечением 2,5 ÷ 4 мм^2 заготовляют присадочный пруток. Поверхности соединения тщательно очищают наждачной бумагой и обезжиривают их тряпкой, смоченной в бензине.

Присадочные прутки перед сваркой покрывают слоем флюса. С концов жил снимают изоляцию на длине: 60 мм — при суммарном сечении жил до 50 мм^2 ; 65 мм — при 75 мм^2; 72 мм — при 150 мм^2; 75 мм — при 240 мм^2.

Если к сварке подготовляют жилы кабеля с бумажной пропитанной изоляцией, на изоляцию у ее обреза накладывают нитяной бандаж, затем плоскогубцами ослабляют повив проволок жилы и с их поверхности удаляют маслоканифольный состав тканью, смоченной в бензине. Обработанные жилы располагают вертикально торцами вверх. На жилы надевают разъемную цилиндрическую форму, которую подбирают по суммарному сечению соединяемых жил, но для ближайшего большего сечения. На жилах делают подмотку асбестовым шнуром толщиной 1—1,5 мм так, чтобы сплавляемый конец жил выступал из асбестового бандажа и торец его был вровень с верхним краем формы. Обе половинки формы скрепляют проволочным бандажом или хомутом из тонкой жести. На жилу ставят охладитель между формой и обрезом изоляции.

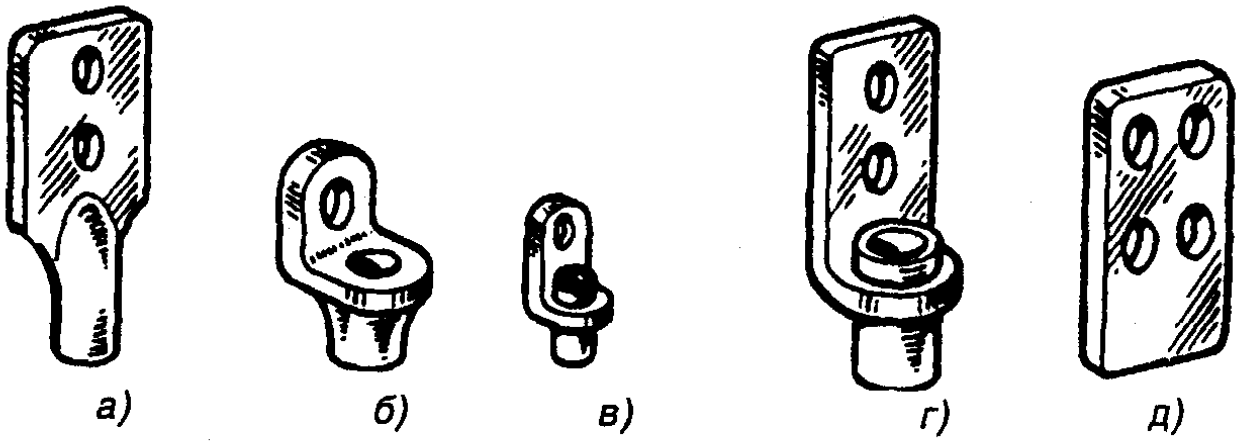


Рис. 2.4. Типы наконечников из алюминиевого сплава:
а — ЛС; *б* — А; *в, г* — Л; *д* — пластина из сплава АД31Т1

Торцы жил обмазывают тонким слоем флюса. После этого производят сварку.

При электродуговой сварке в среде защитного газа (аргон) полуавтоматом ПРМ (подача сварочной проволоки автоматизирована, а сварочный пистолет перемещается вручную) используют источник постоянного тока. Обратный сварочный провод (минус) от источника питания присоединяют к контактной лапке охладителя. Режим сварки (напряжение источника питания, время сварки, скорость подачи проволоки) выбирают в зависимости от сечения свариваемых жил.

При сварке кабельный наконечник А (для жил сечением 16—240 мм^2) надевают на жилу и закрепляют его в вертикальном положении. Горелку полуавтомата закрепляют так, чтобы сопло находилось над жилой кабеля. Сварку выполняют нажатием пусковой кнопки на рукоятке горелки. При правильно выбранном режиме зачистка оконцевания после сварки не требуется.

Наконечник А к алюминиевой жиле приваривают также неплавящимся (вольфрамовым) электродом в режиме ручной сварки. Сварочный ток подводят к электрододержателю.

При оконцевании алюминиевых жил сечением 300—1500 мм^2 наконечниками ЛА (рис. 2.4) применяют полуавтоматическую аргонно-дуговую сварку или ручную дуговую сварку неплавящимся угольным электродом. Для образования сварочной ванны используют угольную формующую втулку, которую надевают после установки наконечника на конец жилы.

При всех видах сварки применяют охладители (для предохранения изоляции жил от перегрева), асбестовые экраны (для защиты изоляции от непосредственного действия пламени), флюсы (для удаления пленки оксида алюминия с поверхности свариваемых жил и предохранения алюминия от окисления в процессе сварки). Для сварки используют присадочный металл (сварочную проволоку СвАК5 или СвА5С) или проволоки из повивов жил.

§ 12. ТЕХНОЛОГИЯ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТЕРМИТНОЙ И ПРОПАНО-КИСЛОРОДНОЙ СВАРКОЙ

При *термитной сварке* используют патроны различных конструкций. Соединения алюминиевых жил сечением 16—800 мм^2 встык и приварку наконечников ЛС на жилах сечением 300— 800 мм^2 производят термитными патронами ПА (рис. 2.5).

Термитные патроны подбирают в зависимости от сечения свариваемых жил, перед сваркой снимают на необходимую длину изоляцию с жил. Жилы зачищают, обезжиривают и покрывают тонким слоем флюса ВАМИ (хлористый калий — 50%, хлористый натрий — 30%, криолит — 20% по массе). На концы жил насаживают алюминиевые колпачки или секторные втулки (предохраняют поверхность жил от непосредственного соприкосновения с кокилем патрона). Затем мелом покрывают внутреннюю поверхность кокиля, устанавливают охладители и экраны, выполняют уплотнения асбестовым шнуром. Для поджигания термитных патронов используют специальные спички.

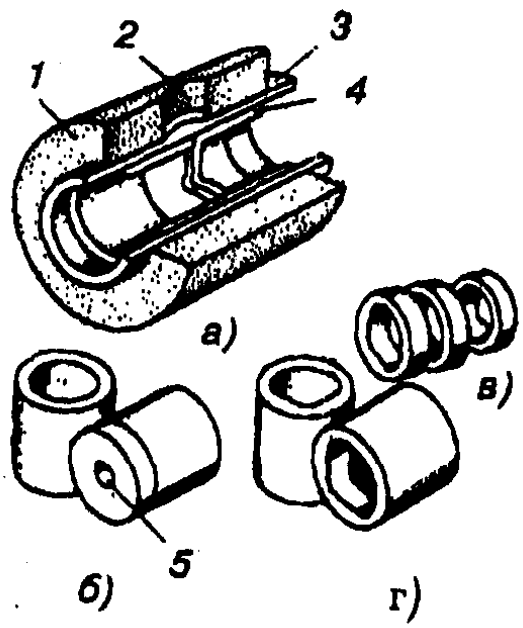


Рис. 2.5. Патрон ПА для термитной сварки:

а — патрон; *б* — алюминиевые колпачки к патрону; *в* — алюминиевые шайбы *г* — втулки; *1* — термитный муфель; *2* — лютниковое отверстие; *3* — стальной кокиль; *4* — втулка; *5* — отверстие в донышке втулки для контроля глубины вхождения в него жил

По мере горения муфеля в кокиль сплавляют присадочный пруток, а образовавшуюся сварочную массу тщательно перемешивают. После кристаллизации расплавленного металла удаляют литниковую прибыль и закругляют кромки монолитной цилиндрической части сварного соединения. Место соединения зачищают стальной щеткой, протирают салфеткой, смоченной в бензине или ацетоне, до полного удаления шлаков и опилок.

Технологические операции, выполняемые при термитной сварке, показаны на рис. 2.6.

Газовую сварку проводят в пропано-, ацетилено- или бензино-кислородном пламени. Подготовку жил, сварку и обработку мест соединений выполняют во многом так же, как и при электросварке. При ацетилено-кислородной сварке выбирают наконечник для горелки, а при бензино-кислородной — мундштук. При пропано-кислородной сварке применяют то же оборудование и приспособления, что и при ацетилено-кислородной сварке. Для пропан-бутана используют специальные баллоны.

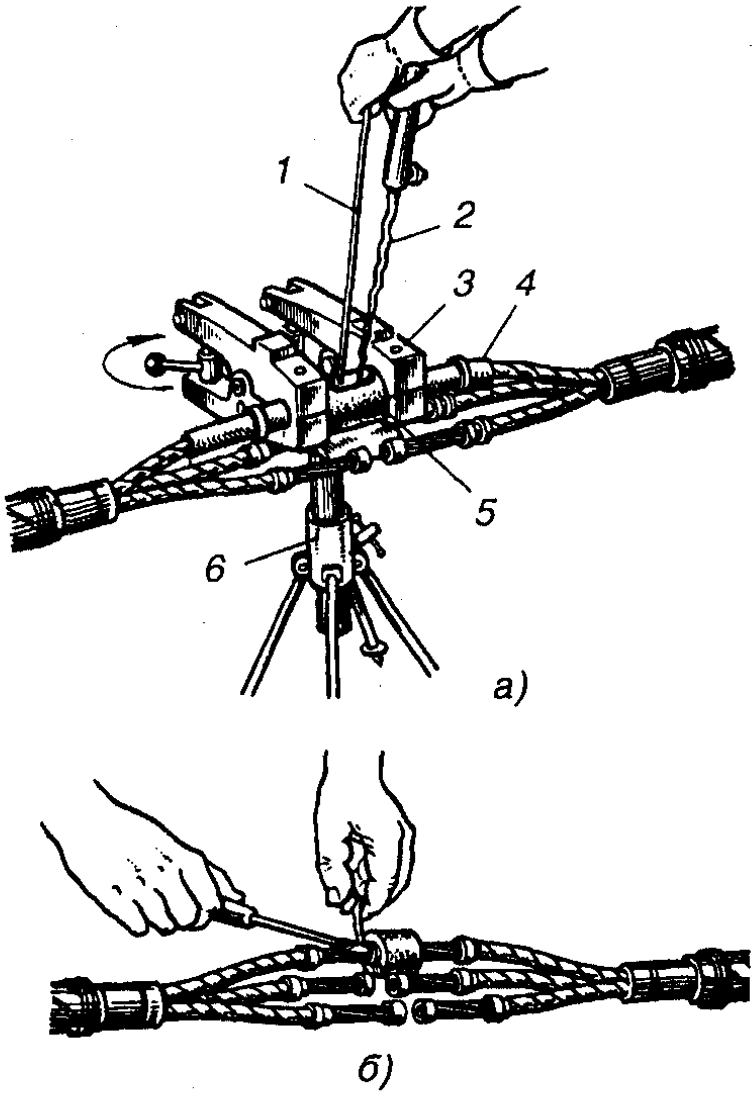


Рис. 2.6. Термитная сварка жил:

а — ввод присадочного прутка и перемешивание расплава; *б* — уплотнение кокилей шнуровым асбестом; *1* — мешалка; *2* — присадочный пруток; *3* — охладитель; *4* — экран для тепловой защиты жил; *5* — термитный патрон; *6* — штатив

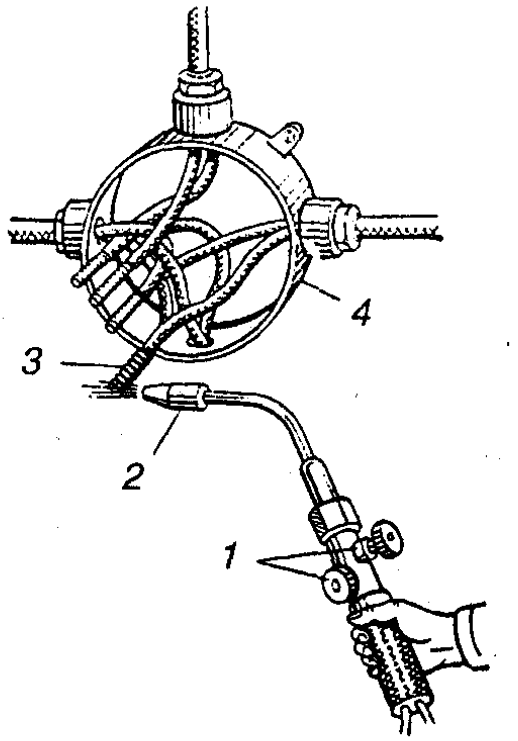


Рис. 2.7. Пропано-кислородная сварка алюминиевых жил суммарным сечением до 35 мм^2:

1 — вентили на горелке; *2* — горелка; *3* — скрутка проводов; *4* — ответвительная коробка

В последние годы широко используют для соединения алюминиевых жил пропано-кислородную сварку. Соединение однопроволочных жил суммарным сечением до 35 мм^2 в скрутке пропано-кислородной сваркой показано на рис. 2.7. Технологическая последовательность выполнения операций такова: сначала ножом или инструментом с концов свариваемых жил снимают изоляцию на длине 30—40 мм, концы жил зачищают стальной щеткой и скручивают их вместе. Концы скрутки покрывают тонким слоем флюса ВАМИ, предварительно разведя его в воде до пастообразного состояния. Далее открывают вентили на баллоне с пропаном, затем на баллоне с кислородом и регулируют рабочее давление кислорода до 0,15 МПа (1,5 кгс/см^2). На горелке открывают вентиль пропана (на вентиле надпись «ацетилен») и зажигают горелку.

После этого на горелке открывают вентиль кислорода и регули-

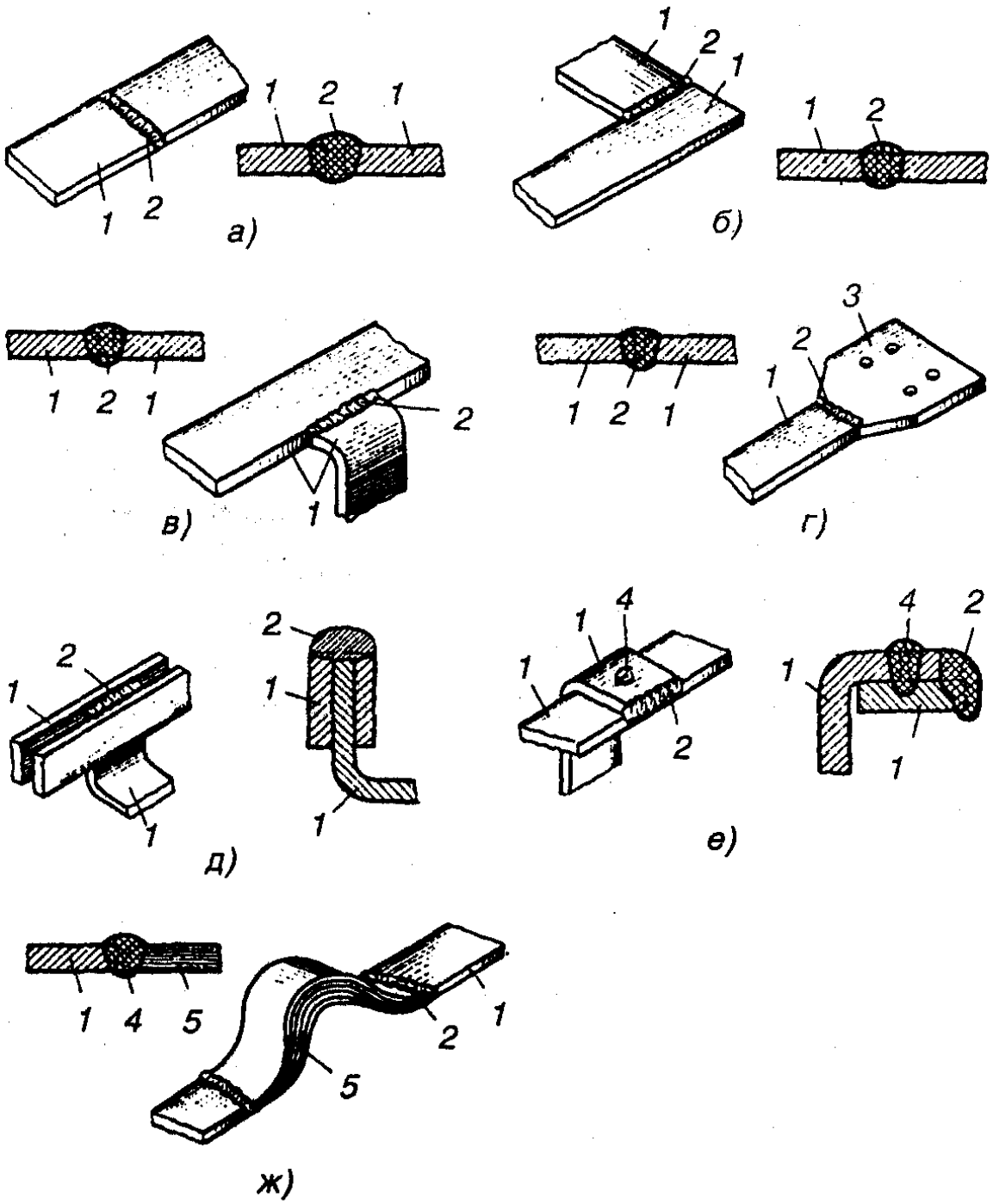


Рис. 2.8. Варианты сварных соединений прямоугольных шин и ответвлений:

а — соединение встык; *б* — то же, под углом; *в* — ответвление; *г* — присоединение к аппарату; *д, е* — ответвление от шин, расположенных плашмя; *ж* — температурный компенсатор; *1* — шина; *2* — шов; *3* — косынка; *4* — заклепка; *5* — пакет гибких лент

руют пропано-кислородное пламя до нормального. К концу скрутки подводят ядро пламени и нагревают его до расплавления. Появление на конце скрутки капли жидкого металла в виде шарика свидетельствует об окончании сварки. Закрывая вентиля пропана и кислорода гасят горелку. Остатки флюса с места сварки удаляют стальной щеткой, соединение протирают чистой ветошью и изолируют скрутки изолирующими колпачками или изоляционной лентой.

Виды сварных соединений и ответвлений для прямоугольных шин показаны на рис. 2.8 (*а — ж*).

Оконцевание, соединение и ответвление медных жил проводов и кабелей электросваркой, термитной или газовой сваркой не выполняют.

§ 13. СОЕДИНЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ ПРОВОДНИКОВ

Стальные проводники сетей заземления сваривают в основном электродуговой сваркой. Термитно-тигельную сварку применяют в полевых условиях, используя обычный алюминиевый термит в виде

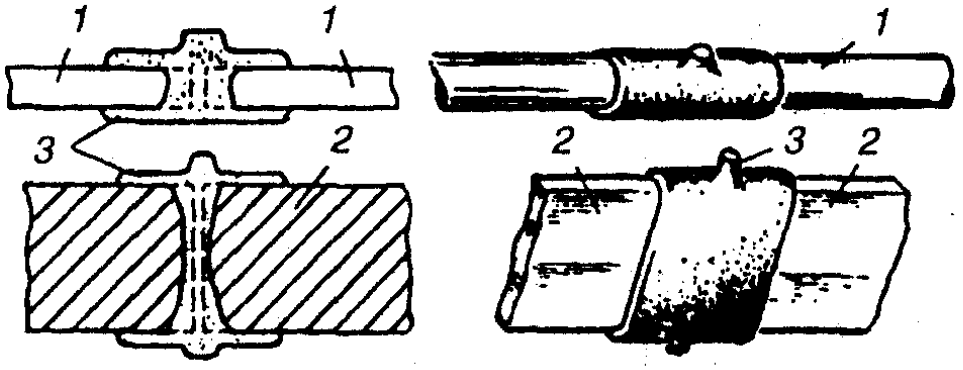


Рис. 2.9. Примеры соединения заземляющих проводников термитно-тигельной сваркой:

1 — стержень; *2* — полоса; *3* — наплавленный металл

порошкообразной смеси стальной окалины (79% по массе) и алюминиевого порошка (21% по массе). Размер частиц в смеси должен быть 0,1—1,5 мм. Для сварки используют корковые песчано-смоляные или оболочковые формы, которые изготовляют из кварцевого песка и пулвербакелита. Формы запекают на специальной установке. Для сварки полос и стержней заземления применяют девять типоразмеров форм. Термитную порошковую смесь перед сваркой засыпают в форму, установленную на место соединения, и проверяют ее заполнение. Далее специальной спичкой воспламеняют термит. Некоторые виды готовых стальных соединений показаны на рис. 2.9.

§ 14. ТЕХНОЛОГИЯ СОЕДИНЕНИЯ ПЛАСТМАССОВЫХ ОБОЛОЧЕК КАБЕЛЕЙ

Пластмассовые оболочки кабелей при монтаже сваривают с пластмассовой соединительной трубой (муфтой) с помощью присадочного пластмассового прутка в струе горячего воздуха, который подают специальной пропано-воздушной горелкой (рис. 2.10). Разогревать пластмассу непосредственно пламенем горелки нельзя, так как высокая температура приводит к разложению пластмассы.

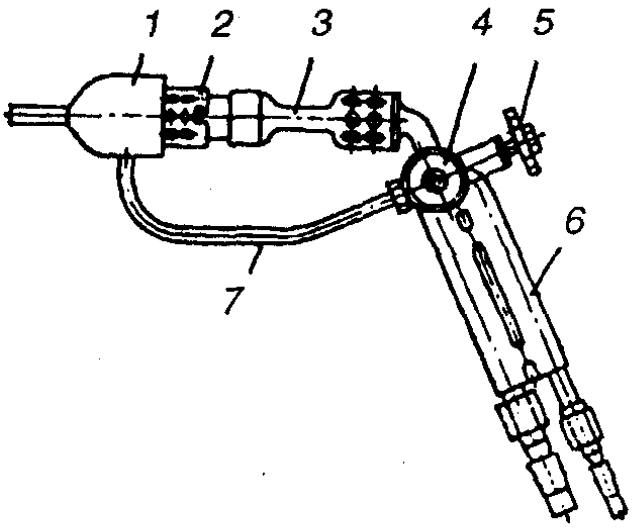


Рис. 2.10. Пропано-воздушная горелка для сварки пластмассовых оболочек:

1 — кожух горелки; *2* — нагревательная головка; *3* — диффузор; *4* — вентиль для воздуха; *5* — вентиль для пропан-бутана; *6* — рукоятка; *7* — соединительная труба

Допускается нагрев воздуха для полистирола до 120—160°С, полиэтилена — до 140—180°С, поливинилхлорида — до 160—200°С, винипласта — до 220—240°С. Температуру воздуха регулируют вентилями горелки. В процессе сварки присадочный пруток, изготовленный из отходов оболочки кабеля, и свариваемый участок кабеля нагревают одновременно. После размягчения свариваемых поверхностей необходимо слегка прижать к ним присадочной пруток. Свариваемую поверхность сварщик формирует резиновой пластиной размером 80 × 80 × 5 мм. Шов после сварки должен остыть без принудительного охлаждения. Поры и неровности, обнаруженные после охлаждения, заваривают с применением присадочного прутка.

§ 15. ТЕХНОЛОГИЯ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ОПРЕССОВАНИЕМ

Оконцевание и соединение жил алюминиевых и медных изолированных проводов и кабелей методом *опрессования* выполняют ручными клещами, механическим, пиротехническим или гидравлическим прессом с помощью сменных пуансонов и матриц. Пуансоны и матрицы подбирают по диаметру трубчатой части наконечника или соединительной гильзы. Существующие способы опрессования показаны на рис. 2.11.

Максимальную контактную поверхность между проволоками жил и внутренней поверхностью наконечников получают при твердости жилы, превышающей твердость наконечников, что имеет место при опрессовке наконечников, изготовленных из трубки, на многопроволочных секторных жилах типа С кабеля. Оптимальный способ опрессовки в этом случае — комбинированное обжатие. Если твердость жил равна твердости наконечников (при опрессовке

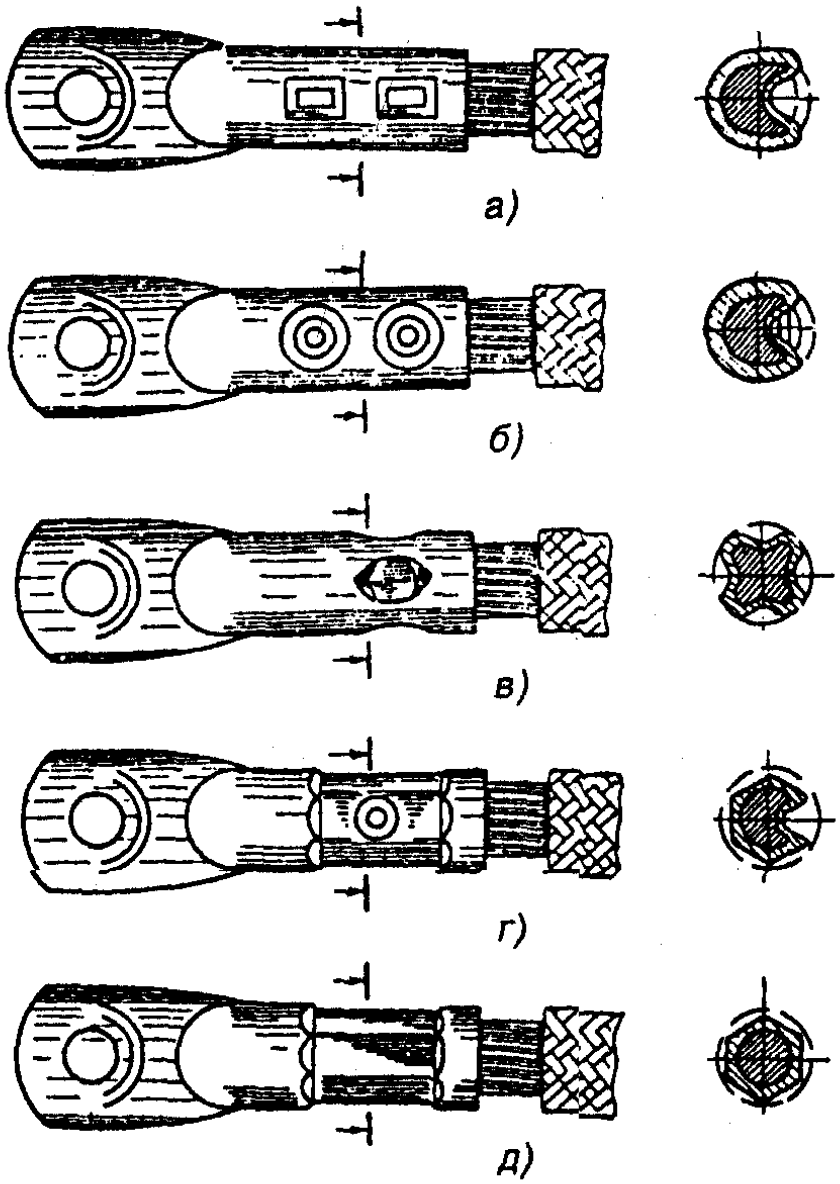


Рис. 2.11. Общий вид контактных соединений, выполненных различными способами опрессовки:

а — местным вдавливанием инструментом УНИ-2А; *б* — местным вдавливанием инструментом УСА; *в* — многоместным вдавливанием; *г* — комбинированным обжатием; *д* — сплошным шестигранным обжатием

наконечников, изготовленных из прутка, на жилах типа С или наконечников, изготовленных из трубки, на жилах типа Н), то оптимальные результаты получают при местном вдавливании. При твердости жил, меньшей твердости наконечников (при опрессовке наконечников, изготовленных из прутка, на жилах типа Н), оптимальным является местное вдавливание.

Чем выше коэффициент заполнения, тем меньше начальное электрическое сопротивление соединения.

С уменьшением толщины стенки наконечников увеличивается начальное сопротивление (это объясняется повышенным нагревом их за счет уменьшения сечения); уменьшение толщины стенки наконечников недопустимо еще и потому, что при местном вдавливании образуются прорывы стенки, а при сплошном обжатии

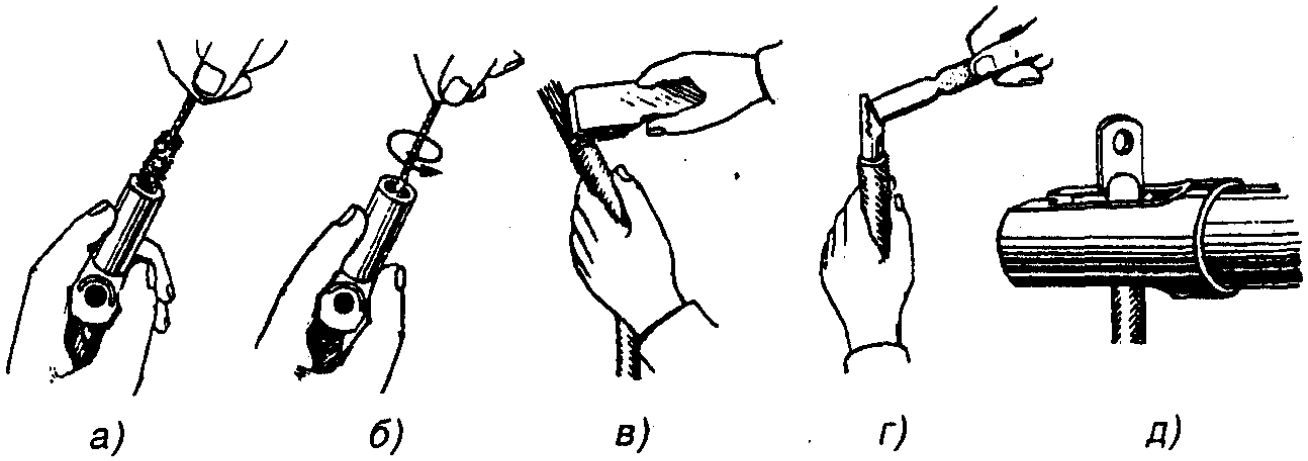


Рис. 2.12. Технология оконцевания алюминиевых жил опрессованием:

а — зачистка наконечника; *б* — смазка внутри наконечника кварцевовазелиновой пастой; *в* — зачистка жил; *г* — смазка жил кварцевовазелиновой пастой; *д* — опрессование

из-за снижения их жесткости наблюдается резкое увеличение сопротивления.

При местном вдавливании следят за тем, чтобы лунки были расположены соосно опрессовываемой жиле и друг другу. При оконцевании лунки делают на лицевой стороне наконечника. Для контроля качества глубину вдавливания (лунки) при местном вдавливании или степень сплошного обжатия проверяют выборочно не менее, чем у 1% наконечников и гильз.

При применении гидропресса с автоматическим контролем глубины вдавливания или обжатия выборочный контроль качества опрессования не проводят.

Рассмотрим технологическую последовательность операций опрессования. Однопроволочные алюминиевые жилы 2,5—10 мм^2 опрессовывают в гильзах ГАО. Гильзу выбирают в соответствии с количеством и сечением соединяемых жил, инструмент, механизмы, пуансоны и матрицы — по инструкции или справочнику. Концы жил зачищают на длине 20,25 и 30 мм для гильз ГАО-4, ГАО-5, ГАО-6 и ГАО-8, внутреннюю поверхность гильз зачищают до металлического блеска и смазывают их кварцевовазелиновой пастой. Зачистку и смазку гильз выполняют в случае, если это не было выполнено на заводе-изготовителе. Затем жилы вставляют в гильзу. При суммарном сечении соединяемых жил меньше диаметра внутреннего отверстия гильзы вводят дополнительные проволоки жил для уплотнения места соединения. Опрессование производят до соприкосновения пуансона с матрицей. После опрессования остаточная толщина материала в гильзах ГАО-4 должна быть 3,5 мм; ГАО-5 и ГАО-6—4,5 мм; ГАО-8—6,5 мм. Перед изолированием выполненное контактное соединение протирают ветошью, смоченной в бензине. Место опрессования изолируют изоляционной лентой. Опрессование оконцеваний одно- и многопроволочных жил

сечением 16—240 мм^2 производят в алюминиевых и медно-алюминиевых наконечниках (ГОСТ 9581—80^x) и штифтовых наконечниках (ГОСТ 23598—79^x).

Для опрессования соединений используют алюминиевые гильзы (ГОСТ 23469 2—79^x). Последовательность операций опрессования показана на рис. 2.12.

Таблица 19. **Механизм и инструмент опрессования жил**

Механизм, инструмент	Тип	Область применения
Пресс-клещи	ПК-2	Соединение и ответвление алюминиевых жил площадью сечения 2,5—10 мм^2 в гильзах ГАО
		Соединение и оконцевание медных жил площадью сечения до 10 мм^2 в гильзах и наконечниках
Пресс-клещи	ПК-2М	Соединение и ответвление алюминиевых жил в гильзах ГАО-4 и ГАО-5
	ПК-3 ПК-4	Соединение и оконцевание медных жил площадью сечения 1,5—2,5 мм^2 в кабельных кольцевых наконечниках П
Пресс-клещи	ПК-1	Соединение и оконцевание жил площадью сечения 16—50 мм^2
Пресс-клещи	ПК-1м	Соединение, оконцевание и ответвление алюминиевых жил площадью сечения 16—35 мм^2 в гильзах ГАО-5—ГАО-8, ГА и наконечниках ТА и ТАМ
Гидравлические и монтажные клещи	ГКМ	Соединение, ответвление и оконцевание алюминиевых жил площадью сечения до 15 мм^2 в гильзах ГАО и ГА и наконечниках ТА и ТАМ
		Соединение и оконцевание медных жил площадью сечения до 10 мм^2 в гильзах ГМ и наконечниках Т, обжатие в кольцевых наконечниках П
Ручной механический пресс	РМП-7	Соединение и оконцевание алюминиевых жил при опрессовании вдавливанием: двузубым для площади сечения 16—120 мм^2 и однозубым для площади сечения 16—240 мм^2
		Соединение и оконцевание медных жил площадью сечения 16—240 мм^2 при опрессовании однозубым вдавливанием
Механический пресс	ПМ-7	Соединение и оконцевание алюминиевых и медных жил площадью сечения 16—240 мм^2
Гидравлический пресс	РПГ-7М	Соединение и оконцевание алюминиевых жил при опрессовании вдавливанием: двузубым для площади сечения 16—120 мм^2 и однозубым для площади сечения 16—240 мм^2
		Соединение и оконцевание медных жил площадью сечения 16—120 мм^2 при опрессовании однозубым вдавливанием
Гидравлический пресс	МИ-2	Соединение и оконцевание алюминиевых жил площадью сечения до 300 мм^2, медных — до 240 мм^2

Механизм, инструмент	Тип	Область применения
Гидравлический пресс с электроприводом	ПГЭЛ	Соединение и оконцевание алюминиевых и медных жил площадью сечения 16—240 мм^2
		Опрессование овальных соединений на медных и алюминиевых проводах площадью сечения 16—185 мм^2 и сталеалюминиевых проводах воздушных линий электропередачи площадью сечения 35—185 мм^2
Пресс гидравлический	ПГР-20	Соединение и оконцевание алюминиевых жил изолированных проводов и кабелей площадью сечения 16—240 мм^2 способом комбинированного обжатия

Механизм и инструмент для опрессования выбирают по табл. 18 и 19. При оконцевании подготовленную жилу вводят в наконечник до упора, а при соединении — так, чтобы торцы соединяемых жил соприкасались в середине гильзы. При опрессовании однозубым пуансоном на наконечнике делают два вдавливания, а на гильзе — четыре. Если для опрессования используют двузубый пуансон, то на наконечнике делают одно вдавливание, а на гильзе — два. После опрессования контролируют остаточную толщину материала. Она должна быть: при сечении жил 16—35 мм^2—5,5 мм; при сечении 50 мм^2—7,5 мм; при сечении 70 и 95 мм^2—9,5 мм; при сечении 240 мм^2 —14 мм.

Оконцевание однопроволочных жил сечением 25—240 мм^2 часто производят штамповкой наконечника на жиле.

Опрессование многопроволочных медных жил сечением 1—2,5 мм^2 выполняют пресс-клещами ПК-3 или ПК-4 в кольцевых медных наконечниках, обжимаемых специальными пуансонами и матрицами (рис. 2.13).

Оконцевание медных однопроволочных и многопроволочных проводов и кабелей сечением 4—240 мм^2 выполняют в медных наконечниках, а соединения жил 16—240 мм^2 — в гильзах. Опрес-

а) *б)*

Рис. 2.13. Опрессование многопроволочной медной жилы в кольцевом медном наконечнике:

а — кольцевой наконечник; *б* — конец жилы после опрессования кольцевым наконечником

сование медных наконечников и гильз выполняют пуансоном и матрицей с одним зубом, на наконечнике делают одно вдавливание, на гильзе — два, по одному на каждый конец соединяемых жил. Последовательность операций опрессования та же, что алюминиевых жил, но смазку кварцевовазелиновой пастой не производят.

§ 16. ТЕХНОЛОГИЯ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПАЙКОЙ

В случаях отсутствия возможности применения сварки и опрессования для соединения и оконцевания жил проводов и кабелей применяют *пайку*. Для пайки алюминиевых жил используют припой и флюсы (табл. 20, 21) и паяльник (для однопроволочных жил 2,5—10 мм^2) или пропано-кислородную горелку (для больших сечений). Пайку соединений и ответвлений однопроволочных алюминиевых жил сечений 2,5—10 мм^2 выполняют двойной скруткой с желобком (рис. 2.14). С жил снимают изоляцию, зачищают до металлического блеска, нагревают пламенем пропан-кислородной горелки до начала плавления припоя. Потирая желобок палочкой припоя А, введенной в пламя, лудят жилы и заполняют желобок припоем, сначала с одной, а затем с другой стороны. После остывания место соединения изолируют.

Соединение и ответвление одно-и многопроволочных медных жил до 10 мм^2 выполняют пропаянной скруткой без желобка. С жилы удаляют изоляцию на длину до 35 мм, зачищают ее наждачной бумагой, пропаивают паяльником в ванночке с расплавленным припоем ПОССу 40-0,5. После остывания место пайки изолируют. Соединение и ответвление медных одно- и многопроволочных жил 4—240 мм^2 выполняют в гильзах пайкой способом полива: ответвления — в гильзах ГПО, соединения — в гильзах ГМ. После подготовки жил полив припоя производят в течение 1,5 мин. (рис. 2.15). В течение этого времени гильза должна быть полностью *облужена*.

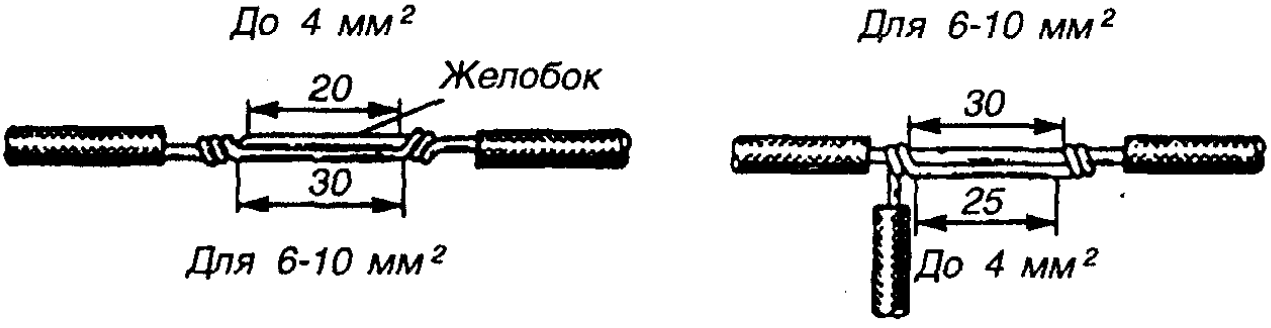


Рис. 2.14. Соединение и ответвление алюминиевых проводов пайкой способом двойной скрутки с желобком

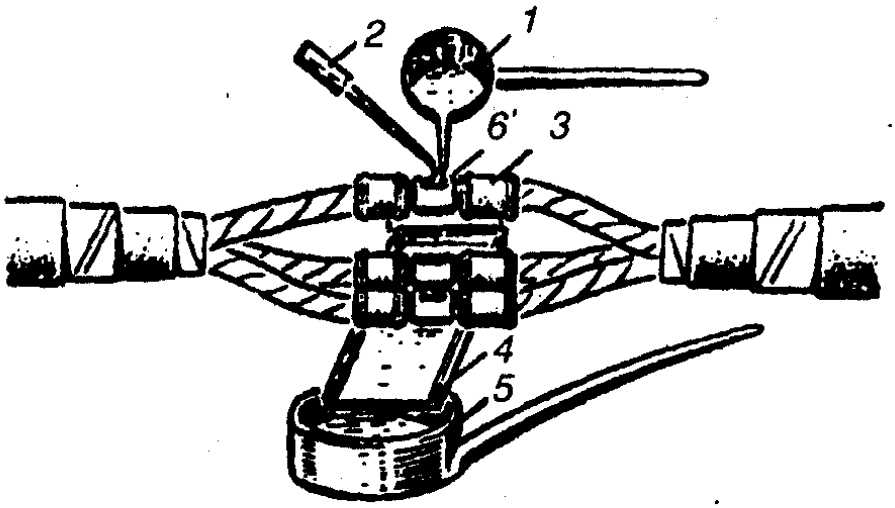


Рис. 2.15. Соединение жил способом полива расплавленным припоем:

1 — паяльная ложка; *2* — крючок; *3* — подмотка асбестом; *4* — лоток; *5* — тигель; *6* — форма

Таблица 20. **Припои для пайки алюминия и его сплавов**

Марка	Температура плавления, °С	Температура пайки, °С	Область применения
П25ОА	250	300	Лужение и пайка концов алюминиевых проводов
П3ООА	310	360	Пайка соединений, сращивание алюминиевых проводов круглой и прямоугольной площадей сечения при намотке обмоток трансформаторов
П3ООБ	410	750	Пайка заливкой алюминиевых проводов
31А	525	650	Пайка изделий из алюминия и его сплавов

Таблица 21. **Флюсы для пайки мягкими припоями**

Марка флюса	Область применения	Химический состав, %
КЭ	Пайка токопроводящих частей из меди, латуни и бронзы	Канифоль — 30, спирт этиловый — 70
ВТС	Пайка проводниковых изделий из меди, латуни, алюминия, бронзы, константана, манганина, серебра	Вазелин — 63, триэтаноламин — 6,5, кислота салициловая — 6,3, спирт этиловый — 24,2
ФВ-3	Пайка изделий из алюминия и его сплавов цинковыми и алюминиевыми припоями	Фтористый натрий — 8, хлористый литий — 36, хлористый цинк — 16, хлористый калий — 40
Водный раствор хлористого цинка	Пайка изделий из стали, меди, латуни, бронзы	Хлористый цинк — 40, вода — 60
ФТКА	Пайка алюминиевых проводов с медными	Фтороборат кадмия — 10, фтороборат аммония — 8, триэтаноламин — 82

Соединение и ответвление алюминиевых жил сечением 16—240 мм^2 с медными жилами выполняют так же, как соединение пайкой двух алюминиевых жил. При этом алюминиевую жилу разделывают ступенчато или со скосом под углом 55° к горизонтали. Концы алюминиевых жил сначала лудят припоем А, а затем припоем ПОССу, а концы медных жил и медные соединительные гильзы — припоем ПОССу. При ступенчатой разделке конца алюминиевой жилы пайку соединения производят непосредственным сплавлением припоя А в форму или способом полива припоем, при разделке алюминиевой жилы со скосом 55° — только способом полива припоем.

Таблица 22. **Припои оловянно-свинцовые**

Марка	Температура плавления, °С	Температура пайки, °С	Область применения
ПОС-40	238	290	Пайка и лужение токопроводящих частей из меди, латуни, бронзы
ПОСК-5018	145	185	Пайка деталей из меди и ее сплавов
ПОС-61	190	240	Лужение, пайка меди и ее сплавов токопроводящих частей машин и аппаратов
ПОС-61М	192	240	То же
ПОССу95-5	240	290	Пайка коллекторов, якорных секций, бандажей, токопроводящих соединений электрических машин и деталей электрооборудования
ПОССу40-05	235	285	Пайка бандажей коллекторов и секций электрических машин, приборов
ПОССу30-05	255	305	Пайка меди и ее сплавов, проводов, кабелей, бандажей и деталей аппаратов

Оконцевание алюминиевых жил медными наконечниками выполняют так же, как и оконцевание алюминиевыми наконечниками. Медный наконечник предварительно лудят припоем ПОССу (табл. 22). Оконцевание производят также с подготовкой конца алюминиевой жилы со скосом под углом 55°. В этом случае конец подготовленной алюминиевой жилы вводят в гильзу наконечника скосом в сторону его контактной части так, чтобы жила была утоплена в гильзе наконечника на 2 мм. Зазоры уплотняют непосредственным сплавлением припоя на скошенную поверхность жилы. Оксидную пленку с торца жилы удаляют скребком под слоем припоя.

Соединение и ответвление алюминиевых жил в медных луженых гильзах выполняют припоем ПОССу 40. При этом концы провода предварительно лудят припоем марки А.

Контрольные вопросы

1. Какие виды сварок часто применяют при монтаже?
2. Как осуществляют сварку стали в среде защитного углекислого газа?
3. В каких случаях применяют сварку давлением?
4. Как осуществляют сварку проводов суммарным сечением до 12,5 мм^2?
5. Какова технология термитной сварки?
6. Как производят сварку жил в пропано-кислородном пламени?
7. Как производят сварку пластмассовых оболочек кабелей?
8. Как осуществляют оконцевание и соединение жил медных и алюминиевых проводов методом опрессования?
9. В каких случаях для соединения и оконцевания жил проводов и кабелей применяют пайку?
10. Какие припои используют при пайке алюминия и меди?

ГЛАВА 3. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА УСТРОЙСТВ ЗАЗЕМЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ

§ 17. ЗАЗЕМЛЕНИЕ И ЗАЩИТНЫЕ МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Замыканием на землю называют случайное электрическое соединение находящихся под напряжением частей электроустановки с конструктивными частями, не изолированными от земли или с землей непосредственно.

Замыкание, возникшее в машинах, аппаратах, линиях, на заземленные конструктивные части электроустановки, называют *замыканием на корпус.*

Заземляющее устройство — это совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Заземлитель — представляет собой металлический проводник или группу проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей.

Заземляющими проводниками являются металлические проводники, соединяющие заземляемые части электроустановки с заземлителем.

Заземлением какой-либо части электроустановки называют преднамеренное электрическое соединение ее с заземляющим устройством.

Напряжением относительно земли при замыкании на корпус называют напряжение между этим корпусом и точками земли, находящимися вне зоны токов в земле, но не ближе 20 м.

Сопротивление заземляющего устройства — это сумма сопротивлений, слагающаяся из сопротивления заземлителя относительно земли и сопротивления заземляющих проводников.

Сопротивление заземлителя — отношение напряжения на заземлителе относительно земли к току, проходящему через заземлитель в землю.

Током замыкания на землю считается ток, проходящий через землю в месте замыкания.

Электроустановками с большими токами замыкания на землю называют электроустановки напряжением выше 1кВ, в которых однофазный ток замыкания на землю более 500 А.

Электроустановками с малыми токами замыкания на землю считают электроустановки напряжением выше 1кВ, в которых однофазный ток замыкания на землю равен или менее 500 А.

Глухозаземленной нейтралью называют нейтраль трансформатора или генератора, присоединенную к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление (трансформаторы тока и др.).

Изолированной нейтралью называют нейтраль, не присоединенную к заземляющему устройству или присоединенную через аппараты, компенсирующие емкостный ток в сети, трансформаторы напряжения и другие аппараты, имеющие большое сопротивление.

Нулевой провод — это провод сети, соединенный с глухозаземленной нейтралью трансформатора или генератора, или — средний заземленный провод в сети постоянного тока, служащий обратным проводом при неравномерной нагрузке фаз или полюсов.

В электроустановках напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью источника питания основной мерой защиты от поражения электрическим током в случае прикосновения к металлическим корпусам электрооборудования и металлическим конструкциям, оказавшимся под напряжением вследствие повреждения изоляции сети или электроприемников, является *зануление*.

Зануление — преднамеренное электрическое соединение металлических частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, с глухозаземленной нейтралью источника питания посредством нулевых защитных проводников.

Надежное электрическое соединение металлических элементов электроустановки с глухозаземленной нейтралью источника питания превращает всякое замыкание токоведущих частей на эти элементы в *однофазное короткое замыкание*, в результате чего происходит отключение аварийного участка сети зануленным аппаратом.

Предусматривать дополнительно заземление зануленных элементов электроустановок не требуется.

В качестве нулевых защитных проводников могут быть использованы:

1. Нулевые рабочие проводники.
2. Специально предусмотренные проводники (четвертая или

третья жила кабеля, четвертый или третий провод, стальные полосы и т.п.).

3. Стальные трубы электропроводки.

4. Алюминиевые оболочки кабелей.

5. Металлические конструкции зданий (фермы, колонны и т.п.).

6. Металлические конструкции производственного назначения (подкрановые пути, каркасы распределительных устройств, галереи, площадки, шахты лифтов, подъемников, элеваторов, обрамление каналов и т.п.).

7. Металлические кожухи шинопроводов, металлические короба и лотки, предназначенные для прокладки проводов и кабелей.

8. Металлические стационарно открыто проложенные трубопроводы всех назначений, кроме трубопроводов горючих и взрывоопасных смесей, канализации, центрального отопления и бытового водопровода.

Перечисленные выше проводники, конструкции и другие элементы могут служить единственными нулевыми защитными проводниками только в том случае, если они по проводимости (сопротивлению) удовлетворяют требованиям ПУЭ. При этом прокладка дополнительных стальных полос по периметру помещений (часто называемая «внутренний контур») не требуется.

При использовании нулевых рабочих проводников в качестве нулевых защитных проводников установка разъединяющих приспособлений в цепях нулевых рабочих проводников запрещается. В этом случае допускается применение выключателей, которые одновременно с отключением нулевых рабочих проводников отключают все провода, находящиеся под напряжением.

Каждая часть электроустановки, подлежащая занулению, должна быть присоединена при помощи отдельного ответвления к нулевому рабочему проводнику, если он используется в виде нулевого защитного проводника, или к магистрали зануления.

В качестве ответвления могут быть использованы специальная жила кабеля, специальный провод, алюминиевая оболочка кабеля, специальный проводник, присоединяемые к нулевому рабочему проводнику или магистрали зануления на ближайшем распределительном щите, сборке, щитке, в ответвительной коробке или на другой неподвижной жесткой конструкции (опоре).

При прокладке проводов в стальных трубах для ответвления может быть использована стальная труба.

Магистрали зануления и ответвления от них должны быть доступны для осмотра. Требования о доступности для осмотра не распространяются на нулевые жилы и оболочки кабелей, а также на нулевые защитные проводники, проложенные в трубах и коробах.

Допускается ответвления от магистралей зануления к зануляемой части электроустановки прокладывать скрыто, непосредствен-

но в стене, под чистым полом и т.п. с предварительной защитой их от воздействия агрессивных сред. Такие ответвления не должны иметь промежуточных соединений.

Зануление переносных электроприемников осуществляют специальной защитной жилой кабеля или провода, расположенной в общей оболочке с фазными жилами, третьей — для электроприемников однофазного тока и четвертой — для электроприемников трехфазного тока.

Указанную специальную жилу кабеля или провода присоединяют к защитному контакту штепсельного соединения с одной стороны и к корпусу электроприемника — с другой. Сечение этой жилы должно быть равно сечению фазных жил.

В связи в тем, что ГОСТ на некоторые марки кабелей предусматривает уменьшенное сечение четвертой жилы, разрешается для трехфазных переносных электроприемников применение таких кабелей впредь до соответствующего изменения ГОСТ.

При вводе в светильник кабеля, защищенного провода, незащищенных проводов в трубе, металлорукаве или при скрытой электропроводке, т.е. при наличии защиты вводимой в светильник электропроводки от механических повреждений, ответвление от нулевого рабочего проводника производится внутри светильника.

При вводе в светильник открытых незащищенных проводов зануление корпуса светильника осуществляют гибким проводом (ответвлением), присоединяемым с одной стороны к заземляющему винту корпуса светильника, а с другой — к нулевому рабочему проводнику на ближайшей к светильнику неподвижной опоре или в коробке.

Эти требования распространяются также на подводку кабелей и проводов к защитным контактам штепсельных соединений.

Зануление корпусов светильников общего освещения с лампами ДРЛ, ДРИ, натриевыми и люминесцентными лампами с вынесенным пускорегулирующим устройством можно осуществлять при помощи перемычки между заземляющими контактами пускорегулирующего аппарата и светильника.

При питании электроприемников по воздушным линиям зануление коммутационных аппаратов, устанавливаемых снаружи зданий (животноводческих помещений, складов и пр.), следует осуществлять перемычкой между нулевым рабочим проводником к заземляющему болту на корпусе аппарата (ответвлением от нулевого рабочего проводника).

В сетях с изолированной нейтралью, при нарушении изоляции одной фазы в какой-либо точке сети возникает однофазное замыкание на землю. В этом случае напряжение этой фазы относительно земли становится равным нулю, напряжение двух других фаз относительно земли — междуфазному напряжению, а силы заряд-

ных токов этих двух фаз увеличиваются соответственно в 3 раза. Сила тока замыкания на землю в 3 раза превышает силу зарядного тока одной фазы в нормальном режиме работы. Из-за малой силы тока замыкания он практически не влияет на систему междуфазных напряжений и режим работы приемников электроэнергии. Поэтому замыкание на землю в сетях с изолированной нейтралью допускается не отключать в течение 2 ч, необходимых для отыскания места повреждения. Поскольку однофазные замыкания на землю — наиболее вероятный вид повреждений (составляют 75—90% всех коротких замыканий), это существенно для обеспечения надежности электроснабжения потребителей.

Применение изолированной нейтрали снижает стоимость заземляющих устройств, что очень важно по экономическим соображениям из-за большого числа установок напряжением до 35 кВ.

В электроустановках с глухозаземленной нейтралью сила тока однофазного короткого замыкания велика. Это удорожает и усложняет стоимость заземляющих устройств, но затраты компенсируются снижением стоимости изоляции фазных проводов. Эта изоляция, особенно в сетях 110 кВ и выше, рассчитывается на фазное, а не на междуфазное напряжение.

Прикосновение человека к токоведущим или металлическим частям, которые могут оказаться под напряжением из-за неисправности изоляции, вызывает поражение электрическим током, следствием которого могут быть прекращение деятельности органов дыхания, потеря сознания, нарушение кровообращения.

Поражение электрическим током проявляется также в виде электрических ожогов и других травм.

Степень поражения электрическим током определяется силой тока, его длительностью и путем прохождения через тело человека. Сила тока зависит от напряжения прикосновения и от сопротивления всей электрической цепи, в которую последовательно «включается» человек.

Напряжение прикосновения $U_{пр}$ (рис. 3.1) определяется разностью потенциалов в двух точках прикосновения тела человека к цепи замыкания, а сопротивление человека $R_ч$ зависит от площади прикосновения, состояния кожи, длительности воздействия и колеблется в пределах от нескольких сот до десятков тысяч Ом.

Ток, проходящий через тело человека, определяется по закону Ома:

$$I_ч = U_{пр}/R_ч .$$

При наличии заземлителя и замыкании на землю заземлитель получит потенциал $U_з = I_з R_з$

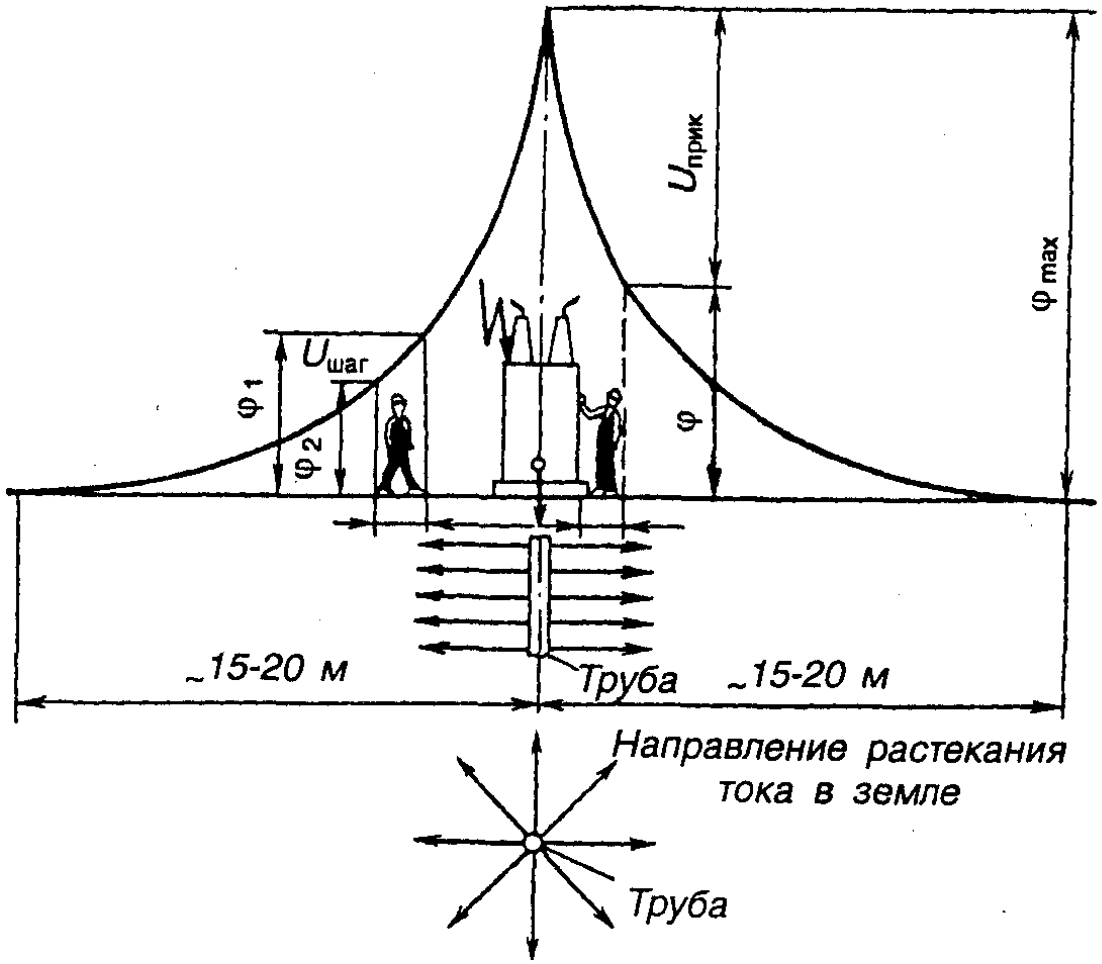


Рис. 3.1. Распределение потенциалов при растекании тока в земле с одиночного вертикального заземлителя

Приняв $U_3 \approx U_{пр}$, получим силу тока, проходящего через тело человека:

$$I_ч = I_3 \frac{R_3}{R_ч} .$$

Следовательно, чем меньше сопротивление заземлителя, тем меньше сила тока, проходящего через тело человека. Человек, находящийся в зоне растекания тока, оказывается под воздействием разности потенциалов, значение которой зависит от длины шага (0,8 м) и расстояния человека от заземлителя.

Разность потенциалов, определяемая шагом человека, называется *напряжением шага.* Наибольшее напряжение шага вблизи заземлителя. Чем меньше напряжение прикосновения и напряжение шага, определяемые силой тока замыкания на землю I_3 и сопротивлением заземляющего устройства R_3, тем безопаснее обслуживание электроустановки.

ПУЭ регламентируют следующие значения сопротивлений заземляющих устройств в электроустановках: напряжением до 1000 В $R_3 \leq 10$ Ом; выше 1000 В с большими силами токов замыкания на землю (глухозаземленная нейтраль) $R_3 \leq 0{,}5$ Ом; выше 1000 В с

малыми силами токов замыкания на землю (изолированная нейтраль) $R_3 \leq 250/I_3$.

Если устройство одновременно используется для заземления и зануления установок до 1 кВ, его сопротивление не должно превышать $125/I_3$ и должно удовлетворять требованиям, предъявляемым к заземлению (занулению) электроустановок до 1 кВ.

Заземляющие устройства (заземление и зануление) в электроустановках выполняют при 380 В и выше переменного и 440 В и выше постоянного тока — во всех случаях; при напряжении выше 42 В, но ниже 380 В переменного тока и выше 110 В, но ниже 440 В постоянного тока — в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках. Заземление или зануление во взрывоопасных установках выполняют при любых напряжениях.

§ 18. ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ ЗАЗЕМЛЕНИЯ

В случаях, когда естественные заземлители не удовлетворяют требованиям ПУЭ, применяют искусственные заземлители, которые в зависимости от формы и расположения в грунте делят на три группы:

углубленные — из полосовой или круглой стали, укладываемые горизонтально на дно котлованов зданий по периметру фундаментов;

горизонтальные — из круглой или полосовой стали, уложенные в траншею;

вертикальные — из стальных вертикально ввинченных или вдавленных в грунт стержней из круглой стали.

Для заземлителей обычно применяют круглую сталь диаметром 10—16 мм, полосовую сталь сечением 40 × 4 мм, отрезки угловой стали 50 × 50 × 5 мм. Длина вертикальных ввинчиваемых и вдавливаемых заземлителей — 4,5—5 м; забиваемых — 2,5—3 м. В производственных помещениях с электроустановками напряжением до 1 кВ применяют магистрали заземления из стальной полосы сечением не менее 100 мм^2, а напряжением выше 1 кВ — не менее 120 мм^2. Наименьшие допустимые размеры стальных заземлителей заземляющих и нулевых защитных проводников приведены в табл. 23, сечения алюминиевых и медных — в табл. 24.

Искусственные углубленные заземлители (рис. 3.2), заранее заготовленные в мастерских, укладывают на дно котлованов под фундаменты строящихся зданий и сооружений. Вертикальные заземлители из круглой стали диаметром 16 мм ввертывают в грунт или вдавливают. Для этих целей используют различные передвижные механизмы (копры, автоямобуры, вибраторы, гидропрессы,

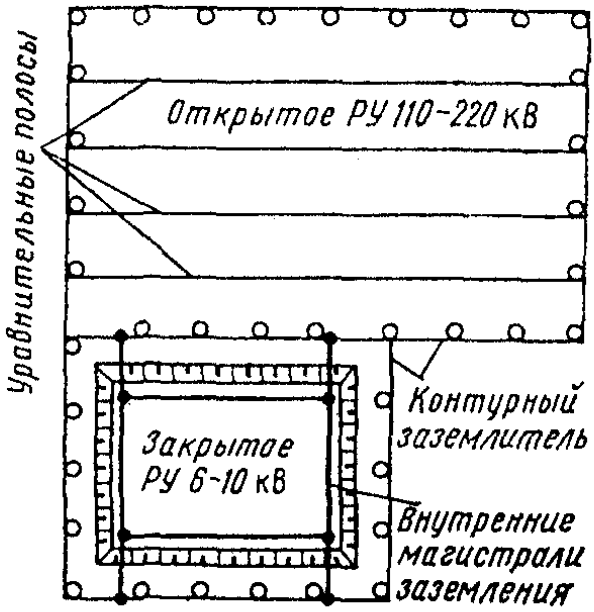


Рис. 3.2. Контур заземления подстанции

бурильно-крановые машины) и ручные приспособления. Рытье траншей производят землеройными машинами.

Таблица 23. **Наименьшие допустимые размеры стальных заземлителей, заземляющих и нулевых защитных проводников**

Заземлители, заземляющие и нулевые защитные проводники	Прокладка		
	в зданиях	в наружных установках	в земле
Круглые проводники диаметром, мм	5	6	10
Прямоугольные проводники:			
сечением, мм^2	24	48	48
толщиной, мм	3	4	4
Угловая сталь (толщина полок), мм	2	2,5	4

Таблица 24. **Наименьшие сечения алюминиевых, медных заземляющих и нулевых защитных проводников в электроустановках до 1 кВ**

Заземляющие и нулевые защитные проводники	Алюминий, мм^2	Медь, мм^2
Заземляющие жилы кабелей или многожильных проводов в общей защитной оболочке с фазными жилами	2,5	1
Изолированные провода	2,5	1,5
Неизолированные проводники при открытой прокладке	6	4

Верх вертикальных заземлителей заглубляют на 0,6—0,7 м от уровня планировочной отметки земли. Над дном траншеи заземлители должны выступать на 0,1—0,2 м для удобства приварки к ним

соединительных горизонтальных круглых стержней (сталь круглого сечения более устойчива против коррозии, чем полосовая). Горизонтальные заземлители укладывают в траншеи глубиной 0,6—0,7 м от уровня планировочной отметки земли.

Все соединения в цепях заземлителей выполняют сваркой внахлестку. Качество сварных швов проверяют осмотром, а прочность — ударом молотка массой 1 кг. Места сварки во избежание коррозии покрывают битумным лаком.

У мест ввода заземляющих проводников в здания устанавливают опознавательные знаки заземлителя. Расположенные в земле заземлители и заземляющие проводники не окрашивают. Если в грунте содержатся примеси, вызывающие повышенную коррозию, применяют заземлители увеличенного сечения, круглую сталь диаметром 16 мм, оцинкованные или омедненные заземлители или осуществляют электрическую защиту от коррозии.

Горизонтальные заземлители в местах пересечения с подземными сооружениями (кабелями, трубопроводами), с железнодорожными путями и автомобильными дорогами, а также в местах возможных механических повреждений защищают асбестоцементными трубами. По окончании монтажа заземлителей перед засыпкой траншей составляют акт освидетельствования скрытых работ.

Монтаж заземляющих и нулевых защитных проводников. Заземляющие проводники прокладывают горизонтально и вертикально или параллельно наклонным конструкциям зданий.

В сухих помещениях заземляющие проводники укладывают непосредственно по бетонным и кирпичным основаниям с креплением полос дюбель-гвоздями (рис. 3.3, *а*), а в сырых, особо сырых помещениях и помещениях с едкими парами — на подкладках (рис. 3.3, *б*) или опорах (держателях) на расстоянии не менее 10 мм от основания (рис. 3.3, *в, г*).

Проводники крепят на расстояниях 600—1000 мм на прямых участках, 100 мм на поворотах от вершин углов, 100 мм от мест ответвлений, 400—600 мм от уровня пола помещений и не менее 50 мм от нижней поверхности съемных перекрытий каналов. Соединение заземляющих проводников и присоединение их к металлическим конструкциям зданий выполняют сваркой внахлестку, за исключением разъемных мест, предназначенных для измерений. При соединениях проводников длину нахлестки для сварки принимают равной ширине полосы при прямоугольном сечении и шести диаметрам — при круглом сечении.

Заземляющие проводники к корпусам машин и аппаратов присоединяют под заземляющий болт на их корпусах. Если машины установлены на салазках, их заземляют присоединением салазок к заземляющему проводнику. Открыто проложенные заземляющие и нулевые защитные проводники имеют отличительную окраску — по зеленому фону прокрашивают желтую полосу вдоль проводника.

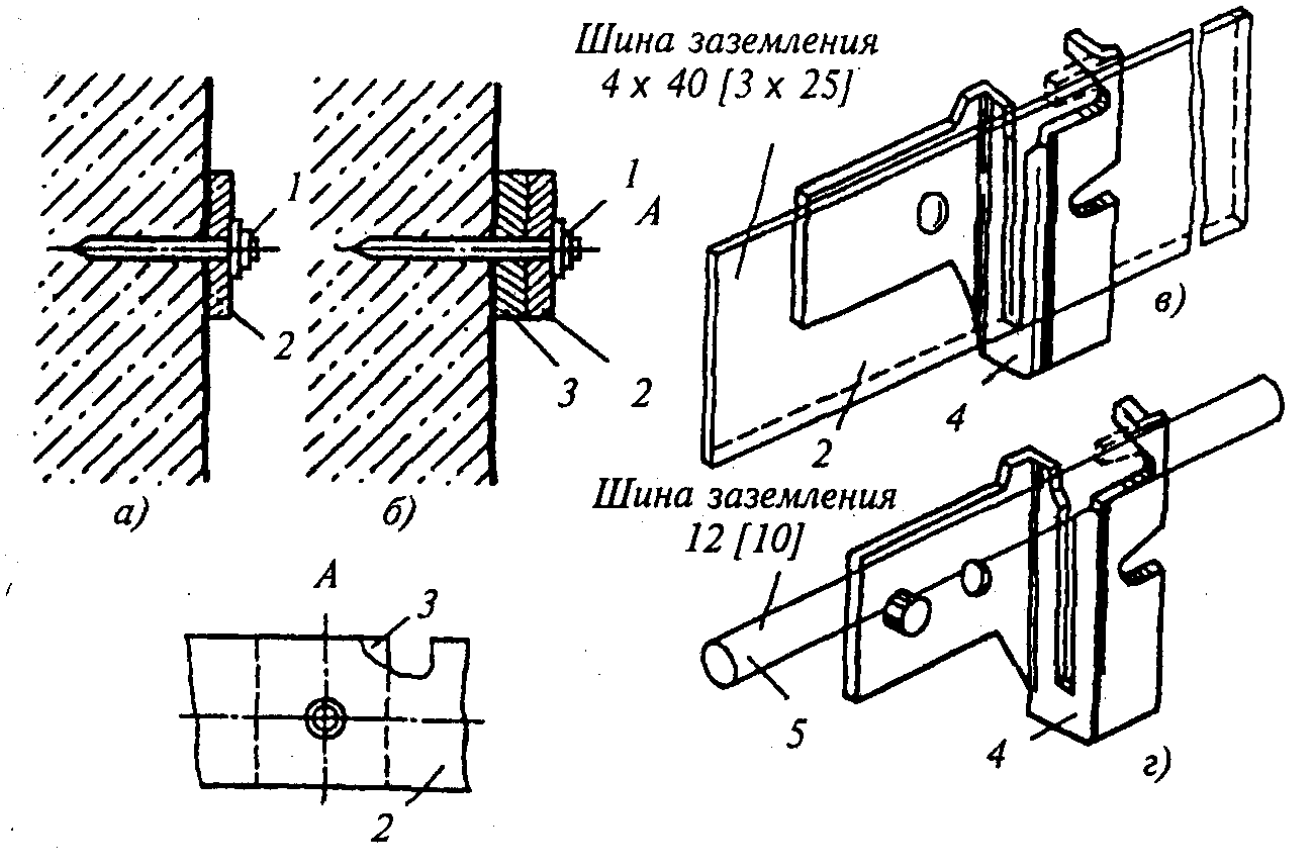


Рис. 3.3. Виды крепления заземляющих проводников:

а — к стене; *б* — на подкладках; *в, г* — на держателях для полосовой и круглой стали; *1* — дюбель; *2* — полоса; *3* — подкладка; *4* — держатель; *5* — круглая сталь

Места, предназначенные для подсоединения инвентарных переносных заземлителей, не окрашивают.

Технология монтажа устройств молниезащиты зданий и сооружений. Устройства молниезащиты (молниеотводы) состоят из молниеприемников, непосредственно воспринимающих на себя удар молнии, токоотводов и заземлителей. Для монтажа молниеприемников стержни из круглой, полосовой, угловой, трубчатой стали сечением не менее 100 мм^2, длиной не менее 200 мм устанавливают вертикально, укрепляя их на опоре или непосредственно на самом защищаемом здании или сооружении;

тросовые — из стального многопроволочного оцинкованного троса не менее 35 мм^2 (диаметр около 7 мм), укрепляют на опорах над защищаемыми зданиями или сооружениями;

молниеприемную сетку — из стальной проволоки диаметром 6 мм укладывают непосредственно на неметаллическую кровлю здания или под несгораемый утеплитель. В зависимости от категории здания по устройству молниезащиты сетки применяют с ячейками размерами 6 × 6; 3 × 12; 12 × 12; 6 × 24 м.

Молниеприемником могут служить также металлические кровля и другие металлические части, возвышающиеся над зданием (сооружением). Конструкции токоотводов и заземлителей в устройствах

молниезащиты подобны конструкциям заземляющих проводников и заземлителей в устройствах защитного заземления электроустановок, поэтому требования к их устройству и прокладке, а также методы производства монтажных работ аналогичны описанным выше.

Для защиты подземных металлических сооружений от коррозии, вызываемой блуждающими токами, применяют поляризованный дренаж. Защита обеспечивает отвод блуждающих токов от подземных металлических сооружений через дренажное устройство в рельсовую сеть или отрицательную шину тяговой подстанции.

Поляризованный электрический дренаж УЭДЗ-2 используют, если потенциал подземного металлического сооружения по отношению к рельсовой сети или к земле положительный либо знакопеременный и когда разность потенциалов «подземное сооружение рельс» больше разности потенциалов «подземное сооружение — земля».

УЭДЗ-2 устанавливают на стене здания, на столбе, на металлических опорах или специальной стойке на высоте 1—1,5 м от земли. К дренажу должен быть обеспечен доступ в любое время года. Дренажные кабели подводят через отверстия на дне корпуса.

Сечение дренажного кабеля ($мм^2$) определяют по формуле:

$$S = \rho L j/(2 \cdot U_{защ} - 0{,}9\ U_{р});$$

где L — длина дренажного кабеля, м; ρ — удельное электрическое сопротивление токопроводящего материала кабеля (для меди 0,0175 Ом $мм^2$/м; для алюминия 0,032 Ом $мм^2$/м); j — максимальный дренажный ток, A; $U_р$ — потенциал рельсов в точке дренажа до включения дренажа, B; $U_{защ}$ — защитный потенциал подземного сооружения в точке дренажа, B.

Кабель, идущий к защищаемому металлическому сооружению, подключают к клемме со знаком (-). Дренажный кабель прокладывают в земле на глубину 0,5—0,7 м, в соответствии с типовой документацией, серия 5.905-6 «Узлы и детали электрозащиты подземных инженерных сетей от коррозии».

Контрольные вопросы

1. Какое заземление называют защитным?
2. Какие электроустановки называют с глухозаземленной, а какие с изолированной нейтралью?
3. Какое напряжение называют шаговым?
4. В каких случаях применяют защитное отключающее устройство?
5. Как используют железобетонные фундаменты в качестве заземлителей?
6. Как выполняется монтаж заземляющих и нулевых защитных проводников?
7. Как осуществляют молниезащиту зданий и сооружений?

ГЛАВА 4. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРОПРОВОДОК

§ 19. ВИДЫ ЭЛЕКТРОПРОВОДОК

Совокупность проводов и кабелей с относящимися к ним креплением, поддерживающими, защитными конструкциями и деталями называют *электропроводкой.* Согласно ПУЭ, это определение распространяется на электропроводки силовых, осветительных и вторичных цепей напряжением до 1 кВ переменного и постоянного тока, выполненные внутри зданий и сооружений, на наружных стенах, территориях микрорайонов, учреждений, предприятий, дворов, на строительных площадках, с применением изолированных установочных проводов всех сечений, а также небронированных силовых кабелей в резиновой или пластмассовой оболочке с сечением фазных жил до 16 мм^2 (при сечении более 16 мм^2 — кабельные линии).

Электропроводку, проложенную по поверхности стен, потолков, ферм и другим строительным элементам зданий и сооружений, опорам и т.п., называют *открытой.*

Электропроводку, проложенную внутри конструктивных элементов зданий и сооружений (в стенах, полах, фундаментах, перекрытиях, за непроходными подвесными потолками), а также по перекрытиям в подготовке пола, непосредственно под съемным полом и т.п., называют *скрытой.*

Электропроводку, проложенную по наружным стенам зданий и сооружений, под навесами и т.п., а также между зданиями на опорах (не более четырех пролетов длиной 25 м каждый) вне улиц, дорог и т.п., называют *наружной.* Она может быть открытой и скрытой.

Стальную проволоку, натянутую вплотную к поверхности стены, потолка и т.п., предназначенную для крепления к ней проводов, кабелей или их пучков, называют *струной.*

Металлическую полосу, закрепленную вплотную к поверхности стены, потолка и т.п., предназначенную для крепления к ней проводов, кабелей или их пучков, называют *полосой.*

Тросом (несущий элемент электропроводки) называют проволоку или стальной канат, натянутый в воздухе, который используют для подвески к нему проводов, кабелей или их пучков.

Полую закрытую конструкцию прямоугольного или другого сечения, предназначенную для прокладки в ней проводов и кабелей, называют *коробом.* Он служит защитой от механических повреждений проложенных в нем проводов и кабелей.

Короба могут быть глухими или с открываемыми крышками, со сплошными или перфорированными стенками и крышками. Глухие короба имеют только сплошные стенки со всех сторон. Короба можно применять в помещениях и наружных установках.

Открытую конструкцию, предназначенную для прокладки на ней проводов и кабелей, называют *лотком*. Лоток не является защитой от внешних механических повреждений, проложенных на нем проводов и кабелей. Лотки изготовляют из несгораемых материалов. Они могут быть сплошными, перфорированными или решетчатыми; их применяют в помещениях и наружных установках.

Электропроводки осветительных и силовых сетей выполняют незащищенными изолированными проводами, защищенными проводами и кабелями (см. табл. 25).

Таблица 25. **Основные технические данные установочных проводов**

Марка, число жил	Сечение жилы, мм	Характеристика конструкции	Область применения
На переменное напряжение 660 В или постоянное напряжение 1000 В			
ПРТО 1 2,3 7 10 14	0,75—120 1—120 1,5—10 1,5—2,5	С медной жилой, с резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом	Для прокладки в несгораемых трубах
АПРТО 1,2 3,7 10 14	2,5—120 2,5—10 2,5	То же, с алюминиевой жилой	То же
ПРН 1	1,5—120	С медной жилой, с резиновой изоляцией, в несгораемой резиновой оболочке	Для прокладки в сухих и сырых помещениях, в пустотных каналах несгораемых конструкций, а также на открытом воздухе
АПРН 1	2,5—120	То же, с алюминиевой жилой	То же
ПРГН 1	1,5—120	То же, с медной жилой	Для прокладки при повышенной гибкости при монтаже и для соединения подвижных частей электрических машин в сухих и сырых помещениях, а также на открытом воздухе
ПРИ 1	0,75—120	С медной жилой, с резиновой изоляцией, обладающей защитными свойствами	Для прокладки в сухих и сырых помещениях
АПРИ 1	2,5—120	То же, с алюминиевой жилой	То же
ПРГИ 1	0,75—120	То же, с медной жилой	Для прокладки при повышенной гибкости при монтаже и для соединения подвижных частей электрических машин в сухих и сырых помещениях

Продолжение табл. 25

Марка, число жил	Сечение жилы, мм	Характеристика конструкции	Область применения
АППР 2,4 3	2,5—10 2,5	С алюминиевой жилой, с резиновой изоляцией, не распространяющей горение, с разделительным основанием	Для прокладки по деревянным поверхностям и конструкциям жилых и производственных помещений, включая животноводческие и птицеводческие помещения
РКГМПТ 1	0,75—120	Провод выводной с изоляцией из кремнийорганической резины повышенной теплостойкости в оплетке из стекловолокна, пропитанной эмалью или лаком	Для работы на номинальное переменное напряжение 660 В частоты до 400 Гц, при отсутствии воздействия агрессивных сред и масел. Класс нагревостойкости Н
АПВ 1	2,5—120	Провод с алюминиевой жилой с поливинилхлоридной изоляцией	Для монтажа вторичных цепей прокладки в трубах, пустотных каналах несгораемых строительных конструкций и для монтажа силовых и осветительных цепей. Номинальное напряжение 380 и 660 В частотой до 400 Гц
ПВ1 1	0,5—95	Провод с медной жилой с поливинилхлоридной изоляцией	То же
ПВ2 1	2,5—95	Провод с медной жилой с поливинилхлоридной изоляцией, гибкий	Для монтажа вторичных цепей, для гибкого монтажа при скрытой и открытой прокладках
ПВ3 1	0,5—95	То же, с повышенной гибкостью	То же
ПВ4 1	0,5—6	То же, особо гибкий	Для особо гибкого монтажа вторичных цепей при скрытой и открытой прокладках. Номинальное напряжение 380 и 660 В частотой до 400 Гц
АППВ 2; 3	2,5—6	Провод с алюминиевыми жилами с поливинилхлоридной изоляцией плоский с разделительным основанием	Для монтажа силовых, осветительных цепей в машинах и станках и для неподвижной открытой прокладки. Напряжение 380 В
ППВ 2; 3	0,75—4	То же, но с медными жилами	То же
АППВС 2; 3	2,5—6	Провод с алюминиевыми жилами с поливинилхлоридной изоляцией без разделительного основания	Для неподвижной скрытой прокладки под штукатуркой, для прокладки в трубах и пустотных каналах несгораемых строительных конструкций. Номинальное напряжение 380 В
ППВС 2; 3	0,75—4	То же, но с медными жилами	То же

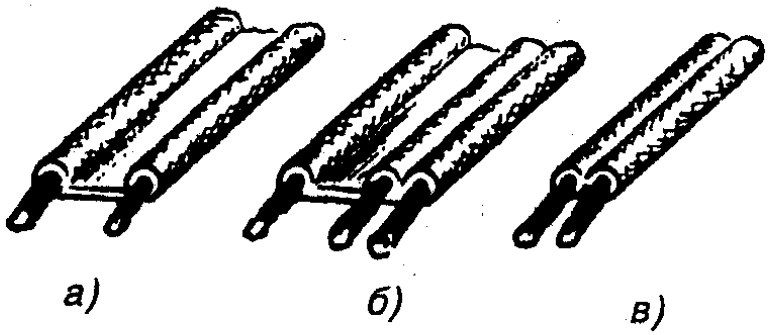


Рис. 4.1. Виды плоских проводов:

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

Незащищенные изолированные провода, наиболее часто используемые в электропроводках, показаны на рис. 4.1.

Защищенные провода марок АПРН, ПРН, ПРГН, ПРВД, АВТ, АВТУ, АВТВ, АВТВУ, АПРФ и ПРФ используют в электропроводках с учетом способа прокладки, характера помещений и зон окружающей среды.

§ 20. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ОТКРЫТЫХ ЭЛЕКТРОПРОВОДОК

Монтаж открытых электропроводок, выполняемых плоскими проводами АППР, АППВ, ППВ, проводят в определенной технологической последовательности. Сначала размечают места установки светильников, выключателей и штепсельных розеток, линий электропроводки, крепления провода, т.е. точек забивки гвоздей, установки скоб и мест прохода провода через стены и перекрытия, начиная от группового щитка с постепенным переходом к отдельным помещениям.

Места установки светильников на потолке размечают в зависимости от их числа. Если в центре помещения устанавливают один светильник, то место его положения определяют натягиванием из противоположных углов крест-накрест двух шнуров. Точку их пересечения на полу отмечают мелом, затем со стремянки отвесом эту точку переносят на потолок. Если нужно установить два светильника в помещении на потолке, то на полу отбивают среднюю линию, делят ее на четыре равные части. Разметку переносят на потолок. Светильники устанавливают от стены на расстоянии 1/4 длины помещения.

После определения мест установки светильников на стене и потолке с помощью шнура отбивают линию будущих электропроводок. На линии отмечают точки крепления провода, а также точки сквозных отверстий для прохода проводов через стены и перекры-

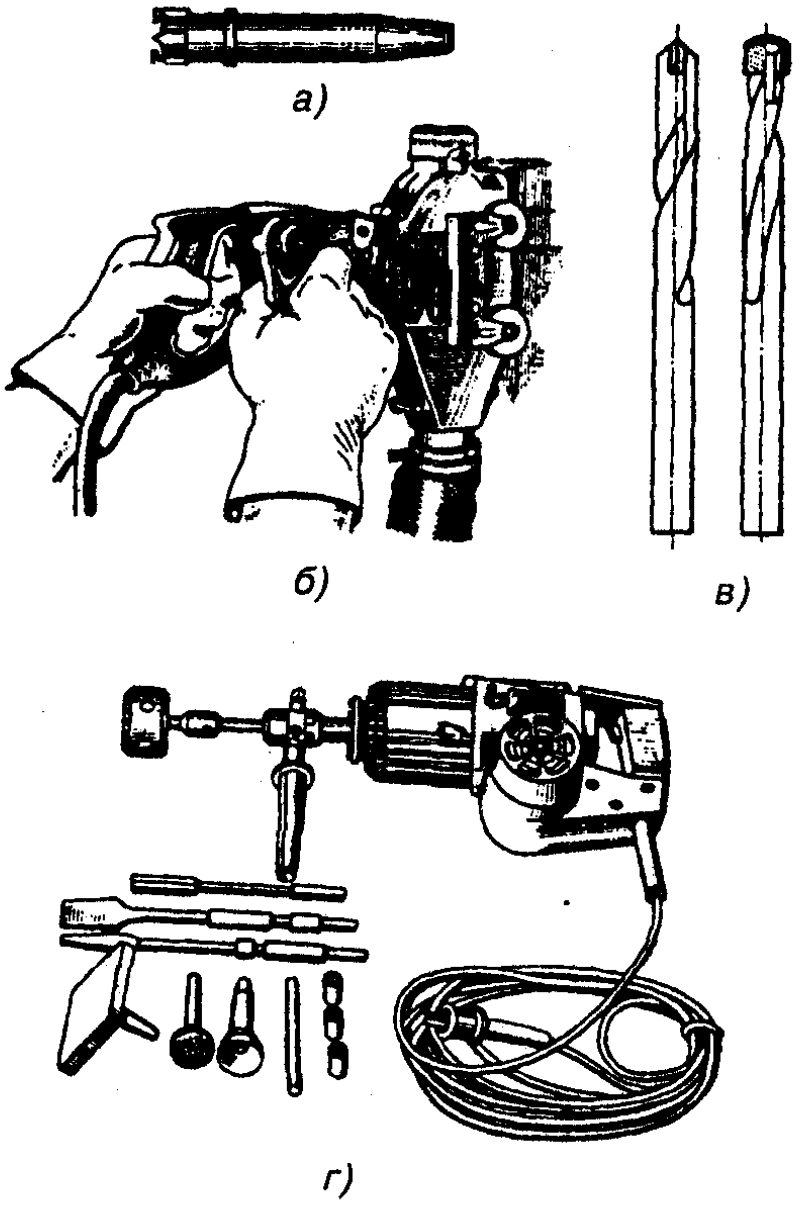


Рис. 4.2. Инструмент, механизмы и приспособления для пробивных работ:

а — шлямбур; *б* — бороздорез; *в* — бурик; *г* — фугальный электрический молоток с набором рабочего инструмента

тия. Далее, используя шаблон, намечают места установки ответвительных коробок, штепсельных розеток и выключателей.

Если заранее не были оставлены отверстия в кирпичных, бетонных и железобетонных основаниях, их выполняют электротехническим, пневматическим или пиротехническим инструментом (рис. 4.2). Проходы проводов через несгораемые стены выполняют в резиновых или поливинилхлоридных трубках, а через сгораемые — в отрезках стальных труб, с обоих концов которых надеты изоляционные втулки. Трубку в отверстии заделывают цементным раствором. Изоляционная трубка должна выходить из втулки на 5—10 мм.

В монтажную зону плоские провода поставляют в бухтах. Перед прокладкой их разматывают, разрезают на отрезки и выправляют. Для этого один конец провода закрепляют, а сам провод протягивают через специальное приспособление для правки или рукавицу,

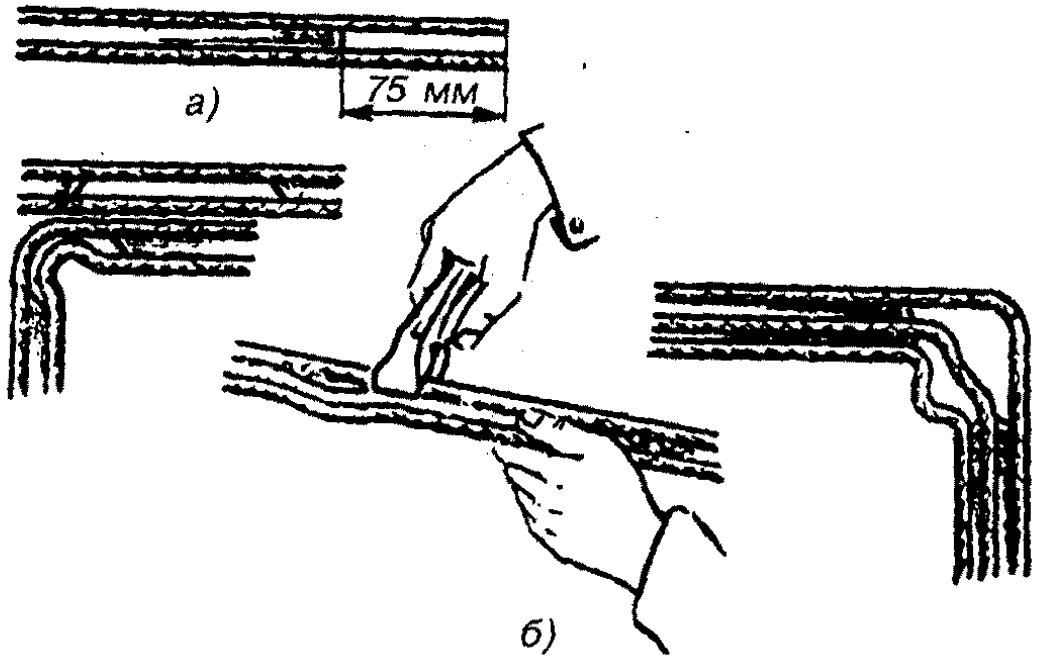


Рис. 4.3. Операции подготовки плоского провода перед монтажом:
а — присоединение; *б* — изгибание на ребро в плоскости стены

надетую на руку. Протягивать провод следует очень аккуратно, чтобы не повредить оболочку. Правку плоских проводов можно производить только при температуре не ниже – 15° С.

После правки и отрезания проводов их сматывают в бухточки. Прокладку проводов начинают с ближайшей к групповому щитку ответвительной коробки. На концах провода длиной 75 мм вырезают разделительное основание. У трехжильного провода разрезают также перемычку между второй и третьей жилами (рис. 4.3, *а*). Провод укладывают, начиная от коробки, по всему прямолинейному участку до места поворота трассы. При этом провод на другом конце временно закрепляют, тщательно выправляют, укладывают по всей длине участка и окончательно закрепляют на всем протяжении трассы. При прокладке плоских проводов с разделительной перегородкой (кроме проводов АППР) по сгораемым основаниям под них по всей длине прокладывают асбест толщиной не менее 3 мм с выступом от края провода не менее 10 мм.

Плоские провода с разделительным основанием крепят гвоздями, защищая провода от повреждения. Под шляпки гвоздей во влажных неотапливаемых помещениях нужно подкладывать пластмассовые, резиновые или эбонитовые шайбы. Провода без разделительного основания крепят скобами с помощью дюбелей или гвоздей, с расстоянием между точками крепления не более 400 мм. У плоских проводов с разделительным основанием при изгибе их на ребро (при повороте трассы на 90°) в месте изгиба вырезают основание на длине 40—60 мм (рис. 4.3, *б*).

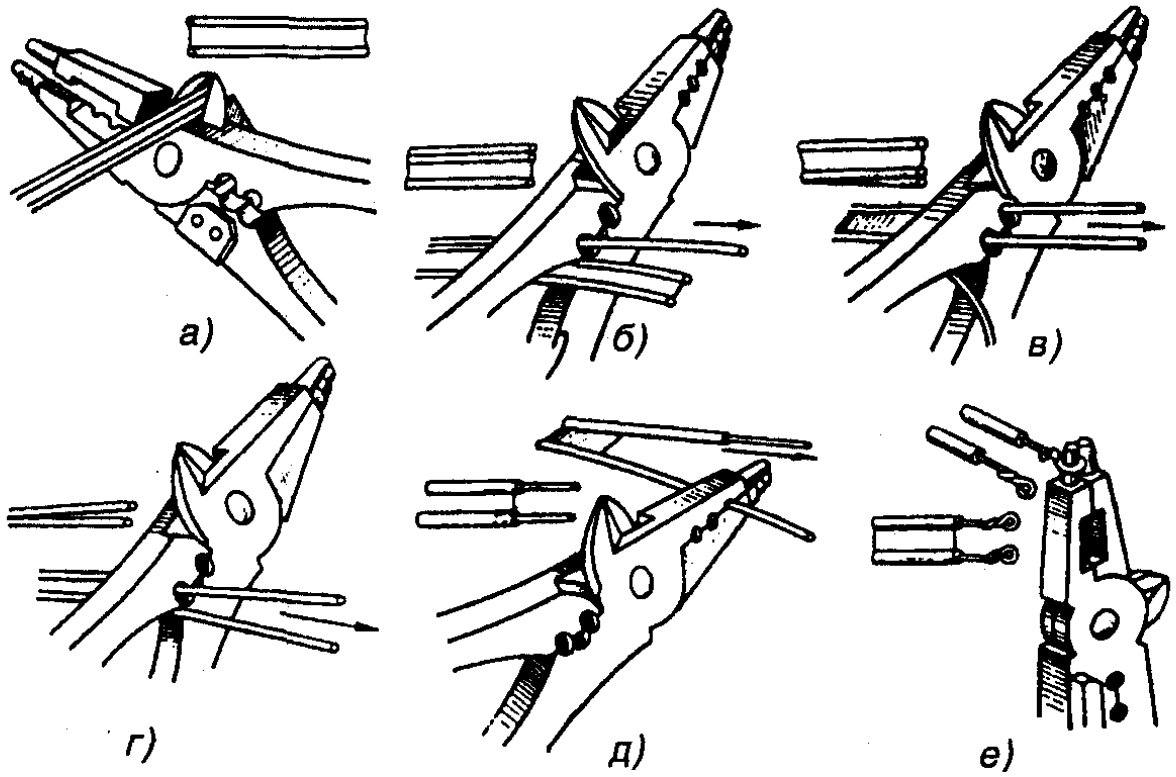


Рис. 4.4. Универсальные клещи КУ-1 и выполняемые с их помощью монтажные операции:

а — отрезание провода; *б* — *г* — удаление перемычки; *д* — снятие изоляции; *е* — изготовление колец

При разделке плоских проводов часто используют клещи КУ-1 или МБ-241, с помощью которых можно разрезать пленку, выкусывать ее, снимать изоляцию с концов проводов, зачищать жилы и изгибать колечки на концах проводов для подсоединения их под контактный винт (рис. 4.4, *а—е*).

Следующими операциями электромонтажа являются соединение и ответвление плоских проводов в ответвительных коробках. Эти операции выполняют сваркой, опрессованием или пайкой с последующей изоляцией полиэтиленовыми колпачками или изолирующей лентой. Провода в цепях штепсельных розеток соединяют непосредственно на контактах розеток.

Прокладку незащищенными проводами на изоляторах применяют в производственных и складских помещениях по стенам, потолкам и нижнему поясу ферм в сухих, влажных, сырых и особо сырых помещениях, а также снаружи (рис. 4.5, *а—в*).

Детали и конструкции для крепления изоляторов и проводов изготовляют на заводах. Каждая конструкция представляет собой металлическое основание с изоляторами, на которых специальными держателями закрепляют провода. Опорные металлические конструкции (траверсы) изготовляют для крепления к фермам и стенам сваркой, хомутами для двух-, трех- и четырехпроводных линий.

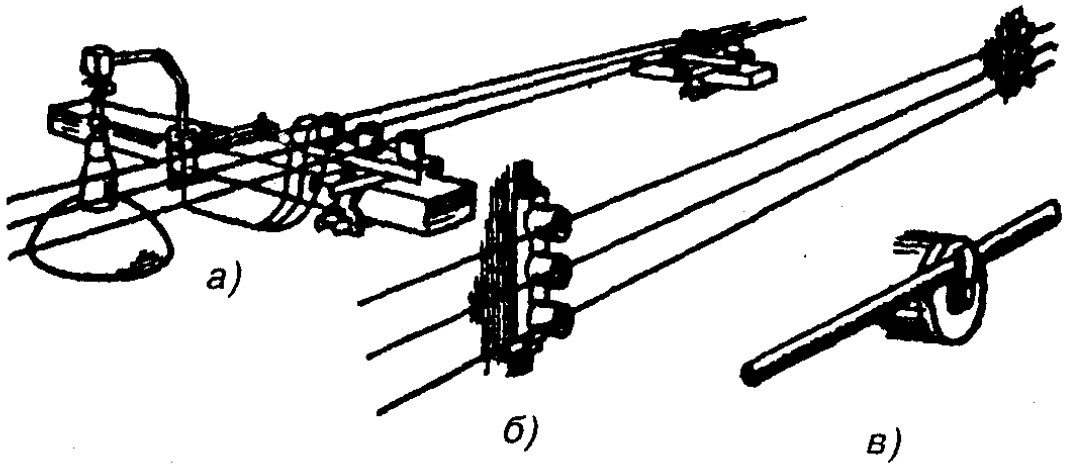


Рис. 4.5. Примеры выполнения электропроводки на изоляторах:
а — по фермам; *б* — по стенам; *в* — держателями

Как правило, при монтаже электропроводок на изоляторах разметку электропроводки делают так же, как и при проводке плоскими проводами.

Изоляторы устанавливают «юбкой» вниз при всех способах их крепления. Далее устанавливают концевые изоляторы у проходов через стены и при переходе проводов с одной смежной стены на другую. Крюки и якоря с изоляторами закрепляют вмазкой. Проходы проводов через стены и перекрытия выполняют в изоляционных трубках, оконцованных втулками. В каждой трубке размещают один провод.

На месте монтажа или в МЭЗ заготовляют провода и прокладывают их по подготовленным трассам, причем от проводов до поверхности стен и перекрытий минимальное расстояние должно быть не менее 10 мм.

Спуски проводов от механических повреждений защищают на высоте от пола или площадки обслуживания не менее 1,5 м, закрывая их угловой сталью или прокладывая в трубах.

Провода закрепляют на штыревых изоляторах вязальной оцинкованной проволокой, на троллейбусных — промежуточными и концевыми держателями.

Электропроводки, выполненные изолированными и защищенными проводами и кабелями, подвешенными к стальному тросу диаметром 3—8 мм или специальными проводами АВТ; АВТУ; АВТВ; АВТВУ, которые имеют между тремя или четырьмя свитыми жилами собственный несущий оцинкованный трос, называют *тросовыми электропроводками.*

Этот вид электропроводок является наилучшим для индустриального монтажа. Его применяют в любых условиях среды, включая взрывоопасные зоны отдельных классов. При пролетах между

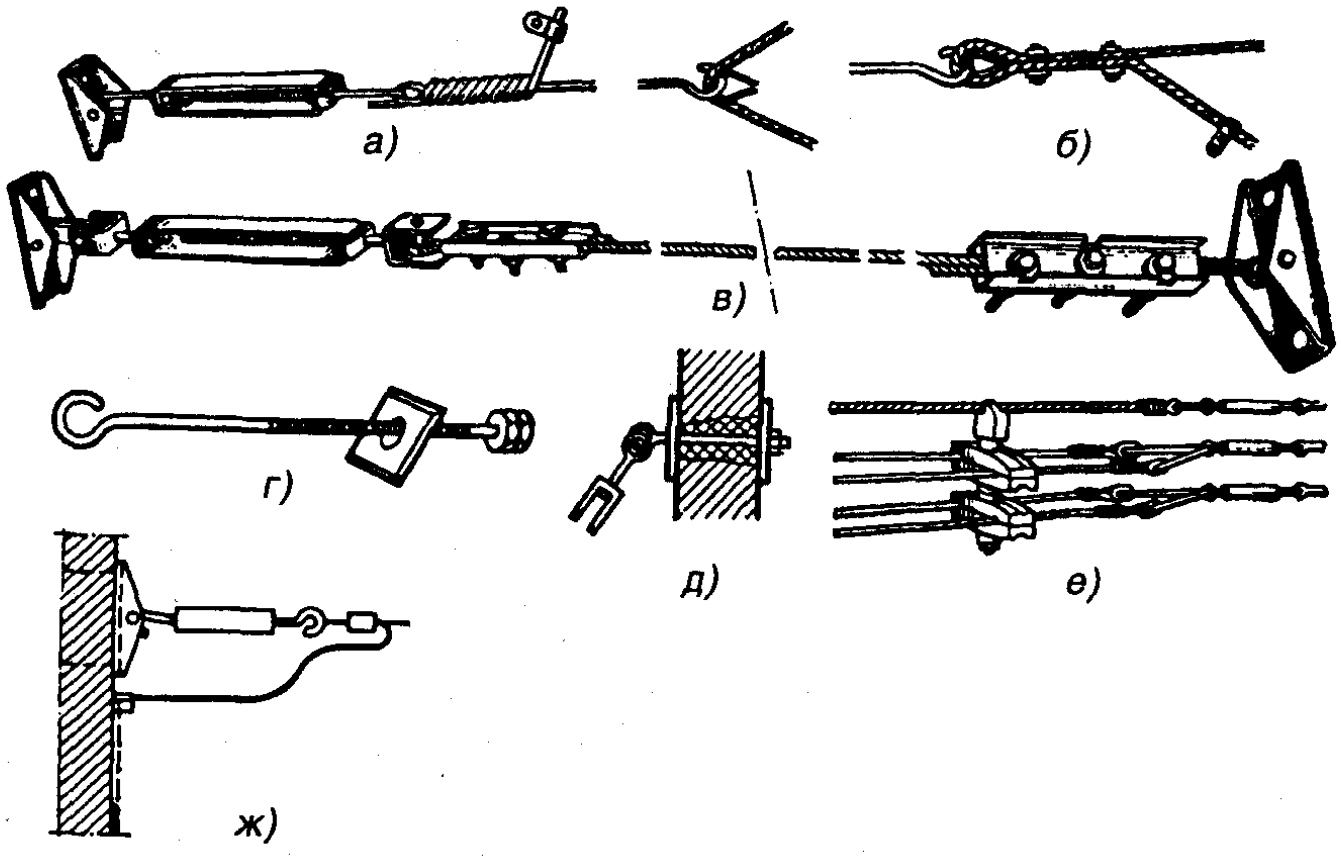


Рис. 4.6. Монтаж элементов тросовых электропроводок:

а — анкер с натяжной муфтой; *б* — концевая заделка троса с помощью коуша и плашечных зажимов; *в* — несущий трос; *г* — натяжной сквозной болт с крюком; *д* — натяжной сквозной болт с кольцом; *е* — прокладка изолированных проводов на тросовых подвесках с заглушкой проводов на изоляторах орешкового типа; *ж* — заземление троса провода АРТ с помощью свободного конца петли

подвесками троса 6 и 12 м стрелы провеса троса должны быть соответственно 100—150 и 200—250 мм.

В тросовой проводке в основном применяют элементы, изготовляемые на заводах. К торцовым стенам тросы крепят на проходных анкерах или анкерах, прикрепляемых к сквозным штырям, болтам или дюбелям (рис. 4.6).

На конце троса делают петлю и устанавливают тросовый зажим и муфты, позволяющие регулировать натяжение троса. При электропроводках тросовыми проводами применяют специальные ответвительные коробки, которые одновременно используют для подвески тросового провода и светильников (рис. 4.7). Внутри коробки имеется устройство для крепления троса. Ответвления выполняют без разрезания провода с помощью сжимов в пластмассовом кожухе. Узлы тросовой проводки заготовляют на заводах или в МЭЗ на технологических линиях и поставляют на место монтажа в контейнерах.

Для монтажа тросовых электропроводок сначала размечают места крепления анкерных и промежуточных конструкций вдоль помещения по линии расположения светильников или силовых

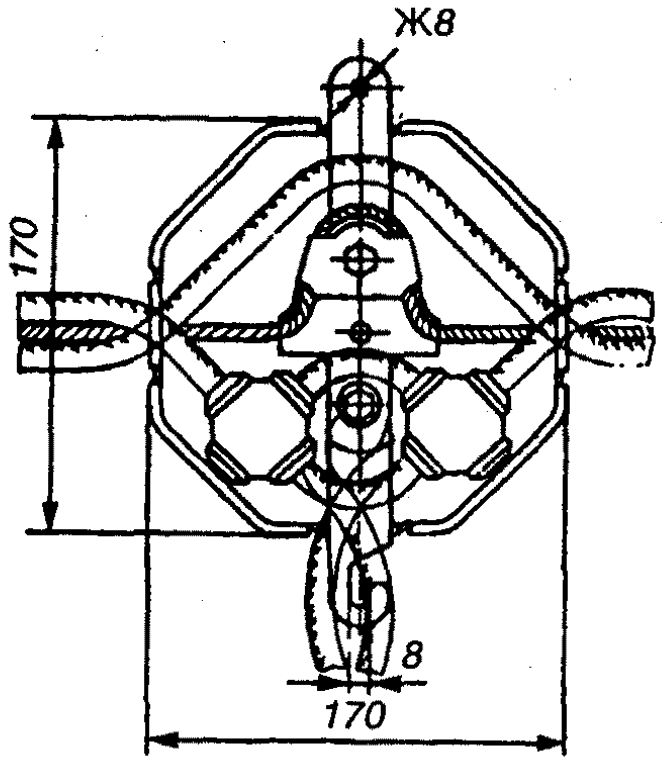


Рис. 4.7. Тросовая ответвительная коробка с крюком для подвески светильников

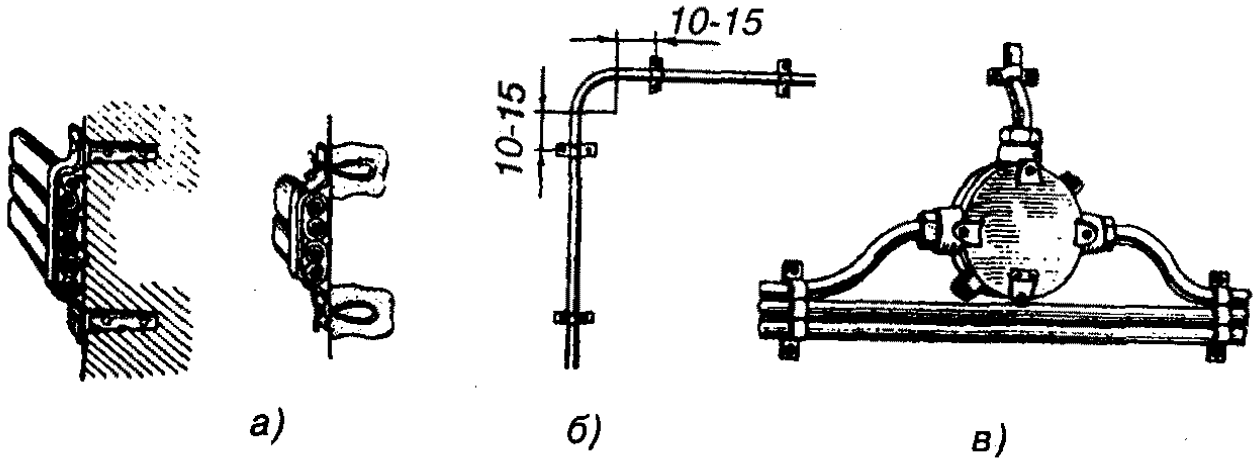


Рис. 4.8. Монтаж электропроводок легкими кабелями с резиновой и пластмассовой изоляцией:

а — способы крепления кабеля; *б* — устройство поворота под углом 90°; *в* — устройство ответвления при нескольких параллельно проложенных кабелях

электроприемников, выдерживая расстояния между подвесками, ответвительными коробками и светильниками по проекту и эскизам замеров на месте монтажа. Далее крепят анкерные и натяжные устройства к основным строительным элементам здания (стенам, фермам и др.), устанавливают подвески для промежуточных креплений и крепят их к нижним поясам ферм, колоннам, перекрытиям, в щелях между уголками ферм или плит перекрытия. Затем заготовляют отрезки несущего троса, струны и оттяжки, оконцовывают их петлями с использованием гильз и обойм, собирают концевое

крепление и заготовляют мерные отрезки проводов для линий электропроводки и питающей магистрали (по чертежам или эскизам замеров). После этого вводят провода в коробки, соединяют концы проводов в коробках или сжимах, крепят их к тросу (при незащищенных проводах) полосками через 0,3—0,35 м, перфорированной поливинилхлоридной лентой через 0,5 м, подвесками через 1,5 м с пластмассовыми клицами на два или четыре провода и обоймами для подвески светильников.

При применении защищенных проводов крепление полосками осуществляют через 0,5 м. Полоски — мягкие прокладки, должны выступать на 1,5—2 мм с обеих сторон троса. Далее прозванивают и маркируют провода. Если для тросовой проводки применяют специальные провода, то ввод и ответвление осуществляют сжимами У245 и У246 без разрезания фазных проводов.

Для прокладки заготовленных линий провода разматывают по полу с помощью специальных крестовин и поднимают их на высоту 1,3—1,5 м для выпрямления и подвески светильников. Далее провода поднимают на проектную высоту и закрепляют на анкерной конструкции один конец троса. Соединяют линию с ранее установленными промежуточными подвесками и оттяжками. Регулируют стрелу провеса и надевают трос на противоположное анкерное устройство. В местах соприкосновения оголенных участков троса и анкерного устройства их смазывают вазелином. Трос на конце линии заземляют в двух точках, присоединяя медные перемычки сечением 2,5 мм^2 к нулевому проводу или шине, соединенной с контуром заземления. Несущий трос в качестве заземляющего проводника использовать нельзя. Далее мегаомметром на напряжение до 1000 В измеряют сопротивление изоляции электропроводки. Оно должно быть не менее 0,5 МОм.

Электропроводки небронированными защищенными проводами и кабелями сечением до 16 мм^2 с резиновой и пластмассовой изоляцией прокладывают непосредственно по поверхности стен. Такие электропроводки крепят скобами, пряжками (рис. 4.8) или на полосах, лентах и струнах (рис. 4.9), что резко уменьшает трудоемкость дыропробивных работ.

Монтажные перфорированные полосы и ленты шириной 16 и толщиной 0,8 мм холодно- или горячекатаную ленту шириной 20—30 и толщиной 1—1,5 мм используют в качестве несущих конструкций. Ленты и полосы крепят непосредственно к основанию с расстоянием между точками крепления 0,8—1 м, а от конца полосы — не более 70 мм. Оцинкованную проволоку диаметром 3—4 мм, натянутую вплотную к основанию и закрепленную на концах натяжными устройствами, используют в качестве несущей струны.

Защищенные провода АПРФ (ПРФ, ПРФл) выпрямляют на верстаке или вручную.

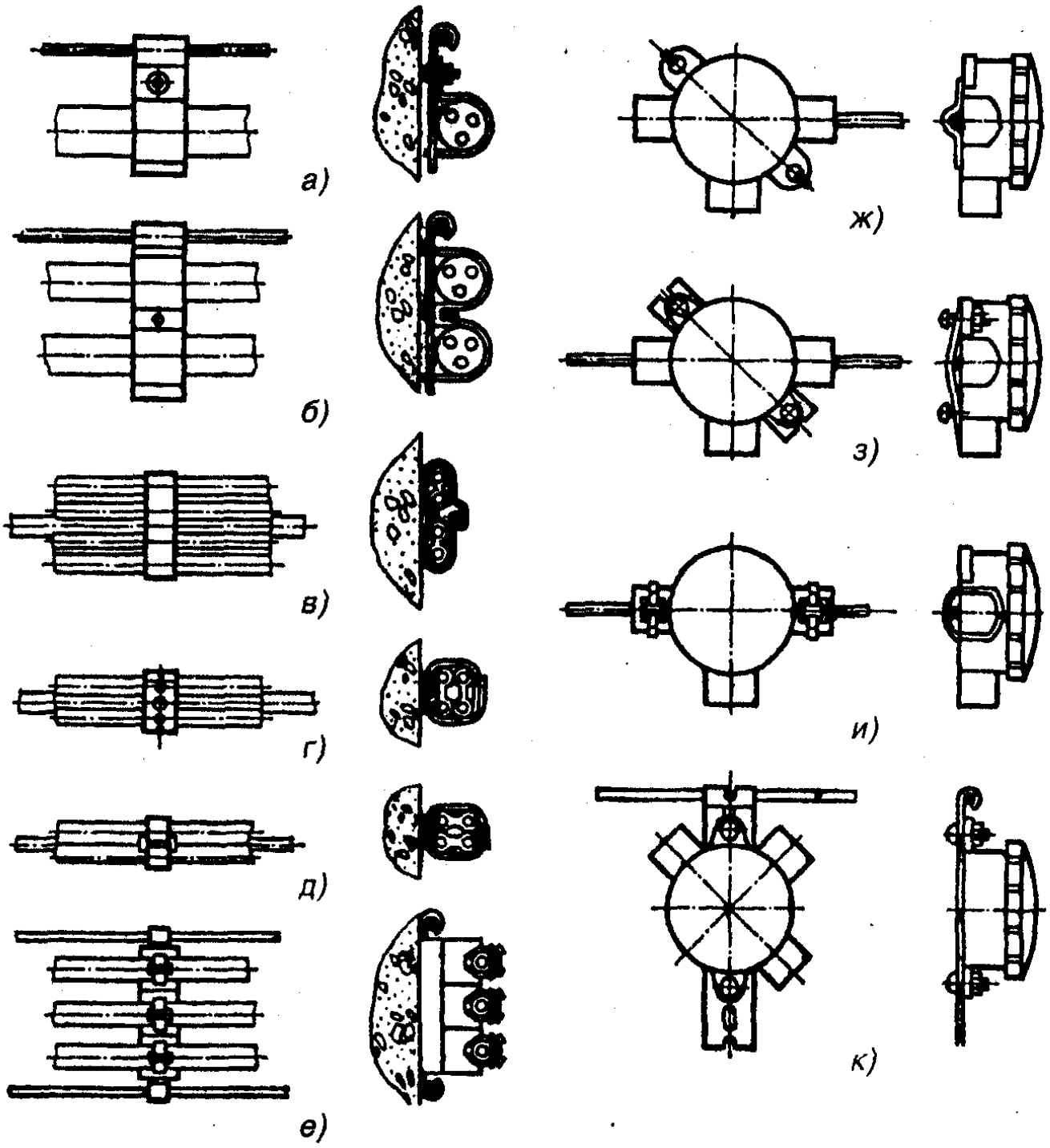


Рис. 4.9. Прокладка кабеля и проводов по стене с креплением к струнам:

а — подвеской У954; *б* — подвеской У957; *в* — полоской Лоскутова; *г* — лентой К226; *д* — полоской с пряжкой ПИ; *е, и* — полоской ПЛ с пряжкой; *ж* — полоской 20 × 1 с «усами»; *з, к* — монтажной полоской К-200

Провода и кабели крепят металлическими или пластмассовыми бандажами на расстоянии 10—15 мм от мест изгиба трассы и 100 мм — от их ввода в ответвительные коробки. Расстояние между точками крепления 500 мм. Несущие полосы, ленты и струны заземляют так же, как и тросовые проводки. Металлические оболочки проводов АПРФ, ПРФ, ПРФл заземляют у питающих щитков или пунктов гибкой медной перемычкой, припаянной к металлической оболочке кабеля, провода.

§ 21. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА СКРЫТЫХ ЭЛЕКТРОПРОВОДОК

В практике электромонтажных работ широкое распространение получили беструбные скрытые электропроводки, выполняемые проводами АППВС и АПВ с прокладкой их непосредственно в толще строительных конструкций: в гипсолитовых, бетонных перегородках, под штукатуркой, в пустотах и каналах перекрытий и стен, с замоноличиванием в строительные конструкции при их изготовлении на заводах железобетонных изделий.

Скрытую прокладку проводов выполняют, соблюдая следующие требования: провода в тонкостенных перегородках до 80 мм или под слоем штукатурки прокладывают параллельно архитектурно-строительным линиям; между горизонтально проложенными проводами и плитами перекрытия расстояние не должно превышать 150 мм; в строительных конструкциях толщиной более 80 мм провода прокладывают по кратчайшим трассам.

В помещениях кирпичных зданий, а также в крупноблочных зданиях с перегородками, изготовленными из плит небольших размеров, скрытые электропроводки плоскими проводами выполняют так: в кирпичных и шлакобетонных оштукатуренных стенах — непосредственно под слоем штукатурки; в стенах из крупных бетонных блоков — в швах между блоками, а отдельные участки — в штробах; в гипсобетонных перегородках из отдельных плит — в бороздах, в перекрытиях из сборных многопустотных плит — в пустотах плит или в неметаллических трубах, уложенных поверх плит перекрытия в подготовке пола.

К монтажу электропроводок приступают после окончания строительных работ и работ по укладке чистого пола.

Технологические операции монтажа скрытых электропроводок выполняют в определенной последовательности. Сначала размечают трассу электропроводки, места установки ответвительных коробок под выключатели и штепсельные розетки, крюки под светильники. Разметку начинают с мест установки по проекту щитков, светильников, выключателей и штепсельных розеток. Далее размечают трассы прокладки проводов. Плоские провода в горизонтальном направлении прокладывают на расстоянии 100—150 мм от потолка или 50—100 мм от балки или карниза. Провода можно укладывать в щели между перегородкой и перекрытием или балкой. Линии к штепсельным розеткам прокладывают на высоте их установки (800 или 300 мм от пола) или в углу между перегородкой и верхом плиты перекрытий. Спуски и подъемы к выключателям, светильникам выполняют вертикально. Разметку мест установки светильников выполняют аналогично разметке открытых проводок плоскими проводами.

Отверстия в бетоне и кирпиче делают электро- и пневмоинст-

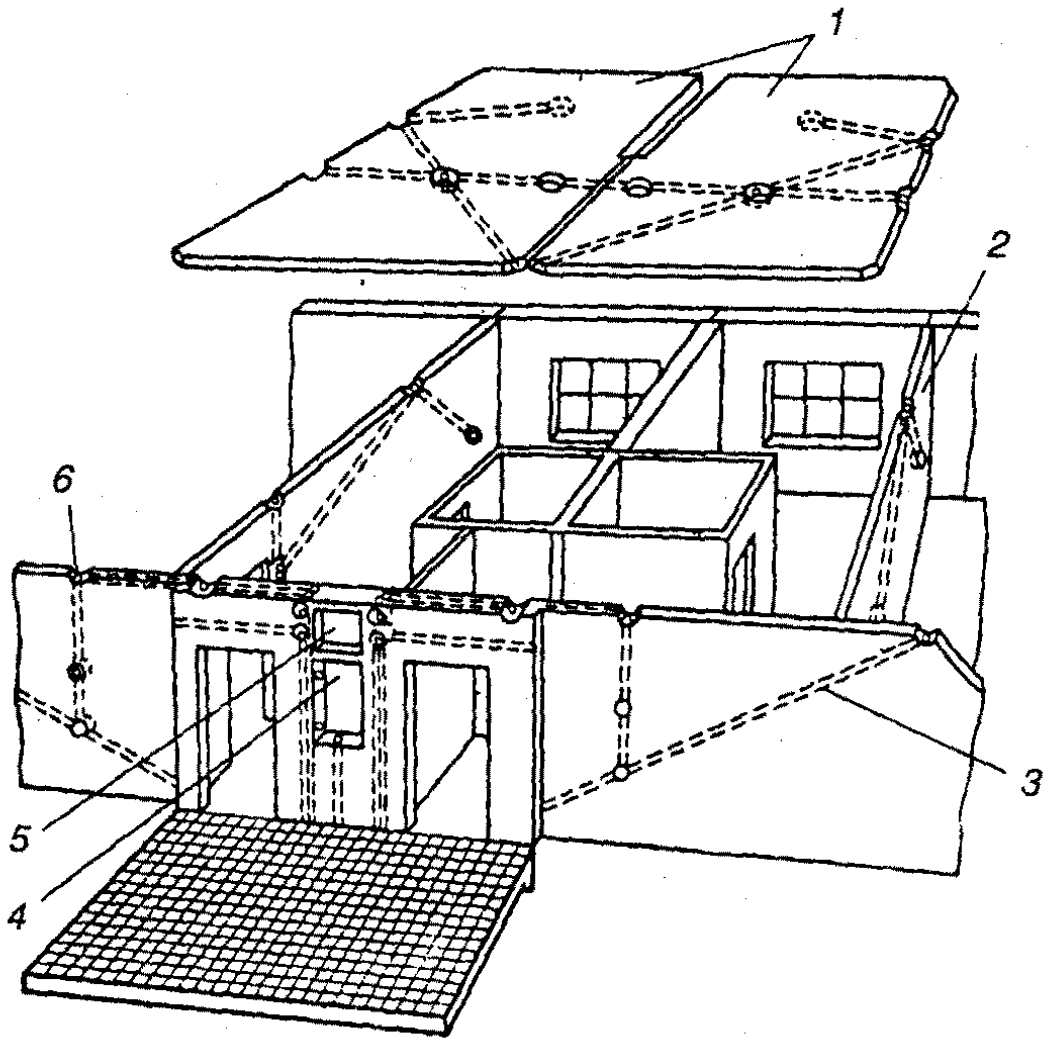


Рис. 4.10. Пример выполнения электропроводок в каналах крупнопанельного административного здания:

1 — панель перекрытия; *2* — стеновая панель; *3* — каналы для проводов; *4* — ниша щитка освещения; *5* — ниша для слаботочных устройств; *6* — углубление в панели для соединения проводов

рументом. В гипсобетонных перегородках и кирпичных стенах борозды изготовляют механизмом МВБ-2МУ1. Пробивные работы по кирпичу и бетону выполняют пневматическими рубильными молотками, а сверления под ответвительные коробки, штепсельные розетки и выключатели — коронками КГС.

Заготовку мерных отрезков плоских проводов производят непосредственно на месте монтажа. На концах проводов вырезают разъединительную пленку длиной 75 мм, а на изгибах — 40—60 мм. У трехжильных проводов после вырезки пленки в местах изгиба одну жилу отводят полупетлей внутрь угла. Гвоздями скрытую проводку крепить нельзя. Крепление проводов осуществляют «приомораживанием» алебастровым раствором, пластмассовыми скобами, хлопчатобумажной лентой. Далее провода вводят в коробки, делают соединения, ответвления и изолируют их концы.

При прокладке проводов и кабелей в каналах сборных строительных конструкций разметку трасс и мест установки приборов производить не требуется. Перед затягиванием проводов калибром

проверяют пригодность каналов. Диаметр калибра должен быть не менее 0,9 проектного диаметра канала. При этом особое внимание обращают на наличие натеков и острых граней в местах сопряжения строительных элементов здания. Затем проверяют состояние соединительных ниш соседних стеновых панелей. Нишу выполняют полукруглой формы радиусом 70 мм, гнезда для электроустановочных изделий — с конусностью диаметрами 72—74 мм при установке без коробок и 85 мм — с коробками. Затягивание проводов в каналы производят от прибора к коробкам и нишам. Усилие затягивания не должно превышать 20 Н на 1 мм^2 суммарного сечения жил. При диаметре канала 20 мм можно затягивать до пяти проводов, при 25 мм — до восьми проводов сечением до 2,5 мм^2. При ограниченном числе проводов и небольшой длине прямых каналов затягивание производят вручную, при большом числе — стальной проволокой, предварительно затянутой в канал, или приспособлением.

Пример выполнения электропроводок в каналах показан на рис. 4.10.

§ 22. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРОПРОВОДОК НА ЛОТКАХ И В КОРОБАХ

В помещениях, где допускается открытая прокладка проводов и кабелей, использование лотков и коробов позволяет значительно сократить трудоемкие операции крепления проводок и обойтись без дефицитных труб. Такой вид прокладки обеспечивает хорошие условия охлаждения проводов (кабелей), возможность замены их и свободный доступ к ним в процессе эксплуатации. Лотки для электропроводок выпускают секциями длиной 2 м: сварные — шириной 200 и 400 мм, перфорированные — 50 и 100 мм.

Лотки устанавливают на высоте не менее 2 м от уровня пола или площадки обслуживания; в помещениях, обслуживаемых специально обученным персоналом, высота расположения лотков и коробов не нормируется.

Металлические лотки НЛ (рис. 4.11) устанавливают на сборных кабельных конструкциях, элементах строительных и технологических конструкций, кронштейнах и подвесках. Шаг крепления кабелей — 250 мм.

Все соединения при монтаже выполняют резьбовыми деталями крепления. Для надежного электрического контакта в местах соединения прямых окрашенных лотков фланцы имеют гальваническое покрытие. Электрический контакт вспомогательных элементов с прямыми окрашенными лотками обеспечивается стопорными шайбами либо зачисткой мест контакта.

Стальные одноканальные короба серии У (рис. 4.12) усовершенствованной конструкции допускают увеличенную нагрузку, обеспе-

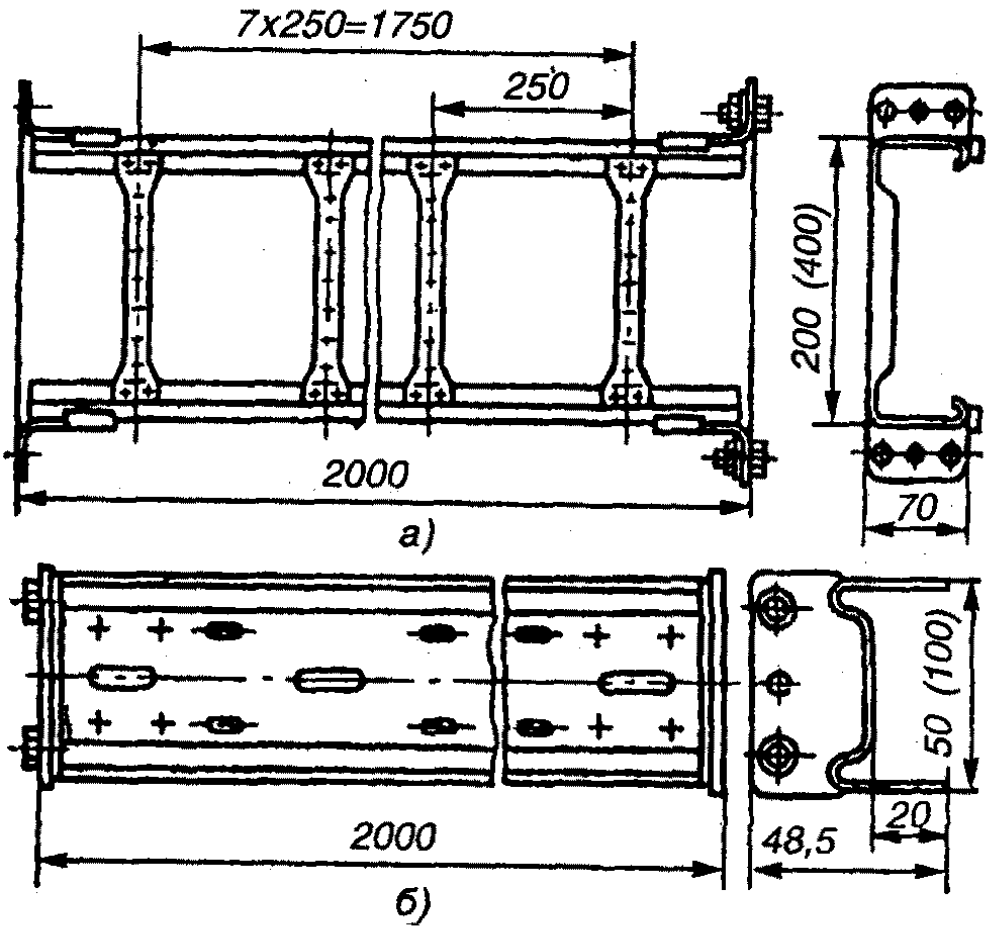


Рис. 4.11. Металлические прямые лотки:
а — НЛ40-П2 и НЛ20-П2; *б* — НЛ5П2 и НЛ10-П2

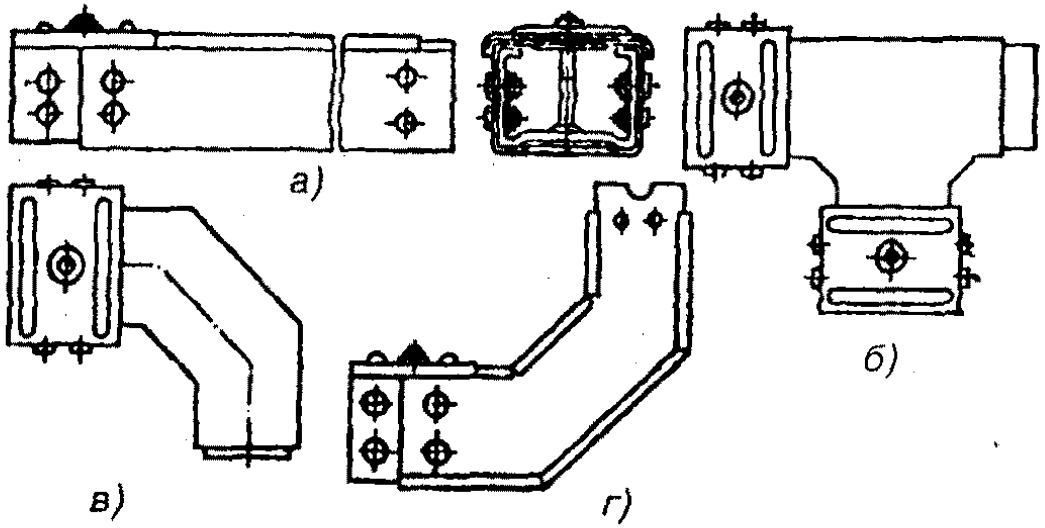


Рис. 4.12. Стальные электротехнические короба серии У:
а — прямой; *б* — тройниковый; *в* — угловой для измерения трассы в горизонтальной плоскости; *г* — угловой для изменения трассы в вертикальной плоскости

чивают прокладку трассы с необходимыми поворотами; их используют для вертикальной прокладки сетей. Надежную электрическую связь секций короба осуществляют соединением элементов болтами.

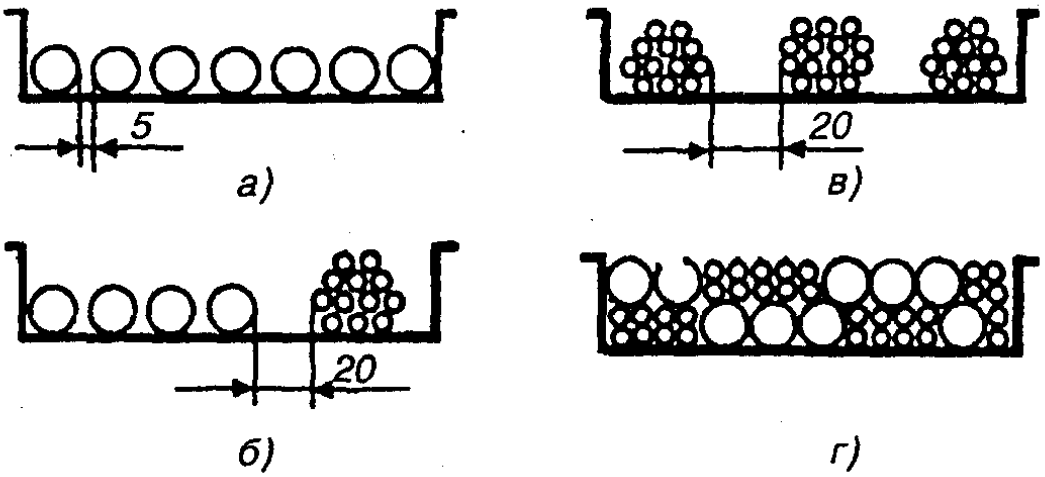


Рис. 4.13. Способы прокладки проводов и кабелей на лотках:

а — рядами; *б* — пучками; *в* — пакетами; *г* — многослойная

Операции монтажа электропроводок в лотках и коробах выполняют в определенной технологической последовательности.

Сначала разметочным шнуром размечают трассу с соблюдением мест установки опорных и поддерживающих конструкций и точек их крепления к строительным элементам здания. Расстояние между точками крепления лотков принимают равным 2—2,5, коробов — не более 3 м. Затем устанавливают или подвешивают опорные конструкции на кронштейнах или консолях, перфорированных полосках и профилях, закрепляя их распорными или пристреливаемыми дюбелями.

Опорные конструкции приваривают к закладным частям и металлическим конструкциям здания, либо подвешивают в пролетах цехов на несущих тросах и тросовых подвесках растяжками. При пересечении лотка или короба с трубопроводами, расстояние от трубопровода до опорной конструкции должно быть не менее 50, при параллельном следовании — не менее 100 мм, для трубопроводов с горячей жидкостью или газами соответственно не менее 100 и 250 мм.

После этих операций из отдельных секций лотков собирают блоки по 6—12 м, соединяя их планками на болтах. При прокладке коробов на тросовых подвесках предусматривают уклон в сторону спуска к электроприемникам. Далее подготовляют мерные отрезки проводов, в местах их соединений и на концах снимают изоляцию, прозванивают, скручивают жилы, контролируют правильность соединений, в нужных местах устанавливают коробки или сжимы, собирают в пучки, бандажируют, маркируют бирками. Число проводов в пучке должно быть не более 12, наружный диаметр пучка — 0,1 м. Расстояние между бандажами на горизонтальных пучках 4,5, на вертикальных — не более 1 м.

При прокладке проводов и кабелей в лотках (рис. 4.13, *а—г*) рядами, пучками и пакетами выдерживают промежуток: при од-

нослойной прокладке — в свету 5 мм; при прокладке пучками — 20 мм; между проводами при многослойной прокладке — без промежутков.

При прокладке проводов и кабелей в коробах высота слоя в одном коробе не должна превышать 0,15 м. Мерные отрезки с барабанов или бухт разматывают и укладывают на лотки с помощью приспособлений, роликов и желобов.

В местах поворотов трасс, на ответвлениях, при вертикальной и горизонтальной прокладке лотков плашмя провода и кабели крепят через 1 м, при прокладке коробов крышкой вниз их крепят через 1,5 м, в сторону — через 3 м. На прямых горизонтальных участках крепить провода в коробах не следует.

На концах лотков и коробов, поворотах трассы и ответвлениях, а также в местах подключения проводов к электрооборудованию устанавливают маркировочные бирки. Соединенные в магистраль лотки или короба заземляют не менее чем в двух удаленных друг от друга местах с противоположных сторон линии и дополнительно в конце ответвления. При этом проверяют непрерывность цепи «фаза-нуль», контактных соединений и измеряют мегаомметром сопротивление изоляции.

§ 23. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРОПРОВОДОК В ТРУБАХ

Стальные трубы для электропроводок применяют только в тех случаях, когда по условиям среды и категории помещений (например, взрывоопасные) другие виды электропроводок запрещены.

В электропроводках используют стальные трубы: тонкостенные (электросварные сечением 15—20 мм) и водогазопроводные (обыкновенные, легкие сечением 15—80 мм). Тонкостенные трубы запрещается применять для прокладки в помещениях сырых, особо сырых, взрывоопасных, с химически агрессивной средой, в наружных установках, в земле. Ответственной операцией монтажа стальных труб является их соединение между собой. Наиболее надежным считают соединение стандартной водогазопроводной муфтой, выполненной с резьбой, паклей и суриком; такое соединение обязательно в помещениях сырых, жарких, с химически агрессивной средой, взрыво- и пожароопасных и во всех помещениях, где применяют скрытую прокладку труб. Для соединения тонкостенных труб муфтой с резьбой требуется выполнение на концах труб *накатной резьбы*. Ее выполняют специальной резьбонакатной головкой.

В сухих помещениях с нормальной средой часто применяют безрезьбовые соединения (рис. 4.14, *а—м*). Определение размеров труб с учетом сложности затяжки проводов в трубы и конфигурацией трассы приведены в табл. 26 и на рис. 4.15.

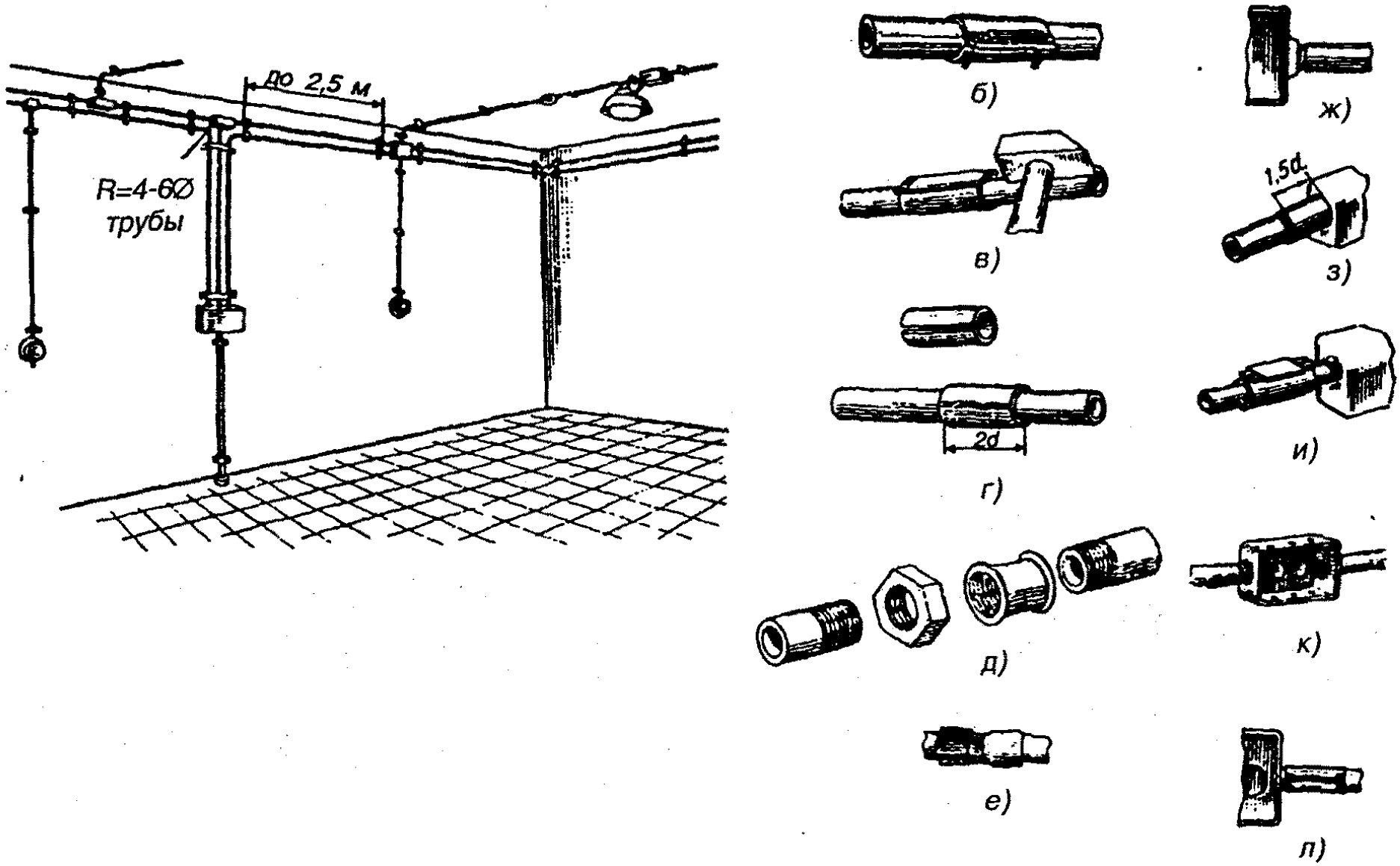


Рис. 4.14. Монтаж электропроводок в стальных трубах:

а — общий вид электропроводки в стальных трубах; *б* — соединение труб манжетом с винтами; *в* — соединение труб манжетом с клиновой обоймой; *г* — соединение труб под электросварку; *д* — соединение труб на резьбе; *е* — соединение труб муфтой с раструбами; *ж* — ввод в коробки на резьбе; *з* — ввод в коробку с помощью гильзы с обваркой по периметру (*d* — наружный диаметр трубы); *и* — ввод в коробку с помощью патрубка и манжеты с клиновой обоймой; *к* — ввод в коробку с помощью заземляющих гаек; *л* — ввод в коробку с помощью втулок, привариваемых к коробке

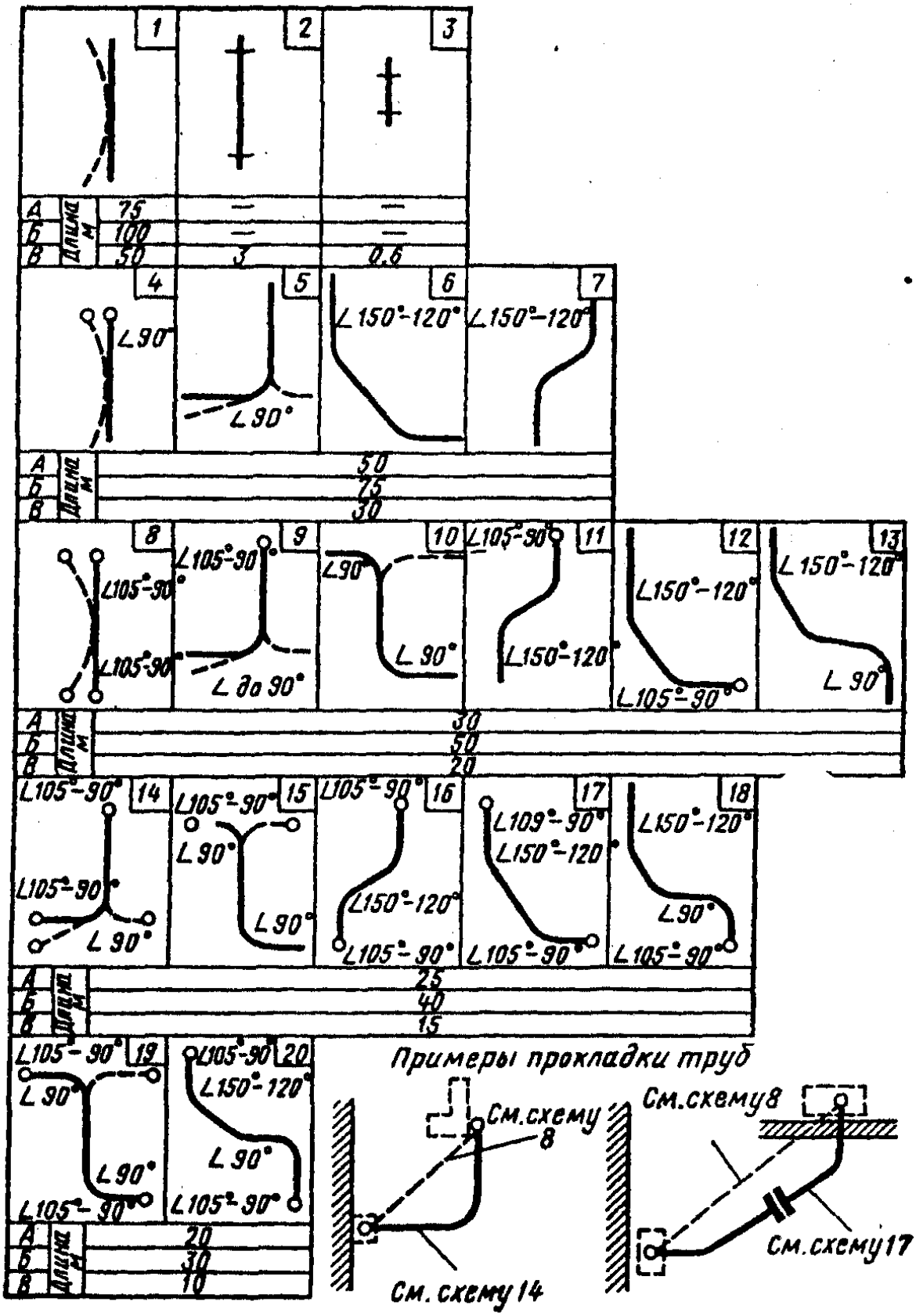


Рис. 4.15. Ориентировочная оценка сложности затяжки проводов и кабелей в трубопроводы (схемы *1—20*)

Заготовка трубных блоков является трудоемкой работой, поэтому современные мастерские заготовительных участков оснащают специальными трубогибами, механическими пилами, станками для чистки труб.

Таблица 26. **Расчетные формулы для выбора стальных труб**

Обозначение сложности затяжек (см. рис. 95)	Одножильные и многожильные провода и кабели			
	Один провод или кабель	одинакового диаметра	разного диаметра	три или более проводов или кабелей
А	$\frac{D}{1,4} \geq d$	$\frac{D}{2,7} \geq d$	$\frac{D}{2,7} \geq \frac{d_1 + d_2}{2}$	$0,4\ D^2 \geq n_1\ d_1^2 + n_2\ d_2^2 + \ldots$
Б	$\frac{D}{1,65} \geq d$			$0,32\ D^2 \geq n_1\ d_1^2 + n_2\ d_2^2 + \ldots$
В	$\frac{D}{1,65} \geq d$	$\frac{D}{2,5} \geq d$	$\frac{D}{2,5} \geq \frac{d_1 + d_2}{2}$	$0,45\ D^2 \geq n_1\ d_1^2 + n_2\ d_2^2$

Примечание. Здесь d, d_1, d_2 — наружные диаметры проводов (кабелей), мм, n_1, n_2... — число проводов (кабелей) данного диаметра, D — внутренний диаметр трубы, мм.

Главными видами *изолирующих труб*, применяемых в электропроводках, являются резиновые полутвердые (эбонитовые) и пластмассовые (винипластовые, полиэтиленовые и полипропиленовые).

Поскольку полиэтилен и полипропилен деформируются под воздействием жиров, нефтепродуктов и длительного влияния дневного света, трубы из этих материалов применяют преимущественно для скрытых прокладок.

Обработку труб из полиэтилена и полипропилена и их монтаж ведут при плюсовых температурах, так как при температуре ниже 0° С они становятся хрупкими.

Внутри полиэтиленовых и полипропиленовых труб устройство соединений и ответвлений проводов недопустимо; для этого служат распаечные коробки из стали, негорючей пластмассы или силумина. Надежным соединением полиэтиленовых и полипропиленовых труб является сварка. Ее выполняют специальным нагревательным инструментом.

Если техническими условиями монтажа герметичность соединений не обусловлена, то соединять полиэтиленовые и полипропиленовые трубы можно применяя гильзы из стали и резины, в которые без подогрева, при тугой посадке вводят концы труб.

Операции монтажа электропроводок в трубах выполняют в определенной технологической последовательности.

По рабочим чертежам проекта подготовляют трассу электропроводок в трубах. При этом уточняют ее направление и протяженность, выполняют привязку к технологическому оборудованию и электроприемникам по месту. *При открытой прокладке труб* размечают места установки электроконструкций и электроприемников, про-

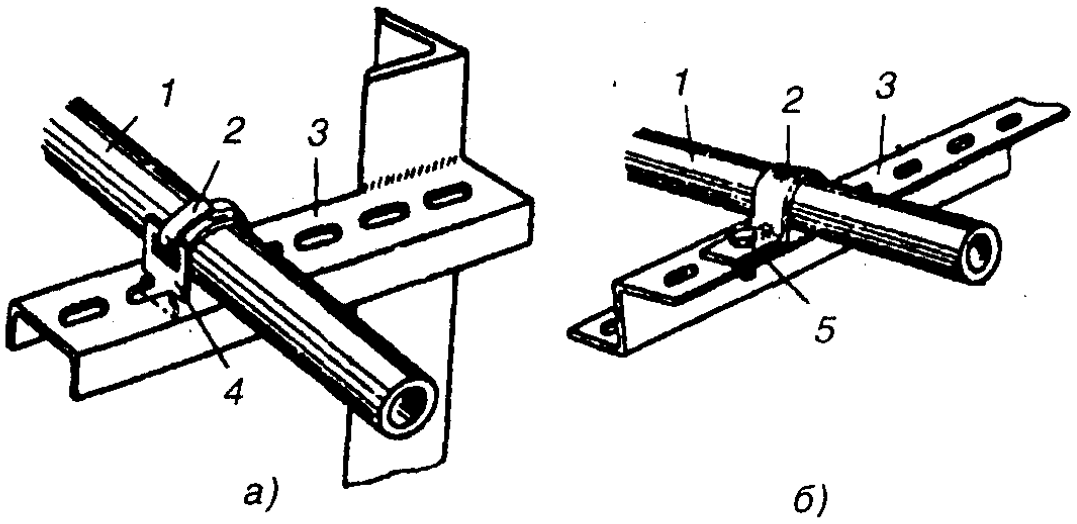


Рис. 4.16. Применение перфорированных профилей и монтажных изделий для крепления труб:

а — швеллер; *б* — Z образный профиль; *1* — труба; *2* — крепежная деталь; *3* — прямой профиль; *4* — пряжка; *5* — болт

изводят привязку концов труб, коробок, протяжных и ответвительных ящиков, крепежных деталей, опорных конструкций, поворотов трассы, мест проходов через стены и перекрытия. На прямых участках все коробки располагают на одной линии, параллельной архитектурным линиям здания. При обходе препятствий трассу трубной проводки располагают так, чтобы в трубах не скапливалась влага. При диаметре труб 15—20 мм их крепят через 2,5 м, при 25—32 мм — через 3 м, при 40—80 мм — через 3,5 — 4м, при 100 мм — через 6 м. Расстояние от точек крепления труб электропроводок до угла поворота 150—200 мм, от труб отопления и горячего водоснабжения при параллельной прокладке не менее 100 мм, при пересечении — не менее 50 мм в свету.

При скрытой прокладке труб линии разметки трасс должны быть кратчайшими в любом направлении. Глубина заложения труб 20—50 мм. Расстояние между протяжными коробками на прямых участках не более 75 м, при одном изгибе — 50 м, при двух изгибах — 40 м, при трех — 20 м, между точками крепления в борозде — 700—800 мм.

В местах пересечения трубами осадочных и температурных швов предусматривают специальные ящики с компенсаторами или гибкие компенсаторы.

После выполнения пробивных работ устанавливают опорные конструкции и детали крепления (рис. 4.16, *а, б*). Расстояние опорных конструкций от основания —50—100 мм. При установке конструкций точно придерживаются горизонтальных и вертикальных линий разметки. Наименьший допустимый радиус изгиба трубы диаметром 50 мм при открытой прокладке равен четырехкратному диаметру трубы; при большем диаметре — шестикратному; при

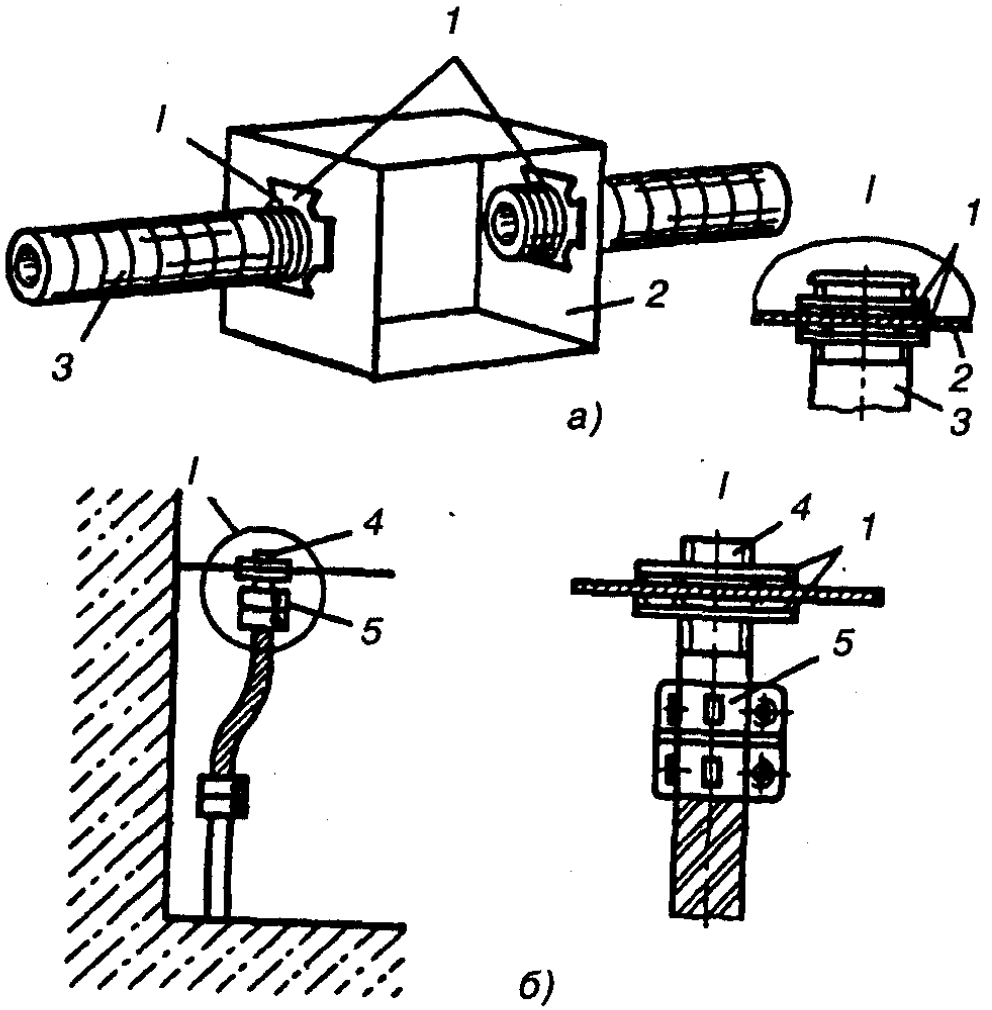


Рис. 4.17. Примеры монтажа электропроводок в трубах:

а — установочных заземляющих гаек; *б* — муфт У211— У219; *1* — гайки; *2* — стенки коробки; *3* — стальная труба; *4* — вводной патрубок; *5* — муфты ТР

прокладке труб в бетонных массивах — десятикратному. Нормализованными являются углы поворота 90; 105; 120; 135 и 150° и радиусы изгиба 200; 400 и 800 мм. Концы мерных отрезков труб нарезают. Каждая труба в соединении должна иметь не менее пяти полных неповрежденных витков резьбы. Для труб с условным проходом 15—80 мм длина резьбы может быть короткой (14—30 мм) или длинной (50—100 мм).

Соединение водогазопроводных труб между собой производят муфтами на резьбе; электросварных — на накатной резьбе или манжетами, приваренными к трубам в двух-трех точках. Соединение труб в местах изгиба не разрешается.

Соединение труб с коробами, ящиками, корпусами электрооборудования производят заземляющими гайками, муфтами на резьбе, ввертыванием трубы в резьбовую часть коробки или ящика, манжетами и патрубками (рис. 4.17, *а, б*). При соединении труб их уплотняют фторопластовым уплотнительным материалом (лентой ФУМ шириной 10—15, толщиной 0,08—0,12 мм), наматывая его в два-три слоя по часовой стрелке на короткую резьбу трубы. Заго-

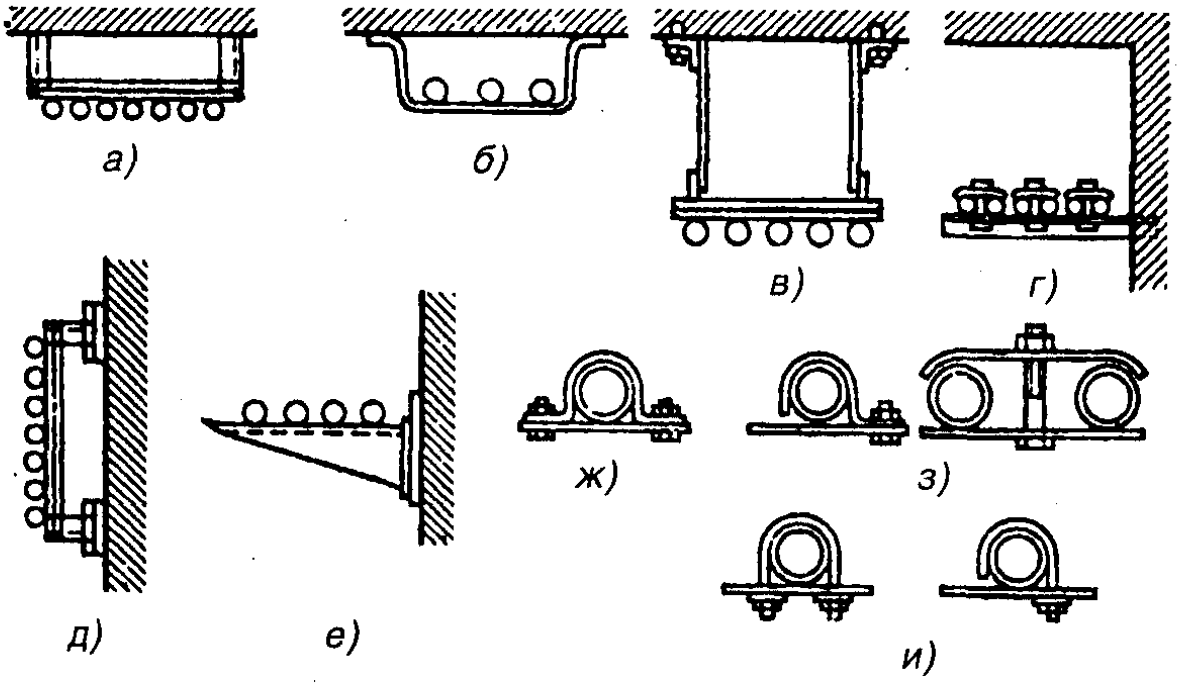


Рис. 4.18. Способы крепления труб к опорным конструкциям:

а — в — потолочных опорных конструкций из уголка, перфорированной полосы и на подвесках; *г — е* — настенных опорных конструкций и кронштейнов; *ж — и* — хомутов, полухомутов и двух однолапковых скоб и накладок

товленные трубы собирают в пакеты и блоки, комплектуют протяжными ящиками и ответвительными коробками и маркируют по порядковому номеру трубного журнала.

Следующей операцией монтажа является прокладка труб, которую выполняют непосредственно по строительному основанию или на опорных конструкциях. Одиночные трубы прокладывают по линии разметки. Для вертикальных блоков труб определяют линию оси, а горизонтальных — их верхние края.

При открытой прокладке одиночные трубы крепят скобами с одной или двумя лапками; к опорным конструкциям трубы крепят скобами, хомутами, накладками (рис. 4.18, *а — и*).

Скрыто прокладываемые трубы в бороздах «приораживают» алебастровым раствором с последующей заделкой штукатуркой. В полах, фундаментах трубы крепят к стальной арматуре или специальным опорам. Обход препятствий и подвод труб к двигателям и аппаратам осуществляют гибкими вводами (рис. 4.19). На технологических линиях МЭЗ, используя механизмы, заготовляют и обрабатывают провода и кабели. Далее их затягивают в трубы с помощью стальной проволоки, предварительно на концах труб устанавливают втулки. Провода сечением до 50 мм^2 крепят через 30 м, сечением 70—150 мм^2 — через 20 м, сечением 185—240 мм^2 — через 15 м. Завершающей операцией монтажа трубной электропроводки является заземление труб, которое выполняют приваркой — не менее чем в двух точках обходными перемычками достаточной проводи-

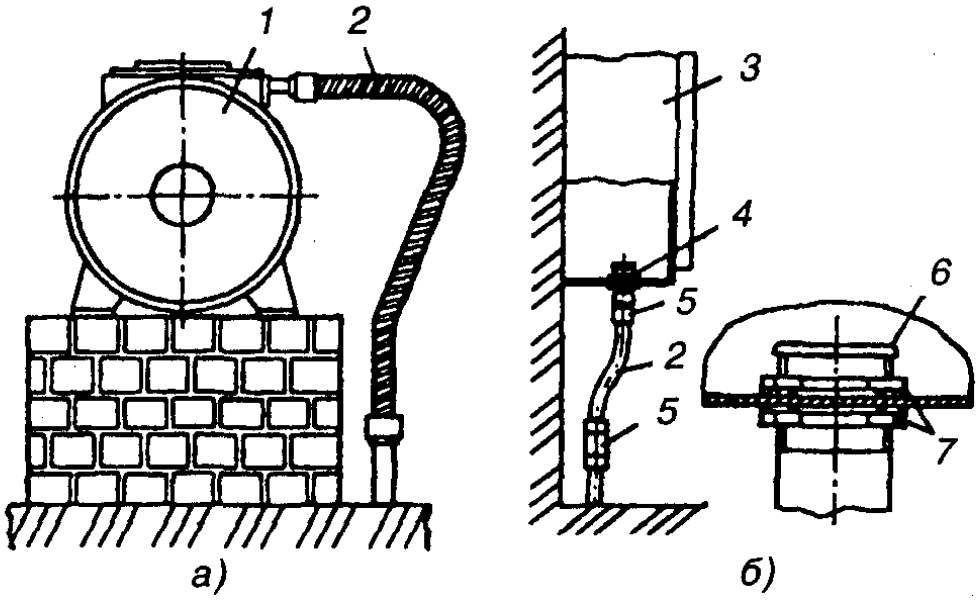


Рис. 4.19. Примеры применения гибких вводов:

а — ввод в двигатель; *б* — ввод в пусковой ящик; *1* — двигатель; *2* — гибкий ввод; *3* — пусковой ящик; *4* — патрубок; *5* — муфта; *6* — втулка; *7* — установочная гайка

мости. При параллельной прокладке нескольких труб их заземляют, приваривая поперечные стальные полосы.

Технология монтажа полимерных труб несколько отличается от монтажа стальных.

Разметка трубных трасс при открытой прокладке аналогична разметке трасс стальных труб: их крепления должны допускать свободное перемещение труб при линейном расширении или сжатии в зависимости от температуры окружающей среды. При диаметре трубы 20 мм расстояние между точками их крепления 500 мм, при 25 мм—700 мм, при 32 мм —900 мм; при 40 мм —1100 мм; при 50 мм —1300 мм; при 63 мм —1500 мм; при диаметре 25 мм расстояние между осями параллельно прокладываемых труб 65 мм; при 50—105; при 70—140; при 80—150 мм. При скрытой прокладке полимерных труб глубина замоноличивания труб бетонным раствором должна быть не менее 50 мм. Если нагрузка на полы незначительна, толщина слоя может быть уменьшена до 20 мм. В местах пересечения труб на них надевают стальную гильзу большего диаметра. Полиэтиленовые трубы прокладывают только скрыто.

Трасса их прокладки не должна совпадать или пересекаться с горячими поверхностями. Пластмассовый электротрубопровод нужно прокладывать ниже теплопровода.

Винипластовые трубы при изгибании предварительно нагревают, полипропиленовые — можно изгибать без нагрева, если температура окружающей среды выше 0° С.

Полиэтиленовые трубы соединяют между собой полиэтиленовыми муфтами или муфтами из термоусаживающихся материалов; винипластовые трубы — винипластовыми муфтами или муфтами с раструбом, применяя клей БМК-5 или ПКФ-147.

Контрольные вопросы

1. Какие виды электропроводок вы знаете?
2. Провода каких марок применяют для скрытых электропроводок?
3. Каковы особенности монтажа открытых электропроводок?
4. Как выполняют тросовые электропроводки?
5. Какова технологическая последовательность операций по монтажу электропроводки на лотках и в коробах?
6. Как выбирают металлические трубы для электропроводки?
7. Какова последовательность операций по монтажу электропроводок в трубах?
8. Какие средства механизации применяют при монтаже электропроводок в трубах?
9. Как соединяют полиэтиленовые трубы между собой?

ГЛАВА 5. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА УСТАНОВОК ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

§ 24. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА

Установки электрического освещения используют во всех производственных и бытовых помещениях, общественных, жилых и других зданиях, на улицах, площадях, дорогах, переездах и т.п. Это самый распространенный вид электроустановок. Различают три вида электрического освещения.

Рабочее освещение предназначается для нормальной деятельности во всех помещениях и на открытых участках при недостаточном естественном освещении. Оно должно обеспечивать нормируемую освещенность в помещении на рабочем месте.

Аварийное освещение предназначается для создания условий безопасной эвакуации людей при аварийном отключении рабочего освещения в помещениях или продолжении работ на участках, где работа не может быть прекращена по условиям технологии. Аварийное освещение должно создавать освещенность не менее 5 % общего для продолжения работы или не менее 2 лк, а эвакуационное — не менее 0,5 лк на полу, по основным проходам и лестницам.

Охранное освещение вдоль границ охраняемой территории является составной частью рабочего освещения, создает освещенность зоны с обеих сторон ограды.

По правилом устройства электроустановок освещение делят на три системы.

Общее освещение в производственных помещениях может быть равномерным (с равномерной освещенностью по всему помещению) или *локализованным*, когда светильники размещают так, чтобы

на основных рабочих местах создавалась повышенная освещенность.

Местная система обеспечивает освещение рабочих мест, предметов и поверхностей.

Комбинированной называют такую систему освещения, при которой к общему освещению помещения или пространства добавляется местное, создающее повышенную освещенность на рабочем месте. Основным элементом осветительной электроустановки является источник света — лампа, преобразующая электроэнергию в световое излучение.

Большое распространение получили два класса источников света: *лампы накаливания* и *газоразрядные* (люминесцентные, ртутные, натриевые и ксеноновые).

Основными характеристиками лампы являются номинальные значения напряжения, мощности светового потока (иногда — силы света), срок службы, а также габариты (полная длина L, диаметр, высота светового центра от центрального контакта резьбового или штифтового цоколя до центра нити).

Наиболее употребительные типы цоколей: *E — резьбовой*; *Bs — штифтовой одноконтактный*; *Bd — штифтовой двухконтактный* (последующие буквы обозначают диаметр резьбы или цоколя).

Кроме того, применяют фокусирующие *P*, гладкие цилиндрические софитные *SV* и некоторые другие цоколи.

В маркировке ламп общего назначения буквы означают: В — вакуумные, Г — газонаполненные, Б — биспиральные газонаполненные, БК — биспиральные криптоновые.

Большое значение имеет зависимость характеристик ламп накаливания (ЛН) от фактически подводимого напряжения. С повышением напряжения увеличивается температура накала нити, свет становится белее, быстро возрастает поток и несколько медленнее световая отдача, в результате этого резко уменьшается срок службы лампы.

Широко применяемые в осветительных установках трубчатые люминесцентные ртутные лампы (ЛЛ) низкого давления имеют ряд существенных преимуществ по сравнению с ЛН; например, высокую световую отдачу, достигающую 75 лм/Вт; большой срок службы, доходящий у стандартных ламп до 10 000 ч; возможность применения источника света различного спектрального состава при лучшей для большинства типов цветопередаче, чем у ламп накаливания; относительно малую (хотя и создающую ослепленность) яркость, что в ряде случаев является достоинством.

Основными недостатками ламп ЛЛ являются: относительная сложность схемы включения (рис. 5.1, 5.2), ограниченная единичная мощность и большие размеры при данной мощности; невозможность переключения ламп, работающих на переменном токе, на питание от сети постоянного тока; зависимость характеристик от

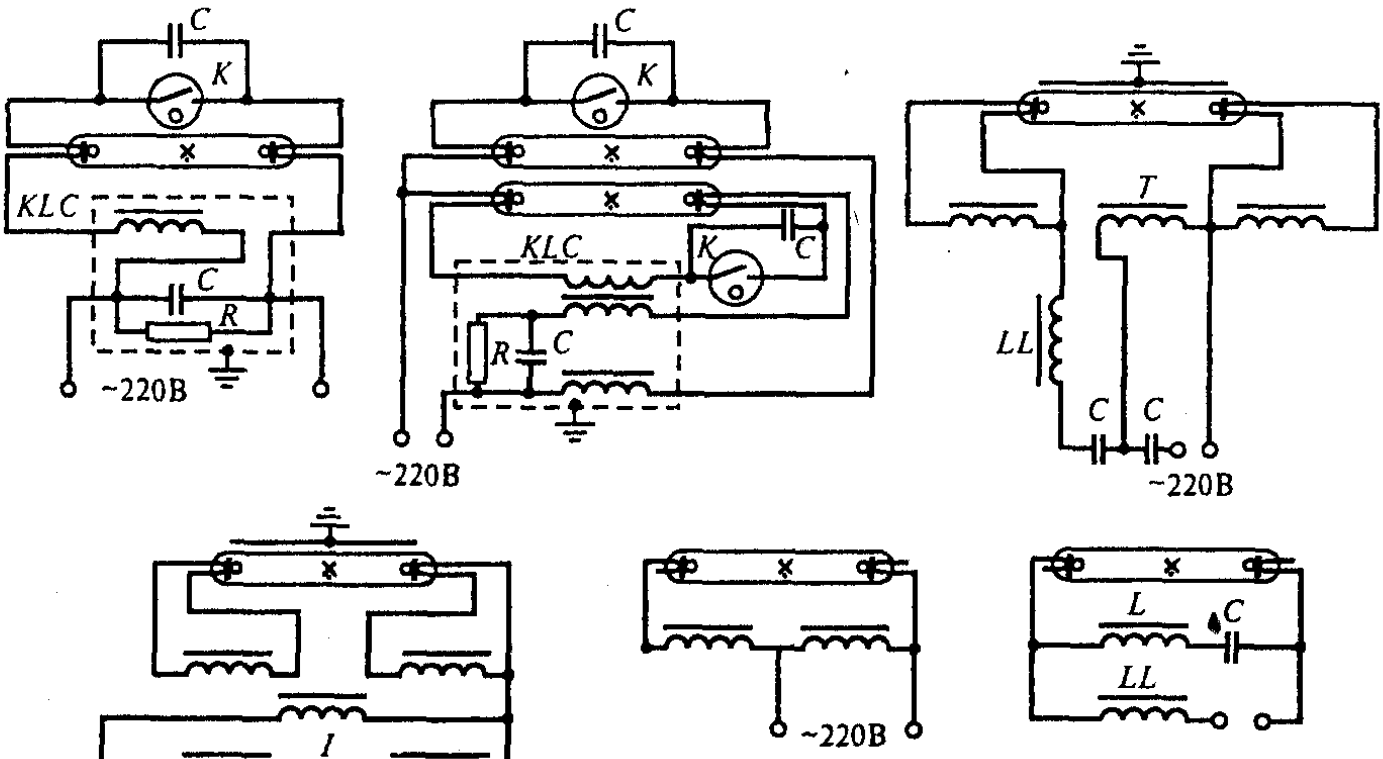


Рис. 5.1. Схема зажигания люминесцентных ламп:

а — однолампова со стартером; *б* — двухламповая со стартерами; *в* — однолампова с накальным трансформатором; *г* — двухламповая с накальным трансформатором; *д* — мгновенного зажигания с автотрансформатором; *е* — мгновенного зажигания с использованием резонанса напряжения

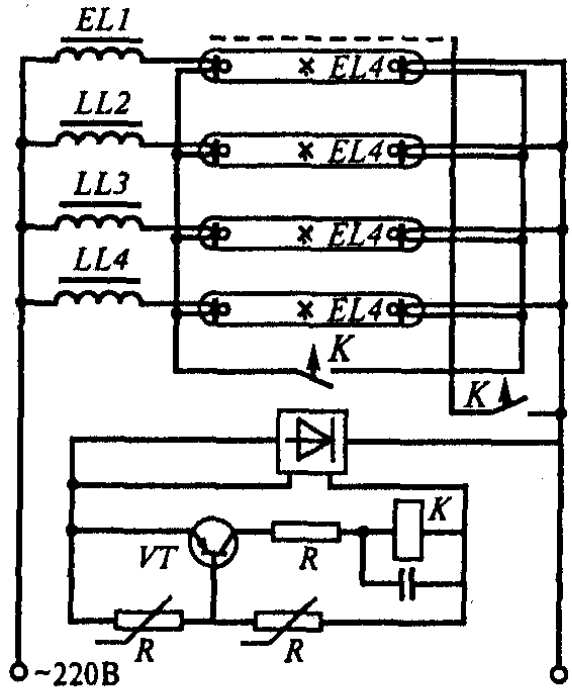


Рис. 5.2. Осветительное устройство с группой ламп и стабилизацией выдержки времени зажигания по температуре и напряжению

температуры внешней среды. Для обычных ламп оптимальная температура окружающего воздуха 18—25°С, при отклонении температуры от оптимальной световой поток и световая отдача снижаются; при $t \leq 10$°С зажигание не гарантируется; значительное снижение потока к концу срока службы; по истечении последнего поток должен быть не менее 54 % номинального; вредные для зрения пульсации светового потока с частотой 100 Гц при переменном токе 50 Гц (они могут быть устранены или уменьшены только при совокупном действии нескольких ламп и соответствующих схемах включения).

При действующих нормах, в которых разрыв между значениями освещенности для ламп накаливания и газоразрядных не превышает двух

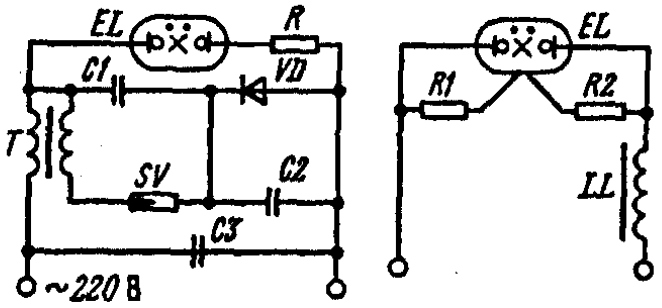


Рис. 5.3. Схемы включения ламп ДРЛ:

а — двухэлектродных; *б* — четырехэлектродных

ступеней, высокая световая отдача и увеличенный срок службы ЛЛ так же, как ламп ДРЛ, делают их в большинстве случаев более экономичными, чем лампы накаливания.

Достоинствами ламп ДРЛ являются: высокая световая отдача, большой срок службы, компактность; устойчивость к условиям внешней среды (кроме очень низких температур).

Недостатками ламп ДРЛ следует считать: преобладание в спектре лучей сине-зеленой части, ведущее к неудовлетворительной цветопередаче, что исключает применение ламп в случаях, когда объектами различения являются лица людей или окрашенные поверхности; возможность работы только на переменном токе; необходимость включения через балластный дроссель (рис. 5.3) длительность разгорания при включении (примерно 7 мин) и начало повторного зажигания даже после очень кратковременного перерыва питания лампы после остывания (примерно 10 мин); пульсации светового потока, большие, чем у люминесцентных ламп; значительное снижение светового потока к концу срока службы.

Лампы накаливания изготовляют на напряжения 127—220 В мощностью 15—1500 Вт. Срок службы ламп накаливания общего назначения составляет 1000 ч, световой поток, измеряемый в люменах, на 1 Вт потребляемой лампой мощности колеблется от 7 (для ламп малой мощности) до 20 лм/Вт (для ламп большой мощности). Колбы ламп накаливания наполняют нейтральным газом (азотом, аргоном, криптоном), что увеличивает срок службы вольфрамовой нити накала и повышает экономичность ламп.

В настоящее время выпускают зеркальные лампы накаливания типов ЗК и ЗШ на повышенное напряжение: 220—230, 235—245 В.

Галогенные лампы накаливания типа КГ-240 (трубчатой формы с вольфрамовой нитью в кварцевой колбе) мощностью 1000, 1500 и 2000 Вт получили распространение в связи с повышенной светоотдачей.

Люминесцентные лампы представляют собой заполненную газом — аргоном — стеклянную трубку, внутренняя поверхность ко-

торой покрыта люминофором. В трубке имеется также капля ртути. При включении в электрическую сеть в лампе образуются пары ртути и возникает свет, близкий к дневному.

Электротехническая промышленность выпускает серию энергоэкономичных ламп ЛЛ, предназначенных для общего и местного освещения промышленных, общественных и административных помещений (ЛБ18-1, ЛБ36, ЛДЦ18, ЛБ58). Для жилых помещений применяют лампы ЛЕЦ18, ЛЕЦ36, ЛЕЦ58, которые по сравнению со стандартными ЛЛ мощностью 20, 40 и 65 Вт имеют повышенный КПД, уменьшенное на 7—8% потребление электроэнергии, меньшую материалоемкость, повышенную надежность при хранении и транспортировании. Для административных помещений выпускают ЛЛ с улучшенной цветопередачей (ЛЭЦ и ЛТБЦЦ) мощностью 8—40 Вт. Лампы имеют линейную и фигурную форму (U и W-образную, кольцевую). Все лампы, кроме кольцевых, имеют на концах двухштыревые цоколи.

По спектру излучаемого света ЛЛ разделяют на типы: ЛБ — белая, ЛХБ — холодно-белая, ЛТБ — тепло-белая, ЛД — дневная и ЛДЦ — дневная правильной цветопередачи.

Дуговые ртутные лампы ДРЛ высокого давления с исправленной цветностью состоят из стеклянной колбы, покрытой люминофором, внутри которой помещена кварцевая газоразрядная трубка, наполненная ртутными парами.

Газоразрядные металлогалоидные лампы ДРИ выпускают со световой отдачей 75—100 лм/Вт продолжительностью горения 2000—5000 ч. Эти лампы обеспечивают лучшую цветопередачу, чем лампы ДРЛ.

Для освещения сухих, пыльных, влажных помещений выпускают металлогалоидные зеркальные лампы — светильники типа ДРИЗ.

Натриевые лампы ДНаТ мощностью 400 и 700 Вт излучают золотисто-белый свет; их световая отдача 90—120 лм/Вт, продолжительность горения более 2500 ч.

§ 25. ОСВЕТИТЕЛЬНАЯ АРМАТУРА

Светильник (рис. 5.4, *а — ж*) состоит из лампы и осветительной арматуры. Арматура служит для перераспределения светового потока лампы (или ламп), предохранения зрения от чрезмерной яркости, крепления и подключения лампы к системе питания, защиты ее от механических повреждений и изоляции от окружающей среды. Осветительная арматура газоразрядных ламп имеет устройство для зажигания и стабилизации их работы.

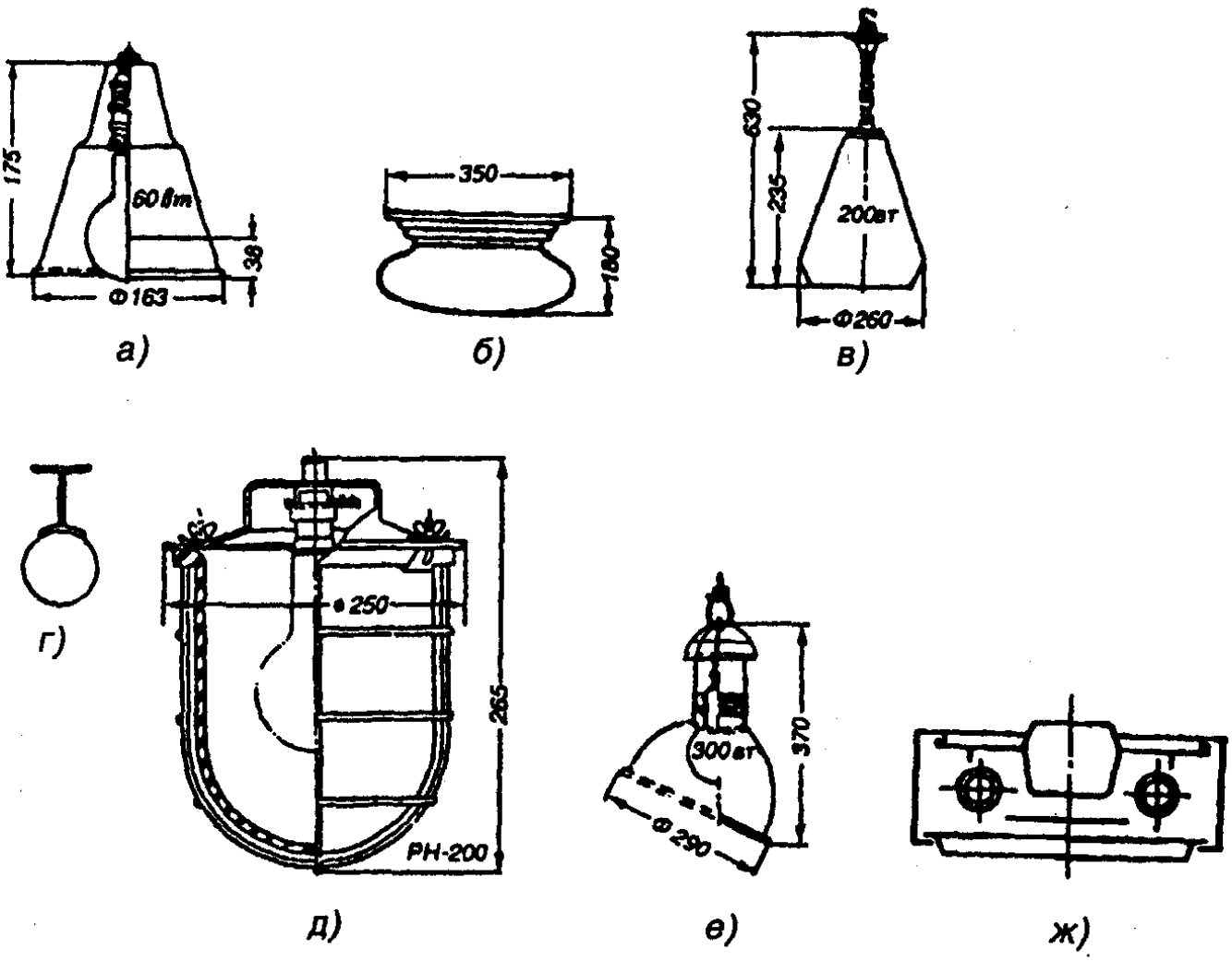


Рис. 5.4. Светильники заводского изготовления:

а — альфа; *б* — плафон; *в* — люцетта; *г* — шар молочного стекла; *д* — рудничный; *е* — косо-свет; *ж* — люминесцентный Л201Б

Предохранение зрения от чрезмерной яркости лампы перераспределением потока в нужном направлении осуществляют отражателями и рассеивателями, которыми снабжены светильники.

Осветительная арматура состоит из корпуса (металлического или пластмассового), отражателя, патрона (ламподержателя), рассеивателя или защитного стекла, пускорегулирующего аппарата ПРА (для газоразрядных ламп), узлов подвески и подключения к системе питания.

Основными параметрами, характеризующими светильник, являются: класс светораспределения, кривая силы света, КПД, защитный угол, конструкция. Отношение светового потока, выходящего из светильника, к световому потоку лампы называют КПД светильника. Он колеблется в пределах 60—90 %.

Степень защиты глаз от блёсткости зависит от размера защитного угла.

По характеру светораспределения светильники подразделяют на следующие группы:

прямого света — световой поток не менее 80 % излучается в нижнюю полусферу; преимущественно *прямого света* — излучается

60—80 %; *рассеянного света* — излучается 40—60 %; преимущественно *отраженного света* — излучается 20—40%; *отраженного* света — в нижнюю полусферу излучается менее 20 % светового потока.

По степени защиты от воздействия внешней среды светильники классифицируют на:

открытые пыленезащищенные — токоведущие части и лампа не защищены от попадания пыли;

перекрытые пыленезащищенные — попадание пыли ограничивается неуплотненными светопропускающими оболочками;

полностью пылезащищенные — токоведущие части и лампа защищены от попадания пыли в количествах, которые могли бы повлиять на работу светильника;

частично пылезащищенные — токоведущие части защищены от попадания пыли;

полностью пыленепроницаемые — токоведущие части и колба лампы полностью защищены от попадания пыли;

частично пыленепроницаемые — токоведущие части полностью защищены от попадания пыли.

В зависимости от степени защиты от проникновения воды светильники подразделяют на *водонезащищенные, брызгозащищенные, струезащищенные, водонепроницаемые, герметичные.*

В зависимости от способа установки и назначения светильники классифицируют следующим образом: для промышленных зданий при нормальной среде используют светильники общего применения с лампами накаливания, ДРЛ и люминесцентные (ГС, Уз, ЛД, ЛОУ и др.);

при тяжелых условиях среды — специальные светильники УПН, УПД, ПВАМ;

во взрывоопасных зонах промышленных предприятий — светильники с лампами накаливания НОБ; Н4Б; РВЛ; В4А; ВЗГ и др.;

для общественных зданий общего применения при нормальной среде широко используют светильники с лампами накаливания и люминесцентными типа УСП; ПКР; ЛПР и др.;

для наружного освещения — светильники всех источников света типа СКЗЛ; СПО; СКЗПР и др.;

для бытовых помещений при нормальной среде — светильники с люминесцентными лампами УСП; БЛ; ШОД; ЛПР.

§ 26. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА СВЕТИЛЬНИКОВ ОБЩЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Перед началом монтажа светильники проверяют в МЭЗ. При этом определяют и маркируют фазные и нулевые провода, производят зарядку или перезарядку светильников, собирают блоки люминесцентных светильников и комплектные световые линии.

Операции по монтажу светильников состоят из установки деталей крепления и конструкций, подвески и крепления светильников, присоединения к электросети и сети заземления. Светильники для ламп накаливания и ламп ДРЛ одинаковы по конструкции, но последние имеют более сложную конструкцию, большую массу и пускорегулирующую аппаратуру. Корпуса светильников снабжены блоком устройства для ввода провода и различными подвесками. Современные светильники имеют штепсельные соединения или зажимы для присоединения к стационарной электросети.

При строительстве зданий, в особенности крупнопанельных, в них, как правило, предусматривают все отверстия, ниши и закладные части для установки осветительного оборудования и прокладки осветительных сетей. Выключатели и штепсельные розетки при скрытой проводке устанавливают в готовых нишах, коробках или стаканах, с креплением шурупами, винтами или имеющими на них распорными лапками.

Надплинтусные штепсельные розетки и потолочные выключатели имеют металлические основания и, как правило, их крепят непосредственно к стене пристреливанием. Выключатели и штепсельные розетки для открытой проводки, потолочные и настенные ламповые патроны устанавливают на деревянных розетках и крепят шурупами.

Светильники, их рассеиватели и защитные сетки должны быть прочно закреплены. Крюки и другие приспособления для подвесных светильников массой до 100 кг испытывают в течение 10 мин пятикратной массой, а светильники (люстры) массой более 100 кг — двухкратной массой плюс 80 кг. При креплении светильников к потолку на дюбелях, забиваемых монтажным пистолетом, каждую точку подвеса испытывают тройной массой светильника плюс 80 кг.

Если масса светильника не превышает 10 кг, его подвешивают на крюках с помощью колец или скоб блока крепления. Крюки У623, У625 и У629 длиной 60; 155 и 215 мм (рис. 5.5, *а*) устанавливают в железобетонных потолках. Их изолируют, а блок подвески снабжают изолирующим кольцом.

Если светильник устанавливают на шпильку (рис. 5.5, *б*) с резьбой, ее закрепляют на основании.

Светильники с резьбой и кольцом устанавливают на стенах, колоннах и фермах с помощью кронштейнов У116, К290 и У25М, закрепляемых дюбелями или приваркой.

К металлическим и железобетонным фермам, а также к ограждениям технологических площадок светильники крепят с помощью подвесов различной длины или трубчатыми кронштейнами. При установке светильников на монтажном профиле К108 их крепят двумя винтами М6.

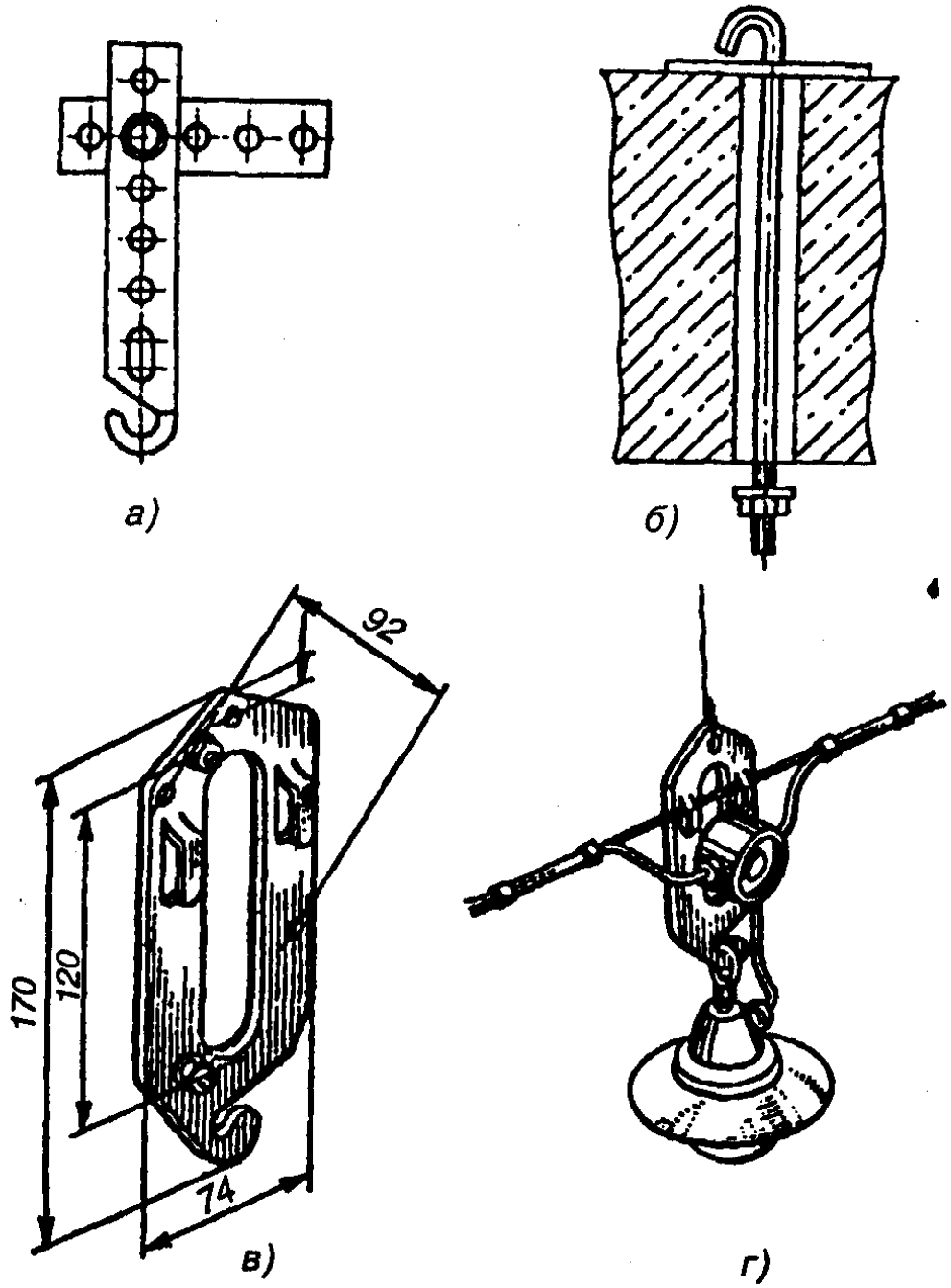


Рис. 5.5. Конструктивные элементы для установки светильников:
а — крюк; *б* — шпилька; *в* — подвес; *г* — подвеска светильника

Люминесцентные светильники подвешивают на коробах КЛ1 и КЛ2 с помощью специальных держателей, перемещающихся вдоль короба в щели (в его нижней части). Заземляющий провод присоединяют к приваренному внутри короба зажиму. Магистральные короба КЛ закрепляют на тросовых подвесках, потолочных скобах и кронштейнах.

На шинопроводах ШОС светильники крепят хомутом с крючком К470. Предельная нагрузка на 1 м шинопровода 12 кг. При прокладке шинопровода по стенам и нижним поясам ферм светильники устанавливают на кронштейнах, прикрепленных к этим строительным основаниям (рис. 5.6).

При креплении на тросе светильники устанавливают на тросо-

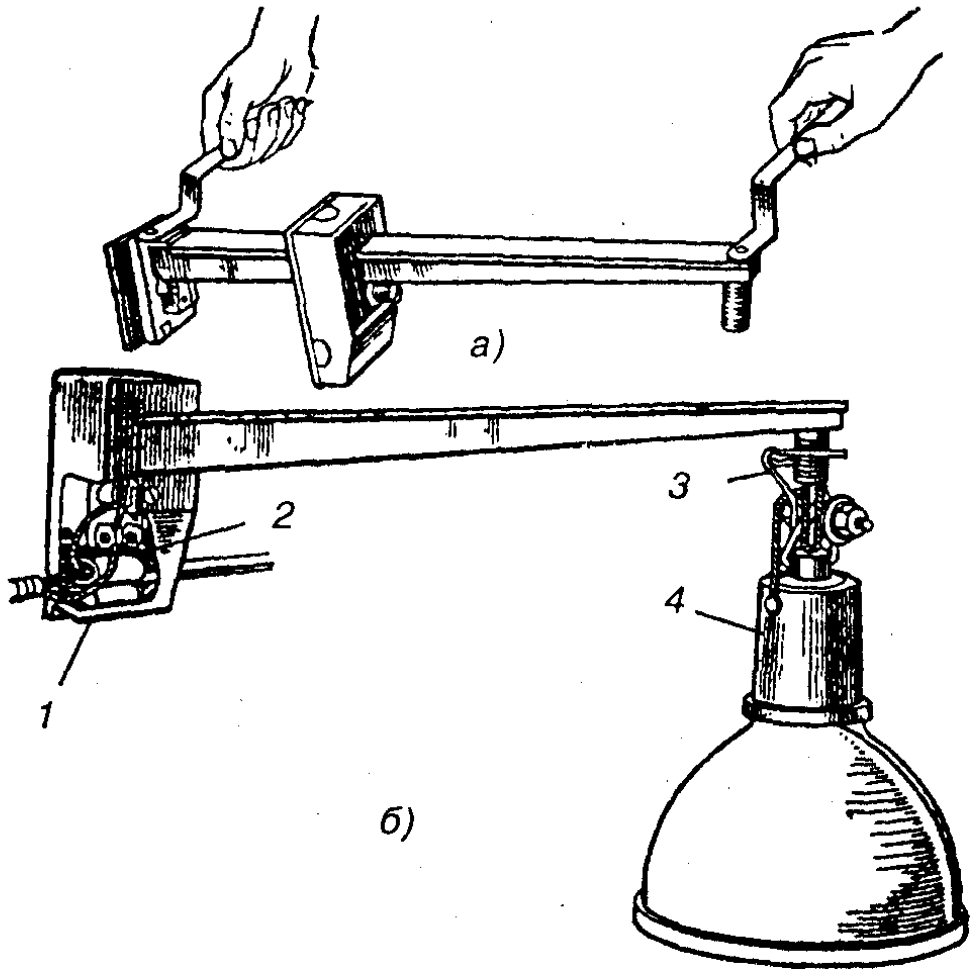


Рис. 5.6. Сборка кронштейна (*а*), установка светильника на держателе (*б*):
1 — патрубок; *2, 4* — винты заземления; *3* — держатель У25М

вых подвесках с обоймами (см. рис. 5.5, *г*) на крюке, приваренном к металлической пластинке с ответвительной коробкой (загнутые края пластинки обжимают вокруг троса); к скобе в разъемной ответвительной коробке при тросовом проводе АРТ.

При установке на шинопроводах ШРА, прокладываемых по одной трассе с ШОС светильники крепят на боковых поверхностях ШРА симметрично по обе стороны с помощью специальных кронштейнов.

Светильники заряжают медными проводами сечением 0,5—1,5 мм^2. Провода пропускают через подвесные штанги, кронштейны, подвесы и стойки; соединение проводов внутри них запрещено.

Светильники с лампами накаливания и ДРЛ подключают к электросети через вводный блок, двухполюсные штепсельные соединения, через колодки зажимов.

Металлические корпуса светильников заземляют отдельными ответвлениями от нулевого провода электропроводки, концы которого присоединяют к корпусам светильников заземляющими винтами.

При монтаже осветительного оборудования выполняют следующие основные требования: светильники в ряду и по высоте

выравнивают так, чтобы отклонения их не были заметны на глаз; установочные изделия закрепляют по центру розеток, ниш, выверяют строго по вертикали и горизонтали положение их рукояток, кнопок и штепсельных гнезд.

Выключатели с рычажными и клавишными рукоятками устанавливают так, чтобы при включении цепи (освещения) рукоятка двигалась вверх (нажатие верхней части клавиши). Штепсельные розетки устанавливают так, чтобы гнезда располагались по горизонтали. Выключатели общего освещения, штепсельные розетки устанавливают у входа в помещение так, чтобы они не загораживались открывающейся дверью. Выключатели для санузлов и штепсельные розетки устанавливают вне этих помещений.

§ 27. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ

Во взрывоопасных зонах применяют светильники *взрывозащищенного исполнения.* Светильники с трещинами на стеклянных защитных колпаках, в литых корпусах или сальниковых гайках вводных устройств, с неисправными патронами, раковинами или углублениями на сопрягаемых поверхностях монтажу не подлежат.

Светильники Н4БН-150; ВЗГ-200АМ; ВЗГ-100; В4А-60; НОГЛ 2 × 80; НОДЛ 1 × 80 к зажимам вводной коробки присоединяют с помощью кабеля от групповой сети. У светильников Н4БН-150; ВЗГ-200АМ; ВЗГ/В4А-200М ввод осуществляют как небронированными трехжильными кабелями, так и тремя проводами, размещенными в цельнотянутой трубе.

Светильники при открытой прокладке кабеля целесообразно монтировать в такой последовательности:

снять оболочку с одного конца кабеля длиной 130 мм;

отвинтить ключом крышку *3* из монтажного отверстия вводного устройства светильников; у светильника Н4БН-150 — два винта крепления контактной колодки и вынуть ее;

надеть на оболочку конца кабеля нажимную муфту *1* (вперед фланцем) и резиновое кольцо, продвинув его по кабелю на расстояние 140 мм от конца (рис. 5.7);

ввести во вводное устройство светильника разделанный конец кабеля и вывести концы жил через монтажное отверстие;

вставить резиновое кольцо *2* и нажимную муфту в гнездо ввода светильника и равномерным затягиванием двух болтов до отказа уплотнить место ввода;

подсоединить короткую жилу (длиной 100 мм) к заземляющему зажиму *4* и уложить запас жилы внутрь вводного устройства, подсоединить длинные жилы (длиной 130 мм): фазную — к левому, а нулевую — к правому зажимам контактной колодки *5*;

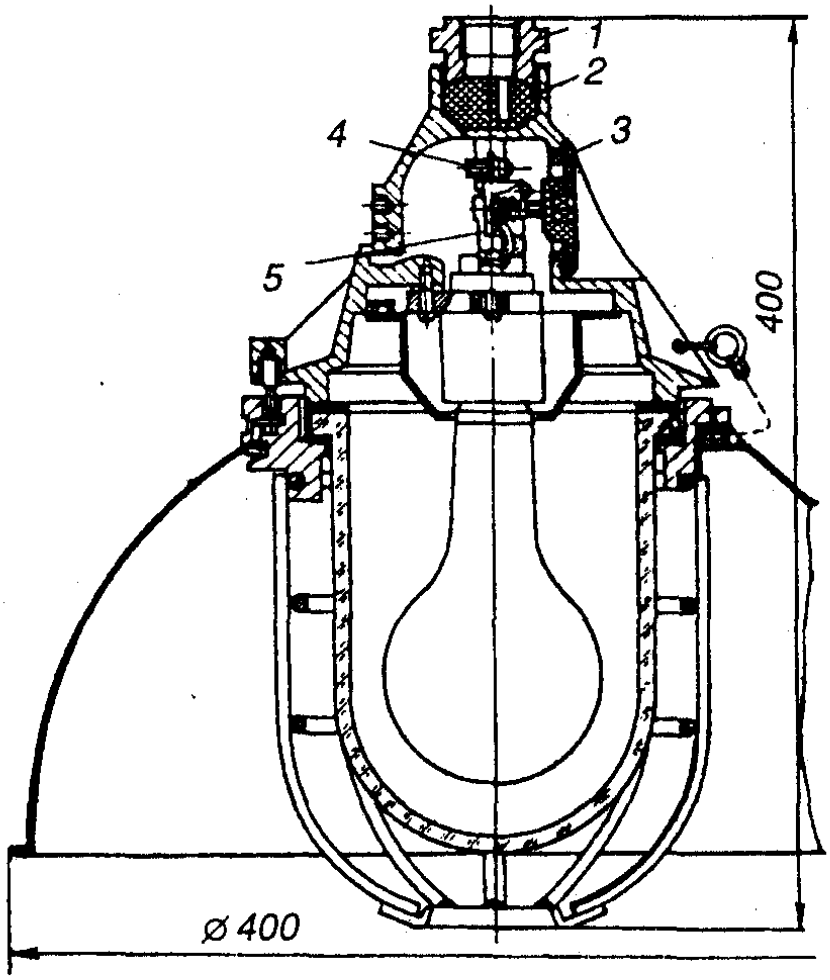


Рис. 5.7. Светильник Н4БН-150 с вертикальным вводом кабеля:

1 — нажимная муфта; *2* — резиновое уплотнительное кольцо; *3* — крышка вводного устройства; *4* — зажим; *5* — колодка

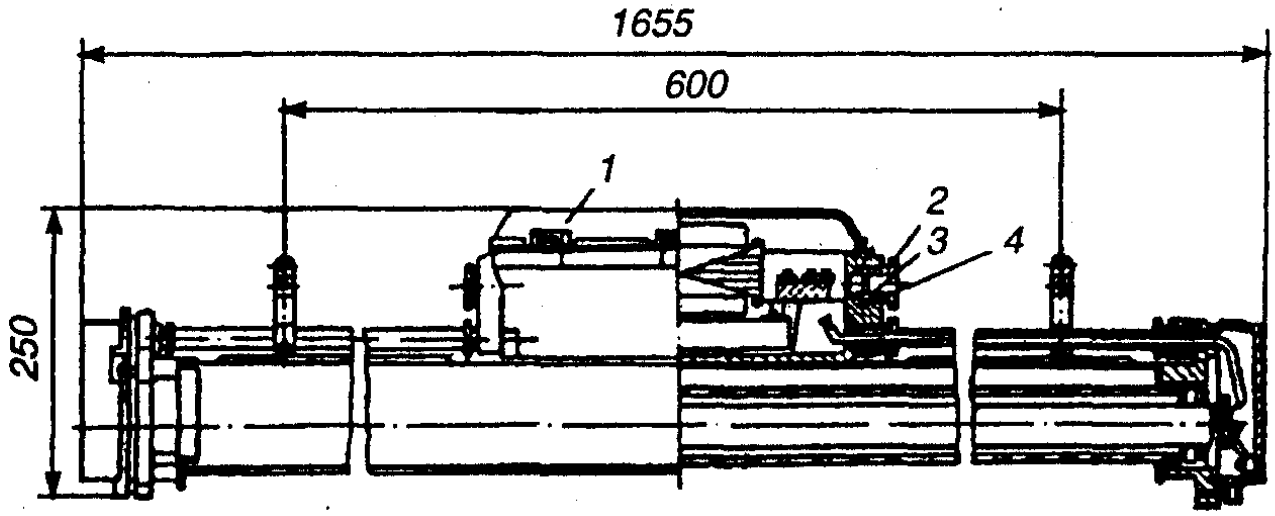


Рис. 5.8. Светильник НОГЛ (повышенной взрывозащищенности):

1 — крышка вводной коробки; *2* — уплотнительная прокладка; *3* — нажимная муфта; *4* — стальная шайба

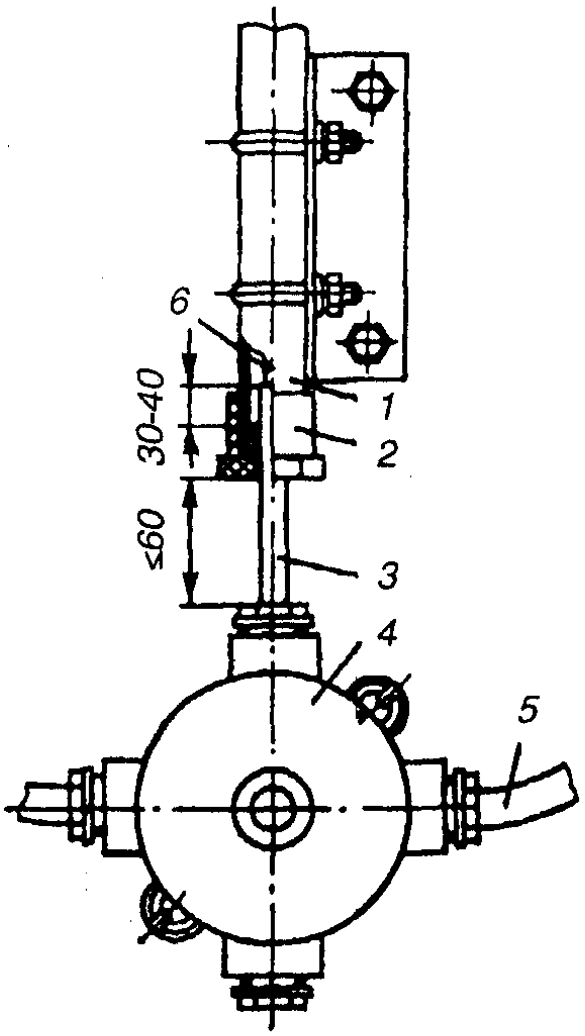


Рис. 5.9. Узел ввода проводов ПРКС в коробку У-409 от светильника с трубным кронштейном:

1 — трубный кронштейн; *2* — трубный сальник; *3* — трубка из поливинилхлоридного пластиката; *4* — ответвительная коробка; *5* — кабель; *6* — провод ПРКС

снять оболочку с другого конца кабеля, прозвонить и отмаркировать жилы;

завинтить ключом крышку до упора;

для установки и проверки лампы светильника Н4БН-150 повернуть отражатель против часовой стрелки и снять его.

Ввод кабеля в светильники НОДЛ 1 × 80; НОГЛ 2 × 80 (рис. 5.8) выполняют в такой технологической последовательности:

открывают крышку вводного устройства светильника *1*, снимают нажимную муфту *3*, вынимают шайбу *4* и резиновое уплотнение *2* из гнезда;

отмеряют длину кабеля, необходимую для присоединения к контактным зажимам внутри вводного устройства и создания запаса на два-три присоединения, и отрезают излишек, снимают с конца кабеля оболочку на таком расстоянии, чтобы она входила внутрь вводного устройства на 10—12 мм, удаляют изоляцию с концов жил на длину 25—30 мм, достаточную для изгибания кольца, надевают на оболочку кабеля нажимную муфту, стальную шайбу и резиновое уплотняющее кольцо;

вводят кабель в светильник, установив резиновое уплотнительное кольцо и стальную шайбу во вводное отверстие, закрепляют

двумя болтами нажимную муфту и затягиванием болтов уплотняют резиновым кольцом место ввода кабеля.

Подготовленные светильники устанавливают на строительных основаниях (стенах, колоннах, потолках) с жестким креплением подвесов или кронштейнов. От ответвительной коробки У-409 до трубного кронштейна или подвеса длина должна быть не менее 60 мм, а все три провода на этом участке должны быть заключены в общую поливинилхлоридную трубу внутренним диаметром 8—10 мм.

Уплотнение ввода проводов в светильнике испытывают выборочно (через свободный конец кронштейна или подвеса) сжатым воздухом с избыточным давлением 50 кПа. Продолжительность испытания 3 мин; при этом давление не должно уменьшаться более чем на 50 %.

Ввод проводов марки ПРКС в коробку У-409 показан на рис. 5.9.

При прокладке проводов в трубах светильники должны поступать на монтаж со спусками и предварительно заряженными. Длину проводов принимают равной расстоянию от светильника до ближайшей ответвительной коробки плюс 100 мм, необходимые для соединения в коробке.

Светильник, устанавливаемый последним в линии, должен укомплектовываться стандартным сгоном. Длина заряженных проводов должна равняться длине участка трубы от последнего светильника до ответвительной коробки этого светильника.

§ 28. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

При скрытой установке выключателей и штепсельных розеток предварительно замоноличивают в строительные конструкции специальные пластмассовые стаканы и кольца. Закладной стакан представляет собой полый полипропиленовый цилиндр, состоящий из двух половинок переменного диаметра. По диаметру стакан имеет кольцевые выступы, перегородку для звуковой изоляции и сквозное отверстие для прохода каналообразователя.

Выключатели и штепсельные розетки крепят распорными планками с винтами М-4 к кольцевым выступам в закладных стаканах.

Выпускаемые заводами стаканы имеют различную длину. Это дает возможность замоноличивать их в железобетонных и гипсолитовых панелях разной толщины. Установку выключателей и переключателей в помещениях с нормальной средой при открытом способе прокладки электроосветительной сети следует производить на высоте 1,5 м от пола (в школах и детских учреждениях —1,8 м), по центру — на деревянных или пластмассовых подрозетниках ди-

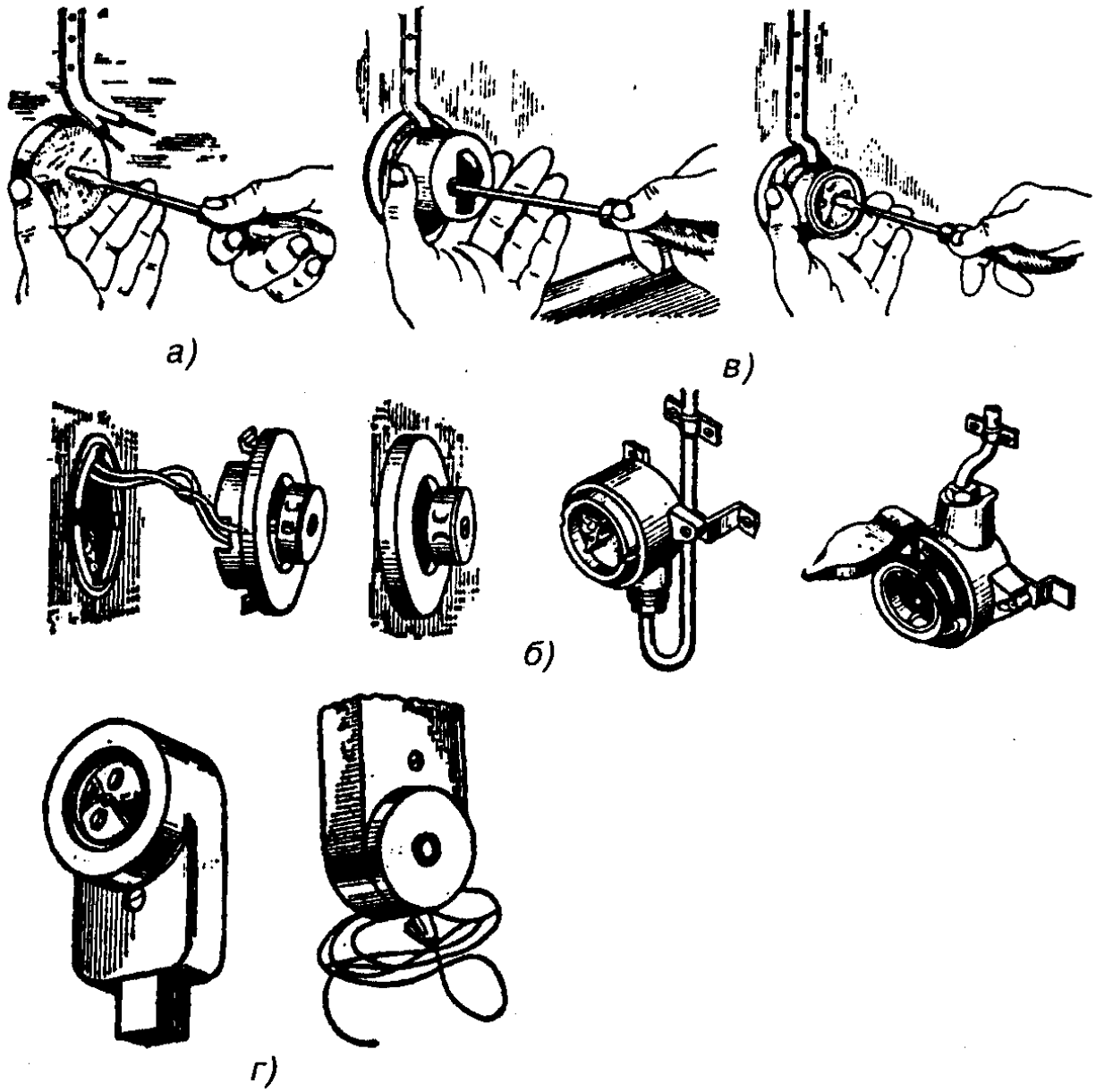


Рис. 5.10. Монтаж и вид установочных приборов:

а — последовательность установки выключателя и штепсельной розетки для электропроводки, проложенной плоскими проводами открыто; *б* — выключатель для скрытых электропроводок; *в* — выключатель и штепсельная розетка для установки в помещении; *г* — надплинтусная штепсельная розетка и подпотолочный выключатель

аметром 55—60 мм толщиной не менее 10 мм, прикрепляемых к основанию шурупом (рис. 5.10). Штепсельные соединители (розетки) устанавливают на высоте 0,8—1 м от пола (в школах и детских учреждениях —1,5 м). Расстояние от заземленных устройств должно быть не менее 0,5 м. Розетки устанавливают на деревянных и пластмассовых подрозетниках диаметром 55—60, толщиной не менее 10 мм. Брызгозащищенные розетки устанавливают на скобе или непосредственно на стене с вводом проводов снизу через сальниковое уплотнение.

При скрытой проводке розетки размещают в коробках диаметром 70 мм, вмазанных в стену или замоноличенных закладных пластмассовых стаканах. Гнезда штепсельных розеток располагают

по горизонтали. Установку надплинтусных розеток производят на высоте 0,3 м и менее от пола с защитными устройствами, закрывающими гнезда при вынутых вилках.

Контрольные вопросы

1. Какие виды электрического освещения вы знаете?
2. Какие источники света вы знаете?
3. Как подразделяют светильники по характеру светораспределения?
4. Какова технологическая последовательность операций монтажа светильников общего применения?
5. Как монтируют светильники на шинопроводах ШОС?
6. Какова особенность монтажа взрывозащищенных светильников?
7. Как монтируют электроустановочные устройства?

ГЛАВА 6. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ

§ 29. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К УСТАНОВКЕ ПРИБОРОВ, АППАРАТОВ, КОНСТРУКЦИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ, ПРОКЛАДКЕ ШИН, ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ

Выбор проводов, шин, аппаратов, приборов и конструкций производят как по нормальным условиям работы (соответствие рабочему напряжению и току), так и по условиям работы при коротких замыканиях (термические и динамические воздействия, предельно отключаемая мощность).

Щиты, шкафы или панели распределительных устройств должны иметь четкие надписи, указывающие их назначение.

Надписи выполняют на лицевой стороне устройства, а при обслуживании с двух сторон — также и на задней стороне устройства.

Части распределительных устройств, относящиеся к цепям различного рода тока и различных напряжений, выполняют и размещают таким образом, чтобы была обеспечена возможность их легкого распознавания.

Взаимное расположение фаз и полюсов в пределах всего устройства должно быть одинаковым. Шины должны иметь окраску, предусмотренную в ПУЭ.

Все металлические части распределительного устройства должны быть окрашены или иметь другое антикоррозийное покрытие.

Заземление должно быть выполнено в соответствии с ПУЭ и § 18.

Аппараты располагают таким образом, чтобы было обеспечено безопасное обслуживание и чтобы возникающие при их эксплуатации искры или электрические дуги не могли причинить вреда обслуживающему персоналу, воспламенить или повредить окружающие предметы и вызвать короткое замыкание или замыкание на землю.

Аппараты рубящего типа устанавливают так, чтобы они не могли замкнуть цепь самопроизвольно под действием силы тяжести.

Подвижные токоведущие части их в отключенном состоянии, как правило, не должны быть под напряжением.

Рубильники с непосредственным ручным управлением (без привода), предназначенные для включения и отключения тока нагрузки и имеющие рабочие контакты, обращенные к оператору, защищают несгораемыми кожухами без отверстий и щелей.

Рубильники, предназначенные лишь для снятия напряжения, допускается устанавливать открыто при условии, что они недоступны для неквалифицированного персонала.

На приводах коммутационных аппаратов четко указывают положения включения и отключения.

Для обеспечения ремонта автоматов с открытыми разрывными контактами, не имеющих выдвижных устройств, предусматривают возможность снятия напряжения с автомата или группы автоматов установкой перед ними рубильника без привода или накладки.

Резьбовые (пробочные) предохранители устанавливают таким образом, чтобы питающие провода присоединялись к контактному винту, а отходящие к электроприемникам — к винтовой гильзе.

Между неподвижно укрепленными, голыми частями разной полярности, находящимися под напряжением, а также между ними и неизолированными металлическими частями при прокладке шин, проводов и кабелей должны быть обеспечены расстояния не менее 30 мм — по поверхности изоляции и 15 мм — по воздуху.

От голых частей, находящихся под напряжением, до ограждений должно быть не менее: 100 мм — при сетках и 50 мм — при сплошных съемных ограждениях.

В пределах панелей, щитов и шкафов, установленных в сухих помещениях, незащищенные изолированные провода с изоляцией, рассчитанной на рабочее напряжение 1000 В, могут прокладываться по металлическим защищенным от коррозии поверхностям и притом вплотную друг к другу. В этих случаях для силовых цепей применяют снижающие коэффициенты на токовые нагрузки, приведенные в ПУЭ.

Заземленные голые провода и шины могут быть проложены без изоляции.

Электропроводки цепей управления, измерения и т.п. должны соответствовать требованиям ПУЭ.

Корпуса панелей, кожухи и другие части распределительных устройств выполняют из несгораемых или трудносгораемых материалов.

Эти требования не распространяются на диспетчерские и им подобные пульты управления, корпуса которых могут выполняться из сгораемых материалов.

Распределительные устройства выполняют таким образом, чтобы вибрации, возникающие при действии аппаратов, а также от сотрясений, вызванных внешними воздействиями, не нарушали контактных соединений и не вызывали разрегулировки аппаратов и приборов.

Поверхности гигроскопических изоляционных плит, на которых непосредственно монтируют голые токоведущие части, защищают от проникновения в них влаги (пропиткой, окраской и т.п.).

В устройствах, устанавливаемых в сырых и особо сырых помещениях и открытых установках, применение гигроскопических изоляционных материалов (например, мрамор, асбестоцемент и др.) не допускается.

В помещениях пыльных, сырых и особо сырых, и на открытом воздухе допускают установку распределительных устройств лишь в исполнении, надежно защищающем устройство от вредного действия окружающей среды.

Аппараты защиты и управления электроустановками монтируют на заводах, изготовляющих комплектные распределительные устройства. Поэтому в книге приводятся только краткие сведения о новых конструкциях и монтаже самых массовых пускорегулирующих аппаратов.

Для частого включения и отключения электродвигателей и других электропотребителей используют *контакторы* с бездуговой коммутацией переменного тока 380 и 600 В на 100, 160 и 250 А, гибридного исполнения серий КТ60 и КТП60. В конструкциях этих контакторов (рис. 6.1) успешно сочетаются контактные и полупроводниковые элементы.

При отключении электроприемников разрывом контактов *К* ток размыкания проходит в цепь тиристоров. Дуга на контактах не образуется, так как падение напряжения на тиристорах не превышает 4—5 В, т.е. ниже напряжения, необходимого для зажигания дуги. Электрическая износоустойчивость контактов достигает 5 млн циклов.

Контакторы типа КТ имеют катушку электромагнита переменного тока, а КТП — постоянного.

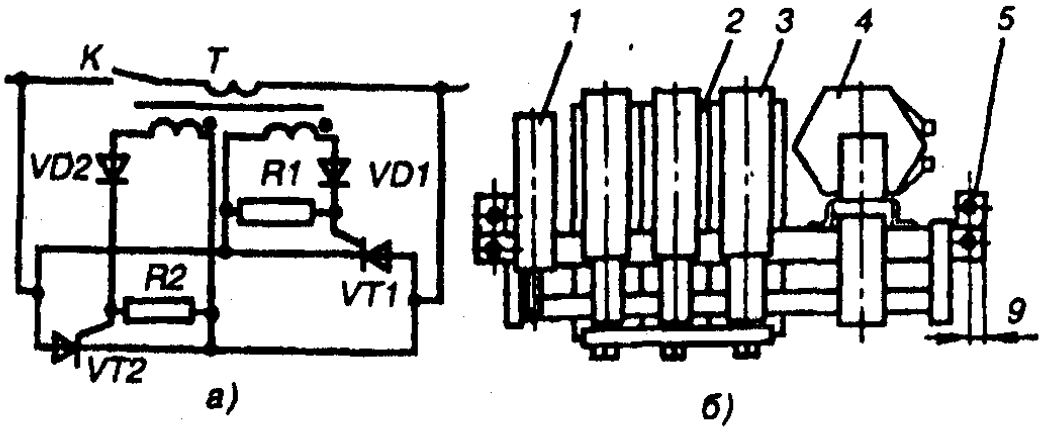


Рис. 6.1. Электромагнитый контактор переменного тока серии КТ60 и КТП60 с бездуговой коммутацией:

а — принципиальная электрическая схема; *б* — конструкция контактора (вид спереди); *К* — главный контакт; *VT1, VT2* — тиристоры; *Т* — трансформатор тока; *VD1, VD2* — диоды; *1* — вспомогательные контакты; *2* — полупроводниковые блоки; *3* — полосы контактора с дугогасительными камерами; *4* — электромагнитный привод; *5* — рейка

Вакуумные контакторы широко применяют для управления асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором и другими приемниками электроэнергии, работающими в тяжелых режимах.

В связи в тем, что электрическая прочность промежутка между контактами в вакууме значительно выше, чем в воздухе, гашение дуги происходит быстрее.

Герсиконовые контакторы КМГ13 и КМГ14 предназначены в основном для коммутации цепей переменного тока, управления асинхронными двигателями мощностью до 3 кВт и малоамперными элементами слаботочной автоматики. Малая потребляемая мощность (4 Вт) и высокая предельная мощность коммутации (более 20 кВ · А) позволяют использовать их как связующее звено между слабыми выходными сигналами от логических схем и мощными контакторами (до 630 А).

Контакторы оснащены герсиконами КМГ12 (магнитоуправляемыми герметичными контактами) — коммутационными аппаратами принципиально нового вида, повышенной надежности контактирования и повышенной коммутационной износостойкости. Контакты размещены в герметичном керамическом корпусе, заполненном защитным газом. Контакты выполнены из тугоплавкого материала (вместо серебра). Герсиконы не требуют ухода и обслуживания, бесшумны, их подвижные элементы практически не изнашиваются. Коммутационная и механическая износостойкость 50 млн циклов ВО, масса 0,11 кг, номинальный ток 6,3 А при напряжении 380—400 В.

Герсиконы КМГ12 являются основным комплектующим изделием для контакторов КМГ13 и КМГ14, в которых они выполняют

роль главных контактов, но могут применяться и самостоятельно в различных силовых схемах.

Для автоматического размыкания электрических цепей при перегрузках и КЗ, недопустимых снижениях напряжения, а также для нечастого включения цепей вручную используют *автоматические выключатели*. Механизм, который отключает автоматический выключатель, называют *расцепителем*. Расцепители изготовляют следующих типов: электромагнитный максимального тока; тепловой; комбинированный; независимый и дистанционный минимального напряжения. Максимальный расцепитель при достижении током определенного значения оттягивает защелку, и под действием пружины автоматический выключатель разрывает цепь тока.

Расцепитель минимального напряжения при понижении напряжения в сети ниже нормы поворачивает защелку, и под действием пружины нож автоматического выключателя разрывает цепь тока. Независимый расцепитель служит для дистанционного отключения автоматического выключателя.

Установочные автоматические выключатели АЕ2000, А3700 осуществляют комбинированную защиту электроустановок: тепловую — от перегрузок, электромагнитную максимальную — от КЗ. Автоматические выключатели АЕ 2000 применяют в электрических цепях переменного тока до 660 В и постоянного до 220 В. Они предназначены для защиты от перегрузок и токов КЗ, включения и выключения асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, а также для оперативного включения и отключения цепей с частотой до 30 включений в час. В настоящее время заводы электротехнической промышленности изготовляют автоматические выключатели АЕ2030 — до 25 А, 660 В; АЕ2040 — до 63 А, 660 В; АЕ2050 — до 100 А, 660 В.

Автоматические выключатели серии А3700 используют вместо автоматических выключателей А3100 и А4100. Они предназначены для защиты электроустановок от перегрузок, КЗ и недопустимых снижений напряжения, а также для оперативного включения и выключения цепей 220 В постоянного и 660 В переменного тока.

Магнитные пускатели серий ПМЛ и ПМА (рис. 6.2) на токи до 160 А, напряжение до 660 В, предназначены для управления асинхронными двигателями мощностью до 90 кВт. Наличие трехполюсных электро- и тепловых реле позволяет осуществлять защиту двигателей от перегрузок недопустимой продолжительности, в том числе от режима работы на двух фазах. Магнитные пускатели выпускают в *открытом* и *защищенном* исполнениях, *реверсивные* и *нереверсивные*.

Тиристорные пускатели предназначены для управления трехфазными электродвигателями на передвижных и стационарных установках. Пускатель устанавливают в вертикальном положении, с

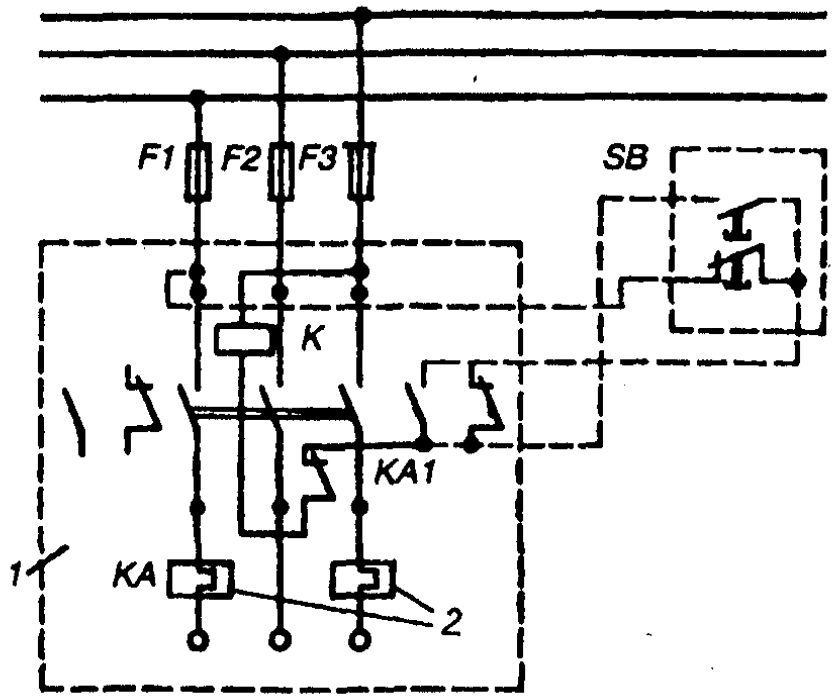


Рис. 6.2. Принципиальная электрическая схема нереверсивного магнитного пускателя:

1 — магнитный пускатель; *2* — КА-тепловое реле; *SB* — кнопка управления; *F1* — *F3* — предохранители; *K* — катушка пускателя; *KA1* — биметаллический контакт теплового реле

допуском отклонения от вертикали в любую сторону до 45° при установке. Пускатель допускает как продолжительный, так и повторно-кратковременный режим работы при частоте до 600 включений в 1 час. Он имеет тепловую защиту от перегрузок и максимальную токовую защиту с регулируемым порогом срабатывания.

Распределительные устройства электротехнической промышленностью поставляются в полностью собранном виде с законченным монтажом входящих в них аппаратов.

В настоящее время для приема и распределения электроэнергии на напряжении до 500 В электропромышленность поставляет *распределительные панели* типа ПАР-11 с различными схемами, из которых комплектуют распределительные щиты трехфазного тока.

В качестве примера (рис. 6.3, *а*, *б*) приведены схемы 04 и 47.

Для подстанций с постоянным оперативным или переменным током 220 В поставляют щиты управления, защиты, автоматики и измерения с панелями ЭПП. В цехах промышленных предприятий для распределения электроэнергии, защиты электроустановок и цепей при перегрузках, а также редких включений и отключений электрических цепей широко применяют *комплектные устройства серии* РУС-Е. Ящики с электрическими аппаратами, приборами и сигнальными устройствами собирают в типовые блоки (рис. 6.4). Эти устройства разделяют по номинальному току и напряжению, электрическим схемам, напряжению цепи управления, конструк-

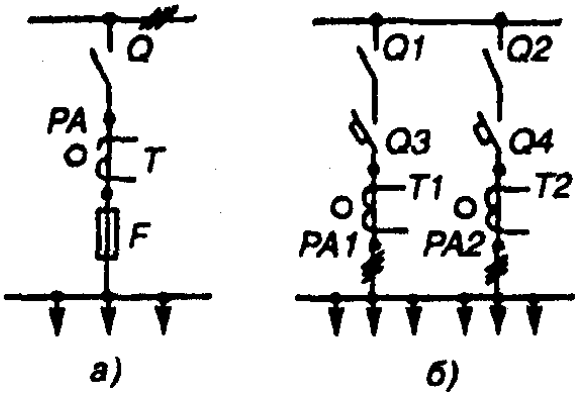


Рис. 6.3. Принципиальная схема линейной панели ПАР-11:

а — схема 04; *б* — схема 47; *Q* — рубильник Р27; *Т* — трансформатор тока ТШ-20-0; *F* — предохранители ПН2; *Q1, Q2* — рубильники Р20; *Q3, Q4* — автоматические выключатели А3736Ф; *Т1* и *Т2* — трансформаторы тока ТШ-20-05; *РА, РА1, РА2* — амперметры

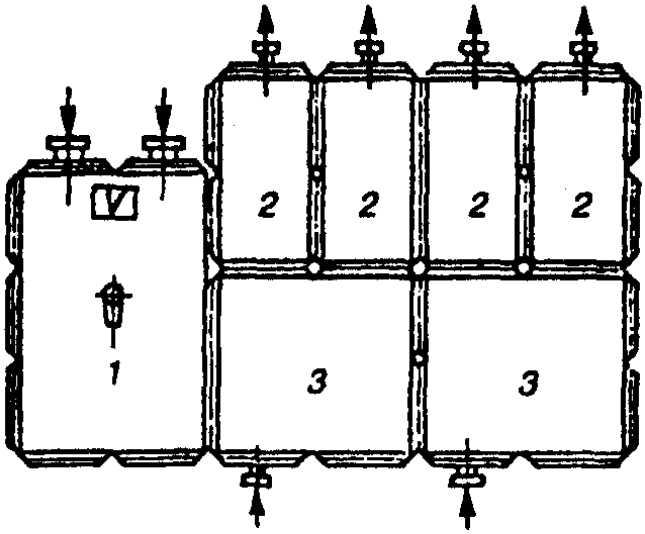


Рис. 6.4. Сборное распределительное устройство РУС-Е:

1 — РУС8116-6300-А54У; *2* — РУС8102-2300-А54У1; *3* — РУС8102-4300-А54У1

тивному исполнению, току установки выключателя, степени защиты и климатическому исполнению.

Электрический монтаж между блоками осуществляют через соединительные окна, расположение которых зависит от схемы сборки (рис. 6.5). Блоки в сборках соединяют болтами. Сборки монтируют непосредственно на стене или металлическом каркасе. Если длина сборки не превышает 4 м, ее поставляют на одном каркасе, если превышает 4 м — отдельными секциями.

Для приема и распределения электроэнергии в промышленных установках трехфазного тока на напряжение до 380 В с защитой отходящих линий предохранителями ПН2 и НПН2 применяют *распределительные силовые шкафы* ШРСУ3 (рис. 6.6). В этих шкафах предусмотрен ввод (вывод) проводов и кабелей снизу и сверху. Максимальное количество и сечение жил проводов или кабелей, присоединяемых к одному вводному зажиму, для шкафа на номинальный ток 250 А составляет 2×95 мм^2, на 400 А — 2×150 мм^2.

Для защиты силовых и осветительных сетей напряжением 380 и 660 В изготовляют распределительные шкафы ШР11; шкафы, рассчитанные на номинальный ток 400 А, устанавливают вертикально на полу.

В них в качестве вводных устройств используют врубные выключатели (рубильники) Р18 и предохранители РН2-400 и ПП31. Для питающих линий применяют предохранители НПН2-60, ПН2-100, ПП31-160, ПП32-250. Питающие и отходящие линии вводят в шкафы соответственно сверху и снизу.

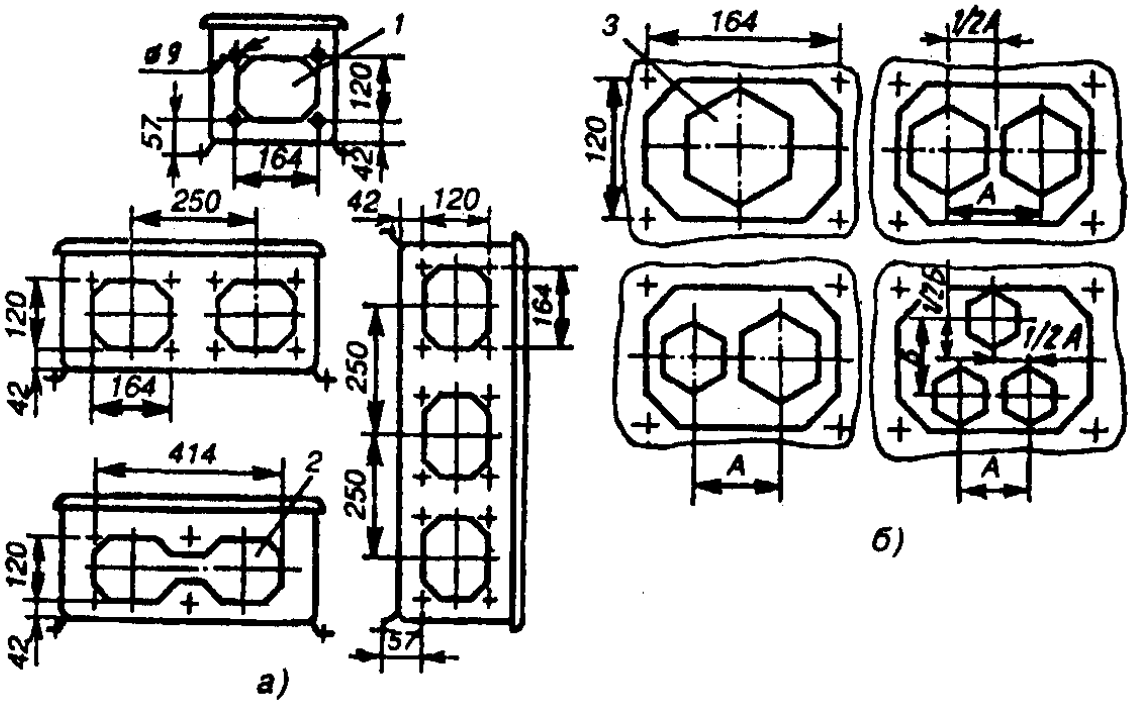


Рис. 6.5. Размеры и расположение соединительных окон проходными отверстиями ящиков РУС-Е:

1, 2 — малое и большое окна; *3* — отверстие

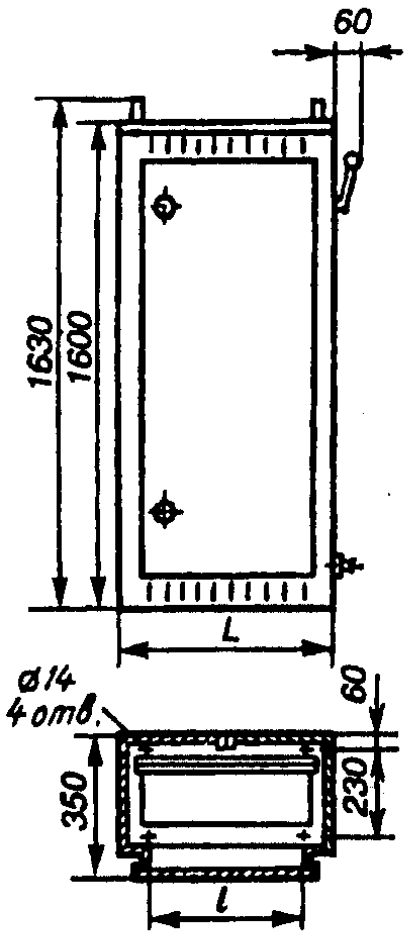


Рис. 6.6. Силовой распределительный шкаф серии ШРС

Для защиты электроустановок от перегрузок, а также нечастых включений и отключений электрических цепей при номинальных режимах работы применяют шкафы серии ШЭ с одиночными автоматическими выключателями «Электрон». Их используют в цепях на напряжение до 440 В постоянного и 660 В переменного тока.

Обозначение шкафа ШЭ-ХВ расшифровывается так: Ш — шкаф, Э — с автоматическим выключателем «Электрон», Х — номинальный ток 06-1000, 16-1600 А, В — выдвижное исполнение.

В шкафах с автоматическим выключателем и электромеханическим приводом выключатель может работать в качестве секционного и линейного. В них предусмотрены: электрическая блокировка для автоматического отключения выключателя при открывании двери и механическая блокировка, не позволяющая вкатывать и выкатывать его при замкнутой контактной системе. В шкафах ШЭ-068 с ручным приводом автомат включают рукояткой, а отключают механической кнопкой, расположенной в рукоятке

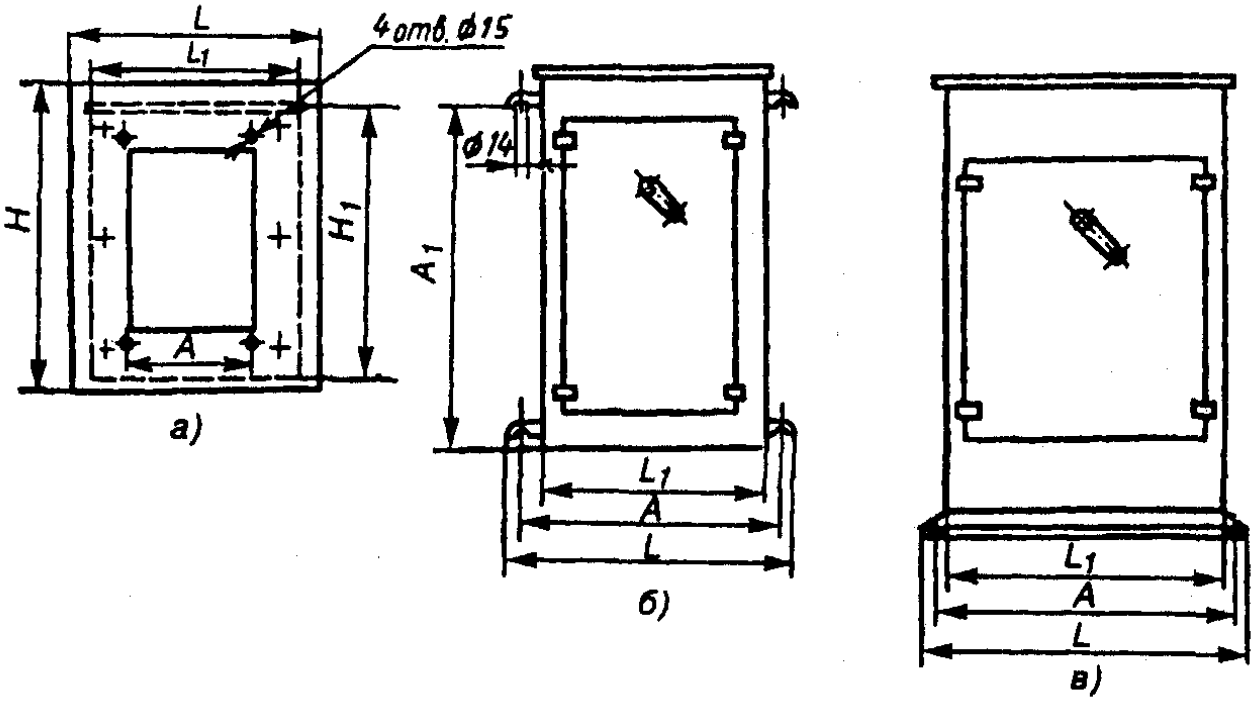


Рис. 6.7. Распределительные пункты серии ПР9000:

а — встроенный; *б* — навесной; *в* — наполный

привода, в шкафах с электромеханическим приводом — включают и отключают механическими кнопками, установленными на двери шкафа.

Для распределения электроэнергии и защиты электрических установок, а также при редких коммутациях электрических цепей и пуска асинхронных двигателей применяют *распределительные пункты* ПР9000 и др.

Распределительные пункты ПР41 используют для компенсации реактивной мощности. Они укомплектованы конденсаторами КС-0, 38-18УЗ.

По виду установки распределительные пункты серии ПР9000 бывают встроенные (в нишах), навесные (на стенах, колоннах, конструкциях) и напольные (рис. 6.7). Их установка показана на рис. 6.8.

Для нечастых включений и отключений под нагрузкой элект-

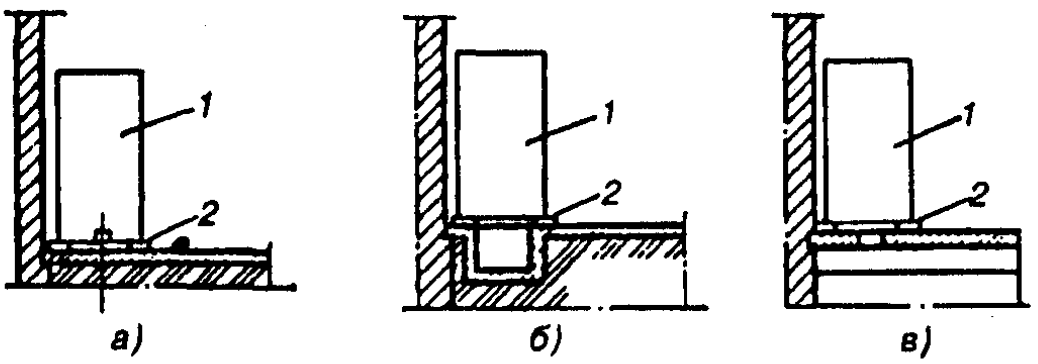


Рис. 6.8. Установка распределительных пунктов ПР9000:

а — на полу; *б* — над приямком; *в* — на перекрытии; *1* — пункт; *2* — закладная деталь

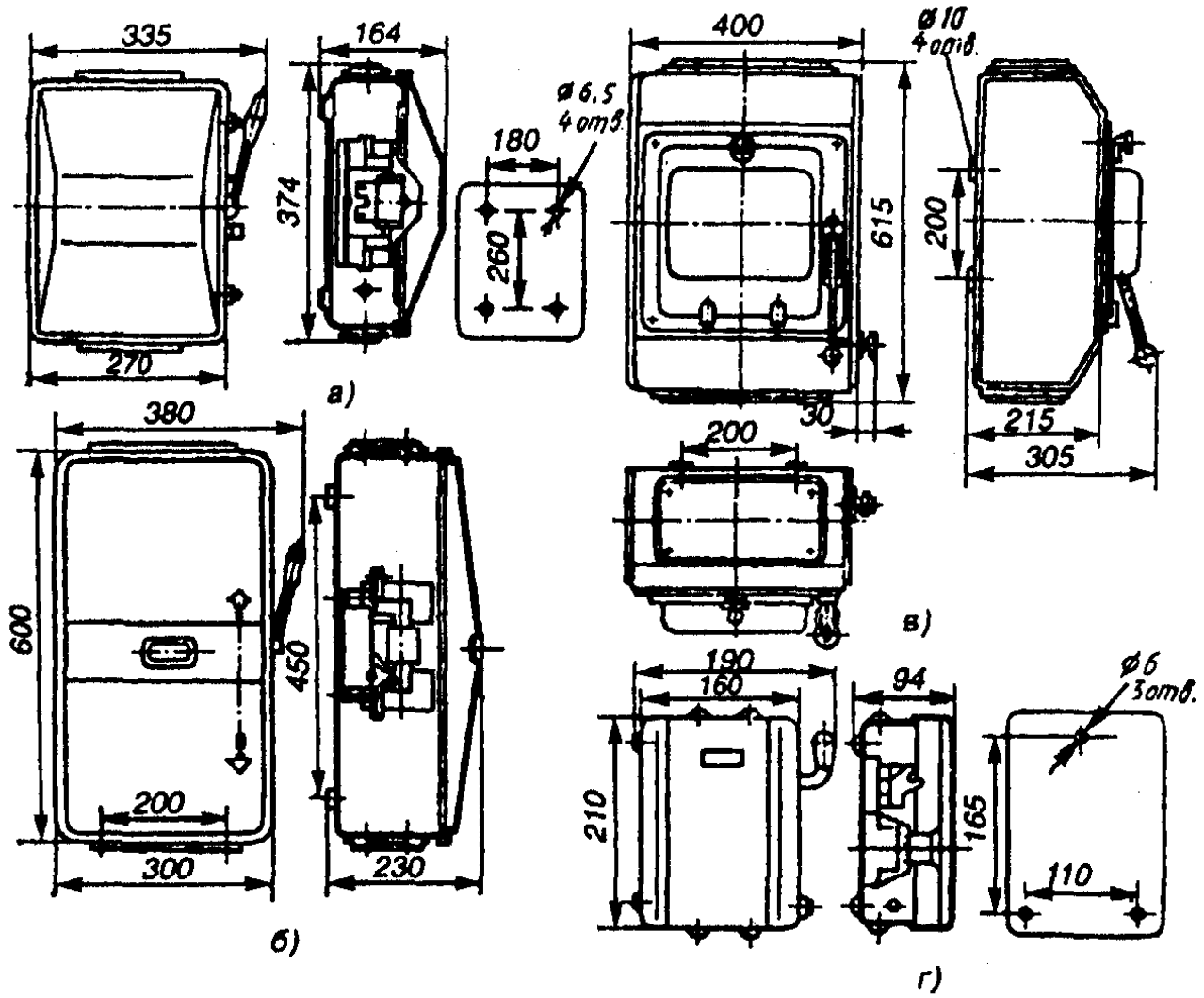


Рис. 6.9. Силовые распределительные ящики:

а — ЯБПВУ-1МУЗ; *б* — ЯБ1-243; *в* — ЯБПВУ-4УЗ; *г* — ЯРП-20УЗ

рических цепей трехфазного тока, а при наличии предохранителей — для защиты от токов перегрузки и КЗ применяют *силовые ящики* (ЯБПВУ, ЯРП, ЯПП и др.) (рис. 6.9, *а—г*). Они имеют один

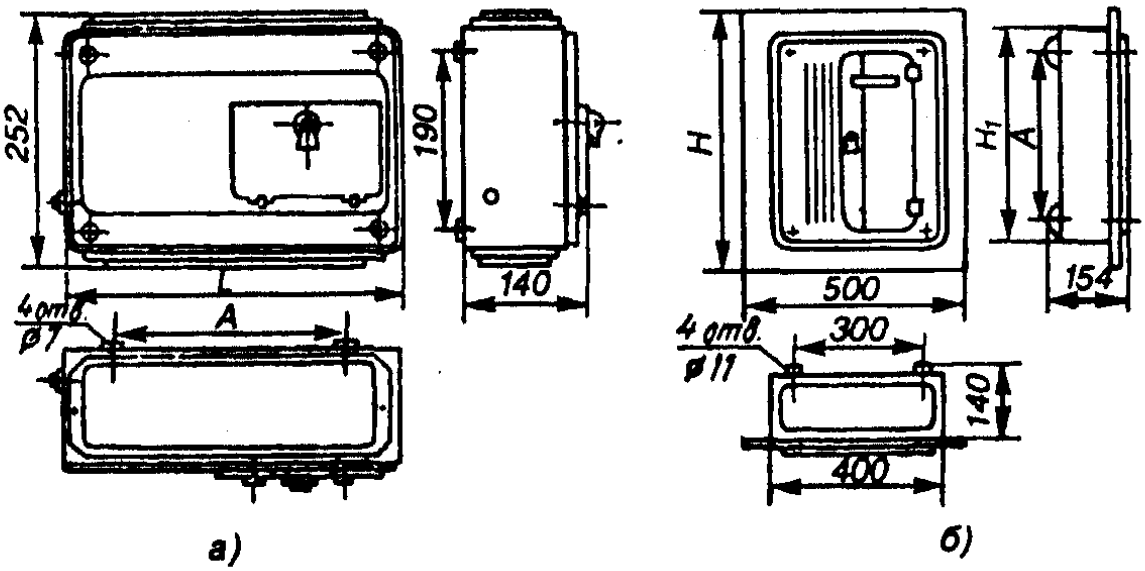


Рис. 6.10. Щитки распределительные для промышленных зданий, устанавливаемые на стене (*а*) и в нише (*б*)

встроенный трехполюсный рубильник или рубильник с тремя предохранителями. Ввод проводов в ящики и вывод из них осуществляют через верхнюю или нижнюю крышку.

Вводно-распределительные устройства ВРУ1 предназначены для приема, распределения и учета электроэнергии в сетях трехфазного переменного тока на напряжение 380 / 220 В с глухозаземленной нейтралью, а также для защиты линий при перегрузках и КЗ.

Ввод проводов и кабелей в эти устройства осуществляют снизу, вывод — снизу или через верхнюю съемную крышку. Максимальное количество и сечение жил проводов или кабелей, присоединяемых к одному вводному зажиму, составляет 4×95 мм^2 (для ВРУ на 250 А) и 4×150 мм^2 (на 400 А). *Щитки* для промышленных и общественных зданий изготовляют разных модификаций.

Щитки ОП для промышленных зданий, устанавливаемые на стене, состоят из вводных зажимов и автоматических выключателей АЕ1000 на отходящих линиях (рис. 6.10, *а*), а щитки для общественных зданий ОЩ, ОЩВ и УОЩВ, устанавливаемые на стене и в нише,— из автоматических выключателей АЕ2050 или А63 (рис. 6.10, *б, в*).

Токопроводом называют устройство, предназначенное для передачи и распределения электроэнергии. Он состоит из неизолированных или изолированных проводников и изоляторов, защитных оболочек, ответвительных устройств, поддерживающих и опорных конструкций.

Токопроводы бывают гибкие (из проводов) и *жесткие* (из жестких шин).

Шинопроводом называют жесткий токопровод напряжением до 1000 В заводского изготовления, поставляемый комплектными секциями.

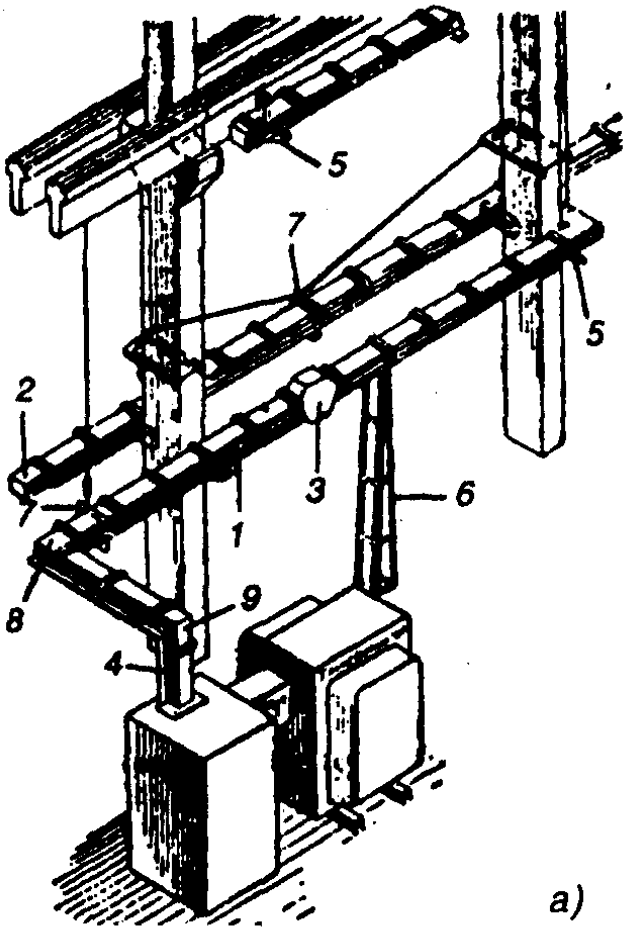
Шинопроводы напряжением до 1 кВ, применяемые для внутрицехового распределения электроэнергии, разделяют на магистральные, распределительные, осветительные и троллейные.

Открытые токопроводы прокладывают вдоль пролетов цехов в качестве питающих шинных магистралей, идущих от цеховых ТП.

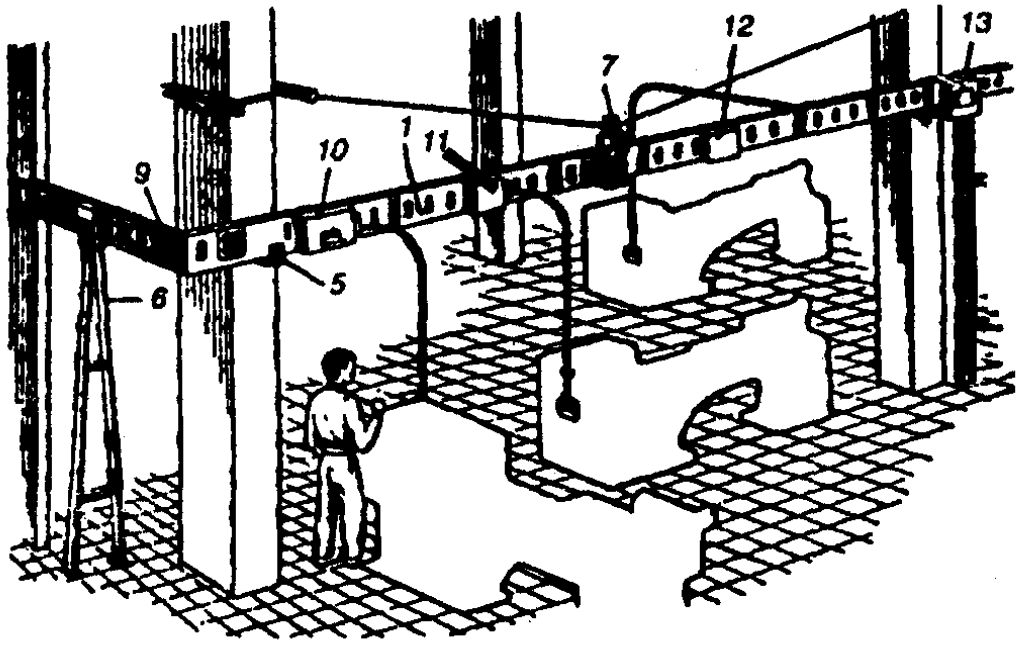
Как правило, их прокладывают по фермам, реже — по стенам. Трасса магистралей проходит вдоль или поперек пролетов цеха с креплением опорных конструкций.

Основным видом сетей, применяемых для внутрицехового распределения электроэнергии служат *защищенные и закрытые* шинопроводы. Магистральные шинопроводы типа ШМА переменного тока на 1000, 1600, 2500 и 4000 А в защищенном исполнении имеют три шины. Каждая фаза выполнена из двух алюминиевых изолированных шин прямоугольного сечения. Нулевой шиной служат два алюминиевых уголка, расположенных вне корпуса. Их используют для крепления шинопроводов.

Магистральный шинопровод ШМА комплектуют из прямых сек-



а)



б)

Рис. 6.11. Шинопроводы:

а — магистральный; *б* — распределительный; *1* — прямая секция; *2* — торцовая крышка; *3* — секция с компенсатором; *4* — присоединительная секция; *5* — настенный кронштейн; *6* — напольная стойка; *7* — тросовый подвес; *8, 9* — угловые секции; *10* — коробка с автоматическим выключателем; *11* — коробка с предохранителями; *12* — коробка с указателем напряжения; *13* — вводная коробка

ций длиной 0,75; 1,5; 3 и 3,5 м, угловых, тройниковых, ответвительных, присоединительных и подгоночных секций. Кроме того, выполняют специальные секции: гибкие — для обхода препятствий и фазировочные — для изменения чередования фаз. Основной вид секций — прямая длиной 3 м. Из набора секций комплектуют шинопровод для трассы любой сложности. Шины смежных секций соединяют сваркой или специальным одноболтовым сжимом.

Для магистралей постоянного тока и ошиновки главных приво-

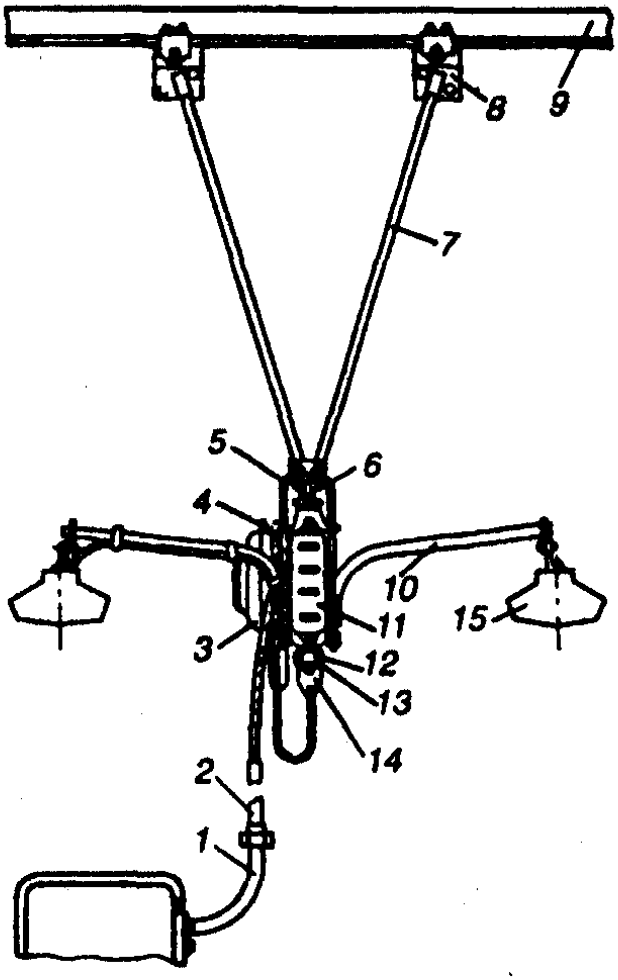


Рис. 6.12. Комбинированная подвеска распределительного и осветительного шинопроводов:

1 — штуцер; *2* — труба; *3* — ответвительная коробка; *4* — держатель; *5* — хомут; *6* — балка подвеса; *7* — рама подвеса; *8* — заклеп; *9* — нижний пояс фермы; *10* — кронштейн; *11* — шинопровод ШРА73; *12* — шинопровод ШОС73; *13* — хомут; *14* — штепсель; *15* — светильник

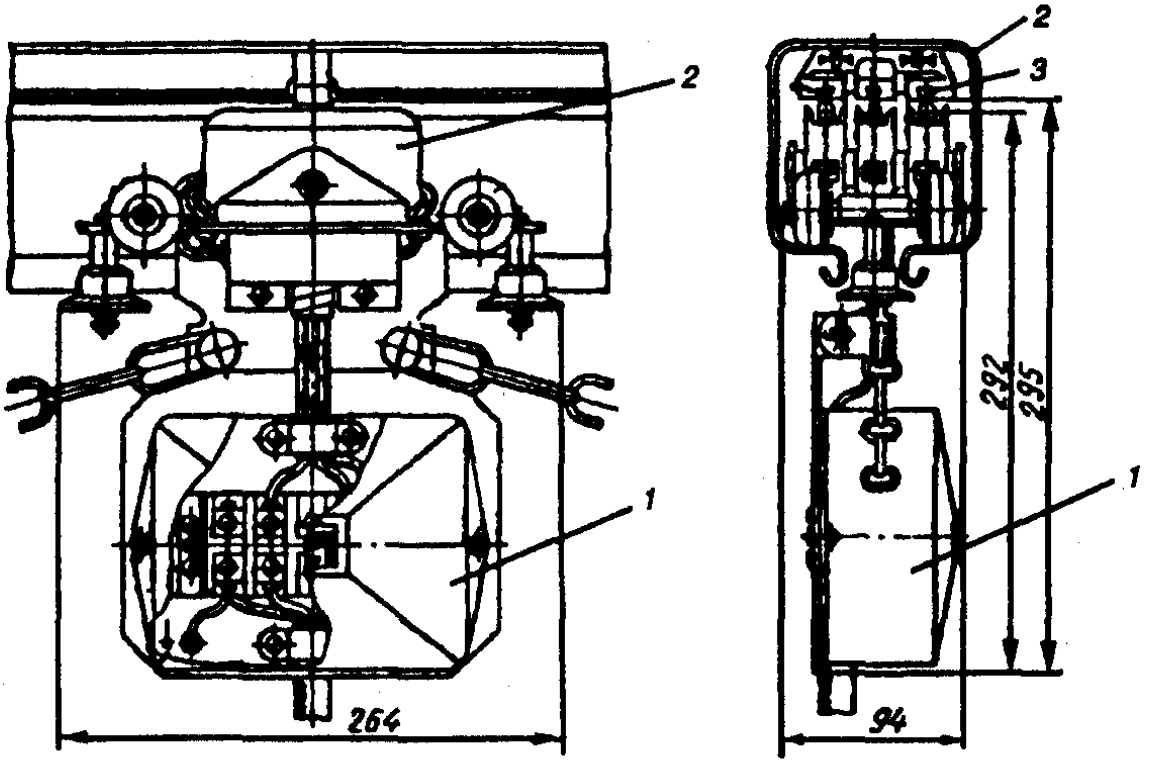


Рис. 6.13. Шинопровод типа ШТМ:

1 — соединительная муфта; *2* — короб; *3* — троллей

дов прокатных станов выпускают шинопроводы постоянного тока ШМАД на 1600, 2500, 4000 и 6300 А.

Распределительные шинопроводы типа ШРА изготовляют на ток 250, 400 и 630 А, напряжение 660 В.

Конструктивные элементы шинопроводов ШМА и ШРА показаны на рис. 6.11.

Осветительные шинопроводы ШОС (однофазные, трехфазные и четырехпроводные типа ШРМ75) обеспечивают штепсельное присоединение электроприемников, включая мощные светильники. Максимальное расстояние между точками крепления 3 м.

В настоящее время широко распространен осветительный шинопровод типа ШОС 80 на 16 А напряжением 240 В. Комбинированная подвеска ШОС и ШРА показана на рис. 6.12.

Крановые открытые троллеи прокладывают вдоль подкрановых балок на кронштейнах. В зависимости от грузоподъемности кранов троллеи выполняют из стальных профилей: двутаврового сечения № 10, швеллера № 8 и 10, углового 75 × 75 × 8; 50 × 50 × 5; 40 × 40 × 4; 32 × 32 × 3. Крановые троллеи выполняют также из алюминиевого сплава АД31Т. Троллеедержатели, кронштейны и троллейные секции поставляют заводы монтажных организаций. В настоящее время открытые крановые троллеи заменяют *троллейными шинопроводами* ШТА и ШТМ (рис. 6.13).

Внутри короба шинопровода ШТМ на изоляторах укреплены четыре медных Т-образных троллея. Подвижная каретка катится по нижним внутренним краям короба вдоль продольной щели в его нижней части. На каретке установлены медно-графитовые щетки для токосъема. Соседние секции соединяются муфтами. Шинопроводы ШТА имеют аналогичную конструкцию, но троллеи выполнены из алюминиевого сплава АД31Т.

§ 30. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА АППАРАТОВ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ В ЭЛЕКТРОПОМЕЩЕНИЯХ, ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ И НА ОТКРЫТОМ ВОЗДУХЕ

В электропомещениях при установке распределительных устройств проходы обслуживания, находящиеся как с лицевой, так и с задней стороны щита, должны отвечать следующим требованиям:

— Ширина (в свету) проходов не менее 0,8 м, высота проходов (в свету) — не менее 1,9 м.

В них не должны находиться предметы, которые могли бы стеснять передвижение людей и оборудования. В отдельных местах они могут быть стеснены выступающими строительными конструкциями, но не менее 0,6 м.

— Расстояния от неогражденных наиболее выступающих голых токоведущих частей (например, концов отключенных ножей ру-

бильников), расположенных на доступной высоте (менее 2,2 м) по одну сторону прохода и противоположной стеной или оборудованием, не имеющим неогражденных голых токоведущих частей, не менее:— 1 м при напряжении ниже 500 В, при длине щита до 7 м и 1,2 м при длине щита более 7 м, при напряжении 1000 В — 1,5 м.

— Расстояния между неогражденными голыми токоведущими частями, расположенными на доступной высоте (менее 2,2 м) по обе стороны прохода, не менее: —1,5 м при напряжении ниже 500 В и 2 м при напряжении 1000 В.

Голые токоведущие части, находящиеся на расстояниях, меньших приведенных, должны быть ограждены.

В качестве ограждения голых токоведущих частей используют сетки с размерами ячеек не более 25 × 25 мм, а также сплошные или смешанные ограждения.

Проходы обслуживания щитов при длине щита более 7 м должны иметь два выхода, при этом выходы с задней стороны щита могут быть выполнены как в щитовое, так и в другое помещение.

При ширине прохода обслуживания более 3 м и отсутствии маслонаполненных аппаратов второй выход не обязателен.

Двери должны открываться наружу, за исключением дверей, ведущих в помещения устройств более высокого напряжения, и иметь самозапирающиеся замки, открываемые без ключа с внутренней стороны помещения. Ширина дверей — не менее 0,75 м, высота — не менее 1,9 м. У распределительных устройств, установленных в помещениях, доступных для неинструктированного персонала, должны быть токоведущие части, как правило, закрытые сплошными ограждениями. В случаях применения распределительных устройств с открытыми токоведущими частями их устанавливают на огражденных участках цеха. При этом ограждение должно быть сетчатым, сплошным или смешанным, высотой не менее 1,7 м. Расстояние от сетчатого ограждения до голых токоведущих частей устройства — не менее 0,7 м.

В помещениях без повышенной опасности осветительные щитки, установленные на высоте не менее 2,5 м от уровня пола, могут не иметь защитных покрытий, если они по своему расположению защищены от случайного попадания посторонних предметов на токоведущие части.

Оконцевание проводов и кабелей выполняют таким образом, чтобы оно находилось внутри устройства.

Съемные части сплошных покрытий укрепляют так, чтобы удаление их требовало применения специальных приспособлений. Дверцы должны запираться на ключ.

Установку в помещениях комплектных распределительных устройств и подстанции (КРУ и КТП) производят в соответствии с требованиями, приведенными в ПУЭ.

При установке распределительных устройств на открытом воздухе необходимо соблюдать следующие требования:

1. Устройство должно быть расположено на спланированной площадке на высоте не менее 0,2 м от уровня планировки.

2. В шкафах должен быть предусмотрен местный подогрев для обеспечения нормальной работы аппаратов, реле и измерительных приборов в соответствии с требованиями, приведенными в ГОСТ, электрических счетчиков — в соответствии с ПУЭ.

При подготовке к монтажу электроаппаратов проводят их ревизию. Аппараты полностью расконсервируют, очищают и протирают от пыли, труднодоступные места продувают сжатым воздухом. После этого добиваются одновременного касания подвижных и неподвижных контактов и плотности прилегания контактных поверхностей, проверяют начальное и конечное контактные нажатия, растворы и провалы контактов, измеряют переходное сопротивление контактов.

Результаты проверок сравнивают с техническими данными, указанными в паспортах аппаратов или инструкциях по монтажу. При получении данных, отличающихся от заводских, выполняют необходимую регулировку.

С помощью мегаомметра на 500—1000 В измеряют сопротивление изоляции, которое должно быть не ниже 0,5 МОм.

Приводы автоматов и контакторов проверяют многократным включением при номинальном и пониженном до 90 % напряжении. Перед отключением аппаратов напряжение снижают до 80 %, кратность отключения увеличивают до 10. В процессе проверок не должно быть отказов и других нарушений работы аппаратов.

Контактное нажатие регулируют изменением сжатия контактных пружин. Во многих аппаратах для этого изменяют длину пружин с помощью регулировочных винтов или гаек. В аппаратах 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 с помощью петли и динамометра оттягивают контакт от контактодержателя, сжимая контактную пружину.

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 плоскостной контакт щуп не должен проникать глубже чем на 1/3 ширины контактной площадки. Малое нажатие влечет за собой их перегрев, большое — препятствует включению.

Переключатели, рубильники, предохранители и блоки. *Рубильник — предохранитель* монтируют на распределительных щитах и

силовых пунктах (шкафах). Эти аппараты устанавливают по уровню и отвесу. Затяжку гаек и винтов производят до отказа усилием не более 150 Н и без рывков. Плотность соприкосновения контактного ножа со стойкой проверяют щупом толщиной 0,05 мм.

В случае прохода щупа более чем на 1/3 контактной поверхности необходимо устранить причины перекоса. Контактные ножи аппаратов при включении должны касаться контактных стоек с обеих сторон по всей линии. При этом «отпружинивание» контактных губок стоек при входе в них ножа должно быть хорошо заметно на глаз. Все трущиеся части смазывают техническим вазелином или специальной смазкой.

При монтаже *закрытые патроны предохранителей* ПН-2, установленные в вертикальном положении, не должны выпадать из контактных стоек при приложении к ним усилия, равного 30 Н для предохранителей на 40 А, 40 Н — 100 А, 45 Н —250 А, 50 Н — 400 А, 60 Н —600 А.

При установке патрона предохранителя в контактные стойки плотность их соприкосновения проверяют щупом толщиной 0,05 мм между колпачком патрона и губками стоек.

Магнитные пускатели устанавливают вертикально по отвесу на силовых распределительных сборках, распределительных щитах или отдельно на конструкциях, прикрепляемых к стенам, колоннам и т.п. При этом отклонения по вертикали допускаются не более 5°. Поверхность контактов пускателя осматривают после опробования его под нагрузкой, а в случае появления на ней наплывов обрабатывают напильником. Смазывать контакты пускателя смазкой не допускается.

Размеры раствора, провала и нажатия главных и вспомогательных контактов проверяют и регулируют в соответствии с указаниями предприятий-изготовителей.

Перед включением в работу у *реверсивных магнитных пускателей* тщательно проверяют работу блокировки, предотвращающей возможность одновременного включения силовых контактов прямого и обратного хода.

При монтаже *автоматических выключателей* следят за тем, чтобы между токоведущими частями сохранялись достаточные электрические зазоры. Если автоматический выключатель имеет пластмассовый кожух, то конструкция, на которой крепится автоматический выключатель, должна быть хорошо выправлена, иначе при затяжке крепежных болтов может произойти поломка пластмассового основания автоматического выключателя. Для крепления автоматического выключателя с передним присоединением проводов используют отверстия, расположенные между выводами. Автоматические выключатели с задним присоединением проводов должны закрепляться на изоляционных панелях специальными токоведущими соединительными винтами.

Комплектные станции управления устанавливают в проектное положение и проверяют все крепления. Далее производят присоединение проводов внешней схемы. Удаляют смазку с контактов и неокрашенных торцов магнитных систем контакторов и реле переменного тока и наносят на неокрашенные торцы тонкий слой жидкой смазки. После окончания монтажа при подготовке к включению наладчики проверяют сопротивление изоляции станций управления, уставки реле, соответствие токов плавких вставок предохранителей номинальным, нагревателей тепловых реле, устанавливают требуемое значение регулируемых сопротивлений, проверяют правильность последовательности работы аппаратов в соответствии с общей схемой управления (при отключенной цепи главного тока; при включенной цепи главного тока на холостом ходу — без сочленения электропривода с механизмом; под нагрузкой вместе с механизмом).

Монтаж *распределительных щитов* выполняют в определенной технологической последовательности.

До выполнения чистых полов и окончательной отделки помещений производят разметку расположения щита согласно проекту и привязку его установки по отношению к частям здания.

При этом закладывают и закрепляют в полу основную раму — цоколь, на котором и будут монтировать щит. Раму изготовляют из швеллерной стали № 8 или 10 и располагают от трубопроводов на расстоянии на менее 0,5 м. Прокладывают заземляющие магистрали и отпайки. После этого строительная организация производит окончательную отделку помещения: укладку чистых полов, побелку и покраску.

Дверные проемы помещения должны иметь размеры, позволяющие доставлять к месту монтажа блоки или секции по нескольку панелей общей длиной до 4 м.

Собранные и предварительно отрегулированные в мастерских блоки или секции щитов устанавливают на цокольную раму и временно закрепляют на ней (рис. 6.14).

Далее проверяют правильность установки секций щита в вертикальной и горизонтальной плоскостях по отвесу и гидростатическому уровню или нивелиру. Закрепляют щит на цоколе болтами или сваркой, устанавливают и соединяют шины, поступившие в отдельной упаковке.

Контакты проверяют с трех сторон щупом толщиной 0,05 мм и шириной 10 мм, который не должен входить внутрь контакта более чем на 4 мм. Шины соединяют сваркой или болтами. Гайки болтов располагают со стороны, удобной для наблюдения и подтягивания.

После выполнения сборочных работ на панелях устанавливают приборы и аппараты, демонтированные при транспортировке. Вертикально по отвесу выверяют положение каждого прибора так, чтобы начальная и конечная точки на шкале прибора лежали на

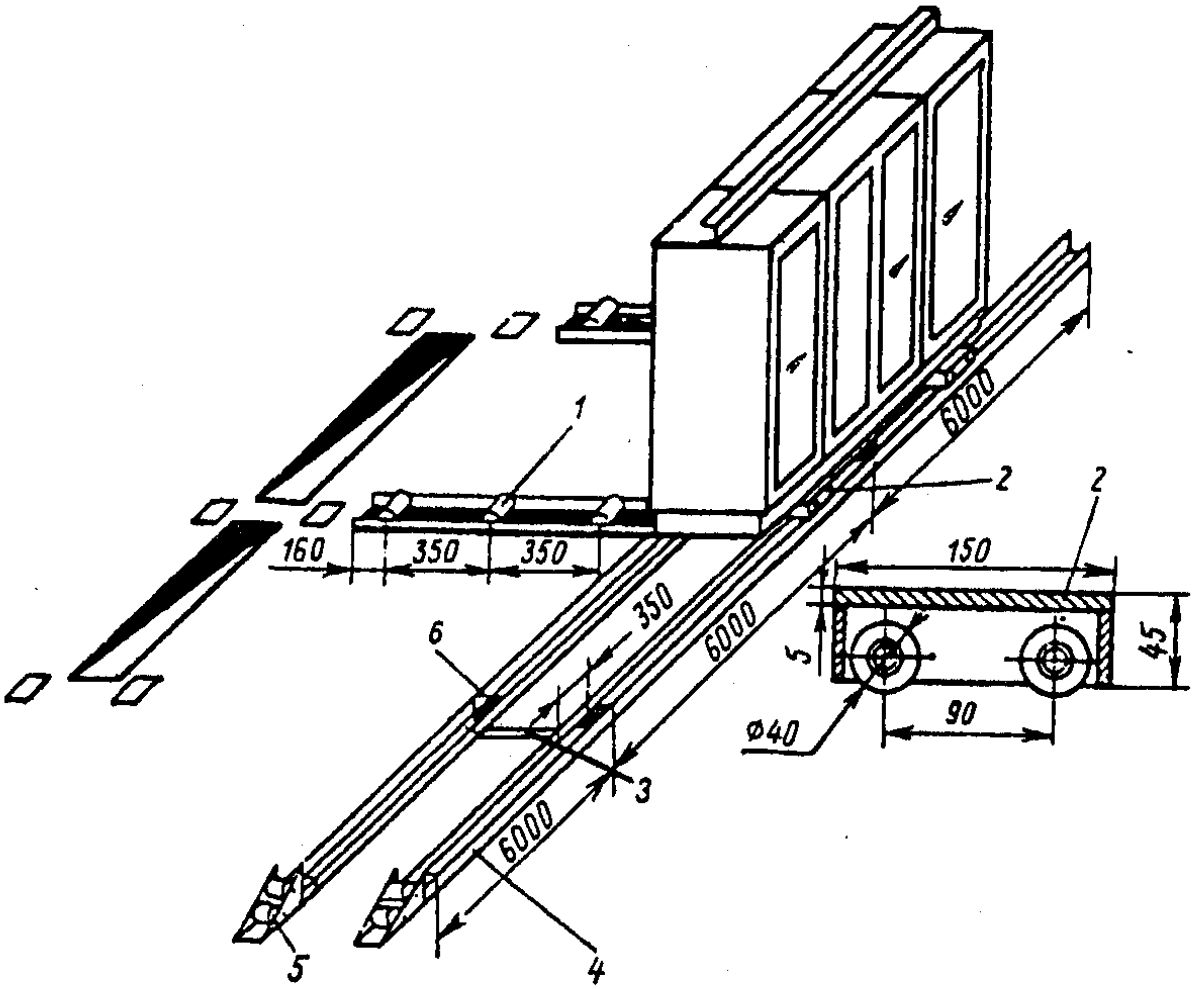


Рис. 6.14. Монтаж блока шкафов с помощью комплекта приспособлений:

1 — рольганги; *2* — катки; *3* — шпильки для скрепления швеллеров; *4* — колея из швеллеров; *5* — склизы; *6* — соединяющие накладки

прямых параллельных продольным кромкам панелей щита. Допустимое отклонение от осей на одной панели — 1 мм, на разных панелях — не более 3 мм.

Щит к контуру заземления присоединяют болтами на раме, между панелями и дополнительно приваркой в нескольких точках.

Технология монтажа щитов и пультов управления аналогична монтажу распределительных щитов. Проверку внутренних соединений и сборку отдельных панелей в укрупненные блоки производят в МЭЗ в период подготовки строительной части помещения. Укрупненные блоки панелей щитов и пультов (без измерительных приборов и реле защиты) транспортируют на место и устанавливают на закладные элементы, смонтированные при сооружении строительной части.

Технология монтажа распределительных пунктов ПР и шкафов ШРС, ШЭ мало отличается от описанной выше. После окончания строительных работ, включая отделочные, пункты и шкафы устанавливают и закрепляют в соответствии с рабочим чертежом, выверяя по уровню и отвесу; при этом отклонение от вертикали не

должно превышать ± 5°. После этого подсоединяют внешние сети (провода, кабели и заземляющие проводники).

Шкафы навесной конструкции в нижней части корпуса имеют овальное отверстие с крышкой для подвала проводов или кабелей. Подвод кабелей к шкафам напольной конструкции выполняют из кабельного канала или приямка.

Технология монтажа *силовых ящиков* различных конструкций содержит много общих операций.

Корпус ящика устанавливают по отвесу вертикально и крепят болтами, для которых в задней стенке корпуса обычно имеются отверстия. Ящик заземляют, присоединяя проводник заземления к болту на стенке корпуса. К этому же болту подсоединяют нулевые провода питающей и отходящей линий. Ввод и присоединение проводов питающей и отходящих цепей осуществляют через верхнюю и нижнюю крышки корпуса, пробивая в них отверстия по диаметру вводимых труб или сальников. Трубы электропроводки крепят к корпусу ящика царапающими заземляющими гайками. Затяжку гаек производят постепенно во избежание перекоса крышек корпуса. При вводе и выводе снизу провода от верхних зажимов пропускают внутри корпуса под блоком. При выводе и вводе сверху соответственно провода от нижних зажимов пропускают под блоком наверх.

Перед присоединением ящика необходимо снять защитные щитки, закрывающие контрольные контактные зажимы и стойки блока. После присоединения проводов необходимо установить на место защитные щитки.

При замене перегоревшего патрона предохранителя его приподнимают, освобождая верхнюю лапку из паза держателя и, опустив патрон вниз, вынимают из ящика. Для установки патрона его лапку вставляют в нижний держатель, поднимают патрон вверх так, чтобы верхняя лапка отжала пружину, и вставляют эту лапку в паз верхнего держателя.

§ 31. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ШИНОПРОВОДОВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ

При монтаже открытых токопроводов или шинных магистралей сначала в заготовительных мастерских готовят алюминиевые шины. Для этого их правят, сваривают между собой в рулоны длиной 50—300 м и наматывают на кассеты. Шинодержателями комплектуют крепежные конструкции с изоляторами, подбирают изоляционные вставки, шинные распорки и натяжные устройства. Комплект всех материалов открытого токопровода доставляют на место монтажа в цех. После этого устанавливают концевые и промежуточные

конструкции. На промежуточных конструкциях закрепляют раскаточные ролики. Используя электрическую лебедку, разматывают шины с кассет и натягивают их поверх нижнего пояса ферм. Размотку шин начинают со средней шины. Один конец ее закрепляют на изоляторе с помощью шинодержателя, а второй — в натяжном устройстве, после чего натягивают шины в анкерном пролете. Размотку и натяжку крайней внутренней шины осуществляют после предварительного укрепления оттяжками натяжных конструкций. Затем натягивают наружную шину.

Далее снимают раскаточные ролики и укладывают шины в шинодержатели, устанавливают шинные распорки и производят окончательное натяжение шин с помощью натяжных винтов концевых шинодержателей. В шинодержателях, установленных на промежуточных конструкциях, шины должны свободно перемещаться вдоль линии. По концам магистрали, а также при переходе токопровода через температурные швы здания и в местах установки секционных разъединителей делают анкерные натяжные крепления.

Защищенные или закрытые шинопроводы монтируют укрупненными блоками, предварительно собранными в мастерских. Магистральные шинопроводы ШМА обычно комплектуют в блоки длиной 12 м из трех-четырех секций по 3 м или из двух секций по 4,5 м. В соответствии с разбивкой трассы шинопровода секции сваривают или соединяют болтовыми сжимами и выполняют изоляцию стыков.

Секцию или блоки укладывают на автомашину с прицепом (специальный трейлер) в один ряд; в два ряда — только при транспортировке в специальных контейнерах. Укладывать секции или блоки навалом на разрешается.

Разметку оси прокладки шинопроводов и мест укладки опорных конструкций производят в соответствии с рабочими чертежами. Для этого используют гидростатический уровень и отвес или нивелир. Отметки строительной части дает строительная организация.

Магистральные шинопроводы прокладывают на кронштейнах по фермам, колоннам, стенам, балкам, на стойках, устанавливаемых на полу, или подвешивают под перекрытием. Монтаж начинают со сложных узлов: с вертикальных участков или присоединительных секций на подходах к КТП. Вертикальные участки начинают монтировать с нижней угловой секции и затем наращивают шинопровод вверх до отметки верхнего горизонтального участка. Горизонтальные прямые участки шинопровода, секцию с компенсатором и подгоночные секции монтируют в последнюю очередь. Как правило, в цехе устанавливают несколько КТП, при этом магистральные шинопроводы от соседних КТП соединяют через секционные автоматические выключатели.

Ответственной операцией является фазировка соединяемых шинопроводов. Необходимое чередование фаз обеспечивают с помощью фазировочных секций, устанавливаемых на подходе к КТП.

На опорные конструкции поднимают блоки электролебедками или мостовым краном. Крепление блоков, сборку и сварку стыков и другие монтажные работы выполняют с автогидроподъемника, самоходных подмостей или мостового крана.

При монтаже с автогидроподъемника к нижнему поясу ферм крепят монтажный ролик, через который пропускают трос лебедки. К концу троса крепят траверсу с укрепленным на ней блоком. Лебедкой управляют с пола. Концы блока удерживают от разворота с помощью веревочных оттяжек.

С самоходных подмостей монтаж производят аналогично описанному выше способу. Смежные секции стыкуют после подъема и установки блоков на места креплений. При монтаже с мостового крана на настиле крана оборудуют монтажную площадку.

Прогрессивной технологией является монтаж шинопроводов ШМА на 1600 А укрупненными блоками. Секции шинопровода длиной 12 м собирают в длинномерные плети (100 м и более) до подъема их на проектную отметку. Предварительно их раскладывают автомобильным краном на «козлах», установленных на черновом полу цеха или на временных кронштейнах, закрепленных на колоннах по оси подъема. Стыки стягивают шпильками, сваривают сверху и снизу, изолируют и закрывают крышками. После этого плеть поднимают на проектную отметку лебедкой с использованием монтажных блоков, подвешенных к нижней полке подкрановой балки.

Продолжительность монтажа шинопроводов при этом способе сокращается более чем в 2 раза, уменьшаются трудовые затраты, значительно улучшаются условия и качество монтажа.

Распределительные шинопроводы (рис. 6.15) монтируют над полом, на стенах и колоннах на специальных опорных конструкциях: стойках-кронштейнах, подвесах. Опорные конструкции устанавливают заблаговременно, в период подготовки и комплектования секций. Расстояние между соседними опорными конструкциями принимают не более 3 м. Секции шинопровода тщательно осматривают, удаляют консервирующую смазку с контактных поверхностей токоведущих шин коробов секций и ответвительных коробок в местах заземления.

Секции после подъема на опорные конструкции закрепляют нажимными болтами. При этом нулевая шина должна располагаться сверху. Соединение шин секций производят болтовыми контактами. Короба смежных секций соединяют винтами и соединительными планками.

Перед включением шинопровода под напряжение проверяют наличие крышек на не занятых коробками монтажных и штепсель-

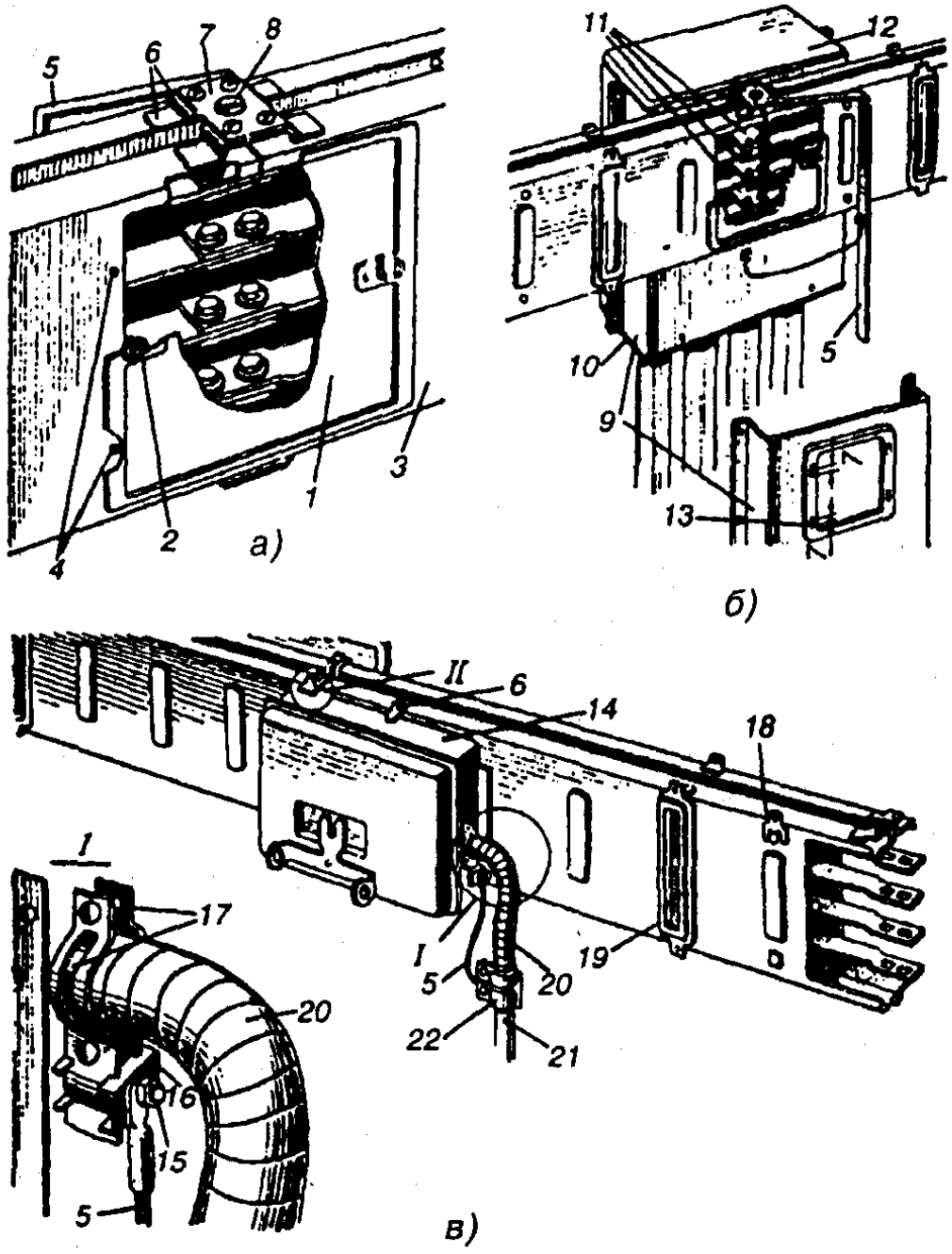


Рис. 6.15. Монтаж распределительного шинопровода:

а — соединение секций; *б, в* — вводная и ответвительная коробки; *1* — съемная крышка монтажного окна; *2* — прижим; *3* — концы стыкуемых секций; *4* — отверстия для крепления корпуса вводной коробки; *5* — проводник сети заземления; *6* — лапки; *7* — соединительная планка; *8* — отверстия для приварки планки к лапкам; *9* — задняя стенка вводной коробки; *10* — съемное дно; *11* — присоединительные элементы вводной коробки; *12* — вводная коробка; *13* — удлинение отверстий для ввода сверху; *14* — ответвительная коробка; *15* — болт заземления; *16* — швеллерообразный элемент; *17* — скобы; *18* — вилка; *19* — заглушка; *20* — металлорукав; *21* — труба; *22* — муфта

ных окнах, наличие торцевых крышек на концах шинопровода, надежность всех контактов в цепи заземления от электроприемника до корпуса и самого корпуса шинопровода с заземляющей сетью электроустановки.

Осветительные шинопроводы крепят к металлоконструкциям здания на подвесках самостоятельно (рис. 6.16) или

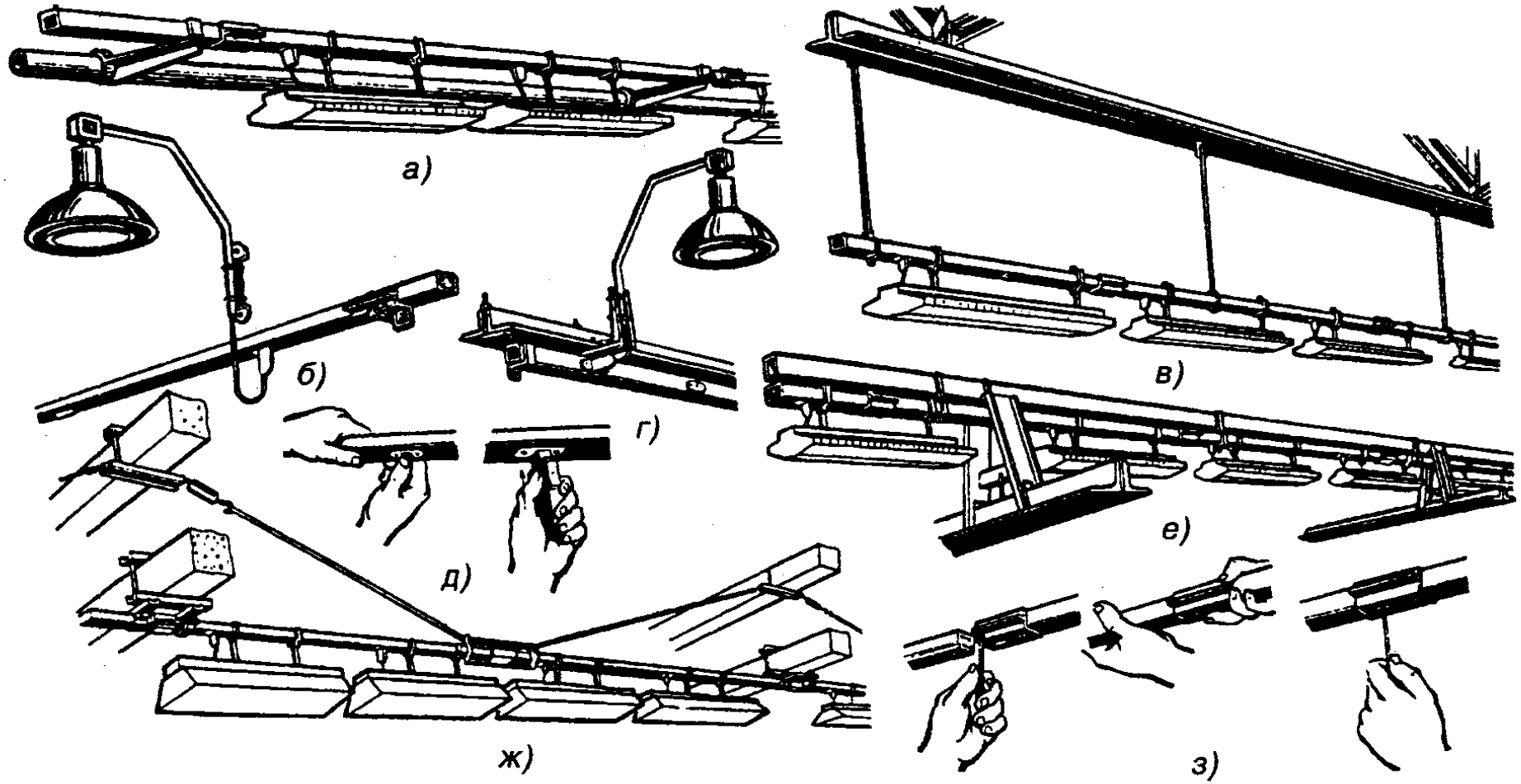


Рис. 6.16. Монтаж осветительных шинопроводов ШОС:

а — установка на кронштейнах, закрепленных на трубопроводе; *б* — крепление шинопровода на кронштейне к стене; *в* — подвеска шинопровода вдоль металлических ферм на полосовых подвесах; *г* — крепление шинопровода к ферме с помощью подвески; *д* — подсоединение светильника через штепсельный соединитель; *е* — укладка шинопровода на несущей прямоугольной трубе поперек нижнего пояса металлических ферм с помощью стоек; *ж* — укладка шинопровода поперек железобетонных ферм с промежуточным тросовым креплением; *з* — соединение секций шинопроводов

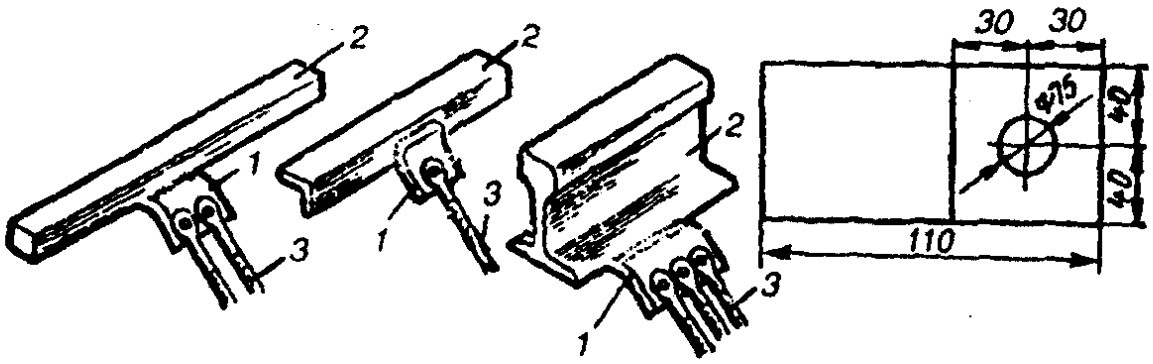


Рис. 6.17. Токопроводящие планки на стальных троллеях:

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

вместе с распределительным шинопроводом. Соединение смежных секций и подсоединение светильников выполняют штепсельным контактом. Светильники подвешивают с помощью хомута с крючком или крепят к строительным конструкциям.

Открытые крановые троллеи монтируют укрупненными блоками (обычно длиной 6 м). Троллеи с конструкциями, изоляторами, крепежными деталями, отрихтованными шинами подпитки доставляют на место монтажа блоками.

Вдоль трассы троллейной линии блоки раскладывают. Затем их поднимают, крепят к подкрановым балкам и стыкуют. Укрупненные блоки троллеев поднимают мостовым краном, электролебедками или другими подъемными средствами. Кронштейны к металлическим балкам крепят электросваркой, а к железобетонным — шпильками. Работы выполняют с монтажных люлек, подвешенных к мостовому крану или передвижным подмостям.

Между осями крепления кронштейнов расстояние не должно быть более 3 м. После окончательной выверки сваривают троллеи смежных блоков, приваривают температурные компенсаторы и подсоединяют питающие линии. К стальным троллеям алюминиевые провода подсоединяют через троллейные планки (рис. 6.17).

Выполняя операции по монтажу троллеев, соблюдают следующие требования: отклонения троллеев от основных осей по горизонтали допускается не более 10 мм, по вертикали — не более 20 мм; зазор между торцами троллеев у температурных швов здания — не менее 50 мм; расстояние между токоведущими и неизолированными конструкциями должно быть не менее 50 мм. Торцы троллеев на стыках запиливают так, чтобы был обеспечен свободный переход токосъемника. Троллеи каждого участка между компенсаторами закрепляют жестко в средней точке, а в остальных местах креплений должна быть обеспечена возможность продольного перемещения. У троллеев ремонтного участка по длине стыка оставляют воздушный зазор не менее 50 мм, при этом по обе стороны стыка устанавливают троллеедержатели.

Контрольные вопросы

1. Какие аппараты наиболее часто используют для защиты и управления электроустановками?
2. Чем отличаются герсиконовые контакторы КМГ от контакторов КТ?
3. Каковы принцип действия и назначение максимального расцепителя автоматического выключателя?
4. Какое устройство называют распределительным?
5. Какие типы распределительных устройств вы знаете?
6. В каких случаях применяют силовые распределительные пункты ПР, а в каких силовые ящики ЯБП?
7. Как монтируют контакторы?
8. Как монтируют распределительные щиты?
9. Как монтируют распределительные шинопроводы напряжением до 1 кВ?
10. Как монтируют троллеи?

ГЛАВА 7. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

§ 32. КЛАССИФИКАЦИЯ КАБЕЛЕЙ И КАБЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ПО КОНСТРУКТИВНЫМ ПРИЗНАКАМ

Силовые кабели состоят из следующих основных элементов: токопроводящих жил, изоляции, оболочек и защитных покровов. Кроме основных элементов в конструкцию кабеля могут входить экраны, жилы защитного заземления и заполнители (рис. 7.1).

Силовые кабели различают по следующим признакам: роду металла токопроводящих жил — кабели с алюминиевыми и медными жилами; роду материалов, которыми изолируют токопроводящие жилы — кабели с бумажной, пластмассовой и резиновой изоляцией; роду защиты изоляции жил кабелей от влияния внешней среды — кабели в металлической, пластмассовой и резиновой оболочке; способу защиты от механических повреждений — бронированные и небронированные; количеству жил — одно-, двух-, трех- и четырехжильные.

Каждая конструкция кабелей имеет свои обозначения и марку. Марка кабеля составляется из начальных букв слов, описывающих конструкцию кабеля.

Кабельные линии прокладывают в земляных траншеях, специальных кабельных сооружениях, на эстакадах, в галереях, открыто по стенам зданий и сооружений, в трубах, во внутрицеховых помещениях промышленных предприятий, а также коллекторах — подземных сооружениях, предназначенных для прокладки в них кабелей совместно с линиями связи и другими коммуникациями.

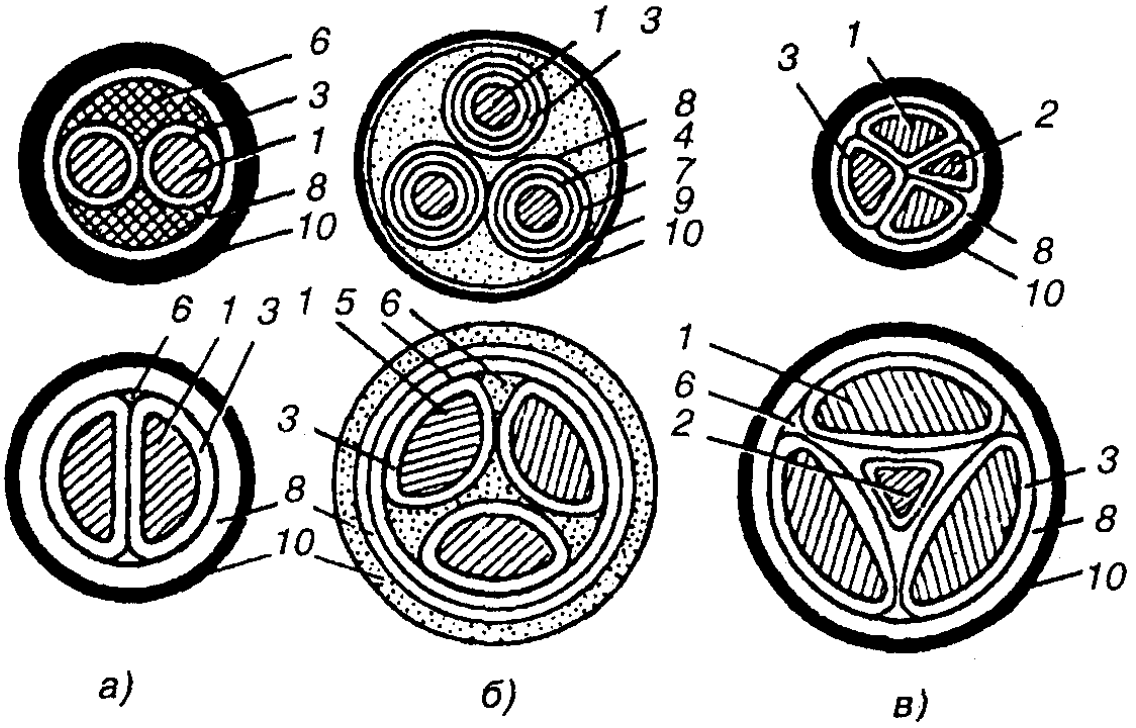


Рис. 7.1. Конструкция силовых кабелей:

а — двужильные кабели с круглыми и сегментными жилами; *б* — трехжильные кабели с поясной изоляцией и отдельными оболочками; *в* — четырехжильные кабели с нулевой жилой круглой, секторной или треугольной формы; *1* — токопроводящая жила; *2* — нулевая жила; *3* — изоляция жилы; *4* — экран на токопроводящей жиле; *5* — поясная изоляция; *6* — заполнитель; *7* — экран на изоляции жилы; *8* — оболочка; *9* — бронепокров; *10* — наружный защитный покров

Наиболее дешевый способ канализации электроэнергии — размещение кабелей в траншее (рис. 7.2). Такой способ не требует большого объема строительных работ и создает хорошие условия для охлаждения кабелей. Недостаток этого способа — возможность механических повреждений кабелей во время различных раскопок, проводимых при эксплуатации сооружений. В траншеях кабели прокладывают на глубине не менее 0,7 м на трассах, не загруженных другими подземными и надземными коммуникациями. В одной траншее размещают не более шести кабелей на напряжение 6—10 кВ или двух кабелей на напряжение 35 кВ. Кроме того, рядом с ними допускается прокладка не более одного пучка из четырех контрольных кабелей.

При пересечении с железнодорожными путями и проездами в стесненных местах, на участках вероятного разлива расплавленного металла и в районах с интенсивными блуждающими токами или грунтами с особой степенью агрессивности применяют прокладку кабелей в блоках.

На территории энергоемких промышленных предприятий при более 20 кабелей, идущих в одном направлении, применяют прокладку в туннелях. Такая прокладка обеспечивает надежную работу кабельных линий, но имеет самую высокую стоимость строительной части.

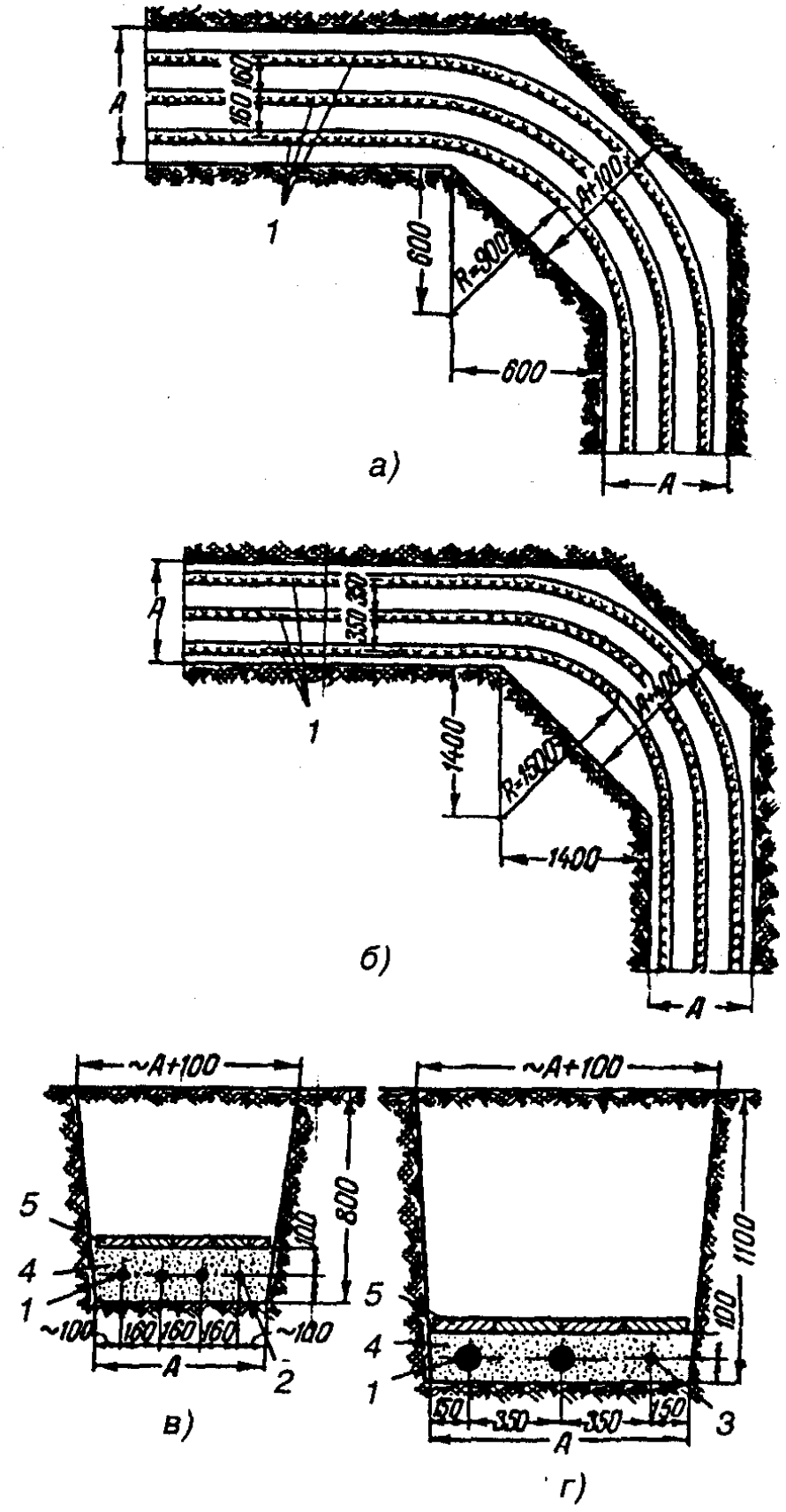


Рис. 7.2. Прокладка кабелей в траншее:

а — план траншеи с углом поворота 90° для прокладки силовых трехжильных кабелей до 10 кв; *б* — план траншеи с углом поворота 90° для прокладки силовых трехжильных кабелей до — 35 кВ; *в* — разрез траншей на прямолинейном участке для прокладки силовых кабелей до 10 кВ, а также для их совместной прокладки с контрольными кабелями; *г* — разрез траншеи на прямолинейном участке для прокладки силовых кабелей до — 35 кВ, а также для их совместной прокладки с другими кабелями независимо от напряжения; *1* — силовой кабель; *2* — контрольный кабель; *3* — кабели других напряжений или контрольные; *4* — подсыпка из земли; *5* — защита из бетонных плит или кирпича

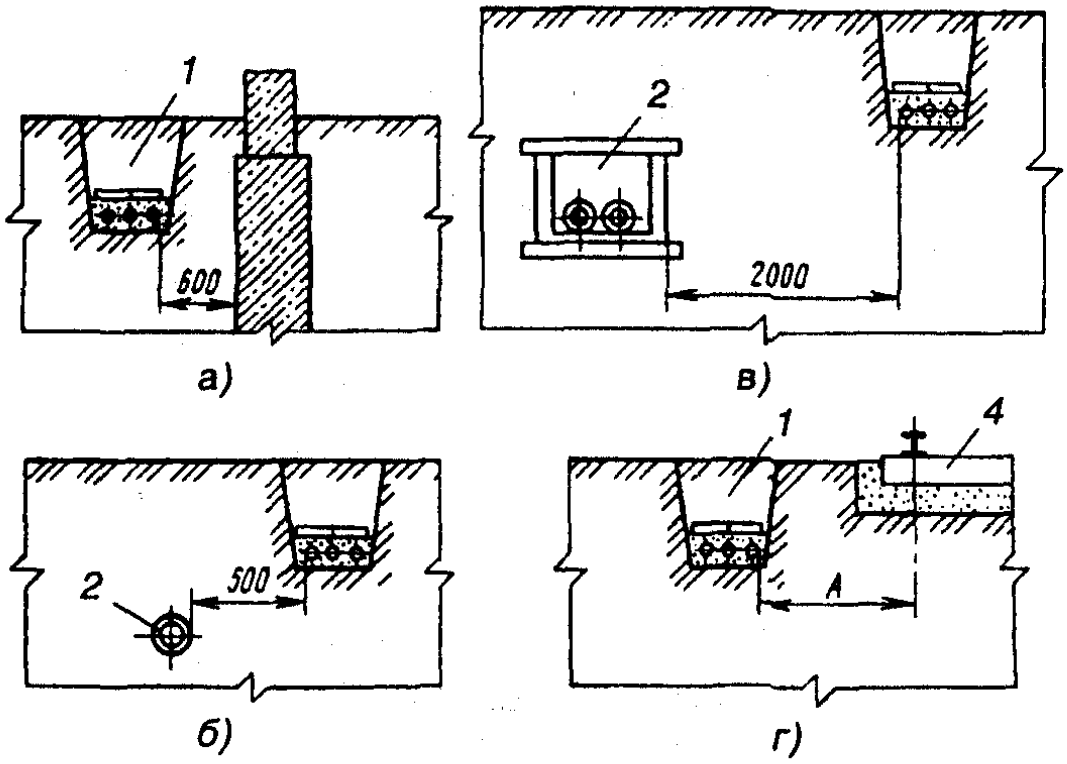


Рис. 7.3. Нормативные расстояния от параллельно прокладываемых кабелей в траншеях:

а — до фундамента здания; *б* — до трубопровода; *в* — до теплотрассы; *г* — до электрифицированной железной дороги; *1* — кабельная траншея; *2* — трубопровод; *3* — теплопровод; *4* — электрифицированная железная дорога; *А* — нормируемое расстояние в зависимости от вида инженерного сооружения (трамвай, электричка и т. д.)

На предприятиях, насыщенных различными подземными коммуникациями, территориях с грунтовыми условиями, неблагоприятно действующими на кабели, в районах вечной мерзлоты прокладку кабелей производят на эстакадах или в галереях.

Открыто по стенам сооружений и зданий кабели прокладывают в тех случаях, когда строительные конструкции выполнены из несгораемых материалов, а в помещениях нет пожаро- и взрывоопасных зон.

Нормируемые расстояния между кабелями при прокладке их в траншее приведены на рис. 7.3. Ширина траншеи по дну для одного кабеля определяется удобством производства земляных работ и составляет 0,2 м при напряжении до 10 кВ и 0,3 м при 35 кВ. Ширина траншеи по верху зависит от ее глубины и угла естественного откоса грунта.

Вводы кабелей *4* в здания (рис. 7.4, *а, б*) и их проходы из траншей в кабельные сооружения выполняют в трубах *2*, концы которых выступают из стены *6* здания (сооружения) в траншею, а при наличии отмостки — за линию последней не менее чем на 0,6 м. Для предохранения от проникновения воды из траншеи в местах прохода труб накладывают гидроизоляцию *1*, после прокладки кабелей *4* входные отверстия *3* труб уплотняют кабельной пряжей,

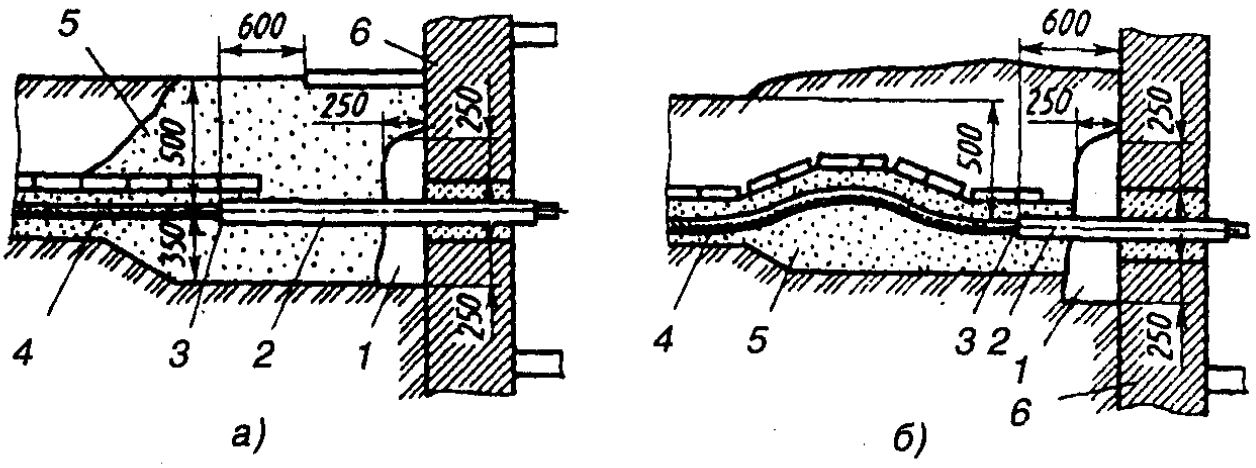


Рис. 7.4. Ввод кабелей из траншеи в здание или кабельное сооружение:
а — при непроседающем грунте; *б* — при приседающем грунте

обмазанной водонепроницаемой (мятой) глиной, а кабель засыпают грунтом *5*.

На кабельных линиях в местах установки соединительных муфт траншею расширяют для образования котлована. Размеры котлована в плане определяют с учетом устройства компенсаторов с обеих сторон от муфт для их возможного перемонтажа при эксплуатации и разгрузки от тяжения кабеля при колебании температуры (запас кабеля в компенсаторе 350—400 мм); допустимых расстояний в свету между корпусом муфты и ближайшим кабелем (не менее 250 мм), а также между муфтами на двух расположенных рядом кабелях (не менее 2000 мм по длине трассы).

Для блочной кабельной канализации используют железобетонные панели марки ПК-2 или ПК-3 с внутренним диаметром

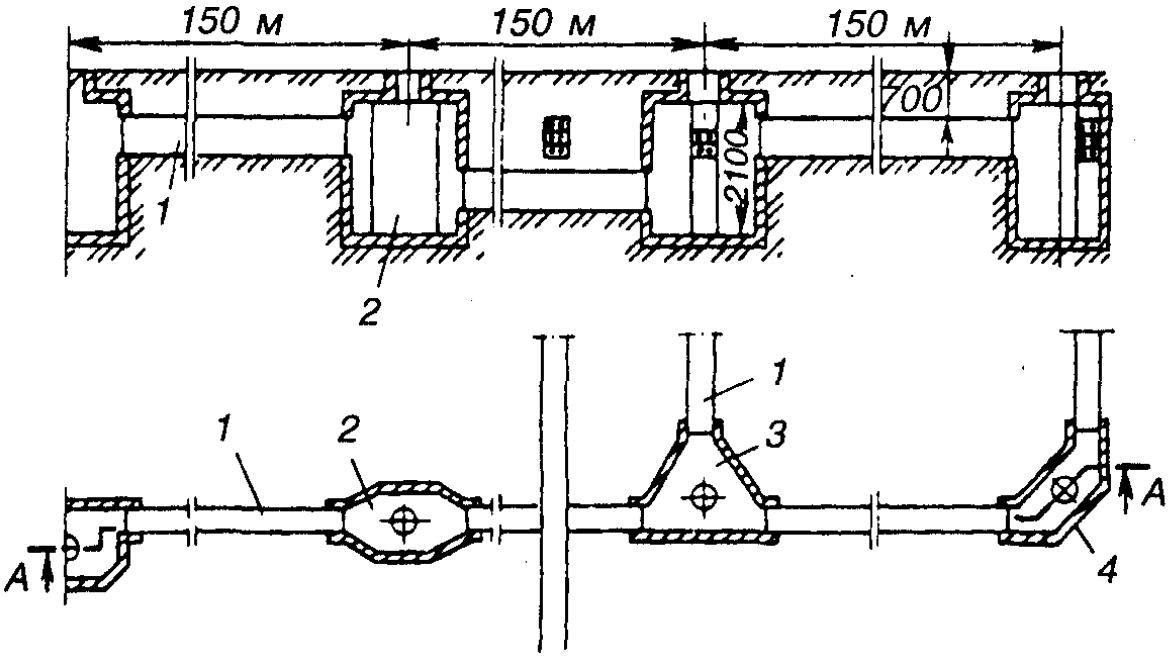


Рис. 7.5. Блочная кабельная канализация

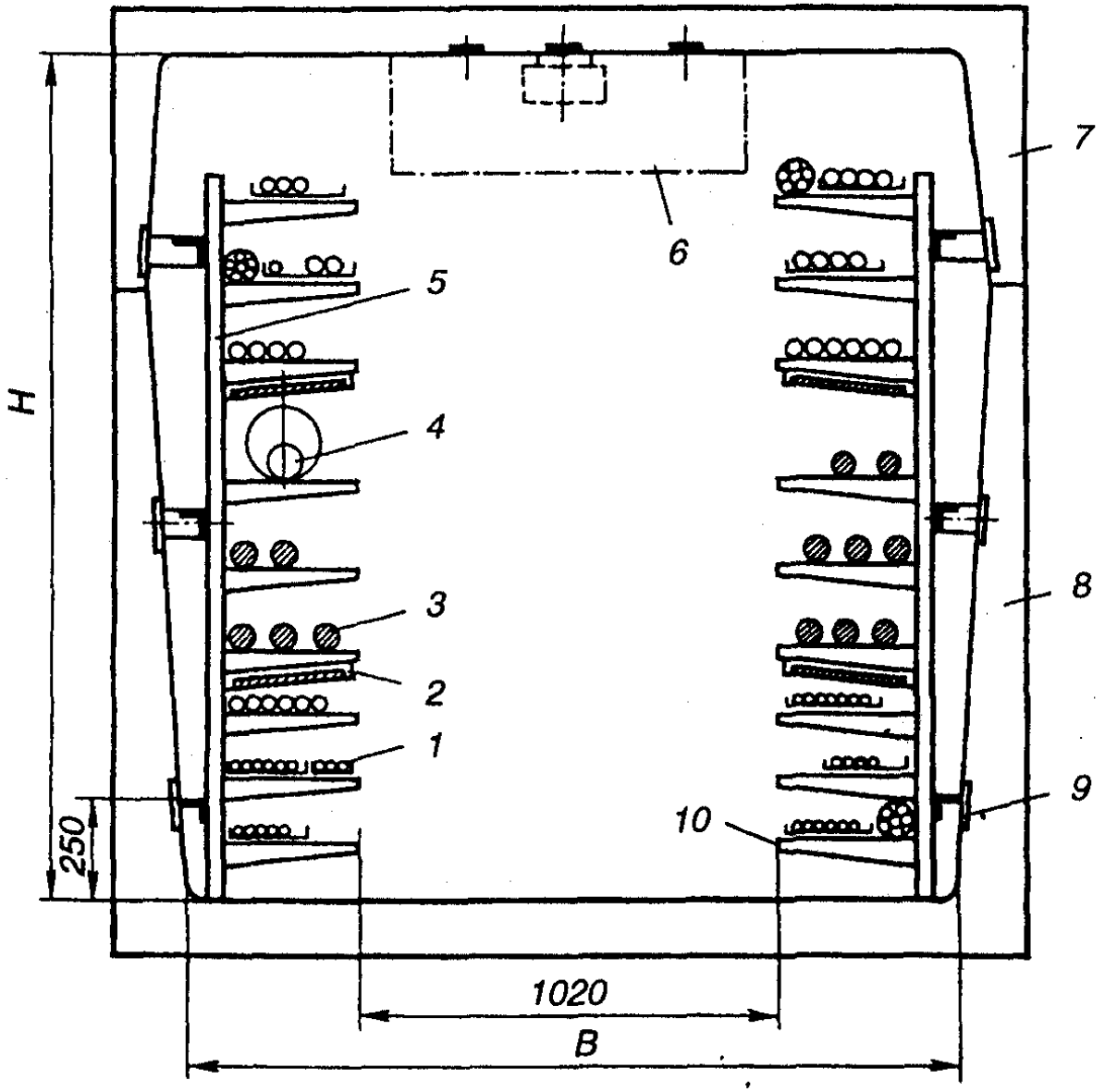


Рис. 7.6. Прокладка кабелей в туннеле из сборных лотковых элементов

отверстия в панели не менее 90 мм. Глубину заложения блоков в земле принимают по местным условиям. Кабельные колодцы (рис. 7.5) позволяют осуществлять прокладку кабелей до 10 кВ с однопроволочными жилами сечением до 240 мм^2 и установку на них кабельных муфт с защитными кожухами длиной 1250 мм. Высота колодцев не превышает 2100 мм. Различают проходные прямые колодцы *2*, угловые *4*, разветвительные *3*, тройниковые и крестовые (соответственно с выходом блоков *1* с трех и четырех сторон). Снаружи кабельные колодцы закрывают люками, внутри оборудуют металлическими лестницами или скобами для спуска людей. Расстояние между колодцами принимают не более 150 м.

Кабельные туннели (рис. 7.6) монтируют из верхних *7* и нижних *8* лотковых элементов различных размеров по высоте *H* и ширине *B*. Закладные детали *9* устанавливают в лотковых элементах для крепления сборных кабельных конструкций *5* и размещения на их полках *10* контрольных *1*, силовых *3* кабелей и соединительных муфт

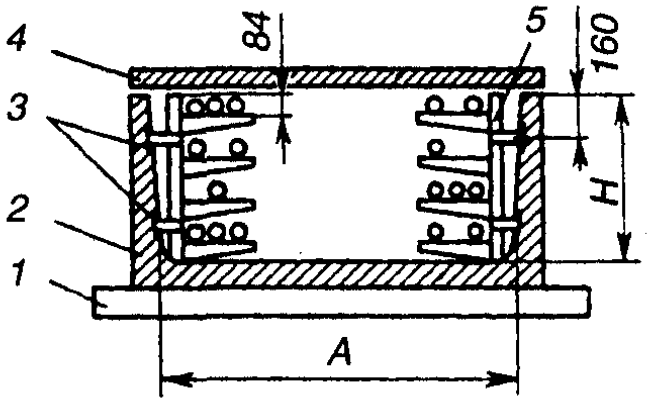


Рис. 7.7. Прокладка кабелей в каналах из сборных лотковых элементов:

1 — основание; *2* — лоток; *3* — закладные детали; *4* — перекрытие; *5* — кабельная конструкция

4. Огнестойкие перегородки *2* предназначены для разделения групп кабелей. В специальной зоне *6* предусматривается устройство освещения.

Подземные туннели вне зданий располагаются так, чтобы верх их перекрытия был заглублен на 0,5 м (на охраняемых территориях не нормируется).

Кабельные каналы изготовляют из сборных железобетонных лотковых элементов *2* (рис. 7.7) различной ширины *A* и высоты *H*. Габариты каналов рассчитаны на прокладку кабелей напряжением до 35 кВ сечением жил до 240 мм^2 включительно с радиусом изгиба кабелей до 1500 мм.

Прямые участки каналов сооружают из лотковых элементов длиной 6,3 и 0,75 м.

Ответвления от основной трассы выполняют с помощью углов поворотов марки УПК или УК. Для крепления в каналах кабельных конструкций *5* предусмотрены закладные детали *3*, закрепляемые в стенах при изготовлении каналов. При сооружении кабельных трасс лотковые элементы *2* размещают на основаниях *1* и после прокладки кабелей перекрывают плитами *4*. При расположении каналов вне зданий поверх плит перекрытия насыпают слой земли толщиной не менее 0,3 м (на охраняемых территориях толщина слоя нормируется).

Прокладку контрольных и силовых кабелей сечением 25 мм^2 и более, за исключением небронированных кабелей со свинцовой оболочкой, выполняют по кабельным конструкциям. Контрольные небронированные и силовые небронированные кабели сечением 16 мм^2 и менее прокладывают преимущественно на лотках.

Непроходные кабельные эстакады сооружают с пролетами между опорами 6 или 12 м, в которых можно прокладывать 16, 24 или 40 условных кабелей (кабель напряжением до 10 кВ сечением жил 150—240 мм^2). Кабельные проходные эстакады обеспечивают прокладку 64 и 128 условных кабелей. Непроходные и проходные эстакады (рис. 7.8, *а, б*) предусматривают двустороннее расположе-

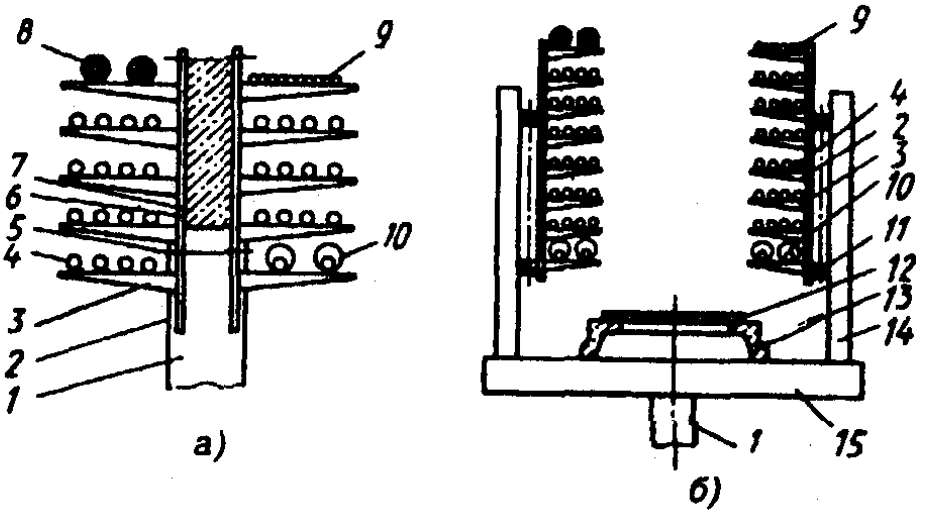


Рис. 7.8. Прокладка кабелей на эстакадах:

а — непроходные на 40 условных кабелей; *б* — проходные на 64 условных кабеля с металлическими кабельными конструкциями; *1* — опора; *2* — кабельная стойка; *3* — кабельная полка; *4* — силовой кабель; *5* — шпилька; *6* — заземляющий проводник; *7* — закладная деталь; *8* — пучок кабелей; *9* — контрольный кабель; *10* — соединительная муфта; *11* — прогон несущей фермы; *12* — настил; *13* — железобетонная плита; *14* — стойка; *15* — поперечная балка (траверса)

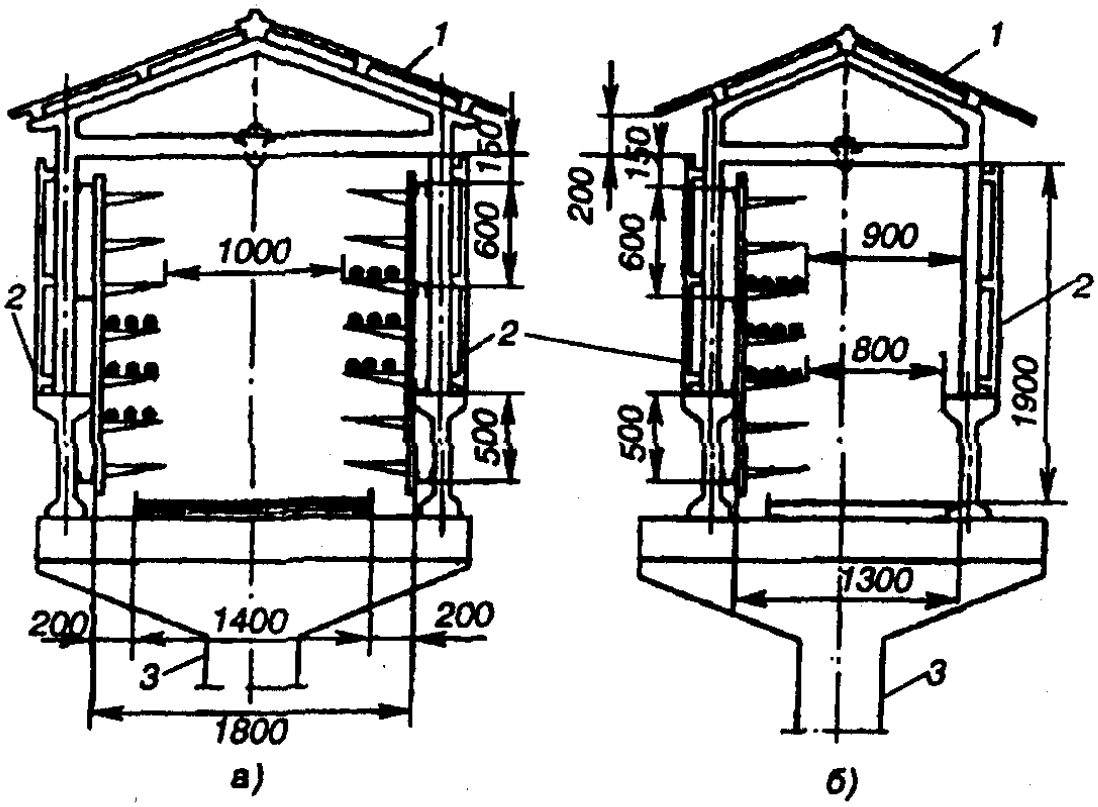


Рис. 7.9. Прокладка кабелей в галереях:

а — двусторонних; *б* — односторонних; *1* — крыша; *2* — боковая панель; *3* — стойка

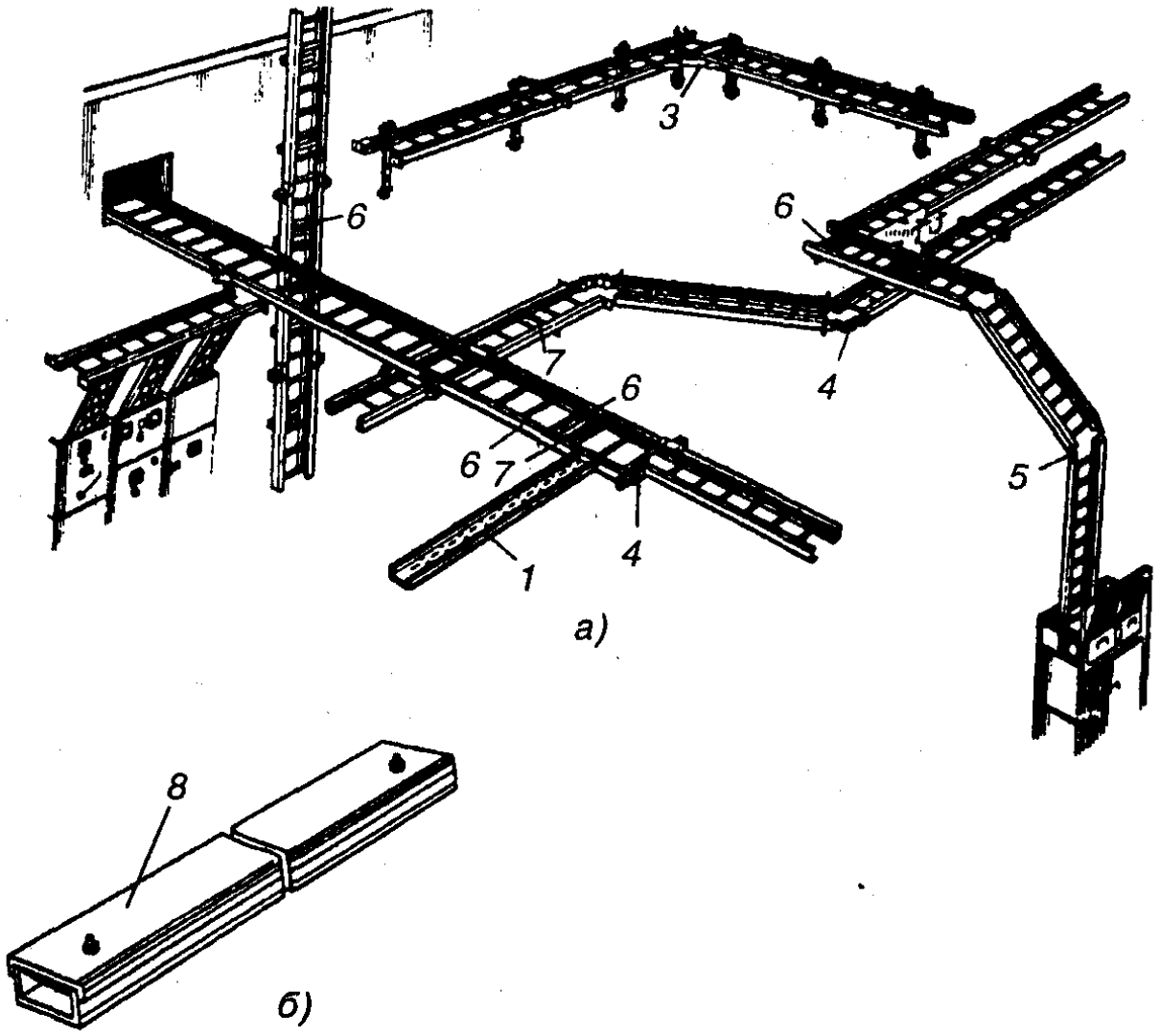


Рис. 7.10. Кабельные конструкции из лотков серии НЛ (*а*) и короба (*б*)

ние кабельных полок. Проходные эстакады оборудуют входами с лестницами через каждые 150 м. Кабельные галереи сооружают одно- и двусторонними (рис. 7.9, *а, б*). Они позволяют прокладывать до 48 условных кабелей, защита которых от солнечной радиации обеспечивается покрытием и стенами. Галереи следует разделять на отсеки длиной не более 150 м.

Кабельные конструкции с закладными подвесками (рис. 7.10) для прокладки одиночных кабелей изготовляют из швеллеров длиной 2000 мм поперечной резкой в мастерских. Закладные подвески при сборке конструкций вставляют в перфорированные отверстия стоек узкой стороной хвостовика, затем разворотом на 90° устанавливают в горизонтальное положение.

Кабельные конструкции предварительно собирают в мастерских в блоки транспортабельной длины (до 6 м): настенные и потолочные, объединенные в секции общими связями (прогонами). При установке в монтажной зоне блоков кабельных конструкций существенно сокращаются трудозатраты электромонтажников.

§ 33. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Кабельные линии прокладывают так, чтобы при их эксплуатации исключалась возможность возникновения опасных механических напряжений и повреждений.

Кабели укладывают с запасом по длине 1—2 % для компенсации возможных смещений почвы и температурных деформаций как самих кабелей, так и конструкций, по которым они проложены. В траншеях и на сплошных поверхностях внутри зданий и сооружений запас создают волнообразной укладкой кабеля («змейкой»), а по кабельным конструкциям (кронштейнам) — образованием стрелы провеса. Создавать запас кабеля в виде колец (витков) не допускается.

Усилия тяжения при прокладке кабелей зависят от способа прокладки, сечения жил, температуры и трассы.

Кабели, прокладываемые горизонтально по конструкциям, стенам, перекрытиям и фермам, жестко закрепляют в конечных точках, непосредственно у концевых муфт и заделок, на поворотах трассы, с обеих сторон изгибов и у соединительных муфт. Кабели на вертикальных участках закрепляют на каждой кабельной конструкции. В местах жесткого крепления небронированных кабелей со свинцовой или алюминиевой оболочкой на конструкциях применяют прокладки из листовой резины, листового поливинилхлорида или другого эластичного материала. Небронированные кабели с пластмассовой оболочкой или пластмассовым шлангом, а также бронированные кабели крепят к конструкциям скобами, хомутами, накладками без прокладок.

Внутри помещений и снаружи в местах, доступных для неквалифицированного персонала, где возможно передвижение автотранспорта, грузов и механизмов, бронированные и небронированные кабели защищают от механических повреждений до безопасной высоты (не менее 2 м от уровня земли или пола и на глубине 0,3 м в земле).

Защиту обеспечивают кожухами из листового металла толщиной 2,5 мм или отрезками стальных труб. Приступая к сооружению кабельных линий, монтажники изучают рабочую документацию: план трассы; продольный профиль; рабочие чертежи конструкций; строительные чертежи кабельных сооружений; перечни мероприятий по герметизации вводов; чертежи перехода кабельной линии напряжением 35 кВ в воздушную; кабельный журнал; спецификации на материалы и изделия; сметы и др.

Как правило, монтаж кабельных линий выполняют в две стадии: сначала внутри зданий и сооружений устанавливают опорные конструкции для прокладки кабелей (работы ведут по совмещенному графику строительно-монтажных организаций); затем прокладыва-

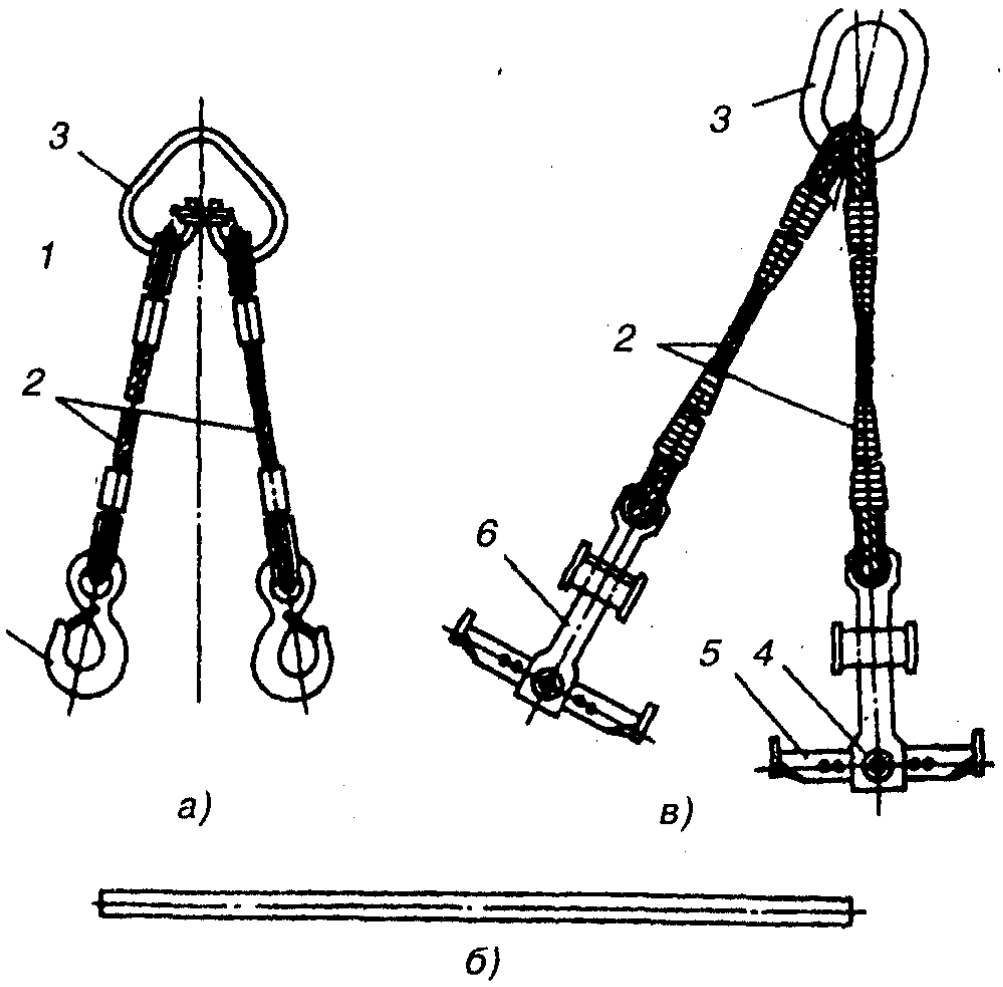


Рис. 7.11. Грузозахватные приспособления:

а — двухветвевые стропы; *б* — стальная ось; *в* — приспособление для подъема барабана с кабелем без применения оси; *1* — крюк; *2* — строп; *3* — серьга и кольцо; *4* — запор; *5* — шток; *6* — захват

ют кабели и подключают их к выводам электрооборудования (работы ведут после завершения комплекса строительных и отделочных работ при условии передачи объекта под монтаж по акту).

В монтажную зону кабели доставляют в заводских упаковках или на инвентарных барабанах. В местах хранения кабели погружают мостовыми кранами, кран-балками, тельферами или автомобильными кранами, автопогрузчиками и другими грузоподъемными устройствами. В качестве грузозахватных приспособлений применяют унифицированные гибкие стропы из стальных канатов с захватами, траверсами и стальные оси (рис. 7.11).

Перевозку кабелей осуществляют на транспортерах ТКБ-6, ТКБ-10 грузоподъемностью соответственно 6 и 10 т. Транспортер ТКБ-6 перемещают автомобилем, а ТКБ-10 — трактором Т-150.

После удаления обшивки с барабана состояние наружных витков оценивают в зависимости от конструктивного исполнения оболочек и защитных покровов. Частыми дефектами кабелей бывают подтеки пропитывающего состава, просветы в наружном покрове из кабельной пряжи; проколы, раковины и разрывы пластмассового защит-

ного шланга; обрывы, смещения, зазоры между витками бронелент; раковины и трещины в свинцовых и алюминиевых оболочках и др.

Наружные витки кабеля с повреждениями удаляют, а его изоляцию испытывают повышенным напряжением. Бумажную изоляцию кабеля перед испытанием проверяют на отсутствие влаги. Для этого ленты, прилегающие к оболочке и жилам, погружают в нагретый до 150° С парафин (рис. 7.12). Легкое потрескивание и выделение пены свидетельствует об увлажнении изоляции кабеля (во избежание ошибочных результатов к лентам не прикасаются руками). В этом случае от конца кабеля отрезают участок длиной 250—300 мм и проводят повторную проверку. При необходимости эти операции повторяют несколько раз до получения положительных результатов.

Рис. 7.12. Проверка бумажной изоляции кабеля на влажность:

1 — ковш с парафином; *2* — термометр; *3* — пинцет; *4* — кабельная бумага

После испытания кабеля повышенным напряжением восстанавливают герметизирующие колпачки на его концах.

Технологический процесс прокладки кабеля состоит из следующих операций: установки барабана с кабелем, подъема барабана домкратами, снятия обшивки с барабана, раскатки кабеля равномерным вращением барабана и протяжкой кабеля вдоль трассы в проектное положение.

Раскатку кабеля выполняют ручным или механизированным способом. При ручной раскатке тяжение кабеля осуществляют рабочие-электромонтажники, расставленные таким образом, чтобы на каждого из них приходилась нагрузка не более 0,35 кН. Кабель раскатывают вручную при отсутствии или нецелесообразности применения средств механизации (короткие участки трасс при небольшом числе кабелей). Для облегчения труда электромонтажников используют линейные и угловые ролики или обводные устройства (рис. 7.13).

Способы механизированной раскатки кабелей разнообразны.

При прокладке кабелей в *траншеях* с движущихся транспортных средств (кабельный транспортер, кран-трубоукладчик, специальная тележка) раскатку кабеля производят со скоростью до 3 км / ч, регулируя вращение барабана тормозом. При механизированной прокладке кабеля тяжение контролируют динамометром. Барабан на домкрате приподнимают над основанием на 15—20 см для свободного вращения вокруг оси.

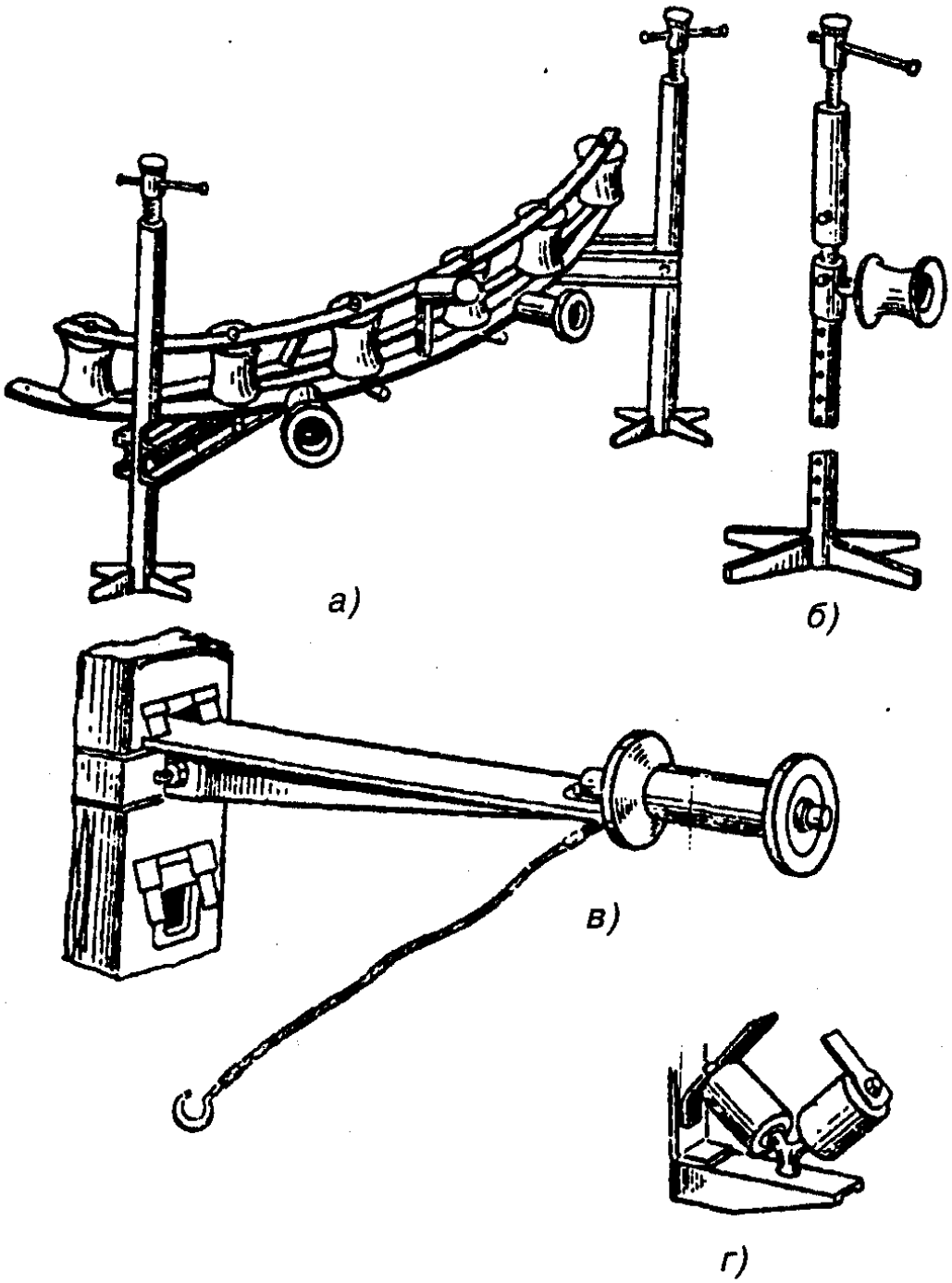


Рис. 7.13. Приспособление для раскатки кабеля:
а — угловой универсальный ролик; *б — г* — линейные ролики

На сложных трассах с многими поворотами и резкими перепадами высотных отметок используют комплект протяжных устройств с автономным приводом ПИК-4У (рис. 7.14). Если длина трассы не превышает 180 м и имеет один угол поворота, используют одно устройство; при длине трассы 200—300 м с поворотами применяют два привода, а при длине трассы 500 м с поворотами — три-четыре привода. Кабели напряжением до 1000 В защищают там, где возможны механические повреждения: в местах частых раскопок, в местах перехода через улицы, дороги, вдоль проезжей части. Кабели напряжением выше 1000 В защищают от механических повреждений красным кирпичом или бетонными плитами на всем протяжении

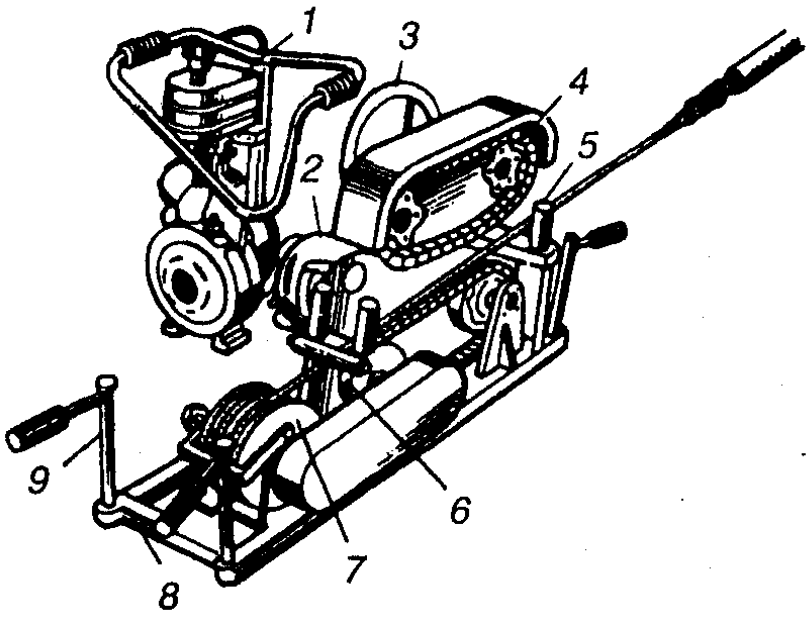


Рис. 7.14. Привод ПИК-4У для тяжения кабеля:

1 — двигатель; *2* — редуктор; *3* — прижимное устройство; *4* — движитель; *5* — направляющие; *6* — ролик; *7* — лебедка; *8* — рама; *9* — стойка

трассы. Предварительно кабель покрывают слоем песка или чистой земли толщиной 100 мм. После завершения указанных операций траншею зарывают. Бронированные силовые кабели с металлическими оболочками на протяженных участках прокладывают с передвигаемого или самоходного кабелеукладчика. Перед прокладкой трассу очищают от пней и корней деревьев, выравнивают откосы, засыпают ямы.

При использовании ножевого кабелеукладчика типа КУ-150 с пассивным рабочим органом (рис. 7.15) его буксируют двумя (или более) тракторами *1* и *2*, так как усилия, необходимые для расклинивания грунта ножом *9*, составляют 170—440 кН. Кабелеукладчик *3* снабжен кассетой *8* с входным лотком *4* для прохода разматываемого с барабана *5* кабеля *7*. К кабелеукладчику прицеплен транспортер *6* кабельных барабанов.

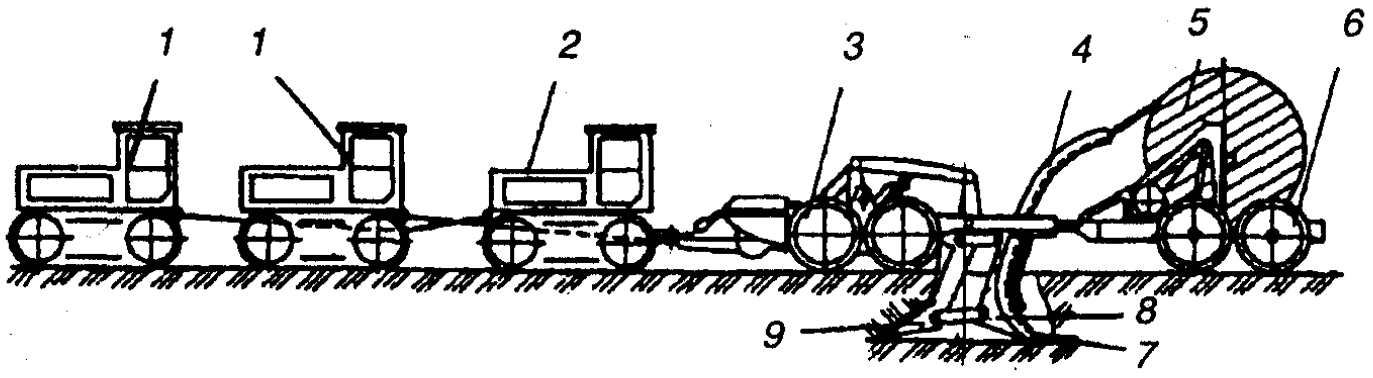


Рис. 7.15. Механизированная колонна для прокладки кабеля ножевым кабелеукладчиком

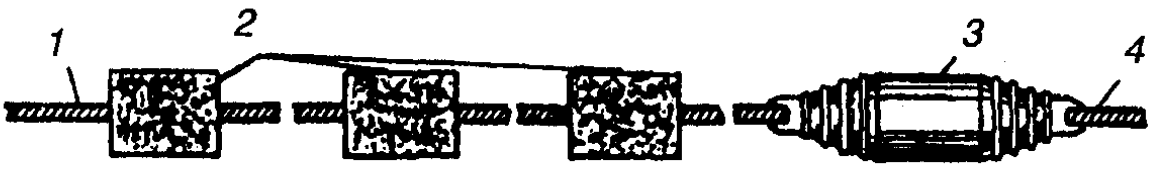


Рис. 7.16. Устройство для очистки каналов трассы:

1 — канат для затяжки кабеля; *2* — проволочный ерш; *3* — контрольный цилиндр; *4* — канат для протягивания устройства

При движении кабелеукладчика его нож входит в грунт на глубину 1,2—1,3 м, а в образующуюся щель укладывается кабель.

После прохода ножа щель под действием массы грунта закрывается, а кабель остается на глубине 1—1,2 м и не требует защиты от механических повреждений. В процессе прокладки электромонтажники вращают барабан *5* с кабелем так, чтобы последний перед входом в кассету имел некоторый провес.

При прокладке кабелей в *блоках* до начала работ очищают каналы блока от цементного раствора и строительного мусора протяжкой контрольного цилиндра (рис. 7.16), соединенного с тремя ершами *2*. Устройство легко проходит в чистых и исправных каналах, без стуков и задержек. Цементную пыль, оставшуюся после протягивания устройства через каналы, удаляют сжатым воздухом от компрессора.

Минимальный диаметр блоков принимается равным 1,5-кратному наружному диаметру кабелей, но не менее 90 мм. Внутренний диаметр асбестоцементных труб, предназначенных для прокладки многожильных кабелей, принимают равным 1,5-кратному диаметру кабелей. Наименьший допустимый диаметр труб 50 мм при длине их до 5 м и 100 мм — при большей длине.

При прокладке кабелей в блоке необходимо обеспечить полную водонепроницаемость трубопровода. Для этого проводят следующие мероприятия:

после монтажа испытывают трубопровод давлением воздуха или воды;

герметизирующие уплотнения устраивают в местах выхода кабеля из трубопровода (заполнение пряжей с битумом и т.п.).

Для прокладки в блоках и трубах применяют специальные небронированные кабели марки СГТ или АСГТ. На участках длиной не более 50 м, например, в случаях перехода кабелей из траншеи в блок применяют бронированные кабели со снятым верхним джутовым покровом. При этом броню промывают бензином, и после красят асфальтовым лаком.

Предельно допустимое усилие тяжения за жилы кабеля в каналы блока определяют как P', равное $1 / 6\,p$ (предел прочности суммы

жил кабеля, которая для медных жил берется из расчета 26, а для алюминиевых — 16 кГ / мм^2).

Расчетное усилие тяжения 1 м кабеля массой Q (кГ) при коэффициенте трения $\alpha = 0{,}6$ рассчитывают по формуле:

$$P'' = 0{,}6\ Q.$$

Для затягивания в каналы блока каната приводной лебедки используют стальную проволоку диаметром 4—5 мм, заложенную при сооружении блочной канализации. Если такая проволока не была заложена в канал, ее протяжку на участках длиной до 50 м выполняют непосредственным проталкиванием во входное отверстие.

В каналах большой длины используют пневмоканалопроходчики, протаскивающие капроновый шнур диаметром 2—3 см при избыточном давлении сжатого воздуха 600—700 кПа.

Барабаны с кабелем размещают по трассе так, чтобы можно было монтировать соединительные муфты в колодцах блока. Кабели больших сечений и большой протяженности затягивают в каналы стальным зажимом, закрепленным непосредственно за жилы на концах кабеля.

В процессе затягивания кабеля, для уменьшения трения и механического износа поверхности кабеля его смазывают солидолом или тавотом толщиной слоя 2 мм. Необходимо следить за тем, чтобы кабель в промежуточном колодце не испытывал чрезмерного натяжения.

Если два участка трассы имеют неодинаковую длину, протяжку кабеля начинают на более длинном участке. Затем сматывают кабель с барабана на длину второго участка (с припуском на муфтовое соединение), раскладывают его в виде петли на земле и отрезают кабель у барабана.

Далее, затянув трос на втором участке, спускают конец петли кабеля в колодец и, прикрепив конец кабеля к этому тросу, производят окончательную затяжку кабеля, следя за тем, чтобы радиус изгиба кабеля при опускании петли в колодец не был меньше допустимого.

Конец кабеля, отрезанный у барабана и опущенный в колодец, должен быть запаян. По обеим сторонам соединительных муфт (на расстоянии 1 м от муфты) концы кабеля закрепляют на опорных конструкциях колодца. В местах сближения кабелей на расстояние, меньше допустимого, на кабели необходимо надевать нарезанные из асбестоцементных труб кольца с вырезом в них вдоль оси щелей, равных по ширине 1,1 диаметра кабеля.

При прокладке кабелей в *туннелях* и *каналах* сначала готовят трассу. Для этого проверяют соответствие проекту строительной

части, вентиляции, пожарной сигнализации, наличие огнестойких перегородок. Далее устанавливают сборные кабельные конструкции, стойки которых приваривают к закладным элементам стеновых панелей. В местах спуска кабеля из вентиляционной шахты в туннель и на углах поворота размещают универсальные обводные устройства. По роликам раскатывают кабель, используя лебедку, транспортер или специальный автомобиль. Затем укладывают кабельные опорные конструкции с запасом 2 % и закрепляют в конечных точках трассы, а также на изгибах, концевых заделках и у соединительных муфт.

Кабели к электродвигателям взаиморезервируемых пожарных насосов прокладывают по разным трассам.

Кабельные туннели, помещения, этажи должны быть разделены перегородками на отсеки, длина которых определяется технологией тушения пожаров, но не более 150 м.

Кабельные эстакады и *галереи* должны быть отделены от кабельных туннелей, полуэтажей и других помещений несгораемыми перегородками, иметь перекрытия вверху и внизу, а также входные двери.

Кабели в кабельных сооружениях прокладывают таким образом, чтобы были обеспечены проходы для их монтажа, ремонта и замены (в том числе в местах входа и выхода кабелей из них). Пересечения кабелей должны происходить в разных плоскостях.

На эстакадах, в галереях при проверке строительной готовности сборных кабельных конструкций их закрепляют шпильками. Крепить можно также болтами или приваркой к закладным элементам. Для открытой прокладки применяют анкерные устройства и натяжные зажимы.

Барабаны расставляют вдоль трассы и подготовляют их к прокладке кабеля. Кабель раскатывают тяжением канатом лебедкой с электрическим приводом по роликам и обводным устройствам. В начале, конце и на поворотах трассы устанавливают направляющие желоба, обильно смазанные тавотом. Кабели прокладывают без наружного покрова с противокоррозийным покрытием или наружным покровом из несгораемых материалов. В производственных помещениях (машинные залы, кабельные полуэтажи и др.), на прямых участках длиной до 200 м по сборным кабельным конструкциям, лоткам или коробам, размещаемым на различной высоте, отдельные контрольные и силовые кабели (пучки кабелей) прокладывают с помощью механизированного приспособления МПНН «непрерывная нить». Оно состоит из электропривода *1*, двух пар телескопических стоек *2*, оснащенных траверсами, поддерживающих *4* и линейных универсальных *5* роликов, замкнутого каната *3*, кабельного захвата *6* и зажима *7* (рис. 7.17). Телескопические стойки размещают в начале и конце трассы и закрепляют их враспор между

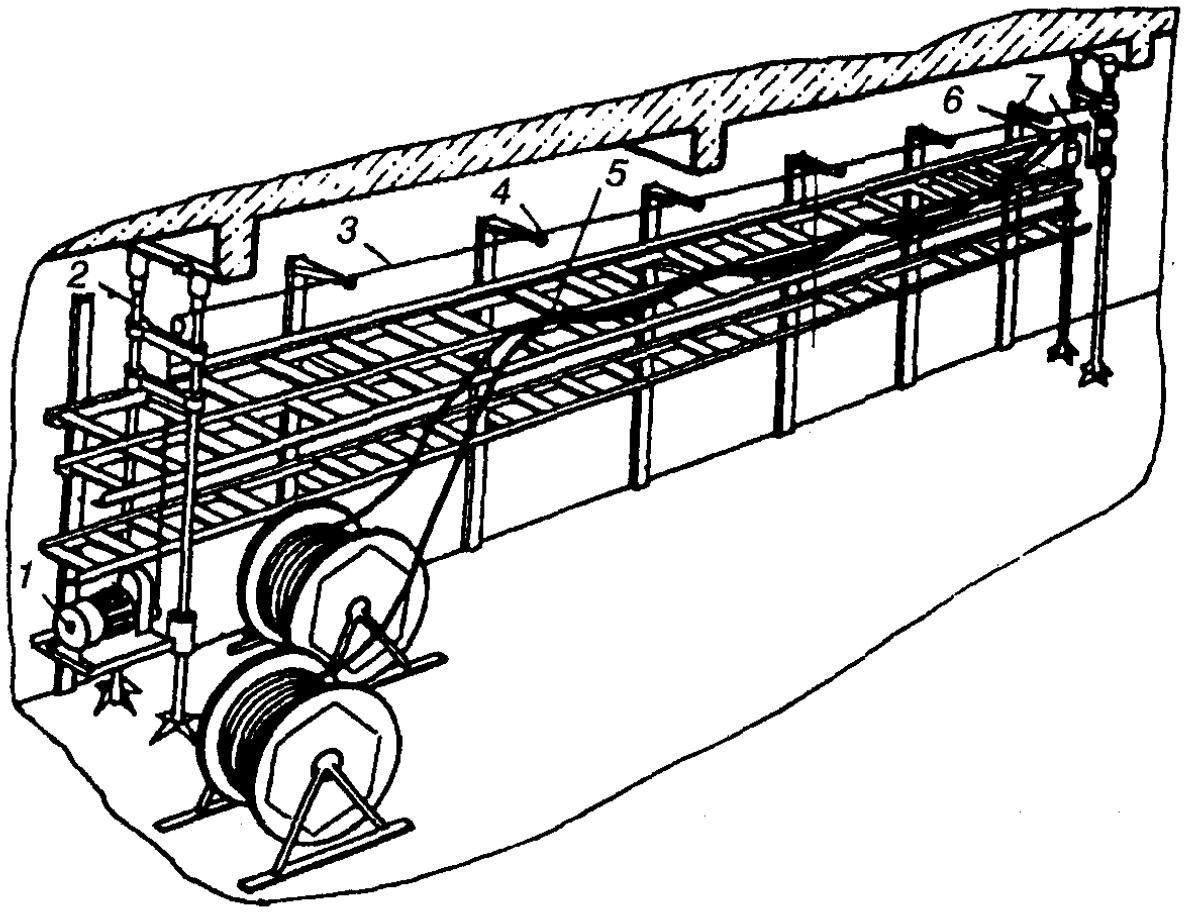


Рис. 7.17. Приспособление для механизированной прокладки кабеля «непрерывная нить»

полом и перекрытием, перемещая вдоль стоек траверсы с роликами и раму с приводным канатом *3*. Пучок подготовленных к прокладке кабелей с помощью кабельного захвата *6* и зажима *7* навешивают на нижнюю ветвь замкнутого каната, при движении которого разматывают кабели до места трассы, определенного кабельным журналом.

После прокладки кабелей их отсоединяют от тяговых канатов и укладывают на полки кабельных конструкций, на лотки или в короба, обеспечивая необходимые нормируемые расстояния между кабелями в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Затем заземляют конструктивные элементы кабельной линии: металлические кабельные конструкции, корпуса кабельных муфт и оболочки, броню силовых и контрольных кабелей, присоединяют стальные трубы к контуру заземления полосовой сталью сечением не менее 100 мм^2, или медными проводниками сечением 6 мм^2 для кабелей сечением токопроводящих жил до 10 мм^2 и 25 мм^2 — для кабелей с жилами 150—240 мм^2. Проложенные кабели, муфты и заделки маркируют, размещая на них бирки прямоугольной, круглой или треугольной формы. Кабельные линии напряжением до 1000 В испытывают мегаомметром напряжением 500—2500 В в течение

1 мин. Сопротивление изоляции не нормируется, но в исправном кабеле оно должно быть не менее 0,5 МОм.

Кабели в холодное время года прокладывают без предварительного подогрева, если температура воздуха в течение 24 ч до начала работ не была ниже:

0° С — для силовых бронированных и небронированных кабелей с бумажной изоляцией (низкой, нестекающей и обедненно пропитанной) в свинцовой или алюминиевой оболочке;

— 7° С — для контрольных и силовых кабелей напряжением до 35 кВ с пластмассовой или резиновой изоляцией и оболочкой с волокнистыми материалами в защитном покрове, а также с броней из стальных лент или проволок;

— 15° С — для контрольных и силовых кабелей напряжением до 10 кВ с поливинилхлоридной или резиновой изоляцией и оболочкой без волокнистых материалов в защитном покрове, а также с броней из профилированной стальной оцинкованной ленты;

— 20° С — для небронированных контрольных и силовых кабелей с полиэтиленовой изоляцией и оболочкой без волокнистых материалов в защитном покрове, а также с резиновой изоляцией в свинцовой оболочке.

Подогрев кабелей перед прокладкой производят внутри стационарных или передвижных помещений, а прокладку выполняют при температуре от 0 до — 10° С в течение не более 1 ч; от — 10 до — 20° С — не более 40 мин; от — 20° С и ниже — не более 30 мин.

Небронированные кабели с алюминиевой оболочкой в поливинилхлоридном шланге, даже предварительно подогретые, не допускается прокладывать при температуре окружающего воздуха ниже — 20° С. При температуре окружающего воздуха ниже — 40° С прокладка кабелей всех марок не допускается.

При температуре прокладки ниже — 20° С кабели в течение всего периода раскатки подогревают (рис. 7.18, *а, б*). Электропитание для прогрева подводят к наружному концу кабеля, укладываемому в начале трассы и закрепляемому в непосредственной близости от источника подогрева (при этом прокладку кабеля осуществляют с барабана, перемещаемого вдоль трассы).

При прокладке предварительно подогретого кабеля создают повышенный запас 3—4 % по длине вместо 1—2 %, так как после охлаждения длина кабеля сокращается значительнее, чем в обычных условиях.

Надежность и долговечность кабелей в эксплуатации во многом определяются качеством их прокладки. Состояние кабелей после их прокладки оценивают по наличию повреждений наружных покровов, оболочек, изоляции и токопроводящих жил.

При незначительных повреждениях наружных покровов из во-

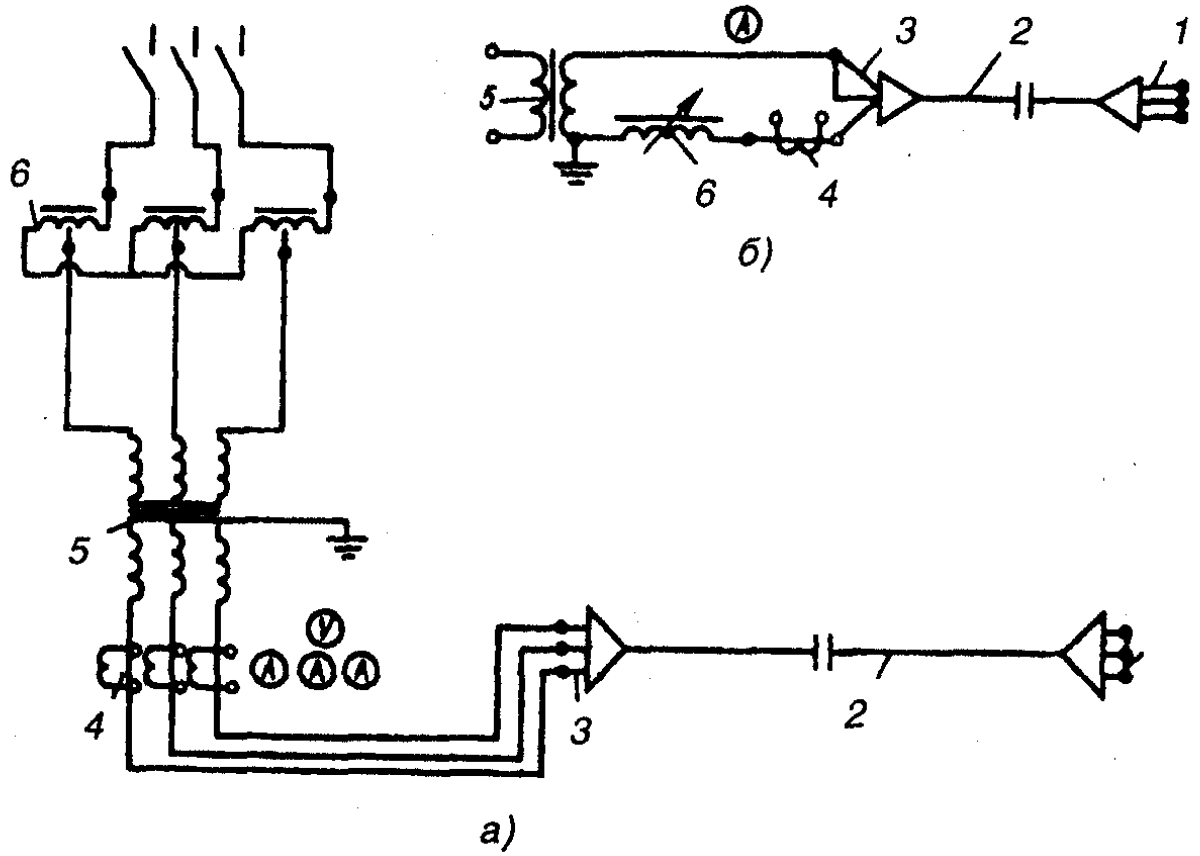


Рис. 7.18. Схемы прогрева кабелей:

а — трехфазным током; *б* — однофазным сварочным трансформатором; *1* — токопроводящие жилы внутреннего конца кабеля; *2* — прогреваемый кабель; *3* — токопроводящие жилы наружного конца кабеля; *4* — трансформатор тока; *5* — трансформатор; *6* — регулируемый трансформатор

локнистых материалов выполняют защиту алюминиевых оболочек кабелей от почвенной коррозии покрытием (обмазкой) битумным составом МБ-70/60, разогретым до 130° С, и последующим нанесением на поврежденное место двух слоев липкой поливинилхлоридной ленты с 50 %-ным перекрытием, а поверх нее — слоя смоляной ленты и покрытия асфальтовым лаком.

Поврежденный наружный покров пластмассового шланга ремонтируют сваркой в струе горячего воздуха (присадкой служит поливинилхлоридный пруток диаметром 4—6 мм). При скрытой прокладке ремонт поврежденного места на шланге можно производить подмоткой не менее двух слоев липкой поливинилхлоридной ленты с 50 %-ным перекрытием и с промазкой каждого слоя поливинилхлоридным лаком.

§ 34. ТЕХНОЛОГИЯ РАЗДЕЛКИ КОНЦОВ КАБЕЛЕЙ

Разделку концов кабелей производят до монтажа муфт и заделок. Она заключается в последовательном ступенчатом удалении на определенной длине защитных покровов, брони, оболочки, экрана

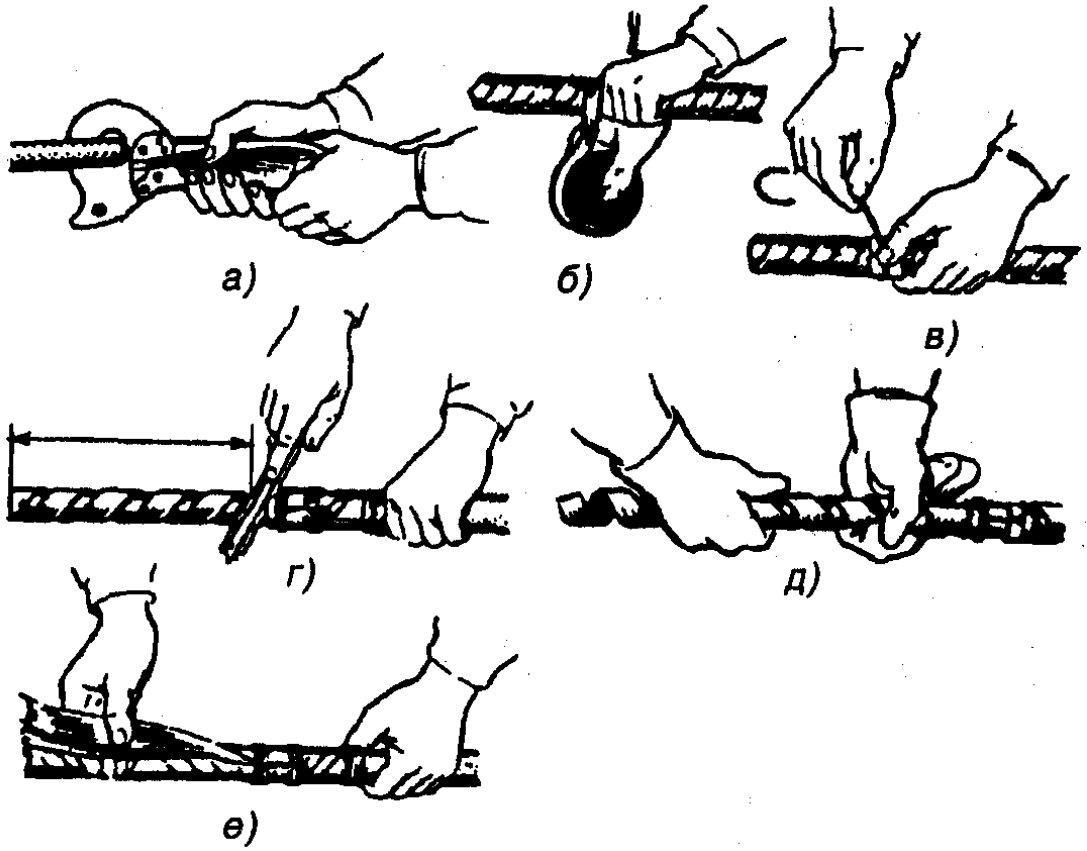


Рис. 7.19. Технология резки концов кабелей, наложения бандажей и удаления покровов:

а — резка конца кабеля ножницами НС; *б* — подмотка из смоляной ленты; *в* — наложение проволочного бандажа; *г* — надрезание брони; *д, е* — удаление брони, пряжи, подушки и кабельной бумаги

и изоляции кабеля. Размеры разделки определяют по технической документации в зависимости от конструкции кабеля и монтируемой на нем муфты (заделки), напряжения кабеля и сечения его жил.

Приступая к разделке конца кабеля, проверяют отсутствие влаги в бумажной изоляции и жилах. При необходимости удаляют имеющуюся влажную изоляцию, лишнюю длину концов, участки под герметизирующими колпачками и концевыми кабельными захватами, а также проходящие через щеки барабанов. Дефектные места кабеля отрезают секторными ножницами НС (рис. 7.19, *а*).

Разделку кабеля начинают с определения мест установки бандажей, которые рассчитывают по формуле: $A = Б + О + П + И + Г$. На конце кабеля отмеряют расстояние A (рис. 7.20, *а*) и распрямляют этот участок. Далее подматывают смоляную ленту (см. рис. 7.19, *б*) и накладывают бандаж (см. рис. 7.19, *в*) из двух-трех вариантов стальной оцинкованной проволоки вручную или с помощью специального приспособления (клетневки). Концы проволоки захватывают плоскогубцами, скручивают и пригибают вдоль кабеля.

Наружный кабельный покров разматывают до установленного

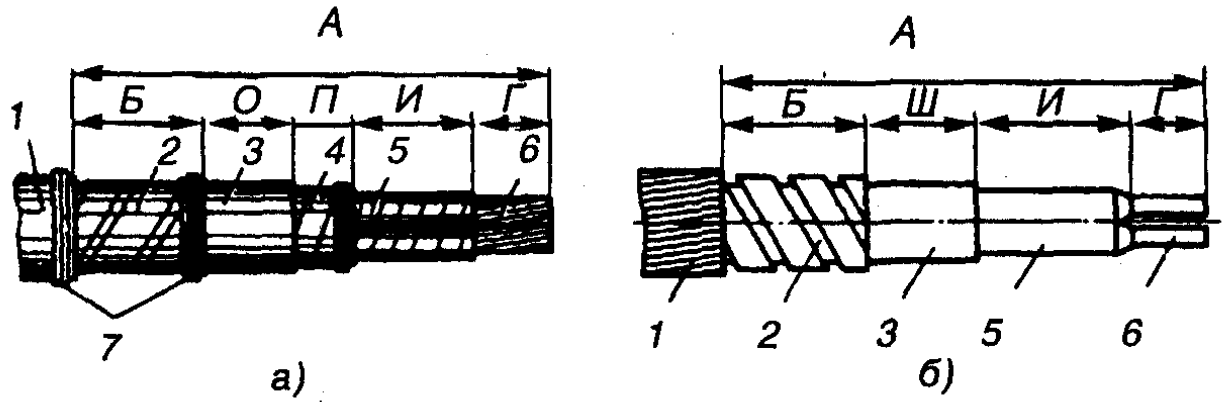


Рис. 7.20. Разделка концов трехжильного кабеля:

а — с поясной бумажной изоляцией; *б* — с пластмассовой изоляцией; *1* — наружный покров; *2* — броня; *3* — оболочка; *4* — поясная изоляция; *5* — изоляция жилы; *6* — жила кабеля; *7* — бандаж; *А, Б, И, О, П, Г* и *Ш* — размеры разделки

бандажа и не срезают, а оставляют его для защиты ступени брони от коррозии после монтажа муфты.

На броню кабеля на расстоянии *Б* (50—70 мм) от первого проволочного бандажа накладывают второй бандаж. При монтаже чугунных соединительных и ответвительных муфт и концевых заделок в стальных воронках участок брони используют для уплотнения их горловин, поэтому размер *Б* увеличивают до 100—160 мм. По внешней кромке второго бандажа бронерезкой или ножовкой надрезают верхнюю и нижнюю ленты брони (не более половины их толщины), затем броню разматывают (см. рис. 7.19, *г, д*), обламывают и снимают.

Далее удаляют подушку (см. рис. 7.19, *е*). Для этого кабельную бумагу и битумный состав подогревают огнем пропановой горелки или паяльной лампы. Оболочку кабеля очищают салфеткой, смоченной в подогретом до 35—40° С трансформаторном масле.

Для удаления оболочки на расстоянии 50—70 мм от среза брони делают кольцевые надрезы. В чугунных муфтах и концевых стальных воронках участок оболочки используют только для присоединения заземляющего проводника, поэтому указанное расстояние уменьшают до 20—25 мм (рис. 7.20, *а*).

При разметке свинцовых оболочек (рис. 7.21, *а*) кольцевые надрезы на половину глубины выполняют монтерским (рис. 7.21, *б*) или специальным ножом с ограничителем глубины резания (рис. 7.21, *в*). От второго кольцевого надреза на расстоянии 10 мм один от другого (рис. 7.21, *д, е*) полоску оболочки между двумя надрезами захватывают плоскогубцами и удаляют (рис. 7.21, *и*). Оставшуюся часть оболочки раздвигают (рис. 7.21, *к*) и отламывают у второго кольцевого надреза. Между первым и вторым кольцевыми надрезами оболочка временно остается. Она предохраняет изоляцию от повреждения при изгибе жил.

У кабелей с алюминиевой оболочкой надрезы выполняют сталь-

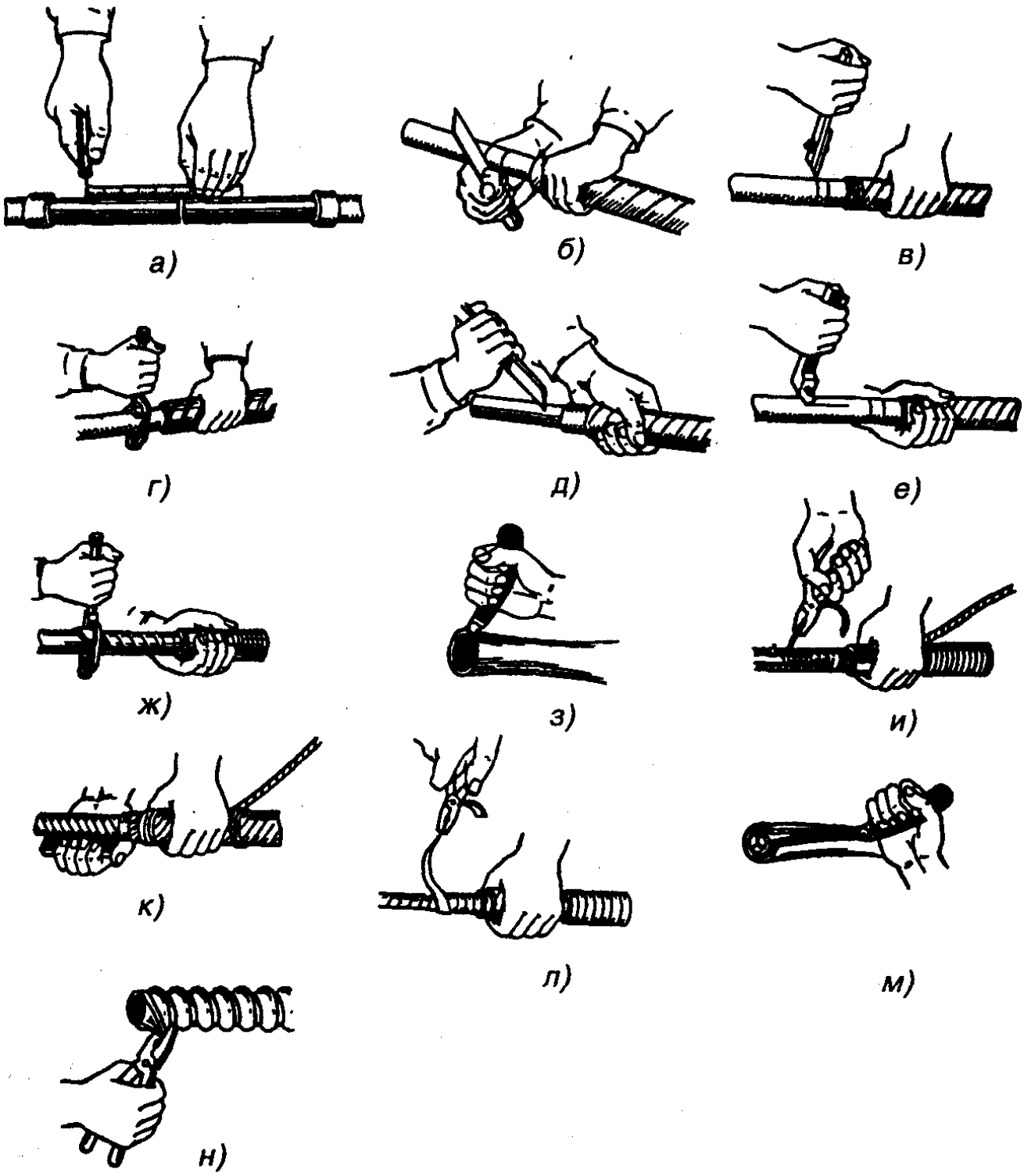


Рис. 7.21. Операции по удалению оболочек кабеля:

а — разметка; *б, в* — круговые надрезы свинцовой оболочки; *г* — круговые надрезы алюминиевой оболочки; *д, е* — продольные надрезы свинцовых оболочек; *ж* — надрез алюминиевой оболочки по винтовой линии; *з, м* — надрезы пластмассовых оболочек; *и, к* — снятие свинцовых оболочек; *л* — снятие алюминиевых оболочек; *н* — удаление гофрированной алюминиевой оболочки

ным ножом НКА-1М с режущим диском (рис. 7.21, *г*). От второго кольцевого надреза делают винтовой надрез (рис. 7.21, *ж*). Удаление гофрированной алюминиевой оболочки производят после ее надрезания на расстоянии 10—15 мм у выступа гофр. Далее жилы кабеля освобождают от поясной изоляции и постепенно выгибают

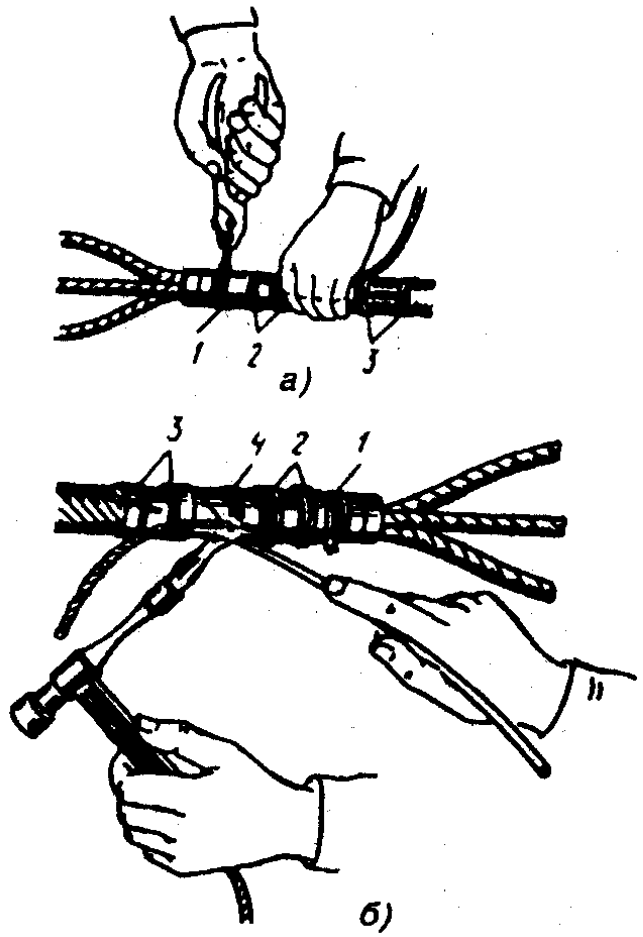


Рис. 7.22. Прикрепление проволочными бандажами проводника заземления к металлической оболочке (*а*) и припайка к ней (*б*):

1, 3 — бандаж у торцов оболочки и наружного покрова; *2, 4* — бандаж для припайки проводника заземления

по шаблону. Затем подготовляют место для присоединения заземления (рис. 7.22, *а, б*).

Для присоединения жил кабелей к контактным выводам электротехнических устройств их оконцовывают наконечниками, закрепляемыми на жилах опрессованием, сваркой или пайкой. Оконцевание однопроволочных жил кроме того может быть выполнено формированием наконечника из конца жилы. Соединение жил кабелей в муфтах выполняют в соединительных и ответвительных гильзах опрессованием, сваркой или пайкой.

Технология соединения алюминиевых жил опрессованием показана на рис. 7.23, *а — з*.

Концы алюминиевых секторных жил перед опрессованием скругляют: многопроволочные — универсальными плоскогубцами, однопроволочные и комбинированные — специальным инструментом ИСК или КС, а также инструментом, входящим в набор НИСО.

При опрессовании наконечник или гильзу надевают на жилу (жила должна входить в трубчатую часть наконечника до упора, а в гильзе торцы жил должны упираться друг в друга в середине ее),

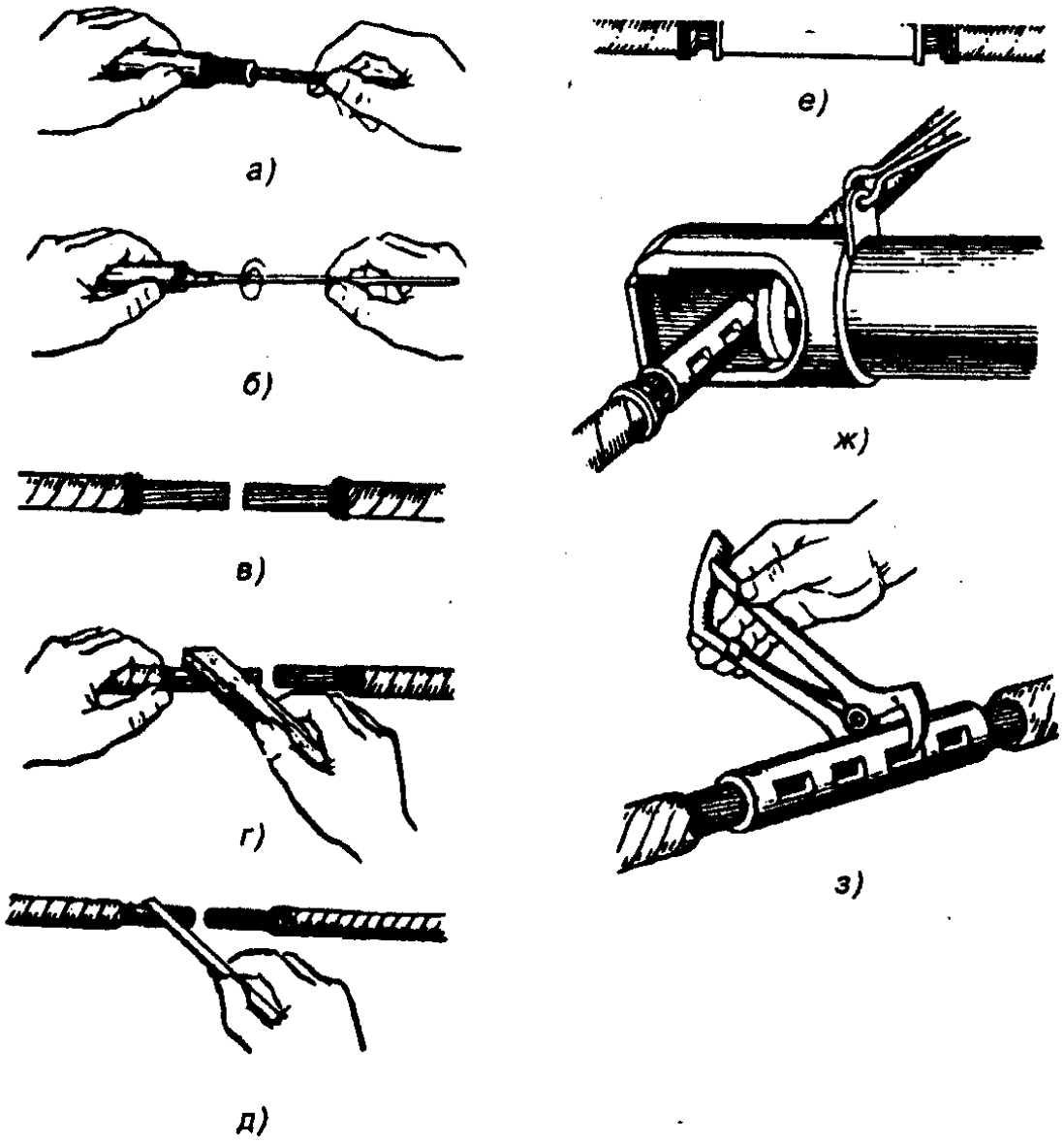


Рис. 7.23. Технология соединения алюминиевых жил опрессованием:

а — зачистка внутренней поверхности гильзы; *б* — смазка внутренней поверхности гильзы; *в* — концы жил со снятой изоляцией; *г* — зачистка концов жил; *д* — смазка жил кварцевовазелиновой пастой; *е* — надевание гильзы на жилы; *ж* — опрессование жилы; *з* — измерение остаточной толщины в месте опрессования

устанавливают в механизм для опрессования, предварительно отводя пуансон.

Операции соединения и ответвления непосредственным сплавлением припоем обработанных концов жил показаны на рис. 7.24, *а*. В формы (гильзы) *2* жилы *1* вводят так, чтобы их стык находился в середине формы (для жил со срезанными под углом 55° концами зазор между торцами оставляют около 2 мм). Разъемные формы скрепляют бандажами или замками, а зазоры между жилой и формой уплотняют асбестовым шнуром *7*. Для более полной заливки припоем формы располагают в горизонтальном положении, на жилы надевают защитные экраны *5*. При соединении жил сечением 120—240 мм^2 дополнительно устанавливают охладители.

Форму (гильзу) нагревают пламенем горелки *3*. Одновременно вводят в пламя палочку припоя *4*, расплав *6* которого перемешивают

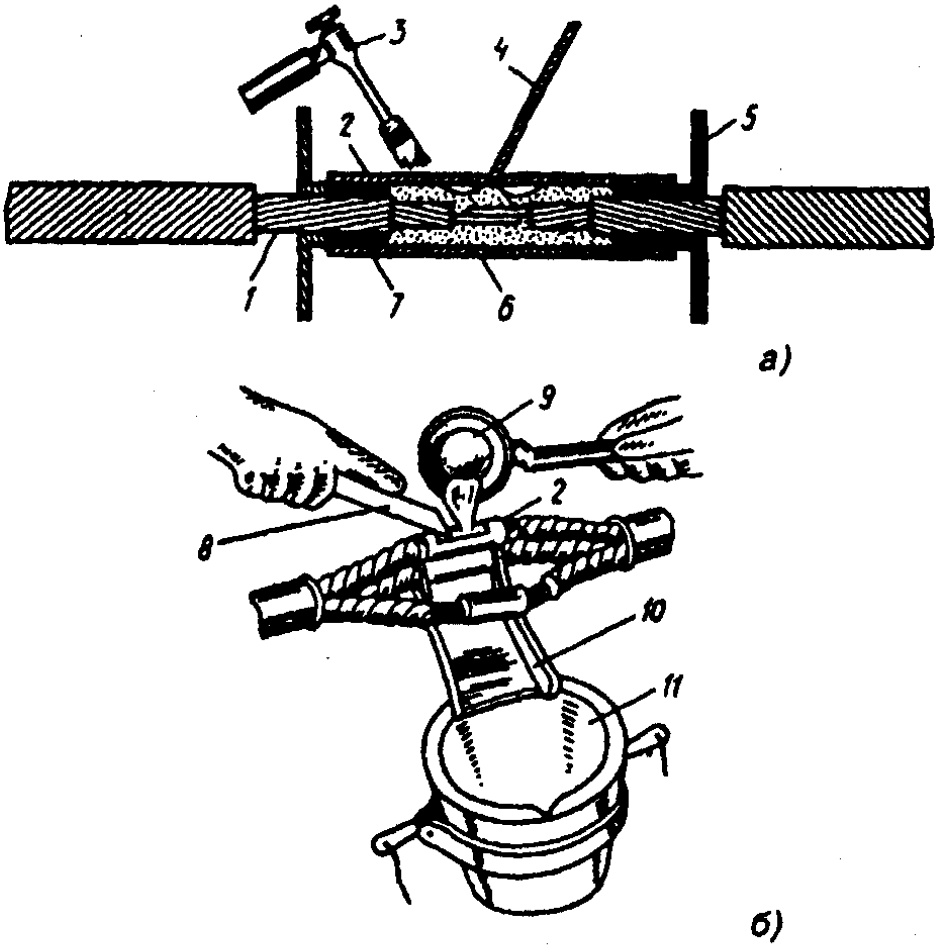


Рис. 7.24. Технология соединения многопроволочных алюминиевых жил пайкой:
а — сплавление припоем; *б* — способом полива

мешалкой *8* до полного заполнения формы и удаления шлаков. После этого нагрев прекращают. Легким постукиванием по форме уплотняют припой.

Тигель *11* (рис. 7.24, *б*), при пайке поливом из ковшика *9* предварительно расплавленным припоем, устанавливают на некотором расстоянии, чтобы исключить дополнительный нагрев изоляции жил. Между тигелем и местом пайки размещают лоток *10*, по которому будут стекать излишки (лоток не должен касаться изоляции жил).

Технология изолирования мест соединения и оконцевания жил кабелей бумажными роликами и рулонами показана на рис. 7.25, *а — е*. После соединения жил бумажную изоляцию промывают разогретым до 120—130° С пропиточным составом. Затем снимают с изоляции жил верхние расцветочные ленты: изоляцию разделывают ступенями на участке длиной 16 мм — для кабелей напряжением 6 кВ и 24 мм — для кабелей на 10 кВ. Ширина каждой ступени составляет 8 мм, на каждой ступени обрывают восемь лент бумажной изоляции.

Далее изоляцию кабеля повторно промывают разогретым до 120—130° С пропиточным составом.

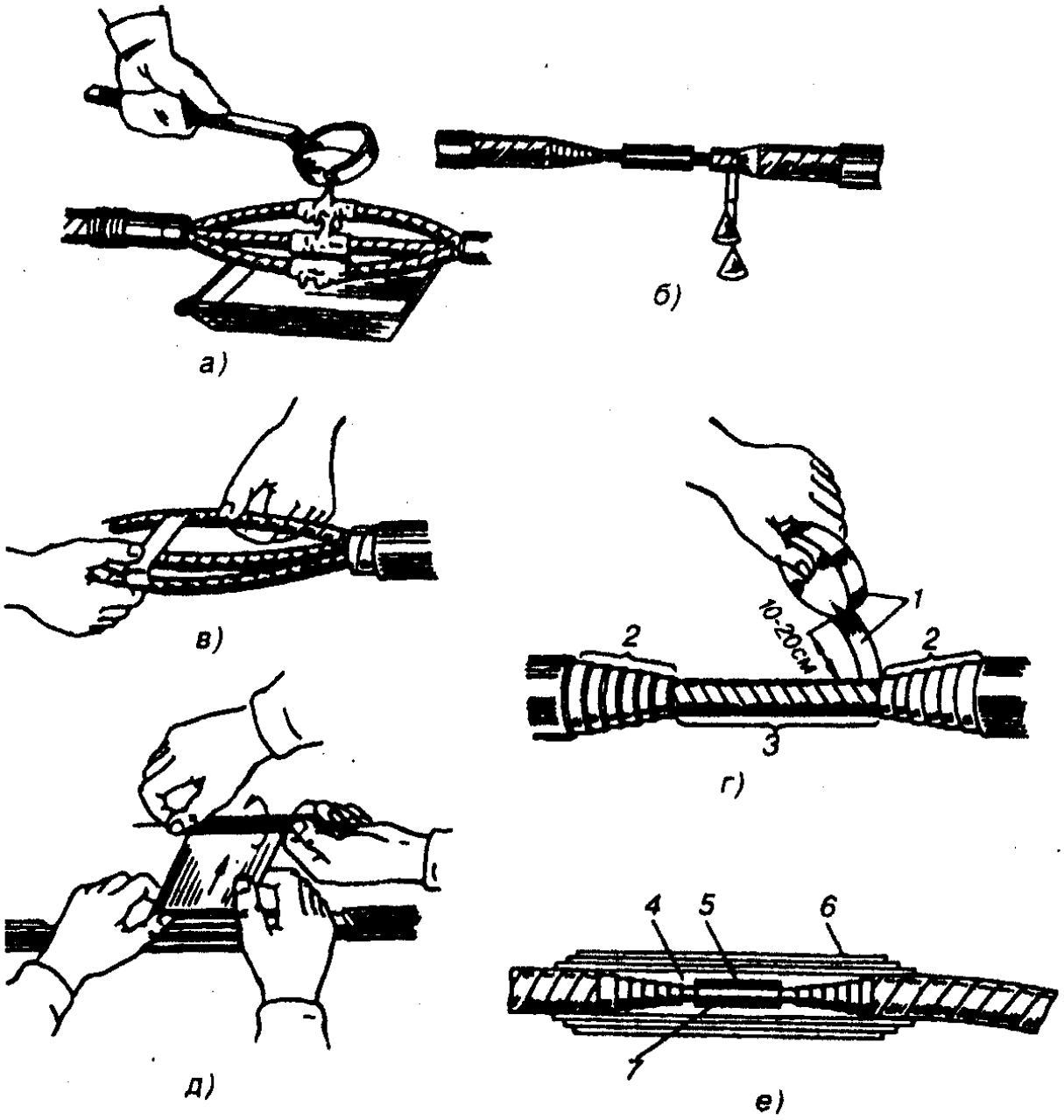


Рис. 7.25. Технология изолирования мест соединения кабеля и оконцевания:

а — промывание гильз и бумажной изоляции разогретым составом МП; *б* — ступенчатая разделка бумажной изоляции в месте соединения жил; *в* — положение ролика и ленты при намотке; *г* — положение ролика и ленты в начале намотки второго слоя; *д* —наложение рулонной подмотки; *е* — комбинированная изоляция, выполненная бумажными роликами и рулонами; *1* — положение ролика и ленты при повороте; *2* — ступени разделки заводской изоляции жил; *3* — слой подмотанной изоляции; *4, 5* — подмотка бумажными роликами с шириной ленты соответственно 5 и 10 мм; *6* — подмотка бумажными роликами; *7* — соединительная гильза

Восстановление изоляции оголенных участков жил выполняют роликами шириной 5 мм (подмотку делают до внешней поверхности соединительной гильзы или заводской изоляции в зависимости от того, что имеет меньший диаметр). Дальнейшее изолирование осуществляют роликами шириной 10 мм. Периодически в процессе подмотки изолируемые жилы прошпаривают разогретым до 120—130° С пропиточным составом МП. Дальнейшее изолирование выполняют цилиндрическими рулонами шириной до 300 мм в зависимости от марки муфты.

§ 35. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ МУФТ НА КАБЕЛЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 10 кВ

Кабели напряжением до 10 кВ соединяют чугунными (до 1 кВ), эпоксидными (до 1 и 6—10 кВ) и свинцовыми (6—10 кВ) муфтами. *Чугунные соединительные муфты* СЧ (рис. 7.26) состоят из нижней *1* и верхней *2* половин корпуса. Фарфоровые распорки *7* обеспечивают необходимые изоляционные расстояния между жилами кабеля и соединительными гильзами *10*. Кабельный состав *12* служит основной изоляцией в муфтах. Подмотку *3* из смоляной ленты делают на участках кабеля длиной 100 мм в местах соприкосновения горловины муфты с кабелем.

В нижнюю половину корпуса муфты симметрично стенкам укладывают разделку и заполняют паз уплотнителем *11*.

К контактным площадкам нижней половины муфты болтами *8* присоединяют провод заземления *9*. На нижнюю часть корпуса накладывают верхнюю часть и соединяют болтами *6*, затягивая их равномерно. Огнем газовой горелки подогревают корпус муфты до 50—60° С и в три-четыре приема заливают ее битумным составом. При первом заполнении покрывают составом всю поверхность разделки кабеля в муфте, после усадки ее заполняют до верха, а затем окончательно доливают 1—2 раза. После остывания битумного состава заливочное отверстие *5* закрывают крышкой *4*, предварительно уложив в канавку прокладку из резины или пеньки. Болты и швы муфты покрывают антикоррозийным составом.

Технология монтажа соединительных *эпоксидных муфт* состоит из нескольких последовательно выполняемых операций.

Подготовленные полумуфты покрывают чистым материалом. На

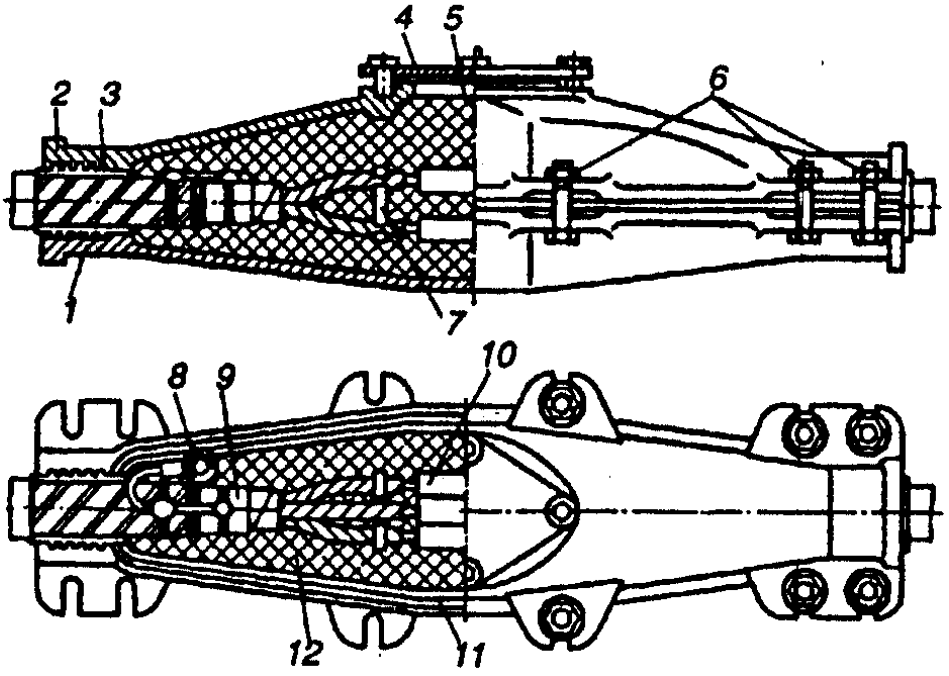
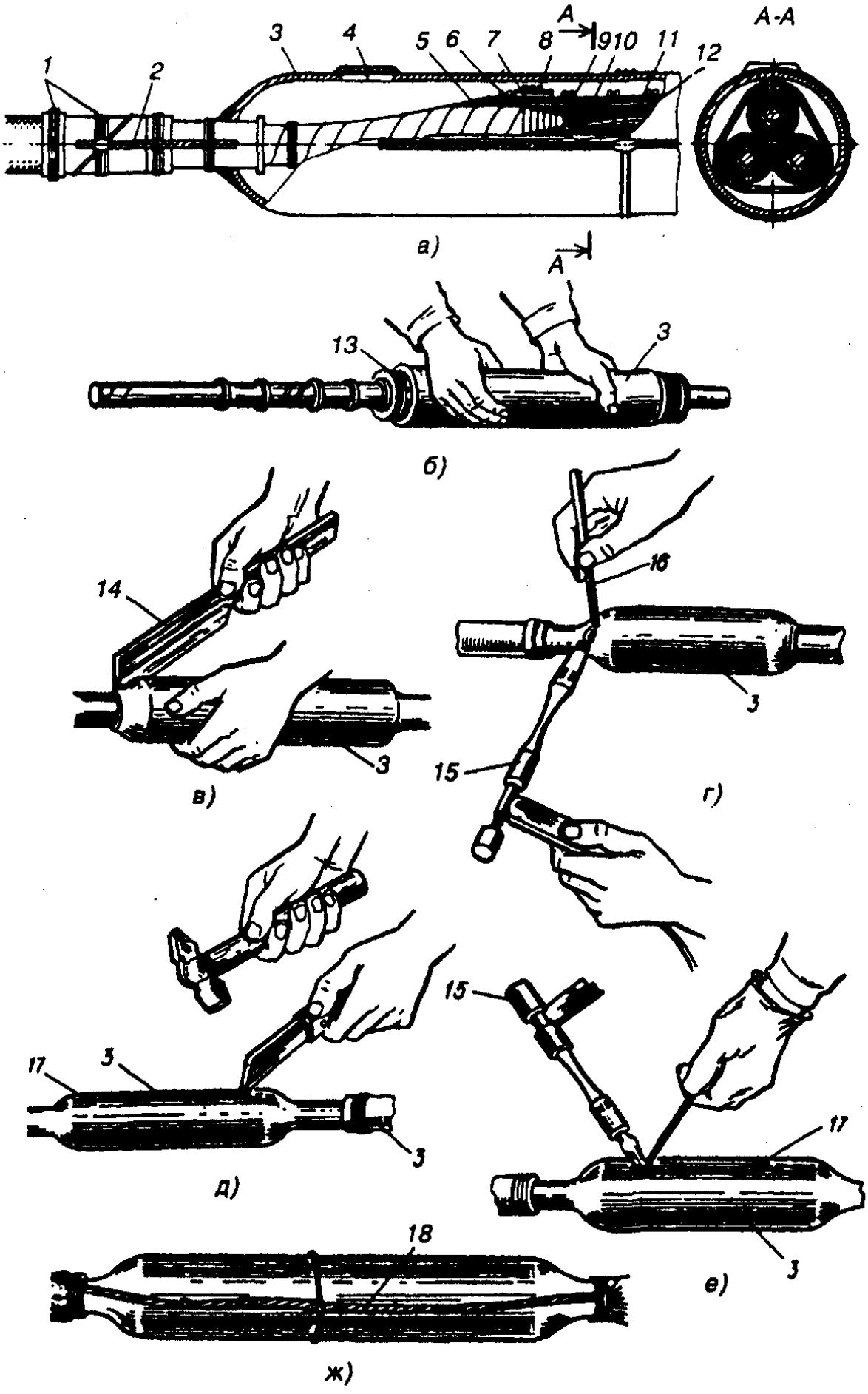


Рис. 7.26. Соединительная муфта СЧ


1
2
3
4
5
6
7
8
A
9
10
11
12
A-A
а)
A
13
3
б)
14
3
в)
16
3
15
г)
15
17
3
3
д)
17
3
е)
18
ж)

концы кабелей надевают резиновые уплотнительные кольца, в которых на предприятии-изготовителе выполняют кольцевые надрезы, позволяющие увеличивать внутренний диаметр кольца удалением лишней части. После этого монтируют соединительные гильзы, устанавливают эпоксидные распорные звездочки в местах перехода с криволинейной части жилы на прямолинейную и закрепляют их бандажом из сухих и чистых ниток.

Оболочку до резинового уплотнительного кольца зачищают щеткой и обезжиривают бензином. Поливинилхлоридный шланг небронированного кабеля ААШв обрабатывают плоским драчевым напильником на длине 20 мм от среза шланга и покрывают клеем ПЭД-Б. Резиновые уплотнительные кольца сдвигают так, чтобы они находились на расстоянии 10 мм от среза оболочки, и зажимают хомутом.

На ступени брони до диаметра, равного внутреннему размеру горловины муфты, выполняют кольцевую подмотку поливинилхлоридной лентой шириной 20 мм.

Обе половины муфты сдвигают на место и окончательно устанавливают в рабочее положение. Для предохранения от вытекания при заливке компаунда в местах ввода кабелей в муфтах делают дополнительную подмотку из поливинилхлоридной ленты с заходом 30 мм на наружную поверхность полумуфт. Щели между полумуфтами в месте их стыкования уплотняют герметиком УС-65.

Провода заземления соединяют опрессованием. На место соединения проводов накладывают трехслойную подмотку из поливинилхлоридной ленты с заходом на изоляцию (трубку). Провод заземления укладывают вдоль корпуса муфты и закрепляют бандажом.

Эпоксидный компаунд заливают в корпус муфты непрерывной струей шириной 10—15 мм по лотку с переходом струи на стенку корпуса.

Компаунд заливают в два приема: сначала — на 2/3 объема корпуса, затем,— через 10 мин после первой заливки,— до полного заполнения литника. По мере усадки муфту доливают.

Технология монтажа *свинцовой муфты* показана на рис. 7.27, *а — ж*. На один конец разделанного кабеля, закрытого салфеткой

Рис. 7.27. Технология монтажа соединительной свинцовой муфты:

а — свинцовая муфта; *б* — надевание свинцовой трубы; *в* — обколачивание торцов корпуса; *г* — припаивание горловины корпуса к оболочке кабеля; *д* — прорубание заливочных отверстий; *е* — запаивание заливочных отверстий; *ж* — заземление муфты; *1, 11* — проволочные бандажи; *2* — провод заземления; *3* — корпус муфты; *4* — заливочное отверстие; *5* — подмотка рулонами; *6, 8* — бандажи из кабельной пряжи; *7, 9, 10* — подмотка роликами с лентой шириной соответственно 25, 10 и 5 мм; *12* — гильза; *13* — салфетка; *14* — валек; *15* — горелка; *16* — пруток припоя; *17* — заливочное отверстие; *18* — провод заземления

13, надвигают свинцовую трубу *3* так, чтобы ее концы были за границами разделки. После изолирования мест соединения жил на них по центру муфты наматывают общий бандаж из бумажной ленты. Далее удаляют кольцевые пояски оболочек, закрепляя поясную изоляцию, обрабатывают торцы металлических оболочек и отгибают их края. Места соединения промывают прошпарочным составом.

На место соединения жил надвигают корпус муфты. Концам трубы с помощью валика *14* придают сферическую форму (рис. 7.27, *в*). Обколачивание производят до плотного соприкосновения трубы с оболочкой кабеля. Затем тщательно подготовляют поверхность пайки шеек и оболочки кабеля. Алюминиевую оболочку лудят вначале припоем А, а затем оловянно-свинцовым. Места пайки после обработки слегка подогревают горелкой *15* и протирают салфеткой, пропитанной стеарином. В месте среза брони на конце кабеля подматывают шнуровой асбест, предотвращая вытекание пропитывающего состава защитных покровов. Пламенем газовой горелки нагревают место пайки и пруток припоя *16.* Пайку выполняют возможно быстрее, затрачивая не более 3—4 мин на один конец муфты (рис. 7.27, *г*). Для охлаждения и очищения места пайки горловины муфты покрывают стеарином.

В верхней части муфты вырубают заливочные отверстия *17* треугольной формы со сторонами 25—30 мм (рис. 7.27, *д*) в виде отогнутого вверх «язычка». Перед заливкой в муфту небольшое количество кабельного состава сливают через носик ведра для очистки последнего от сора и пыли. Муфту подогревают до 50—60° С и заливают в три-четыре приема в одно из заливочных отверстий до тех пор, пока при вытекании из другого отверстия не прекратится выделение пены и пузырьков воздуха. По мере усадки и охлаждения муфту доливают (при этом заливочные отверстия закрывают чистой и сухой салфеткой). Затем заливочные отверстия плотно закрывают «язычками» и запаивают (рис. 7.27, *е*).

Свинцовую муфту заземляют (рис. 7.27, *ж*), для чего провод заземления *18* припаивают к бронелентам обоих кабелей и середине ее корпуса.

§ 36. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КОНЦЕВЫХ МУФТ НАРУЖНОЙ УСТАНОВКИ НА КАБЕЛЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 10 кВ

При наружной прокладке кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной изоляцией применяют муфты: металлические концевые КНА (с алюминиевым корпусом), КНЧ (с чугунным корпусом) и

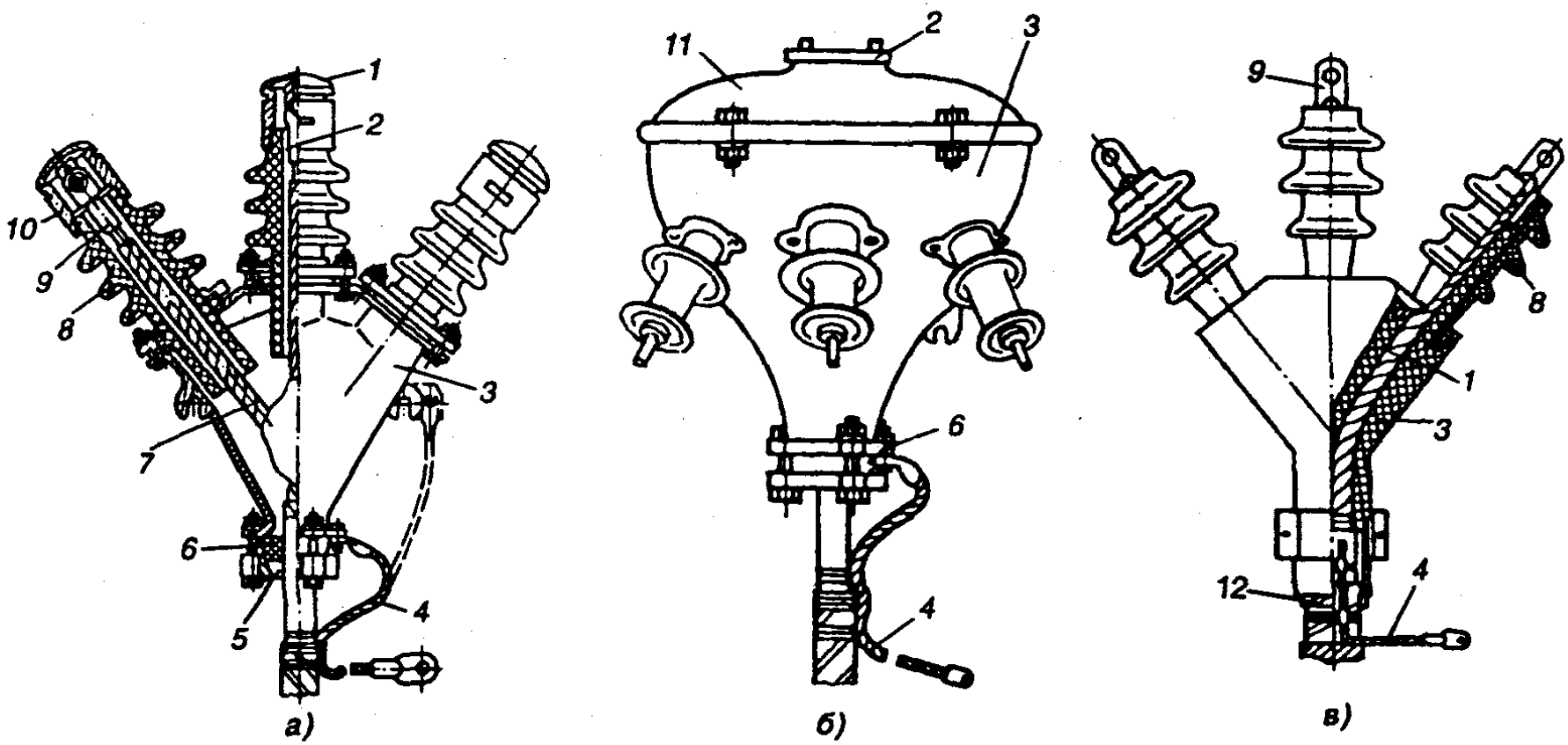


Рис. 7.28. Концевые муфты наружной установки для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной изоляцией:
а — КНА; *б* — КМА; *в* — КНЭ

КНСт (со стальным корпусом); мачтовые типов КМА и КМЧ; концевые эпоксидные типа КНЭ.

Металлические концевые муфты наружной установки 6 и 10 кВ состоят (рис. 7.28, *а*) из корпуса *3*, к верхним фланцам которого с помощью полуколец крепят фарфоровые изоляторы *8*, а к нижнему фланцу — корпус сальника *5*, уплотненный на оболочке кабеля резиновым кольцом *6*. Изоляторы в верхней части герметично армируют контактными головками *10*, закрытыми медными колпачками *1*.

Жилы кабеля *7* с напаянными наконечниками *9* присоединяют к контактным шинам головок изоляторов. Заземление муфты осуществляют медным гибким проводом *4*.

Технология монтажа концевых металлических муфт включает много одинаковых операций. В сальнике *6* муфты, имеющей концентрические прорези, после разделки кабеля ножом вырезают отверстие, соответствующее диаметру кабеля. На кабель надевают корпус сальника и резиновое кольцо и сдвигают их на броню кабеля. В процессе оконцевания жил следят за тем, чтобы наружные контактные части наконечников *9* были направлены в сторону контактных шин.

Пламенем паяльной лампы или газовой горелки разогревают корпус муфты до 50—60° С. Полости изоляторов и внутренние поверхности корпуса прошпаривают разогретым до 140—150° С пропиточным составом. Жилы кабеля разводят так, чтобы они соответствовали отверстиям корпуса муфты. Осторожно сгибая крайние жилы, надвигают корпус, пока средняя жила не выйдет из него на 280 мм.

Изоляторы надевают на крайние жилы, наконечники жил прижимают к контактным шинам и затягивают болтами. На изоляторы надевают полукольца и закрепляют их в корпусе муфты болтами. Резиновое кольцо *6* поднимают и устанавливают в пазу корпуса муфты, после этого устанавливают корпус *5* сальника и крепят его к корпусу муфты, равномерно затягивая болты.

Пламенем газовой горелки или паяльной лампы прогревают корпус муфты до 50—60° С и заполняют его заливочным составом через отверстие среднего изолятора.

Затем устанавливают средний изолятор, доливают заливочный состав до вытекания его из головок крайних изоляторов. Нижние части головок и наружные части контактных шин крайних изоляторов обертывают салфетками, смоченными водой, и припаивают колпачки *1*. Средний изолятор доливают разогретым заливочным составом до наконечника *9*. После остывания муфты до 50—60° С средний изолятор доливают до верха и на его головку напаивают колпачок.

При установке муфты в проектное положение избегают растягивающих усилий между кабелем и муфтой.

В муфтах КМА 6 и 10 кВ (рис. 7.28, *б*) уплотнение места ввода кабеля обеспечивают сальником *5*. Кабельный состав заливают в корпус *3* муфты через отверстие *2* в верхней части крышки *11*. Для заземления муфты используют медный многопроволочный проводник *4*.

Технология монтажа муфт КМА отличается от монтажа муфт КНА (КНЧ) тем, что после присоединения наконечников жил к контактным стержням (средняя жила должна быть на 8—12 мм короче крайних) заливочный состав не достигает уровня заливочного отверстия. В зависимости от температуры окружающей среды зазор 30—40 мм выполняет роль компенсатора при изменении объема заливочного состава.

В трехфазных муфтах 6 и 10 кВ для соединения корпуса с оболочкой кабеля вместо сальника применяют свинцовую манжету.

Концевые эпоксидные муфты наружной установки 6 и 10 кВ типа КНЭ предназначены для оконцевания кабелей сечение жил до 240 мм^2 при присоединении к открыто установленному оборудованию или воздушной линии.

Муфта КНЭ (рис. 7.28, *в*) состоит из отлитого на заводе эпоксидного корпуса *3* и трех эпоксидных проходных изоляторов *8* для вывода жил *7* кабеля. На месте монтажа муфту надевают на разделанный конец кабеля и заполняют эпоксидным компаундом.

При разделке жилы кабеля разводят и выгибают так, чтобы они находились в одной плоскости, причем крайние жилы выгибают под одинаковыми углами, равными 38°.

Место ввода кабеля в муфту уплотняют эпоксидной втулкой и подмоткой ленты *12*. При этом конец провода заземления *4*, оконцованный наконечником, выводят наружу.

Технология монтажа *эластомерных муфт* для кабелей напряжением до 10 кВ с пластмассовой изоляцией несколько отличается от монтажа муфт КНЭ. Приступая к монтажу муфты типа ПКНР, ее детали (конус и «юбки») тщательно очищают внутри и обезжиривают салфеткой, смоченной в бензине. На разделку кабеля, тщательно промазанную кремнийорганической пастой КПД (с помощью салфетки), надвигают конус, положение которого фиксируют имеющимися внутри него выступами, а также все «юбки». Каждую последующую «юбку» надевают на предыдущую до упора (при надевании «юбки» поворачивают вокруг кабеля). Зазор между верхней «юбкой» и цилиндрической частью наконечника уплотняют подмоткой из пяти-семи слоев ленты ЛЭТСАР. Поверх этой подмотки надевают термоусаживаемую трубку и нагревают ее до полной усадки.

§ 37. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КОНЦЕВЫХ МУФТ И ЗАДЕЛОК ВНУТРЕННЕЙ УСТАНОВКИ НА КАБЕЛЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 10 кВ

При монтаже внутри помещений кабелей напряжением до 10 кВ широко применяют концевые заделки и муфты: эпоксидные (с термоусаживаемыми поливинилхлоридными, найритовыми, кремнийорганическими и трехслойными трубками), сухие из самосклеивающихся лент, термоусаживаемые полиэтиленовые трубки, свинцовые, стальные воронки с битумным составом, полиуретановые.

Технология монтажа *концевых эпоксидных заделок* различных исполнений включает много общих операций, которые можно проследить на примере монтажа заделки КВЭт (рис. 7.29, *а*). Разделку конца кабеля выполняют обычным способом. Проводник заземления в месте пайки к оболочке и броне на длине 100 мм расплетают так, чтобы он имел минимальную толщину. По броне измеряют диаметр кабеля и по нему определяют нужный размер корпуса заделки. Пластмассовую форму концевой заделки надевают на разделку кабеля и сдвигают вниз. Тканью или чистой бумагой оборачивают жилы и внутреннюю поверхность пластмассовой формы, обезжиривают жилы кабеля бензином или ацетоном, подматывают вразбежку жилы поливинилхлоридной лентой для предохранения бумажной изоляции от разматывания, надевают на разведенные жилы крышку пластмассовой формы и сдвигают ее вниз.

Жилы кабеля оконцовывают наконечниками и лентой ЛЭТСАР восстанавливают изоляцию. По диаметру жил выбирают термоусаживаемые трубки. Их надевают на жилы. Верхний конец трубки должен заходить на всю цилиндрическую часть наконечника, нижний конец — входить в корпус концевой заделки не менее чем на 50 м.

Пламенем газовой горелки нагревают трубки, перемещая пламя с середины усаживаемого участка вверх, а затем вниз. Излишки трубки после остывания обрезают ножом на наконечниках, которые затем уплотняют подмоткой из ленты ЛЭТСАР с лаком КО-916. Нижние части термоусаживаемых трубок погружают в эпоксидный корпус и покрывают клеем ПЭД-Б. На ступени брони или шланга надвигают пластмассовую форму и укрепляют ее на месте подмоткой поливинилхлоридной ленты.

Нижние концы кремнийорганических трубок кабельных заделок КВЭк покрывают лаком КО-916 (рис. 7.29, *б*).

В сухих помещениях при разности уровней между высшей и низшей точками расположения кабеля на трассе до 10 м включительно, применяют *концевые заделки* типа КВВ внутренней установ-

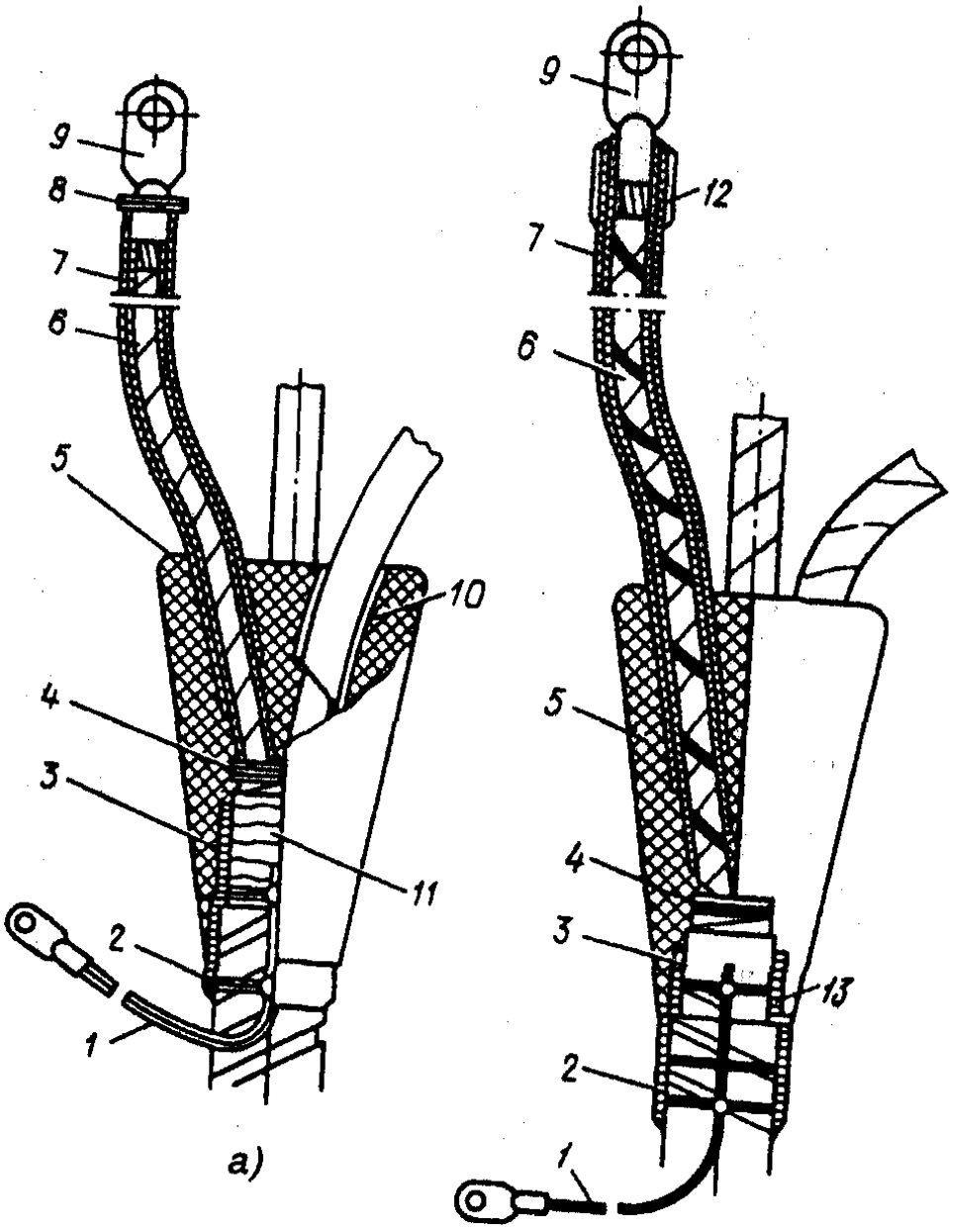


Рис. 7.29. Концевые эпоксидные заделки внутренней установки КВЭт (*а*) и КВЭк (*б*):

1 — привод заземления; *2, 4* — бандажи; *3* — подмотка из ленты ЛЭТСАР ЛПм; *5* — корпус; *6* — жила кабеля; *7* — трубка; *8* — хомут; *9* — наконечник; *10* — прослойка из лака КО-916; *11* — оболочка; *12* — подмотка из хлопчатобумажной ленты; *13* — поясная изоляция

ки *из самосклеивающихся лент* (рис. 7.30). *Концевая заделка* внутренней установки в *резиновой перчатке* показана на рис. 7.31.

Стальные воронки КВБо овальной и КВБк — круглой формы применяют в качестве концевых заделок внутренней установки на кабелях напряжением 6 и 10 кВ (рис. 7.32, *а, б*).

Перед монтажом стальные воронки тщательно протирают тряпкой, смоченной в бензине.

При монтаже концевой заделки на разделанный конец кабеля надевают стальную воронку *5*, сдвигают ее вниз по кабелю и обматывают бумагой или тканью для предохранения от загрязнения. Заделку кабеля на 6 и 10 кВ прошпаривают разогретым до 120—130° С составом МП. Жилы кабеля на расстоянии 50 мм от нижнего края

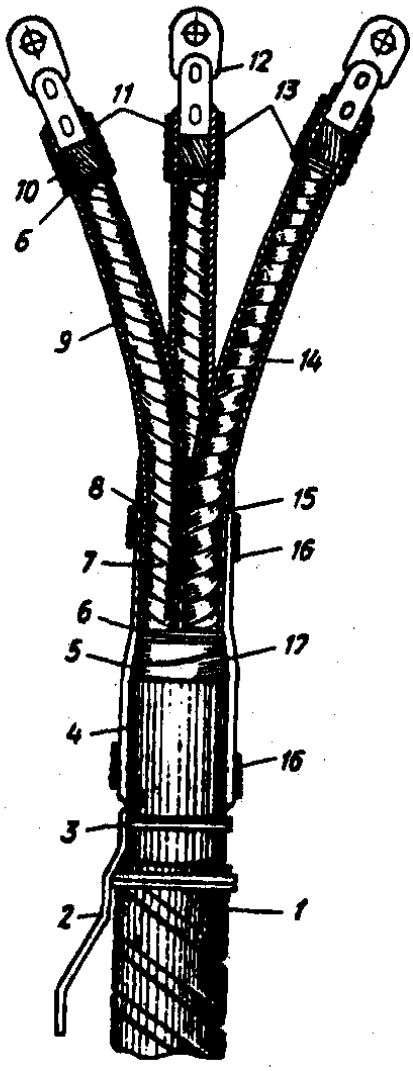


Рис. 7.30. Сухая концевая заделка кабеля полихлорвиниловой лентой типа КВВ:

1 — броня кабеля; *2* — заземляющий проводник; *3* — проволочный бандаж; *4* — свинцовая (или алюминиевая) оболочка кабеля; *5* — поясная заводская изоляция; *6* — бандаж из хлопчатобумажной пряжи; *7* — жила в заводской изоляции; *8* — оголенный участок жилы; *9* — полихлорвиниловая (стаканообразная) поясная изоляция; *10* — полихлорвиниловая подмотка по жиле; *11* — выравнивающая полихлорвиниловая подмотка; *12* — кабельный наконечник; *13* — бандажи из крученого шпагата; *14* — место наложения временного бандажа из ленты; *15* — лакпаста; *16* — выравнивающая конусная полихлорвиниловая подмотка; *17* — бандаж из крученого шпагата

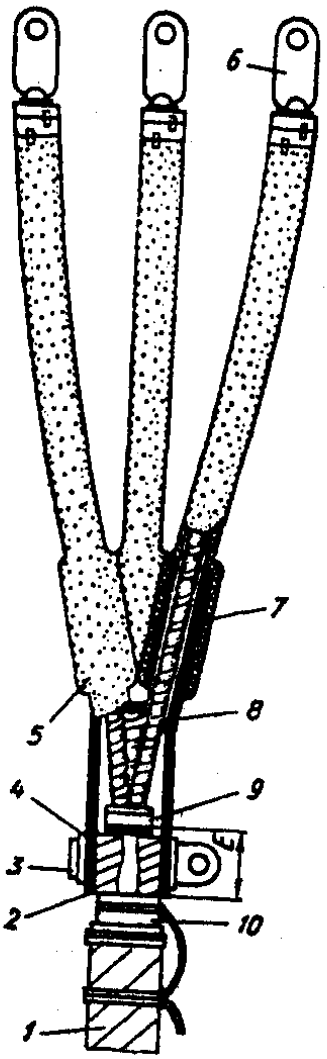


Рис. 7.31. Концевая заделка типа КВР в резиновой перчатке:

1 — броня; *2* — уплотнение маслостойкой резиновой лентой; *3* — хомут; *4* — подмотка прорезиненной лентой; *5* — перчатка; *6* — наконечник; *7* — резиновая трубка; *8* — жилы кабеля; *9* — поясная изоляция кабеля; *10* — оболочка

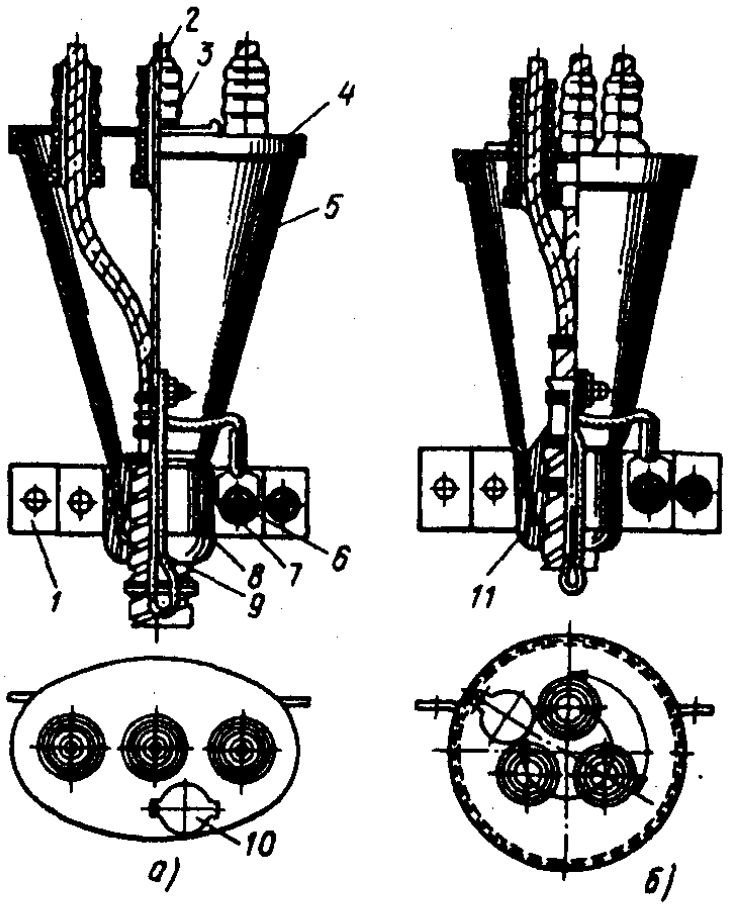


Рис. 7.32. Концевые заделки КВБо с овальной (*а*) и КВБк круглой воронкой (*б*)

фарфоровых втулок *3* по направлению к концам жил *2* подматывают до свободных от изоляции участков лентами (в три-четыре слоя с 50 %-ным перекрытием).

Провод заземления *9* припаивают к оболочке и бронелентам кабеля, после этого удаляют оставшийся поясок оболочки над поясной изоляцией. Стальную воронку *5* надвигают на место для примерки, затем ее вновь опускают вниз по кабелю. На броне кабеля, где будет размещена воронка, выполняют подмотку *11* из смоляной ленты (в виде конуса). Затем воронку надевают на подмотку и на ее горловине закрепляют нижний *1* и верхний *8* полухомутики. Один конец провода заземления *9* присоединяют к болту *6* (гайкой *7*) хомутика, а другой — к болту воронки.

В местах установки фарфоровых втулок *3* на жилы *2* кабеля делают конусную подмотку лентой для герметизирующих подмоток.

На конусные подмотки надвигают фарфоровые втулки и крышку *4* воронки. Оголенные участки жил кабеля после оконцевания изолируют. Воронку через отверстие *10* заливают битумной массой. Снаружи воронку с деталями и крепящими хомутами покрывают битумным покровным лаком БТ-577.

Для кабелей с пластмассовой изоляцией напряжением до 10 кВ применяют *концевые заделки* внутренней установки *в термоусаживаемых полиэтиленовых перчатках* ПКВтп. При отсутствии этих

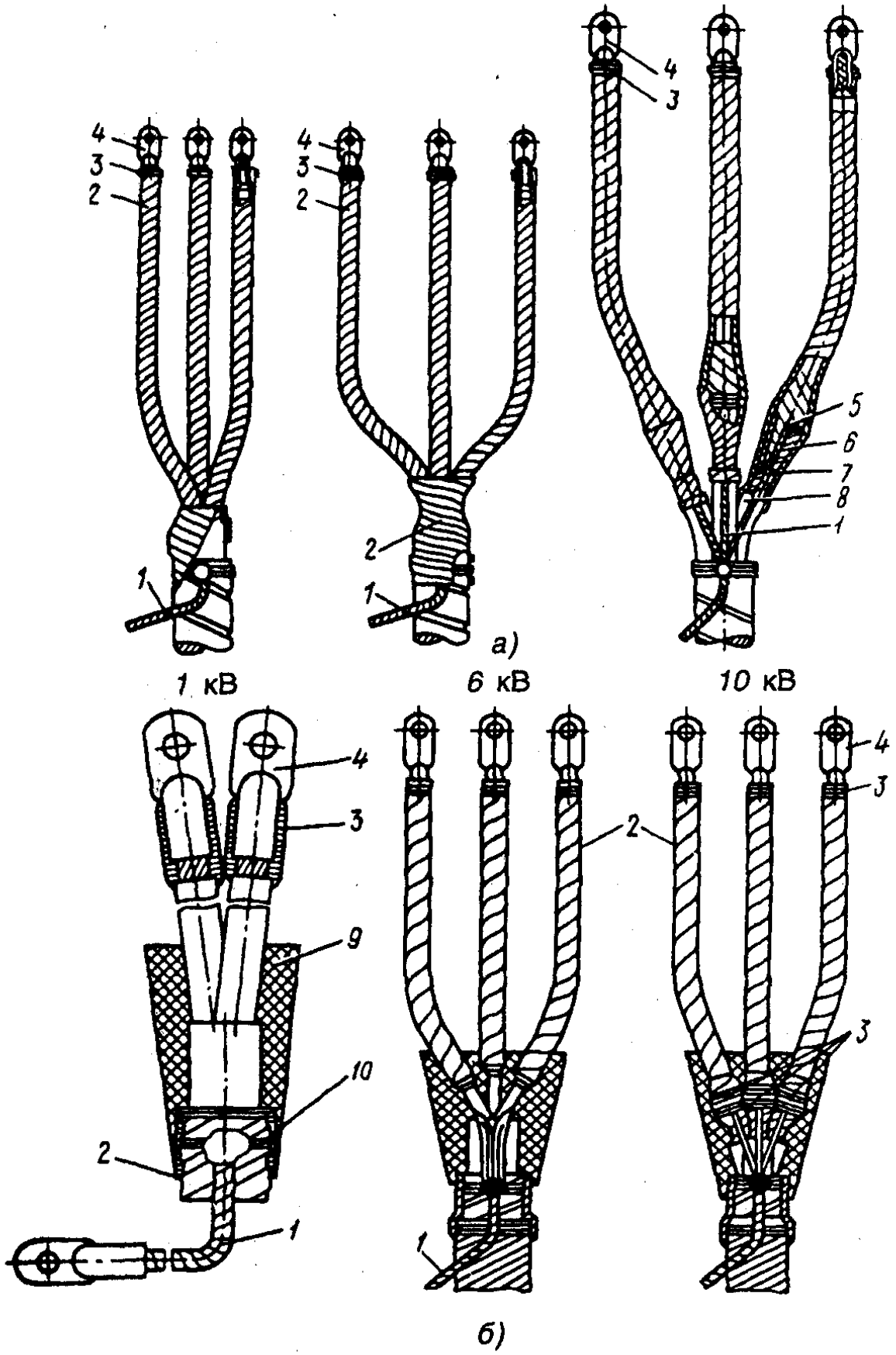


Рис. 7.33. Концевые заделки ПКВ (*а*) и ПКВЭ (*б*):

1 — провод заземления; *2* — подмотка из поливинилхлоридной ленты или ЛЭТСАР; *3* — бандаж из суровых ниток; *4* — наконечник; *5* — полупроводящий экран; *6* — металлический экран; *7* — конусная подмотка; *8* — поливинилхлоридный шланг; *9* — эпоксидный корпус; *10* — бандаж из стальной проволоки

заделок применяют *заделки* ПКВ (в сухих помещениях) или ПКВЭ (в сырых помещениях). (Рис. 7.33).

Заделку ПКВ для кабелей 6 кВ выполняют с заземлением металлического экрана. В заделках кабелей 10 кВ на каждой жиле выполняют конусную подмотку из ленты, поверх которой накладывают полупроводящий экран и металлический экран с припаянным к нему проводом заземления.

Для заделок ПКВЭ (рис. 7.33, *б*) применяют корпус, отлитый из эпоксидного компаунда.

Приступая к монтажу заделок ПКВ, на напряжение 10 кВ сматывают ленты металлического и полупроводящего экранов с конца каждой жилы до места среза шланга. Ацетоном смывают графитовый слой по всей длине жилы и делают конусную подмотку из поливинилхлоридной полиэтиленовой или самоклеющейся ленты на расстоянии 30 мм от среза шланга.

Ленты металлического экрана, ранее смотанные с жил, обрезают так, чтобы после их намотки на конусе они не доходили до места среза полупроводящего экрана на 5 мм. Концы лент временно отводят в сторону от конусной подмотки и лудят. К облуженным лентам припаивают провод заземления. Металлические ленты экрана вновь наматывают на конусную подмотку и крепят проволочным бандажом на расстоянии 5 мм от среза полупроводящего экрана.

Зачищенные участки поливинилхлоридной изоляции или трубки, надетой на полиэтиленовую изоляцию, для адгезии с эпоксидным компаундом при монтаже заделок ПКВЭ покрывают клеем ПЭД-6. На участке брони длиной 50 мм выполняют подмотку из двух слоев самоклеющейся или хлопчатобумажной ленты. Такую же подмотку накладывают на цилиндрическую часть наконечника и участок неизолированной жилы. Конец ленты закрепляют бандажом.

На расстоянии 25 мм от нижней части подмотки устанавливают съемную форму, крепят ее лентой из поливинилхлоридного пластиката, после чего заливают эпоксидным компаундом. Перед заливкой проверяют геометрические размеры (высоту, диаметр заделки, расстояние жил от стенки формы). После отверждения эпоксидного компаунда и снятия формы заделку покрывают эмалью ГФ-92ХС или ЭП-51 в два слоя.

Контрольные вопросы

1. Как классифицируют кабели и кабельные сети по конструктивным признакам?
2. Каковы преимущества прокладки кабелей в траншее?
3. Как прокладывают кабели в блоках и каналах?

4. В каких случаях прокладывают кабели в галереях и эстакадах?
5. С какой целью кабели укладывают с запасом 1—2 % их длины?
6. Какие механизмы применяют для прокладки кабелей в траншее?
7. Каковы допускаемые усилия тяжения кабелей в блоках?
8. Как заземляют кабельные конструкции?
9. Как разделывают концы кабелей с бумажной изоляцией?
10. Как соединяют кабели напряжением до 10 кВ?
11. Как монтируют концевые муфты внутренней установки на кабелях напряжением до 10 кВ?
12. Как выполняют заделки для кабелей с пластмассовой изоляцией напряжением до 10 кВ?

ГЛАВА 8. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

§ 38. ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 10 кВ

Электрические сети, расположенные на открытых территориях вне зданий, часто выполняют *воздушными линиями* (ВЛ). За длину *пролета* ВЛ на местности принимают горизонтальное расстояние между центрами двух смежных опор. *Анкерным участком* называют сумму длин пролетов между опорами анкерного типа (рис. 8.1). Под *стрелой провеса* проводов f при одинаковой высоте точек подвеса подразумевают вертикальное расстояние между линией, соединяющей точки подвеса провода, и низшей точкой провода. За габарит линии H принимают наименьшее расстояние по вертикали при наибольшем провисании проводов до уровня земли или пересекаемых сооружений.

Углом поворота трассы линии называют угол между направлениями линии в смежных пролетах. Под тяжением провода понимают усилие, направленное по оси провода. Механическое напряжение

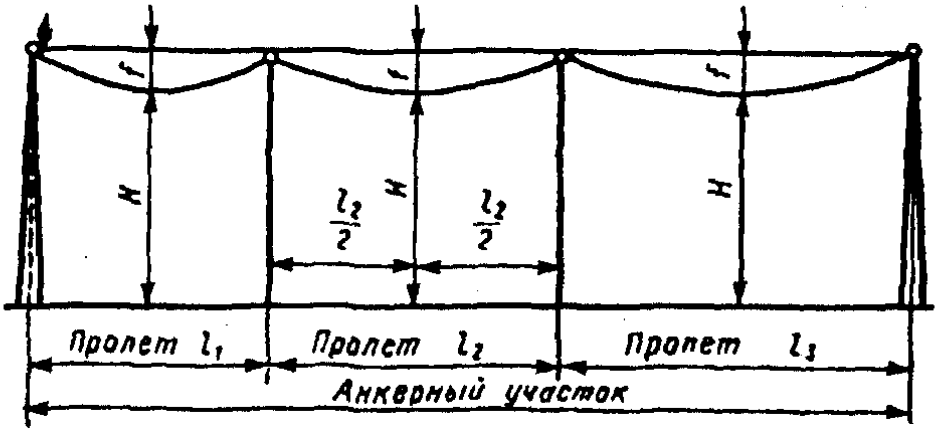


Рис. 8.1. Основные характеристики линии в пролете

провода получают делением тяжения на площадь поперечного сечения провода.

Промежуточные опоры устанавливают на прямых участках трассы ВЛ. Эти опоры в нормальных режимах работы не должны воспринимать усилий, направленных вдоль ВЛ.

Угловые опоры устанавливают в местах изменения направления трассы ВЛ. Эти опоры при нормальных режимах работы должны воспринимать слагающую тяжения проводов смежных пролетов.

Анкерные опоры устанавливают на пересечениях с различными сооружениями, а также в местах изменения количества, марок и сечений проводов. Эти опоры должны воспринимать в нормальных режимах работы усилия от разности тяжения проводов, направленные вдоль ВЛ. Анкерные опоры должны иметь жесткую конструкцию.

Концевые опоры устанавливают в начале и конце ВЛ, а также в местах, ограничивающих кабельные вставки. Они являются опорами анкерного типа и должны воспринимать в нормальных режимах работы ВЛ одностороннее тяжение проводов.

Ответвительные опоры устанавливают в местах ответвления от ВЛ.

Перекрестные опоры устанавливают в местах пересечения ВЛ двух направлений.

Промежуточный пролет — это расстояние по горизонтали между двумя смежными промежуточными опорами. Как правило, эти пролеты на ВЛ до 1 кВ колеблются в пределах 30—50 м, а на ВЛ выше 1 кВ —100—250 м и более.

Воздушные линии имеют следующие конструктивные элементы: провода, опоры, изоляторы, арматуру для крепления проводов на изоляторах и изоляторов на опорах. Воздушные линии бывают одно- и двухцепные. Под одной цепью понимают три провода одной трехфазной линии или два провода одной однофазной линии. Для воздушных линий напряжением до 10 кВ применяют алюминиевые, сталеалюминиевые и стальные провода. Опоры для ВЛ напряжением до 10 кВ изготовляют из дерева и железобетона. Деревянные опоры просты в изготовлении и дешевы, но недолговечны из-за гниения древесины. Железобетонные опоры дороже, но прочнее.

Деревянные промежуточные (рис. 8.2, *а*) и угловые анкерные (рис. 8.2, *б*) опоры широко используют при сооружении ВЛ в I; II и III климатических районах по гололеду. Вертикальные расстояния между проводами на этих ВЛ принимают 400 мм.

В IV климатическом районе по гололеду расстояние между проводами на ВЛ, сооруженных с использованием этих опор, должно быть 600 мм. При изготовлении деталей деревянных опор применяют лесоматериалы хвойных пород. Основные типы желе-

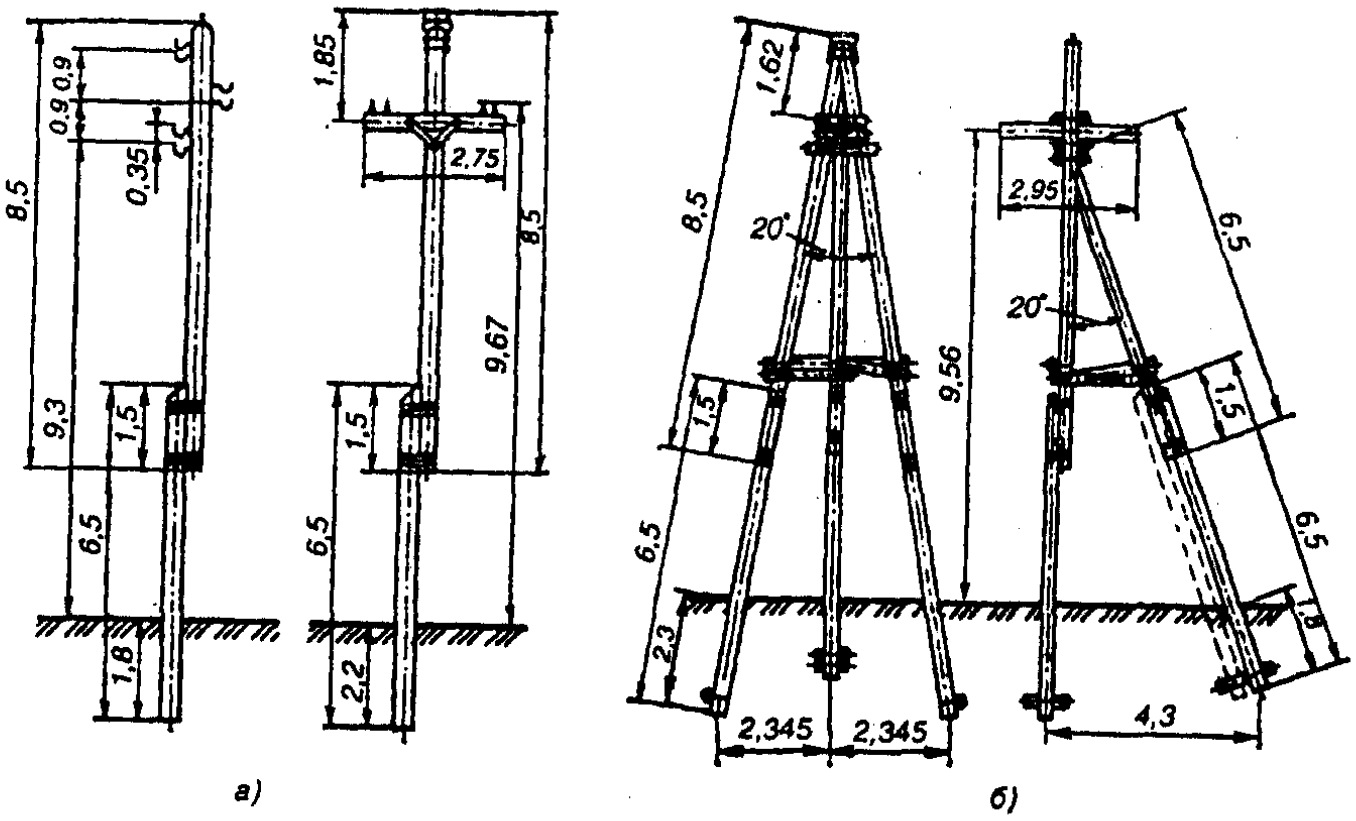


Рис. 8.2. Деревянные промежуточные опоры ВЛ (*а*) и угловые анкерные (*б*)

зобетонных опор, применяемых на ВЛ 6—10 кВ, приведены на рис. 8.3 (*а — г*).

Железобетонные опоры изготовляют вибрационными или центрифугированными. Вибрационные опоры могут быть круглой, прямоугольной или двутавровой формы. Стальная арматура железобетонных опор может быть ненапряженной, напряженной и частично напряженной.

Промежуточные опоры выполняют одностоечными с горизонтальным расположением проводов, укрепленных на штыревых изоляторах ШС-10. Анкерные, угловые, концевые, ответвительные опоры конструируют из стоек промежуточных опор. Детали крепления и оттяжки применяют металлические. Опоры рассчитаны на подвеску проводов марок А25—А70, АС16—АС50 и ПС25. Высота штыря принята увеличенной до 175 мм. Штыри заземляют приваркой к выпускам арматуры из железобетонной траверсы.

На ВЛ до 1 кВ применяют одно- и многопроволочные провода; применение расплетенных проводов не допускается. Воздушные линии выше 1 кВ выполняют по условиям механической прочности, как правило, многопроволочными проводами.

На ВЛ до 1 кВ по условиям механической прочности сечение проводов должно быть не менее: алюминиевых —16 мм^2; сталеалюминиевых и биметаллических —10 мм^2; стальных многопроволоч-

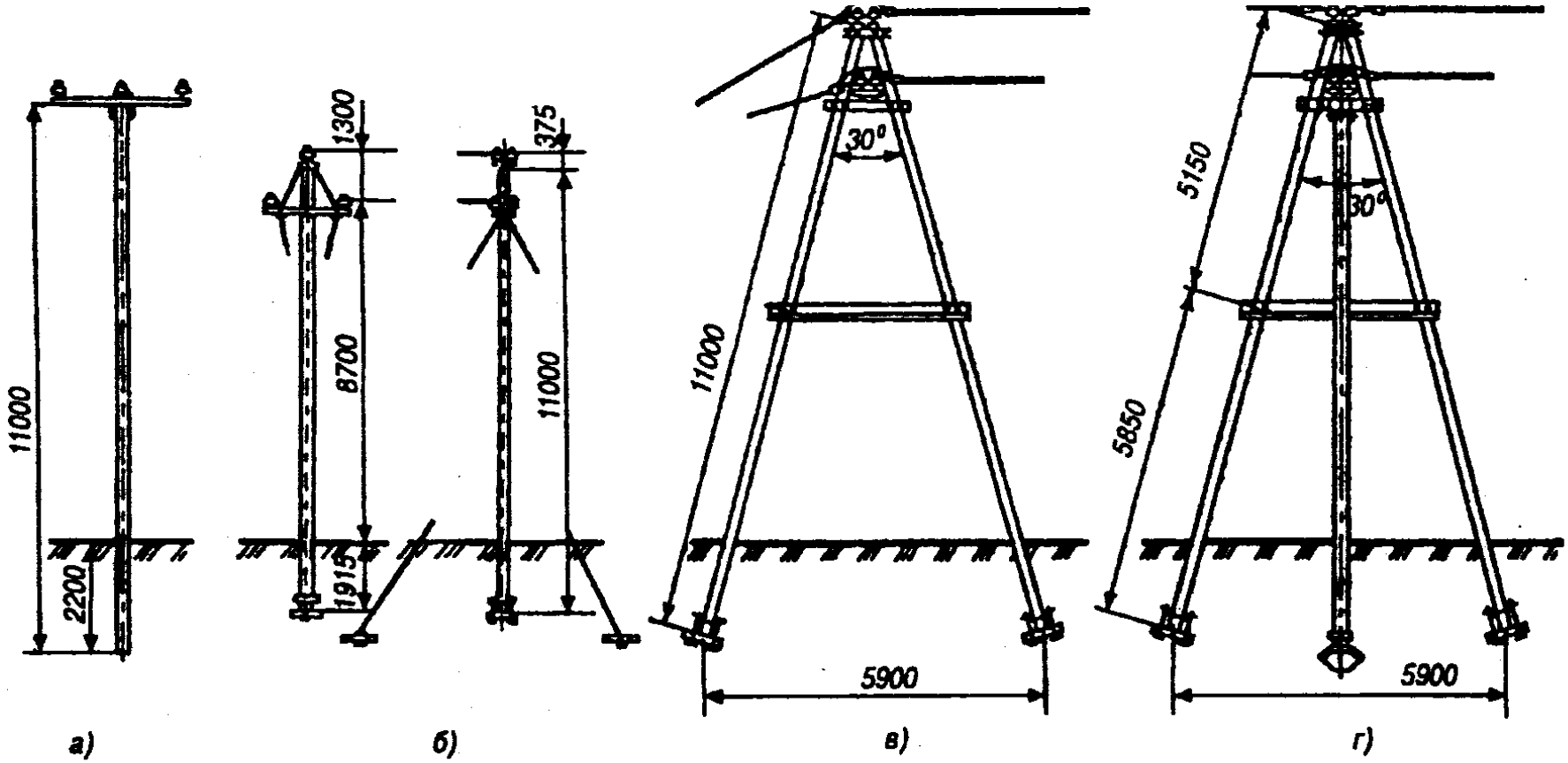


Рис. 8.3. Железобетонные опоры ВЛ6—10 кВ:

а — промежуточная П-10; *б* — анкерные А-10; *в* — концевая КА-10; *г* — угловая для угла 90°

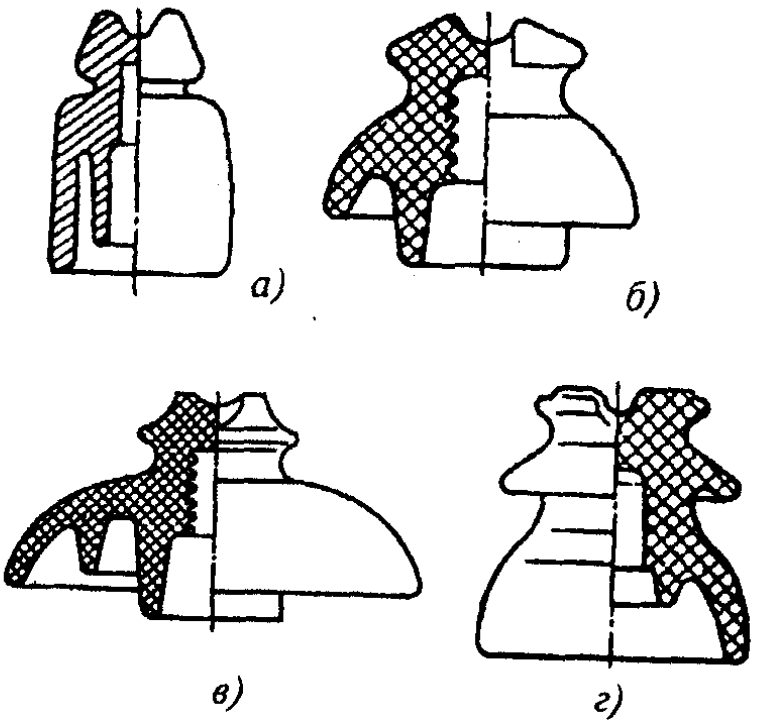


Рис. 8.4. Штыревые изоляторы:
а — ТФ; *б* — ШС-6 и ШС-10; *в* — ШФ-10В; *г* — ШФ-10Г для ВЛ-10 кВ

ных —25 мм^2; для стальных однопроволочных диаметр должен быть не менее 4 мм.

Для ответвлений от ВЛ до 1 кВ к вводам в здания можно применять алюминиевые провода и из его сплавов при пролетах до 25 м сечением не менее 16 мм^2; стальные и биметаллические при пролетах до 10 м — диаметром не менее 3 мм.

На ВЛ до 10 кВ широко применяют штыревые изоляторы (рис. 8.4, *а — г*).

Изоляторы доставляют на монтаж в решетчатых ящиках. Отбраковку изоляторов производят визуально перед отправкой их на трассу. Предприятие-изготовитель снабжает каждую партию изоляторов документом, удостоверяющим их качество.

§ 39. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ

При прохождении ВЛ по лесным и зеленым насаждениям вырубка просеки необязательна. Вертикальные и горизонтальные расстояния от проводов при их наибольшей стреле провеса или наибольшем отклонении до деревьев, кустов и прочей растительности должны быть не менее 1 м.

Котлованы под опоры линии роют механизированным способом с применением буровых машин. При невозможности использования

буровых машин грунт разрабатывают вручную. В скальных грунтах их выемку можно производить взрывным способом.

Котлованы под одностоечные промежуточные опоры бурят точно по оси трассы во избежание выхода опоры из створа линии. Штангу бура при бурении размещают в строго вертикальном положении. Котлованы роют непосредственно перед установкой опор.

Воздушные линии электропередачи размещают так, чтобы опоры не затрудняли движения транспорта и пешеходов. В местах, где имеется опасность наезда транспорта, опоры защищают железобетонными отбойными тумбами.

Размеры заглубления опор (табл. 26) определяют в зависимости от их высоты, числа укрепленных на опоре проводов, грунтовых условий, а также от способа производства земляных работ, и указывают в проекте.

Таблица 27. **Размеры заглубления промежуточных опор (без ригелей)**

Грунт	Общая максимальная площадь сечения проводов на опоре, мм^2	Заглубление опор, м, при разработке грунта			
		вручную		механизированным способом	
		до 8,5	11—12	до 8,5	11—12
Суглинки, супеси, глины, насыщенные водой, при расчетном напряжении на грунт 0,1 МПа	150	1,8	2,15	1,6	1,75
	300	2,3	2,8	1,8	2
	500	2,7	2,9	2	2,3
Глины, суглинки, супеси естественной влажности, сухой лес, мокрый мелкий песок при расчетном напряжении на грунт 0,15—0,2 МПа	150	1,5	1,8	1,4	1,5
	300	1,9	2,2	1,6	1,8
	500	2,3	2,5	1,8	2,1
Плотная глина, глина с галькой и валунами, галька с песком, щебень, скальный грунт при расчетном напряжении на грунт 0,25 МПа	150	1,35	1,6	1,2	1,2
	300	1,7	2	1,4	1,6
	500	2,1	2,1	2,2	1,9

Траверсы угловых опор располагают по биссектрисе угла поворота линии. На установленные опоры наносят надписи, указывающие их порядковый номер и год установки.

Траверсы, кронштейны и изоляторы устанавливают до подъема опоры. Изоляторы перед монтажом тщательно осматривают и отбраковывают. Изоляторы не должны иметь трещин, сколов, повреждений глазури. Чистка их металлическим предметом не допускается. Штыревые изоляторы прочно навертывают на крюки или штыри, обмотанные паклей, пропитанной суриком с олифой. Оси штыревых изоляторов располагают вертикально.

При креплении обводного провода штыревые изоляторы устанавливают с наклоном до 45° к вертикали. Крюки и штыри для

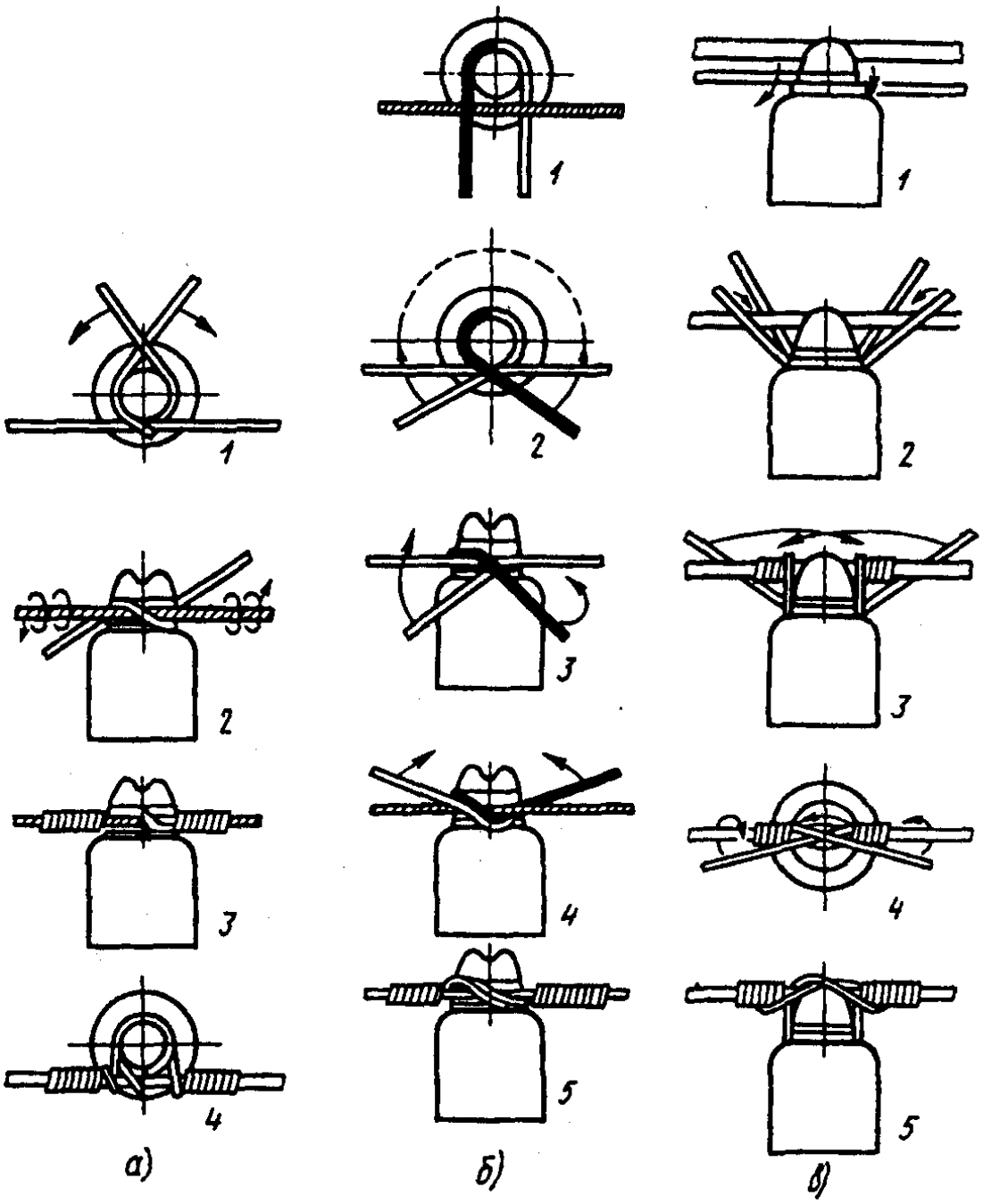


Рис. 8.5. Способы вязки проводов к изоляторам:

а — одиночная вязка на шейке; *б* — двойная вязка на шейке; *в* — двойная вязка на головке; *1, 2, 3, 4, 5* — порядок операций

предохранения от ржавчины покрывают горячей олифой с примесью сажи или асфальтовым лаком.

Стальные провода должны быть оцинкованы. На временных линиях допускают неоцинкованные однопроволочные провода.

Крепление проводов на штыревых изоляторах выполняют проволочными вязками (рис. 8.5). Диаметры вязальной проволоки для крепления проводов любой площади сечения на штыревых изоляторах приведены ниже.

Материал провода и вязальной проволоки	Сталь	Алюминий
Диаметр вязальной проволоки, мм	2—2,7	2,5—4

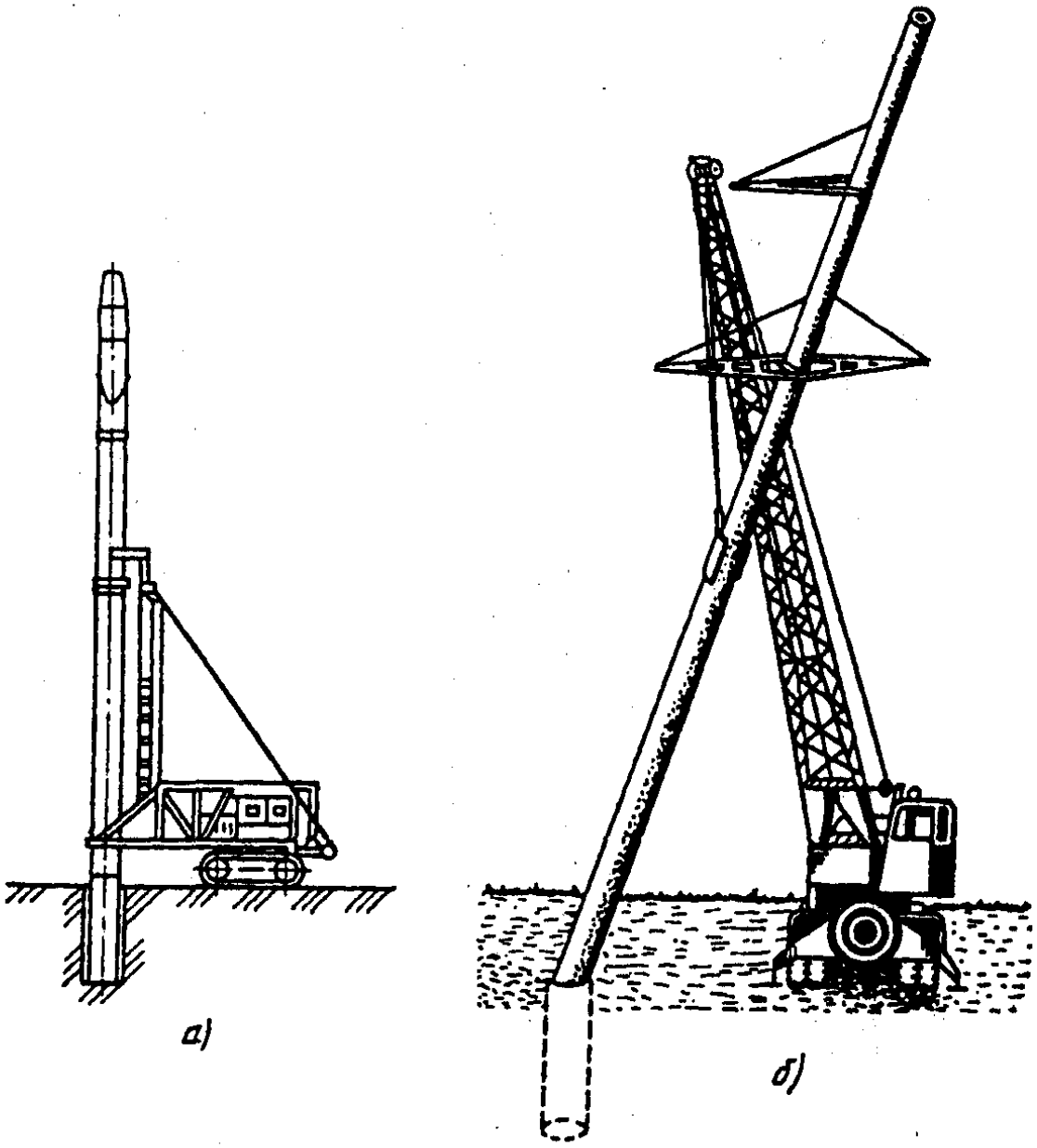


Рис. 8.6. Установка опор кранами-установщиками (*а*), автомобильными кранами (*б*)

Провода в пролетах пересечений ВЛ с различными объектами сращивать нельзя. Провода соединяют соединительными зажимами или сваркой. Встык однопроволочные провода не сваривают. Провода можно соединять скруткой с последующей пайкой. Крепление проводов на опорах ВЛ — одинарное, исключение составляют случаи двойного крепления при пересечениях ВЛ связи и сигнализации, контактных проводов, дорог. Провода ответвлений должны иметь на опорах глухое крепление.

Готовые развезенные по трассе или собранные на ней опоры устанавливают непосредственно в котлованы с помощью бурильно-крановых машин или кранов-установщиков опор КВЛ-8 (рис. 8.6, *а*). Деревянные и железобетонные одностоечные опоры массой до 4 т можно устанавливать в котлованы автомобильным краном (рис. 8.6, *б*).

Штыревые изоляторы, закрепленные на крюках, устанавливают непосредственно на стволах деревянных опор без траверс. В опоре буравом высверливают отверстия, в которые ввертывают хвосты крюков. Для удобства завертывания крюков применяют специальный ключ. Изоляторы, закрепленные на штырях, устанавливают на траверсах; при этом штырь закрепляют на траверсе гайкой.

Сооружение ВЛ осуществляют поточным методом. Монтаж проводов разбивают на следующие операции: раскатка проводов, соединение проводов, подъем их на промежуточные опоры, натяжка проводов, крепление их на анкерных и на промежуточных опорах.

Неизолированные провода для ВЛ доставляют на деревянных барабанах. Барабаны с проводом устанавливают на специальной тележке, с помощью которой выполняют одновременно раскатку нескольких проводов. Раскатку проводов с барабанов производят тракторами или автомашинами и ведут обычно от одной анкерной опоры до другой. При этом должны выполняться следующие требования.

Раскатку проводов по земле производят с движущихся тележек.

Раскатка и натяжение проводов непосредственно по стальным траверсам и крюкам не допускается. Раскатку проводов при отрицательных температурах производят с учетом мероприятий, предотвращающих вмерзание провода в грунт.

При раскатке проводов отмечают места обнаруженных дефектов проводов. В дальнейшем, перед натяжкой проводов, в этих местах выполняют их ремонт. Восстановительный ремонт проводов осуществляют: при повреждении до 17 % алюминиевого повива — наложением проволочных бандажей; при повреждении до 34 % — монтажом ремонтных зажимов; более 34 % — заменой отрезком нового провода.

§ 40. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 10 кВ

Разбивку котлованов под опоры проводят теодолитом, стальной мерной лентой или стальной рулеткой по схеме, на которой указаны разбивочные оси и размеры котлованов поверху и понизу с учетом применяемого фундамента и требуемой крутизны откосов.

Размеры дна котлованов не должны превышать размеров опорной плиты фундамента более чем на 150 мм на сторону.

Рытье котлованов с вертикальными стенками без креплений допускается в грунтах естественной влажности при отсутствии грунтовых вод.

Глубина котлованов в насыпных песчаных и гравийных грунтах не должна превышать 1 м, в глинистых —1,25 м, в особо плотных —2 м.

Указанные размеры допустимы при условии монтажа фундаментов немедленно после открытия котлованов.

Механизированную разработку грунта в котлованах выполняют без нарушения его структуры в основании фундамента. Для этого разработку котлованов экскаватором производят с недобором грунта на толщину 100—200 мм. Разработка грунта ниже проектной отметки не допускается.

Грунт, вынутый при рытье котлованов, укладывают таким образом, чтобы он не препятствовал проведению последующих операций (установке подножников, сборке опор). Вынутый грунт следует отбрасывать на расстояние не менее 0,5 м от бровки котлована во избежание излишней нагрузки на стенки котлована и возможности их обвала.

Котлованы цилиндрической формы в вязких грунтах разрабатывают буровыми машинами.

Для изготовления деревянных опор ВЛ напряжением 10 кВ применяют сосну и лиственницу. Можно применять ель и пихту. Лес, идущий на изготовление опор, целиком ошкуривают со снятием луба.

Для опор ВЛ применяют бревна, пропитанные антисептиком. Глубина проникновения антисептика в заболонную древесину должна составлять не менее 85 % толщины заболони.

Ниже приведены допуски на выверку деревянных опор.

Отклонение опоры от вертикальной оси вдоль и поперек линии (отношение отклонения верхнего конца стойки опоры к ее высоте)	1:100
Выход опоры из створа линии (мм) при длине пролета:	
до 200 м	100
более 200 м	200
Уклон траверсы (отклонение от горизонтали)	1:50
Разворот траверсы относительно оси линии электропередачи (градус), для угловой опоры — относительно линии, перпендикулярной к биссектрисе угла поворота трассы	5

При прохождении трассы ВЛ с деревянными опорами по местам, где возможны низовые пожары, опоры защищают следующим образом: вокруг каждой опоры на расстоянии 2 м от нее роют канавы глубиной 0,4 и шириной 0,6 м; вокруг каждой опоры очищают от травы и кустарника площадки радиусом 2 м; на этих участках

применяют железобетонные приставки, если их высота от уровня земли до деревянной стойки превышает 1 м.

Железобетонные опоры, поступившие на монтаж, тщательно осматривают: они могут иметь раковины и выбоины размером не более 10 мм по длине, ширине и глубине. При этом на 1 м длины опоры не должно быть более двух раковин и выбоин. Раковины и выбоины подлежат заделке цементным раствором.

Железобетонные опоры собирают на деревянных подкладках.

Основной способ заделки одностоечных железобетонных опор в грунте — установка их в цилиндрические котлованы с ненарушенной структурой грунта.

В слабых грунтах или при высоком уровне грунтовых вод одностоечные опоры устанавливают в цилиндрические котлованы либо в котлованы с естественными откосами и дополнительно крепят их железобетонными ригелями.

Как правило, при установке одностоечных железобетонных опор применяют полуавтоматическую строповку, позволяющую освобождать установленные опоры от такелажных тросов с земли без подъема людей на опору.

Пазухи цилиндрических котлованов после установки опор засыпают грунтом, песком, песчано-гравийными или щебеночными смесями, цементно-песчаным раствором (зимой — цементно-песчаной сухой смесью). Засыпку осуществляют при тщательном послойном трамбовании.

Разрешаемые допуски на выверку одностоечных железобетонных опор приведены ниже.

Отклонение опоры от вертикальной оси вдоль и поперек линии (отношение стойки опоры к ее высоте)	1:150
Выход опоры из створа линии (мм) при длине пролета:	
до 200 м	100
более 200 м	200
Уклон траверсы (отклонение от горизонтали)	1:100
Горизонтальное смещение конца траверсы от линии, перпендикулярной к оси трассы (для угловой опоры — относительно линии, перпендикулярной к биссектрисе угла поворота трассы), мм	100

Расстояния от подземной части опоры ВЛ до подземных канализационных трубопроводов должны быть не менее 2 м для ВЛ напряжением до 10 кВ.

При сближении ВЛ с магистральными газо- и нефтепродуктопроводами последние должны прокладываться вне охранной зоны

ВЛ, установленной «Правилами охраны высоковольтных электрических сетей» (10 м — для ВЛ напряжением до 10 кВ). Это расстояние отсчитывают от газо- и нефтепродуктопроводов до проекции крайних проводов ВЛ при отклоненном их положении. В стесненных условиях, когда ВЛ параллельны указанным трубопроводам, расстояние от земной части опор ВЛ до трубопроводов допускается 5 м — для ВЛ напряжением до 10 кВ.

При сближении и пересечении ВЛ с магистральными газопроводами давлением менее 1,2 МПа, а также трубопроводами различного назначения, расстояния от подземной части опоры ВЛ до трубопроводов должны быть не менее 5 м — для ВЛ напряжением до 10 кВ. Установку изоляторов, раскатку, натяжение и крепление проводов производят способами, описанными в предыдущем параграфе.

Заземлению подлежат:

железобетонные опоры ВЛ напряжением до 10 кВ в населенной и в ненаселенной местности;

железобетонные и деревянные опоры всех типов линий всех напряжений, на которых установлены устройства грозозащиты;

все виды опор, на которых установлены силовые и измерительные трансформаторы, разъединители, предохранители и другое оборудование.

Заземляющие устройства опор выполняют в виде ввернутых в грунт вертикальных стержневых заземлителей диаметром 12 мм или погруженных в грунт вертикальных заземлителей из угловой стали. Широкое применение получили заземляющие устройства из стальных полос, расположенных в виде лучей, или глубинные заземлители из полосовой или круглой стали.

Контрольные вопросы

1. В каких случаях применяют воздушные линии ВЛ?
2. Какими показателями характеризуется ВЛ?
3. Какие виды опор применяют для сооружения ВЛ?
4. Каковы особенности монтажа линий электропередачи напряжением до 1 кВ?
5. От чего зависит глубина котлованов для опор ВЛ напряжением до 10 кВ?
6. Какие допуски на выверку деревянных и железобетонных опор учитывают при монтаже ВЛ до 10 кВ?
7. Как заделывают в грунт железобетонные опоры?

ГЛАВА 9. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1 кВ

§ 41. ОБОРУДОВАНИЕ КОМПЛЕКТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ВНУТРЕННЕЙ УСТАНОВКИ

Закрытое распределительное устройство (ЗРУ) — распределительное устройство, у которого оборудование расположено в здании.

Распределительным (переключательным) пунктом (РП) называют распределительное устройство, предназначенное для приема и распределения электроэнергии на одном напряжении без преобразования и трансформации.

Камера — помещение, предназначенное для установки аппаратов и шин.

Закрытая камера — камера, которая имеет с трех сторон сплошные стены и не сетчатые двери.

Огражденная камера — камера, которая имеет проемы, защищенные полностью или частично несплошными (сетчатыми или смешанными) ограждениями.

Под смешанными ограждениями понимают ограждения из сеток и сплошных листов.

Взрывная камера — закрытая камера, предназначенная для установки маслонаполненных коммутационных аппаратов и имеющая выход наружу или во взрывной коридор.

Взрывной коридор — коридор, в который выходят двери взрывных камер.

Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения и несущие конструкции выбирают и устанавливают таким образом, чтобы:

1. Вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или иные сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т.п.) не могли причинить вреда обслуживающему персоналу, а при аварийных условиях не могли повредить окружающие предметы и вызвать короткое замыкание на землю.

2. При снятом напряжении с какой-либо цепи относящиеся к ней токоведущие части, аппараты и конструкции могли подвергаться безопасному осмотру, смене и ремонтам без нарушения нормальной работы соседних цепей.

3. Была обеспечена возможность удобного транспортирования оборудования.

Требование п. 2 не распространяется на простейшие РУ (например, типа сборок напряжением выше 1000 В).

Выбор аппаратов, токоведущих частей и изоляторов по динами-

ческой и термической устойчивости производят в соответствии с ПУЭ.

Конструкции, на которые устанавливают и закрепляют электрооборудование, должны выдерживать усилия и воздействия от веса оборудования, ветра, гололеда в нормальных условиях и от сил, могущих возникнуть при коротких замыканиях.

Строительные конструкции, находящиеся вблизи токоведущих частей и доступные для прикосновения персонала, не должны нагреваться от воздействия электрического тока до температуры 50° С и выше; недоступные для прикосновения — до температуры 70° С и выше.

Конструкции на нагрев могут не проверяться, если по находящимся вблизи токоведущим частям проходит переменный ток величиной менее 1000 А.

Обозначения комплектных распределительных устройств серий КРУ расшифровывают так: К — комплектное, Р — распределительное, У — устройство, XXVI, XXVII и т.п. — производственный номер серии. До двадцать восьмой серии их обозначают римскими цифрами (например, К-XII), начиная с тридцатой — арабскими, причем номера К-30 — К-99 присваивают сериям КРУ самарского, а К-100 и выше — московского завода.

В комплектных РУ внутренней установки широко применяют шкафы КРУ серий К-XII, К-XXVI, КР-10 / 31,5, КМ-10УЗ с малообъемными масляными выключателями ВМПЭ-10 со встроенным электромагнитным приводом, ВМПП-10 со встроенным пружинным приводом и др. (табл. 28).

Комплектные РУ серии К-XXVI применяют во всех отраслях народного хозяйства, они имеют разнообразные схемы основных и вспомогательных цепей. Шкафы этой серии изготовляют с выдвижными элементами (выключателями, трансформаторами напряжения, разрядниками, трансформаторами собственных нужд до 5 кВ · А или разъединителем и силовыми предохранителями) либо без них (с шинным глухим и кабельным вводами).

Комплектные РУ серии К-XXVII (рис. 9.1) служат для вводов и секционирования шин на номинальные токи 2000, 3200 А. В зависимости от схем основных цепей выпускают шкафы с выдвижными элементами (выключателем, разъединителем), а также шинного и кабельного ввода.

Комплектные РУ серии КР-10 / 31,5 применяют для всех отраслей народного хозяйства. Вместе со шкафами этой серии поставляют шинные мосты для соединения сборных шин при расположении шкафов одной секции в два ряда.

Комплектные РУ серии КМ-10УЗ в нормальном исполнении рассчитаны на установку колонкового малообъемного масляного выключателя ВК-10.

Таблица 28. **Технические данные КРУ внутренней установки**

Параметры КРУ и комплектующее оборудование	К-XII	К-XXVI
Номинальное напряжение (линейное), кВ	6; 10	6; 10
Наибольшее напряжение, кВ	7, 2; 12	7, 2; 12
Номинальный ток, А:		
шкафа	630; 1000	630; 1000
сборных шин	1000; 1500; 2000	2000; 3200
Ток электродинамической стойкости главных цепей, кА	52	81
Номинальный ток отключения выключателя, кА	20	31,5
Ток термической стойкости 3-секундный, кА	20	31,5
Выключатель	ВМП-10К; ВМПЭ-10; ВМПП-10	ВМПЭ-10; ВМПП-10
Привод	ПЭ-11; ПП-67 встроенные электромагнитный и пружинный	
Трансформатор тока	ТВЛМ-10: ТЛМ-10-1	ТЛМ-10-1
Трансформатор напряжения	НТМИ; НОМ	ЗНОЛ-09; НОЛ-08
Обслуживание шкафов		Одностороннее
Максимальное число и сечение силовых кабелей, $мм^2$	4 × (3 × 240)	4 × (3 × 240)
Размеры шкафа, мм:		
ширина	900	900
высота	2400	2400
глубина	1650	1650
Масса шкафа, кг	900—1000	900—1000

Для приема и распределения электроэнергии на собственные нужды тепловых электростанций используют комплектные РУ серии К-XXV. Шкафы этой серии могут быть с выдвижными элементами (выключателями, трансформаторами напряжения, разрядниками) и без них (с глухим шинным вводом, кабельным вводом, шкафы секционирования).

Для ввода или секционирования питания от резервных или рабочих трансформаторов собственных нужд мощностью 63 МВ · А применяют комплектные РУ серии К-XXIV, а также для распределительных устройств со шкафами КРУ серии К-XXV или К-X и К-XXIV. По исполнению шкафы этой серии также бывают с выдвижными элементами (выключателями) и без них (шинными вводами).

Комплектные РУ серии КРУ2-10Э предназначены для работы в

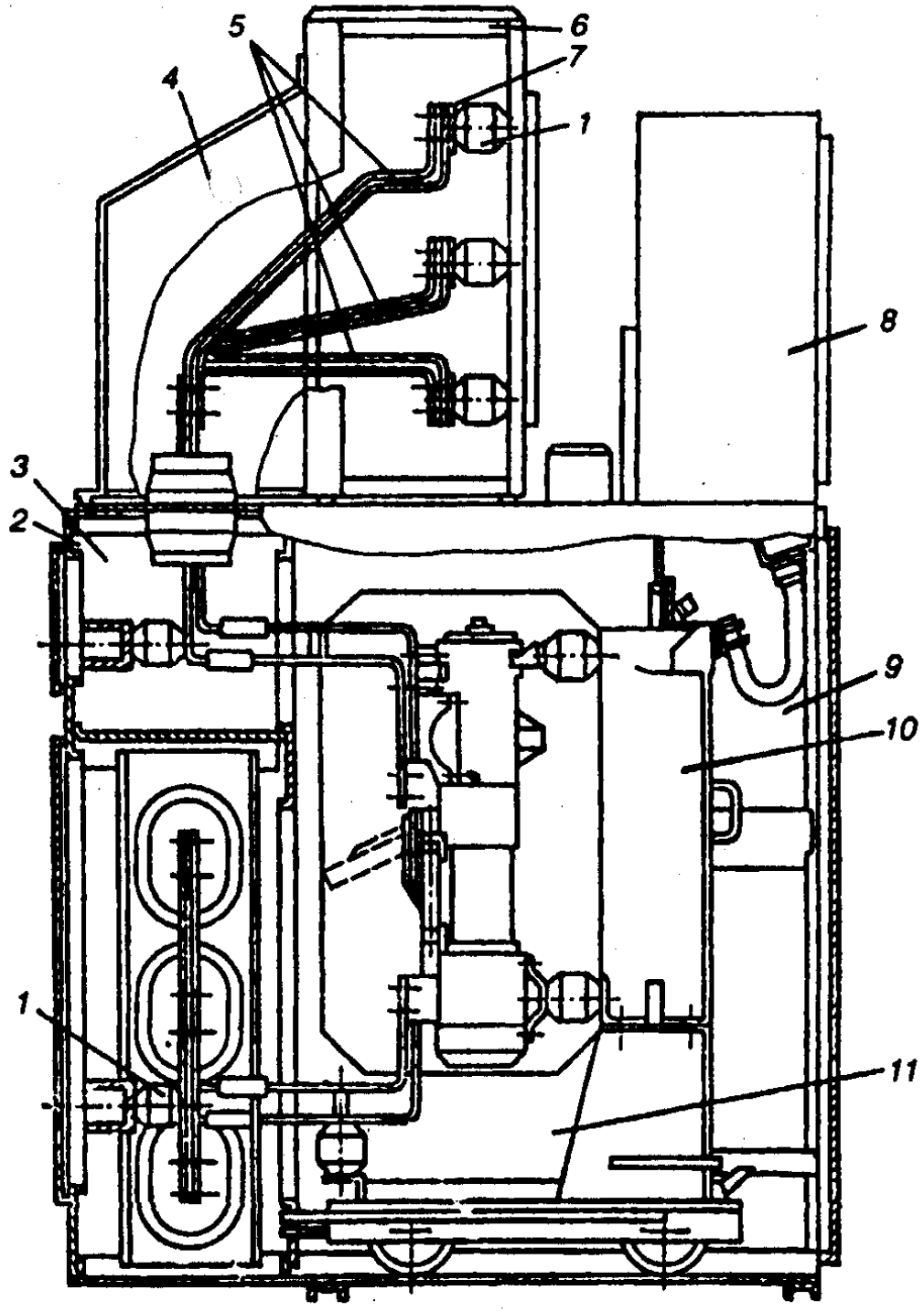


Рис. 9.1. Шкаф КРУ серии К-XXVII с выключателем ВМПЭ-10:

1 — опорный изолятор; *2* — корпус; *3* — отсек разъемных контактов; *4* — кожух; *5* — отпайка от сборных шин; *6* — отсек сборных шин; *7* — сборные шины; *8* — релейный шкаф; *9* — фасадный отсек; *10* — выдвижной элемент; *11* — отсек выдвижного элемента

электроустановках с частыми коммутационными операциями (буквы Э в обозначении серии означают: первая — электромагнитный выключатель, вторая — электромагнитный привод).

Шкафы КРУ серии КЭ-10 могут быть с выдвижными элементами (выключателем, разъединителем, трансформатором напряжения, силовым трансформатором мощностью 2 кВ · А, силовым предохранителем) и без выдвижных элементов (с силовыми трансформаторами мощностью 25 или 40 кВ · А, глухим или кабельным

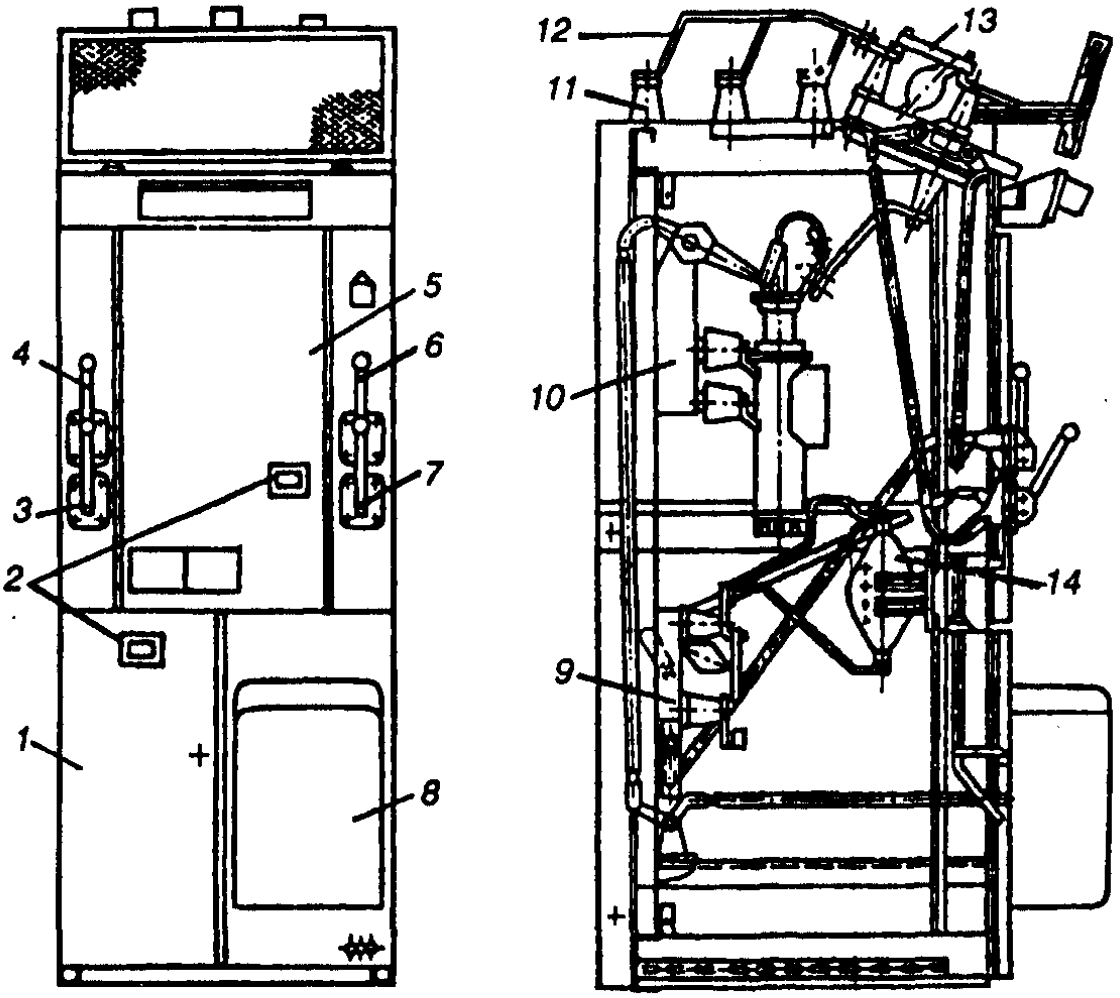


Рис. 9.2. Сборные камеры одностороннего обслуживания КСО-272:

1, 5 — нижняя и верхняя двери; *2* — смотровые окна; *3, 7* — приводы шинного и линейного разъединителей; *4, 6* — приводы заземляющих ножей шинного и линейного разъединителей; *8* — привод выключателя; *9, 13* — линейный и шинный разъединители; *10* — масляный выключатель; *11* — изолятор; *12* — отпайка от сборных шин; *14* — трансформатор тока

вводом, разрядниками РВ, РД и др.). При двухрядном расположении шкафов КРУ вместе с ними поставляется шинный мост (токопровод) для коридоров с расстояниями между шкафами 1800, 2300, 2800 и 3300 мм, а также токопровод для ввода от внутренней стены помещения до вводных шкафов КРУ.

РУ типа КСО применяют в основном на подстанциях с простыми схемами главных соединений, на которых ток КЗ не превышает 20 кА и можно использовать малообъемные масляные выключатели или выключатели нагрузки. Они дешевле шкафов КРУ выкатного исполнения и требуют меньшего расхода металла.

К камерам КСО со стационарным оборудованием относят КСО-272, КСО-366 и др.

Буквы и цифры в обозначении КСО означают следующее: К — камера, С — сборная, О — одностороннего обслуживания; первая цифра — исполнение, а следующие две — год разработки конструкции.

Распределительное устройство набирают из отдельных камер КСО со встроенными в них электрическими аппаратами, приборами

релейной защиты, измерения, автоматики, сигнализации и управления. Основным отличием камер КСО от шкафов КРУ является их открытое исполнение: сборные шины у КСО всех исполнений проложены открыто сверху камеры.

Камеры КСО-272 (рис. 9.2) не стыкуют с камерами КСО-366, их устанавливают в один или два ряда в помещении РУ. По исполнению различают КСО с масляными выключателями, выключателями нагрузки, трансформаторами напряжения, трансформаторами собственных нужд, кабельными сборками, разрядниками и конденсаторами.

§ 42. КОМПЛЕКТНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НАРУЖНОЙ УСТАНОВКИ

Комплектные распределительные устройства наружной установки (КРУН) применяют для РУ подстанций энергосистем, а также в составе КТП 35 / 6-10 кВ и др. Они состоят из отдельных шкафов, которые по конструктивным особенностям разделяют на три группы:

шкафы со встроенным оборудованием и коридором управления, у которых одна из стенок (задняя) и боковые одновременно являются стенками помещения РУ. Фасады шкафов оформлены аналогично фасадам шкафов КРУ внутренней установки;

шкафы индивидуального исполнения с выдвижными элемен-

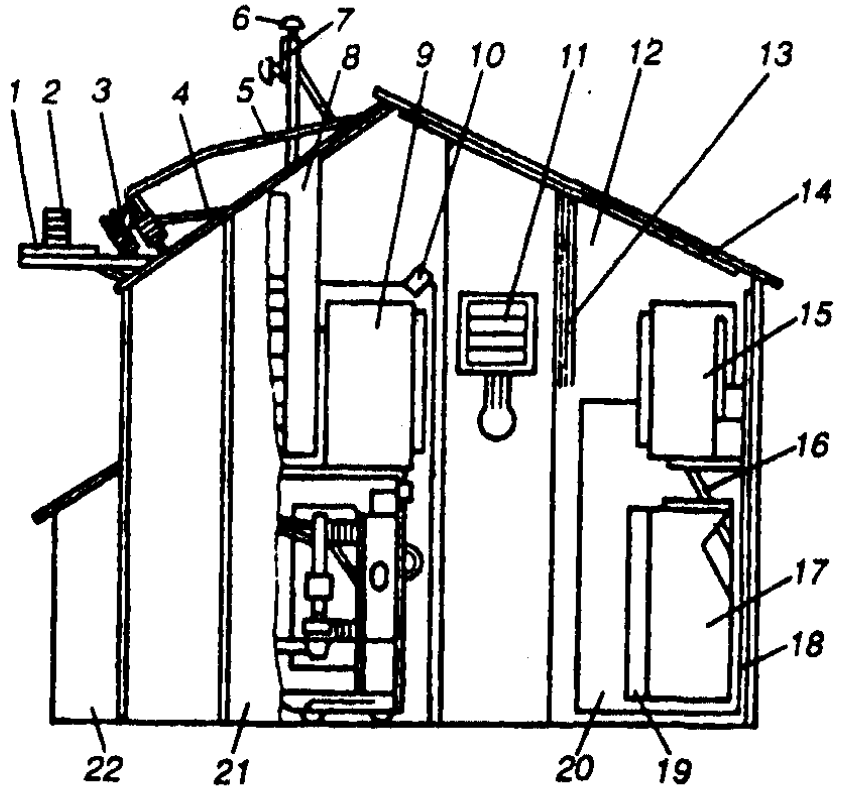


Рис. 9.3. Комплектное распределительное устройство серии К-37:

1, 4, 7, 10, 16 — кронштейны; *2, 3, 6* — изоляторы; *5* — барьер; *8* — шкаф КРУН; *9* — релейный шкаф КРУ; *11* — вытяжной вентилятор; *12* — коридор; *13* — провода освещения; *14* — крыша; *15* — релейный шкаф защиты трансформатора; *17, 19* — блоки питания; *18* — элемент передней стенки; *20* — дверь; *21* — торцовая стенка; *22* — кабельная приставка

тами (выключатели, трансформаторы напряжения, разрядники), выкатываемыми при открытых фасадных дверях из шкафа;

шкафы индивидуального исполнения со стационарно-установленными выключателями или другими аппаратами.

Комплектные устройства серии К-37 (рис. 9.3) изготовляют с выдвижными элементами (выключателем, трансформаторами напряжения, разрядниками, силовыми предохранителями) и без выдвижных элементов (табл. 29).

Для осуществления ввода и секционирования в РУ при нормальных токах выше 1600 А применяют комплектные РУ серии К-33М. Эти шкафы стыкуют непосредственно с К-37. Они устойчиво работают в различных климатических районах.

Таблица 29. **Технические данные КРУ наружной установки (КРУН)**

Параметры КРУ и комплектующее оборудование	К-37	К-VI; К-IX
Наибольшее напряжение (линейное), кВ	6; 10	6; 10
Наибольшее напряжение, кВ	12	12
Номинальный ток, А: шкафа сборных шин	630; 1000; 1600 1000; 1600; 2000; 3200	630; 1000; 1500; 630; 1000; 1500; 2000
Ток электродинамической стойкости главных цепей, кА	52	52
Номинальный ток отключения выключателя, кА	20	20
Ток термической стойкости 4-секундный, кА	20	20
Выключатель	ВМПП-10; ВМПЭ-10	ВМПП-10; ВМПЭ-10
Привод	Встроенный пружинный и электромагнитный	Встроенный электромагнитный
Трансформатор тока	ТЛМ-10-2	ТВЛМ-10; ТЛМ-10-1; ТПЛ-10
Трансформатор напряжения	ЗНОЛ-09; НОЛ-08 (НТМИ, НОМ)	НТМИ; НОМ
Максимальное число и сечение силовых кабелей, мм^2	6 (3 × 240)	3 (3 × 240)
Размеры шкафа, мм: ширина глубина высота	 900; 1350 1600; 3500 2400; 3300	 1000 1800 2450
Масса шкафа, кг	776—1286	1200

Комплектные РУ серии КРУН-6 / 10 / Л относят к категории индивидуальных шкафов КРУН (без коридора управления). Конструкция шкафов КРУН не предназначена для одиночной установки. Они стыкуются со шкафами серий К-VI, К-VII с помощью переходных шкафов шириной 660 мм, а с К-VIу и К-IX — с помощью шкафов шириной 1854 мм. Для стыковки шкафов К-37 и К-33 переходные шкафы не требуются.

§ 43. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КОМПЛЕКТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ВНУТРЕННЕЙ УСТАНОВКИ

Комплектные распределительные устройства монтируют только в помещениях, где полностью закончены строительные работы (рис. 9.4).

Для каждого ряда камер закладные основания монтируют по уровню (неровность допускается не более 1 мм на 1 м длины и 5 мм по всей длине). Несущие поверхности из отрихтованных полос угловой стали устанавливают в одной строго горизонтальной плоскости. Уголки или швеллеры присоединяют к контуру заземления полосовой сталью 40 × 4 мм не менее чем в двух местах. Кабельные каналы и проемы должны точно соответствовать чертежам, а трубы

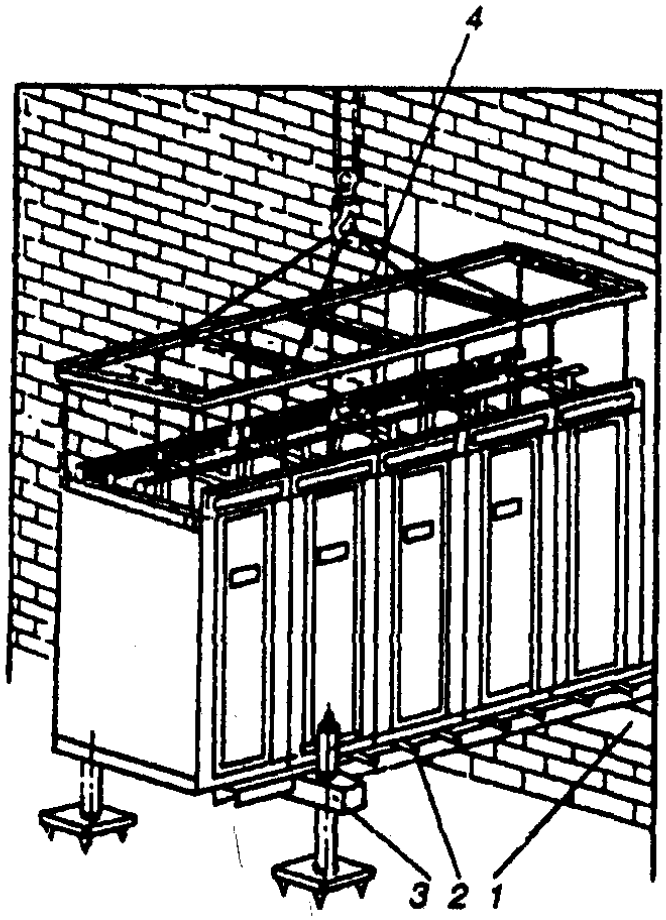


Рис. 9.4. Монтаж укрупненного блока КРУ:

1 — монтажный проем; *2* — катки; *3* — платформа; *4* — траверса

для прохода кабеля — выступать из стены или фундамента не менее чем на 30 мм.

При монтаже шкафов КРУ в помещении ширина прохода с фасадной стороны для однорядной установки должна быть равной длине выкатной тележки плюс 0,8 м, для двухрядной — длине выкатной тележки плюс 1 м. Расстояние от шкафов до боковых стен помещения при односторонней установке предусматривают не менее 0,1 м. Блоки ставят на направляющие уголки и швеллеры в последовательности, предусмотренной проектом.

Монтаж камер КСО и шкафов КРУ начинают с крайнего корпуса и к установке следующего приступают только после проверки правильности положения по вертикали и горизонтали предыдущего корпуса. По окончании установки корпуса блоки соединяют болтами, начиная с крайнего. В первую очередь затягивают нижние болты, затем верхние.

С помощью шнура проверяют прямолинейность верхней части камер и при необходимости регулируют их положение стальными подкладками. Вкатывая тележку, проверяют правильность установки шкафов КРУ, при этом подвижные и неподвижные части должны совпадать, а положение тележки — четко фиксироваться роликами.

Совпадения разъединяющих и заземляющих контактов при проверке добиваются медленным вкатыванием тележек в рабочее положение с помощью механизма. Комплектное РУ считается правильно установленным и может окончательно закрепляться, если корпус и тележка не качаются; нижняя рама корпуса располагается горизонтально; подвижные и неподвижные части разъединяющих контактов первичных и вторичных цепей совпадают; ролики механизма доводки четко фиксируют положение тележки; пазы скобы совпадают с осью роликов; зазоры между осью крепления коромысел шторок и роликами тележки примерно одинаковы; контрольные отверстия смежных корпусов совпадают; зазор между стенками смежно устанавливаемых корпусов не превышает 1 мм; двери в закрытом положении находятся в одной вертикальной плоскости. Особенно тщательно проверяют работу шторок, которые должны подниматься и опускаться без перекосов и заеданий, а также действие механической блокировки.

Выверенные шкафы КРУ и камеры КСО окончательно жестко прикрепляют электросварным швом длиной 60—70 мм к направляющим в четырех углах, это обеспечивает надежное заземление корпусов. Далее в шкафах снимают листы шинного отсека и освобождают от временного крепления ответвительные шины. Верхние части шинодержателей снимают, а на нижние части шинодержателей укладывают сборные шины с учетом цвета фаз. Ответвительные шины присоединяют к сборным болтами или сжимами, затем закрепляют на шинодержателях. Участки сборных шин в пределах

одного щита сваривают, а между различными щитами соединяют болтами или сжимами.

Приборы и аппараты, демонтированные на время перевозки, устанавливают после монтажа шин и присоединяют их к первичным и вторичным цепям согласно схемам.

Поверхности сборных шин в местах контактов промывают бензином и смазывают тонким слоем вазелина. Эти поверхности нельзя зачищать напильником или наждачной шкуркой, так как на заводе они покрыты специальным сплавом олова с цинком во избежание коррозии. После установки сборных шин всей секции затягивают болты в контактных соединениях, а затем прокладывают магистральные шинки вторичных цепей. Далее проверяют работу выключателей, разъединителей, вспомогательных контактов и блокировочных устройств в соответствии с требованиями инструкции предприятия-изготовителя.

Ножи разъединителя в камерах КСО при включении должны входить в неподвижные контакты без ударов и перекосов и не доходить до упора на 3—5 мм. Неодновременность касания ножами неподвижных контактов не должна превышать 3 мм. Привод разъединителя в крайних положениях должен автоматически надежно запираться фиксатором.

Правильность установки штепсельных разъединителей в шкафах камер КРУ проверяют, наблюдая через люки отсеков корпуса шкафа за контактами при медленном вкатывании тележки.

Нож разъединителя неподвижного контакта в рабочем положении должен входить внутрь подвижного на глубину не менее 30 мм и не доходить до упора не менее, чем на 5 мм. Направляющие шпильки подвижной системы вторичных цепей должны входить в отверстия неподвижной системы раньше начала замыкания контактов вторичных цепей.

В камерах КСО выключатели серии ВМП-10 устанавливают на опорные конструкции и во избежании перекосов при монтаже выверяют их по вертикали и по главным осям камеры.

С помощью резьбовых соединений раму выключателя крепят к опорным конструкциям. Приводы выключателей поступают на монтаж в полностью собранном и отрегулированном состоянии. 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 производят при полностью включенных приводе и выключателе. Изменяя углы поворота рычагов, добиваются нормальной величины раствора контактов. Работу механизма свободного расцепления проверяют при полностью включенном положении выключателя и двух-трех промежуточных положениях. Маслоотделитель и верхнюю крышку

каждого цилиндра снимают, и в резьбовые отверстия в торцах подвижных контактов ввертывают регулировочные стальные стержни диаметром 6 мм, длиной 400 мм с резьбой М6 на конце. Для контроля момента соприкосновения контактных стержней с неподвижными розеточными контактами монтируют вспомогательную схему с лампами сигнализации. Неодновременность касания контактов в различных полюсах не должна превышать 5 мм.

С помощью подвижной части при ручном управлении регулируют момент замыкания контактов и отмечают предельные положения подвижных контактов нанесением рисок на регулировочные стержни. При регулировке обеспечивают общую длину хода контактных стержней в цилиндрах в пределах 240—245 мм, длину хода в контактах (вхождение стержня в розетку) в пределах 52—64 мм и угол поворота вала выключателя в пределах 85—89°. Недоход контактного стержня до предельного нижнего положения должен быть не менее 4 мм.

Затем присоединяют отходящие и питающие кабели и провода вторичных цепей. После окончательной установки КРУ (КСО) все металлические конструкции, на которых они смонтированы, присоединяют к сети заземления. Заземление выполняют приваркой нижних рам корпусов камеры в двух местах к магистрали заземления либо к закладным частям, подсоединенным к магистрали заземления.

§ 44. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КОМПЛЕКТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАРУЖНОЙ УСТАНОВКИ (КРУН)

До начала монтажа все работы по устройству фундаментов для КРУН должны быть закончены, проверены паспорта испытания такелажного и грузоподъемного оборудования. При приемке фундаментов под КРУН проверяют их соответствие чертежам проекта, соблюдение требований инструкций заводов-изготовителей на конкретный тип или серию. Особое внимание обращают на правильность выполнения закладных швеллеров-оснований под шкафы КРУН и надежность их крепления к фундаментным стойкам.

При установке шкафов КРУН К-VI,К-IX и КРУН-6 / 10/ на незаглубленном фундаменте проверяют уровень площадки перед их фасадом. Он должен совпадать с плоскостью катания выдвижного элемента и быть на 5 мм выше уровня швеллерной рамы закладных частей. Перед фасадом КРУН во избежание повреждения площадки до окончания ее устройства для вкатывания выдвижных элементов рекомендуется пользоваться инвентарными рамами, поставляемыми вместе со шкафами КРУН.

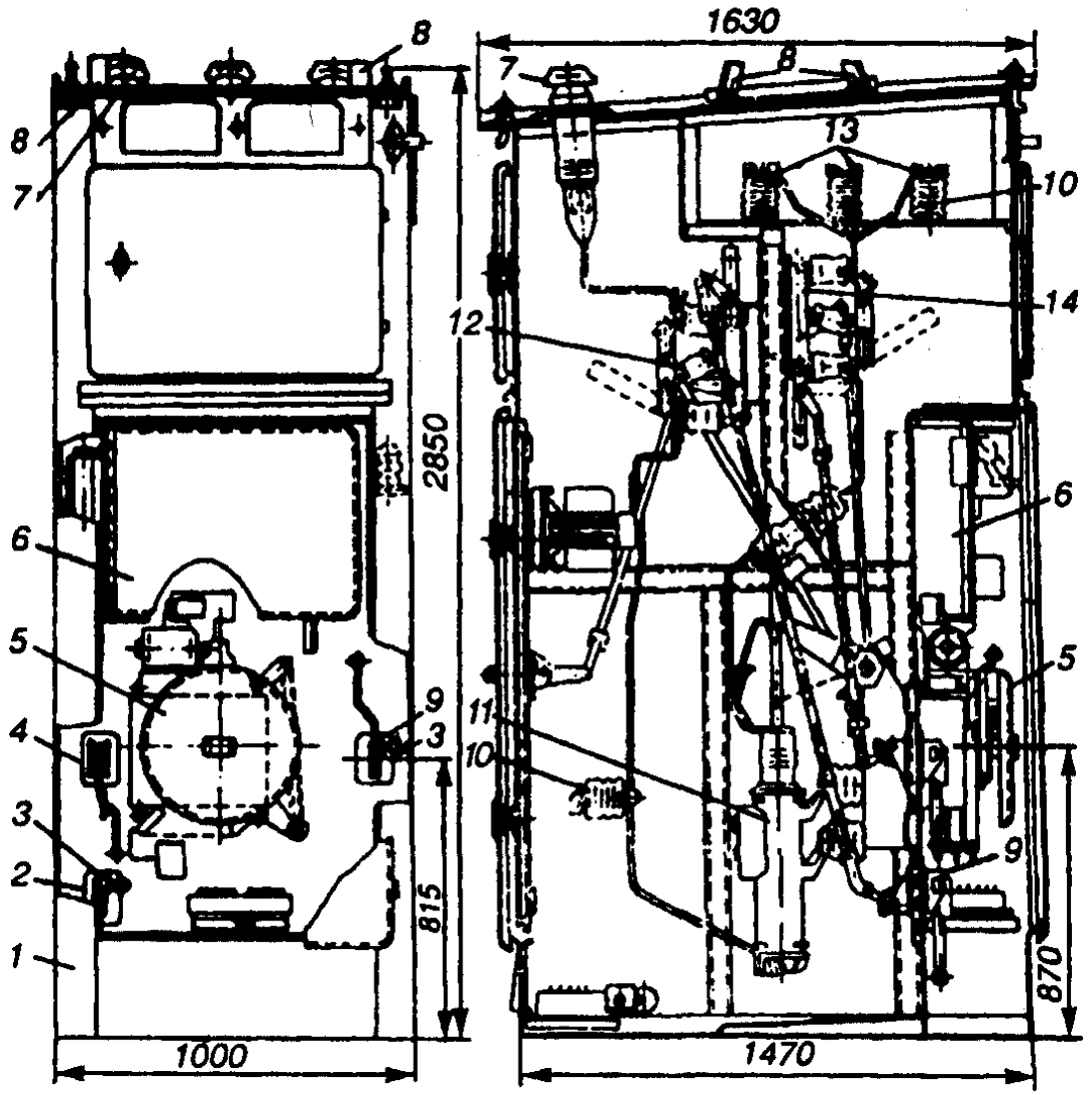


Рис. 9.5. КРУН стационарного типа серии КРН-III-10:

1 — корпус; *2* — привод заземляющего ножа разъединителя; *3* — замок блокировки; *4* — привод заземляющего ножа шинного разъединителя; *5* — пружинный привод ПП; *6* — релейный шкаф; *7* — линейный изолятор; *8* — кронштейн для воздушных линий; *9* — привод ПР-10-П шинного и линейного разъединителей; *10* — опорный изолятор; *11* — масляный выключатель; *12* — линейный разъединитель; *13* — сборные шины; *14* — шинный разъединитель

Закладные основания под КРУН выполняют из рихтованных швеллеров № 12, к которым предъявляют следующие требования: неровность их поверхностей и основания не должны превышать 1 мм на 1 м длины и 5 мм по всей длине секции; несущие поверхности следует выполнять в одной плоскости, сваривать встык, чтобы их передняя кромка составляла прямую линию; соединять с контуром заземления не менее чем в двух местах полосовой сталью сечением 40 × 4 мм. Стойки, на которые устанавливают закладную раму из швеллеров, должны выступать над землей не менее чем на 200 мм, а расстояние между ними не должно превышать 2 м. Установка КРУН на швеллерной раме показана на рис. 9.5.

Шкафы КРУН к месту монтажа транспортируют в упакованном виде. Перед установкой шкафов КРУН их снимают с поддонов тары,

выкатывают выдвижные элементы из корпуса, устанавливают корпуса в соответствии со схемой их расположения в РУ. Монтаж начинают с крайнего шкафа, а к следующему приступают только после проверки правильности установки предыдущего. Соединяя корпуса шкафов КРУН К-VIу на их боковинах для уплотнения прокладывают резиновую трубку, предварительно смазанную клеем. Если в составе РУ есть шкафы секционирования К-VIу, при их установке следят за соосностью отверстий блокировочного стержня, который размещен в нижней части боковин шкафов выключателя и выдвижного элемента с разъединяющими контактами. Это требование обеспечивает правильность установки этих шкафов. При монтаже коридора управления КРУН из шкафов К-37 торцовую стенку собирают из состыкованных через уплотнительную обойму четырех элементов. При установке стенки ее болтами присоединяют к уголку основания и шкафам. К торцовой стенке пристыковывают болтами дверную секцию, которую также присоединяют к уголкам основания. Элементы передней стенки, используемые для упаковки шкафов КРУН, стыкуют болтами через уплотнительные обоймы и, так же, как элемент передней стенки, соединяют болтами с уголком основания и торцовой стенкой. Элемент крыши коридора управления, применяемый для упаковки шкафов КРУН, монтируют и стыкуют с ранее установленными элементами КРУН — торцовой, передней и задней стенками РУ. Аналогично собирают другую пару элементов передней стенки и крыши, также используемых для упаковки шкафов. Шкафы КРУН, как и КРУ внутренней установки, устанавливают в соответствии со схемой конкретного заказа.

Затем монтируют последующие элементы передней стенки и крыши РУ, приваривают сплошным швом к закладным швеллерам фундамента уголки основания коридора управления. Со стороны неустановленной торцовой стенки КРУН закладывают сборные шины, закрепляемые на шинодержателях, к которым присоединяют отпайки. Далее устанавливают компенсаторы сборных шин, перегородки отсеков, трансформатор собственных нужд, присоединяют к нему ошиновку, закрепляют задние стенки шкафов КРУН, собирают и закрепляют их торцовую стенку.

Корпуса шкафов КРУН не должны иметь качаний и перекосов (для их устранения используют стальные прокладки толщиной до 5 мм); нижняя рама корпуса должна располагаться горизонтально (по уровню); корпус не должен иметь наклона по фасаду и глубине (отсутствие наклона проверяют отвесом); стенки смежных шкафов должны плотно прилегать друг к другу. Зазор между стенками двух расположенных рядом шкафов не должен превышать 1 мм.

При вкатывании в шкаф выдвижной элемент не должен иметь

перекосов при любом его положении в корпусе, т.е. при перемещениях его колеса должны опираться на направляющие.

Стоящие рядом корпуса стыкуют с помощью нижних болтов. При обнаружении зазоров более 1 мм плотнее сдвигают корпуса, при этом во избежание деформации боковых стенок усилия прикладывают к нижней раме.

На крыше шкафов для монтажа воздушных отходящих линий или вводов закрепляют кронштейны, которые поставляют в разобранном виде вместе со шкафами КРУН. После этого монтируют ошиновку ввода, отходящей линии или связи шкафа ввода со шкафом трансформатора собственных нужд, конструкции для разделения шкафов ввода от ВЛ. При необходимости (если это предусмотрено проектной документацией) над крышей КРУН устанавливают дополнительную крышу из асбестоцементных плит. В первую очередь в коридоре управления монтируют навесные шкафы вторичных цепей, блоки питания, вытяжные вентиляторы (на торцовых стенках) и автомат их пуска, а также выключатели освещения, затем выполняют монтаж освещения и вентиляции.

Силовые кабели монтируют через заднюю дверь (в шкафах К-VIу) или дверцу, имеющуюся в задней стенке шкафа (К-37). Поскольку в шкафах КРУН дно металлическое, для прохода кабелей в нем вырезают необходимое количество отверстий. Для защиты КРУН от попадания внутрь влаги, снега, пыли отверстия в дне уплотняют. Монтаж вторичных цепей между шкафами КРУН выполняют в соответствии с проектом. Затем соединяют оперативные шинки и шинки питания, присоединяют жилы контрольных кабелей внешних соединений.

Кроме выполнения перечисленных работ в шкафах КРУН с коридором управления тщательно проверяют отсутствие щелей, которые могли образоваться из-за деформации элементов при транспортировке, монтаже или других причин. Обнаруженные щели заделывают уплотнителями. Далее убирают помещение (коридор управления) и выполняют подливку основания бетоном по всему периметру.

§ 45. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ВТОРИЧНЫХ ЦЕПЕЙ

Вторичные цепи из изолированных проводов при прокладке по панелям объединяют в потоки, которые располагают горизонтально или вертикально (рис. 9.6). Допустимые отклонения от горизонтали и вертикали составляют 6 мм на 1 м длины. При формировании потоков проводов избегают перекрещивания. Ответвления от потока выполняют преимущественно под прямым углом.

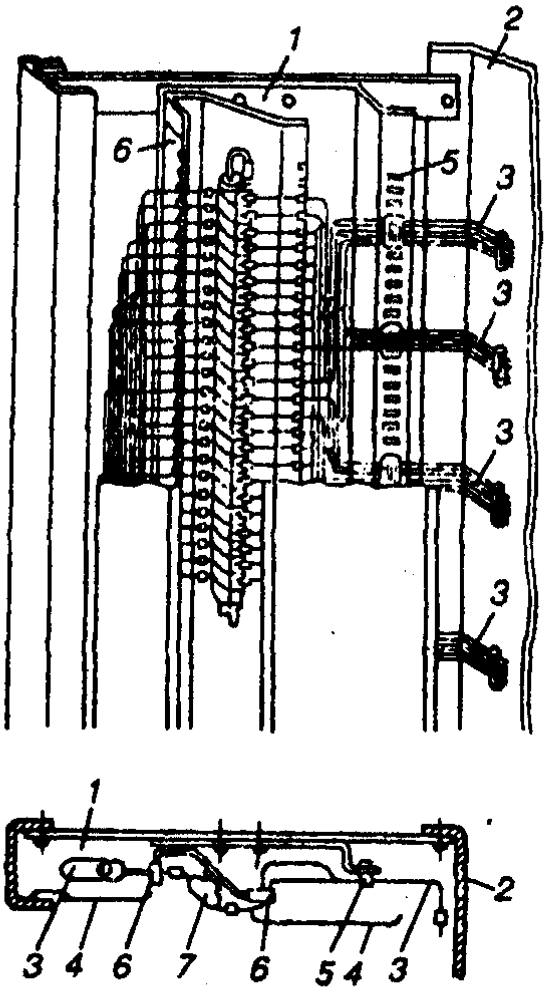


Рис. 9.6. Вторичные цепи в пластмассовом кожухе:

1 — отсек для проводов; *2* — панель РУ; *3* — поток проводов; *4* — пластмассовая крышка; *5* — перфорированная планка; *6* — гребенка для проводов; *7* — рейка зажимов

Потоки располагают прямыми и ровными плотными рядами: в каждом ряду не более 10—15 проводов. Длинные провода располагают в нижнем ряду, короткие — в верхнем.

Переходы потоков проводов с панели на панель выполняют гибкими плоскими или жгутовыми компенсаторами. Пучки проводов, работающих на скручивание, защищают металлорукавом или поливинилхлоридной трубкой. Места выхода проводов обматывают лентой.

Во вторичных цепях в качестве проводников используют медные провода площадью сечения не менее 1,5 мм^2. Допускают применение медных жил площадью сечения 1 мм^2 для неответственных вторичных цепей в электроустановках напряжением до 1000 В.

Применение алюминиевых проводов во вторичных цепях допускают при соблюдении следующих требований:

провода изгибают однократно и только руками с радиусом изгиба не менее трех диаметров провода;

от присоединения к аппарату до ближайшей точки крепления выдерживают расстояние 200 мм при площади сечения жилы до 2,5 мм^2;

изоляцию удаляют клещами КСИ, КУ;

при затяжке резьб контактных зажимов соблюдают осторожность во избежание среза жилы.

При использовании в цепях автоматики и телемеханики кабелей связи их концы разделывают, как показано на рис. 9.7.

Бандажирование пучков жил кабелей проводят натертыми парафином нитками диаметром около 0,5 мм. Шаг вязки бандажом примерно равен двум диаметрам его пучка. Вместо ниток применяют пластмассовые или металлические плакированные (покрытые пластмассой) пояски, устанавливаемые через 300—500 мм.

Жилы проводов и кабелей прокладывают с достаточным запасом по длине, чтобы в случае обрыва концы жил можно было вновь присоединить к зажиму или контакту аппарата.

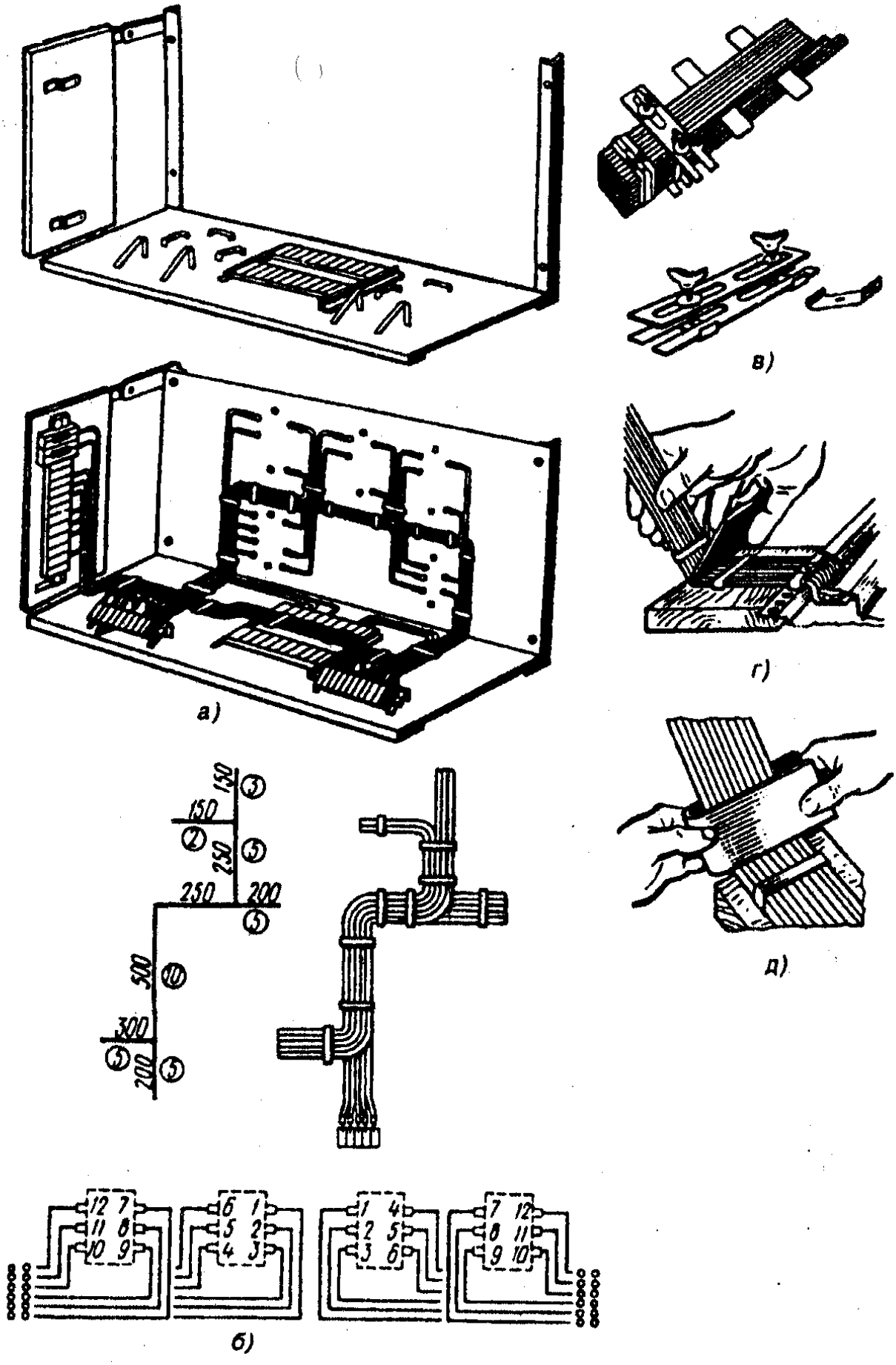


Рис. 9.7. Технологические приемы монтажа цепей вторичной коммутации:

а — в шаблоне для ячеек КРУ; *б* — по эскизу с технологическими указаниями прокладки проводов; *в* — в пакетах с помощью сжимов и прокладок; *г* — специальной деревянной пластиной; *д* — специальной алюминиевой скобой и сжимом

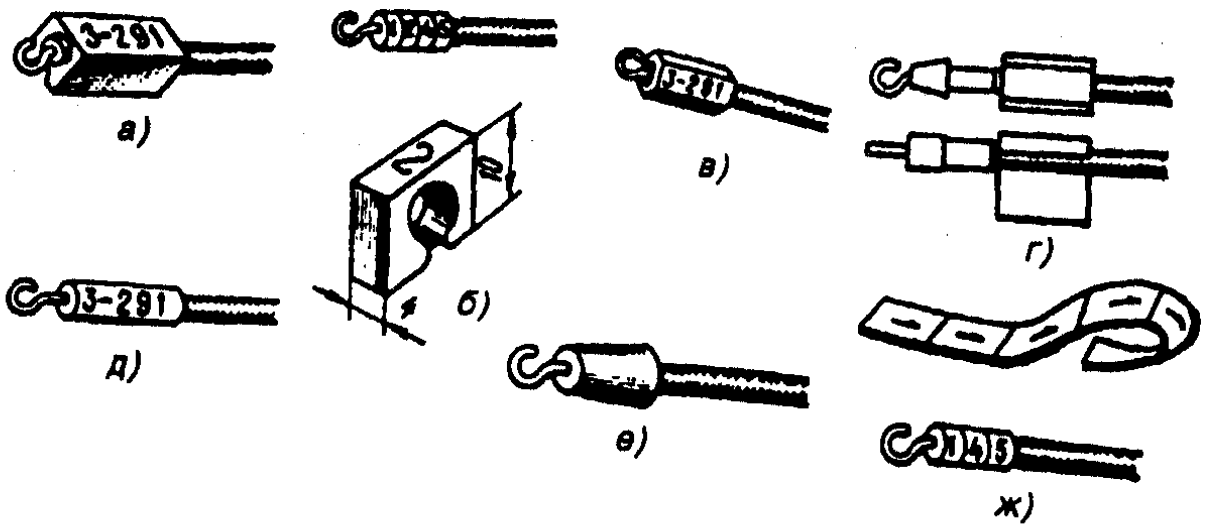


Рис. 9.8. Маркировочные бирки-оконцеватели:

а — оконцеватель У541; *б* — оконцеватель с пружинистым пазом ОН-2,5; *в* — маркировочный оконцеватель А-627; *г* — оконцеватель с биркой; *д* — оконцеватель из полимерной трубки; *е* — оконцеватель ОП-2,5, У540; *ж* — маркировочная липкая лента с цифровыми и буквенными знаками

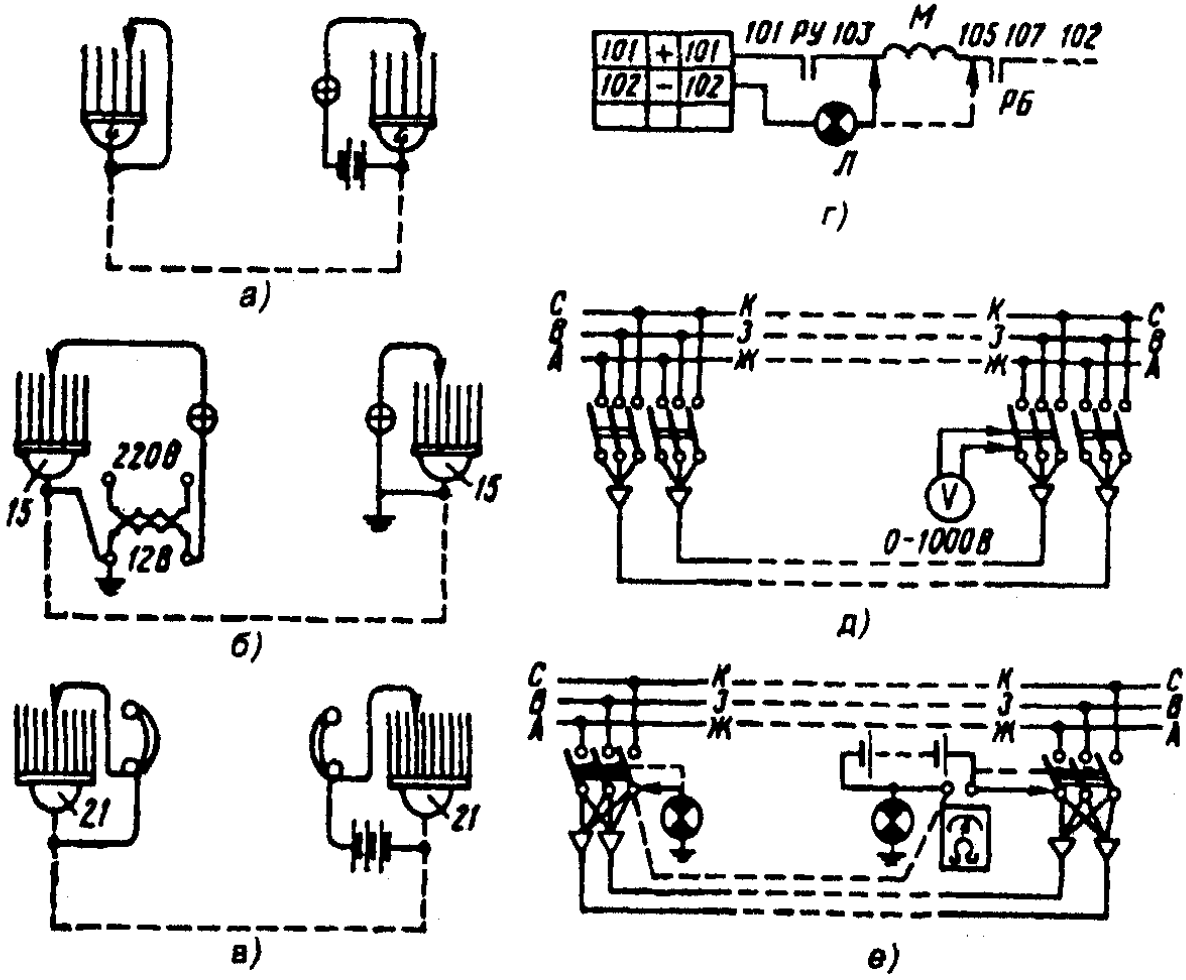


Рис. 9.9. Схема прозвонки, определения места обрыва и фазировки цепей:

а, б — контрольных кабелей с помощью лампочки; *в* — кабелей с помощью телефонных трубок; *г* — определение мест обрыва электрической цепи; *д, е* — фазировка кабеля при напряжении и без напряжения; *РБ* — реле блокировки; *РУ* — указательное реле; *М* — катушка

Проводники маркируют на обоих концах — у наборных зажимов и у зажимов аппаратов с применением специальных оконцевателей (рис. 9.8), манжет, трубок (см. рис. 1.18, 1.20, 1.21).

Однопроволочные провода оконцовывают кольцом или прямым участком провода, многопроволочные — наконечником. Для предотвращения выдавливания провода из-под зажима применяют шайбы-звездочки (см. рис. 1.17, *б*). К зажиму с каждой стороны можно присоединять не более двух жил.

Участки цепей, разделенные контактами аппаратов, обмотками реле и другими элементами, должны иметь разную маркировку. Участки цепи, проходящие через разъемные, разборные или неразборные контактные соединения, должны иметь одинаковую маркировку. Для различия участков цепи допускается добавлять к маркировке последовательные числа или обозначения устройств (агрегатов), отделяя их знаком дефис.

Для нахождения среди многих проводников, проложенных потоком, одного из них по доступным концам, удаленным друг от друга и не присоединенным к каким-либо другим цепям, используют способ «прозвонки». Происхождение термина «прозвонка» объясняется тем, что первоначально в качестве сигнала о нахождении цепи применяли электрические звонки — зуммеры.

При прозвонке создают цепи, содержащие кроме искомого проводника источник тока и прибор-индикатор, сигнализирующий о замыкании цепи (рис. 9.9).

Контрольные вопросы

1. Какие типы распределительных устройств применяют в схемах электроснабжения напряжением выше 1 кВ?

2. Чем отличаются распределительные устройства внутренней установки от распределительных устройств наружной установки?

3. В чем состоит приемка помещений под монтаж распределительных устройств внутренней установки?

4. Как принимают фундаменты для монтажа оборудования распределительных устройств наружной установки?

5. Как монтируют ячейки камер КСО?

6. Как монтируют шкафы КРУ внутренней установки?

7. Как монтируют шкафы распределительных устройств наружной установки?

8. Какова технология последовательности операций по монтажу вторичных цепей?

ГЛАВА 10. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КОМПЛЕКТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

§ 46. КОМПЛЕКТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ ВНУТРЕННЕЙ УСТАНОВКИ

Комплектные трансформаторные подстанции (КТП) внутренней установки состоят из трехфазных понижающих трансформаторов высшего (6 или 10 кВ) и низшего (0,4 или 0,69 кВ) напряжения и шкафов РУ (рис. 10.1). Шкафы РУ НН изготовляют вводными, секционными и линейными. Они состоят из шинной и коммутационной частей, разделенных металлическими перегородками.

В шкафах РУ напряжением до 1 кВ размещены коммутационная и защитная аппаратура: выдвижные универсальные и установочные автоматические выключатели, релейная аппаратура АВР, измерительные приборы, а также измерительные трансформаторы тока.

Схемы управления защиты и сигнализации оборудования КТП выполняют на оперативном переменном токе. Подстанции имеют один или два силовых трансформатора мощностью 250, 400, 630, 1000, 1600 и 2500 кВ · А, которые поставляют заполненными трансформаторным маслом с азотной подушкой или с маслорасширителем, совтолом, а также сухими со стекловолокнистой изоляцией. Комплектные ТП с трансформаторами, заполненными трансформаторным маслом, можно применять только при устройстве под ними маслосборных приямков и расстоянии между двумя КТП не менее 10 м.

Комплектные ТП с трансформаторами, заполненными маслом,

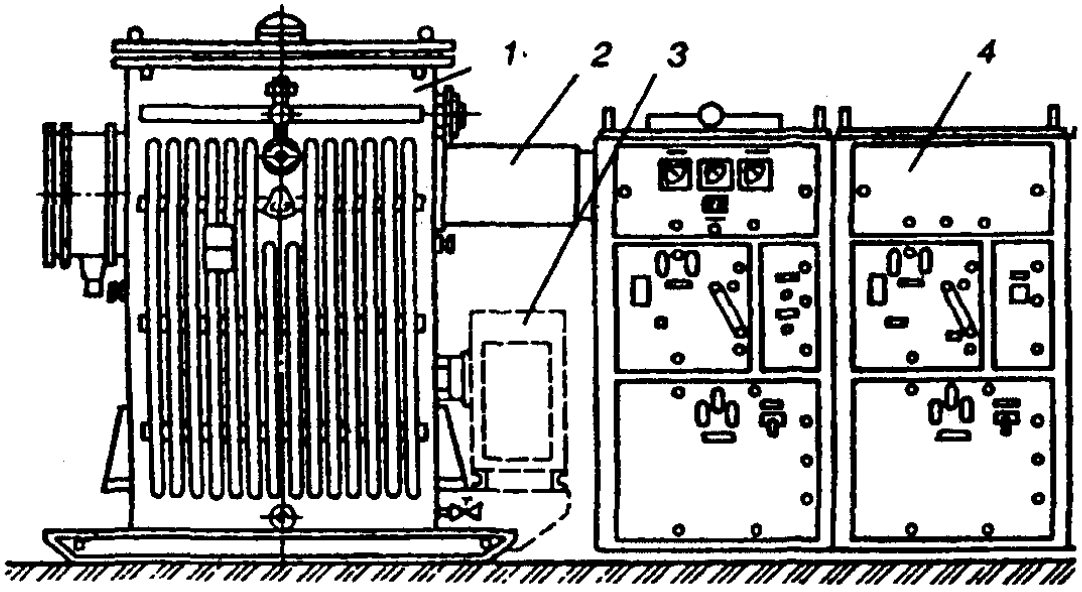


Рис. 10.1. Комплектная трансформаторная подстанция внутренней установки:

1 — трансформатор; *2* — соединительный короб; *3* — шкаф предупредительной сигнализации; *4* — шкаф РУ 0,4 кВ

и сухие укомплектовывают шкафами предупредительной сигнализации. Разные типы шкафов позволяют комплектовать РУ в зависимости от заказа по различным схемам. При схеме магистрального питания КТП снабжают шкафами ввода ВН, в которых монтируют разъединитель, предохранители и кабельные муфты. При радиальной схеме питания (когда не требуется устанавливать шкаф ввода ВН) на баке трансформатора размещают вводное устройство (короб), в котором монтируют кабельную муфту высокого напряжения с глухим присоединением.

§ 47. КОМПЛЕКТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ НАРУЖНОЙ УСТАНОВКИ

Комплектные трансформаторные подстанции наружной установки (КТПН) мощностью 25—400 кВ · А напряжением 6-10-35 / 0,4 кВ используют для электроснабжения объектов различного назначения. Они состоят из шкафа ввода высшего напряжения (ВН), трансформатора и шкафа низшего напряжения (НН), укомплектованного на отходящих линиях автоматическими выключателями.

Подстанции с воздушным вводом (рис. 10.2) имеют надстройку с разрядниками и шинным спуском для ввода. К воздушным сетям 380 / 220 В их подключают через специально предусмотренный мачтовый вывод. Внутри КТПН разделены на отсеки высокого

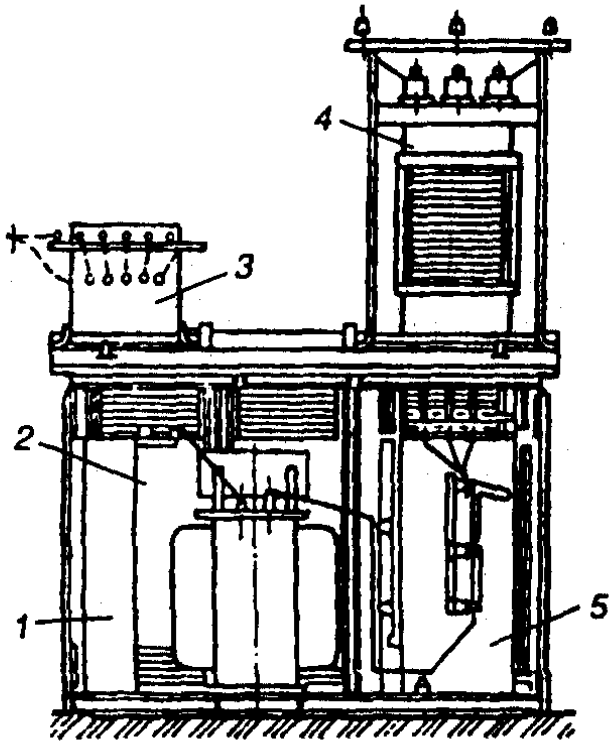


Рис. 10.2. Комплектная трансформаторная подстанция для наружной установки:

1 — щит распределительный 0,23—0,4 кВ; *2* — трансформаторная камера; *3* — мачтовый ввод для подключения ВЛ; *4* — надстройка для разрядников; *5* — отсек с оборудованием высокого напряжения

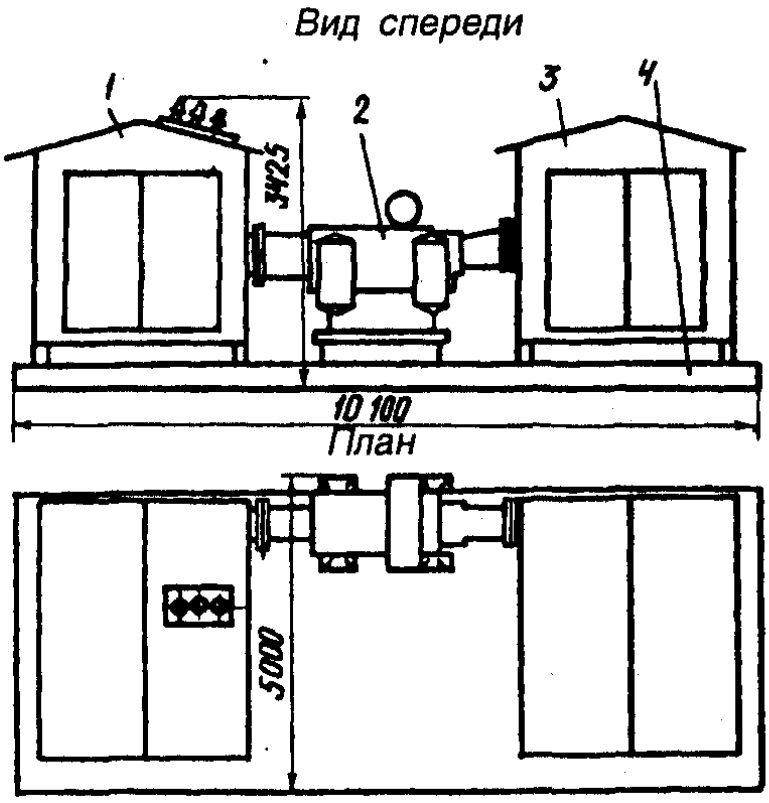


Рис. 10.3. Подстанция КТППН для электроснабжения погружных насосов:
1 — РУ-6 кВ; *2* — трансформатор; *3* — РУ 0,4 кВ и станция управления ПЭД; *4* — рама

напряжения с разъединителями и предохранителями, трансформаторную камеру и распределительный щит низкого напряжения. При применении кабельного ввода в КТПН верхняя надстройка отсутствует. КТПН напряжением 6-10 / 0,4 кВ часто собирают из объемных элементов. Строительная часть таких подстанций состоит из отдельных объемных блоков, изготовляемых на заводе железобетонных изделий (все необходимые для монтажа отверстия выполняют также на заводе). Для крепления электрооборудования в панели закладывают специальные металлические детали. Отдельные панели соединяют между собой металлическими связями с помощью сварки или на болтах в объемные блоки.

Подстанции типа КТППН (рис. 10.3) нашли широкое применение в схемах электроснабжения нефтепромыслов.

§ 48. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КОМПЛЕКТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Приступая к монтажу КТП *внутренней установки* проверяют оси подстанции, выверяют отметки основания под опорные швеллеры РУ и салазки трансформаторов, а также необходимые размеры строительной части.

Блоки РУ поднимают инвентарными стропами, которые крепят за скобы, установленные в отверстиях на концах опорных швелле-

ров. Если краны отсутствуют, то блоки РУ устанавливают на фундаменты с помощью катков, выполненных из отрезков металлических труб.

Если блоки РУ не имеют опорных швеллеров, для их перемещения увеличивают количество катков (не менее четырех на блок).

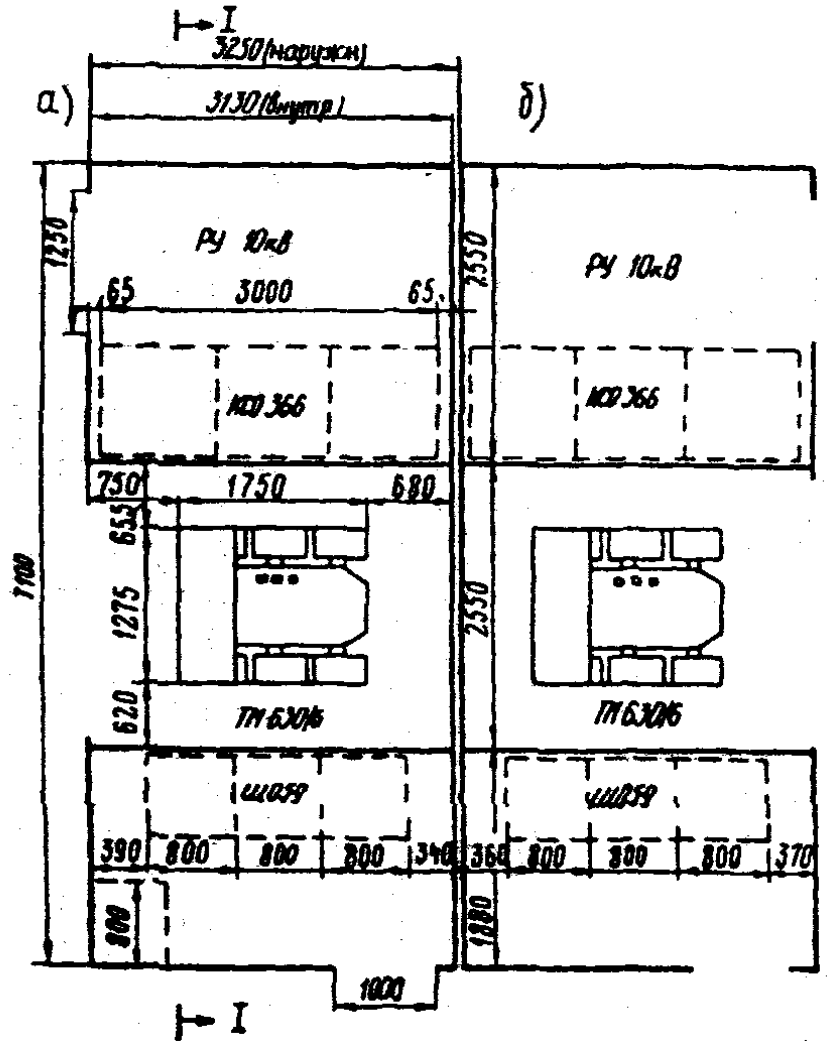
Не допускается крепить тяговый трос от лебедки к поперечным связям основания шкафов. Его закрепляют на шкафах в обхват, стремясь не повредить их окраску. Для этого между металлической поверхностью шкафа и тросом прокладывают доски, брусья, толь или рубероид. Многоблочное РУ монтируют поэтапно. Блоки устанавливают поочередно, предварительно сняв специальные заглушки, закрывающие выступающие концы шин, и подъемные скобы с опорных швеллеров. Установочные швеллеры отдельных шкафов соединяют сваркой с помощью перемычек из полосовой стали сечением 40×4 мм^2. Борозды в фундаментах после установки блоков РУ и приварки шины заземления к опорным швеллерам заливают цементом и устанавливают по проекту трансформатор.

Распределительное устройство соединяют с трансформатором гибкой перемычкой, закрываемой коробом из листовой стали, который поставляется в комплекте с КТП. При выполнении присоединения к выводам трансформатора необходимо помнить, что чрезмерные изгибающие усилия на вводы при затяжке болтов могут вызвать течь масла. Короб к трансформатору и вводному шкафу РУ крепят болтами. Соединения шин выполняют с помощью шинных сжимов или болтов.

По окончании монтажа блоков КТП проверяют исправность проводки и приборов, надежность крепления болтовых соединений, особенно контактных и заземляющих, работу механических блокировок, состояние изоляторов (не должно быть трещин, сколов, нарушения армировки). После этого подсоединяют кабели высокого и низкого напряжений. На отходящих кабельных линиях напряжением 0,4 кВ выполняют эпоксидные (с помощью комплекта резиновых перчаток) или сухие (лентой ПХВ) разделки. Для заземления КТП швеллеры приваривают к контуру заземления в двух местах (каждый шов — 70 мм).

Комплектные ТПН монтируют с помощью крана на автомобильном шасси. На месте монтажа выполняют основание в виде гравийной подушки, при этом объем гравия должен быть не менее объема масла в трансформаторе.

Трансформаторные подстанции из объемных элементов готовят на заводах (рис. 10.4). Монтаж объемных трансформаторных подстанций выполняют в такой последовательности: электрооборудование



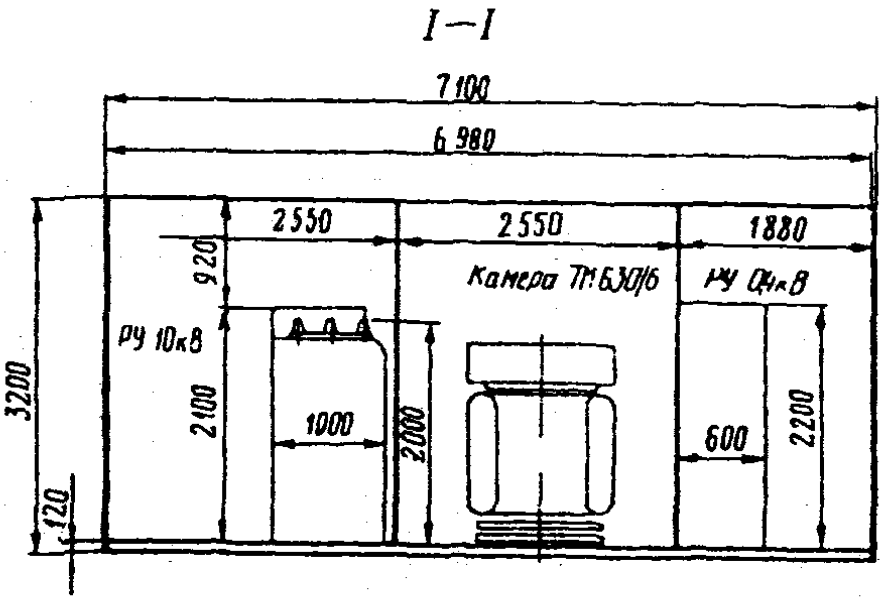


Рис. 10.4. Объемная трансформаторная подстанция:

а — левый блок; *б* — правый блок

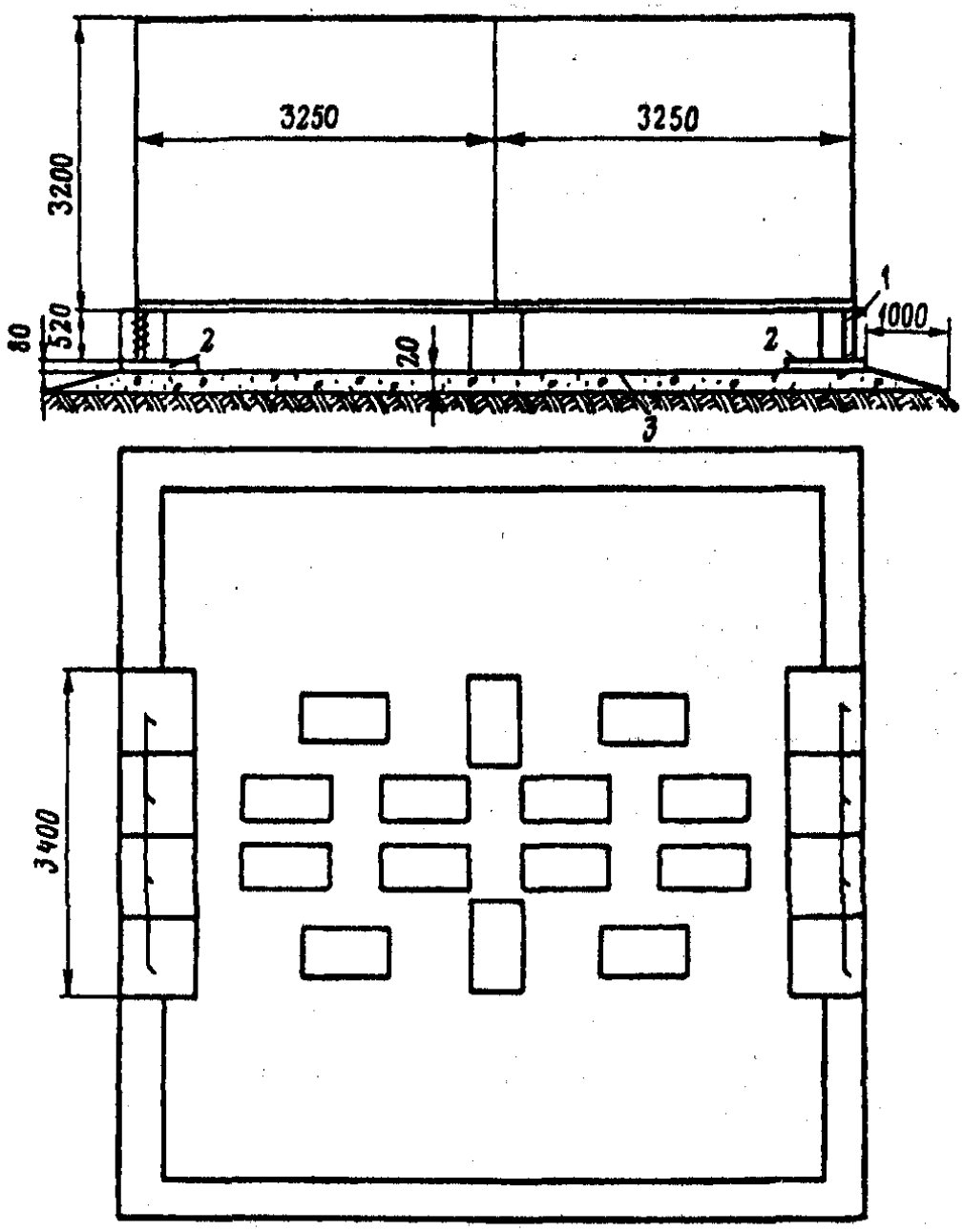


Рис. 10.5. План фундаментов объемной трансформаторной подстанции:

1 — решетка; 2 — плита; 3 — щебеночная подготовка

концентрируют в блок-коробки или отдельные блоки. Эти объемные элементы вместе с электрооборудованием транспортируют на стройплощадку. Здесь собирают блоки, формируя трансформаторную подстанцию. До начала сборки подстанции на строительной площадке завершают сооружение подъездных путей к месту ее установки. Разбивку и привязку подстанции выполняют на местности. Растительный грунт снимают и вынимают для фундамента в соответствии с принятым конструктивным вариантом подстанции (из бетонных блоков марки СБ или кирпича). Фундаменты закладывают на твердый материковый грунт и засыпают их снаружи землей до уровня красных вертикальных отметок. Затем устанавливают вентиляционные жалюзи с сетчатыми решетками, а также закладывают

асбестоцементные трубы диаметром 100 мм и длиной, выходящей за пределы отмостки на 0,5 м (рис. 10.5).

После проверки и приемки фундаментов приступают к установке блоков подстанции. Особое внимание обращают на тщательную нивелировку опорной плоскости фундаментов под блоки.

Блоки устанавливают подъемным краном грузоподъемностью 20 т в такой последовательности: на фундаменты ставят блоки БТП-1 и БТП-2, затем их основания соединяют с фундаментами цементным раствором. Технология сборки строительной части подстанции включает выполнение следующих электромонтажных работ: установку проходных изоляторов; соединение шинами секционных разъединителей с проходными изоляторами в РУ 6-10 кВ; установку соединительных шин между контакторными станциями разных блоков, установку и подключение силовых трансформаторов; прокладку кабельной перемычки между щитами № 1 и 2 блоков БТП-1 и БТП-2; ввод в здание подстанции кабельных концов (высокого и низкого напряжения) и выполнение заземляющего устройства.

Внедрение блочных трансформаторных подстанций позволяет сократить сроки их строительства примерно в пять раз и продолжительность электромонтажных работ в монтажной зоне вдвое.

В связи с сокращением объема строительных работ, применением экономичных материалов и прогрессивной технологии заготовки и сборки подстанции себестоимость работ уменьшается на 18 %.

Использование объемных трансформаторных подстанций дает возможность передать значительный объем работ на заводы-изготовители.

Контрольные вопросы

1. Из каких элементов состоят комплектные трансформаторные подстанции внутренней установки?
2. Из каких элементов состоят комплектные трансформаторные подстанции наружной установки?
3. Какова технологическая последовательность операций монтажа комплектных трансформаторных подстанций внутренней установки?
4. Как монтируют трансформаторные подстанции из объемных элементов?
5. Как монтируют КТПН?

ГЛАВА 11. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ОБОРУДОВАНИЯ ОТКРЫТЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ПОДСТАНЦИЙ НА НАПРЯЖЕНИЕ ДО 110 кВ

§ 49. ОБОРУДОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ПОДСТАНЦИЙ

В ОРУ (ТП) предусматривают проезд вдоль выключателей для передвижных монтажно-ремонтных механизмов и приспособлений, а также передвижных лабораторий; габарит проезда должен быть не менее 4 м по ширине и высоте (рис. 11.1).

Гибкие шины монтируют из многопроволочных проводов. Соединения гибких шин выполняют в петлях у опор сваркой, а ответвления в пролете — способом, не требующим разрезания шин.

Шины ОРУ подвешивают на одинарных гирляндах изоляторов. Сдвоенные гирлянды применяют лишь в случаях, когда одинарная гирлянда не удовлетворяет условиям механической прочности. Применение разделительных (врезных) гирлянд не допускается. Закрепления гибких шин и тросов в натяжных и подвесных зажимах в отношении прочности должны соответствовать требованиям, приведенным в ПУЭ. При определении нагрузок на гибкие шины учитывают вес гирлянд изоляторов и спусков к аппаратам и трансформаторам, а при расчете нагрузок на конструкции дополнительно вес человека с инструментом и монтажными приспособлениями.

Коэффициент запаса механической прочности для подвесных изоляторов при нагрузках должен быть не менее 3 по отношению к испытательной нагрузке. Расчетные механические усилия, передающиеся при коротком замыкании жесткими шинами на опорные изоляторы, принимают в соответствии с требованиями ПУЭ.

Коэффициент запаса механической прочности в сцепной арматуре для гибких шин при нагрузках должен быть не менее 3 по отношению к разрушающей нагрузке.

Для крепления и изоляции проводов и грозозащитных тросов в открытых распределительных устройствах (ОРУ) применяют подвесные изоляторы, которые состоят из изолирующего тела (стеклянного ПС или фарфорового ПФ), шапки из ковкого чугуна, стального стержня. С помощью цементной связки шапка и стержень армированы в изолирующем теле. Изоляторы ПС и ПФ предназначены для работы в районах с незагрязненной атмосферой, а ПСГ и ПФГ — в районах с загрязненной атмосферой.

Силовые масляные выключатели предназначены для включения, отключения и переключения рабочих токов при нормальном и токов КЗ при аварийных режимах, которые могут возникнуть в

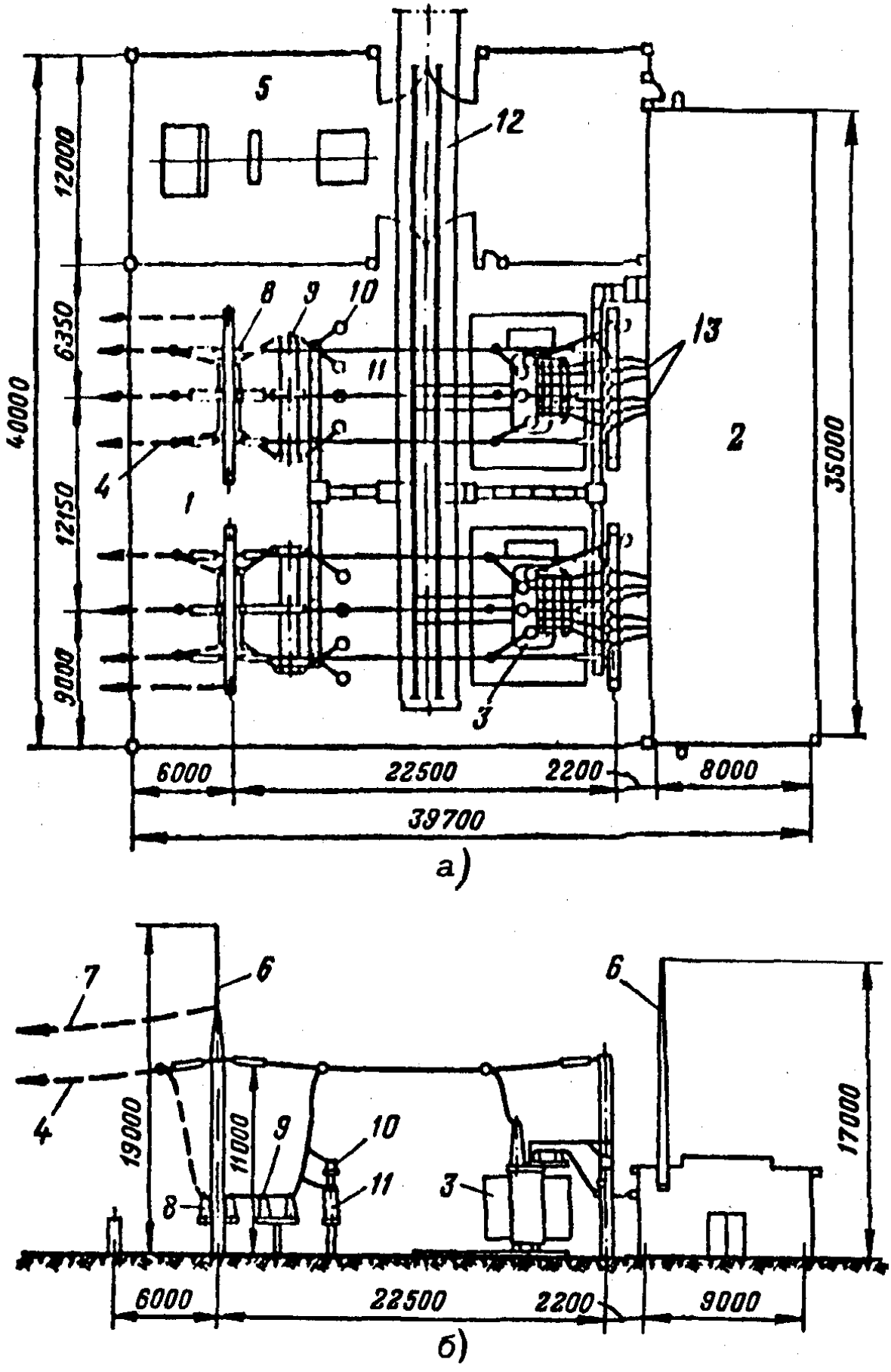


Рис. 11.1. План и разрезы типовой ГПП $^{110}/_{6}$—10 кВ с двумя трансформаторами мощностью 40 МВ · А:

а — план; *б* — разрез; *1* — ОРУ 110 кВ; *2* — ЗРУ 6—10 кВ; *3* — трансформатор; *4* — ВЛ 110 кВ; *5* — ремонтная площадка; *6* — молниеотвод; *7* — защитный трос; *8* — разъединитель; *9* — отделитель; *10* — короткозамыкатель; *11* — разрядник; *12* — железнодорожный путь; *13* — выводы от расщепленных обмоток трансформатора

линиях ОРУ. В зависимости от дугогасительной среды выключатели разделяют на жидкостные и газовые. Наиболее распространенными жидкостными выключателями являются масляные, которые в зависимости от объема классифицируют на много- и малообъемные. Для наружных РУ подстанций напряжением 35 кВ широко применяют многообъемные масляные выключатели серий С, МКП, У и др.

Выключатели МКП относят к масляным быстродействующим трехфазным аппаратам с отдельным баком на каждую фазу. Все полюсы выключателей связаны между собой и управляются приводом. Выключатели имеют два разрыва на полюс и применяются на токи 0,63 и 1 кА для напряжений 35—110 кВ и наружной установки. В выключателях на 35 кВ три бака (фазы) смонтированы на общем каркасе, а на 110 кВ каждый бак устанавливается отдельно на фундаменте. Все выключатели имеют встроенные трансформаторы тока.

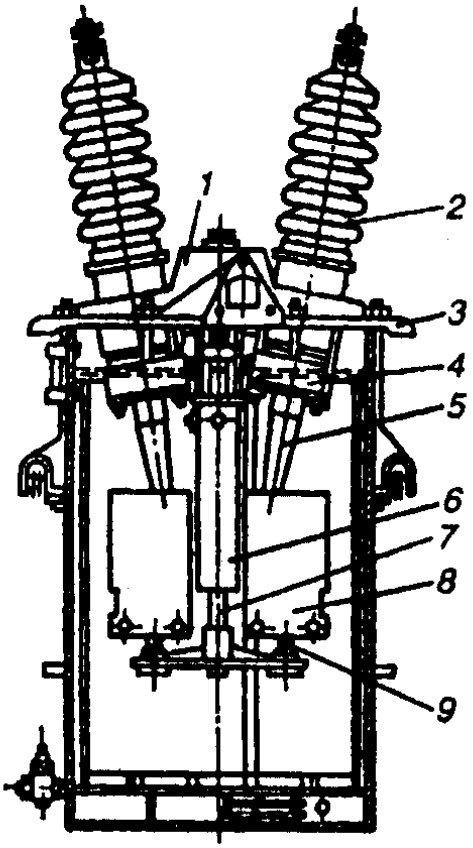


Рис. 11.2. Выключатель МКП-35 в разрезе по полюсу:

1 — приводной механизм; *2, 5* — вводы; *3* — крышка; *4* — трансформатор тока; *6* — труба; *7* — штанга; *8* — дугогасительное устройство; *9* — подвижные контакты

Конструкция выключателя МКП-35 на напряжение 35 кВ показана на рис. 11.2. На крышке *3* смонтированы два ввода *5*, наружная часть которых защищена фарфоровыми изоляторами *2*. Под крышкой установлены трансформаторы тока *4* и приводной механизм *1*, собранный в сварном корпусе. В нижней части корпуса укреплена бакелитовая направляющая труба *6* с внутренним масляным буфером. Через буфер и направляющую трубу проходит изолирующая штанга *7*, внизу которой укреплены подвижные контакты *9*. На нижнем конце токопроводящего стержня укреплены неподвижный контакт и дугогасительное устройство *8*, выполненное по принципу поперечно-щелевой камеры масляного дутья.

Воздушные выключатели ВВУ-35А являются также коммутационными аппаратами, устанавливаемыми на ОРУ высокого напряжения для разрыва электрических цепей под нагрузкой и отключения токов КЗ.

Дугогасительная камера такого выключателя имеет два главных разрыва. Каждый разрыв шунтирован своим активным сопротивлением с вспомогательными контактами. Равномерное распределение напряжения между двумя разрывами обеспечивается шунтирующими конденсаторами, помещенными в фарфоровую покрышку. Вво-

ды в дугогасительную камеру выполнены из эпоксидного компаунда и защищены от увлажнения фарфоровыми покрышками. Дугогасительные камеры выключателей на напряжение 35 кВ устанавливают на опорной колонне из полых фарфоровых изоляторов.

Внутри опорной изоляции камеры проходят два воздухопровода из стеклопластика: один — для подачи сжатого воздуха в дугогасительные камеры, другой — для импульсной подачи воздуха при отключении и его сброса при включении.

Основанием полюса или его элемента служит рама с цоколем, который соединен медными трубами с распределительным шкафом выключателя. Шкаф подсоединен к воздухопроводу компрессорной установки подстанции.

Для ручного включения и отключения обесточенных участков электрических цепей, находящихся под напряжением, а также заземления отключенных участков, если они снабжены стационарными заземляющими устройствами, применяют разъединители.

Разъединители серии РНД (3) горизонтально-поворотного типа изготовляют в виде отдельных полюсов. Стальная рама, на концах которой закреплены два подшипниковых узла, служит основанием каждого полюса.

В подшипниках вращаются валы с опорными изоляционными колоннами, на верхних фланцах которых закреплены ножи контактной системы и контактные выводы. Последние соединены с главными ножами гибкими проводниками из ленточной меди. Разъемный контакт главных ножей контактной системы состоит из ламелей, связанных между собой попарно стяжной шпилькой или болтом с пружиной, обеспечивающей необходимое контактное давление.

Полюс разъединителя, к которому присоединяется привод, называется ведущим, остальные полюсы, присоединяемые тягами к ведущему,— ведомыми. При оперировании разъединителем контактные ножи поворачиваются на угол 90°.

Заземляющий нож представляет собой стальную трубку, один конец которой снабжен ламельным контактом, другой приварен к его валу. Неподвижный контакт заземляющего ножа укреплен на контактном ноже разъединителя. Заземляющие ножи включаются и отключаются ручным, а главные контактные ножи — ручным, электродвигательным или пневматическим приводом.

Для автоматического отключения обесточенного поврежденного участка линии или трансформатора используют отделители. Однополюсные отделители на напряжение 35 кВ соединяют в один трехполюсный аппарат. Привод отделителя обеспечивает автоматическое отключение и ручное включение аппарата.

Короткозамыкатели КРН-35 предназначены для создания ис-

кусственного КЗ, вызывающего отключение защитной питающей линии выключателя.

Короткозамыкатель состоит из основания, изоляционной колонки, на которой закреплен неподвижный контакт, и заземляющего ножа, соединяется с приводом тягой. Основание короткозамыкателя представляет собой сварную конструкцию, предназначенную для установки изоляционной колонки с неподвижным контактом. Для совместной работы короткозамыкателя с отделителем в цепь заземления встраивают трансформатор тока ТШЛ-0,5, вторичные обмотки которого соединяются с реле привода отделителя. Основание короткозамыкателя изолируют от земли изоляторами. Тяга привода имеет изолирующую вставку. После включения короткозамыкателя ток проходит по цепи: подводящая шина — неподвижный контакт — нож заземления — гибкая связь — шина, расположенная на изолирующей планке основания,— шина заземления, пропущенная через окно трансформатора тока,— земля.

Трансформаторы тока ТФЗМ-35 изготовляют одноступенчатыми. Они состоят из первичной и вторичной обмоток, помещенных в фарфоровую покрышку, заполненную трансформаторным маслом. Обмотки выполняют в виде двух звеньев, вставленных одно в другое. Первичную обмотку изготовляют из двух или четырех секций, которые соединяют последовательно, параллельно и смешанно в зависимости от коэффициента трансформации. Переключение секций осуществляется перемычками на выводах первичной обмотки.

Трансформаторы напряжения представляют собой обычные понижающие трансформаторы малой мощности. Их изготовляют одно- и трехфазными. Вторичное (низшее) напряжение, на которое включают измерительные приборы и приборы защиты, всех трансформаторов напряжения равно 100 В. Такие трансформаторы служат для питания катушек напряжения измерительных приборов.

Силовые трансформаторы предназначены для повышения или понижения напряжения переменного тока (рис. 11.3).

В настоящее время применяют различные силовые трансформаторы, которые характеризуются номинальной мощностью, классом напряжения, условиями и режимами работы, конструктивным исполнением. В зависимости от номинальной мощности и класса напряжения их подразделяют на несколько групп (габаритов).

По условиям работы, характеру нагрузки или режиму работы различают силовые трансформаторы общего назначения, регулировочные и специальные (шахтные, тяговые, преобразовательные, пусковые, электропечные).

Условное обозначение различных трансформаторов состоит из букв, характеризующих количество фаз и обмоток, вид охлаждения и переключения ответвлений, и цифр, характеризующих номинальную мощность и класс напряжения, год выпуска трансформатора

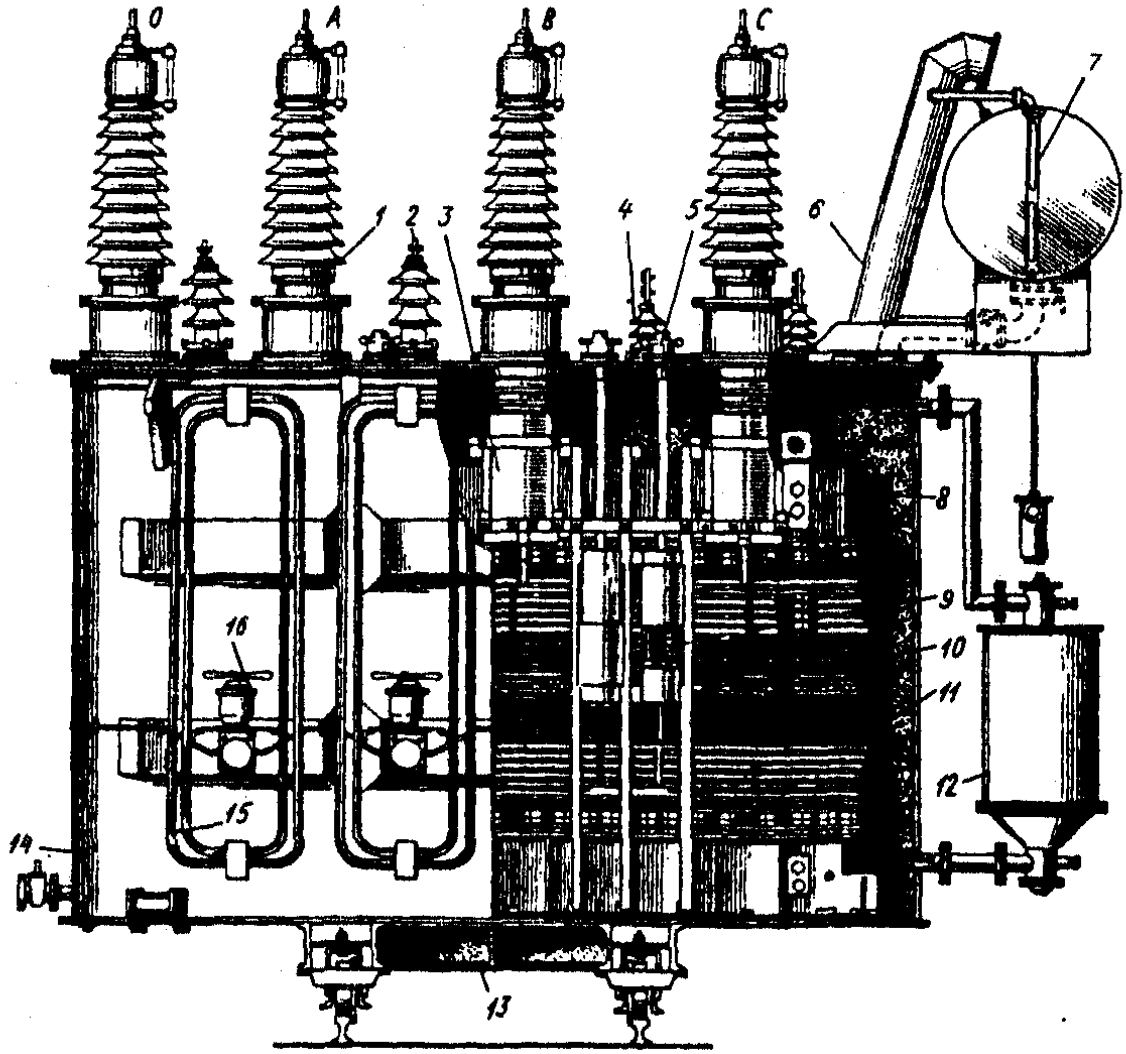


Рис. 11.3. Трехфазный трехобмоточный трансформатор мощностью 16 МВ · А 110/38, 5/11 кВ:

1 — вводы высокого напряжения (в.н.); *2* — вводы среднего напряжения (с.н.); *3* — изоляционный цилиндр; *4* — вводы низкого напряжения (н.н.); *5* — привод переключателя; *6* — выхлопная труба; *7* — расширитель; *8* — магнитопровод; *9* — переключатель ответвлений обмотки (в.н.); *10* — обмотка (в.н.); *11* — экранирующие витки обмотки (в.н.); *12* — термосифонный фильтр; *13* — тележка; *14* — бак трансформатора; *15* — трубчатый радиатор; *16* — электрические вентиляторы

данной конструкции (две последние цифры), климатическое исполнение и категорию размещения.

Буквой Т обозначают трехобмоточные трансформаторы (двухобмоточные обозначения не имеют), буквой Н — трансформаторы с устройством РПН. Применяют и другие буквы: А (для автотрансформаторов перед обозначением числа фаз), Р (для трансформаторов с расщепленной обмоткой НН после обозначения числа фаз), З (для герметичных масляных трансформаторов или с негорючим жидким диэлектриком с защитной азотной подушкой после обозначения вида охлаждения), С (для трансформаторов собственных нужд в конце буквенного обозначения).

Номинальную мощность и класс напряжения указывают через тире после буквенного обозначения в виде дроби (числитель —

номинальная мощность в киловольт-амперах, знаменатель — класс напряжения трансформатора в киловольтах).

Исполнения трансформаторов, предназначенных для работы в определенных климатических районах, обозначают буквами У, ХЛ, Т (с умеренным, холодным, тропическим климатом).

В настоящее время электротехническая промышленность изготовляет масляные трансформаторы I и II габаритов (мощность до 630 кВ · А, класс напряжения до 35 кВ) типов ТМГ и ТМВГ новой серии. Отличительной особенностью этих трансформаторов является разъемная герметизированная конструкция бака, позволяющая исключать контакт внутреннего объема трансформатора с окружающей средой.

Эти трансформаторы полностью, до крышки, заполнены трансформаторным маслом, и температурные колебания его объема компенсируются за счет изменения объема бака с гофрированными стенками. Трансформаторы заполняют дегазированным маслом под глубоким вакуумом.

В зависимости от типа трансформатора бак изготовляют овальной или прямоугольной формы. Он состоит из верхней уголковой рамы, гофрированной стенки из тонкой листовой стали нижней обечайки с приваренным дном. Из конструкции бака исключены маслорасширитель, термосифонный и воздушный фильтры и радиаторы охлаждения. Герметичное исполнение и применение гофрированных стенок бака позволяют существенно снижать массу и габариты. Срок службы трансформаторов составляет 25 лет при сокращенном объеме текущего ремонта и без проведения капитальных ремонтов. Однако трансформаторы типов ТМГ и ТМВГ требуют более высокого уровня монтажа и эксплуатации. Гофрированные стенки бака выполнены из тонколистовой стали и чувствительны к механическим воздействиям. Поэтому монтажный и эксплуатационный персонал должен соблюдать повышенную осторожность при транспортировке, монтаже и текущих ремонтах герметизированных трансформаторов. При транспортировке трансформаторов раскрепление их с применением пластин не допускается.

В настоящее время внедряют новую серию трансформаторов 35 кВ мощностью 1000—6300 кВ · А. Масса трансформаторов новой серии и потери холостого хода снижены в среднем на 20 %.

§ 50. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ОБОРУДОВАНИЯ ОТКРЫТЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ПОДСТАНЦИЙ

Монтаж ошиновки ОРУ выполняют в определенной технологической последовательности. В соответствии с ППР после приемки под монтаж строительной части ОРУ на площадку завозят необходимые материалы, механизмы и приспособления. До начала мон-

тажа изоляторы и сцепную арматуру развозят по площадке ОРУ, распаковывают изоляторы, осматривают их, обращая внимание на наличие сколов и трещин, прочность цементной связки, соосность стержней и шапок. Если обнаруживают скол, трещину и другие дефекты, изоляторы отбраковывают. Годные изоляторы протирают, а фарфоровые кроме того испытывают мегаомметром. Сопротивление изоляции каждого подвесного изолятора должно быть не менее 300 МОм. Затем подбирают арматуру для гирлянды, комплектуют и собирают изоляторы в гирлянды. Сборку удобно выполнять на лотках, обращая внимание на то, чтобы во всех изоляторах были исправные замки, которые устанавливают в гнезда шапок и ушки.

Далее с помощью барабана, установленного на домкраты или кабельную тележку, раскатывают провода для сборных шин, шинных мостов и спусков. На одном конце провода опрессовывают натяжной зажим и сцепляют его с гирляндой изоляторов. Гирлянду поднимают на траверсу портала. Противоположный конец провода с помощью монтажного натяжного зажима и скобы присоединяют к такелажному тросу и натягивают до предусмотренной проектом стрелы провеса. После визирования на проводе делают отметку и опускают его для монтажа второго натяжного зажима. Далее гирлянду с присоединенным зажимом поднимают и крепят ко второму порталу. Длину проводов сборных шин и шинных мостов можно определять геодезическим методом.

Для определения длин проводов в пролете А — Б устанавливают теодолит, с помощью которого поочередно из точек *7, 1* и *7, 8* находят проекции точек крепления натяжных гирлянд к порталам (рис. 11.4, *а, б*). С помощью рулетки измеряют расстояние L_1 между проекциями (точками *5*) и фактическую длину гирлянды l (рис. 11.4, *в*). По специальным таблицам для типовых ОРУ 35 кВ в зависимости от длины пролетов, марки, сечения и количества проводов в фазе, а также окружающей температуры выбирают соответствующие приращения длины провода ΔL на стрелу провеса, затем определяют монтажную длину провода: $L = L_1 + \Delta L - 2l$.

Если точки крепления натяжных гирлянд к порталам находятся на разных уровнях (переход с низкого портала на высокий), определяют поправку: $\Delta L_1 = h^2 / 2L_1$, где h^2 — разность точек подвеса гирлянд (по чертежам проекта). При этом длину провода определяют с учетом стрелы провеса $L = L_1 + \Delta L + \Delta L_1 - 2l$.

Длину провода для шлейфа определяют рулеткой, выкладывая шлейф на земле, а стрелу его провеса в точке крепления шлейфа $f_ш$ — по таблицам. Если фактические длины пролетов и марки проводов отличаются от приведенных в таблицах, стрелы провеса определяют расчетным путем.

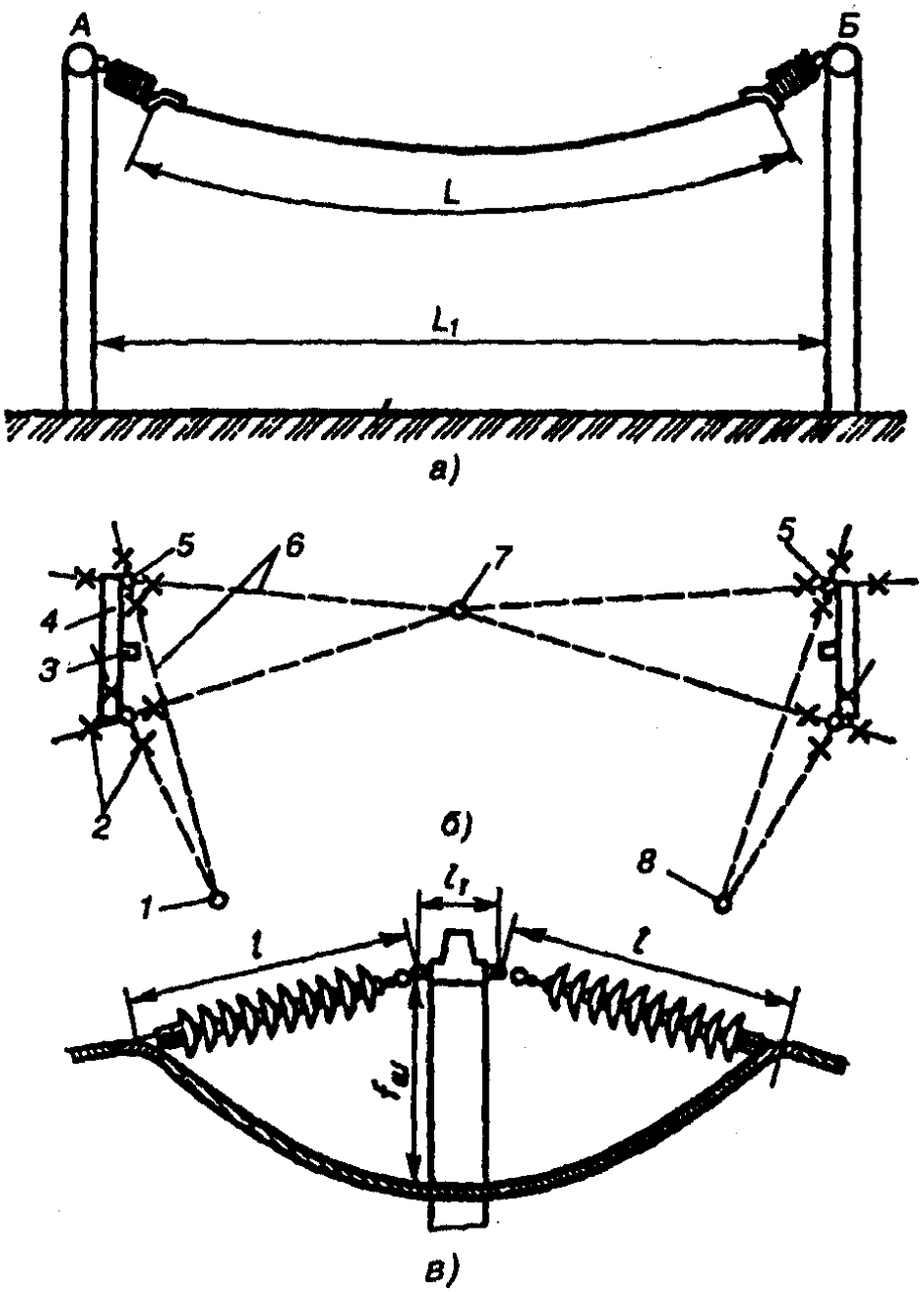


Рис. 11.4. Пролет ошиновки (*а*) и схема определения длин проводов в пролете (*б*) и шлейфе (*в*):

1, 7, 8 — точки установки теодолита; *2, 6* — линии визирования; *3* — скоба для гирлянды; *4* — траверса портала; *5* — точка пересечений линий визирования

Монтаж масляного выключателя МКП, устанавливаемого на фундамент в ОРУ, выполняют в определенной технологической последовательности. Принимая масляный выключатель для монтажа, проверяют целостность упаковки, распаковывают его и осматривают выключатель снаружи. Далее проверяют комплектность, состояние изоляции, отсутствие течи масла, исправность заглушек, прокладок, предохранительных устройств газовых труб и т.п. Затем осматривают приводной механизм, для чего с помощью домкратов снимают временное запирающее устройство и медленно отключают выключатель. После этого контролируют состояние болтовых и шарнирных соединений отключающих и буферных пружин и тяг

привода, открывают шкаф привода, отключают выключатель и с помощью лебедки опускают баки.

При внутреннем осмотре выключателя прочищают дугогасительные камеры. В дугогасительном устройстве снимают экран и отвертывают корпус, стопорный винт (в медном наконечнике неподвижного контакта) и медный наконечник. Это позволяет осмотреть положение направляющего болта. Головка болта должна быть расположена против отверстий в латунном стакане, к которому привернуты гибкие связи. Концы болтов, которыми крепятся гибкие связи, не должны выступать внутрь кольцевой выточки стакана, в котором расположена пружина. Далее краном устанавливают выключатель на фундамент и закрепляют его болтами.

Регулируя контактную систему, добиваются совпадения осей подвижных и неподвижных контактов. Их плотность соприкосновения проверяют щупом толщиной 0,05 мм, а поверхности соприкосновения — нанесением тонкого слоя краски.

Поверхность соприкосновения должна составлять не менее 70 % общей площади. Регулировку хода контактов выключателя осуществляют ввинчиванием контактных стержней траверсы. Полный ход подвижных контактов должен быть 270—280 мм, ход в контактах 15—17 мм, а давление в камере — не менее значений, указанных заводом-изготовителем. Завершив проверку контактов, собирают камеры. При этом обращают внимание на правильность прохождения контактных стержней траверсы в отверстиях дугогасительных пластин. Если обнаружено заедание стержней, регулируют наклон ввода. При снятом кожухе проверяют одновременность замыкания и размыкания контактов выключателя с двойным разрывом электрической цепи на фазу.

После подключения неподвижных контактов и контактной траверсы выключателя медленно перемещают ее в положение «Включено». При загорании лампы на неподвижной части выключателя делают первую отметку, при загорании другой лампы этой же фазы — вторую. Расстояние между отмеченными положениями контактной траверсы указывает на равномерность включения контактов. Допускаемая равномерность (в миллиметрах) приводится в заводских инструкциях по монтажу. Так же проверяют равномерность замыкания и размыкания контактов трех фаз между собой.

Перед заливкой аппарата трансформаторным маслом протирают бензином все его изоляционные детали, промывают маслом дно бака и маслоспускной кран, проверяют исправность маслоуказателя. Во избежание увлажнения не рекомендуется заливать масло в сырую погоду; в холодное время года его температура при заливке должна быть на 5—10° выше температуры окружающей среды.

Баковый выключатель заливают маслом с помощью центрифуги, присоединяя нагнетательную линию к специальному отверстию в

верхней части бака. Через 24 ч после заливки берут пробу масла для его испытания на электрическую прочность (если она не удовлетворяет нормам, масло сушат в выключателе).

Сушку производят с помощью фильтр-пресса, при этом всасывающую линию присоединяют к спускному крану бака, а по нагнетательной линии подают масло к верхней части бака. Для удаления испаряющейся влаги открывают выхлопные отверстия на крышке выключателя и создают зазор между баком и крышкой. Сушку выполняют при температуре масла в баке 55—65° С, поднимая ее постепенно в течение 2—3 ч. Если электрическая прочность масла сохраняется в течение 3—4 ч несколько выше нормы, сушку прекращают.

Постепенно (на 5—10° С за 1 ч) охлаждают выключатель до температуры окружающей среды с обязательной циркуляцией масла через маслоочистительный аппарат.

Технология монтажа разъединителей на напряжение 35 кВ предусматривает последовательное выполнение ряда операций.

Разъединители РНД (3) на напряжения 35 кВ завод-изготовитель поставляет собранными и упакованными в ящики. Их доставляют в ОРУ к фундаменту и распаковывают. Комплектность поставки проверяют в соответствии с заводской ведомостью, производят расконсервацию узлов разъединителя и осмотр. Затем выявляют внешние дефекты разъединителя, обращая внимание на наличие трещин и сколов на изоляторах, целостность гибких проводников и лакокрасочных покрытий, прочность болтовых соединений. Далее проверяют контактное давление ламелей в разъемных контактах главных и заземляющих ножей, прикладывая вытягивающее усилие вдоль оси ножа к вставленному в ламели медному шаблону толщиной, равной толщине ножа, входящего в ламели. После проверки разъединитель устанавливают на опорную конструкцию и укрепляют. Поврежденную при монтаже окраску восстанавливают, смазывают контактные и шарнирные соединения. Затем проверяют одновременность работы всех полюсов.

Монтаж отделителей начинают с осмотра состояния его изоляции и контактных частей. Для этого проверяют контактное давление на каждом полюсе при отключенном отделителе, при этом прикладывают вытягивающее усилие вдоль ножа к отрезку медной шины толщиной, равной толщине ножа, вставленного в ламельные контакты. Усилие должно быть в смазанном контакте 90—100 Н на каждую пару ламелей. После этого к опорным конструкциям устанавливают и прикрепляют приводы главных и заземляющих ножей. С помощью автокрана все три полюса отделителя поочередно устанавливают и временно прикрепляют к опорной конструкции. При неготовности опорных конструкций выполняют укрупнитель-

ную сборку отделителя на раме, а после установки опор — его монтаж.

Отделитель выверяют по уровню и закрепляют. Устанавливая под фланцы изоляторов прокладки, регулируют зазор (1—3 мм) между торцами контактных ножей во включенном положении. Регулируя длину внутриполюсной тяги, устраняют смещение осей контактных ножей относительно оси полюса, допускаемое в пределах 5 мм. Привод соединяют тягами с приводным механизмом ведущего полюса, ведущий полюс — с ведомыми и привод заземляющих ножей — с их валами. Отделитель и приводы заземляют.

Поврежденную при монтаже окраску выключателей восстанавливают и смазывают контактные и шарнирные соединения. Включением и отключением проверяют правильность работы смонтированного отделителя, действие блокировки главных и заземляющих ножей. При необходимости проверяют одновременность работы всех полюсов.

Технология *монтажа короткозамыкателей* аналогична описанной выше.

Короткозамыкатели с завода на монтажную площадку доставляют в ящиках. Их распаковывают и осматривают основные узлы. Изоляторы очищают от пыли и загрязнений. Далее производят расконсервацию — ветошью, смоченной в уайт-спирите, удаляют защитную смазку и наносят новую, после чего приступают к монтажу короткозамыкателя. На металлическую конструкцию, которую приваривают к железобетонной опоре, устанавливают полюс короткозамыкателя. Привод и трансформатор тока ТШЛ-0,5 крепят к кронштейну, к валу привода и шарниру полюса приваривают тягу, а затем окрашивают. Сваркой соединяют полосу заземления с металлоконструкцией. Сварные монтажные швы зачищают и восстанавливают поврежденную окраску. Все болтовые крепления подтягивают и смазывают шарнирные и контактные соединения.

При *монтаже трансформаторов тока* их распаковывают, протирают и осматривают, обращая особое внимание на наличие трещин и сколов в фарфоровой покрышке, целостность маслоуказательного стекла, уровень масла и течи в уплотнениях.

Одноступенчатый трансформатор тока на напряжение 35 кВ устанавливают на опорную конструкцию и закрепляют болтами (при этом обеспечивают доступ к коробке вторичных выводов и съемному листу, расположенному внизу цоколя); присоединяют ошиновку к выводам первичной обмотки; разделывают и присоединяют контрольные кабели к выводам вторичных обмоток; заземляют цоколь, соединяют накоротко и заземляют выводы технологической (индукционной) обмотки.

Монтаж трансформаторов напряжения производят также в определенной технологической последовательности.

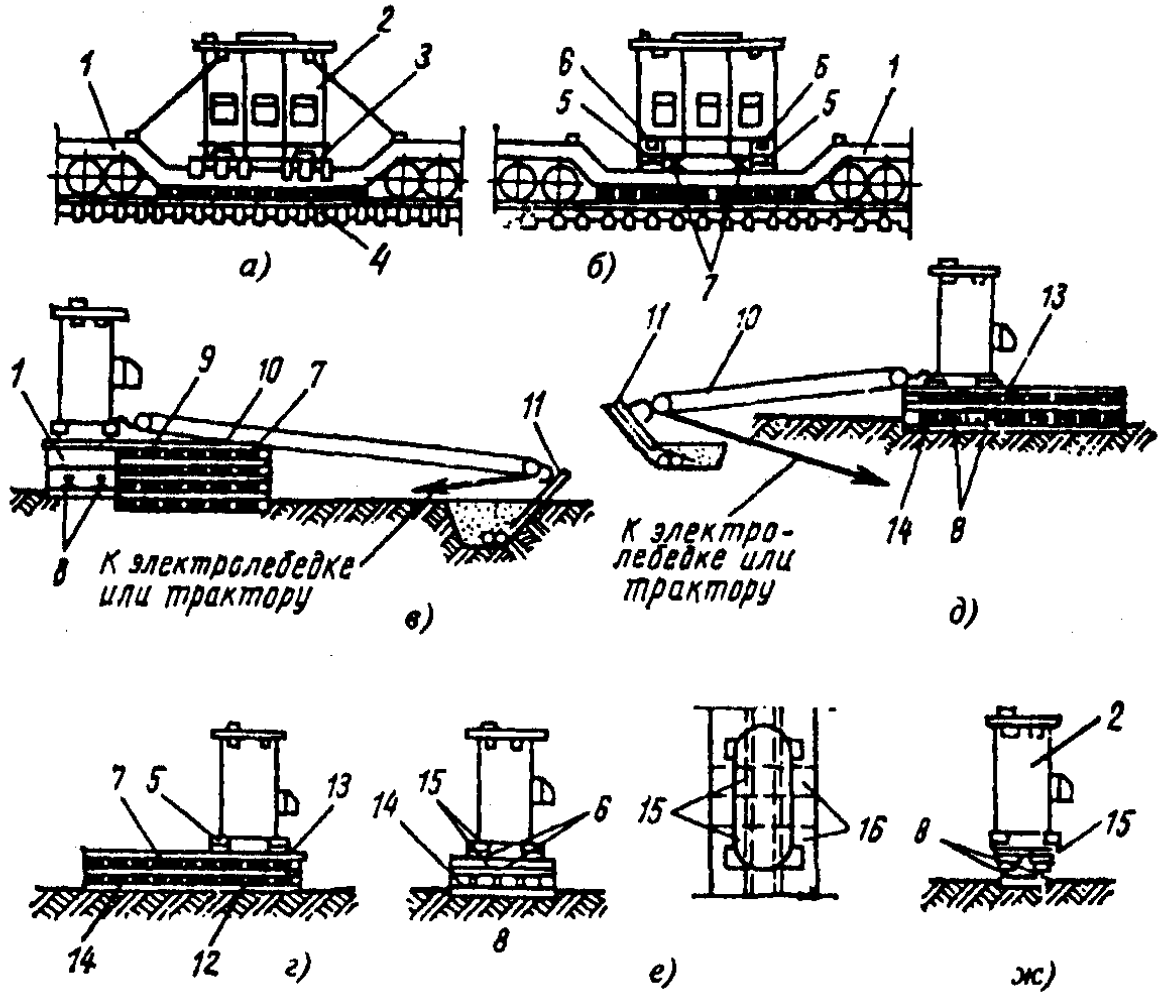


Рис. 11.5. Операция разгрузки трансформатора с применением гидравлических домкратов:

а — подклиновка трансформатора шпалами; *б* — опускание трансформатора на рельсы; *в* — перемещение трансформатора на шпальную клеть; *г* — опускание трансформатора на нижнюю шпальную клеть гидравлическими домкратами; *д* — перемещение трансформатора на более низкую клеть; *в* — опускание трансформатора на катки, установленные на железнодорожные рельсы; *ж* — установка трансформатора на рельсах; *1* — транспортер; *2* — трансформатор; *3* — опорные брусья; *4* — подклиновка шпалами; *5* — домкраты; *6* — упоры; *7* — вспомогательные рельсы; *8* — железнодорожный путь; *9* — накладки для соединения рельсов; *10* — полиспаст; *11* — анкер; *12* — первая шпальная клеть; *13* — упор; *14* — вторая шпальная клеть; *15* — каретка; *16* — проемы в шпальной клети

На монтажную площадку трансформаторы напряжения поступают упакованными в сплошные деревянные ящики. После их распаковки проверяют целостность фарфоровых изоляторов (вводов) и отсутствие течи масла. При необходимости доливают трансформаторы чистым сухим трансформаторным маслом, пробивное напряжение которого не менее 35 кВ. Проверив соответствие размеров опорных конструкций проекту, автокраном устанавливают трансформаторы и после выверки закрепляют их. Затем к ним присоединяют провода ошиновки и вторичных цепей.

Монтажу силовых трансформаторов (рис. 11.5) предшествуют операции, включающие выгрузку, погрузку, транспортировку трансформатора к месту установки, подготовку узлов трансформатора к монтажу.

В случае, если выгрузку трансформатора производят гидравлическими домкратами, сначала проверяют состояние электролебедки, трактора, палиспаста и других средств механизации, а также наличие упоров, приваренных к рельсам. Далее подклинивают транспортер шпалами и устанавливают металлические клинья под колеса.

Шпальную клетку выкладывают на расстоянии 2—3 м от оси ближайшего рельса железнодорожного пути по высоте погрузочной площадки транспортера шириной на 1 м больше разгружаемого трансформатора. Шпалы и брусья выкладки крепят строительными скобами. Шпалы в нижнем ряду, а также под домкратами укладывают сплошным настилом, все остальные ряды — через одну. Грунт должен быть хорошо уплотнен. При большой нагрузке на грунт основание для шпальных клеток под домкраты выполняют из железобетонных плит, заглубленных в землю, укладывают вспомогательные рельсы на транспортере и шпальной клетке и крепят их костылями. При этом на одной стороне трансформатора должно быть одинаковое количество рельсов и домкратных упоров. Трансформатор приподнимают домкратами и подводят рельсы под его дно.

После этого стропят полиспаст к трансформатору и крепят свободный конец троса к тяговому механизму. Гидравлическими домкратами плавно перемещают трансформатор с транспортера на шпальную клетку. Затем снимают накладки и рельсы на транспортере, разбирают один ряд прилегающей к нему шпальной клетки и отвозят транспортер в сторону.

На железнодорожном пути (на месте, где стоял транспортер) из шпал выкладывают вторую клетку высотой 0,6—0,7 м с проемами для подачи и установки кареток с катками, после чего укладывают вспомогательные рельсы и перемещают трансформатор с первой шпальной клетки на вторую. Далее устанавливают и закрепляют в проемах шпальной клетки каретки с катками гидравлические домкраты, с помощью которых равномерным нажимом приподнимают трансформатор, разбирают один ряд шпал и, ориентируясь по низшему положению штоков домкратов, постепенно и плавно опускают трансформатор до установки кареток на железнодорожный путь.

Для передвижения трансформатора на своих катках убеждаются в исправности и горизонтальности железнодорожного пути. Затем полиспаст стропят к трансформатору и анкеру, а свободный конец троса — к лебедке, с помощью которой постепенно и плавно передвигают трансформатор. При транспортировке особое внимание обращают на положение катков в местах пересечения путей.

В случаях перемещения трансформатора без собственных кареток выравнивают грунтовую дорогу и укладывают на ней сплошной

настил из деревянных досок толщиной 50—60 или брусьев толщиной 100—120 мм. Брусья следует укладывать с интервалом, равным их толщине. Для этого из нескольких деревянных полозьев подготовляют сани. Полозья оковывают полосовой сталью с незначительно скошенной передней частью для набегания их на катки, которые изготовляют из металлических труб диаметром 150—200 или деревянных бревен твердой породы диаметром 150—200 мм. Сани устанавливают на катки, домкратами поднимают трансформатор, подводят под него сани и плавно передвигают их тяговым механизмом. Освобождающиеся по мере передвижения катки перекладывают, причем трансформатор должен оставаться не менее чем на половине поверхности катков.

Трансформаторы небольшой массы перемещают на стальном листе. При массе трансформаторов до 15 т их можно перемещать по наклонной плоскости, если их угол наклона к вертикальной плоскости меньше 150°, а отношение размеров наклонной плоскости равно четырем или более.

Перед монтажом трансформаторов проверяют основные комплектующие элементы: вводы, встроенные трансформаторы тока, газовое реле, систему охлаждения, расширитель и др., а также герметичность всех его узлов.

Герметичность трансформатора, заполненного маслом (без расширителя), проверяют так: если в течение 3 ч столб масла высотой 1,5 м не вызывает течи в местах, расположенных выше уровня масла, с которым он прибыл, трансформатор считают герметичным. Предварительную проверку в течение 3 ч можно делать сухим воздухом давлением 15 кПа. Трансформатор считают герметичным, если за этот промежуток времени давление снизится не более чем до 13 кПа.

Радиатор трансформатора испытывают давлением трансформаторного масла температурой до 60° С, значение которого равно давлению столба масла в собранном трансформаторе от нижних точек радиатора до верхних точек расширителя плюс 0,5 м. При наполнении радиатора маслом предварительно отвертывают воздухоспускную пробку и вместо нее устанавливают трубу. Испытания проводят при вертикальном и горизонтальном положениях радиаторов в течение 30 мин.

Герметичность можно проверять, подавая в радиатор сжатый воздух давлением 50 кПа в течение 30 мин. Для определения мест повреждения на все сварные швы предварительно наносят мыльный раствор.

Обнаруженные повреждения заваривают газовой сваркой (устранять течи замазкой или клеем неэффективно, так как они появляются вновь при разогреве масла) и повторно проверяют герметичность керосином. Испытанные радиаторы промывают маслом, подогретым до 40—50° С, через фильтр-пресс или центрифугу.

После промывки радиаторов их фланцы уплотняют заглушками на резиновых прокладках. Далее проверяют электродвигатели и крыльчатки вентиляторов. На конец вала электродвигателей насаживают крыльчатки с картонной шайбой и защитным колпаком и крепят специальной глухой шайбой.

Внутреннюю поверхность маслопроводов очищают стальными ершами и промывают несколько раз маслом. Задвижки разбирают, прочищают, собирают и испытывают давлением масла 50 кПа в течение 30 мин.

Маслоохладитель разбирают, очищают изнутри кожух, продувают трубы сжатым воздухом и промывают трансформаторным маслом. После этого проводят испытание, прокачивают чистое масло во временный бак в течение 24 ч.

Вводы трансформатора 35 кВ очищают от упаковочного материала, проверяют целостность фарфора, надежность армировки, колпачков и фланцев изоляции, наличие контргаек.

Через грязевик из расширителя сливают остатки масла и промывают его чистым и сухим трансформаторным маслом. После этого проверяют и вновь устанавливают на место маслоуказательное стекло, испытывают расширитель на герметичность, заполняя его сухим маслом и выдерживая в течение 3 ч.

Выхлопную трубу с внутренней стороны очищают от грязи и ржавчины, после чего устанавливают заглушки на резиновых прокладках. Перед установкой трубы на трансформатор монтируют и уплотняют ее стеклянный диск (мембрану) и испытывают трубу на герметичность маслом в течение 3 ч.

Газовое реле, реле уровня масла и приборы контроля температуры проверяют в лаборатории. Результаты проверки герметичности оформляют актом или протоколом и учитывают при введении трансформатора в эксплуатацию.

При необходимости ревизии трансформатора до вскрытия добиваются выравнивания его температуры с температурой окружающей среды. Для предотвращения увлажнения активной части трансформатора во время ревизии ее пребывание на воздухе не должно превышать времени, предусмотренного ПТЭ. После вскрытия трансформатора целесообразно его ревизию производить в такой последовательности: сначала проверяют затяжку доступных стяжных шпилек ярм, креплений отводов, переключателей и других элементов активной части, убеждаются в достаточности затяжки винтов осевой прессовки обмоток (подтягивание выполняют равномерно по всей окружности; контргайки затягивают). Затем осматривают изоляцию доступных частей обмоток, отводов, переключателей, цилиндров и других элементов активной части и ликвидируют замеченные повреждения.

Далее измеряют сопротивление изоляции: всех стяжных шпилек

ярма относительно активной стали; прессующих колец относительно активной стали и балок ярма.

При наличии загрязнений тонкой струей теплого трансформаторного масла промывают активную часть, бак, после чего масло сливают через грязевую пробку. Затем, медленно опуская активную часть, проверяют правильность расположения верхних направляющих планок относительно стенок бака.

Далее концы отводов подсоединяют к контакторам и вводам. Отключенное на время ревизии заземление активной части на бак восстанавливают. Валы с приводами переключателей устанавливают на место согласно маркировке.

Перед установкой крышки проверяют правильность расположения резиновой прокладки и приклеивают ее клеем № 88 (или 88Н) к раме соединителя. При разрыве прокладки готовят вставку из полосовой маслоупорной резины, разделывают стыки резиновых прокладок на конус (на длине 60—70 мм), при этом середину каждого стыка располагают напротив определенного болта.

Трансформаторы на напряжение до 35 кВ включительно заливают маслом (его температура не ниже + 10° С) без вакуума, при этом температура их активной части должна быть выше температуры масла.

Технология монтажа трансформатора объединяет монтажные операции отдельных его узлов.

При монтаже переключающего устройства необходимо установить его привод и подвижные контакты переключателей в исходное положение: один конец горизонтального вала со шпонкой вставить в соединительную муфту вала переключателя, а другой конец и нониусный диск соединить по рискам с нониусным диском вала контактора. При правильном сопряжении всех звеньев переключающего устройства рукоятка ручного привода должна занимать вертикальное положение (ручкой вниз). Правильного положения добиваются регулировкой нониусных дисков вертикального вала.

Далее нужно проверить целостность отводов и состояние контактов контакторов. Включением контакторов от руки проверяют усилие главных и искрогасительных контактов (при проверке штоковым динамометром оно должно быть для главных контактов 130—170 Н, для искрогасительных — 110—140 Н).

Струей чистого, сухого масла следует промыть внутреннюю часть коробки переключающего устройства и залить ее до уровня главных контактов контакторов маслом, пробивное напряжение которого должно быть ниже, чем в баке трансформатора, затем долить коробку маслом до отметки + 35° С в маслоуказателе, после чего установить резиновую прокладку и заболтить крышку.

Через смотровой люк бака трансформатора с помощью фасонного штифта связать шарнирную часть привода с верхней муфтой

штанги, закрепив штифт бандажом из трех-четырех слоев киперной ленты.

При монтаже радиаторов нужно проверить их краны по надписям на рукоятке и убедиться, что они закрыты. Затем снять заглушки, тщательно очистить поверхность фланцев радиаторных кранов и осмотреть состояние деталей. Далее следует уплотнить фланцы запасными резиновыми прокладками или изготовленными на месте из листовой маслостойкой резины толщиной не менее 10 мм с проходным отверстием на 5—7 мм больше отверстия крана.

После этого нужно застропить радиатор за приваренную к его верхней части скобу, поднять и установить на шпильки верхнего крана, навернуть гайки на несколько ниток, навесить радиатор на шпильки нижнего крана и равномерно затянуть все гайки на нижних и верхних фланцах. После окончания монтажа всех радиаторов проверяют работу радиаторных кранов при полном их открытии. При монтаже дутьевого воздушного охлаждения в свободном пространстве между трубами радиатора по чертежу завода-изготовителя необходимо горизонтально установить опорную раму из швеллеров и во избежание вибрации при работе вентиляторов прочно закрепить ее на стенке бака.

На опорных рамах нужно установить вентиляторы и распределительные коробки.

Далее нужно установить шкаф автоматического включения и отключения электродвигателей дутьевых вентиляторов, замерить мегаомметром на напряжение 1000 В сопротивление изоляции всех электрических цепей относительно корпуса (оно должно быть не ниже 0,5 МОм) и проверить вентиляторы на вращение вручную (крыльчатки должны легко вращаться) и при включении убедиться, что они вращаются против часовой стрелки и не имеют биения.

Далее в течение 1 ч проводят гидравлическое испытание смонтированной системы охлаждения давлением 0,2 МПа, с помощью насосов промывают систему маслоохлаждения (при температуре масла 40—50° С), периодически включая центрифугу (или фильтр-пресс) и отбирая пробы масла. Если масло при испытании удовлетворяет нормам, промывку заканчивают.

Расширитель заполняют маслом значительно выше отметок маслоуказателя, закрывают верхнюю задвижку бака трансформатора, а через нижнюю заполняют систему маслом, периодически доливая его в бак из расширителя.

При заполнении системы маслом все пробки открывают для выпуска воздуха, после чего их закрывают и уплотняют. Для обеспечения нормального уровня масла в расширителе полностью открывают две основные задвижки бака трансформатора.

При монтаже вводов трансформатора напряжением 3—35 кВ необходимо заглушки на крышке трансформатора снять, а вместо

них установить вводы на уплотняющих резиновых прокладках. Болты фланцев затянуть равномерно и через смотровой люк присоединить концы обмоток к вводам внутри бака, при этом тщательно затянуть гайки.

При монтаже встроенных трансформаторов тока их необходимо подогреть до температуры, на 10° С выше температуры окружающего воздуха, пригласить наладчиков и провести испытания по нормам, приведенным в ПУЭ. При положительных результатах испытаний следует смонтировать переходный фланец с установленными в нем трансформаторами тока на новых уплотняющих резиновых прокладках и равномерно затянуть болты.

При монтаже расширителя на крышке трансформатора следует установить два кронштейна и временно закрепить на них расширитель.

При сборке маслопровода, соединяющего бак трансформатора с расширителем, нужно обеспечить уклон не менее 2 % в сторону трансформатора во избежание крутых изгибов и обратных уклонов в маслопроводе. На уплотняющих маслоупорных прокладках выполнить соединения всех фланцев маслопровода.

При монтаже газового реле сначала с него нужно снять крышку с поплавковой системой и установить корпус реле горизонтально на пробковых или клингеритовых прокладках, покрытых глифталевым или бакелитовым лаком, при этом смотровое окно должно находиться со стороны, удобной и доступной для наблюдения.

Крышку с поплавковой системой устанавливают на корпус газового реле так, чтобы стрелка на крышке указывала направление от бака к расширителю. В поливинилхлоридных трубах прокладывают концы проводов, присоединяемых к газовому реле.

При монтаже реле уровня масла следует проверить его работу, присоединяя к нему контрольную лампочку, которая гаснет при доливке масла до нормального уровня маслоуказателя.

На верхнем фланце трубы на мягкой резиновой прокладке устанавливают стеклянную диафрагму. При монтаже выхлопной трубы нужно с крышки трансформатора снять заглушку, поставить на ее место выхлопную трубу на резиновой прокладке и по всему периметру фланца равномерно затянуть крепящие болты.

При монтаже термометров температурный датчик термометрического сигнализатора устанавливают с помощью уплотнений из асбестового шнура, пропитанного бакелитовым или глифталевым лаком. Между корпусом прибора и пластиной ставят резиновую прокладку.

Гильзы ртутных и ртутно-контактных термометров заливают маслом и во избежание попадания в них влаги уплотняют.

При монтаже термосифонного фильтра его разбирают, очищают и промывают чистым, сухим трансформаторным маслом, засыпают

сухой сорбент в фильтр и устанавливают на патрубках бака трансформатора при закрытых кранах. Затем открывают воздушный спускной кран на колпаке фильтра и при слегка открытом нижнем кране заполняют его маслом из бака трансформатора. При появлении масла в спускном воздушном кране закрывают нижний кран и дают отстояться маслу в течение 1 ч. Далее спускают часть масла из отстойника фильтра через спускную пробку, открывают верхний и нижний краны и заполняют фильтр маслом. Затем доливают масло в расширитель до нормального уровня.

Технология монтажа воздухоочистительного фильтра включает операции по его разработке, очистке от загрязнений и сушке.

Контрольные вопросы

1. Какие распределительные устройства и подстанции называют открытыми?
2. Каковы назначение и принцип действия масляных выключателей МКП-35?
3. Каковы назначение короткозамыкателей и технология их монтажа?
4. Каковы назначение и принцип действия силовых трансформаторов?
5. Какова технологическая последовательность операций по монтажу ошиновки ОРУ?
6. Как монтируют разъединители и масляные выключатели в ОРУ?
7. Как монтируют трансформаторы тока в ОРУ?
8. Каковы особенности монтажа силовых трансформаторов в ОРУ?
9. Как испытывают при монтаже радиатор трансформатора?
10. Как монтируют вводы трансформаторов?

ГЛАВА 12. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

§ 51. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Электрические машины классифицируют по роду тока, мощности, степени защиты, способу охлаждения, конструктивному исполнению и способу монтажа.

По роду тока электрические машины разделяют на машины постоянного и переменного тока.

По мощности электрические машины делят на машины малой мощности до 100 кВт, средней —100—1 000 кВт и большой — выше 1 000 кВт.

По степени защиты электрические машины классифицируют на следующие группы: защиты персонала от соприкосновения с токоведущими или вращающимися частями, находящимися внутри ма-

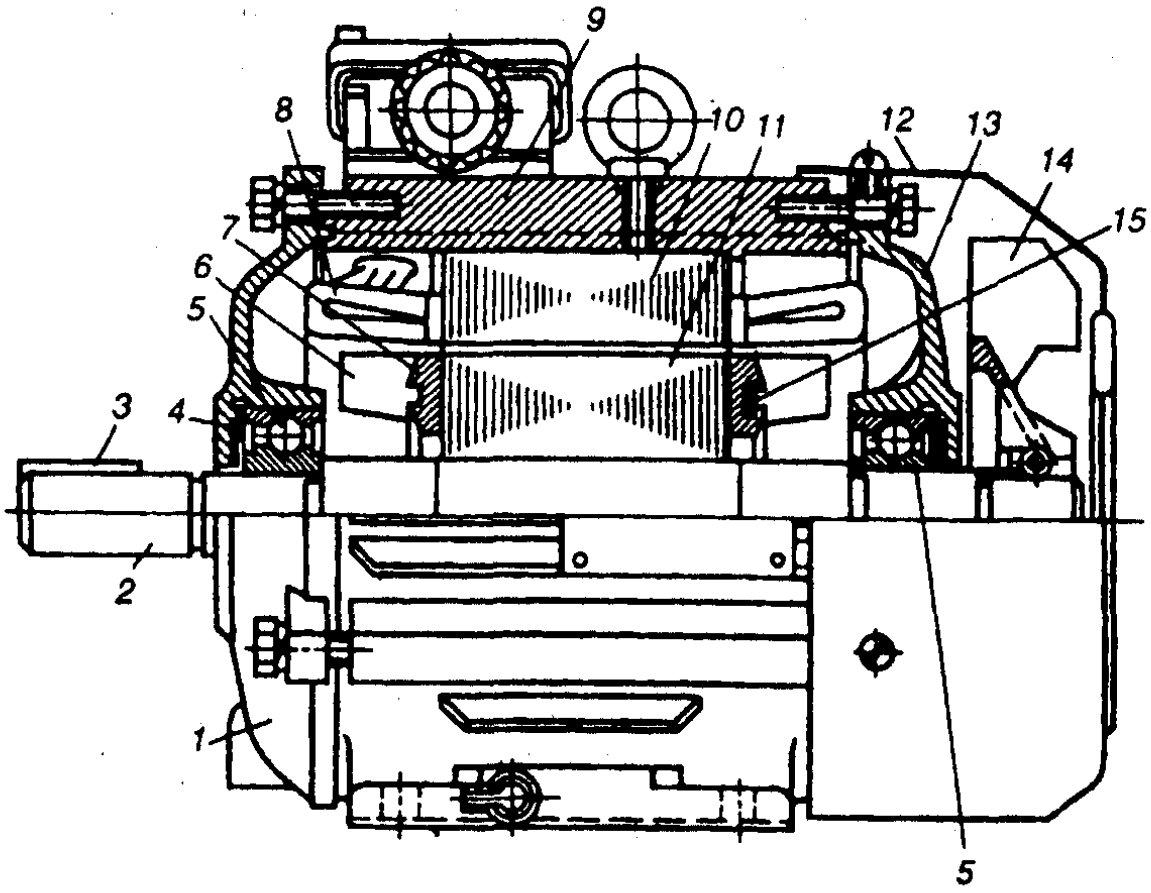


Рис. 12.1. Асинхронный электродвигатель единой серии 4А:

1, 13 — передний и задний щиты; *2* — вал; *3* — шпонка; *4* — установочная пружина; *5* — подшипник; *6* — крыльчатка; *7* — короткозамыкающие кольца; *8* — лобовая часть обмотки статора; *9* — станина; *10, 11* — сердечники статора и ротора; *12* — кожух вентилятора; *14* — вентилятор; *15* — балансировочный грузик

шины; защиты от попадания внутрь машины твердых посторонних тел и воды.

По способу охлаждения электрические машины разделяют на машины с естественным и искусственным охлаждением.

По конструктивному исполнению и способу монтажа электрические машины делят на девять групп: 1М1 — на лапах с подшипниковыми щитами с пристроенным редуктором;1М2 — на лапах с подшипниковыми щитами, с фланцем на подшипниковом щите; 1М3 — без лап с подшипниковыми щитами, с фланцем на одном подшипниковом щите, с кольцевым фланцем; 1М4 — без лап с подшипниковыми щитами, с фланцем на станине; 1М5 — без подшипниковых щитов (встраиваемые или пристраиваемые); 1М6 — на лапах с подшипниковыми щитами и стояковыми подшипниками; 1М7 — на лапах со стояковыми подшипниками (без подшипниковых щитов); 1М8 — с вертикальным валом; 1М9 — специального назначения.

Наиболее распространенными электрическими машинами являются *асинхронные.*

Асинхронной называют машину переменного тока, частота вращения ротора которой зависит от нагрузки. Магнитное поле в асинхронной машине создается переменным током обмоток статора и ротора. Частота вращения ротора отличается от частоты вращения поля. Асинхронные машины по конструктивным признакам подразделяют на бесколлекторные и коллекторные.

Основным типом асинхронной бесколлекторной машины является трехфазный двигатель (рис. 12.1) и двигатель с фазной обмоткой ротора (рис. 12.2). Для уменьшения вихревых токов сердечники статора и ротора набирают из листов электротехнической стали толщиной 0,35 или 0,5 мм, изолированных один от другого слоем лака. Основные серии асинхронных двигателей 4А и 4АИ включают машины мощностью 0,4—400 кВт. Мощность высоковольтных асинхронных электродвигателей единой серии свыше 400 кВт.

Асинхронные коллекторные машины используют в качестве двигателей, но они имеют ограниченное применение.

Машину переменного тока, ротор которой вращается с частотой, равной частоте вращения магнитного поля, созданного обмоткой статора, включенной в электрическую сеть, называют *синхронным электродвигателем.* По конструктивному исполнению все синхронные машины делят на *явнополюсные* и *неявнополюсные.* Явнополюсные машины изготовляют на диапазон частот вращения от нескольких десятков до 1 500 об/мин, неявнополюсные — на 3 000 об/мин. Конструкция синхронных генераторов аналогична конструкции синхронных двигателей. Работа синхронных генераторов основана на принципе электромагнитной индукции. Если через неподвижные щетки, скользящие по двум вращающимся кольцам, к обмоткам полюсов подвести постоянный ток $I_в$, он создает магнитный поток. Силовые линии этого потока будут замыкаться через полюса и сердечник статора, в пазы которого закладывается обмотка. При вращении намагниченных полюсов ротора, осуществляемом от турбины, магнитный поток ротора, пересекая обмотку статора, будет индуцировать в ней ЭДС. Так как обмотка статора пересекается магнитным потоком, который изменяет при вращении полюсов свое направление, то индуцируемая ЭДС будет переменной. Чем больше частота вращения, тем больше ЭДС. С увеличением частоты вращения размеры и масса синхронных генераторов уменьшаются.

Промышленность изготовляет двухполюсные генераторы мощностью 2,5; 4; 6; 12; 30; 50; 60; 100; 150; 200; 300; 500; 800 и 1 200 МВт.

Трехфазные синхронные машины мощностью 320—10 000 кВт объединены в единую серию машин 14—20-го габаритов совместно с асинхронными двигателями. Такое объединение позволяет многие

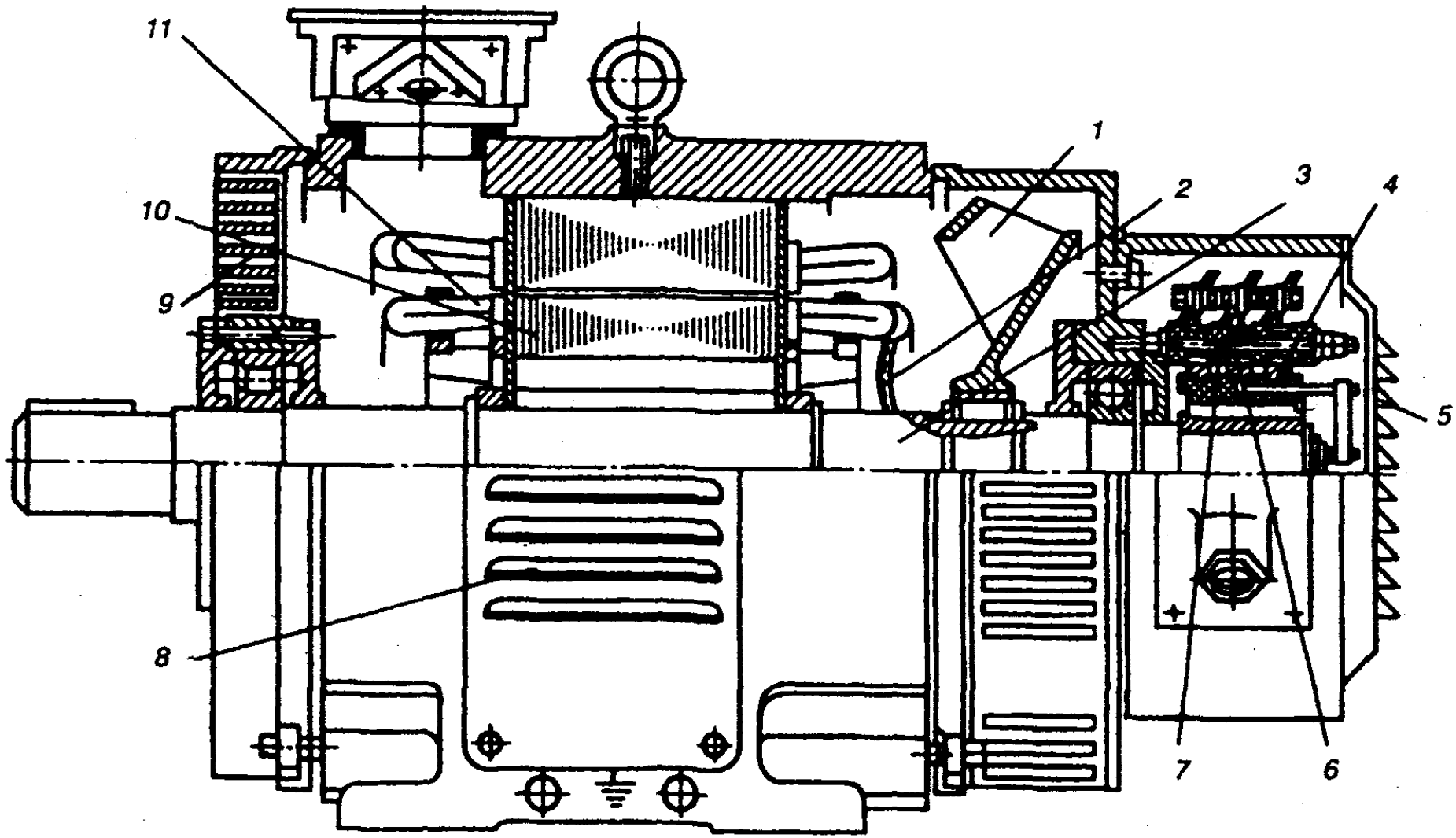


Рис. 12.2. Асинхронный электродвигатель с фазным ротором:

1 — вентилятор; *2* — вывод роторной обмотки; *3, 11* — вал и обмотка ротора; *4* — контактные кольца; *5* — крышка; *6* — щетки; *7* — щеткодержатели; *8* — жалюзи; *9* — щит; *10* — ротор

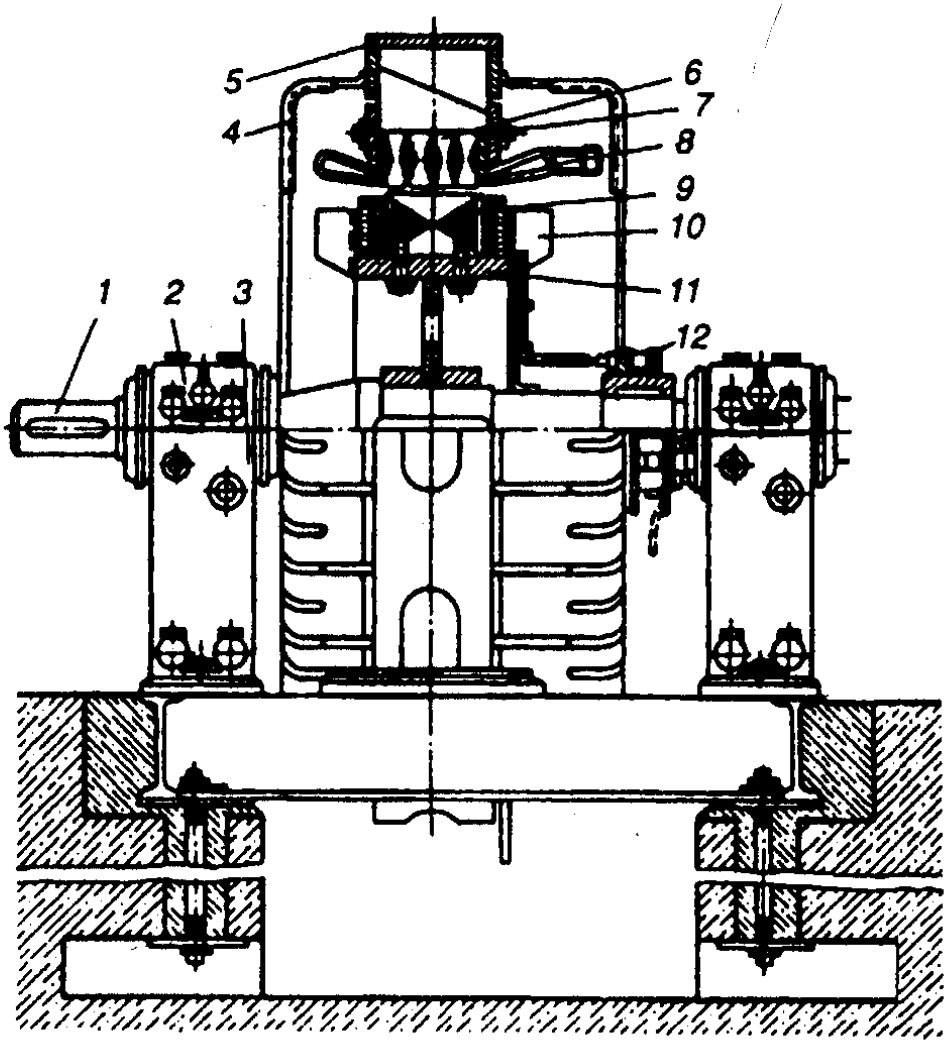


Рис. 12.3. Синхронный генератор:

1 — вал; *2, 3* — крышка и стояк подшипника; *4* — кожух; *5* — корпус; *6, 8* — сердечник и обмотка статора; *7* — шпилька; *9* — полюс; *10* — вентиляционные лопатки; *11* — ротор; *12* — контактные кольца

части машин (сборочные единицы), например, статоры, подшипниковые стояки, фундаментные плиты, выполнять одинаковыми для синхронных и асинхронных двигателей и получать значительную экономию трудозатрат при их совместном производстве.

Синхронный генератор, сердечник *6* статора которого стянут шпильками *7* в неразъемном сварном корпусе *5* показан на рис. 12.3. В открытые пазы вложены катушки обмотки *8* статора; их лобовые части защищены кожухом *4*.

Крестовина ротора *11* сварная. К ободу крестовины болтами прикреплены полюсы *9* с надетыми на них катушками обмоток возбуждения и вентиляторные лопатки *10*. Выводы от обмоток возбуждения подведены к контактным кольцам *12*, напрессованным на вал *1*.

Вал ротора вращается в двух подшипниках скольжения с разъемными головками *2* и вкладышами. Стояки *3* подшипников скольжения установлены на общей с корпусом *5* фундаментной плите. Возбудитель, устанавливаемый на общем с генератором фундаменте,

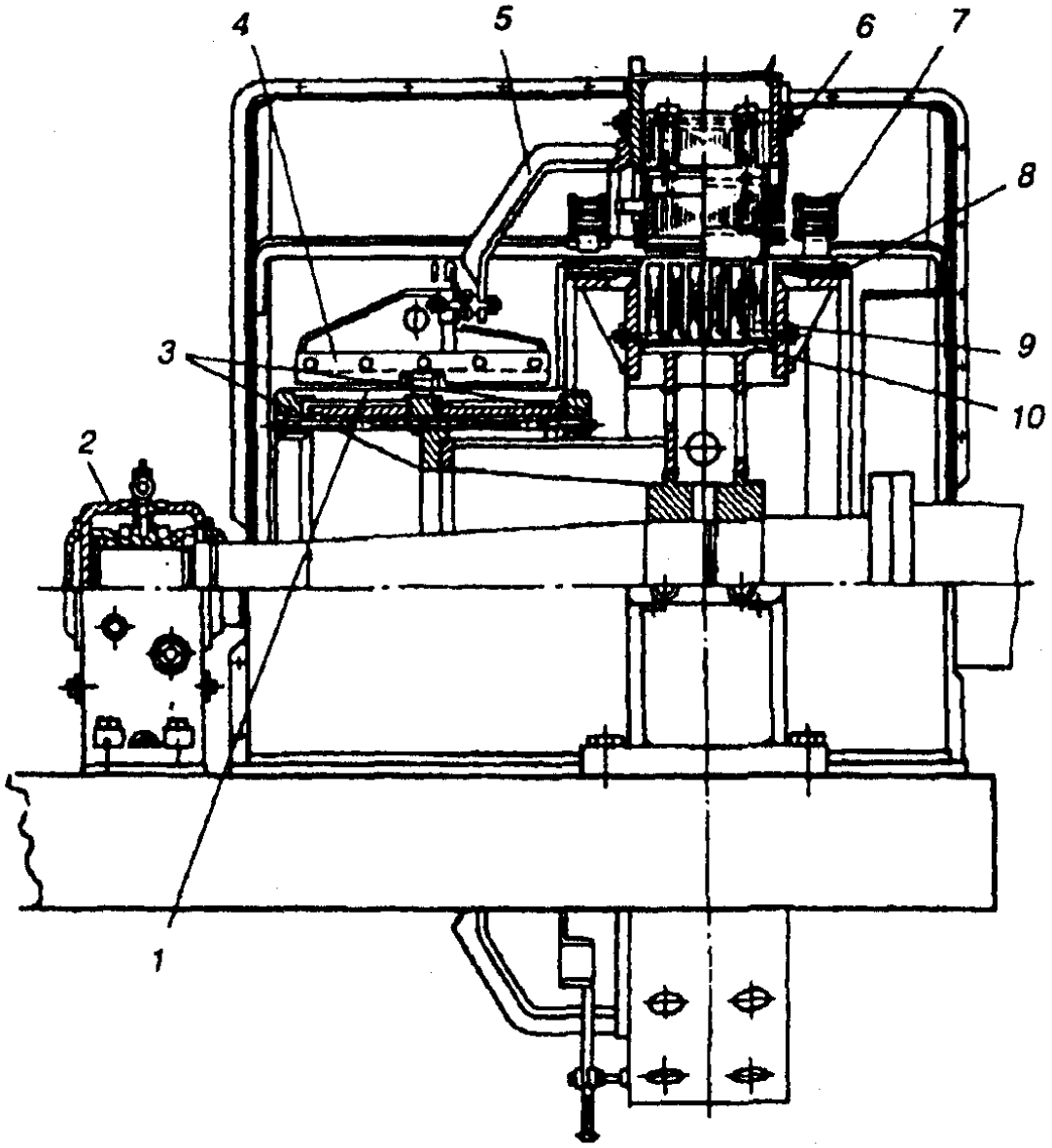


Рис. 12.4. Машина постоянного тока серии П:

1 — пластина коллектора; *2* — подшипник скольжения; *3* — нажимная шайба; *4* — бракет; *5* — траверса; *6* — шпилька; *7* — компенсационная обмотка; *8* — бандаж; *9* — секция якоря; *10* — балка

соединяют с его валом клиноременной передачей (на рис. 12.3 не показан).

Машины постоянного тока по своей конструкции являются наиболее сложными. Это объясняется наличием коллектора, щеточного узла, якорной обмотки, а также процессами коммутации, требующими после монтажа машин специальной наладки.

Средние и крупные машины постоянного тока выпускают сериями. Машины мощностью от 1 500 кВт и более имеют якоря, выполненные не из целых листов, а из сегментов.

Для плавного пуска и широкой регулировки частоты вращения двигателей привода прокатных станов применяют систему генератор — двигатель (сокращенно Г — Д). В качестве генератора для этой системы используют машину постоянного тока серии П (рис. 12.4).

Вал машины заканчивается фланцем, который жестко крепится болтами с фланцем вала двигателя. Генератор имеет один стояковый подшипник скольжения *2* (второй подшипник установлен на валу привода), смазка которого осуществляется двумя смазочными кольцами и масляным насосом через трубку (над крышкой подшипника).

Магнитный поток в генераторе данной конструкции замыкается по ярму, набранному из сегментов, стянутых шпильками между плитами сварной станицы. Станина снаружи имеет обшивку из листовой стали.

В связи с тем, что машины постоянного тока выпускают на напряжение до 1 000 В, ток якоря машин мощностью от 1 500 кВт и более достигает нескольких сотен ампер, что вызывает необходимость увеличения длины коллектора. Во избежание прогиба пластин таких коллекторов под действием центробежных сил машину выполняют со сдвоенным коллектором. Пластины *1* коллектора собраны на общей втулке и стянуты между нажимными шайбами *3*.

Щетки машины вставлены в гнезда щеткодержателя, укрепленные на бракетах *4*, которые через изоляционные прокладки скреплены с траверсой *5*. Для соединения бракетов одинаковой полярности над ними проходят два токособирательных кольца. Траверса может поворачиваться для установки щеток на нейтраль.

Для улучшения охлаждения сердечник якоря разделен вентиляционными каналами на шесть пакетов. Распорки между пакетами при вращении якоря действуют как лопатки центробежного вентилятора.

§ 52. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН, ПРИБЫВАЮЩИХ С ЗАВОДОВ-ИЗГОТОВИТЕЛЕЙ В СОБРАННОМ ВИДЕ

При монтаже электрических машин руководствуются ПУЭ, СНиП и специальными инструкциями заводов-изготовителей. Одной из основных операций подготовительных работ перед началом монтажа является проверка фундаментов. Проверяют бетон, используемый для фундаментов; главные осевые размеры и высотные отметки опорных поверхностей; осевые размеры между отверстиями для анкерных болтов; глубину отверстий и размеры ниш в стенах фундаментов для затяжки болтов (рис. 12.5).

При проверке фундаментов размеры сверяют с данными машины: продольной осью вала машины, поперечными осями станин, реперами высоты. Проверку производят нивелиром и натянутыми визирными струнами стальных проволок.

Если при проверке обнаружится, что фундамент занижен по высоте, строительная организация обязана нарастить фундамент до требуемых размеров.

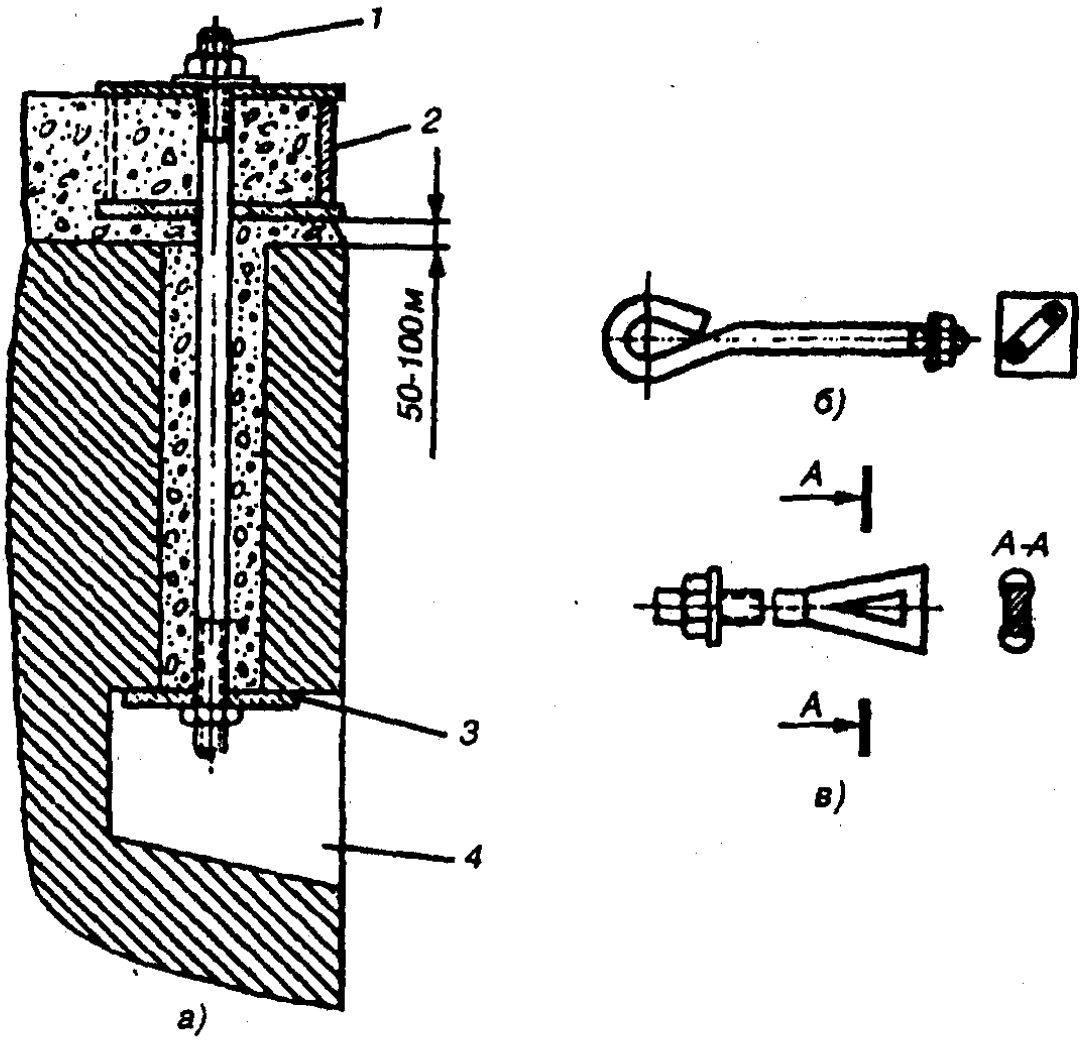


Рис. 12.5. Фундаментные болты:

а — с плитками; *б* — крюкообразные; *в* — для крепления салазок; *1* — болт; *2* — плита машины; *3* — анкерная плитка; *4* — ниша

При заниженных фундаментах и общей массе машинного агрегата до 20 т допускается устанавливать машины на отрезках двутавровых балок высотой не более 100 мм; при этом следует применять только тонкие прокладки (регулировочные).

В состав подготовительных работ входит подбор необходимых инструментов, измерительных приборов, такелажных механизмов со стропами, предварительно испытанных по правилам Госгортехнадзора. Далее производят распаковку электрических машин, очистку их от грязи, ржавчины, антикоррозионных покрытий.

Электрические машины, поступившие с завода-изготовителя в собранном виде, на месте монтажа не разбирают, если их правильно транспортировали и хранили.

Подготовка таких машин к монтажу включает в себя следующие технологические операции:

внешний осмотр;

очистку фундаментных плит и лап станин;

промывку фундаментных болтов уайт-спиритом и проверку качества резьбы (прогонкой гаек);

осмотр выводов, щеточного механизма, коллекторов или контактных колец, маслоуказательной и другой арматуры;

осмотр состояния подшипников, промывку подшипниковых стояков и картеров;

проверку зазора между крышкой и вкладышем подшипника скольжения, валом и уплотнением подшипников, измерение зазора между вкладышем подшипника скольжения и валом;

вскрытие подшипников качения и проверку заполнения их консистентной смазкой;

проверку воздушного зазора между активной сталью ротора и статором;

проверку свободного вращения ротора и отсутствие задеваний вентиляторов за крышки торцовых щитов;

проверку мегаомметром сопротивления изоляции всех обмоток, щеточной траверсы и изолированных подшипников.

Если нет уверенности, что во время транспортировки и хранения поступившая в собранном виде машина осталась неповрежденной и незагрязненной, необходимость ее разборки для ревизии определяется специальным актом.

Монтажная организация выполняет такую работу по отдельному заказу. Сначала машины полностью или частично разбирают, а затем приступают к их осмотру. Разборку машин, поступивших в собранном виде, и последующую сборку выполняют в соответствии с инструкцией.

Монтаж электрических машин мощностью до 1000 кВт начинают с выгрузки их с транспортных средств кранами. Перемещение в горизонтальной плоскости и установку на фундамент электродвигателя выполняют с помощью электротали, электрокара или погрузчика.

Осмотр электрической машины проводят на стенде в специально выделенном в цехе помещении.

О выявленных дефектах электромонтажник ставит в известность бригадира, мастера или руководителя монтажа.

Если наружных повреждений не обнаружено, электродвигатель продувают сжатым воздухом. При этом сначала проверяют подачу по трубопроводу сухого воздуха, для чего струю направляют на какую-нибудь поверхность или на ладонь руки. При продувке ротор электродвигателя проворачивают вручную, проверяя свободное вращение вала в подшипниках. Снаружи электродвигатель обтирают тряпкой, смоченной в керосине.

Промывку подшипников скольжения во время монтажа производят следующим образом. Из подшипников удаляют остатки масла, отвернув спускные пробки. Затем, завинтив их, в подшипники

наливают керосин и вращают руками якорь или ротор. Далее вывинчивают спускные пробки и дают стечь всему керосину. После промывки подшипников керосином их необходимо промыть маслом, которое уносит с собой остатки керосина. Только после этого их заполняют свежим маслом на 1/2 или 1/3 объема ванны.

Смазку в подшипниках качения (роликовых и шариковых) при монтаже машин не заменяют. Заполнение смазкой подшипника не должно превышать 2/3 свободного объема подшипника.

Измерение сопротивления изоляции электродвигателей постоянного тока производят между якорем и катушками возбуждения (полюсами), проверяют сопротивление изоляции якоря, щеток и катушек возбуждения по отношению к корпусу. При измерении сопротивления изоляции подсоединенного к сети электродвигателя необходимо отсоединить все провода, подведенные к электродвигателю от сети и реостата. Между щетками и коллектором при измерении помещают изолирующую прокладку из миканита, электрокартона, фибры, резиновой трубки и т.п.

У электродвигателей трехфазного тока с короткозамкнутым ротором производят измерение сопротивления изоляции только обмоток статора по отношению к земле (корпусу) и друг к другу. Это возможно при выведенных шести концах обмотки. Если выведены только три конца обмотки, измерение производят только по отношению к земле (корпусу).

У электродвигателей с фазным ротором кроме определения сопротивления изоляции обмоток статора по отношению к земле и друг к другу измеряют сопротивление изоляции между ротором и статором, а также сопротивление изоляции щеток по отношению к корпусу (между кольцами и щетками должны быть проложены изолирующие прокладки).

Изоляцию обмоток электрических машин измеряют мегаомметром на 1 кВ для машин напряжением до 1 кВ и на 2,5 кВ — для машин напряжением выше 1 кВ. Если результаты измерения сопротивления изоляции обмоток электрических машин до 1 кВ удовлетворяют нормативным показателям, электрические машины могут быть включены без сушки изоляции обмоток.

Такие электродвигатели доставляют к месту монтажа, устанавливают непосредственно на полу, на специальных конструкциях, или на фундаменте. Подъем электродвигателей массой до 50 кг можно осуществлять вручную, при установке их на низкие фундаменты.

Соединение электродвигателя с приводимым им во вращение механизмом выполняют с помощью муфт или через ту или иную передачу (зубчатую, ременную). При всех способах соединения

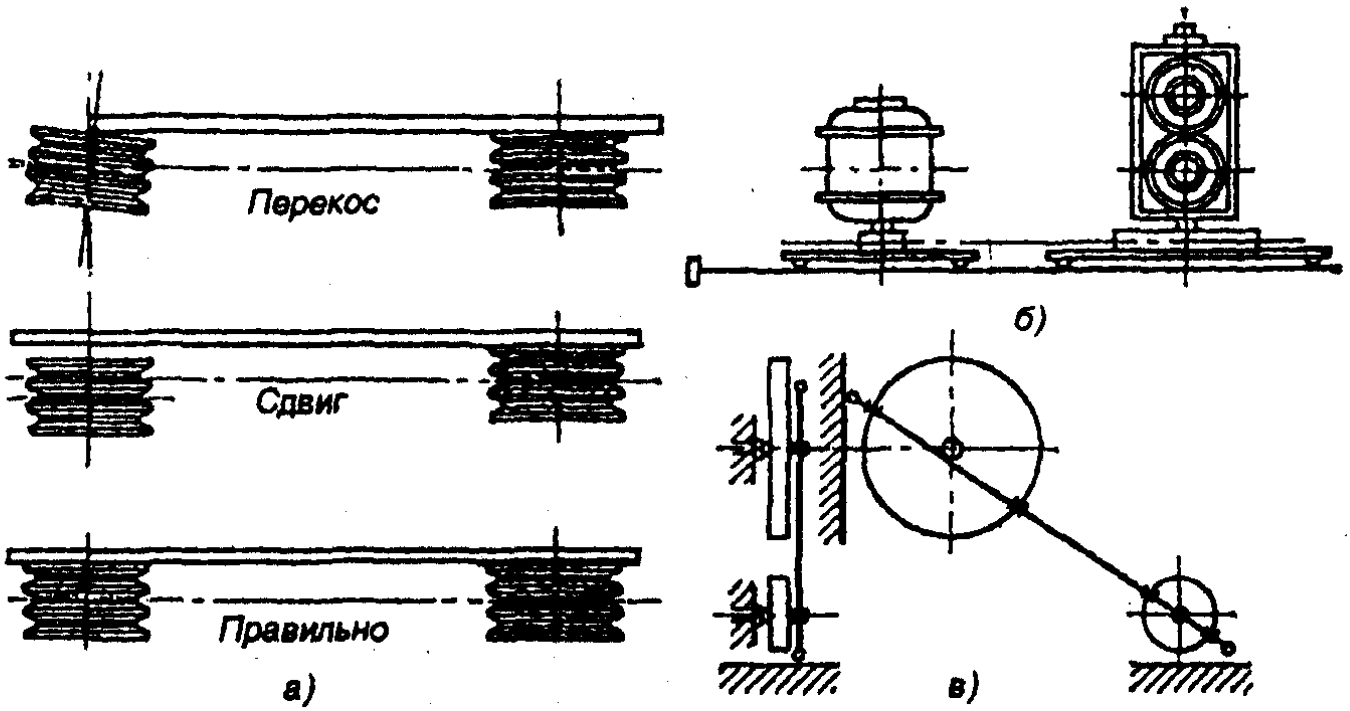


Рис. 12.6. Способы выверки установки электродвигателя при ременной и клиноременной передачах и одинаковой ширине шкивов с помощью линейки (*а*), скоб и струны (*б*), шнурка(*в*)

требуется проверка положения двигателя уровнем в горизонтальной плоскости в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Для этого удобнее всего пользоваться «валовым» уровнем, т.е. таким, который в основании имеет выемку в виде «ласточкина хвоста»; его удобно накладывать непосредственно на вал электродвигателя.

Электродвигатели, устанавливаемые непосредственно на бетонном полу или фундаменте, выверяют, подкладывая под лапы электродвигателей металлические подкладки (клинья) для регулирования положения их в горизонтальной плоскости. Деревянные подкладки для этой цели не пригодны, так как при заливке фундаментных болтов цементным раствором они набухают и сбивают произведенную выверку, а при затяжке болтов спрессовываются.

При ременной и клиноременной передачах необходимо соблюдать параллельность валов электродвигателя и вращаемого им механизма, а также совпадение средних линий по ширине шкивов. Если ширина шкивов одинакова, а расстояние между центрами валов не превышает 1,5 м, выверку производят стальной выверочной линейкой (рис. 12.6, *а*). Для этого линейку прикладывают к торцам шкивов и подгоняют электродвигатель так, чтобы линейка касалась двух шкивов в четырех точках. Если расстояния между центрами валов более 1,5 м, а выверочная линейка отсутствует, выверку электродвигателя производят с помощью струны и временно устанавливаемых на шкивы скоб (рис. 12.6, *б*). Центры валов подгоняют до получения одинакового расстояния от скоб до струны. Выверку

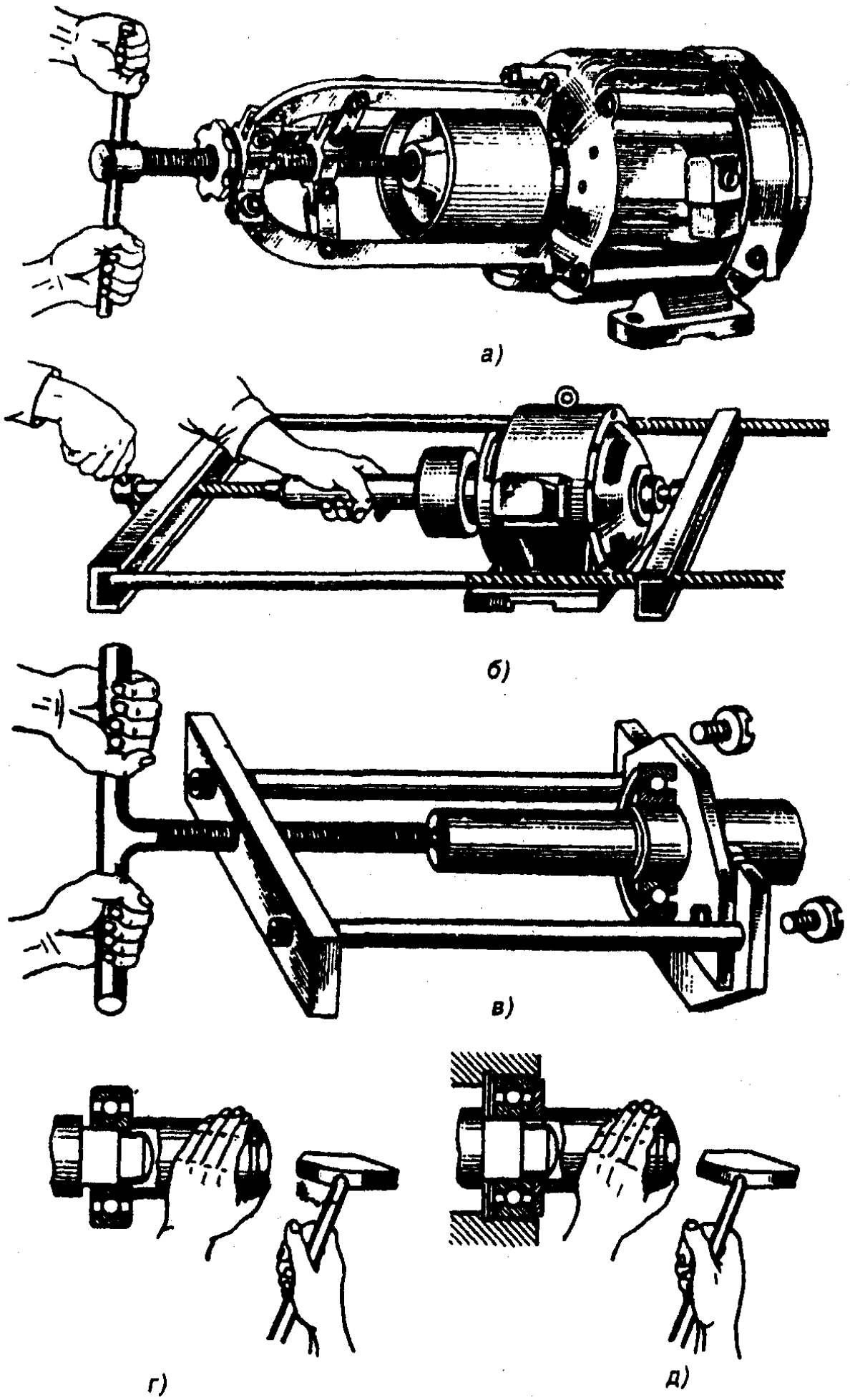


Рис. 12.7. Приемы и способы разборки электродвигателей:

а — снятие шкивов и полумуфт с помощью универсального съемника с ретулируемым раскрытием тяг; *б* — насадка шкивов и полумуфт с помощью нажимного устройства; *в* — снятие и насадка подшипников с помощью специального съемника; *г* — посадка на вал; *д* — посадка одновременно на вал и расточку подшипников щита

можно производить также тонким шнурком, натягиваемым от одного шкива к другому.

При ременной и клиноременной передачах на вал электродвигателя часто приходится насаживать шкив, а также снимать его. Снятие шкива производят специальными скобами. Наиболее удобными являются универсальные съемники. Съемник с регулируемым раскрытием тяг производит захват детали с наружной или внутренней стороны и развивает тяговое усилие до 20 кН, съемник с самоустанавливающимися тягами от 30 кН, с гидравлическим приводом до 100 кН. Если шкив, полумуфту или шестерню не удается снять с вала, их подогревают до 250—300°С пламенем газовой горелки. При этом вал охлаждают водой или сжатым воздухом.

Для снятия подшипников качения, как правило, применяют простые съемники. Снятие производят вращением рукоятки центрального винта, упирающегося концом в торец вала. Если подшипник снять не удается, его подогревают до 100°С, поливая горячим минеральным маслом.

Новый подшипник перед посадкой на вал тщательно промывают бензином. Место посадки на валу тщательно очищают, промывают бензином и смазывают минеральным маслом (табл. 30). Подшипник перед посадкой прогревают в чистом минеральном масле температурой 80—100°С. Посадку производят отрезком трубы (желательно медной), упираемой во внутреннее кольцо подшипника. Шкив, полумуфту, шестерню насаживают на вал специальным винтовым приспособлением (рис. 12.7, *а — г*).

Применение этого приспособления позволяет все горизонтальные усилия передавать на вал, а не на подшипники. Сначала снимают крышку подшипника с противоположной от привода стороны и конец вала упирают в шкворень приспособления, а затем вращением рукоятки центрального винта надвигают шкив на вал. Для насадки шкивов, полумуфт, шестерен на валы более крупных машин применяют винтовой домкрат, в который упирают конец вала, противоположный приводу.

Насадку шкива, полумуфты или шестерни на вал электродвигателя производят после смывания керосином с вала грязи и ржавчины. После очистки вала в канавку (выемку в валу) закладывают шпонку, конец вала слегка смазывают минеральным маслом и только после этого производят насадку.

Центровку валов соединяемых между собой машин и механизмов выполняют для устранения их боковых или угловых смещений.

В монтажной практике чаще всего используют для этого радиально-осевые скобы. Перед началом центровки полумуфты разъединяют, а валы раздвигают, чтобы скобы и полумуфты при вращении валов не соприкасались.

Таблица 30. **Номинальные и допускаемые диаметры посадочных мест под подшипники на валах электродвигателя**

Серия или тип электродвигателя	Размер, мм	
	номинальный	допускаемый в сопряжении с подшипником
4АА56	12 ± 0,006	11,99
4АА63	15 ± 0,006	14,99
4А71	20 + 0,017 + 0,002	20,00
4А80, 4А90	25 + 0,017 + 0,002	25,00
4А100	30 + 0,017 + 0,002	30,00
4А112	35 + 0,020 + 0,003	35,00
А132	45 + 0,020 + 0,003	45,00
4А160	55 + 0,020 + 0,003	50,00
4А180	60 + 0,023 + 0,003	60,00
4А200	65 + 0,023 + 0,003	65,00
4А225	70 + 0,023 + 0,003	70,00
4А250	85 + 0,025 + 0,003	85,00
4А280	85 + 0,026 + 0,003	85,00
4А315	95 + 0,026 + 0,003	95,00
А2, А02, АОК2: габарит 6-й	45 + 0,020 + 0,003	45,00
габарит 7-й	55 + 0,023 + 0,003	55,00

Конструкции радиально-осевых скоб и их крепление на ступицах полумуфт показаны на рис. 12.8. Наружную скобу *6* закрепляют хомутом *5* на ступице полумуфты *3* установленной машины, а внутреннюю скобу *1* — таким же хомутом на ступице полумуфты *2* соединяемой машины. Соединение хомутов со скобами производят болтами *4* с гайками. С помощью измерительных болтов *7* устанавливают минимальные зазоры *a* и *b*. В процессе центровки измеряют боковые *a* и угловые *b* зазоры, используя щупы, индикаторы или микрометры. Индикатор или микрометрическую головку ставят на место болтов *7*.

При измерении щупом его пластинки вводят в зазор с ощути-

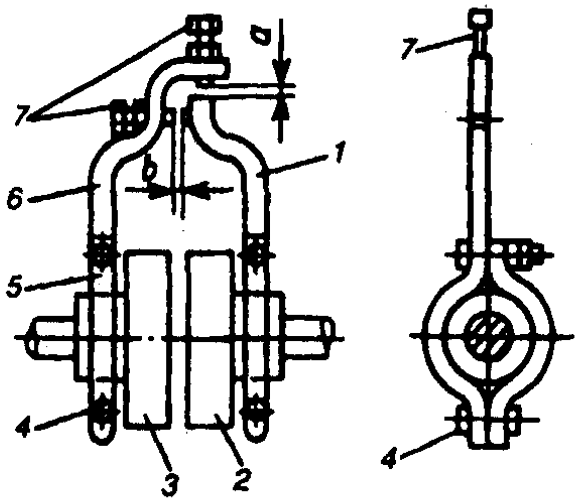


Рис. 12.8. Центровка валов с помощью радиально-осевых скоб:

1, 6 — внутренняя и наружная скобы; *2, 3* — полумуфты; *4, 7* — болты; *5* — хомут

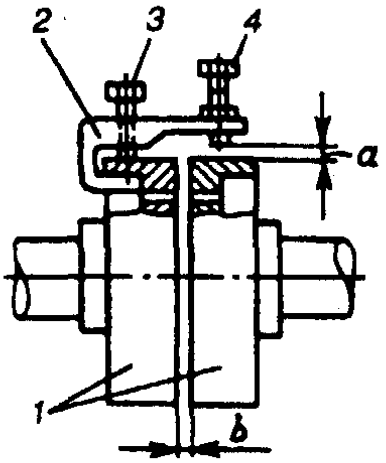


Рис. 12.9. Центровка валов по полумуфтам:

1 — полумуфты; *2* — скоба; *3, 4* — болты

мым трением на глубину до 20 мм. Поскольку при замерах щупом возможны погрешности, значения которых зависят от опыта проверяющего, результаты измерений необходимо контролировать, для чего проворот валов и замеры повторяют.

При правильном выполнении измерений сумма числовых значений четных замеров равняется сумме числовых значений нечетных:

$$a_1 + a_3 = a_2 + a_4 \text{ и } b_1 + b_3 = b_2 + b_4.$$

Считают, что замеры выполнены правильно, если разница между этими суммами не превышает 0,03—0,04 мм. В противном случае, не изменяя положения полумуфт, измерения повторяют более тщательно.

При центровке валов по полумуфтам (рис. 12.9) сначала крепят скобу *2* на ободе полумуфты *1* болтом. Затем определяют боковые зазоры *a* между измерительным болтом *4*, ввернутым в скобу *2*, и внешней поверхностью полумуфты. Далее замеряют угловые зазоры *b* при четырех положениях (0, 90, 180 и 270°) полумуфт.

Действительное значение углового зазора в каждом из четырех положений определяют как среднее арифметическое от деления суммы числовых значений *b* на количество замеров.

Затяжку гаек фундаментных болтов производят в два приема. При центровке валов выполняют предварительную затяжку стандартными гаечными ключами без надставок. Через 30 мин после окончания подливки бетонной смесью повторно контролируют выверенное положение электрических машин. При достижении подливкой прочности не менее 12 000 кПа, но не ранее чем через 4 сут с помощью надставок окончательно затягивают гайки фундаментных болтов.

Затяжку производят равномерно в два-три обхода в требуемой последовательности. Начинают с фундаментных болтов, расположенных на осях симметрии опорной части, после чего затягивают ближайшие к ним болты, а затем, постепенно удаляясь от оси симметрии, остальные.

Крутящий момент, прилагаемый при затяжке фундаментных болтов, зависит от их диаметра. Зависимость крутящего момента от диаметра резьбы фундаментного болта приведена ниже.

Для ручной затяжки гаек фундаментных болтов применяют одно- и двусторонние гаечные ключи с открытым зевом или накидные на соответствующие размеры гаек, а также динамометрические ключи с предельным крутящим моментом до 1 200 Н · м или трещоточные с моментом до 1 400 Н · м, для механизированной затяжки — электро- или пневмогайковерты с регулируемым предельным крутящим моментом.

Диаметр резьбы фундаментного болта, мм	16	20	24	30	36	42
Крутящий момент, Н · м	30—60	50—100	130—250	300—550	600—950	1 000—1 500

§ 53. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН, ПРИБЫВАЮЩИХ С ЗАВОДОВ-ИЗГОТОВИТЕЛЕЙ В РАЗОБРАННОМ ВИДЕ

Перед началом монтажа машин по акту производят приемку фундаментов от строительной организации. Очищают резьбовые отверстия фундаментных плит, проверяют качество резьбы и при необходимости исправляют ее. В отверстия фундамента закладывают фундаментные болты, а по периметру фундаментной плиты укладывают стальные или чугунные подкладки. Плиты, имеющие нижние полки, устанавливают на подкладки и клинья, которые размещают в местах сосредоточенных нагрузок.

Плиты, не имеющие нижних полок, устанавливают на подкладки и клинья, укладываемые под ребра жесткости, расположенные в непосредственной близости от фундаментных болтов, под подшипниковые стояки, лапы станин и остальные ребра так, чтобы расстояние между осями соседних подкладок было не более 1 м. Подкладки из-под плиты должны выступать на 35—50 мм. Подготовленную к монтажу плиту устанавливают краном на подкладки, уложенные на фундамент. Плиту ориентируют по осям фундамента визирными струнами (рис. 12.10). Далее фундаментную плиту выверяют по уровню, добиваясь горизонтальности тонкими стальными подкладками. Подкладки размещают под плиту, приподнимая ее клиновыми или гидрав-

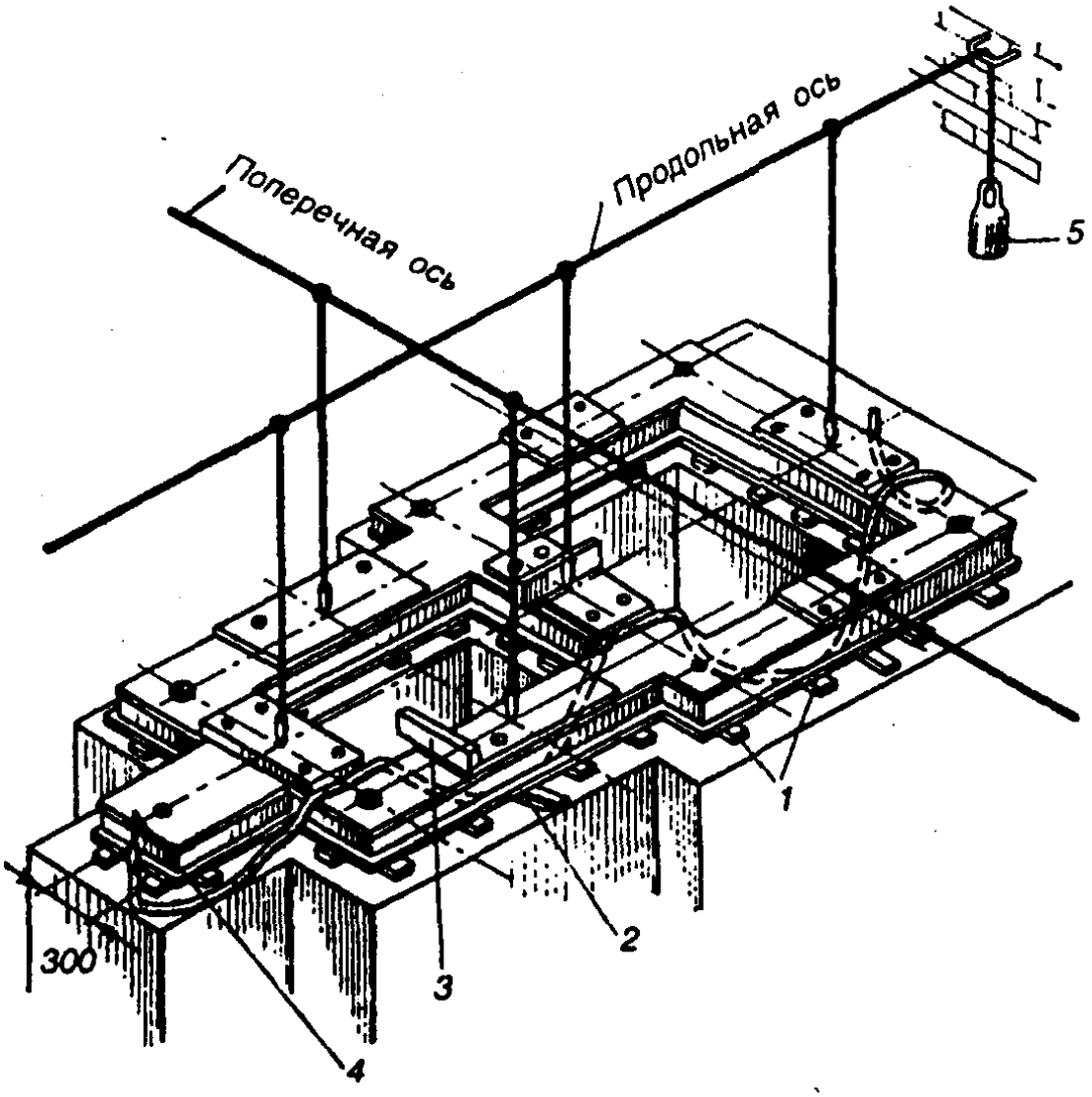


Рис. 12.10. Разметка осей и установка фундаментной плиты электрических машин большой мощности:

1 — подкладки; *2* — стальной клин; *3* — строительный уровень; *4* — гидростатический уровень; *5* — груз

лическими домкратами. При выверке плиты применяют длинную линейку и обычный или гидростатический уровень. После выверки плиты производят ее крепление затяжкой фундаментных болтов.

Если при сооружении фундамента анкерные болты не были установлены, электрическую машину устанавливают на приклеенных анкерных болтах, размещаемых в пробуренных в фундаменте колодцах (рис. 12.11).

При бесподкладочном способе монтажа зазор между поверхностью бетонного фундамента и основанием плиты оставляют 50—60 мм. Площадку под установку домкратов выверяют в горизонтальной плоскости по уровню. Домкраты устанавливают у фундаментных болтов и в местах сосредоточенных нагрузок. Суммарная грузоподъемность домкратов должна быть не менее 1,5-кратной монтажной массы оборудования. После окончательной выверки плиты, установленной на домкратах, производят подливку плиты, за

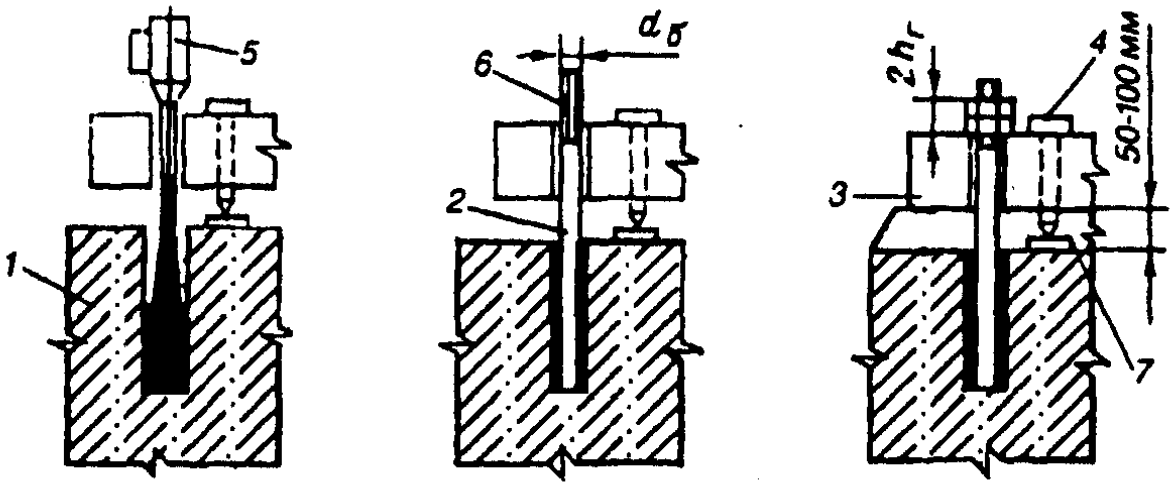


Рис. 12.11. Установка анкерных болтов на эпоксидном клее для крепления электрических машин:

1 — фундамент; *2* — штанга перфоратора с коронкой; *3* — опорная плита машины; *4* — отжимной болт; *5* — воронка для заливки эпоксидного клея; *6* — анкерный болт; *7* — бетонная подливка

исключением мест установки домкратов, которые выгораживают временной опалубкой. Подливку вибрационным способом производит строительная организация, наблюдение за тщательностью подливки ведут ответственные представители электромонтажной организации. После затвердевания подливки снимают домкраты и производят окончательную подливку фундаментной плиты в этих местах. Подливку принимают по акту, в котором должны быть указаны: состав бетонной смеси, количество пластифицирующих добавок, температура бетонной смеси и воздуха во время подливки и вибрирования.

Далее затягивают фундаментную плиту и устанавливают подшипниковые стойки, предварительно прошедшие ревизию. Под подшипниковые стойки помещают металлические (регулировочные) и в необходимых случаях изоляционные прокладки.

Сопротивление изоляции подшипниковых стоек по отношению к плите должно составлять не менее 0,5 МОм; при этом болты крепления стойки к плите должны быть затянуты до укладки валов в подшипники.

После установки вала ротора в подшипники специальным инструментом — шабером, которым удаляют выступающие неровности с поверхности баббитового вкладыша подшипника, подгоняют рабочую поверхность подшипникового вкладыша к шейке вала.

Для заводки ротора массой до 5—6 т в неразъемные статоры применяют приспособление, состоящее из направляющей детали, укрепляемой на корпусе статора, и кареток на шарикоподшипниках, снабженных устройствами для подвески и перемещения ротора (рис. 12.12).

Ответственной операцией монтажа является центровка валов.

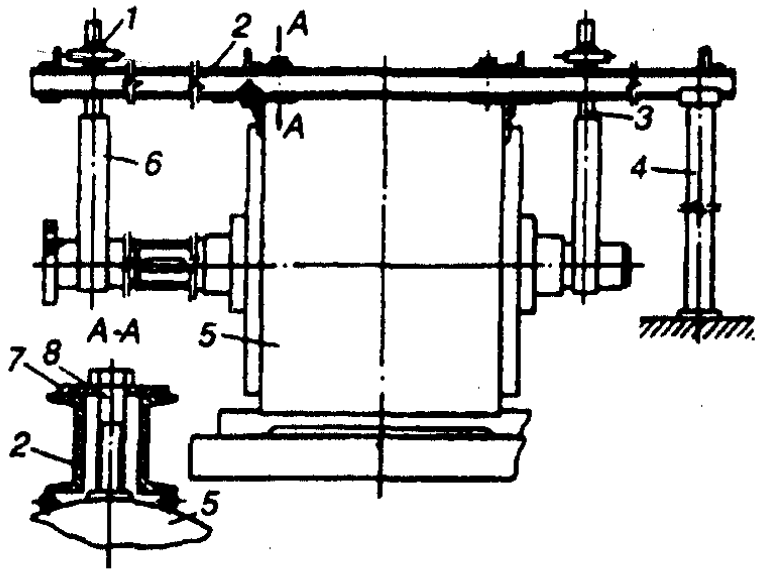


Рис. 12.12. Приспособление для выкатки и заводки роторов массой до 5 т:

1 — каретка; *2* — направляющие швеллеры; *3* — болт; *4* — подпорная стойка; *5* — статор; *6* — подъемная лента; *7* — накладка; *8* — болт

Несоосность валов характеризуется относительным смещением их осей в радиальном и угловом направлениях. В крупных машинах валы имеют естественный прогиб, поэтому трудно добиться строгой параллельности торцовых плоскостей соединительных полумуфт.

При центровке валов допускают отклонения в радиальном и угловом направлениях в пределах 0,03—0,6 мм в зависимости от конструкции соединительной муфты.

Выверку и регулировку воздушного зазора выполняют после окончательной центровки валов, а у машин постоянного тока с разъемным статором — после установки его верхней половины и скрепления последней болтами с нижней половиной. Для этого используют специальные и клиновые щупы (рис. 12.13, *а, б*). Воздушный зазор измеряют с обеих сторон ротора или якоря в следующих местах: у машин с неявно выраженными полюсами — в четырех точках (при большом диаметре ротора — в восьми); у машин с явно выраженными полюсами — под каждым полюсом против середины полюсного башмака.

Допустимая разность между наибольшим и наименьшим значениями воздушных зазоров в процентах от среднеарифметического не должна превышать у машин: асинхронных и синхронных тихоходных —10%, быстроходных —5%, постоянного тока с петлевой обмоткой —10% (при зазоре до 3 мм) и 5% (при зазоре более 3 мм), с волновой обмоткой эту разность увеличивают в 2—2,5 раза. Зазоры между якорем и добавочным полюсом не должны отличаться более чем на 5%. Неравномерность воздушного зазора для всех электрических машин не должна превышать 10%.

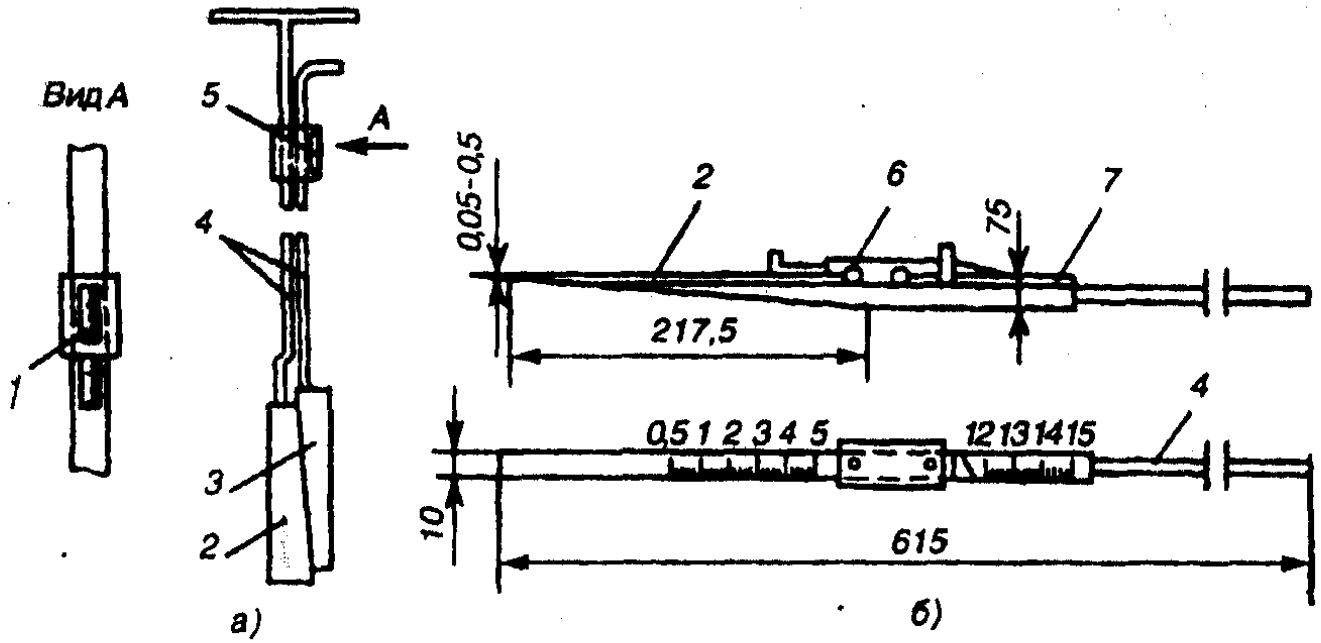


Рис. 12.13. Щупы:

а — специальный; *б* — клиновой; *1* — нониус; *2, 3* — клинья; *4* — стержни; *5* — обойма; *6* — движок; *7* — указатель

Воздушный зазор регулируют подбором соответствующих подкладок под лапы станины статора и его разворотом в поперечном направлении относительно продольной оси ротора или якоря.

Сушку обмоток машины производят в том случае, если при ревизии установлен низкий уровень изоляции, не допускающий включения без сушки.

Сушка обмоток может быть выполнена их нагревом: постоянным или переменным током от постороннего источника; горячим воздухом (обдув); потерями в стали (индукционным способом); током КЗ при пониженном напряжении (для генераторов).

Перед сушкой обмотки продувают чистым и сухим воздухом для того, чтобы осевшая пыль после разогрева и размягчения изоляции не прилипала к ее лаковой покровной пленке.

В процессе сушки термометром или термопарой непрерывно измеряют температуру обмоток и стали, не допуская повышения ее выше 75°С. Температуру нагрева увеличивают постепенно — быстрый нагрев может вызвать разрывы в изоляции: при сушке крупных машин температуру увеличивают до 50°С в течение 20 ч; наивысшая температура должна быть достигнута не ранее чем через 30—40 ч.

Сушку обмоток считают законченной, если при установившейся температуре сопротивление изоляции и коэффициент абсорбции обмоток не изменяются в течение 6—7 ч.

Технологическая последовательность монтажных работ при установке машин большой мощности заключается в распаковке и размещении частей машины на монтажной площадке в машинном зале; очистке частей машины от грязи и ржавчины, очистке поверхности фундамента, выверке в горизонтальной плоскости основания

фундаментной плиты; установке подшипниковых стояков и изоляции от фундаментной плиты тех из них, для которых она предусмотрена предприятием-изготовителем; установке статора и ротора; сопряжении валов; подгонке подшипников и вкладышей, уплотнении подшипников; выполнении внутренних соединений машины; обработке коллектора и контактных колец; монтаже коммутирующих устройств (суппорт, траверсы, щетки); проверке состояния изоляции и при необходимости контрольном прогреве или сушке; установке контрольных шпилек (конических штифтов) для надежного фиксирования положения станин и подшипниковых стояков; монтаже систем смазки и принудительной вентиляции.

Набор инструмента для монтажа электрических машин, поступающих в собранном или разобранном виде, следующий: приспособление для развертывания отверстий в полумуфтах и проворачивания валов, съемник подшипников качения со скобой и хомутом, гидравлический домкрат до 100 кН, приспособление для центровки валов, клиновой щуп для измерения воздушных зазоров, ключ со сменными головками для гаек большого размера, приспособление для центровки машин с промежуточными валами, виброметр, трехзахватный универсальный съемник, клиновой домкрат грузоподъемностью 50 кН, электрошарошка, гидростатический уровень, разъемный регулируемый уровень, микрометрический уровень с ценой деления 0,1/1 000 мм, набор инструмента слесаря-монтажника, центробежный ручной тахометр ИО-10, комплекты конических разверток 1:50 диаметром 13—27 мм, микрометрических нутромеров для измерения в пределах 50—600 мм, индикаторных скоб С—300—800 мм, гаечных ключей размером 8—36 мм, комплекты щупов, отвесов и стропов, призма длиной 100—150 мм.

§ 54. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Как правило, взрывозащищенные электродвигатели поступают с заводов-изготовителей в собранном виде, вместе с технологическим оборудованием. Каждый электродвигатель поставляют с техническим паспортом и инструкцией по монтажу и эксплуатации.

Разборку электродвигателей при монтаже проводят в том случае, если обнаружен обрыв обмоток, или сопротивление (МОм) их изоляции по отношению к корпусу, измеренное мегаомметром на 1 000 В, ниже $R = U/(1\,000 + 0{,}01\,N)$, где U — номинальное напряжение, В; N — мощность электродвигателя, кВт.

Для электродвигателей на напряжение 6 или 10 кВ сопротивление изоляции обмоток измеряют мегаомметром на 2 500 В, при этом оно должно быть не ниже 6 МОм.

Если сопротивление изоляции обмоток электродвигателя ниже нормы, осуществляют сушку обмоток со снятием вводного устройства для циркуляции воздуха независимо от срока отгрузки с завода-изготовителя.

После сушки проверяют плотность прилегания сопрягаемых деталей взрывонепроницаемых оболочек. Зазор должен быть не более указанного в заводской инструкции по монтажу и эксплуатации электродвигателя. Если электродвигатель не удовлетворяет этим требованиям, его нельзя использовать как взрывозащищенный.

Электродвигатели серии ВАО на напряжение 380/660 В мощностью до 315 кВт имеют шесть типов вводных устройств К1—К6, которые допускают непосредственный ввод бронированных кабелей с бумажной изоляцией, кабелей и проводов в трубах с изоляцией жил из резины и поливинилхлоридного пластиката.

Устройства К5 и К6 электродвигателей ВАО 315—450 имеют отверстия для ввода двух кабелей и отличаются друг от друга только диаметрами вводных отверстий (табл. 31). Вводные устройства крепят к фланцам электродвигателей четырьмя болтами и могут быть повернуты на 90°, т.е. установлены вводными отверстиями влево, вправо, вверх и вниз.

Таблица 31. **Трубная резьба ввода электродвигателей серии ВАО**

Габарит электродвигателя	Вводное устройство	Трубная резьба ввода, мм	Габарит электродвигателя	Вводное устройство	Трубная резьба ввода, мм
0—1	К1	19	9	К4	65
2—3	К1	25	315	К5	50 × 50
4—6	К2	32	355—450	К6	50 × 65
7—8	К3	50			

Внутри корпусов вводных устройств электродвигателей 0—9-го габаритов установлено по три силовых проходных контактных зажима и один заземляющий зажим у электродвигателей 315—450-го габаритов — шесть силовых и два заземляющих зажима (рис. 12.14). Силовые зажимы соединены попарно контактными пластинами с отверстиями диаметром 10 мм, что позволяет присоединять к одной фазе по одной жиле каждого из двух вводимых кабелей. При этом контактные плоскости наконечников фазных жил одного кабеля должны быть повернуты на 180° по отношению к контактным плоскостям наконечников другого кабеля для присоединения наконечников одной фазы с двух сторон контактной пластины.

При вводе одного кабеля в электродвигатели серии ВАО 315—450 категорически запрещается снимать из второго вводного отверстия заводскую заглушку во избежание нарушения взрывозащищенных свойств вводного устройства. Вводные устройства электродвигателей серии ВАО маркировки В4Г и В4Д с 0-го по 9-й габариты — стальные сварные, расположены сверху электродвигателей и могут

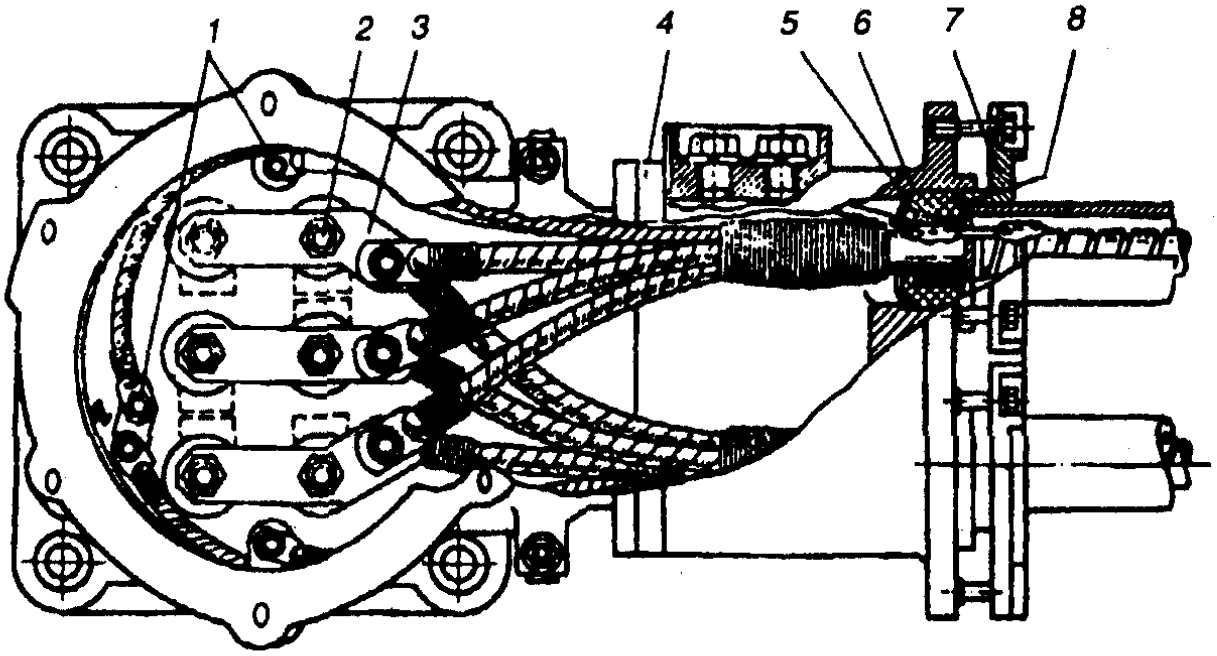


Рис. 12.14. Вводное устройство электродвигателей ВАО:

1 — заземляющий зажим; *2* — силовой зажим; *3* — контактная пластина; *4, 6* — кабельная и нажимная муфты; *5* — уплотнительное кольцо; *7, 8* — упорная и нажимная шайбы

быть повернуты на 90°. Для электродвигателей 0—5-го габаритов используют вводное устройство типа К1, 6—9-го габаритов — К3. Ниже приведены трубные резьбы в нажимных муфтах вводных устройств для различных габаритов электродвигателей с маркировкой В4Г и В4Д.

Габарит электродвигателя	0—1	2—5	6—7	8—9
Трубная резьба ввода, мм	19	25	50	65

Перед вводом проводов и кабелей в электродвигатели сначала с корпуса вводного устройства снимают нажимную муфту, затем из гнезда кабельной муфты вынимают нажимную шайбу и удаляют надрезанные слои резинового кольца или сверлят в кольце отверстие по диаметру оболочки кабеля. Диаметр отверстия не должен превышать диаметра оболочки кабеля более чем на 1—1,5 мм (кольцо надевают на наружную оболочку кабелей марок ВББВ и АВББВ).

При вводе проводов в резиновое кольцо по меткам сверлят четыре отверстия диаметром, равным диаметру вводимого провода, и снимают крышку, отвернув торцовым ключом болты, крепящие ее к корпусу вводного устройства. При подводе к электродвигателям кабелей марок ВББВ и АВББВ от основной трассы их прокладывают открыто на перфорированных лотках или монтажных профилях без дополнительной защиты от возможных механических воздействий и независимо от высоты прокладки. Если расстояние от нижней

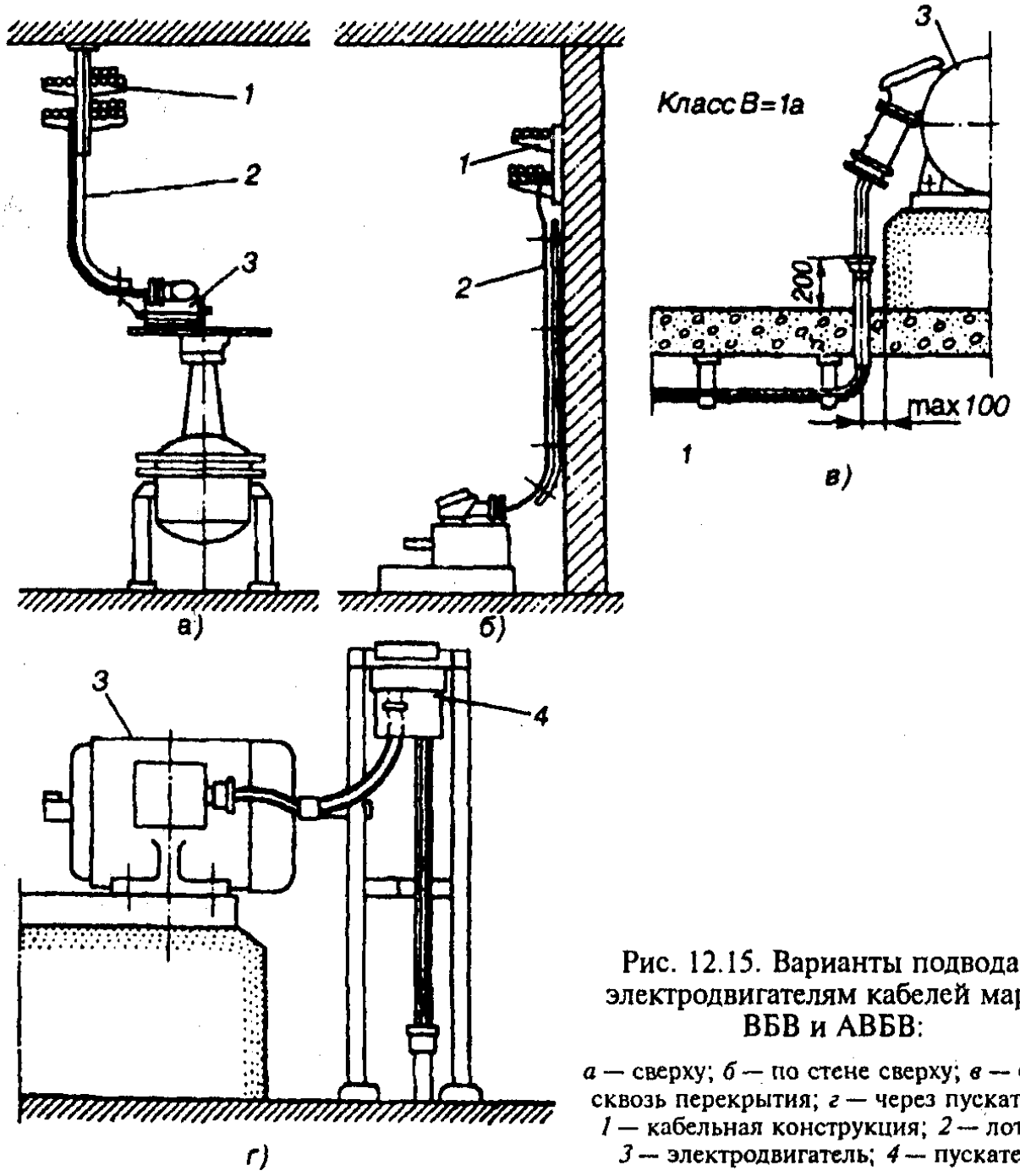


Рис. 12.15. Варианты подвода к электродвигателям кабелей марок ВББ и АВББ:

а — сверху; *б* — по стене сверху; *в* — снизу сквозь перекрытия; *г* — через пускатель; *1* — кабельная конструкция; *2* — лоток; *3* — электродвигатель; *4* — пускатель

муфты вводного устройства электродвигателя до места крепления кабеля на лотке не более 0,7 м, дополнительных креплений кабеля не делают, а при больших расстояниях ставят перфорированный лоток с прокладкой по нему кабеля. Варианты подвода кабелей марок ВББ и АВББ к электродвигателям приведены на рис. 12.15.

Открыто прокладываемые бронированные и небронированные кабели других марок с поливинилхлоридной, резиновой и бумажной изоляцией (например, ВВБГ; ВРБГ; СБГ и др.) при подводе к электродвигателям защищают от возможных механических воздействий на высоте не ниже 2 м от пола или площади обслуживания. Защиту кабеля осуществляют монтажными профилями, стальными коробами, водогазопроводными трубами. Длина жил кабелей, присоединяемых к зажимам электродвигателей приведена в табл. 32.

Таблица 32. **Длина секторных жил (мм) для присоединения к электродвигателям серии ВАО 315—450-го габаритов**

Площадь сечения жил, мм^2 (тип жил)	Крайняя жила			Средняя жила			Нулевая жила		
	Наконечник								
	медный	медно-алюминиевый	алюминиевый	медный	медно-алюминиевый	алюминиевый	медный	медно-алюминиевый	алюминиевый
25 (С, СО)	280	270	275	270	260	265	260	250	255
35 (С, СО)	275	270	270	265	260	265	255	250	255
50 (С, СО)	265	255	270	255	245	260	245	235	250
70 (С)	260	250	255	250	240	245	240	230	235
70 (С)	—	255	260	—	245	250	—	235	240
95 (С, СО)	255	245	250	245	235	240	235	225	230
120 (С, СО)	255	240	245	245	230	235	235	220	225
150 (С)	—	240	245	—	230	235	—	220	225

Примечание. Буквенные обозначения: С — секторная многопроволочная, СО — секторная однопроволочная.

При подводе к электродвигателям проводов или кабелей в трубах, выходящих из пола, трубы должны иметь привязку, указанную в проекте. После установки электродвигателей на место трубы доводят до вводного устройства и вводят на короткой резьбе в нажимную муфту. Защиту бронированных кабелей на участке между трубами, выходящими из пола, и вводным устройством электродвигателя можно выполнять монтажным профилем или стальным коробом.

При замере трубы нажимную муфту притягивают болтами до отказа к кабельной муфте (или корпусу вводного устройства у электродвигателей до 3-го габарита). Болты затягивают равномерно во избежание перекоса нажимной муфты и повреждения резьбы болтов.

Если диаметр подводимой трубы меньше диаметра отверстия в нажимной муфте вводного устройства, в нажимную муфту ввертывают переходную футорку. При выводе труб из пола они имеют разъемные соединения. Если кабель затянут в трубу до установки электродвигателя, разъемное соединение не собирают.

К электродвигателям, которые установлены на основаниях, подверженных вибрации, подвод выполняют так:

во взрывоопасных зонах всех классов — гибкими переносными кабелями с резиновой изоляцией (от пусковых аппаратов, установленных как у электродвигателей, так и в электропомещениях (без дополнительной защиты от механических повреждений);

во взрывоопасных зонах классов В-1б, В-1г — гибкими проводами в водогазопроводных трубах с переходом на резиновые напорные рукава при условии их соответствия окружающей среде (пары бензина, бензола и т.п.);

во взрывоопасных зонах классов В-1а, В-1 — гибкими проводами в водогазопроводных трубах с переходом на герметичные металлорукава типа РІ-Ц-А и РІ1-Ц-А.

Для соединения герметичных металлорукавов с электродвигателями и аппаратами в отверстие вводного устройства ввинчивают штуцеры или к трубе привинчивают накидную гайку металлорукава.

Контрольные вопросы

1. По каким признакам классифицируют электродвигатели?
2. Чем отличается машина постоянного тока от машины переменного?
3. Каков принцип действия асинхронного электродвигателя?
4. Какова технологическая последовательность операций по монтажу электрических машин, прибывающих к заказчику в собранном виде?
5. Как центруют валы соединяемых между собой электрических машин?
6. Какова технологическая последовательность операций по монтажу электрических машин, прибывающих к заказчику в разобранном виде?
7. Что называют бесподкладочным способом установки и выверки фундаментных плит?
8. Как производят выверку и регулировку воздушного зазора крупных электрических машин?
9. Как и для каких целей сушат обмотки электрических машин?
10. В чем особенности технологии монтажа взрывозащищенных электродвигателей?

ГЛАВА 13. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КОНДЕНСАТОРНЫХ УСТАНОВОК

§ 55. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КОНДЕНСАТОРНЫХ УСТАНОВКАХ И СХЕМАХ ИХ СОЕДИНЕНИЯ

Реактивная мощность в электроустановках появляется от действия намагничивающего тока асинхронных двигателей (60—65 % общей реактивной мощности), трансформаторов (20—25 %), индуктивности воздушных ЛЭП, реакторов, вентильных преобразователей и других устройств (10 %). В зависимости от характера применяемого электрооборудования реактивная мощность может быть значительной и составлять до 130 % активной полезной мощности. Прохождение значительной индуктивной составляющей тока

по питающим и распределительным сетям и через трансформаторы приводит к возникновению дополнительных потерь энергии во всех элементах системы внешнего и внутреннего электроснабжения предприятия (в активных сопротивлениях генератора и ЛЭП). Так, для элемента с сопротивлением R мощность потерь в нем составит

$$\Delta P = I^2 R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R = \Delta P_{\text{а}} + \Delta P_{\text{р}} .$$

Таким образом, дополнительные потери $\Delta P_{\text{р}}$ на нагрев, обусловленные реактивной мощностью Q, пропорциональны квадрату ее значения. Чтобы уменьшить дополнительные потери $\Delta P_{\text{р}}$, необходимо увеличить сечение проводов, т. е. повысить затраты или принять другие технически и экономически оправданные меры (например, установка конденсаторов) от реактивного тока возникает дополнительное падение напряжения в проводах ЛЭП и трансформаторах, которое снижает напряжение на электроприемнике, что особенно существенно для протяженных промышленных сетей и питающих линий передачи. При питании активно-индуктивной нагрузки через элемент сети с активным сопротивлением R и реактивным X падения напряжения составят

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U} = \frac{PR}{U} + \frac{QX}{U} = \Delta U_{\text{а}} + \Delta U_{\text{р}} ,$$

где $\Delta U_{\text{а}}$ — падения напряжения, обусловленные соответственно активной и реактивной мощностью.

Дополнительное падение напряжения $\Delta U_{\text{р}}$ увеличивает отклонение напряжения на зажимах приемника от номинального при изменениях нагрузок и режимов электрической сети, что приводит к понижению вращающих моментов двигателей, уменьшению светоотдачи осветительными приборами и к другим нежелательным последствиям. Все это требует увеличения мощности или применения средств регулирования напряжения с помощью комплектных конденсаторных установок.

Конденсаторной установкой (КУ) называют электроустановку, состоящую из конденсаторов и относящегося к ней вспомогательного электрооборудования (выключателей, разъединителей, разрядных сопротивлений и т.п.).

Конденсаторная установка состоит из одной или нескольких конденсаторных батарей или из одного или нескольких отдельно установленных конденсаторов, присоединенных к сборным шинам через отдельные коммутационные аппараты.

Конденсаторной батареей называют совокупность двух или более конденсаторов, соединенных электрически между собой.

Секцией конденсаторной батареи называют часть батареи, снаб-

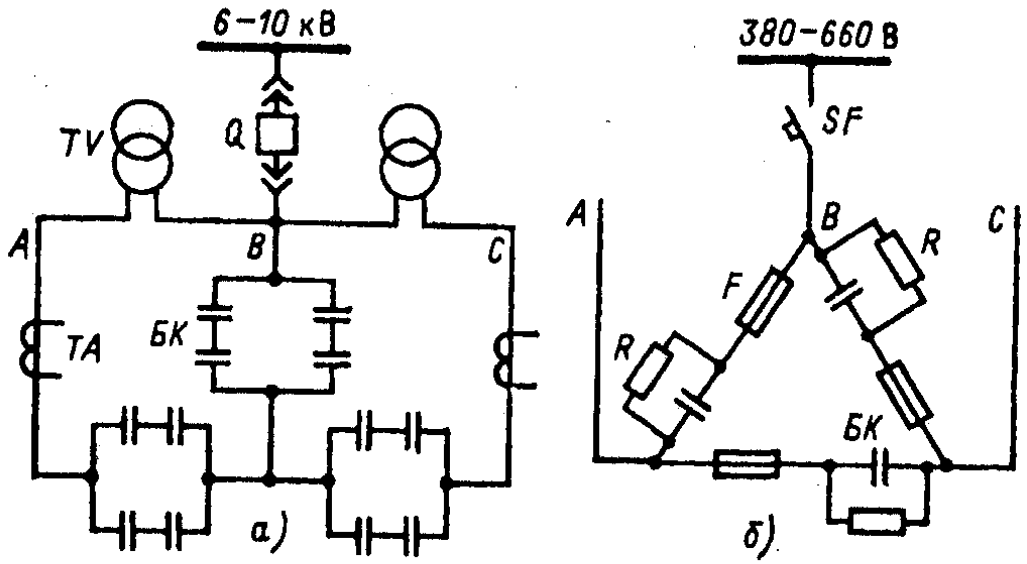


Рис. 13.1. Схема конденсаторных установок

женную выключателем или разъединителем, служащим для отключения только одной этой секции от остальной части батареи (под напряжением или после отключения всей батареи в целом).

Конденсаторные установки присоединяют к сети через отдельный аппарат управления, предназначенный для включения и отключения только конденсаторов, или через общий аппарат управления с силовым трансформатором, асинхронным электродвигателем или другим электроприемником. Обе эти схемы могут применяться при любом напряжении конденсаторной установки.

В трехфазных батареях однофазные конденсаторы соединяют в треугольник или звезду. Применяется также последовательное или параллельно-последовательное соединение однофазных конденсаторов в каждой фазе трехфазной батареи.

Если конденсаторные батареи включают параллельно нагрузке — это поперечная компенсация, а при последовательном включении — продольная компенсация.

При отключении конденсаторы сохраняют напряжение остаточного заряда, представляющее опасность для персонала и затрудняющее работу выключателей. По условиям безопасности требуется применение разрядных устройств. В качестве разрядных устройств применяют два однофазных трансформатора напряжения типа НОМ по схеме, показанной на рис. 13.1, *а*. Для батарей 380—660 В вместо НОМ по той же схеме включают сопротивления или лампы накаливания (две лампы и более — последовательно в каждой разрядной ветви). В новых конденсаторах применяются встроенные разрядные сопротивления *R* внутри или снаружи бака конденсатора, которые располагают параллельно емкости конденсаторов (рис. 13.1, *б*).

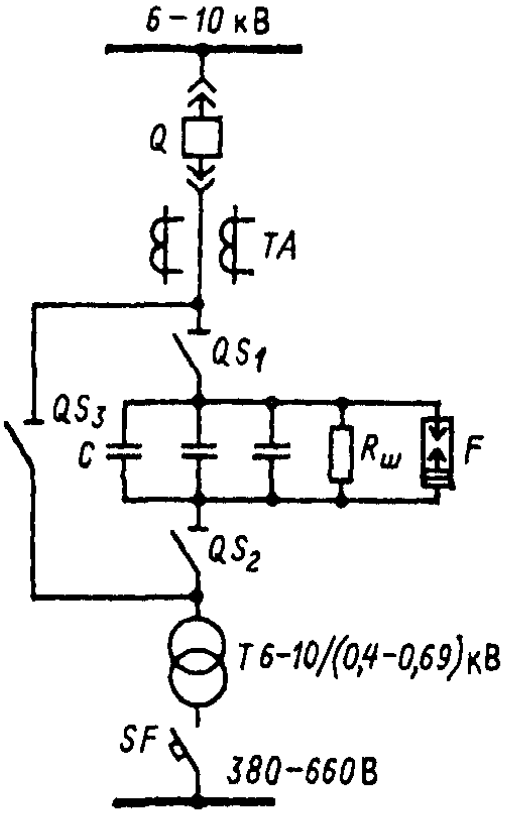


Рис. 13.2. Схема установки продольной емкостной компенсации (УПК)

Поперечную емкостную компенсацию выполняют комплектными конденасаторными установками (КУ), которые устанавливают в цехе рядом с комплектными трансформаторными подстанциями или около крупных электроприемников. Комплектную конденсаторную установку собирают в шкафах с аппаратурой защиты, измерения, управления и с разрядным устройством. На рис. 13.1 показаны две схемы КУ: высокого (6—10 кВ) и низкого (380—660 В) напряжения.

Установки продольной компенсации УПК практически не являются источниками мощности. Шунтирующее сопротивление $R_ш$ (см. рис. 13.2), превышающее сопротивление конденсаторов примерно в 10 раз, устраняет резонансные явления в УПК. Главное назначение продольной компенсации — частичная компенсация индуктивного сопротивления участков электрической сети для уменьшения потери напряжения в них.

§ 56. ЗАЩИТА И МОНТАЖ КОНДЕНСАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Конденсаторная установка в целом должна иметь защиту от токов короткого замыкания, действующую на отключение без выдержки времени.

Независимо от защиты всей КУ в целом в батареях с параллельным соединением конденсаторов последние снабжают групповой защитой от токов короткого замыкания при помощи плавких предохранителей, причем число конденсаторов в одной группе должно быть не менее пяти и номинальный ток одной группы — не более 100 А.

Групповая защита не требуется, если конденсаторы снабжены встроенной индивидуальной защитой секций. В любом случае предохранители должны обеспечивать надежное отключение при наименьших и наибольших величинах тока короткого замыкания в данной точке сети.

При коммутировании КУ возникают перенапряжения и броски тока, в особенности при включении на параллельную работу с другими батареями или секциями. Необходимы специальные быс-

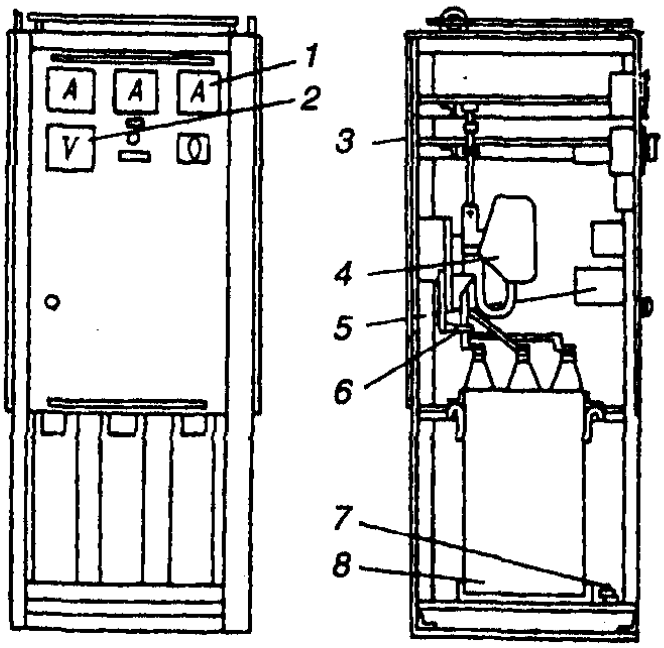


Рис. 13.3. Общий вид установки КУ-0,38-110:

1 — амперметр; *2* — вольтметр; *3* — предохранитель; *4* — контактор; *5* — панель управления; *6* — трансформатор тока; *7* — заземляющий болт; *8* — конденсатор

тродействующие выключатели, имеющие повышенную износостойкость контактной и механической частей, рассчитанные на такие броски и допускающие частые переключения. Обычные выключатели на напряжение 6—10 кВ, а также автоматы и контакторы 380 В, не рассчитанные на чисто емкостную нагрузку, выбирают с запасом по номинальному току не менее чем на 50 %.

Защиту батарей выбирают с учетом отстройки от токов включения и разряда конденсаторов. При защите батарей предохранителями ток плавкой вставки $i_в$ определяют по формуле

$$i_в \le 1{,}6\, n \frac{Q_к}{\sqrt{3}\, U_л},$$

где n — общее количество конденсаторов БК (во всех фазах); $Q_к$ — номинальная мощность однофазного конденсатора; $U_л$ — линейное напряжение.

При защите автоматическим выключателем последний должен иметь комбинированный расцепитель, обеспечивающий защиту с плавной регулировкой уставки тока. Уставку тока $i_у$ выбирают исходя из допустимой перегрузочной способности конденсаторов 130 % и определяют так:

$$i_у \le 1{,}3\, n \frac{Q_к}{\sqrt{3}\, U_л},$$

В случаях, когда известно, что уровень напряжения сети в месте присоединения КУ будет временами при включенных конденсато-

рах превышать 110 % номинального напряжения установки, предусматривают защиту, отключающую установку при указанном повышении напряжения и работающую с выдержкой времени 3—5 мин, а также обратное автоматическое ее включение после восстановления первоначального уровня напряжения.

Равенство емкостей всех трех фаз КУ должно контролироваться тремя амперметрами, указывающими ток в каждой фазе присоединения батареи. Конденсаторные установки мощностью до 400 кВАр снабжают только одним амперметром.

При монтаже КУ с общим количеством масла в одной установке более 600 кг их располагают в отдельном помещении с выходом наружу или в общее помещение, отвечающее в отношении огнестойкости требованиям, приведенным в ПУЭ.

Конденсаторные установки с общим количеством масла до 600 кг можно размещать в помещениях щитов управления и распределительных устройств напряжением до и выше 1000 В; монтаж КУ аналогичен монтажу комплектных РУ.

Контрольные вопросы

1. Как влияет реактивная мощность на работу системы внутриплощадочного и внешнего электроснабжения предприятия?
2. Какую установку называют конденсаторной?
3. Какие схемы соединений конденсаторных батарей применяют в сетях до и выше 1000 В?
4. Как защищают батареи конденсаторов от перенапряжений и бросков тока?
5. Как монтируют шкафы КУ?

РАЗДЕЛ 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СЕТЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

ГЛАВА 14. СТРУКТУРА ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

§ 57. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРАВИЛАХ УСТРОЙСТВА И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Все вновь сооружаемые, реконструируемые, расширяемые или технически перевооруженные электроустановки промышленных предприятий выполняют в соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ), за исключением специальных электроустановок, в отношении которых ПУЭ обязательны в той мере, в какой они не изменены специальными правилами.

К промышленным предприятиям относят комбинаты (в том числе опытные заводы научно-исследовательских институтов), фабрики, шахты, карьеры, производственные и ремонтные базы, типографии, предприятия железнодорожного, водного, воздушного, трубопроводного и городского транспорта, ремонтно-механические заводы «Сельхозтехника» и др. Действующими считают электроустановки, которые имеют источники электроэнергии, полностью или частично находящиеся под напряжением, или установки, на которые в любой момент может быть подано напряжение включением коммутационной аппаратуры.

ПУЭ требуют, чтобы в электроустановках была обеспечена возможность легкого распознавания частей, относящихся к отдельным их элементам (простота и наглядность схем, надлежащее расположение электрооборудования, надписи, маркировка, расцветка).

В каждой электроустановке окраска одноименных шин должна быть одинаковой. При переменном токе фазу А окрашивают в желтый, фазу В — зеленый и фазу С — красный, нулевую шину, при изолированной нейтрали — белый, при заземленной нейтрали — черный цвет.

При однофазном токе: проводник, присоединенный к началу обмотки источника питания окрашивают в желтый, к концу обмотки — черный цвет.

При постоянном токе: положительную шину (+) окрашивают в красный, отрицательную (—) — синий и нейтральную — белый цвет.

В закрытых распределительных устройствах при переменном трехфазном токе шины окрашивают в следующие цвета:

сборные шины при вертикальном расположении: верхняя шина (А) — желтый, средняя шина (В) — зеленый, нижняя шина (С) — красный цвет. При расположении шин горизонтально, наклонно или по треугольнику: шина, наиболее удаленная от персонала (А) — желтый, средняя (В) — зеленый и ближайшая к персоналу (С) — красный цвет;

ответвления от сборных шин: левая шина (А) — желтый, средняя шина (В) — зеленый, правая шина (С) — красный цвет, если смотреть на шины из коридора обслуживания.

В открытых распределительных устройствах при переменном трехфазном токе шины окрашивают в следующие цвета:

сборные и обходные шины: шина (А), ближайшая к силовым трансформаторам — желтый, средняя шина (В) — зеленый, отдаленная (С) — красный цвет;

ответвления от системы сборных шин: левая шина (А) — желтый, средняя шина (В) — зеленый, правая шина (С) — красный цвет, если смотреть из открытого распределительного устройства на выводы от трансформаторов;

при постоянном токе шины окрашивают в следующие цвета:

сборные шины, расположенные вертикально: верхняя шина, нейтральная — белый, средняя (—) — синий, нижняя (+) — красный цвет;

сборные шины, расположенные горизонтально: шина нейтральная, наиболее удаленная — белый, средняя (—) — синий, ближайшая (+) — красный цвет, если смотреть на шины из коридора обслуживания;

ответвления от сборных шин; левая шина, нейтральная — белый, средняя (—) — синий, правая (+) — красный, если смотреть на шины из коридора обслуживания.

В отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники ПУЭ разделяют на три категории:

1-я категория — электроприемники, нарушение электроснабжения которых может повлечь за собой: опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса;

2-я категория — электроприемники, перерыв в электроснабжении которых связан с массовым недоотпуском продукции, простоем рабочих, механизмов и промышленного транспорта;

3-я категория — все остальные электроприемники, не подходящие под определения 1-й и 2-й категорий (например, электро-

приемники цехов несерийного производства, вспомогательных цехов, и т. п.).

Электроприемники 1-й категории обеспечивают электроэнергией от двух независимых источников питания, и перерыв их электроснабжения может быть допущен лишь на время автоматического ввода резервного питания.

При небольшой мощности электроприемников 1-й категории в качестве второго источника питания могут быть использованы передвижные электростанции, аккумуляторные батареи, перемычки на низшем напряжении от ближайшего пункта, имеющего независимое питание с автоматическим включением резерва (АВР).

Если автоматическим резервированием электроснабжения нельзя обеспечить необходимой непрерывности технологического процесса, последний должен обслуживаться двумя или большим числом совместно действующих технологических агрегатов одинакового значения, приводы которых питают от независимых источников питания, если это экономически целесообразно.

Для электроустановок, работающих круглосуточно и в течение всего года, производство и технология которых не допускают перерывов питания электроэнергией, систему электроснабжения выполняют так, чтобы при выводе в длительный ремонт любого ее элемента сохранилось в действии электроснабжение объекта от двух независимых источников.

Для электроприемников 2-й категории допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

Средневзвешенный коэффициент мощности электроустановок, присоединяемых к электрическим сетям, должен быть не ниже 0,92—0,95.

Уменьшение указанной величины допускают лишь по согласованию с энергосистемой в случае наличия избытков реактивной мощности в энергосистеме питающей электроустановки потребителя непосредственно от шин генераторов электростанций.

Установку на предприятиях всех видов компенсирующего электрооборудования производят только с разрешения энергосистемы.

Важнейшим условием правильной эксплуатации является своевременное проведение *планово-предупредительных ремонтов и периодических профилактических испытаний* оборудования и сетей. Организационные и технические положения по эксплуатации электрохозяйства предприятий изложены в «Правилах технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭ), которые обязательны для всех отраслей народного хозяйства. Применительно к конкретным условиям каждого предприятия руководитель, ответственный за эксплуатацию электрохозяйства, утверждает мес-

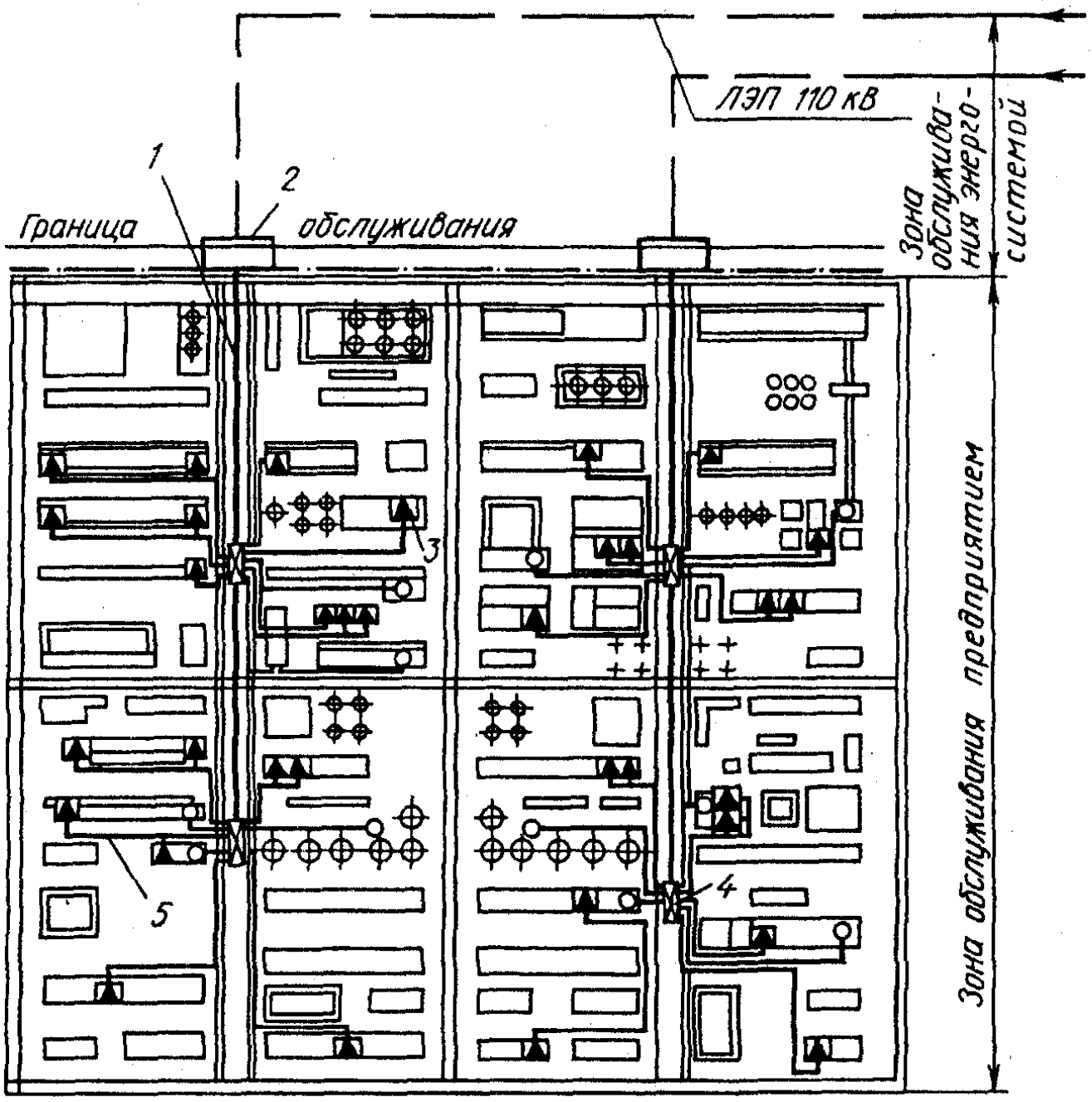


Рис. 14.1. Схема электроснабжения предприятия и зоны обслуживания электромонтерами:

1 — токопровод 10 кВ; *2* — главная понизительная подстанция; *3* — трансформаторный пункт; *4* — центральный распределительный пункт; *5* — кабельная линия

тные инструкции, базирующиеся на межотраслевых правилах безопасности при эксплуатации электроустановок. В основные обязанности электротехнического персонала промышленных предприятий входит эксплуатация электросетей и электрооборудования напряжением до 10 кВ от границы разделения эксплуатационной ответственности между снабжающей организацией и предприятием до цеховых установок включительно (рис. 14.1).

Структурой управления эксплуатацией электроустановок называют совокупность взаимосвязанных органов управления, обеспечивающих нормальное функционирование всех элементов электро-

снабжения предприятия как одного из звеньев общей производственной системы. Производственный участок представляет определенное количество рабочих мест, размещенных на обособленной территории, где выполняют однородные технологические операции. Первичным элементом производственной структуры является рабочее место. Это закрепленная за одним рабочим либо за рабочей бригадой часть производственной площади с находящимися на ней орудиями и средствами труда соответственно характеру работ, выполняемых на данном рабочем месте. Эксплуатация включает в себя техническое обслуживание, ремонт, использование и хранение электроустановок. Техническое обслуживание представляет совокупность организационных и технических мероприятий, проводимых в межремонтный период, направленных на поддержание надежности и готовности использующихся и хранящихся в резерве электроустановок. Для восстановления ресурса электроустановок кроме текущих ремонтов проводят капитальные, при выполнении которых оборудование выводят из состояния использования. Основная часть эксплуатации — непосредственное использование электроустановок. Некоторые электроустановки используют в течение сравнительно коротких промежутков времени, остальное время их хранят на складе или в состоянии «холодного» резерва. Цель контрольных мероприятий — выявление возникающих в процессе работы или хранения неисправностей. Контроль состояния электроустановок проводят визуально и проверяют выходные параметры с помощью обычных измерительных приборов.

Границы ответственности за состояние и эксплуатацию электроустановок между энергоснабжающей организацией и потребителем

Объекты	Установленная граница ответственности промышленного предприятия
Электроустановки 1000 В и выше	На соединителе проходного изолятора ВЛ с наружной стороны ЗРУ и на натяжном зажиме портальной гирлянды ОРУ. На наконечниках кабельных или воздушных вводов питающих или отходящих линий
ВЛ 1000 В и выше, имеющие отпайки (глухие или через разъединители) и принадлежащие различным организациям	На опоре основной линии, где произведена отпайка
Электроустановки до 1000 В (между потребителем и энергоснабжающей организацией)	При воздушном ответвлении на первых изоляторах, установленных на здании или трубостойке

Профилактические испытания в соответствии с требованиями ПТЭ проводят для предупреждения внезапных отказов, выявления

неисправностей отдельных элементов, обнаружить которые внешним осмотром не удается. Основой рациональной системы эксплуатации является оптимальное, с точки зрения наилучших условий использования, построение системы технического обслуживания.

§ 58. СИСТЕМА ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА (ППТОР)

На промышленных предприятиях организацию эксплуатации электроустановок осуществляют в основном на базе системы ППТОР. Сущность системы ППТОР заключается в том, что помимо повседневного ухода электроустановки подвергают через определенные промежутки времени плановым профилактическим осмотрам, проверкам, испытаниям и различным видам ремонта (табл. 33, 34).

Таблица 33. **Трудоемкости ремонтов и продолжительности межремонтных периодов электроустановок общего назначения**

Электроустановки	Трудоемкость ремонта, чел.-ч		Продолжительность межремонтных периодов, мес.	
	капитального	текущего	между капитальными ремонтами	между текущими ремонтами
Асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором*, нормального исполнения, 380—660 В мощностью, кВт:				
40—60	55	12	60**	10**
Однотрансформаторные комплектные подстанции внутренней установки*****, до 10 кВ, мощностью, кВ · А:				
до 160—250	300	80	144****	36
1600—2500***	500	150		
Выключатели нагрузки на ток до 400 А	12	4	36	12
Масляные выключатели внутренней установки на ток до 3000 А, 10 кВ	60	18	36	12
Разъединители внутренней установки трехполюсные, на ток до 1000 А, 10 кВ	20	6	48	12
Воздушные линии до 1000 В, на деревянных опорах, на 1000 м длины одноцепного провода сечением до 35 мм^2	30	9	120	36
То же, но на металлических опорах	20	6	180	36
Кабельные линии до 10 кВ, проложенные в земле, на 1000 м длины кабеля сечением 95—120 мм^2	90	27	240	12

Продолжение табл. 33

Электроустановки	Трудоемкость ремонта, чел.-ч		Продолжительность межремонтных периодов, мес.	
	капитального	текущего	между капитальными ремонтами	между текущими ремонтами
Автоматические воздушные выключатели на ток до 1000 А с рычажным и электромагнитным проводом	30	11	72	12
Магнитные нереверсивные пускатели для электродвигателей до 75 кВт	18	6	60	6
Магнитные крановые контроллеры переменного тока для двигателей 20—100 кВт	40	14	72	6
Пусковые масляные реостаты для двигателей 100 кВт	20	7	96	6
Грузоподъемные электромагниты	250	75	36	6
Тормозные электромагниты переменного тока	30	11		
Распределительные силовые пункты до 1000 В с двенадцатью установочными автоматами до 200 А	60	20	120	12
Внутрицеховые силовые сети, проложенные в трубах, на 100 м длины одного провода сечением 95—120 мм^2	17	5		
То же, двух проводов	25	7,5	168*****	12*****
То же, трех проводов	33	10		
Осветительные сети из кабеля, провода, шнура сечением 3 × 2,5—4, проложенные по кирпичным и бетонным основаниям, на 100 м длины	36	6		
Сети заземления, на 100 м длины	8	—	180	—
Шинопроводы, на 10 м длины, для тока, А:				
600	14	4	180	—
2500	18	5	168	12

* Трудоемкость ремонта электродвигателей с фазным ротором и постоянного тока увеличивается в 1,5 раза, а трудоемкость ремонта без перемотки обмоток уменьшается вдвое.

** В помещениях с пыльной или химически агрессивной средой продолжительность периодов между капитальными ремонтами 24 мес., а между текущими — 8 мес.

*** Для трансформаторов и комплектных трансформаторных подстанций наружной установки, расположенных в местах усиленного загрязнения, продолжительность ремонтных циклов и периодов между текущими ремонтами может быть сокращена.

**** Первый капитальный ремонт производится не позднее, чем через 6 лет после ввода оборудования в эксплуатацию.

***** В помещениях с повышенной опасностью продолжительность периодов между капитальными ремонтами 120 мес., а между текущими — 8 мес.

Таблица 34. **Трудоемкости ремонтов и продолжительности межремонтных периодов электроустановок специального назначения**

Электроустановки	Трудоемкость ремонта, чел.-ч		Продолжительность межремонтных периодов, мес.	
	капитального	текущего	между капитальными ремонтами	между текущими ремонтами
Осветительные распределительные щитки с автоматическими выключателями (до 30 шт.)	35	13	96	12
Трансформаторы для местного освещения, 2500 Вт	15	5		
Стабилизаторы напряжения	30	12	120	8
Электроосветительная арматура (10 светильников) во взрывобезопасном исполнении	10	3	—	6
Аппараты электродуговой сверки однопостовые на ток 1000 А	180	60		
Многопостовые сварочные преобразователи на ток 1000 А	220	75		
Сварочные генераторы постоянного тока передвижные на ток 1000 А	130	45		
Многопостовые сварочные выпрямители на ток 1000 А	300	100	24	6
Сварочные трансформаторы на ток 1000 А	90	30		
Балластовые реостаты на ток 30 А	20	7		
Осцилляторы	23	8		
Автоматы и полуавтоматы дуговой сварки под флюсом и в защитных газах на ток 1000 А	220	75		
Машины контактной сварки, 1000 кВ · А	450	150	36	6
Электропечи сопротивления периодического действия:				
камерные 100 кВт	80	28	36	6
шахтные 110 кВт	90	32		
Шкафы сушильные индукционные мощностью 50 кВт	55	8	144	12
Конвейерные электропечи сопротивления непрерывного действия мощностью 100 кВт	90	27		
То же, но толкательные, 180 кВт	130	45	24	4
Вакуумные электропечи сопротивления для плавки, обкатки и прокаливания, до 80 кВт	185	70	24	4
То же, но элеваторные, 50 кВт	80	28	24	4
То же, но муфельные, 25 кВт	30	10	24	4

Система ППТОР позволяет поддерживать электроустановки в состоянии, обеспечивающем их нормальные технические параметры, предотвращать частично случаи отказов, снижать расходы на ремонт, улучшать технические параметры при плановых ремонтах в результате той или иной модернизации.

За ремонтный цикл принимают период между двумя плановыми капитальными ремонтами, а для вновь вводимых в эксплуатацию электроустановок — наработку от ввода их в эксплуатацию до первого планового капитального ремонта. Последовательность выполнения различных видов ремонта и работ по техническому обслуживанию в пределах одного ремонтного цикла определяется его структурой. Ремонтный цикл и его структура являются основой системы ППТОР. Они определяют все ремонтные нормативы и экономические показатели системы ремонтов.

При капитальных ремонтах выполняют одновременно мероприятия, направленные на увеличение длительности непрерывной работы оборудования, повышение технико-экономических показателей и усовершенствование оборудования путем модернизации отдельных элементов и узлов с учетом передового опыта и новых разработок.

Ремонт электрооборудования и аппаратов, непосредственно связанных с технологическими агрегатами, производят одновременно с ремонтом последних.

Перед вводом в капитальный ремонт каждого агрегата выполняют следующие подготовительные мероприятия:

— составляют ведомость объема работ и смету, которые уточняют после вскрытия и осмотра агрегата;

— составляют график проведения ремонтных работ;

— подготавливают согласно ведомостям объемов работ необходимые материалы и запасные части;

— составляют и утверждают техническую документацию на реконструкционные работы, намеченные к выполнению в период капитального ремонта;

— приводят в исправное состояние инструмент, приспособления, такелажное оборудование и подъемно-транспортные механизмы;

— готовят рабочие места для ремонта;

— комплектуют ремонтные бригады.

Ремонт оборудования и аппаратов производят по инструкциям.

При ремонте основного и вспомогательного электрооборудования результаты центровки и балансировки, а также величины всех зазоров и другие замеры, связанные с износом и изменением состояния деталей, заносят в формуляры, а данные о выполненных работах — в ремонтный журнал или паспорт данного оборудования, электроустановки.

В процессе ремонта агрегата ответственный за электрохозяйство (или уполномоченными им лицами) производят приемку из ремонта отремонтированных узлов и вспомогательных механизмов.

При приемке основного оборудования из капитального ремонта дают оценку объема и качества ремонта, а также оценку внешнего состояния оборудования (изоляция, чистота, покраска, состояние перил и площадок и т. д.).

Вновь вводимое после ремонта оборудование испытывают в соответствии с объемом и нормами испытания электрооборудования, предусмотренными ПУЭ. Специальные испытания эксплуатируемого оборудования проводят по разработанным схемам и программам, утвержденным лицом, ответственным за электрохозяйство.

§ 59. ФОРМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК И ТИПОВЫЕ СТРУКТУРЫ ОТДЕЛА ГЛАВНОГО ЭНЕРГЕТИКА

Система ППТОР предполагает выбор и применение рациональной формы эксплуатации электроустановок на предприятии. Организационная форма эксплуатации влияет на производственную мощность ремонтных баз, качество ремонта, численность работни-

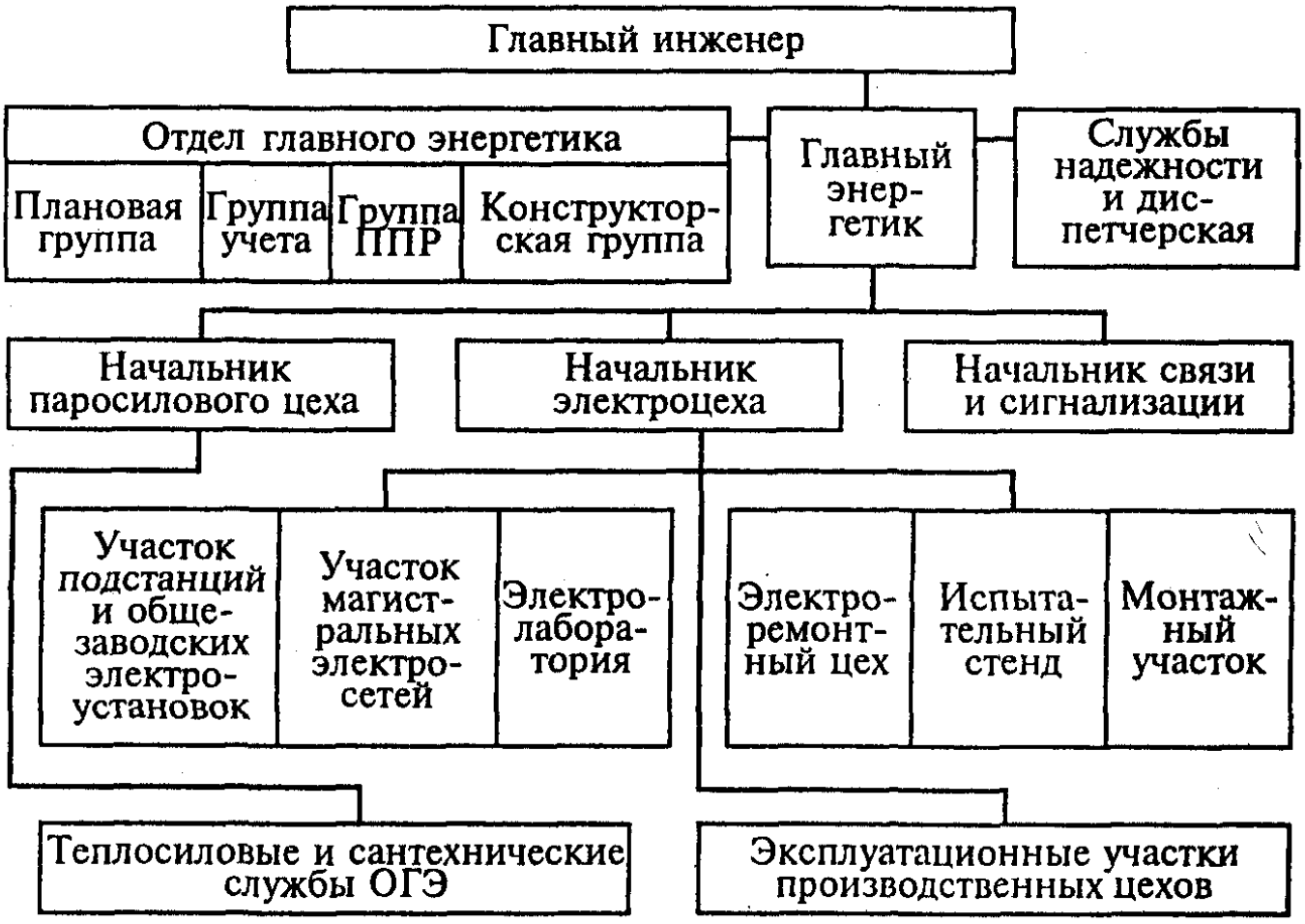


Рис. 14.2. Схема централизованного управления энергохозяйством

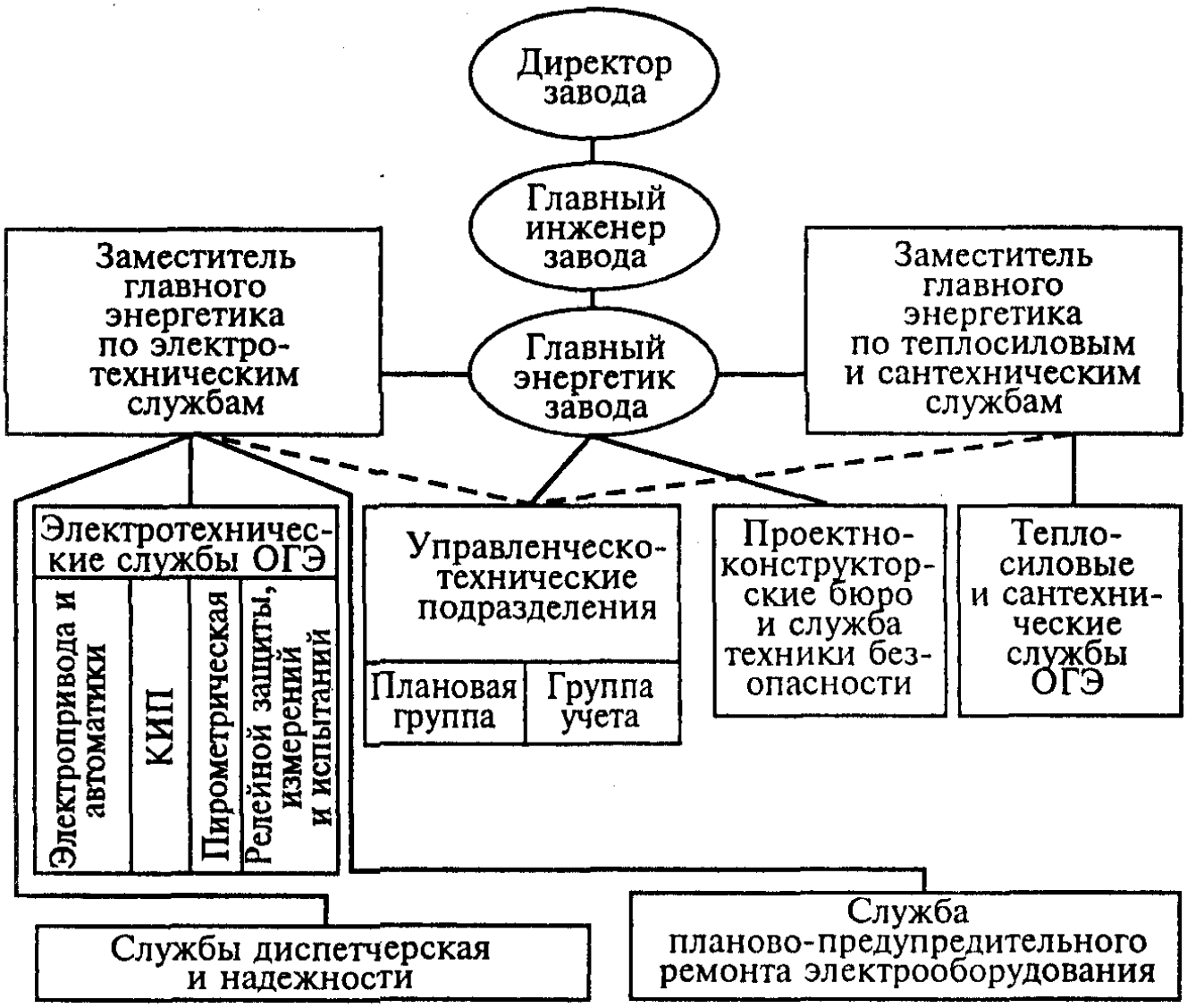


Рис. 14.3. Схема децентрализованного управления энергохозяйством

ков энергохозяйства, сроки пребывания оборудования в ремонте и стоимость ремонтных работ.

Различают три формы эксплуатации электроустановок:

централизованную (рис. 14.2), предусматривающую выполнение всех видов работ ППТОР при годовой плановой трудоемкости до 300 тыс. чел.-ч эксплуатационно-ремонтным персоналом службы Главного энергетика предприятия. Преимущества этой формы эксплуатации — лучшее оснащение технической базы ремонта, специализация работ, уменьшение производственных площадей и численности ремонтного персонала;

децентрализованную (рис. 14.3), предусматривающую выполнение большей части ремонтных работ ППТОР при годовой плановой трудоемкости до 2000 тыс. чел.-ч ремонтными службами производственных подразделений. Преимущества этой формы эксплуатации — лучшая оперативность при выполнении работ;

смешанную, предусматривающую выполнение всех видов работ ППТОР при годовой плановой трудоемкости до 5000 тыс. чел.-ч и

более. Ремонтные работы выполняются ремонтными службами производственных подразделений и персоналом службы Главного энергетика. Преимущества этой формы эксплуатации зависят от степени централизации.

Отдел Главного энергетика организует бесперебойное и рациональное снабжение производства всеми видами энергии, а также эксплуатацию электротехнического, теплосилового и сантехнического оборудования и сетей.

Для нормальной эксплуатации электроустановок на каждом промышленном предприятии должен создаваться складской резерв оборудования, аппаратуры, комплектующих изделий и запасных частей. Это резко уменьшает время простоя электроустановок в плановом или внеплановом ремонте благодаря замене отказавшего элемента новым, взятым из резерва. Отказавший элемент после ремонта поступает на склад в качестве резервного. При невозможности или нецелесообразности его ремонта эксплуатационный запас пополняют новой единицей. Парк резервных электроустановок по номенклатуре и количеству должен соответствовать нормам (табл. 35).

Таблица 35. **Нормы неснижаемого складского резерва электроустановок**

Электроустановка	Количество эксплуатируемых электроустановок, шт.	Норма резерва		Примечание
		процент от эксплуатируемого парка	минимальная, шт.	
Трансформаторы, автотрансформаторы и ртутные преобразователи	—	—	1	Складской резерв предусматривается только при отсутствии горячего резерва
Выключатели нагрузки, масляные выключатели, измерительные трансформаторы, разрядники, предохранители	До 10	10	1	Резерв предусматривается, если в распределительном устройстве нет резервных ячеек
	11—50	6	1	
	Более 50	5	2	
Автоматические воздушные и установочные выключатели	51—500	3	—	—
Магнитные пускатели	51—500	4	—	—
Электрические машины	До 10	10	1	Сухие помещения
	11—50	4	1	
	51—100	2	2	
	Более 100	1	2	
	До 10	10	1	Горячие, химические, гальванические цехи

Продолжение табл. 35

Электроустановка	Количество эксплуатируемых электроустановок, шт.	Норма резерва		Примечание
		процент от эксплуатируемого парка	минимальная, шт.	
	11—50	8	4	
	51—100	4	4	
	Более 100	2	4	
Рубильники переключатели	51—500	3	—	—
Конденсаторные установки для повышения коэффициента мощности	5	—	1	—
То же, но для индукционных электротермических установок	5	—	1	—
Сварочные трансформаторы	До 10	10	1	Для машин контактной сварки и сварочных автоматов складской резерв не предусматривается
	11—50	5	1	
	51—100	3	2	
Голый провод	На 1000 кг массы провода		60 кг	Воздушные линии
Изоляторы подвесные	200	—	15	—
То же, штыревые	200	—	15	—
Силовой кабель	На 1000 м линии	—	30 м	Кабельные линии
Соединительные муфты, комплект	на 1000 м линии	—	1	—
Установочный провод	На 1000 м	—	50 м	—
Шланговый кабель для передвижных установок	На 1000 м	—	80 м	—

Контрольные вопросы

1. Какие общие требования предъявляют ПУЭ к распознаванию отдельных частей электроустановок?

2. Как устанавливают границу ответственности за состояние и эксплуатацию электроустановок?

3. Что подразумевают под системой ППТОР?

4. Как организуют эксплуатацию электроустановок?

5. Какие структурные подразделения входят в ОГЭ?

6. Зачем нужен складской резерв электрооборудования и комплектующих изделий?

ГЛАВА 15. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

§ 60. ЗАДАЧИ И ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА

Главная задача эксплуатации электрохозяйства промышленных предприятий состоит в организации такого обслуживания электрических сетей и электрооборудования, при котором отсутствуют производственные простои из-за неисправности электроустановок, поддерживается надлежащее качество электроэнергии и сохраняются паспортные параметры электрооборудования в течение максимального времени при минимальном расходе электрической энергии и материалов.

Основные мероприятия по экономии электроэнергии на промышленных предприятиях и ее возможное значение в процентах приведено ниже.

Металлообработка	**Экономия, %**
Внедрение скоростного фрезерования, сверления и шлифования	25—30
Замена строгания фрезерованием	до 40
Уменьшение припусков на заготовках металлоконструкций	до 50
Высадка деталей вместо их обработки на металлорежущих станках	до 50
Замена в производственных машинах подшипников скольжения на качения	до 12
Своевременная смазка производственных машин	до 10
Своевременная замена инструмента на металлорежущих станках	до 30
Электропечи	
Увеличение массы садки	5—10
Качественная подготовка шихты	5—15
Предварительный подогрев до 600—700°С шихты	15—20
Применение оптимальной схемы короткой сети	1,4 ÷ 1,5
Окраска кожуха печи снаружи алюминиевой краской	2—5
Уменьшение потерь тепла с отходящими газами	3—6
Сокращение простоев печи	7—8
Плавка в печах с кислой футеровкой	15—20
Применение кислорода	5—15
Сокращение периода плавки в печах с основной футеровкой	80 кВт · ч/т
Внедрение быстродействующих установок автоматического управления передвижением электродов	8—10
Электропечи сопротивления	
Улучшение тепловой изоляции	20—25

Применение предварительного подогрева изделий	25—40
Автоматизация управления режимом печей	10—20
Сокращение (путем совершенствования) длительности технологического процесса	5—10
Применение индукционного нагрева:	
а) при частоте 50—10000 Гц	в 2 раза
б) при частоте свыше 10000 Гц	в 3 раза

Компрессорные установки

Внедрение прямоточных клапанов в поршневых компрессорах	7—10
Резонансный наддув поршневых компрессоров	3—5
Замена сжатого воздуха при выбивке опок другими энергоносителями	в 15 раз
Замена пескоструйной очистки литья на дробеструйное	в 4 раза
Замена пневмоинструмента электроинструментом	7—10
Замена сжатого воздуха вентиляторным дутьем	в 1,5 раза

Насосные установки

Уменьшение сопротивления трубопроводов	3—7
Внедрение оборотного водоснабжения	15—20

Вентиляционные установки

Применение многоскоростных электродвигателей, вместо регулирования шиберами в напорной линии	20—30
Регулирование вытяжной вентиляции шиберами на рабочих местах, вместо регулирования на нагнетание	до 10
Применение «Экономентов» и других теплообменных аппаратов, использующих низкопотенциальное тепло	до 30
Блокировка вентиляторов тепловых завес с воротами	до 20
Блокировка индивидуальных вытяжных систем	до 25

Осветительные установки

Правильный выбор типа ламп и светильников	3—25
Своевременное включение источников света в светлую часть суток	10—20
Своевременная чистка светильников	10—30
Поддержание номинального уровня напряжения в осветительной сети	2—5

Электросети

Включение под нагрузку резервных линий электропередачи	потери снижаются в 2 раза
Установка ограничителей холостого хода рабочих машин	5—12

Замена электродвигателей с нагрузкой до 45 % от номинальной, на электродвигатели меньшей мощности	3—10
Электросварочные установки	
Замена ручной сварки на автоматизированную	в 2 раза
Правильный выбор марки электродов	8—12
Устранение холостого хода сварочных агрегатов	до 15

Для надежного, безопасного и рационального обслуживания электроустановок и содержания их в исправном состоянии, обслуживающий персонал должен ясно представлять технологические особенности своего предприятия, строго соблюдать трудовую и технологическую дисциплину, знать и выполнять действующие правила техники безопасности, инструкции и другие руководящие материалы.

Ответственность за выполнение ПТЭ на каждом предприятии установлена должностными положениями, утвержденными руководством данного предприятия.

На каждом предприятии приказом (или распоряжением) администрации из числа специально подготовленного электротехнического персонала (ИТР) назначают лицо, отвечающее за общее состояние эксплуатации всего электрохозяйства предприятий.

Остальной электротехнический персонал предприятия несет ответственность за соблюдение ПТЭ в соответствии с возложенными на него обязанностями.

Администрация мелких предприятий обеспечивает обслуживание электроустановок путем передачи их эксплуатации по договору специализированной эксплуатационной организации или содержит соответствующий по квалификации персонал на долевых началах с другими такими же предприятиями.

Без наличия соответствующего электротехнического персонала эксплуатация электроустановок запрещается.

Лицо, ответственное за электрохозяйство предприятия, обеспечивает:

— организацию обучения, инструктирование и периодическую проверку знаний подчиненного персонала, обслуживающего электроустановки;

— надежную, экономичную и безопасную работу электроустановок;

— разработку и внедрение мероприятий по экономии электроэнергии, удельных норм на единицу продукции, а также по повышению коэффициента мощности;

— внедрение новой техники в электрохозяйство, способствующей более надежной, экономичной и безопасной работе электроустановок, а также повышению производительности труда;

— организацию и своевременное проведение планово-предупредительного ремонта и профилактических испытаний электрооборудования, аппаратуры и сетей;

— систематическое наблюдение за графиком нагрузки предприятия и принятие мер по поддержанию режима, установленного энергосистемой;

— организацию учета электроэнергии, ведение установленной отчетности и своевременное ее представление вышестоящим организациям;

— наличие и своевременную проверку защитных средств и противопожарного инвентаря;

— выполнение предписаний Госэнергонадзора в установленные актом сроки;

— своевременную организацию расследования аварий и браков в работе электроустановок, а также несчастных случаев от поражения электрическим током.

За правильную и безопасную эксплуатацию электроустановок цехов и других производственных участков, наряду с главным энергетиком предприятия, отвечают также энергетики этих цехов и участков и главный инженер предприятия (по своему положению).

Если работник обнаружил нарушения ПТЭ или заметил неисправность электроустановки, защитных средств по технике безопасности он должен немедленно сообщать об этом своему начальнику, а в его отсутствие — вышестоящему руководителю.

В случаях, когда неисправность в электроустановке, представляющую явную опасность для окружающих людей или самой установки, может устранить работник, ее обнаруживший, он обязан это сделать немедленно, а затем известить об этом непосредственного начальника.

Устранение неисправности нужно производить при строгом соблюдении правил безопасности.

За аварии и брак в работе на электроустановках несут ответственность:

— работники, непосредственно обслуживающие электроустановки,— за каждые аварию и брак в работе, происшедшие по их вине, а также за неправильную ликвидацию любых аварий и брака в работе на обслуживаемом им участке;

— работники, производящие ремонт оборудования,— за каждые аварию и брак в работе, происшедшие из-за низкого качества ремонта;

— оперативный и оперативно-ремонтный персонал — за аварии и брак в электроустановках, происшедшие по их вине, а также по вине подчиненного им персонала.

§ 61. КВАЛИФИКАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРОВ

Электромонтер 2-го разряда по обслуживанию электрооборудования и сетей должен уметь: 1) обслуживать силовые и осветительные электроустановки с несложными схемами включения; 2) выполнять несложные работы на ведомственных электростанциях, трансформаторных электростанциях с полным их отключением от напряжения под руководством электромонтеров более высокой квалификации; 3) производить проверку и плановый предупредительный ремонт обслуживаемого оборудования; 4) определять причину неисправности и устранять несложные повреждения в силовых и осветительных сетях, пускорегулирующей аппаратуре и электродвигателях; 5) разделывать, сращивать, паять и изолировать провода для напряжения до 1000 В; 6) заряжать, устанавливать несложную осветительную арматуру (нормальную и пылезащищенную с лампами накаливания), выключатели, штепсельные розетки, стенные патроны и промышленные прожекторы; 7) проверять сопротивление изоляции электроустановок мегомметром; 8) устанавливать и регулировать электрические приборы сигнализации; 9) правильно организовывать и содержать рабочее место, экономно расходовать материалы, инструмент и электроэнергию; 10) соблюдать правила техники безопасности, гигиены труда, противопожарные правила, правила внутреннего распорядка; 11) применять при техническом обслуживании электрооборудования наиболее целесообразные и современные методы организации труда. Электромонтер 2-го разряда должен знать: 1) основы электротехники; 2) принцип работы электродвигателей, генераторов, трансформаторов, аппаратуры управления и измерительных приборов; 3) электрические материалы, их свойства и назначение; 4) способы сращивания и пайки проводов низкого напряжения; 5) правила включения и выключения электродвигателей; 6) правила оказания первой помощи при поражении электрическим током; 7) схему питания и расположения оборудования на обслуживаемом участке; 8) общие сведения о релейной защите и разновидностях реле; 9) правила зарядки и установки осветительной арматуры; 10) назначение и условия применения наиболее распространенных универсальных и специальных приспособлений, контрольно-измерительных приборов; 11) основы организации экономики производства и НОТ; 12) Основные сведения по стандартизации и контролю качества продукции; 13) причины брака; меры его предупреждения и устранения; 14) правила техники безопасности, пожарной безопасности и внутреннего распорядка; 15) правила гигиены труда и производственной санитарии.

Требования к аттестации электромонтеров по обслуживанию электрооборудования и сетей на 3-й разряд

Электромонтер 3-го разряда дополнительно к требованиям, предусмотренным квалификационной характеристикой электромонтера 2-го разряда, должен уметь: 1) обслуживать силовые и осветительные электроустановки со схемами включения средней сложности; 2) выполнять несложные работы на ведомственных электростанциях и трансформаторных подстанциях с полным их отключением от напряжения; 3) проводить оперативные переключения в электросетях, ревизию, трансформаторов, выключателей, разъединителей и приводов к ним без разборки конструктивных элементов; 4) регулировать нагрузку электрооборудования на обслуживаемом участке; 5) проверять мегомметром состояние изоляции и измерять величину ее сопротивления у электродвигателей, трансформаторов и кабельных сетей; 6) выявлять и устранять неисправности и повреждения электроустановок; 7) разделывать, сращивать, изолировать и паять провода напряжением выше 1000 В; 8) обслуживать, устанавливать и включать электроизмерительные приборы и электросчетчики; 9) обслуживать и производить ремонт электродвигателей мощностью до 100 кВт, пускорегулирующей аппаратуры распределительных устройств напряжением до 1000 В; 10) заряжать и обслуживать сложную осветительную арматуру (взрывонепроницаемую) с лампами накаливания и устанавливать люминесцентные светильники.

Электромонтер 3-го разряда должен знать: 1) устройство обслуживаемых электродвигателей, генераторов, трансформаторов, аппаратуры распределительных устройств, электросетей и электроприборов, масляных выключателей, предохранителей, контакторов, аккумуляторов, статических конденсаторов, контроллеров, выпрямителей; 2) правила и нормы испытания изоляции обмоток мегомметром; 3) приемы и способы сращивания и пайки проводов высокого напряжения; 4) основные требования к релейной защите; 5) приемы нахождения и устранения неисправностей в электросетях и электромашинах; 6) принципы работы реостатов, автотрансформаторов, электроприводов с полуавтоматическим управлением; 7) определение допустимых нагрузок на трансформаторы, электродвигатели, кабели и провода; 8) устройство универсальных и специальных приспособлений, простых и средней сложности контрольно-измерительных приборов.

§ 62. ОБУЧЕНИЕ ПЕРСОНАЛА

Персонал, обслуживающий электроустановки, до назначения на самостоятельную работу или при переводе на другую, обязан пройти производственное обучение на рабочем месте. Это относится и к

персоналу, имевшему перерыв в работе свыше 6 месяцев. Занятия проводит опытный работник из состава электротехнического персонала предприятия, к которому прикреплен обучающийся приказом или распоряжением по предприятию, цеху, участку. После окончания подготовки обучаемый в специальной комиссии проходит проверку знаний по правилам технической эксплуатации, правилам технической безопасности, должностным и эксплуатационным инструкциям, техминимуму по обслуживаемому оборудованию.

После проверки знаний каждый работник оперативного и оперативно-ремонтного персонала должен пройти стажирование исполняющего обязанности по рабочему месту продолжительностью не менее 2-х недель под руководством опытного работника. Для ремонтного персонала этого не требуется.

Периодическую проверку знаний ПТЭ, ПТБ и производственных инструкций производят 1 раз в год — для персонала, непосредственно обслуживающего действующие электроустановки, проводящего в них наладочные, электромонтажные, ремонтные работы или профилактические испытания, а также персонала, оформляющего распоряжения и организующего эти работы.

Лиц, допустивших нарушение ПТЭ, ПТБ или производственных инструкций подвергают внеочередной проверке знаний.

При неудовлетворительной оценке знаний ПТЭ, ПТБ повторную проверку производят в сроки, установленные квалификационной комиссией, но не ранее чем через 2 недели.

Персонал, показавший неудовлетворительные знания при третьей проверке, переводят на другую работу, не связанную с обслуживанием электроустановок.

Если срок окончания действия удостоверения приходится на время отпуска или болезни персонала, допускают продление действия удостоверения на 1 мес. без специального оформления.

Срок действия удостоверения лица, повторно проходящего проверку знаний в связи с получением неудовлетворительной оценки, продлевает квалификационная комиссия до срока, назначенного для второй или третьей проверки, если нет специального решения комиссии о временном отстранении этого лица от работы в электроустановках.

Проверку знаний ПТЭ и ПТБ электротехническим персоналом мелких предприятий, производит комиссия, созданная при вышестоящей организации, с участием руководителя предприятия, организации, учреждения, где работает проверяемый.

Каждому работнику, успешно прошедшему проверку, выдают удостоверение (форма 1) с присвоением квалификационной группы

по технике безопасности (II—V). Удостоверение дает право на обслуживание электроустановок.

Стр. 1 Форма 1

Удостоверение о проверке знаний ПТЭ и ПТБ при эксплуатации электроустановок потребителей

Наименование предприятия . . . . . .
. . . . . .

Стр. 2 **Удостоверение №**

Тов. . . . . .
Должность . . . . . .
Допущен к работе в электроустановках напряжением . . . . . .
Цеха, отдела . . . . . .
В качестве . . . . . персонала . . . . . .
Дата выдачи . . . . . .
м. п. Лицо, ответственное за электрохозяйство . . . . . Подпись . . . .

Стр. 3. **Результаты проверки знаний**

Дата	Причина проверки	№ записи в журнале	Общая оценка, квалификационная группа	Подпись председателя комиссии

Стр. 4. **Свидетельство на право проведения специальных работ**

Дата	Допущен к выполнению работ	Подпись председателя комиссии

Стр. 5. Памятка. Проверка знаний производится не реже одного раза в 3 года.

Без печати и отметок о результатах проверки и подписей недействительно.

Допуск к самостоятельному дежурству или самостоятельной работе в электроустановках оформляют специальным распоряжением по предприятию, цеху, участку.

Для овладения персоналом наиболее совершенными методами работы, повышения знаний по устройству и эксплуатации оборудования организуют:

— курсовое (групповое, индивидуальное) обучение по повышению квалификации;

— изучение ПТЭ, ПТБ, ПУЭ инструкций и других правил, относящихся к работе данных установок;

— проводят противоаварийные тренировки на рабочих местах для обучения эксплуатационного персонала наилучшим способам и приемам быстрого предупреждения и ликвидации неполадок и аварий;

— периодически (не реже 1 раза в квартал) проводят производственный инструктаж непосредственно на рабочих местах для обучения персонала правильному и безопасному уходу за оборудованием, рациональным методам работы.

§ 63. ОБЯЗАННОСТИ И ВИДЫ РАБОТ, ВЫПОЛНЯЕМЫХ ЭЛЕКТРОМОНТЕРОМ

Техническое обслуживание представляет собой комплекс работ, проводимых для поддержания в исправном состоянии электроустановок при использовании их по назначению, а также при хранении и транспортировке. Оно состоит из повседневного ухода за электроустановками; контроля режимов их работы, наблюдения за исправным состоянием; проведения осмотров; контроля за соблюдением правил технической эксплуатации, инструкций заводов-изготовителей и местных инструкций.

Техническое обслуживание — важное звено системы ППТОР, предупреждающее аварийные ситуации; оно выполняется силами оперативного и оперативно-ремонтного персонала и проводится в процессе работы электроустановок во время перерывов, нерабочих дней и смены.

К оперативному электротехническому персоналу предприятий относят всех работников, обслуживающих посменно производственные электроустановки данного предприятия и допущенных к оперативным переключениям.

Оперативное обслуживание осуществляет одно лицо или несколько лиц. Решение о количестве оперативного персонала в смене или на электроустановке определяет лицо, ответственное за электрохозяйство.

Оперативный персонал работает по утвержденному графику.

В случае необходимости, с разрешения лица, ответственного за электрохозяйство предприятия, участка, цеха, допускается замена одного дежурного другим.

Дежурство в течение двух смен подряд, как правило, запрещается.

Старший по смене дежурный по электрохозяйству обязан выполнять требования диспетчера электроснабжающей организации и сотрудников энергосбыта по снижению электрической загрузки; требования диспетчера энергоснабжающей организации о переключении питающих и транзитных линий, а также отключении отдельных линий при аварийном положении в энергоснабжающей организации.

Старший по смене дежурный обязан немедленно ставить в известность диспетчера энергоснабжающей организации об авариях, вызывающих отключение одной или нескольких линий, питающих предприятие, согласовывать с начальником цеха или диспетчером предприятия все операции, связанные с отключением технологического оборудования, за исключением аварийных случаев.

Придя на работу, дежурный должен принять смену от предыдущего, а после окончания работы сдать смену следующему дежурному в соответствии с графиком.

Уход с дежурства без сдачи смены запрещается. В исключительных случаях оставление рабочего места допускается с разрешения вышестоящего лица.

При приемке смены дежурный обязан:

— ознакомиться с состоянием, схемой и режимом работы оборудования на своем участке путем личного осмотра в объеме, установленном инструкцией;

— получить сведения от сдающего смену об оборудовании, за которым необходимо вести тщательное наблюдение для предупреждения аварии или неполадок, и об оборудовании, находящемся в ремонте или резерве;

— проверить и принять инструмент, материалы, ключи от помещений, средства защиты, оперативную документацию и инструкции;

— ознакомиться со всеми записями и распоряжениями за время, прошедшее с его последнего дежурства;

— оформить приемку смены путем записи в журнале или ведомости, на оперативной схеме за своей подписью и подписью сдающего смену;

— доложить непосредственному старшему по смене о вступлении на дежурство и о неполадках, замечаниях при приеме смены.

Дежурный, сдавший смену, обязан доложить об этом старшему по своей смене.

Принимать и сдавать смену во время ликвидации аварии, производстве переключений оборудования запрещается.

При длительном времени ликвидации аварии (более двух смен) сдачу смены можно производить только с разрешения администрации.

В обязанности электромонтера по обслуживанию электрооборудования в цехах промышленных предприятий входят:

профилактический осмотр электрооборудования;

осмотр защитных средств, креплений, постов и кнопок управления;

регулировка пускателей, реле, приборов и другого электрооборудования;

контроль за соблюдением правил технической эксплуатации электроустановок;

работы по устранению неисправностей электрооборудования;

профилактические работы по поддержанию в исправном состоянии искусственного общего и местного освещения;

проверка и устранение неисправностей в устройстве заземления;

оформление технической документации по учету работы электрооборудования, регистрация неисправностей.

В процессе обслуживания электроустановок могут выполняться следующие работы:

обнаружение неисправностей в электрических цепях;

разборка и сборка электроаппаратуры и электрооборудования;

нарезание резьбы, сверление, шлифование, опиловка напильниками, резка и рубка металлов, гибка и рихтовка;

промывка и чистка деталей;

замеры напряжения и тока в электрических цепях;

замена сгоревших плавких вставок, электрических ламп и электродвигателей.

Работы в электроустановках производят *по наряду, распоряжению, в порядке текущей эксплуатации.*

Организационные и технические мероприятия, которые необходимо выполнять при проведении работ в электроустановках, подробно изложены в ПТБ, а краткие сведения о них приведены ниже.

Наряд — это письменное задание на работу в электроустановках, оформленное на бланке и определяющее место, время начала и окончания работы, условия ее безопасного проведения, состав бригады и лиц, ответственных за безопасность работы. Примерная форма наряда приведена ниже.

Распоряжение — это задание на работу в электроустановках, оформление в оперативном журнале лицом, отдавшим распоряжение, либо лицом оперативного персонала, получающим распоряжение в устной форме непосредственно или при помощи средств связи от лица, отдающего распоряжение.

Текущая эксплуатация — это проведение работ оперативным (оперативно-ремонтным) персоналом на закрепленном участке в течение одной смены.

Все работы, производимые в электроустановках *без наряда*, выполняют по распоряжению лиц, уполномоченных на это с оформлением в оперативном журнале.

Распоряжение на производство работ имеет разовый характер, выдается на одну работу и действует в течение одной смены или 1 ч. При необходимости повторения, продолжения, изменения работы или состава бригады распоряжение должно отдаваться заново с оформлением в оперативном журнале.

Форма наряда для работы в электроустановках

Предприятие _____
(наименование)

Наряд № _____

Производителю работ, наблюдающему _____
(нужное подчеркнуть) (фамилия, инициалы, группа)

Поручается _____

_____
(указывается установка, присоединения, основные работы)

Условия производства работы _____

_____

(с частичным или полным снятием напряжения, под напряжением, вдали, вблизи от токопроводящих частей, находящихся под напряжением, с наложением заземления, без наложения заземления, с временным снятием заземления, где и для чего)

_____

Особые условия_____

_____

Начало работы _____ч _____мин _____дня _____мес. _____г.

Конец работы _____ч _____мин _____дня _____мес. _____г.

Ответственный руководитель _____
(фамилия, инициалы, группа)

Члены бригады_____чел. _____

_____
(фамилия, инициалы, группа)

Выдающий наряд (ответственный руководитель)_____
(подпись)

Для работы, указанной в наряде

Должны быть отключены

_____
(указать, какие выключатели)

_____
(разъединители)

Установлены заземления _____

_____
(указать точно, где)

Поставить ограждения, повесить плакаты _____

Наряд выдал _____
(подпись)

Наряд получил_____ч _____мин

_____дня _____мес. ____19 ___г.

Допускающий_____

Отключены_____
(указать, какие выключатели)

_____
(разъединители)

Установить заземления_____

_____
(указать, где и номер заземления)

Ограждения поставлены, плакаты вывешены _____
(указать, где)

Остаются под напряжением_____

_____
(указать токопроводящие части

_____
ремонтируемого присоединения,

_____
близлежащие к рабочим местам,

_____
и части других присоединений,

_____
расположенные в пределах рабочих мест)

Продолжение формы

Допускающий_____
(подпись)

Подготовку рабочего места проверил ____ч____мин____дня_____мес. ____19 ___г.

Ответственный руководитель

(производитель работ) _____
(подпись)

Изменения в составе бригады _____

Введены в состав бригады (фамилия, инициалы, группа)	Выведены из состава бригады (фамилия, инициалы, группа)	Дата, время	Разрешил (подпись)

Оформление ежедневного допуска к работе, окончания работы, перевода на другое рабочее место

Продолжение формы

Наименование рабочего места	Допущен к работе			Окончание работы		
	Дата, время	Допускающий	Производитель работ	Дата, время	Производитель работ	Ответственное лицо оперативного персонала

Работа по наряду полностью окончена ____ч _____мин ____дня _____мес. ___19 ___г.

Персонал выведен, инструмент и материалы убраны, наряд и ключи сданы.

Ответственный руководитель

(производитель работ) _____
(подпись, дата)

Оборудование и рабочее место приняты, поставлены заземления

№ _____ всего _____шт. _____сняты, наряд закрыт.

Ответственное лицо оперативного

персонала_____
(подпись, дата)

Наряд проверен _____
(дата и подпись, выдавшего наряд)

Исправления в тексте наряда и перечеркивания не допускаются.

Графы, не требующие заполнения, прочеркиваются.

Включение и отключение отдельных производственных механизмов, агрегатов или группы механизмов при помощи пусковой аппаратуры могут производить лица, работающие на этих механизмах и агрегатах, прошедшие соответствующий инструктаж и имеющие право самостоятельного обслуживания этих агрегатов и механизмов.

Переключения в части распределительного устройства, обслуживаемого энергосистемой, производят только с разрешения ответственного лица энергосистемы и только лица, включенные в список, согласованный с диспетчером энергосистемы.

При одиночном дежурстве на подстанциях и цеховых электроустановках операции в схемах электрических устройств производят одним лицом, кроме наложения заземления.

Включение и отключение выключателей и разъединителей со щита управления во всех случаях производит одно лицо.

Повторное включение отключившегося масляного выключателя в случае, когда привод его не защищен стенкой или металлическим щитом, может быть произведено без предварительной проверки отключившегося объекта только дистанционно.

Простые переключения в схемах электрических установок напряжением выше 1000 В и *сложные переключения* в распределительных устройствах, оборудованных полностью блокировочными устройствами от неправильных операций с разъединителями, производят без бланков переключений, но с записью в оперативном журнале.

В схемах электрических установок напряжением выше 1000 В, когда распределительные устройства не оборудованы или оборудованы не полностью блокировочными устройствами от неправильных операций с разъединителями, сложные переключения производят по бланкам переключений с записью в оперативном журнале.

При ликвидации аварий переключения производят без бланков с последующей записью операций в оперативном журнале.

В распределительных устройствах устанавливают следующий порядок производства переключения:

— лицо, получившее распоряжение о производстве переключений, обязано записать задание в оперативный журнал (при отсутствии звукозаписи переговоров), повторить его и установить по оперативной электрической схеме или схеме-макету порядок предстоящих операций;

— при выполнении переключений двумя лицами лицо, получившее распоряжение, обязано разъяснить второму лицу, участвующему в переключении, порядок и последовательность предстоящих операций по оперативной схеме;

— при возникновении сомнений в правильности производства операций переключения должны быть прекращены, а последова-

тельность производства переключений должна быть повторно проверена по оперативной схеме.

Объем заданий по производству оперативных переключений определяет вышестоящий дежурный персонал.

§ 64. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА ДЕЖУРНОГО ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Правильная организация рабочего места обеспечивает рациональные движения работающего и сокращает до минимума затраты времени на отыскание и использование инструмента и материалов (рис. 15.1).

Передвижной стол *1* используют при разборке, промывке и сборке различного электрооборудования. Он также служит транспортным средством для перевозки груза. Столешница облицована бумажно-слоистым пластиком с окантовкой из стального уголка. В нижней части стола имеется металлическая полка из стального листа толщиной 1,5 мм, предназначенная для складирования технологической оснастки и вспомогательных материалов. Стол установлен на колеса (с ободом из маслостойкой резины) с подшипниками качения. Это обеспечивает хорошую маневренность и не требует больших усилий на его передвижение.

Верстак *2* состоит из двух тумб, имеющих по пять ящиков с ложементами, в которые укладывают слесарный и измерительный инструменты, приборы, запасные части, электроаппаратуру, крепежные детали и вспомогательные материалы; выдвижных ящиков на рамках, имеющих центральный запор; верхнего ящика тумбы и среднего ящика для документации, закрывающихся на верхний

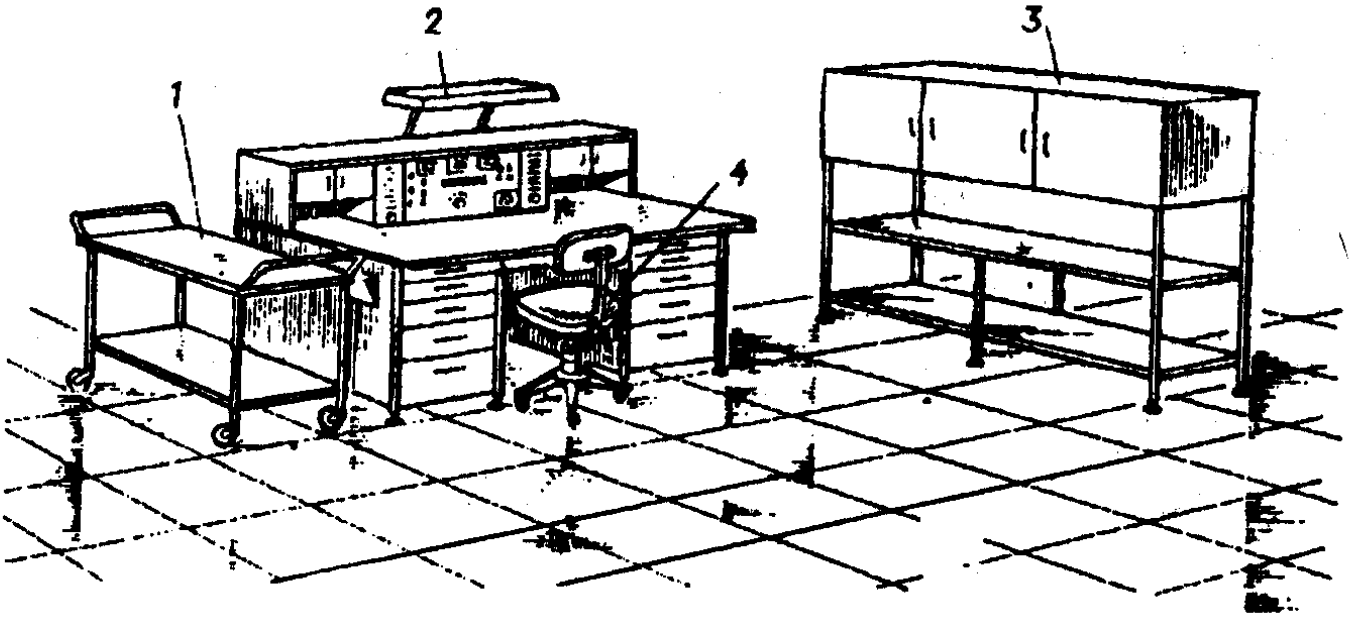


Рис. 15.1. Рабочее место дежурного электромонтера:

1 — передвижной стол; *2* — верстак; *3* — шкаф-стеллаж; *4* — стол-табуретка

замок; столешницы; настольного распределительного щита с подведенным к нему переменным напряжением 380 В, снимаемым напряжением 6, 12, 24, 36, 127, 220 В и двух сигнализационных пультов для вызова электромонтера с 30 рабочих мест (30 точек); настольного шкафчика с запасными деталями и телефоном для связи с абонентами завода.

Шкаф-стеллаж 3 предназначен для хранения крупных приспособлений и запасного инструмента, используемого при ремонте электрооборудования. В верхних отделениях хранятся различные материалы, необходимые для проведения ремонта. Каркас шкафа-стеллажа выкрашен серой эмалью.

Переносную сумку дежурный электромонтер использует для переноски инструмента и измерительной аппаратуры, приспособлений, мелких деталей для ремонта электрооборудования на участках цеха.

Конструкция *стула-табурета 4* позволяет предусматривать наиболее удобную рабочую позу: сиденье легко и быстро может быть поднято или опущено.

На рабочем месте должна находиться техническая и учетная документация, должностная инструкция, а также документация по безопасности и организации труда.

В техническую документацию входят электрические схемы наиболее сложных станков, подъемно-транспортного оборудования, принципиальная электрическая схема питания цеха (участка) электроэнергией, электрическая схема распределительных щитов и т. п.

Учетная документация отражает простои оборудования и работу электромонтера. Одна из видов такой документации — эксплуатационный (оперативный) журнал.

В качестве обязательного документа на рабочем месте должна находиться инструкция по безопасности труда для цехового электромонтера, обслуживающего электроустановки напряжением до и выше 1000 В.

К документации по организации труда относят *календарный график плановых осмотров, сменно-часовой график и карту организации труда дежурного электромонтера.*

Рабочее место должно быть оформлено в соответствии с требованиями технической эстетики.

Рабочая одежда электромонтеров должна быть удобной, не стеснять движений при работе и состоять из куртки, брюк и берета (берет яркого цвета — красный, оранжевый или коричневый). Материал — костюмная ткань с капроновым волокном, гладкокрашеная, синего цвета. На верхнем кармане куртки должна быть эмблема службы Главного энергетика.

Электромонтер длительное время находится на ногах, его работа связана с повышенным напряжением внимания (в течение смены

электромонтер в среднем совершает до 740 различных трудовых действий), поэтому время на отдых должно составлять не менее 5 % отработанного времени.

§ 65. НАУЧНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

В основу организации труда электромонтера положен планово-предупредительный характер технического обслуживания и ремонта электроустановок. Это позволяет полностью согласовать систему обслуживания электроустановок с системой оперативно-производственного планирования. Работы, выполняемые электромонтером, планируются по календарному графику планово-предупредительных осмотров (табл. 36) и сменно-часовому графику, определяющему время, объем и целесообразную очередность (маршруты) выполнения работ (табл. 37).

При получении сигнала о неисправности электроустановки электромонтер устраняет ее и продолжает осмотр по сменно-часовому графику. Мастер или рабочий участка вызывает электромонтера с помощью вызывной сигнализации или по телефону. Если электромонтера нет на рабочем месте, его вызывают по общецеховой поисковой сигнализации (радио, телефон и т. п.). Сигналы о неисправности электроустановок от рабочих (при наличии в цехе установок «Сигнал», АРП-1М) поступают к диспетчеру, а от него по телефону — к электромонтеру.

Уходя с рабочего места, электромонтер фиксирует свое временное местонахождение в календаре-указателе.

В соответствии с календарным графиком плановых осмотров оборудования выполняются следующие работы:

при ежедневных осмотрах производят выявление дефектов работы и состояние электрооборудования (степень нагрева корпуса и подшипников электродвигателя, превышение нормы шумов); контроль за местным освещением станочного оборудования (смена ламп, очистка арматуры);

при декадных — выявление дефектов работы, проверка крепления электродвигателя, исправности заземления, степени нагрева корпуса и подшипников, исправности работы вентиляции и охлаждения, обнаружение превышения нормы шумов в работе электродвигателя; контроль за общим освещением цеха, участка (смена ламп, стартеров и светильниках, замена патронодержателей); очистка, наружный осмотр и протирка арматуры;

при месячных осмотрах — выявление дефектов работы; проверка прочности и плотности неподвижных жестких соединений электродвигателя с фундаментом, кронштейнов; снятие крышек для проверки электрических соединений, аппаратуры управления, про-

Таблица 36. **Календарный график плановых осмотров электрооборудования станков**

Инвентарный номер	Наименование оборудования	Тип	Числа месяца									
			1	2	3	4	5	6	7...	...28	29	30
21	Строгальный станок	716				0						
24	То же	781					0					
125	Фрезерный станок	6А54	0									0
126	То же	6Н13		0								
127	»	6Н83			0							
130	»	6Н83		0								
151	»	6Н83			0							
201	Зубофрезерный	5107				0						
202	Зубошлифовальный	5832								0		
1010	Токарно-винторезный	IK62	II									
1011	То же	IA62		II								
1013	»	IK62			II							
1075	»	IA62				II						
625	Токарно-револьверный	К96	0									
638	То же	1П625										

II — осмотр 1 раз в месяц, 0 — осмотр 1 раз в 10 дней.

Таблица 37. **Сменно-часовой график работы дежурного электромонтера**

Наименование выполняемых работ	Часы работы	Номер маршрута обхода	Перечень технологического оборудования, подлежащего осмотру						
			токарно-винторезные станки IK62	токарно-винторезные станки IA62	фрезерные станки 6H13	фрезерные станки 6H83	строгальные станки716	зубошлифовальные станки 5832	фрезерные станки 6A54
Прием смены и подготовка к дежурству	7.00—7.20								
Подготовка к обходу по маршруту № 1	7.20—8.00	I	II	0	—	—	—	—	—
Осмотр электроустановок и устранение неисправностей	8.00—9.30								
Подготовка материалов и запасных частей, необходимых при обходе по маршруту № 2	9.20—10.00								
Обход оборудования и устранение неисправностей	10.00—11.00								
Обед	11.00—11.45	2	—	—	0	0	—	—	—
Обход по маршруту № 3	11.45—15.00								
Устранение неисправностей									
Оформление документации	15.00—15.30	3	—	—	—	—	0	0	11
Уборка рабочего места	15.30—15.45								

II — осмотр 1 раз в месяц, 0 — осмотр 1 раз в 10 дней.

верка включений, отключений, вращения; подтяжка, зачистка или замена электрических контактов пускорегулирующей аппаратуры, проверка изоляции электрических цепей, заземления; ремонт оградительных устройств; выявление изношенных деталей, требующих замены при ближайшем плановом ремонте; проверка правильности подбора плавких вставок; чистка и обдувка электрооборудования без его разборки; контроль за местным освещением станочного оборудования (смена ламп, очистка арматуры).

Порядок работы электромонтера подчинен регламенту работы основного производства и отражается в сменно-часовом графике. График строят для каждой смены отдельно. Он регламентирует труд электромонтера с точностью использования рабочего времени до пяти минут. В цехе, где несколько электромонтеров, запись в оперативный журнал производит старший или каждый электромонтер ведет отдельный журнал по обслуживаемому участку. Журнал дает возможность проводить анализ и устанавливать причины неисправности, время простоев и виновников. Это позволяет своевременно принимать меры по улучшению работы электрооборудования. Записи в журнале должны вестись чернилами четко, без помарок; не допускается удаление листов (табл. 38).

Таблица 38. **Форма эксплуатационного (оперативного) журнала**

Дата	Время	Какое содержание работы, выполненной электромонтером за смену, и распоряжений руководства	Роспись	
			сдающего	принимающего

Руководящий технический работник (энергетик цеха, мастер и др.) должен ежедневно просматривать записи в журнале и принимать необходимые меры для устранения выявленных неисправностей в работе электрооборудования. Не реже 1 раза в месяц журнал должен просматриваться представителем отдела Главного энергетика предприятия. Лица, просматривающие журнал, должны в нем расписываться.

Согласно ПУЭ в помещении, в котором постоянно находится дежурный персонал, должна быть обеспечена температура не ниже 16°С.

В отапливаемых помещениях (вне постоянных рабочих мест) допускают температуру 10°С. В неотапливаемых помещениях предусмотрены устройства для обогрева постоянно работающего персонала или выделены специальные помещения с температурой воздуха 22°С. В нерабочее время в отапливаемых помещениях зданий и сооружений в холодный и переходный периоды года должна быть температура 5°С.

В помещении с незначительными избытками теплоты, где постоянный дежурный персонал ведет легкие работы, в летнее время температура воздуха не должна превышать 28°С. (Незначительными считаются избытки теплоты, не превышающие 83800 Дж/м^3 · ч.).

Для закрытых распределительных устройств (ЗРУ) без постоянного дежурства персонала в летнее время допускается предельная температура 40°С. Для поддержания температуры воздуха, обеспечивающей нормальную работу электрооборудования и обслуживающего персонала длительное время, предусматривают стационарное устройство. Как правило, отопление обеспечивают от тепловых сетей предприятия, в отдельных случаях допускается электрическое отопление, если оно рационально. К категории легких относят работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой, но не требующие систематического физического напряжения или поднятия и переноски тяжестей.

§ 66. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВА

Для каждого цеха или самостоятельного производственного участка необходимо иметь:

— журнал с описью основного электрооборудования и защитных средств или паспортные карты с указанием технических характеристик и присвоенных инвентарных номеров (к паспортным картам или журналам прилагают протоколы и акты испытаний, ремонта и ревизии оборудования);

— чертежи электрооборудования и запасных частей;

— исполнительные чертежи воздушных и кабельных трасс и кабельные журналы;

— чертежи подземных кабельных трасс и заземляющих устройств с привязками к зданиям и постоянным сооружениям, с указанием мест установки соединительных муфт и пересечений с другими коммуникациями;

— общие схемы электроснабжения, составленные по предприятию в целом и участкам.

Всякое изменение в установке или ее коммутации немедленно вносят в соответствующий чертеж или схему с обязательным указанием, кем, когда и по какой причине сделано то или иное исправление.

Полный комплект схем и чертежей с надписью «Документы электрохозяйства» хранят в техническом архиве предприятия или организации.

Комплект оперативных схем электроустановок данного цеха, участка и связанных с ними электрически других цехов, участков находится у дежурного по цеху, участку.

Для каждой электроустановки и каждого рабочего места при наличии особых условий разрабатывают и передают обслуживающему персоналу должностные и эксплуатационные инструкции, в которых указывают:

— права, обязанности, взаимоотношения и ответственность обслуживающего персонала;

— последовательность операции пуска и остановки оборудования;

— порядок эксплуатации оборудования во время нормальной работы и меры, принимаемые при возникновении аварии;

— порядок допуска к ремонту оборудования;

— меры безопасности и противопожарные меры.

Инструкцию по обслуживанию оборудования составляют на основе заводских данных, эксплуатационных и противоаварийных циркуляров и других директивных материалов, а также опыта эксплуатации с учетом местных условий и особенностей оборудования.

Инструкции подписывает лицо, ответственное за эксплуатацию электроустановок, и утверждает главный инженер или главный энергетик предприятия.

На каждом предприятии, участке, в цехе должен быть комплект необходимых инструкций по утвержденному списку; полный комплект инструкций должен быть у энергетика (старшего электрика) цеха или участка и необходимый комплект — у соответствующего персонала на рабочем месте.

§ 67. СРЕДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

При эксплуатации электроустановок измеряют напряжение, силу тока, сопротивление, мощность, частоту изменения направления и величину тока и расход электрической энергии с помощью различных электроизмерительных приборов.

Измерением называют определение физической величины опытным путем с помощью измерительных приборов.

Электроизмерительные приборы, как правило, имеют подвижную и неподвижную части. Подвижная часть, включающая в себя катушку или стальной якорь, которые механически объединены со стрелочным указателем и возвратными пружинами.

Измерительные приборы независимо от их назначения работают следующим образом: электрический ток, проходя через катушку прибора, вызывает появление вращающего момента, под воздействием которого преодолевая противодействие спиральных пружин, подвижная часть поворачивается на определенный угол. При этом стрелка, перемещаясь по шкале, указывает измеряемую величину.

Когда прибор отключают, вращающий момент исчезает и подвижная часть вследствие упругости пружин возвращается в исходное положение.

Измерительные приборы различают по назначению, роду измеряемого тока, принципу действия, классу точности, а также форме корпуса, положению при измерениях и характеру применения. По назначению приборы подразделяют на амперметры, вольтметры, омметры, ваттметры, счетчики, частотомеры и др.

Измерительные приборы, как правило, можно применять либо в цепях переменного, либо в цепях постоянного тока, но есть приборы, которые можно применять для включения в цепи и переменного, и постоянного тока. По принципу действия электроизмерительные приборы относят к следующим системам: электромагнитной, магнитоэлектрической, электродинамической, индукционной, электростатической, термоэлектрической и вибрационной. В связи с тем, что абсолютно точных приборов нет, показания приборов несколько отличаются от действительного измеряемого значения. Разность между показанием прибора и действительным значением измеряемой величины называют абсолютной погрешностью.

Оценку точности стрелочных измерительных приборов производят по их приведенной погрешности, равной отношению абсолютной погрешности показания ΔA к значению, соответствующему наибольшему (номинальному) показанию прибора $A_н$, выраженному в процентах, т. е. $\gamma_{пр} = \frac{\Delta A}{A_н} \cdot 100\%$.

Приведенную погрешность при нормальных эксплуатационных условиях (температуре 20°С, правильной установке, отсутствии внешних магнитных полей и больших ферромагнитных масс) называют основной погрешностью прибора.

Измерительные приборы по степени точности делят на 8 классов: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5 и 4. Цифры указывают основную погрешность в процентах.

Приборы классов точности 0,05 и 0,1 считают контрольными: 0,2 и 0,5 — лабораторными; 1, 1,5 и 2,5 — техническими; 4 — учебными. В зависимости от формы корпуса приборы бывают круглые, квадратные, прямоугольные и секторообразные; по характеру применения — стационарные (жестко укрепленные на месте установки) и переносные, а по положению при измерении — вертикальные (I), горизонтальные (—) или устанавливаемые под некоторым углом (<).

В настоящее время промышленность выпускает электроизмерительные приборы трех эксплуатационных групп А, Б и В. Каждая группа характеризуется допустимой температурой окружающей среды, при которой можно эксплуатировать приборы.

Для группы А допустимая температура окружающей среды 0 ÷ 35°С; группы Б — 30 ÷ + 40°С; группы B_1 — 40 ÷ + 50°С; группы B_2 — 50 ÷ + 60°С. На шкале измерительных приборов условными значениями и цифрами указывают следующие данные: род тока, для которого предназначен прибор, систему прибора, напряжение изоляции, положение при измерениях, класс точности, а также год выпуска, номер прибора и его эксплуатационную группу. Перед включением прибора необходимо проверить соответствие его роду тока цепи, установить корпус в положение, соответствующее его нормальной установке, и стрелку прибора предварительно с помощью корректора поставить на нулевое деление шкалы.

Измерительные приборы электромагнитной системы применяют для измерения тока или напряжения в цепях постоянного или переменного тока. К достоинствам этих приборов относится их простота, дешевизна, надежность в эксплуатации, пригодность для измерения в сетях постоянного и переменного тока. Недостатками приборов электромагнитной системы являются их малая точность (класс точности 1; 1,5; 2,5), неравномерность шкалы, влияние внешних магнитных полей, зависимость показаний от частоты тока.

Для точного измерения тока и напряжения в целях постоянного тока применяют приборы магнитоэлектрической системы.

Высокая точность, чувствительность, равномерная шкала, малое потребление энергии (10^{-4} — 10^{-6} Вт), быстрое успокоение подвижной системы и малая чувствительность к внешним магнитным полям делает магнитоэлектрическую систему широко распространенной в вольтметрах, миллиамперметрах, микроамперметрах, а также в универсальных измерительных приборах (авометрах).

Однако приборы этой системы имеют высокую стоимость, чувствительность к перегрузкам и пригодность для измерения только в цепях постоянного тока. Последний недостаток может быть устранен путем включения прибора через полупроводниковый вентиль, но в этом случае прибор будет относиться уже к выпрямительной системе.

Для измерения напряжения, тока или мощности в цепях переменного и постоянного тока применяют приборы электродинамической системы.

Действие прибора этой системы основано на взаимодействии проводников с токами.

Для измерения расхода электрической энергии в цепях переменного тока применяют приборы индукционной системы. Действие индукционного счетчика основано на взаимодействии вихревых токов с вращающимся магнитным полем. Для измерения частоты переменного тока применяют приборы вибрационной системы. Действие вибрационных приборов основано на использовании яв-

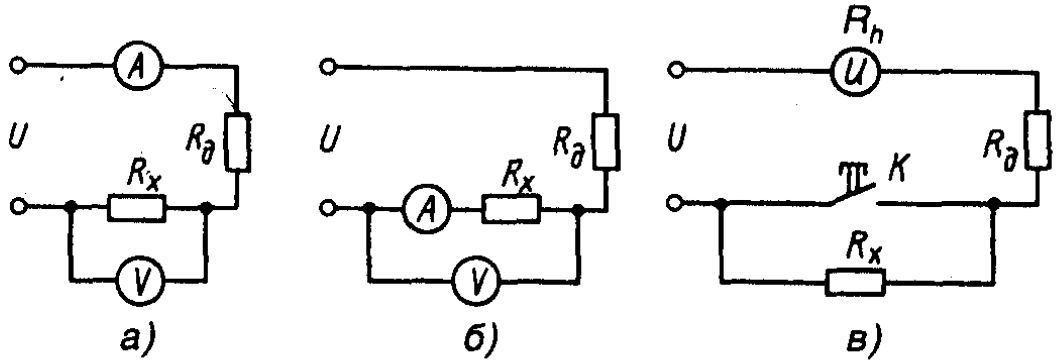


Рис. 15.2. Схема включения амперметра и вольтметра при измерении малых (*а*) и больших (*б*) сопротивлений и схема включения омметра (*в*)

лений электромагнетизма и механического резонанса. При резонансе, т. е. при совпадении частот собственных колебаний системы и колебаний внешнего источника, амплитуда колебаний данной механической системы резко увеличивается. Это свойство используют в измерительных приборах вибрационной системы. Цифра на шкале, стоящая против вибратора, колеблющегося с наибольшей амплитудой, указывает частоту тока в сети.

Большинство частотомеров вибрационной системы предназначено для измерения частот 45—55 Гц. Однако встречаются частотомеры, рассчитанные для измерения более высоких частот (до 1550—1650 Гц).

Достоинство приборов вибрационной системы — независимость показаний от напряжения сети. Недостатки — зависимость показаний от механических вибраций, невозможность измерения высоких частот и прерывность шкалы, вследствие чего затрудняются измерения на промежуточных частотах, когда одновременно колеблется несколько вибраторов.

Измерение сопротивления можно осуществлять, используя метод амперметра и вольтметра.

Сопротивление $R = {}^{U}/_{I}$. Для большей точности при измерении малых сопротивлений приборы следует включить по схеме (рис. 15.2, *а*) так, чтобы сопротивление амперметра не вносило погрешности в показания вольтметра, а при измерении больших сопротивлений включить (рис. 15.2, *б*) так, чтобы ток вольтметра не влиял на показания амперметра. Добавочный резистор $R_д$ включен для ограничения тока.

При непосредственном измерении сопротивления используют приборы, называемые о м м е т р а м и и м е г а о м м е т р а м и. Их включают в схему последовательно или параллельно.

Омметр представляет измерительный прибор магнитоэлектрической системы с внутренним $R_п$ и добавочным $R_д$ резисторами. Последовательно с омметром включают измеряемый резистор R_x (рис. 15.2, *в*). При отключенном резисторе R_x и разомкнутой кнопке К тока в цепи нет, и стрелка прибора показывает бесконечно

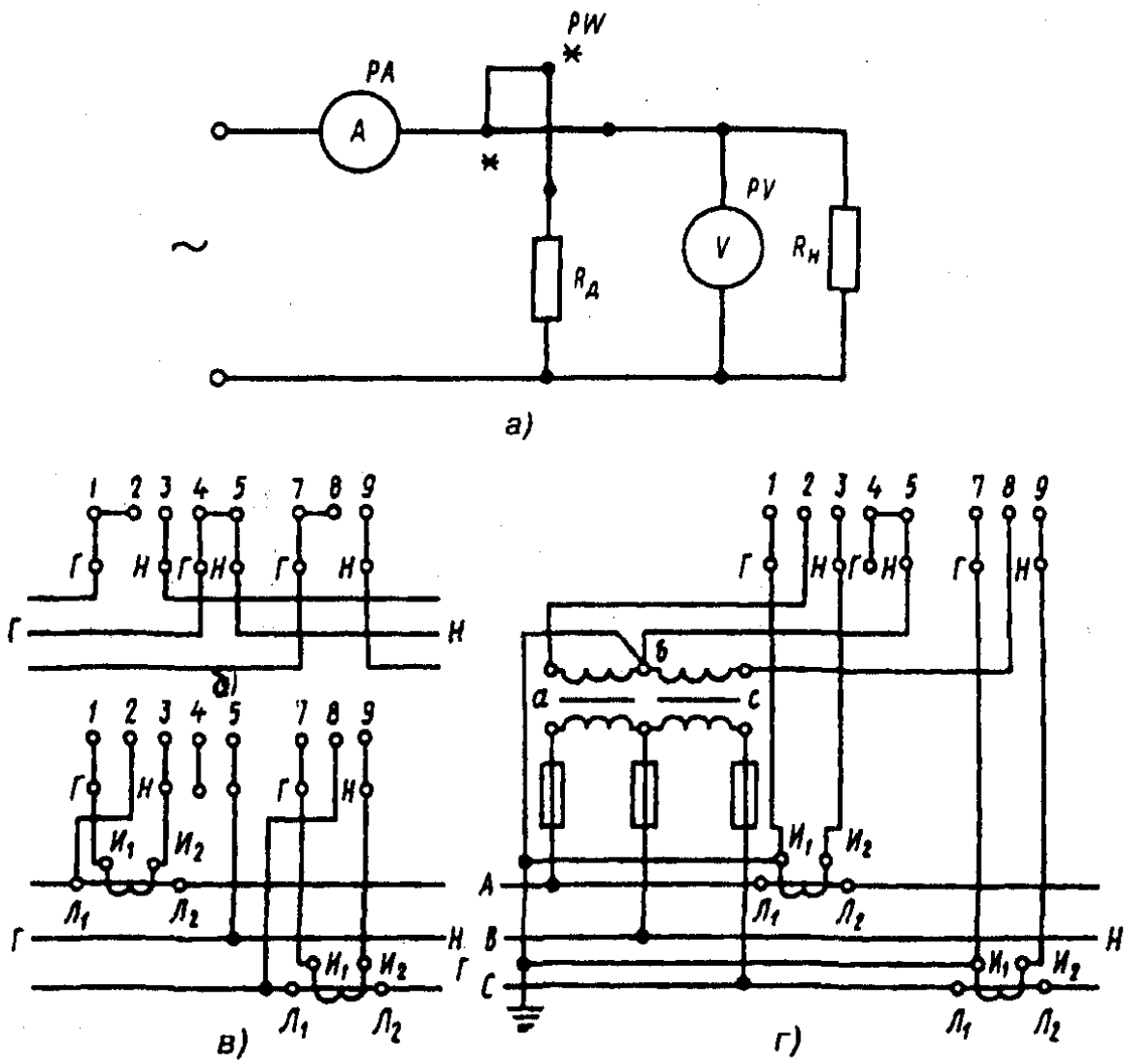


Рис. 15.3. Схемы включения приборов для измерения мощности (*а*) счетчиков активной СА3 и СА3У и реактивной энергии СР3, СР3У; *б* — непосредственное включение; *в* — с трансформаторами тока; *г* — с трансформаторами тока и напряжения

большое сопротивление ($R_x = \infty$). Если кнопка К замкнута, то сопротивление цепи ($R_н + R_д$) минимально, а ток в цепи максимален $J_{max} = U/(R_н + R_д)$. Стрелка прибора отклонится на наибольший угол, указывая нулевое сопротивление $R_x = 0$. При включении измеряемого резистора R_x ток в цепи уменьшится $J = U/(R_н + R_д + R_x)$ и стрелка прибора отклонится на меньший угол, указывая значение сопротивления R_x на шкале прибора. Омметр имеет самостоятельный источник питания в виде сухих элементов. Недостатком такого омметра является зависимость его показаний от напряжения источника питания.

В цепи постоянного тока мощность $P = U \cdot J$ легко может быть подсчитана по показаниям вольтметра и амперметра.

В цепи переменного тока мощность зависит от напряжения тока и от сдвига фаз между ними: $P = U \cdot J \cdot \cos\varphi$. Для измерения мощности в этом случае необходим специальный прибор — ваттметр

электродинамической или ферродинамической системы. В электродинамическом ваттметре неподвижную катушку включают последовательно с нагрузкой $R_н$, а подвижную снабжают добавочным резистором $R_д$ и включают параллельно нагрузке (рис. 15.3, *а*). Для предупреждения возможности неправильного включения ваттметра относительные «начала» двух катушек ваттметра (генераторные зажимы), присоединенные к одному и тому же полюсу источника, отмечают у зажимов прибора знаком звездочка (*); концы этих катушек присоединены к разным полюсам нагрузки. Электродинамические ваттметры используют как в цепях переменного, так и постоянного тока.

Для измерения расхода электрической энергии переменного тока применяют счетчики индукционной системы. Схемы включения счетчиков в сеть (рис. 15.3, *б — г*) подобны схеме включения ваттметра, т. е. одну обмотку счетчика включают последовательно с нагрузкой, а вторую — параллельно ей.

Методы контроля температуры электроустановок. В процессе эксплуатации электроустановок контролируют температуру отдельных частей электрических машин, трансформаторов и других установок, а при пуско-наладочных испытаниях определяют температуру для точного измерения сопротивления постоянному току, проверки состояния изоляции, измерения диэлектрических потерь. Наиболее распространены следующие четыре метода измерения температуры:

Метод термометра, т. е. измерение температуры специальным прибором — термометром (ртутным, спиртовым и т. д.), состоящим из запаянной колбы (баллончика с капилляром) и шкалы (рис. 15.4).

Для определения температуры методом термометра чувствительный элемент (резервуар) термометра прикладывают к поверхности контролируемого объекта.

Термометры допускается применять в тех случаях, когда размеры аппарата настолько велики, что температура нагрева практически не изменяется от присутствия термометра. В остальных случаях применяют термопары.

Чувствительный элемент термометра обертывают тонкой фольгой и плотно прижимают к детали, температуру которой измеряют. Крепление термометра в процессе контроля не должно ослабевать. Ту часть чувствительного элемента (резервуара), которая не соприкасается с деталью, защищают от охлаждения извне сухой ватой, асбестом, войлоком или другими подобными материалами таким образом, чтобы не ухудшились условия охлаждения детали.

При наличии в зоне измерения переменных магнитных полей, влияющих на показания ртутного термометра, использование такого термометра не допускается.

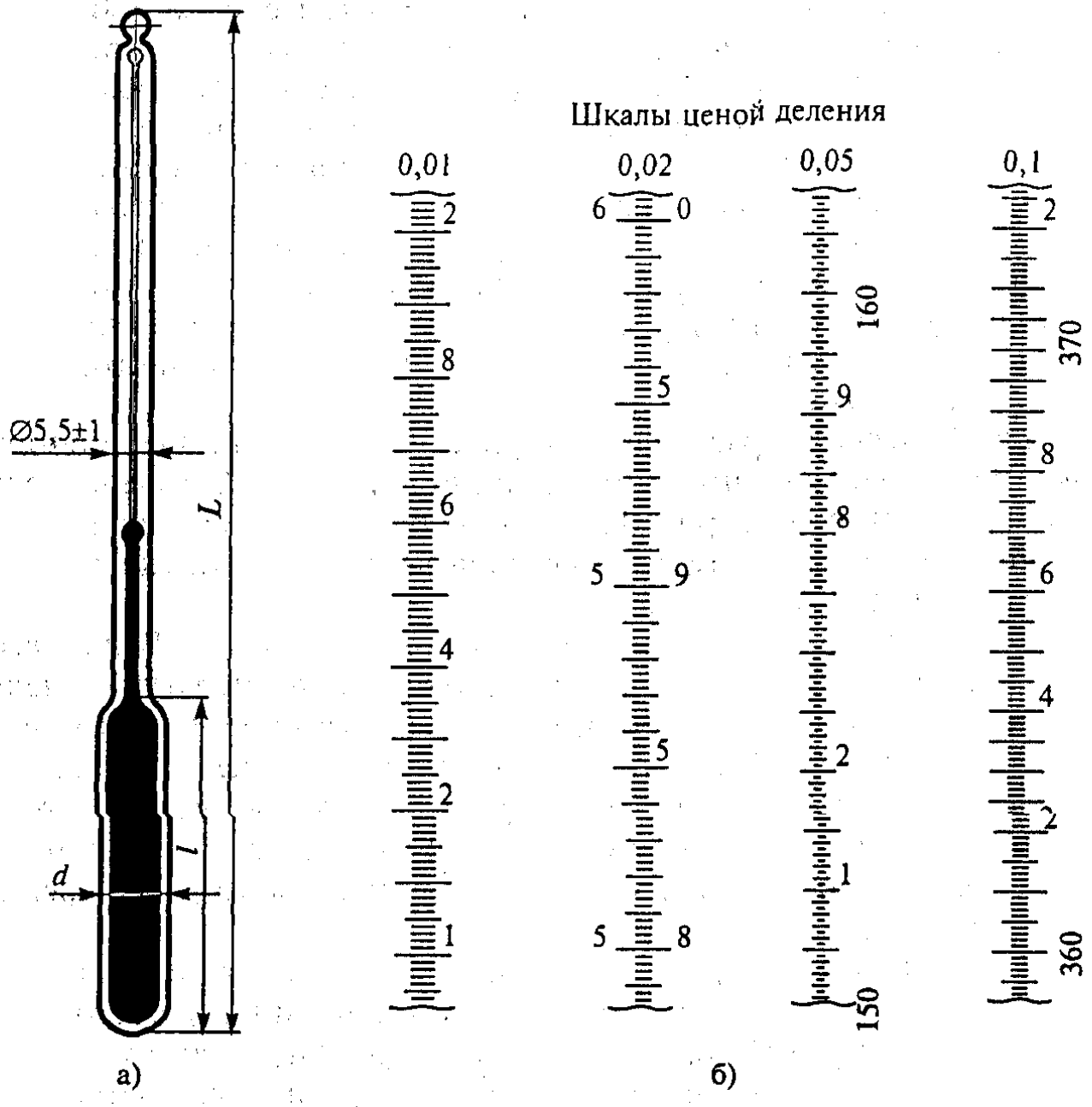


Рис. 15.4 Термометр ртутный (*а*) и шкалы температур (*б*)

Определение температуры методом термопары

Горячий спай термопары плотно прикрепляют к детали, крепление его не должно ослабевать во время контроля.

Должны быть приняты меры, чтобы провода термопары не соприкасались с деталью, не отводили от нее тепло, условия охлаждения этой детали не должны ухудшаться.

Провода термопары во избежание образования контуров, в которых могут индуктироваться электродвижущиеся силы, скручивают между собой и располагают по возможности вне сферы действия переменных магнитных полей.

Холодный спай термопары располагают в месте, не подверженном воздействию тепловых излучений и посторонних воздушных

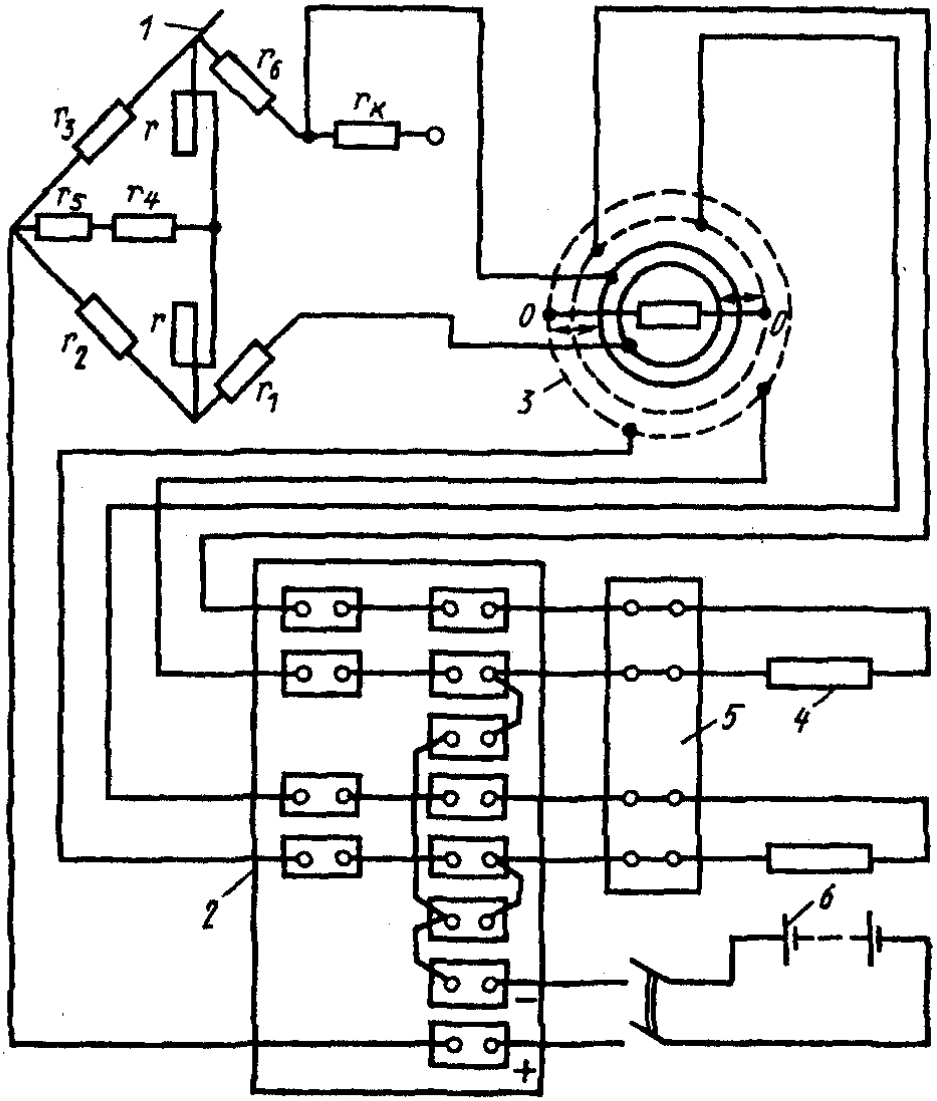


Рис. 15.5. Определение температуры методом измерения сопротивления:

1 — логометр ЛПр-53; *2* — пенель управления катушек; *3* — переключатель ПМТ; *4* — термометр сопротивления; *5* — доска зажимов; *6* — аккумулятор

течений. Холодный спай рекомендуется помещать в сосуд или термостат. Температуру среды, окружающей холодный спай термопары, измеряют термометром.

Определение температуры методом измерения сопротивления (рис. 15.5).

Метод сопротивления, заключающийся в определении превышения температуры по разности сопротивления в нагретом и холодном состояниях, применяют для определения температуры катушек (обмоток), намотанных проводником из металла с известным температурным коэффициентом сопротивления.

Сопротивление измеряют мостом постоянного тока или методом вольтметра-амперметра при протекании постоянного тока, величина которого не должна превышать 15 % номинального значения.

Перед измерением сопротивления катушек (обмоток) в холодном состоянии их следует выдерживать в помещении, в котором

проводят измерение, не менее 8 ч. Температура помещения должна быть зафиксирована в протоколе испытаний.

Провода для измерения малых сопротивлений присоединяют так, чтобы их сопротивление и сопротивления точек их присоединения не влияли на величину измеряемого сопротивления.

Точки присоединения проводов при измерении сопротивления в холодном и нагретом состояниях должны быть одни и те же. Провода, служащие для измерения сопротивления катушек (обмоток), особенно катушек (обмоток) с малым сопротивлением, следует к указанным точкам припаивать.

При определении температуры катушек (обмоток) методом сопротивления превышение температуры катушек (обмоток) Θ над температурой окружающего воздуха определяют по формуле

$$\Theta = \frac{r_г - r_х}{r_х}\left(\frac{1}{\alpha} + t_{ох}\right) + t_{ох} - t_{ог},$$

где $r_г$ — сопротивление катушки (обмотки) при температуре $t_{ог}$, Ом;

$r_х$ — сопротивление катушки (обмотки) при температуре $t_{ох}$, Ом;

α — температурный коэффициент сопротивления;

$t_{ох}$, $t_{ог}$ — соответственно температуры окружающего воздуха при измерении катушек (обмоток) в холодном и нагретом состояниях, °С.

Если измерение проводилось при температуре окружающего воздуха $t_о$, отличающейся от допустимой эффективной температуры ($t_{эфф}$), то значение превышения температуры катушек (обмоток) постоянного тока, полученное по формуле (1), должно быть приведено к $t_{эфф}$ умножением на следующие коэффициенты:

для токовых катушек (обмоток)

$$K_т = \frac{\frac{1}{\alpha} + t_{эфф}}{\frac{1}{\alpha} + t_{ог}},$$

для катушек (обмоток) напряжения

$$K_н = \frac{\frac{1}{\alpha} + t_{ог}}{\frac{1}{\alpha} + t_{эфф}}.$$

Для катушек (обмоток) из медной проволоки усредненное значение $1/\alpha$ принимают равным 235, из алюминиевой проволоки — 246.

Если не представляется возможным измерить сопротивление в процессе контроля, например, в катушках (обмотках) переменного тока, то непосредственно после отключения снимают кривую ос-

тывания измерением сопротивления через определенные промежутки времени. По кривой остывания («температура — время») экстраполяцией определяют максимальное превышение температуры в момент отключения.

Определение сопротивления главной цепи аппарата

Сопротивление определяют на постоянном токе методом вольтметра-амперметра или прибором непосредственного измерения сопротивления между выводами каждого полюса изделия и (или) отдельных участков токоведущей системы.

При определении сопротивления методом вольтметра-амперметра следует учитывать схему их включения и, в случае необходимости, вносить поправку на сопротивление прибора. Значение тока при измерениях не должно превышать номинальный ток аппарата.

При контроле аппаратов на нагрев следует применять приборы:

амперметры, вольтметры, шунты и другие средства измерения классом точности не ниже 0,5;

трансформаторы тока или другие средства измерения тока с классом точности не ниже 1,0;

измерительные мосты с классом точности не ниже 0,5;

омметры с классом точности не ниже 4,0;

термометры с ценой деления шкалы 1°С;

термопары (термоэлектрические преобразователи) градуировки ХК, точность измерения которых по ГОСТ 3044.

Контрольные вопросы

1. Какую ответственность несет оперативный персонал за нарушение ПТЭ и ПТБ?
2. Какие квалификационные требования предъявляют к дежурным электромонтерам 3-го и 4-го разрядов?
3. Какие работы в электроустановках выполняют по распоряжению?
4. Какие работы в электроустановках выполняют по наряду?
5. Какую техническую документацию должен иметь цеховой электромонтер?

РАЗДЕЛ 3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

ГЛАВА 16. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

§ 68. ОБСЛУЖИВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

При эксплуатации воздушных линий в них появляются различные неисправности и повреждения, которые могут возникать от провозимых под ними крупногабаритных грузов, набросов на провода, проведением вблизи земляных работ, растущих вблизи высоких деревьев. Кроме того, в воздушных линиях с течением времени происходят различные изменения: деревянные опоры искривляются и занимают наклонное положение, в железобетонных опорах образуются трещины и выбоины, в проводах и тросах происходят обрывы отдельных проволок, в изоляторах появляются трещины и т. д. Эти дефекты могут быть обусловлены постоянным воздействием неблагоприятных климатических условий, оседанием почвы вблизи опор и рядом других причин.

Для обнаружения неисправностей, представляющих угрозу нормальной эксплуатации, а также предупреждения развития возникших неисправностей воздушные линии периодически осматривают. Сроки осмотров воздушных линий устанавливают в зависимости от местных условий, их назначения, вероятности повреждения, а также климатических условий.

Однако осмотры линий электромонтером должны быть не реже 1 раза в месяц.

Проверку наличия трещин на железобетонных опорах и пасынках с выборочным вскрытием грунта в зоне переменной влажности производят 1 раз в 6 лет, начиная с 4-го года эксплуатации.

Степень загнивания деталей деревянных опор определяют 1 раз в 3 года.

Стрелы провеса и расстояния от проводов ВЛ до различных объектов в местах пересечений ВЛ с линиями связи, железными дорогами и др. измеряют во всех случаях, когда при осмотре возникают сомнения в отношении требуемых расстояний:

измерение сопротивления заземления производят 1 раз в первый год эксплуатации и в дальнейшем 1 раз в 3 года;

подтяжку болтов, гаек и бандажей производят ежегодно в первые 2 года, а в дальнейшем по мере надобности;

внеочередные осмотры линий производят после аварии, ураганов, во время ледоходов, при пожаре вблизи линии, гололеде, морозе ниже 40°С.

При периодических осмотрах линии и вводов в здания электромонтеры должны особое внимание обращать на обрывы и оплавления жил проводов, целость вязок, регулировку проводов, наличие ожогов, трещин и боя изоляторов, состояние опор и крен их вдоль и поперек линии, целость бандажей и заземляющих устройств, касания проводов ветвями деревьев, наличие набросов, состояние вводных ответвлений и предохранителей, состояние кабельных воронок и спусков.

Расстояние от проводов до поверхности земли при наибольшей стреле провеса (наивысшая температура воздуха, гололед) не должно быть меньше 6 м для любой местности.

На опорах воздушных линий должны быть обозначены номера опор и год их установки.

Опоры, имеющие деревянные пасынки, периодически проверяют на загнивание. При проверке древесину, скрытую в грунте, отрывают на глубину 0,3—0,5 м.

Опору или пасынок считают непригодными для дальнейшей эксплуатации, если глубина прогнивания по радиусу бревна больше 3 см при диаметре бревна 25 см и более.

Глубину загниваний опоры измеряют специальным щупом с полусантиметровыми делениями; он вводится в древесину нажатием руки. Забивать щуп молотком или каким-либо другим инструментом воспрещается.

Рекомендуется применение для этой цели пустотелого буравчика.

Бандажи на опорах выполняют из мягкой оцинкованной проволоки диаметром 4 мм и более. Допускают применение неоцинкованной проволоки диаметром 5—6 мм при условии покрытия ее асфальтовым лаком. Число витков бандажа при отсутствии специальных указаний в проекте принимают:

при диаметре проволоки 4 мм	12
» » » 5 »	10
» » » 6 »	8

§ 69. ОБСЛУЖИВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 10 кВ

Осмотры в дневное время ВЛ до 10 кВ производят 1 раз в месяц. При осмотрах особое внимание обращают на наличие оплавлений проволок, обрывов или набросов на проводах, ожогов и трещин изоляторов;

проверяют состояние опор, отсутствие обгорания, расцепления деталей;

убеждаются в целости бандажей и заземляющих спусков;

отсутствии искрения или разрегулировки проводов; проверяют состояние разрядников, коммутационной аппаратуры на ВЛ и кабельных муфт на спусках; наличие предостерегающих плакатов и других постоянных знаков на опорах, целость отдельных элементов, сварных швов и заклепочных соединений на металлических опорах;

состояние стоек железобетонных опор и железобетонных пасынков;

чистоту трассы, наличие деревьев, угрожающих падением на линию; наличие посторонних предметов, строений и т. п.;

производство без согласования строительных и других работ в охранной зоне.

Выявленные во время обхода дефекты отмечают в листке обхода.

Если обнаруженные дефекты аварийного характера, необходимо принять срочные меры к их устранению.

Внеочередные осмотры линий электропередачи производят:

при гололеде, после тумана, во время ледохода и разлива рек, при лесных и степных пожарах;

после автоматического отключения линии, в том числе и при ее успешном повторном включении.

Верховой осмотр линии электропередачи без ее отключения производят не реже 1 раза в 3 года.

Выборочную проверку состояния провода с отключением производят не реже 1 раза в 6 лет.

На линиях электропередачи без ее отключения производят следующие профилактические проверки:

наличия и степени загнивания деталей деревянных опор; ржавления и состояния антикоррозионного покрытия металлических опор и металлических траверс железобетонных и деревянных опор; наличия и ширины раскрытия трещин в бетоне железобетонных опор и приставок; состояния изоляторов.

Трассу линии электропередачи периодически расчищают от поросли деревьев. Передвижение машин и механизмов (строительных, сельскохозяйственных и др.), перевозку оборудования, конструкций и прочего груза под линией любого напряжения допускают,

если габариты перемещаемых машин, механизмов, транспорта с грузом имеют высоту от отметки дороги или земли не более:

5,0 м — при передвижении по шоссейным дорогам;

3,5 м — при передвижении по дорогам без твердого покрытия и вне дорог. На линиях электропередачи с деревянными опорами проходящих по местам, где возможны низовые пожары, выполняют противопожарные меры: уничтожают и очищают от травы и кустарника площадки радиусом 2,0 м вокруг каждой опоры или применяют железобетонные пасынки.

Опоры линий электропередачи должны иметь следующие постоянные знаки:

— порядковый номер и год установки — на всех опорах;

— номер линий или условное обозначение — на всех опорах участка трассы с параллельно идущими линиями, на двухцепных опорах, кроме того, должна быть обозначена соответствующая цепь;

— предостерегающие плакаты на высоте от 2,5 до 3,0 м от земли — на всех опорах в населенной местности и на пересечениях с дорогами.

Подстанции напряжением 35 кВ с трансформаторами до 1600 кВт, а также распределительные устройства до 10 кВ защищают вентильными разрядниками на шинах и двумя комплектами трубчатых разрядников на каждой ВЛ; тросовыми молниеотводами подходы ВЛ к этим подстанциям не защищают.

При эксплуатации устройства молниезащиты изменяют свои конструктивные и защитные параметры. В результате коррозии металла, загрязнений пылью изменяются сечения молниеприемников и токоподводов, их электропроводность, нарушаются контакты в местах соединений, как правило, увеличиваются сопротивления растеканию тока из-за разрушения и окисления заземляющих электродов.

Разрушаются от эрозии и гниения деревянные и металлические опоры. Поэтому ежегодно перед грозовым сезоном проверяют все устройства грозозащиты ВЛ.

По результатам проверки составляют план мероприятий по повышению надежности грозозащиты на наступающий грозовой период. После каждой грозы проверяют состояние средств грозозащиты на подходах ВЛ к ОРУ. Если обнаружено при проверке молниеприемников и токоподводов, что сечение их уменьшилось более чем на 30 % от проектного значения, то они полностью или частично заменяются в зависимости от повреждения. При значительном оплавлении молниезащиты от удара молнии острие молниеприемника восстанавливают или заменяют новым. В первые 2—3 года эксплуатации грозозащиты осуществляют усиленное наблюдение за осадкой грунта. Обнаруженные осадки устраняют путем

досыпки и утрамбовки грунта. Ежегодно в период наибольшего просыхания измеряют сопротивления растеканию токов промышленной частоты заземлителей грозозащиты. По результатам измерений оценивают импульсные сопротивления заземляющих устройств.

§ 70. ОБСЛУЖИВАНИЕ ЦЕХОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

Периодичность осмотров цеховых электрических сетей устанавливают местной инструкцией в зависимости от условий эксплуатации, но не реже 1 раза в 3 мес. Измерения токовых нагрузок, температуры электрических сетей, испытание изоляции обычно совмещают с межремонтными испытаниями РУ, к которым подключены электросети. При осмотрах цеховых сетей особое внимание обращают на обрывы, увеличенный провес проводов или троса, подтеки мастики на кабельных воронках и др. Волосяной щеткой очищают от пыли и грязи провода и кабели, а также наружные поверхности труб с электропроводкой и ответвительные коробки.

Проверяют наличие хорошего контакта заземляющего проводника с контуром заземления или заземляющей конструкцией; разъемные соединения разбирают, зачищают до металлического блеска, собирают и затягивают. Поврежденные неразъемные соединения приваривают или припаивают.

Осматривают провода и кабели, поврежденные участки изоляции восстанавливают обмоткой хлопчатобумажной лентой или лентой ПВХ. Измеряют мегаомметром на 1000 В сопротивление изоляции, если оно будет меньше 0,5 МОм, участки проводки с низким сопротивлением заменяют новыми.

Осматривают изоляторы и ролики, поврежденные заменяют новыми. Пошатыванием проверяют крепление изоляторов и роликов. Слабо установленные изоляторы снимают, предварительно освободив провод от крепления. Подматывают на крюки (штыри) паклю, пропитанную суриком, затем наворачивают изоляторы и закрепляют на них провод. Слабо установленные ролики закрепляют. Осматривают анкерные устройства концевого крепления тросовой проводки к строительным элементам здания, натяжные устройства и трос. Участки, покрытые коррозией, зачищают стальной щеткой или шлифовальной шкуркой и покрывают эмалью.

Открывают крышки ответвительных коробок. При наличии внутри коробки, на контактах и проводах влаги или пыли проверяют состояние уплотнений крышки коробки и на вводах в коробку. Уплотнения, потерявшие упругость и не обеспечивающие герметичность коробок, заменяют. Осматривают клеммы и подсоединенные к ним провода. Соединения, имеющие следы окисления или

Таблица 39. **Длительно допустимые токовые нагрузки на провода с резиновой или поливинилхлоридной изоляцией**

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Допустимые токовые нагрузки, А, для проводов, проложенных в одной трубе											
	проложенных открыто		двух одножильных		трех одножильных		четырех одножильных		одного двужильного		одного трехжильного	
	медных	алюминиевых	медных	алюминиевых	медных	алюминиевых	медных	алюминиевых	медных	алюминиевых	медных	алюминиевых
1,0	17	—	16	—	15	—	14	—	15	—	14	—
2,5	30	24	27	20	25	19	25	19	25	19	21	16
6,0	50	39	46	36	42	32	40	30	40	31	34	26
10	80	60	70	50	60	47	50	39	55	42	50	38
25	140	105	115	85	100	80	90	70	100	75	85	65
50	215	165	185	140	170	130	150	120	160	125	135	105
95	330	255	275	216	255	200	225	175	245	190	215	165
150	440	340	360	275	330	255	—	—	—	—	—	—

оплавления, разбирают, зачищают, смазывают техническим вазелином и собирают.

Проверяют стрелу провеса, которая для тросовых и струнных проводок должна быть при пролете 6 м не более 100—150 мм, а при пролете 12 м — 200—250 мм. При необходимости участки с большой величиной провеса перетягивают. Натяжение стальных тросов проводят до минимально возможной стрелы провеса. При этом усилие натяжения не должно превышать 75 % разрывного усилия, допускаемого для данного сечения троса.

В зависимости от способов прокладки изменяются условия охлаждения проводов. Это приводит к необходимости дифференцированного подхода к определению допустимых токовых нагрузок.

Длительно допустимые токовые нагрузки на провода с резиновой, поливинилхлоридной изоляцией определяют из условия нагрева жил до температуры 65°С; при температуре окружающего воздуха 25°С. Нагрузки на провода, проложенные в коробах, а также в лотках, принимают как на проводники, проложенные в трубах (табл. 39).

§ 71. ОБСЛУЖИВАНИЕ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Силовые кабели подразделяются на кабели общего и специального применения и выпускают одно-, двух-, трех- и четырехжильными с сечением жил 2,5—800 мм^2.

Контрольные кабели изготовляют с количеством жил 4—37; сечение жил 0,75—10 мм^2. Изоляцию кабелей выполняют из пропитанной кабельной бумаги, пластмассы или резины.

Осмотры трасс кабельных линий напряжением до 10 кВ производят в следующие сроки:

— трасс кабелей, проложенных в земле,— по местным инструкциям, но не реже 1 раза в 3 мес.;

— концевых муфт на линиях напряжением выше 1000 В — 1 раз в 6 мес., на линиях 1000 В и ниже — 1 раз в год; кабельные муфты, расположенные в трансформаторных помещениях, распределительных пунктах и на подстанциях, осматривают одновременно с другим оборудованием;

— кабельные колодцы осматривают 2 раза в год.

Осмотр туннелей, шахт и каналов на подстанциях производят по местным инструкциям. Обнаруженные при осмотрах ненормальности заносят в журнал дефектов и неполадок с оборудованием для последующего устранения.

В периоды паводков и после ливней производят внеочередные обходы.

Раскопки кабельных трасс или земляные работы вблизи них производят только с разрешения эксплуатирующей организации.

Вскрытые кабели укрепляют для предупреждения провисания и защищают от механических повреждений. На месте работ устанавливают сигнальные огни и предупредительные плакаты.

Производителю работ указывают точное местонахождение кабелей, порядок обращения с ними, распиской он подтверждает получение указанных сведений.

Особое внимание обращают на раскопки, производимые механизированным способом. В зависимости от способа производства работ и средств механизации принимают необходимые меры защиты кабелей от механических повреждений.

При обнаружении во время разрытия земляной траншеи трубопроводов, неизвестных кабелей или других коммуникаций, не указанных в схеме, необходимо приостановить работы и поставить об этом в известность руководителя для получения соответствующих указаний.

Раскопки зимой на глубину ниже 0,4 м производят с отогревом земли.

При этом следят за тем, чтобы от поверхности отогреваемого слоя до кабелей сохранился слой земли толщиной не менее 0,25 м.

Оттаявшую землю отбрасывают лопатами, использование ломов и тому подобных инструментов запрещается.

Раскопки землеройными машинами на расстоянии ближе 1 м от кабеля, а также применение отбойных молотков для рыхления грунта над кабелями на глубину более 0,4 м при нормальной глубине прокладки кабелей не разрешаются.

Клин-бабы и другие аналогичные ударные механизмы разрешается применять на расстоянии не ближе 5 м от трассы кабелей.

Под надзором электротехнического персонала предприятия (организации) перед началом работы производят контрольное вскрытие кабелей для уточнения их расположения, глубины прокладки и устанавливают временное ограждение, определяющее границы работы строительных механизмов.

Кабельные линии напряжением 3—10 кВ в процессе эксплуатации не реже 1 раза в год подвергают профилактическим испытаниям повышенным напряжением постоянного тока.

После ремонтных работ на линиях или раскопок вблизи трасс производят внеочередные испытания.

Периодичность испытаний кабельных линий, проложенных в земле и работающих без электрических пробоев в течение 5 лет и более с момента прокладки, устанавливает ответственный за электрохозяйство с учетом местных условий, но не реже 1 раза в 3 года.

Каждая кабельная линия имеет свой номер или наименование. Если линия состоит из нескольких параллельных кабелей, то каждый из них имеет тот же номер с добавлением букв А, Б, В и т. д.

На территории предприятий кабельные трассы обозначают пикетами через каждые 100 м и на поворотах трассы, над кабельными муфтами при пересечениях с железнодорожными путями, дорогами и т. п.

Для каждой кабельной линии при вводе в эксплуатацию устанавливают максимальные токовые нагрузки в соответствии с требованиями ПУЭ. Эти нагрузки определяют по участку трассы с наихудшими тепловыми условиями, если длина участка более 10 м.

Температуру нагрева кабеля проверяют преимущественно на участке с наихудшим внешним охлаждением в сроки, установленные местными инструкциями.

Температура воздуха внутри туннелей, шахт и каналов в летнее время не должна превышать температуры наружного воздуха более чем на 10°С.

Кабельные линии 6—10 кВ, несущие нагрузки меньше номинальных, можно кратковременно перегружать (табл. 40).

Таблица 40. **Допустимая кратковременная перегрузка по току кабельных линий напряжением 6—10 кВ**

Коэффициент предварительной нагрузки	Вид прокладки	Допустимая перегрузка в течение времени, ч		
		1,5	2,0	3,0
0,6	В земле	1,35	1,30	1,15
	В воздухе	1,25	1,15	1,10
	В трубах (в земле)	1,20	1,10	1,00
0,8	В земле	1,20	1,15	1,05
	В воздухе	1,15	1,10	1,05
	В трубах (в земле)	1,10	1,05	1,00

Наиболее характерными причинами повреждения изоляции кабелей являются следующие:

— трещины или сквозные отверстия в свинцовой оболочке, совпадение нескольких бумажных лент, заусенцы на проволоках токоведущих жил в результате заводских дефектов;

— надломы изоляции жил при разводке, плохая пропайка соединительных зажимов, неполная заливка муфт мастикой, непропаянные шейки муфт в результате дефектов монтажа;

— крутые изгибы на углах, изломы, вмятины, перекрутка кабеля в результате дефектов прокладки;

— пробои и вмятины от неаккуратной раскопки на кабельных трассах;

— коррозия свинцовой оболочки, вызванная действием блуждающих токов или химическим составом грунта;

— перегрев или старение изоляции.

Короткое замыкание, перегрев жил, смещение и осадка грунта приводят к обрыву токоведущих жил кабеля.

С целью определения места повреждения кабеля выявляют прежде всего вид повреждения и в зависимости от этого выбирают соответствующий метод измерения. В кабельных линиях низкого напряжения выявление вида повреждения осуществляют с помощью мегаомметра, которым измеряют сопротивление изоляции каждой токоведущей жилы кабельной линии по отношению к земле и между каждой парой жил. При определении целостности токоведущих жил мегаомметром предварительно устанавливают закоротку с одного конца кабеля.

В кабельных линиях высокого напряжения вид повреждения определяют путем поочередного испытания каждой жилы (с заземлением и без заземления остальных) постоянным током от установки типа АИИ-70 медленным подъемом напряжения до испытательного.

При двойном разрыве кабеля, повреждении изоляции жил в разных местах для выявления характера повреждения применяют приборы типа ИКЛ-4 и ИКЛ-5.

Все рекомендуемые методы нахождения места повреждения кабельных линий разделяют на две группы: *относительные* и *абсолютные*. Относительные методы позволяют ориентировочно определить расстояние от места измерения до места повреждения непосредственно на трассе, но для проведения работ нужно абсолютным методом уточнить место раскопок.

В практике широко применяют следующие методы определения повреждений в силовых кабелях: абсолютные — *индукционный* и *акустический*, относительные — *импульсный, петлевой, колебательного разряда* и *емкостный*. Эти методы дают хорошие результаты после предварительного прожигания поврежденного места кабельной линии специальной кенотронно-газотронной установкой, для снижения переходного сопротивления.

При междуфазных повреждениях кабеля с переходным сопротивлением не более 50 Ом целесообразно для определения места повреждения применять *индукционный* метод (рис. 16.1).

По двум фазам кабеля от генератора звуковой частоты ГЗТЧ-4 пропускают ток, который вокруг кабеля, проложенного в земле, на участке до места повреждения образует электромагнитное поле. С помощью кабелеискателя радиоприемного типа ИП-7, ИП-8 или ПК-1 на трассе кабельной линии устанавливают наличие этого поля, перенося кабелеискатель вдоль трассы. Индукционный метод очень точно позволяет определить место повреждения кабеля.

Акустический метод основан на прослушивании звуковых колебаний над местом повреждения кабеля. Эти колебания создает в

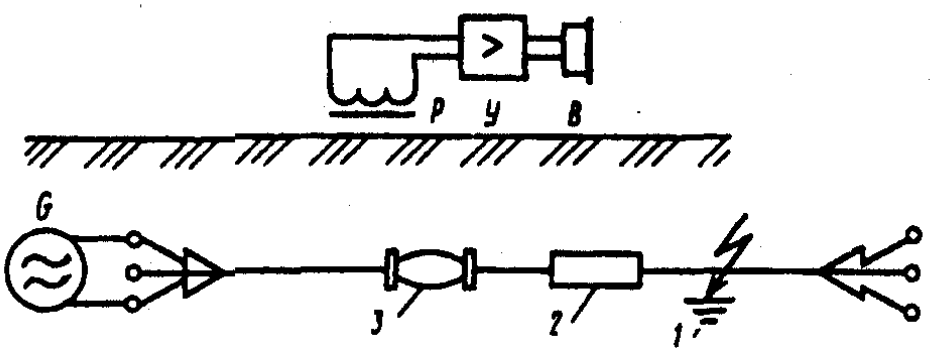


Рис. 16.1. Схема определения замыкания между жилами кабеля индукционным методом:

1 — место повреждения; *2* — кабель в трубе; *3* — соединительная муфта; *G* — генератор ГЗТЧ-4; *Р* — приемная антенна; *У* — усилитель; *В* — телефон

месте повреждения искровой разряд, питающийся от генератора типа АИП-3 м.

Если жила с поврежденной изоляцией не имеет обрыва, а в кабеле одна жила имеет неповрежденную изоляцию, целесообразно применять для определения места повреждения *петлевой метод*, который основан на принципе моста. *Емкостной метод* применяют при обрывах жил кабеля в соединительных муфтах. Измерение емкости кабеля производят как на постоянном токе, так и на переменном.

Метод, основанный на посылке в поврежденную линию зондирующего электрического импульса и измерении интервала времени между моментом подачи этого импульса и моментом прихода отраженного сигнала, называют *импульсным*. Реализуют этот метод с помощью приборов типа ИКЛ-4 и ИКЛ-5. Если в изоляции силовых кабелей произошло повреждение, которое можно обнаружить только при приложении испытательного напряжения (прибор типа ЭМКС-58), применяют метод *колебательного разряда*. В этих случаях при приложении испытательного напряжения к изоляции кабеля пробои следуют один за другим с промежутками в несколько секунд, а иногда минут. Если напряжение снизить, пробои прекращаются. Иногда изоляция кабельной линии, имевшей пробой, начинает выдерживать повышенное напряжение — происходит «заплывающий» пробой, он характерен для соединительных кабельных муфт, когда в них образуются полости, играющие роль искрового промежутка. Одним из признаков места повреждения кабеля является характерный запах горелого джута (оплетки кабеля). При повреждении кабеля в результате аварии токи короткого замыкания, как правило, сильно разрушают свинцовые и бронированные оболочки, поэтому при вскрытии кабеля место повреждения хорошо видно. Если повреждение скрыто, необходимо тщательно очистить

предполагаемое место повреждения от земли и по возможности приподнять кабель. Измерение сопротивления изоляции производят мегаомметром на напряжение 2500 В до и после испытания кабеля повышенным напряжением выпрямленного тока.

Сопротивление изоляции силовых кабелей напряжением до 1000 В должно быть не ниже 0,5 МОм, а у кабелей напряжением выше 1000 В, значения сопротивления не нормируются. Испытания повышенным напряжением выпрямленного тока для силовых кабелей напряжением выше 1000 В производят в соответствии с данными табл. 41.

Таблица 41. **Испытательные напряжения промышленной частоты силовых кабельных линий**

Испытания	Кабели с бумажной изоляцией на напряжение, кВ			Кабели с резиновой изоляцией на напряжение, кВ	
	3	6	10	3	6
Приемно-сдаточные	18	36	60	6	12
При капитальном ремонте	15—25	36—45	60	6	12
При профилактическом ремонте	15—25	36—45	60	6	12

Длительность приложения полного испытательного напряжения при приемно-сдаточных испытаниях 10 мин, в эксплуатации — 5 мин. После мелких ремонтов, не связанных с перемонтажом кабеля, изоляцию подвергают проверке мегаомметром на напряжение 2500 В.

Кабельные линии с нормальной бумажкой изоляцией в процессе эксплуатации имеют стабильные токи утечки при напряжении до 10 кВ — 300 мкА. Для коротких кабельных линий до 100 м на напряжение 3—10 кВ без соединительных муфт допустимые токи утечки не должны превышать 2—3 мкА на 1 кВ испытательного напряжения. Ассиметрия токов утечки по фазам не должна быть больше 8—10 мкА при условии, что абсолютные значения токов не превышают допустимого.

Контрольные вопросы

1. Как обслуживают ВЛ напряжением до 1000 В?
2. Как обслуживают ВЛ напряжением выше 1000 В?
3. Как обслуживают цеховые электрические сети напряжением до 1000 В?
4. Как обслуживают кабельные линии цеховых электросетей?
5. Какие способы обнаружения мест повреждения кабелей применяют на практике?

ГЛАВА 17. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ОБЩЕПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ

§ 72. ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Все электрические машины устанавливают на промышленных предприятиях в соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок (ПУЭ). По исполнению и техническим характеристикам электрические машины должны соответствовать режиму работы и условиям окружающей среды.

В цехах (землеприготовительных, сталелитейных, гальванических и др.), где воздух непригоден для вентиляции продуваемых двигателей (пыль, влага, высокая температура и т. п.), забор охлаждающего воздуха должен производиться извне. Приток наружного воздуха на цели охлаждения в этих случаях должен быть не менее рекомендованного заводом-изготовителем. Попадание в двигатель пыли резко ухудшает условия его охлаждения, приводит к повышенному нагреву и ускоренному старению изоляции. Влажный воздух, используемый для охлаждения машины, снижает электрическую прочность изоляции и вызывает ее пробой.

Для каждого двигателя на напряжение выше 1000 В, а также для двигателей мощностью 40 кВт и выше независимо от рабочего напряжения на предприятии должна быть следующая техническая документация:

паспорт двигателя, протокол приемно-сдаточных испытаний (карта ремонта), принципиальные и монтажные (исполнительные) схемы управления, сигнализации и релейной защиты, технические акты о повреждениях двигателей, эксплуатационный журнал и другая техническая документация в объеме требований нормативных документов.

На каждом предприятии для каждого участка или цеха должна быть составлена местная инструкция по эксплуатации электрических машин.

В местных инструкциях указывают:

техническую характеристику установленных двигателей; порядок подготовки к пуску, последовательность операций пуска, останова и технического обслуживания во время нормальной эксплуатации и в аварийных режимах; порядок допуска к осмотру, ремонту и испытаниям двигателей, требования по технике безопасности, взрыво- и пожароопасности, специфические рекомендации для каждой конкретной группы двигателей. Указания по режимам, периодичности осмотров и контролю за работой двигателей должны быть конкретными для каждого типа или группы эксплуатируемых

двигателей. Местную инструкцию разрабатывают специалисты энергетической службы цеха и утверждает главный инженер предприятия. Инструкцию пересматривают не реже 1 раза в 3 года.

Надзор за нагрузкой двигателей, вибрацией, температурой подшипников и охлаждающего воздуха, уход за подшипниками (поддержание уровня масла) и устройствами для охлаждения электродвигателя, а также операции по пуску и остановке двигателей осуществляет технологический персонал цеха, обслуживающий механизмы.

Дежурный электротехнический персонал цеха периодически, в сроки, установленные графиком обходов-осмотров оборудования, обязан осматривать двигатели и контролировать режим их работы по всем показателям в объеме типовой инструкции.

На двигателях и приводимых ими механизмах должны быть нанесены стрелки, указывающие направление вращения. Опробование двигателей после ремонта или монтажа, для определения направления вращения осуществляют при отсоединенном приводном механизме.

Крышки подшипников и коробки выводов двигателей (особенно в запыленных помещениях) тщательно уплотняют, корпуса двигателей и металлические оболочки питающих кабелей — надежно заземляют.

Защиту электрических машин выполняют в соответствии с ПУЭ. Двигатели с принудительной смазкой подшипников, как правило, обеспечивают блокировкой, отключающей их при прекращении подачи смазки в подшипники или превышении допустимой температуры. На двигателях, имеющих принудительную вентиляцию, устанавливают защиту, действующую на сигнал и отключение двигателя при повышении его температуры выше допустимой или прекращении работы вентиляции.

Электродвигатели, у которых возможны систематические перегрузки по техническим причинам, снабжают защитой от перегрузки, действующей на сигнал, автоматическую разгрузку механизма или на отключение.

При отключении двигателя ответственного механизма под действием защиты и отсутствии резерва допускается повторное включение его после тщательной проверки схемы управления, защиты и самого двигателя.

Синхронные двигатели эксплуатируются в основном в режиме, обеспечивающим поступление в сеть опережающего тока при оптимальном значении коэффициента мощности.

Электродвигатели мощностью до 5000 кВт включительно на напряжение выше 1000 В включают без сушки при соблюдении условий, приведенных в «Инструкции по определению возможности включения вращающихся электрических машин постоянного тока без сушки» (СН 282) и «Инструкции по определению возможности

включения вращающихся электрических машин переменного тока без сушки» (СН 241). Без сушки включают и электродвигатели на напряжение ниже 1000 В, если сопротивление изоляции их обмоток, измеренное при температуре 10—30°С, не ниже 0,5 МОм.

У электрических машин постоянного тока сопротивление изоляции обмоток измеряют относительно корпуса, а бандажа — относительно корпуса и удерживаемых обмоток. При номинальном напряжении двигателя до 500 В включительно измерение производят мегаомметром на напряжение 500 В, а при номинальном напряжении выше 500 В — мегаомметром на напряжение 1000 В. В эксплуатации сопротивление изоляции обмоток измеряют вместе с соединенными с ними цепями и кабелями.

В процессе эксплуатации у отдельных электромашин возникают неисправности. Способы определения и устранения причин, приводящих к ненормальным режимам работы электрических машин, приведены в табл. 42—44. Если при техническом обслуживании обнаруженную неисправность устранить нельзя из-за сложности, то определяют, какому виду ремонта подлежит электрическая машина (текущему или капитальному).

Таблица 42. **Неисправности машин постоянного тока и способы их устранения**

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
1. Искрение под всеми щетками или частью их, сопровождающиеся повышением нагрева как щеток, так и коллектора	1.1. Щетки установлены неправильно	1.1. Проверить положение щеток по меткам завода-изготовителя на траверсе
	1.2. Разное расстояние отдельных бракетов между щетками по окружности коллектора	1.2. Проверить положение щеток на коллекторе при помощи бумаги и установить бракеты так, чтобы щетки соседних бракетов находились на одинаковом расстоянии по окружности коллектора. Устанавливать щетки, отсчитывая определенное число пластин, нельзя
	1.3. Неправильно установлены щеткодержатели	1.3. Уменьшить расстояние между обоймой щеткодержателя и коллектором, проверить соответствие установки реактивного щеткодержателя направлению вращения коллектора
	1.4. Неправильно установлены щетки в щеткодержателе или сами щетки находятся в неудовлетворительном состоянии	1.4. Проверить состояние щеток и размеры обойм щеткодержателей, при необходимости заменить

Продолжение табл. 42

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
	1.5. Вибрирует щеточный бракет	1.5. Подтянуть болты, крепящие бракет к траверсе
	1.6. Слабо или очень сильно прилегают щетки	1.6. Установить требуемое нажатие
	1.7. Используются щетки разных сортов	1.7. Установить щетки в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя
2. Плохо возбуждается генератор, двигатель, медленно разворачивается или работает с ненормальной частотой вращения, искрят щетки	2.1. Замыкания отдельных соседних пластин коллектора заусенцами	2.1. Шабром удалить заусенцы, отшлифовать коллектор стеклянной шкуркой
	2.2. Замыкания между петушками коллектора	2.2. Устранить замыкание
	2.3. Межвитковое замыкание в одной или нескольких якорных катушках	2.3. Поврежденные якорные катушки заменить новыми или отремонтировать
3. Генератор отдает или двигатель берет ток больше номинального	3.1. Машина перегружена	3.1. Снизить нагрузку или обеспечить повышенную вентиляцию
4. При нормальной нагрузке частота вращения меньше номинальной, обмотка якоря перегревается	4.1. Плохая вентиляция машины	4.1. Увеличить регулировочное сопротивление в параллельной обмотке генераторов уменьшением шкива при ременной передаче
5. Генератор плохо возбуждается, двигатель медленно идет в ход	5.1. Межвитковое замыкание в одной или нескольких якорных катушках	5.1. Неисправные катушки отремонтировать или заменить новыми
	5.2. Короткое замыкание обмотки якоря заусенцами через пластины коллектора	5.2. Удалить все заусенцы острым шабером, отшлифовать коллектор
	5.3. Соединение отдельных петушков или короткое замыкание обмотки	5.3. Проверить состояние коллекторных петушков и устранить неисправность
6. Генератор при номинальной частоте дает высокое напряжение	6.1. Поврежден регулятор возбуждения или подобран неправильно, в результате чего ток возбуждения велик	6.1. Проверить исправность регулятора возбуждения и при необходимости заменить новым
7. Двигатель не идет в ход	7.1. Перегорели предохранители	7.1. Заменить предохранители
	7.2. Обрыв в пусковом реостате или проводах	7.2. Устранить повреждение

Продолжение табл. 42

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
	7.3. Обрыв в обмотке якоря	7.3. Устранить повреждение. В основном обрыв выявляется в соединениях между коллектором и обмоткой

Таблица 43. **Неисправности асинхронных электродвигателей и способы их устранения**

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
1. Щетки искрят, некоторые щетки и их арматура сильно нагреваются и обгорают	1.1. Щетки плохо прошлифованы	1.1. Прошлифовать щетки
	1.2. Щетки не могут свободно двигаться в обойме щеткодержателя — мал зазор	1.2. Установить нормальный зазор между щеткой и обоймой 0,2—0,3 мм
	1.3. Загрязнены или замаслены контактные кольца и щетки	1.3. Очистить бензином кольца и щетки и устранить причины загрязения
	1.4. Контактные кольца имеют неровную поверхность	1.4. Обточить или отшлифовать контактные кольца
	1.5. Слабо прижаты щетки к контактным кольцам	1.5. Отрегулировать нажатие щеток
	1.6. Неравномерное распределение тока между щетками	1.6. Отрегулировать нажатие щеток, проверить исправность контактов траверс, токопроводов, щеткодеражетелей
2. Равномерный перегрев активной стали статора	2.1. Напряжение сети выше номинального	2.1. Снизить напряжение до номинального; усилить вентиляцию
3. Повышенный местный нагрев активной стали при холостом ходе и номинальном напряжении	3.1. Между отдельныи листами активной стали имеются местные замыкания	3.1. Удалить заусенцы, устранить замыкание и обработать листы изоляционным лаком
	3.2. Нарушено соединение между стяжными болтами и активной сталью	3.2. Восстановить изоляцию стяжных болтов
4. Двигатель с фазным ротором не развивает номинальной частоты вращения с загрузкой	4.1. Плохой контакт в пайках ротора	4.1. Проверить все пайки ротора. В случае отсутствия неисправностей при наружном осмотре проверку паек проводят методом падения напряжения
	4.2. Обмотка ротора имеет плохой контакт с контактными кольцами	4.2. Проверить контакты токопроводов в местах соединения их с обмоткой и контактными кольцами

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
	4.3. Плохой контакт в щеточном аппарате. Ослабели контакты механизма для короткого замыкания ротора	4.3. Пришлифовать и отрегулировать нажатие щеток
	4.4. Плохой контакт в соединениях между пусковым реостатом и контактными кольцами	4.4. Проверить исправность контактов в местах присоединения соединительных проводов к выводам ротора и пускового реостата
5. Двигатель с фазным ротором идет в ход без нагрузки — при разомкнутой цепи ротора, а при пуске в ход с нагрузкой не развивает оборотов	5.1. Короткое замыкание между соседними хомутиками лобовых соединений или в обмотке ротора	5.1. Устранить касание соседних хомутиков
	5.2. Обмотка ротора в двух местах заземлена	5.2. После определения короткозамкнутой части обмотки поврежденные катушки заменить новыми
6. Двигатель с короткозамкнутым ротором не идет в ход	6.1. Перегорели предохранители, неисправлен автоматический выключатель, сработало тепловое реле	6.1. Устранить неисправности
7. При пуске двигателя происходит перекрытие контактных колец электрической дугой	7.1. Контактные кольца и щеточный аппарат загрязнены	7.1. Провести очистку
	7.2. Повышенная влажность воздуха	7.2. Провести дополнительную изоляцию или заменить двигатель другим, соответствующим условиям окружающей среды
	7.3. Обрыв в соединениях ротора и в самом реостате	7.3. Проверить исправность соединения

Таблица 44. **Неисправности синхронных машин и способы их устранения**

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
1. Неисправен возбудитель	1.1. См. табл. 42, п. 2.2. См. табл. 43, п. 1.1.; 1.7	Аналогично способам, изложенным в табл. 42 и 43
2. Искрение щеток		
3. Активная сталь статора равномерно перегрета, хотя нагрузка генератора не превышает номинальной	3.1. Повышено напряжение по сравнению с номинальным	3.1. Понизить напряжение до номинального

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
	3.2. Генератор вращается с частотой ниже номинальной	3.2. Исправить первичный двигатель; установить нормальную частоту колебаний сети
4. Возбудитель дает очень большой ток при включении цепи возбуждения	4.1. Короткое замыкание между проводами, соединяющими возбудитель с контактными кольцами или между контактными кольцами	4.1. С помощью мегаомметра или контрольной лампы найти место короткого замыкания и устранить его
5. Частота вращения генератора ниже номинальной	5.1. Неисправность первичного двигателя	5.1. Проверить и исправить первичный двигатель
	5.2. Низкая частота колебаний сети	5.2. Принять меры к восстановлению частоты
6. Напряжение генератора при номинальных частоте вращения и токе возбуждения меньше номинального	6.1. Неверно соединены катушки обмотки возбуждения	6.1. Проверить полярность катушек и правильно их соединить
	6.2. Межвитковое соединение или заземление в двух местах обмотки возбуждения	6.2. Определить место замыкания и устранить его
7. При исправном возбудителе в обмотке статора имеется напряжение только между двумя фазами	7.1. Обрыв в одной фазе обмотки статора при соединении звездой или обрыв в двух фазах обмотки при соединении треугольником	7.1. Найти и устранить обрыв

При осмотре электродвигателей, расположенных на движущихся частях рабочей машины, мегаомметром проверяют, нет ли обрыва заземляющей жилы кабеля.

Состояние соединительной муфты проверяют, обращая особое внимание на ее детали муфты. Поврежденные резиновые детали заменяют. Мегаомметром на 500 В измеряют сопротивление изоляции обмоток статора-электродвигателей единой серии относительно корпуса. Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм при температуре 293 К (20°С). У электродвигателей, имеющих датчики температурной защиты, измеряют сопротивление изоляции цепи датчиков относительно обмотки статора и корпуса. Сопротивление изоляции должно быть не менее 1 МОм. Тщательно осматривают доску зажимов.

При наличии сколов, трещин и обугливания поверхности доску заменяют. Следы перекрытия дугой зачищают шлифовальной шкур-

кой, обезжиривают уайт-спиритом или ацетоном и покрывают бакелитовым лаком или клеем БФ-2.

Снимают защитный кожух и продувают щеточный механизм сжатым воздухом давлением не более 0,2 МПа (2 атм). Очищают щеточный механизм сухим обтирочным материалом, а затем осматривают.

При осмотре щеточного механизма проверяют биение коллектора и контактных колец. Биение не должно превышать следующих величин (мм):

для коллекторов диамметром, мм:	
до 250	0,02
600	0,03—0,05
более 600	0,06
для контактных колец диаметром, мм:	
до 500	0,05
свыше 500	0,08

Биение проверяют индикатором часового типа. Коллектор при неровностях и биениях до 0,2 мм полируют, до 0,5 мм — прошлифовывают, превышающих 0,5 мм — протачивают при ремонте. Полировку проводят при номинальной частоте вращения вала машины мелкой стеклянной шкуркой № 180—200, наложенной на пригнанный по коллектору деревянный брусок, шлифовку и проточку выполняют на токарных станках.

При необходимости заменяют щетки:

марка щетки должна соответствовать данным завода-изготовителя машины и характеру ее работы;

траверсы устанавливают по заводским меткам на нейтрали;

в обойму щеткодержателя щетки вставляют свободно с зазором 0,1—0,4 мм в направлении вращения и 0,2—0,5 мм в направлении оси коллектора; радиальный зазор между контактными кольцами или коллектором и щеткодержателем должен быть равномерным и составлять не больше 2—4 мм.

Пришлифовывают щетки по всей контактной поверхности, которая должна составлять не менее 80 % рабочей поверхности щетки. Нажатие щеток проверяют с помощью динамометра. Токоведущие гибкие щеточные жгуты надежно присоединяют к траверсе щеточного устройства, а сбегающие края щеток каждой траверсы устанавливают на одной прямой, параллельной оси коллектора и ребрам коллекторных пластин. Регулируют механизм подъема щеток асинхронных электродвигателей с фазовым ротором так, чтобы подъем щеток происходил после замыкания колец накоротко; положения пуска и работы обозначают надписями у рукоятки подъема

щеток. У электрических машин с принудительной вентиляцией воздуховоды и камеры горячего воздуха, омываемые холодным воздухом, покрывают листовым асбестом толщиной 5 мм, а затем — стальным листом; все швы и стыки уплотняют суконными или фетровыми прокладками, устанавливаемыми на лаке со стороны одного из фланцев.

Водяные холодильники и вся система трубопроводов должны быть испытаны гидравлическим давлением 0,3 МПа продолжительностью 3—10 мин.

Воздушные масляные фильтры должны быть заправлены висцыновым или веретенным маслом. Механизм подачи должен действовать исправно. Сетки не должны задерживаться в направляющих.

При осмотре убеждаются в герметичности стыков, наличии масла, исправности механизма подачи.

Подшипники через 4000 ч работы, но не реже 1 раза в год промывают керосином, а затем заполняют смазочным маслом до заводской отметки на масломерном стекле, глазке или пробке; сорт заливаемого масла уточняют в инструкции завода-изготовителя;

при заправке масло не должно вытекать из подшипника, маслопроводов, арматуры и попадать на обмотку;

смазочные кольца должны вращаться равномерно;

подшипники качения заправляют смазкой на 2/3 объема гнезда подшипника. Сорта смазки должны соответствовать условиям работы подшипников. Некоторые сорта масел приведены в табл. 45, 46.

У подшипников электродвигателей вибрация не должна превышать следующих величин:

частота вращения, об/мин	3000	1500	1000	750
вибрация, мм	0,05	0,1	0,13	0,16

Таблица 45. **Марки масел для подшипников электрических машин мощностью до 1000 кВт с кольцевой смазкой**

Частота вращения, исполнение машин и режим их работы	Вязкость при 50°С, сСТ	Марка индустриального масла
1000 об/мин и выше:		
Нереверсивные и с редкими пусками	17—23	И-20А
Реверсивные и с частыми пусками	28—33	И-30А
250—1000 об/мин:		
Нереверсивные и с редкими пусками	28—33	И-30А
Реверсивные и с частыми пусками	28—33	И-30А
До 250 об/мин, нереверсивные и реверсивные	47—55	И-50А

Таблица 46. **Смеси смазочных масел, дающие необходимую вязкость**

Масло индустриальное	Пропорция смешиваемых сортов, части	Вязкость кинематической смеси при 50°С, сСТ
И-12А	1	17
И-30А	2	
И-12А	11	17
И-50А	9	
И-12А	3	28
И-50А	7	
И-20А	1	
И-50А	1	
И-20А	2	
Автол 10	1	
И-12А	1	50
Автол 10	6	
И-12А	2	
Автол 10	3	

В электродвигателях до 100 кВт наиболее часто применяют подшипники, тип которых приведен в табл. 47.

Таблица 47. **Шариковые и роликовые подшипники, применяемые в электродвигателях**

Габарит электродвигателя	Вид электродвигателя по способу монтажа	Номер подшипника со стороны, противоположной приводу, при частоте вращения		Номер подшипника со стороны привода при частоте вращения	
		3000 об/мин	1000 и 1500 об/мин	3000 об/мин	1000 и 1500 об/мин
1	—	60 304		60 304	
2	М10	60 305		60 305	
3	М20	60 306		60 306	
4	М30	60 308		60 308	
5	—	60 309		60 309	
6	М10, М20 / М30	309	309*	309	2309к* / 309*
7	М10, М20 / М30	311	311*	311	2111* / 311*
8	М10, М20 / М30	314	314*	314	2114** / 314*
9	М10, М20 / М30	317	317**	317	2317к** / 317к**

* Эти же номера подшипников применяют при частоте вращения 750 об/мин.

** Так же при частоте вращения 600 и 750 об/мин.

Примечание. Единая серия асинхронных двигателей А2 и АО2 мощностью от 0,6 до 100 кВт разделяет все двигателя на девять габаритов по размерам наружного диаметра сердечника статора; эту серию заменяют в настоящее время двигателями серий ЦА и АП.

Для смены смазки в электродвигателях защищенного исполнения снимают крышку подшипника, промывают его, закладывают свежую порцию смазки, вновь устанавливают крышку в прежнее положение и закрепляют ее болтами.

В электродвигателях закрытого обдуваемого исполнения подшипник, расположенный со стороны вентилятора, менее доступен для наружного осмотра. Для смены смазки в этом подшипнике снимают защитный кожух вентилятора, наружный вентилятор и крышку подшипника.

Для смены смазки в подшипнике, расположенном со стороны контактных колец, у электродвигателей АОК2 4 и 5-го габаритов необходимо снять кожух контактных колец; вынуть щетки из обойм щеткодержателей; ослабить крепление вентиляторов и защитной шайбы на валу, повернув на два-три оборота крепящий болт вентилятора и установочный винт защитной шайбы; сдвинуть вентилятор и защитную шайбу в сторону контактных колец; отвернуть болты подшипниковой крышки и сдвинуть ее на валу в сторону вентилятора; промыть подшипник и его крышку бензином и заложить смазку. При промывке и заполнении смазкой подшипников контактные кольца завертывают в бумагу, чтобы предохранить их от повреждений и загрязнений.

У электродвигателей АОК-2 6-го габарита и выше при смене смазки в подшипнике со стороны, противоположной приводу, необходимо снять контактные кольца. Для этого вида отпаять соединительные хомутики выводных концов, вынуть из канавки вала стопорное кольцо и съемником снять контактные кольца, кожух вентилятора и вентилятор.

У электродвигателей АК2 при смене смазки в подшипнике со стороны, противоположной приводу, контактные кольца снимать не следует. Для смены смазки достаточно снять коробку с щеткодержателями и отвести подшипниковую крышку в сторону контактных колец.

Замену щеток у электродвигателей с фазным ротором необходимо производить по мере их износа, руководствуясь данными, приведенными в табл. 48.

Таблица 48. **Предельные значения износа щеток**

Габарит электродвигателя	Размер щетки, мм	Марка щетки	Высота износившейся щетки (подлежащей замене), мм
4	8 × 12,5 × 25	МГ-4	12
5	10 × 16 × 25	МГ-4	12
6	10 × 20 × 32	МГ-2	18

Габарит электродвигателя	Размер щетки, мм	Марка щетки	Высота износившейся щетки (подлежащей замене), мм
7	12,5 × 25 × 40	МГ-6	20
8	12,5 × 25 × 40	МГ-4	20
9	12,5 × 25 × 40	МГ-4	20

Для обеспечения нормальной работы электродвигателя необходимо поддерживать напряжение на шинах питающей подстанции в пределах 100—105 % номинального. По производственным причинам допускается работа электродвигателя при *отклонении напряжения* от — 5 до + 10 % номинального. В табл. 49 приведены *зоны колебаний напряжения*, регламентируемые ПУЭ, т. е. меньше 1,5; 1,5—4 и более 4 %.

Сведения о максимальной мощности короткозамкнутых электродвигателей, которые могут запускаться путем прямого подключения к различным источникам питания, приведены в табл. 50.

Таблица 49. **Колебание напряжений на шинах питающей подстанции при частых пусках электродвигателей, %**

Номинальная мощность двигателя, кВт	Мощность трансформатора, кВ · А								
	25	40	63	100	160	250	400	630	1000
0,6	1,5	0,9	0,6	0,3	0,2				
0,8	1,9	1,2	0,7	0,4	0,3				
1,1	2,4	1,5	1,0	0,6	0,4				
1,5	3,2	2,0	1,3	0,8	0,5	0,3			
2,2	4,4	2,8	1,8	1,1	0,7	0,4			
3,0	5,7	3,7	2,4	1,5	0,9	0,6			
4,1	7,1	4,6	3,0	1,9	1,2	0,7	0,4		
5,5	9,3	6,1	4,0	2,5	1,6	1,0	0,6	0,4	
7,5		7,9	5,3	3,3	2,1	1,4	0,8	0,6	0,4
10,0		10,3	6,9	4,4	2,6	1,8	1,1	0,8	0,5
13,0			8,6	5,5	3,6	2,3	1,4	1,0	0,6
17,0			10,9	7,1	4,6	3,0	1,8	1,4	0,8
22,0				8,8	5,8	3,8	2,3	1,8	1,1
30,0					7,5	5,0	3,0	2,3	1,5
40,0					9,7	6,5	4,0	3,1	1,9
55,0						8,5	5,3	4,1	2,6
75,0						11,3	7,1	5,6	3,6
100,0							9,2	7,3	4,7

Таблица 50. **Максимальная мощность короткозамкнутого электродвигателя, пускаемого непосредственно от полного напряжения (в зависимости от рода источника питания)**

Источник питания	Максимальная мощность электродвигателя
Трансформатор, питающий чисто силовую сеть	20 % мощности трансформатора при частых пусках, 30 % при редких пусках
Трансформатор, питающий силовую и осветительную сеть	4 % мощности трансформатора при частых пусках, 8 % при редких пусках
Электростанция малой мощности	12 % мощности электростанции
Блок «трансформатор-двигатель»	Приблизительно до 80 % мощности трансформатора
Высоковольтная ось	Не более 3 % мощности трехфазного короткого замыкания в точке присоединения электродвигателя

При техническом обслуживании асинхронных электродвигателей мощностью 4000 кВт и выше периодически проверяют и контролируют:

— затяжку фундаментальных болтов и все механические крепления;

— электрическую прочность изоляции обмоток от корпуса;

— заземление станины двигателя, а также оболочки питающего кабеля;

— воздушный зазор между статором и ротором;

— температуру активных частей электродвигателя.

Температура обмотки статора не должна превышать на 75°С, а обмотки ротора на 85°С температуру охлаждающего воздуха. При профилактических осмотрах (не реже 1 раза в 3 месяца) снимают щиты и производят тщательную очистку двигателя, прочищают лобовые части статорной и роторной обмоток, продувают чистым сжатым воздухом, выверяют воздушный зазор с обеих сторон. Во время работы наблюдают за состоянием смазки подшипников. Смазочные кольца не должны иметь как медленного, так и быстрого хода; масло из подшипников не должно попадать на обмотки. Для охлаждения используют воздух с температурой не выше 35°С при относительной влажности не выше 75 % не содержащий пыли и взрывоопасных примесей. Если окружающая температура низка, то при длительных остановках двигателя нужно его прогревать током или другим способом так, чтобы температура обмоток была не ниже + 5°С.

В случаях, когда температура окружающего воздуха превышает 35°С, нужно снизить нагрузку двигателя так, чтобы нагрев его отдельных частей не превышал допустимых заводских значений. При нагреве обмотки или железа двигателя выше норм следует

остановить двигатель и проверить вентиляционную систему. Особое внимание обращают на чистоту вентиляционных каналов статора и ротора, исправность вентиляционных крыльев.

Перегрев двигателя сверх допустимых температур в течение длительного времени резко сокращает срок службы изоляции обмоток и может привести к ее повреждению и аварии. Двигатель может нагреваться и от перегрузки током при неисправности контролирующего амперметра. Поэтому, если обнаружено во время осмотра такое нарушение в работе, следует проверить другим контрольным амперметром ток двигателя и, в случае его превышения по сравнению с номинальным, снизить нагрузку. Меры по снижению температуры электродвигателя принимают в зависимости от причин, вызывающих перегрев.

При обслуживании электродвигателя иногда обнаруживается вибрация. Возникает она в результате смещения линии валов агрегата при монтаже и ремонте или при посадке фундамента. Вибрация может быть также в результате короткого замыкания внутри статорной обмотки, из-за чего создается ассиметрия магнитного поля.

Причиной вибрации может быть и плохая балансировка ротора в процессе ремонта. В этом случае нужно повторно произвести статическую и динамическую балансировку ротора.

Вибрация способствует ослаблению крепления двигателя на фундаменте, разработке подшипников. Она может привести к повреждению изоляции, короткому замыканию в обмотках и искрению под щетками.

Вибрацию электродвигателей измеряют с помощью ручного вибрографа типа ВР-1 или виброметра. Наиболее удобными при эксплуатации являются вибрографы и виброметры, которые позволяют измерять вибрацию в продольном, поперечном и вертикальном направлениях. По показаниям вибрографа можно судить не только о размерах вибрации, но и о частоте, а это легче позволяет определить причину вибрации — в этом их преимущество перед виброметрами.

Измерение вибрации в вертикальном направлении (рис. 17.1, *а*) производят прикрепляя виброметр с инерционной массой к жесткой пластине *1*, которую присоединяют к стойке подшипника *2* болтом *3*, а штифт виброметра устанавливают вертикально в направлении измерения вибрации. Затем винтами освобождают инерционную массу и производят отсчет показаний. Ширина отклонения стрелки индикатора представляет амплитуду вибрации или двойную амплитуду колебания.

Если виброметр установить так, что плоскость циферблата его будет перпендикулярна оси вала, а штифт направить горизонтально,

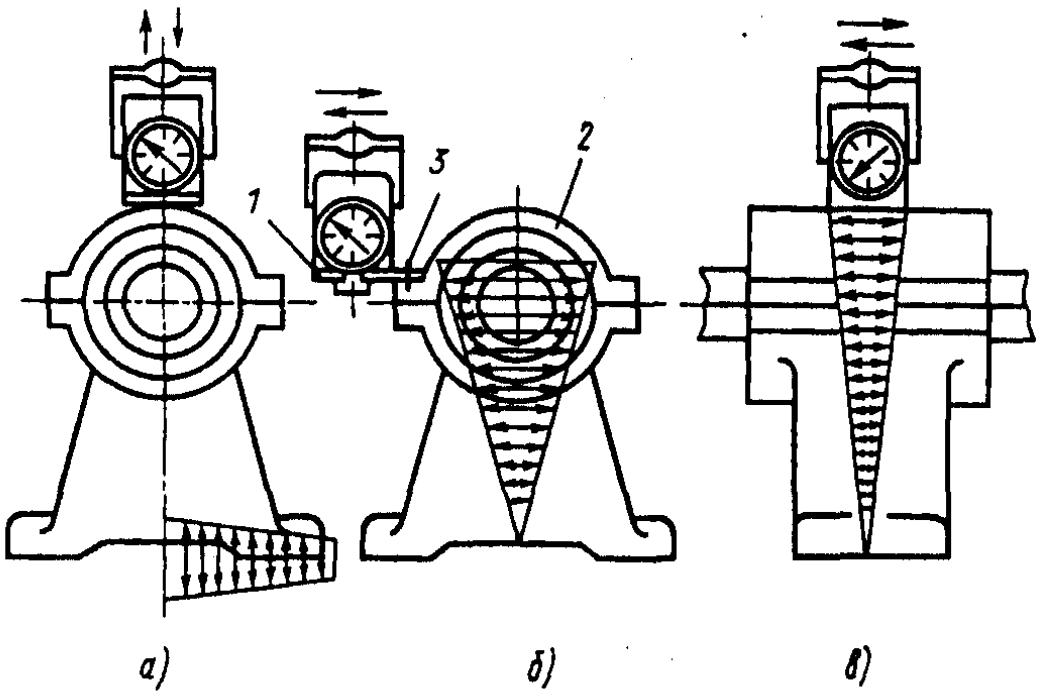


Рис. 17.1. Измерение вибрации в трех направлениях

то виброметром можно измерить горизонтально-поперечную вибрацию (рис. 17.1, *б*). Если нужно измерить продольную (горизонтально-осевую) вибрацию, то плоскость циферблата индикатора направляют параллельно оси вала, а штифт — горизонтально, как показано на рис. 17.1, *в*.

Вибрацию измеряют при нескольких значениях нагрузки электрической машины: при холостом ходе 50; 70 и 100 % номинальной нагрузки и при максимально допустимой частоте вращения.

При обслуживании проверяют воздушный зазор между статором и ротором электродвигателя. Зазор этот в процессе эксплуатации в связи с износом подшипников или в результате разборки и неточной сборки электродвигателя может меняться. Это приводит к нарушению симметричного положения ротора в статоре.

У электродвигателей воздушные зазоры измеряют в диаметрально противоположных точках специальными щупами. Зазоры не должны различаться между собой более чем на ± 10 % среднего значения (равного полусумме зазоров).

В процессе обслуживания периодически проверяют сопротивление изоляции двигателя. Для обмоток статора сопротивление изоляции должно быть не менее 10 МОм, для обмоток ротора — 1,5 МОм, для подшипников — 0,5 МОм. Если уровни изоляции не соответствуют указанным, обмотки сушат, а у подшипников проверяют и при необходимости заменяют изоляцию. Снижение электрической прочности объясняется способностью хлопчатобумажных и волокнистых материалов изоляции увлажняться.

О степени увлажнения изоляции машин судят по значениям сопротивления изоляции относительно корпуса и между обмотками, и по коэффициенту абсорбции (отношению R60/R15, где R60 и R15 сопротивления изоляции, отсчитанные спустя 60 с и 15 с после приведения в действие мегаомметра). Значение коэффициента абсорбции должно быть не ниже 1,3, при использовании для измерения мегаомметра на 2500 В.

Испытания повышенным напряжением проводят в течение 1 мин напряжением 0,8 ($2U_{ном}$ + 3) В. Если сопротивление изоляции обмоток ниже нормы, то обмотки очищают от пыли и грязи, протирают бензином, холодным четыреххлористым углеродом и после просушки покрывают изоляцию слоем лака. Электродвигатель сушат обычно в неподвижном состоянии одним из следующих способов: горячим воздухом от воздуходувки, токами короткого замыкания или индукционными токами в стали статора.

Сушку изоляции проводят при температуре, близкой к максимально допустимой — 80—85°С.

При сушке двигателя периодически измеряют сопротивление изоляции обмоток и определяют коэффициент абсорбции для каждой обмотки. Полученные данные заносят в журнал сушки электродвигателя. Перед измерением сопротивления изоляции обмотку разряжают на землю не менее 2 мин, если незадолго до этого производилось измерение изоляции или испытание повышенным напряжением. Ввиду отсутствия нормальной вентиляции при сушке током, осуществляют повышенный контроль за нагревом двигателя, если при достижении наивысшей допустимой температуры нельзя уменьшить напряжение на зажимах статора, нужно периодически отключать напряжение, требуемая температура сушки будет поддерживаться путем устройства перерывов в подаче тока в статор.

Сушку двигателя заканчивают, если коэффициент абсорбции и сопротивление изоляции остаются неизменными в течение 3—5 час. при постоянной температуре. Обычно сушка двигателя, например АЗ-4500-1500, продолжается от 2-х до 4-х суток, в зависимости от состояния изоляции.

При температуре 85°С в начальный период сушки сопротивление изоляции обмоток электродвигателя постепенно понижается, а затем через 20—30 ч сопротивление изоляции начинает возрастать, температурная кривая повышается и в конце сушки сопротивление изоляции стабилизуется на значениях 250—300 МОм. После прекращения сушки и охлаждения обмоток двигателя сопротивление изоляции несколько увеличится.

Сопротивления изоляции обмоток электрических машин после сушки должны быть не ниже:

Статоры машин переменного тока с рабочим напряжением:
выше 1000 В — 1 МОм на 1 кВ рабочего напряжения
до 1000 В — 0,5 МОм на 1 кВ;
Якори машин постоянного тока напряжением до 750 В — 1 МОм на 1 кВ;
Роторы асинхронных и синхронных электродвигателей, включая цепь возбуждения — 1 МОм на 1 кВ, но не менее 0,2—0,5 МОм
Электродвигатели напряжением 3000 В и более
Статоры — 1 МОм на 1 кВ
Роторы — 0,2 МОм на 1 кВ.

При техническом обслуживании синхронных электродвигателей, например типа СТМ-4000-2 (рис. 17.2), перед остановкой его на ревизию выполняют следующие работы:

— измеряют сопротивление изоляции обмотки статора при рабочей температуре и определяют коэффициент абсорбции, который должен быть не менее 1,2;

— измеряют вибрацию электродвигателя;

— при номинальной скорости вращения измеряют сопротивление изоляции обмотки ротора;

— проверяют радиальные зазоры, между статором и ротором, радиальные и осевые, между вентилятором и внутренними щитами, радиальные между валом и уплотнениями наружных щитов; осевые, между торцами вкладыша и гантелями шейки вала ротора, радиальные, между валом и лабиринтовыми уплотнениями маслоуловителей. Такие же измерения выполняют и у возбудителя: уточняются зазоры между вкладышами и крышкой подшипника с помощью

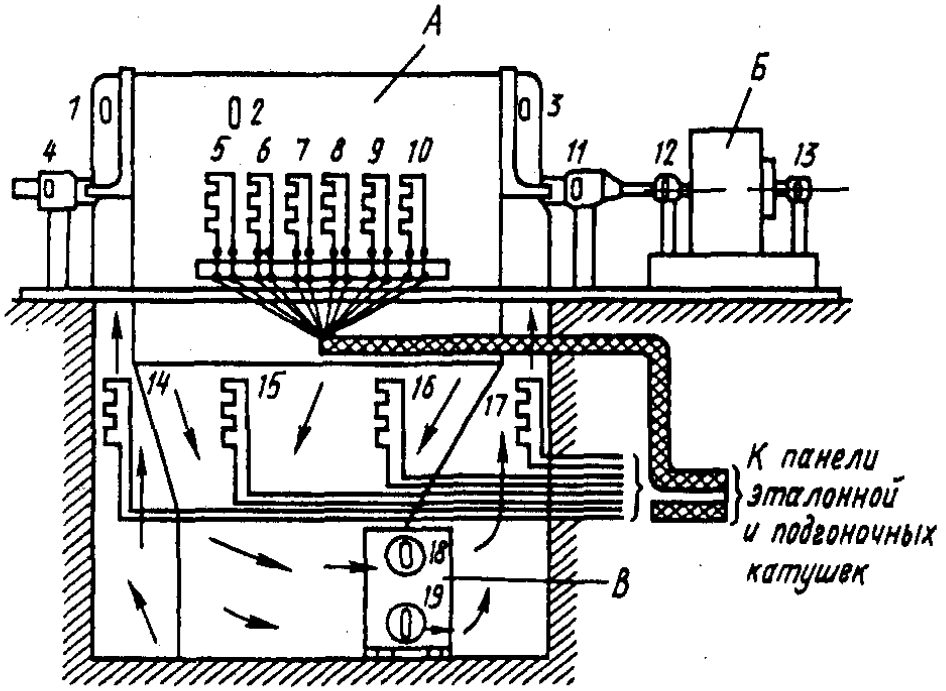


Рис. 17.2. Схема теплового контроля электродвигателя СТМ-4000-2:

А — электродвигатель; *Б* — возбудитель; *В* — воздухоочиститель; *1, 3, 14, 17* — места измерения температуры холодного воздуха; *2, 15, 16* — горячего воздуха; *4, 11* — подшипники двигателя; *5, 7, 9* — температура «меди»; *6, 8, 10* — температура «стали»; *12, 13* — подшипники возбудителя; *18* — холодная вода; *19* — горячая вода

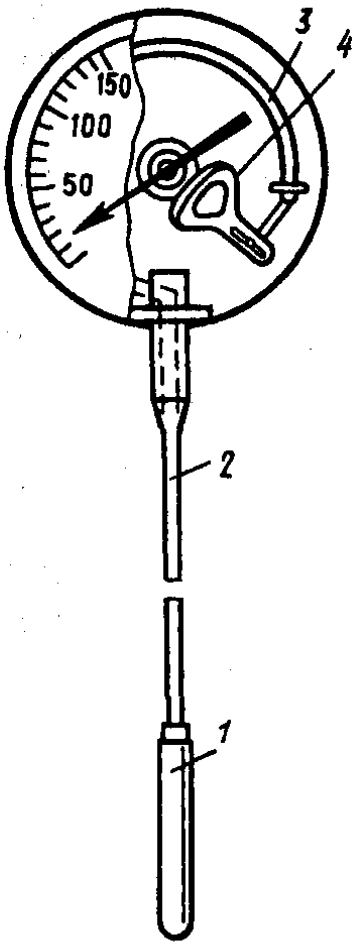


Рис. 17.3. Манометрический термометр:

1 — термобаллон; *2* — капилляр; *3* — пружина; *4* — передаточный механизм

оттисков свинцовой проволоки и зазор между рабочей поверхностью вкладыша и шейкой вала.

Проверяется состояние рабочей поверхности баббита вкладышей, обнаруженные неровности, и выработки баббита устраняют шабровкой.

Матовые точкообразные пятна на рабочей поверхности вкладышей со стороны возбудителя свидетельствуют или о нарушении изоляционных прокладок между стояком подшипника и фундаментной плитой, или маслопроводом и броней кабеля, идущего к траверсе контактных колец, сопротивление которых относительно земли не должно быть меньше 1 МОм.

Состояние статора проверяют после разборки и очистки. Путем пофазного измерения в холодном состоянии сопротивления обмотки статора постоянному току получают значения, которые сравнивают с предыдущими измерениями. Если при осмотре обнаружены трещины на поверхности лакового покрытия лобовых частей и соединений, статор подогревают и лобовые части покрывают слоем изоляционного лака воздушной сушки. В пазах статора проверяют состояние крепления клиньев и в случае ослабления их закрепляют дополнительными изоляционными прокладками из картона, проверяют также крепление бандажей. Значения измеренных зазоров у электродвигателя заносят в ремонтный журнал.

Если зазоры отклоняются от паспортных данных, их следует подрегулировать и довести до значений, предусмотренных заводом-изготовителем.

Тепловой контроль за нагревом отдельных элементов электродвигателя осуществляют с помощью термометров сопротивления, включенных на лагометр, и частично манометрическими термометрами (рис. 17.3).

Если цикл охлаждения замкнут, то температуры + 40°С входящего в электродвигатель воздуха и + 35°С в возбудитель считаются нормальными.

Если температуры входящего воздуха отличаются от указанных значений, мощности, при которых следует использовать двигатель, не должны превосходить значений, указанных ниже:

Температура входящего воздуха, °С . .	55	50	45	40	30
Максимальная мощность, % от номинальной	67,5	82,5	92,5	100	106

Температура воздуха, охлаждающего электродвигатель, должна быть минимум на 5°С выше температуры, приводящей к отпотеванию воздухоохладителей.

При ревизии возбудителя типа ВТ измеряют сопротивление изоляции стояков подшипников и патрубков подачи и слива масла, очищают воздушные фильтры от грязи и пыли, промывая их в керосине или в горячей воде с содой. После промывки фильтра смывают висциновым маслом, вскрывают крышки подшипников и вынимают якорь из магнитной системы. Продувают магнитную систему сжатым воздухом, проверяют крепление болтовых и контактных соединений, осматривают подшипники. При обнаружении дефектов их устраняют и проверяют соответствие зазоров нормативным значениям.

§ 73. ОБСЛУЖИВАНИЕ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И КТП

При осмотре силовых трансформаторов проверяют показания термометров и мановакуумметров; состояние кожухов трансформаторов; отсутствие течи масла; наличие масла в маслонаполненных вводах; соответствие уровня масла в расширителе температурной отметке; состояние изоляторов, маслоохлаждающих и маслосборных устройств, ошиновки и кабелей; отсутствие нагрева контактных соединений; исправности пробивных предохранителей и сигнализации; состояние сети заземления трансформаторного помещения.

Осмотры без отключения трансформаторов производят:

— 1 раз в сутки — в установках с постоянным дежурным персоналом.

— Не реже 1 раза в месяц — в установках без постоянного дежурного персонала.

— Не реже 1 раза в 6 мес.— на трансформаторных пунктах.

Внеочередные осмотры производят при резком изменении температуры наружного воздуха и при каждом отключении трансформатора от действия токовой или дифференциальной защиты.

Трансформатор выводят из работы при обнаружении:

— потрескивания внутри трансформатора и сильно неравномерного шума;

— ненормального и постоянно возрастающего нагрева трансформаторов при нормальных нагрузке и охлаждении;

— выброса масла из расширителя или разрыва диафрагмы выхлопной трубы;

— течи масла с понижением уровня его ниже уровня масломерного стекла;

— при необходимости немедленной замены масла по результатам лабораторных анализов. У трансформаторов мощностью 160 кВА и более масло подвергают непрерывной регенерации, осуществляемой в термосифонных фильтрах или путем периодического присоединения абсорбера.

Находящееся в эксплуатации изоляционное масло подвергают лабораторным испытаниям в следующие сроки:

— не реже 1 раза в 3 года для трансформаторов, работающих с термосифонными фильтрами (сокращенный анализ);

— после капитальных ремонтов трансформаторов и аппаратов;

— 1 раз в год для трансформаторов, работающих без термосифонных фильтров (сокращенный анализ).

Внеочередную пробу масла для определения температуры вспышки отбирают из трансформатора при обнаружении горючего газа в газовом реле трансформатора. В трансформаторах и аппаратах изоляционное масло при понижении электрической прочности, снижении химических показателей ниже норм на эксплуатационное масло, а также при обнаружении в нем механических примесей восстанавливают или заменяют.

Допустимость смешения разных масел при доливах его в трансформаторы мощностью 1000 кВА и более, а также смешение свежего и эксплуатационного масел должны подтверждаться лабораторным испытанием на выпадение осадка и стабильность.

Температура верхних слоев масла при номинальной нагрузке трансформатора и максимальной температуре охлаждающей среды (30°С — воздуха, 25°С — воды) не должна превышать:

— 70°С в трансформаторах с принудительной циркуляцией масла и воды;

— 75°С в трансформаторах с принудительной циркуляцией масла и воздуха;

— 95°С в трансформаторах с естественной циркуляцией воздуха и масла или принудительной циркуляцией воздуха и естественной циркуляцией масла.

Допускается работа трансформаторов с дутьевым охлаждением масла с выключенным дутьем, если нагрузка меньше номинальной и температура верхних слоев масла не превышает 55°С и при минусовых температурах окружающего воздуха и температуре масла не выше 45°С, вне зависимости от нагрузки.

На главных понизительных подстанциях многих предприятий в настоящее время широко используются силовые трансформаторы с расщепленной обмоткой низшего напряжения. Мощность каждой обмотки допускает нагрузку не более 62 % от номинальной мощности трансформатора.

Отключенный релейной защитой трансформатор разрешается включать только после его осмотра, испытаний, проверки газа из газового реле и устранения неисправностей. В случаях ложного срабатывания газовой или дифференциальной защит допускается одно повторное включение трансформатора при отсутствии видимых внешних признаков его повреждения. Если отключение трансформатора произошло в результате действия защит, которые не связаны с его повреждением, можно включать трансформатор в сеть без его проверки.

Газовая защита может срабатывать ложно по следующим причинам:

— сотрясения трансформатора в результате воздействия больших токов перегрузки, проходящими по его обмоткам, а также сквозных токов короткого замыкания за трансформатором;

— ненормальной вибрации при пуске и остановке вентиляторов и циркуляционных насосов у трансформаторов с принудительными системами охлаждения от возникающих перетоков и толчков масла в трубопроводах;

— в результате несвоевременной доливке масла и снижения его уровня;

— неправильной установки трансформатора, при котором возможен значительный выброс воздуха через газовые реле, то же может быть и при доливке масла в трансформатор.

При очистке и регенерации масла и всех работах в масляной системе, проверке газовой защиты или ее неисправности, отключающий элемент газовой защиты должен быть переведен действием на сигнал.

Ввод газовой защиты в действие на отключение после вывода ее из работы производится через одни сутки, если не было скопления воздуха в газовом реле, в противном случае включение производят через сутки после прекращения выделения воздуха. Если уровень масла в масломерном стекле повысился очень высоко и быстро, нельзя до выяснения причины открывать пробки, прочищать дыхательную трубку без размыкания цепи отключения реле.

Если газовая защита сработала с действием на сигнал, в результате накопившегося в реле воздуха, необходимо выпустить воздух из реле и перевести цепь отключения защиты на сигнал. При отключении трансформатора от газовой защиты и обнаружении при проверке в реле горючего газа — повторное отключение трансформатора запрещается.

О характере повреждения внутри трансформатора можно предварительно судить по цвету выделяющегося в реле газа. Желтый цвет газов свидетельствует о повреждении дерева, беловато-серый — бумаги, а черный — масла.

Для проверки горючести газов зажигают спичку и подносят ее к чуть приоткрытому верхнему крану реле. Горючесть газов свидетельствует о внутреннем повреждении трансформатора.

Анализ масла и работа газовой защиты позволяют обнаружить внутренние повреждения трансформатора, которые развиваются медленно, например, наличие прямого контакта в переключателе ответвлений, пожар в стали.

По изменению показателей трансформаторного масла можно судить о причинах нарушений работы электрических маслонаполненных аппаратов и своевременно принять меры, предотвращающие аварию.

Свежее трансформаторное масло, залитое в электроаппарат, должно иметь светло-желтый цвет. В процессе эксплуатации цвет масла темнеет под влиянием нагрева, загрязнений и образующихся при окислении смолы осадков. Свежее масло может приобрести темный цвет от загрязнения при транспортировке или в результате недостаточно хорошей очистки. Если при эксплуатации масло быстро потемнело, то это произошло по причине чрезмерного его перегрева или от образующегося в нем углерода. Цвет масла не является показателем брака и действующими инструкциями не нормируется, но служит для ориентировочной оценки качества масла при обслуживании маслонаполненных электроустановок. Загрязнение масла может происходить от попадания в него в результате растворения лаков, красок, бакелитовой и хлопчатобумажной изоляции, образования углерода от горения электрической дуги, шлака от старения масла. Появление в трансформаторном масле осадков и примесей опасно тем, что они, будучи сильно гигроскопичными, при отложениях на поверхности изоляции трансформаторов, способствуют короткому замыканию.

Если визуально определено, что масло содержит примеси в виде осадка, оно должно быть подвергнуто фильтрации или центрифугированию.

Вода в масле появляется при его старении или в результате разгерметизации аппарата. Она может содержаться в трех видах:

— растворенная вода (появляется от попеременного нагрева и охлаждения масла);

— осажденная (на дне резервуара);

— взвешенная в виде капелек в масле или в виде эмульсии.

Важным качественным показателем трансформаторного масла является температура вспышки, т. е. температура, при которой пары масла, нагреваемого в закрытом сосуде, образуют с воздухом смесь,

вспыхивающую при поднесении к ней пламени. Чем температура ниже, тем больше его испаряемость. Состав масла при испарении ухудшается, растет вязкость, образуются вредные и взрывоопасные газы. Температура вспышки при правильной эксплуатации трансформатора несколько увеличивается, так как из масла улетучиваются легкие фракции, однако иногда температура вспышки резко снижается. Это происходит в результате повреждения внутри трансформатора из-за крекинг-процесса масла. Чаще такие повреждения сопровождаются срабатыванием газовой защиты. Если газовая защита сработала, трансформаторное масло следует подвергнуть внеочередной контрольной проверке — сокращенному анализу, испытанию на диэлектрическую прочность и температуру вспышки, которая не должна быть ниже 135°С.

Снижение температуры вспышки более чем на 5°С по сравнению с первоначальными данными указывает на наличие неисправности в трансформаторе. При ухудшении качества масла против установленных норм как на работающем, так и на отключенном трансформаторе, масло следует заменить или подвергнуть фильтрации и регенерации. При эксплуатации можно включать трансформатор с застывшим маслом, но при этом нужно внимательно следить за его температурой, так как из-за отсутствия циркуляции возможен недопустимый нагрев обмоток трансформатора.

Однако следует помнить, что температура масла очень приближенно отражает действительную температуру обмоток трансформатора. В масле при регенерации может остаться некоторое количество серной кислоты или щелочи. Кислоты могут образовываться в масле и в результате окисления его при эксплуатации. Водорастворимые кислоты и щелочи в масле приводят к резкому ухудшению его качества.

Низкомолекулярные кислоты вызывают коррозию металлов и старение изоляции. Наличие кислот характеризуют кислотным числом-количеством миллиграммов едкого натрия, необходимого для нейтрализации всех свободных кислот в 1 г масла.

Для масла, заливаемого в трансформатор, очень важно, чтобы вязкость его была как можно меньше. Это способствует лучшему отводу теплоты от обмоток. Кинематическая вязкость масла при 20°С должна составлять не более 30 мм^2/с, при 50°С — не более 9,6 мм^2/с. В процессе эксплуатации в масле повышается зольность, за счет коррозии металлов (меди-железа), растворения лаков. Наличие в масле серы в свободном состоянии либо в соединениях, легко ее отдающих, недопустимо. Сера приводит к сильному увеличению сопротивления контактов в переключателях ответвлений трансформаторов, и особенно в выключателях.

Натровой пробой с подкислением называют метод определения степени отмывки масел от посторонних примесей. В свежем масле

натровая проба характеризует его стабильность. Оценивается натровая проба баллами — для масла $ТК_п$ — не более 1, а для масла ТК ≤ 2 балла.

Температурой застывания масла называют максимальную температуру, при которой масло загустевает настолько, что при наклонении пробирки с охлажденным маслом под углом 45°, его уровень остается неизменным в течение 1 минуты. Для свежего масла температура застывания должна быть не ниже — 45°С.

Способность трансформаторного масла противостоять окислительному воздействию кислорода воздуха при повышенной температуре называют его *стабильностью*. Она характеризуется процентом осадка, кислотным числом и содержанием водорастворимых кислот в окисленном масле, подвергнутом искусственному старению. После окисления количество осадка должно составлять не более 0,1 % для масла ТК.

На свежее трансформаторное масло, поступающее с завода, установлены нормы тангенса угла диэлектрических потерь. Нормы характеризуют степень очистки масла на заводе. При ухудшении изоляционных характеристик трансформаторов нужно проводить измерение тангенса угла диэлектрических потерь, который оценивают в процентах при трех температурах: 20, 70, 90°С.

Важным показателем качества трансформаторного масла является его *электрическая прочность*. Определяется она приложением к нему испытательного напряжения, при повышении которого до критического значения сопротивление масла снижается до нуля и происходит пробой. Напряжение, при котором происходит пробой масла в стандартном разряднике с расстоянием между электродами, равным 2,5 мм, называют *пробивным напряжением* или *пробивной прочностью масла* и выражают в киловольтах. При загрязнении и, особенно при увлажнении, резко снижается электрическая прочность трансформаторного масла.

Очистку и сушку трансформаторного масла от механических примесей и влаги в процессе эксплуатации производят, используя специальные установки типа ПСМ 1—3000, СМ 1—3000, адсорбционные цеолитовые, ПСМ 2—4. Опыт центрифугирования показывает, что за один цикл очистки можно повысить электрическую прочность масла до 5—7 кВ. Для глубокой и качественной очистки трансформаторного масла применяют цеолитовую установку, в которой с помощью цеолита из масла абсорбируется влага.

При техническом обслуживании комплектных трансформаторных подстанций (рис. 17.4) основным оборудованием, за которым нужно вести регулярное наблюдение и уход, являются силовые трансформаторы и коммутационная аппаратура распределительных щитов.

Завод-изготовитель несет ответственность за исправную работу КТП в течение 12 мес. со дня ввода их в эксплуатацию, но не более

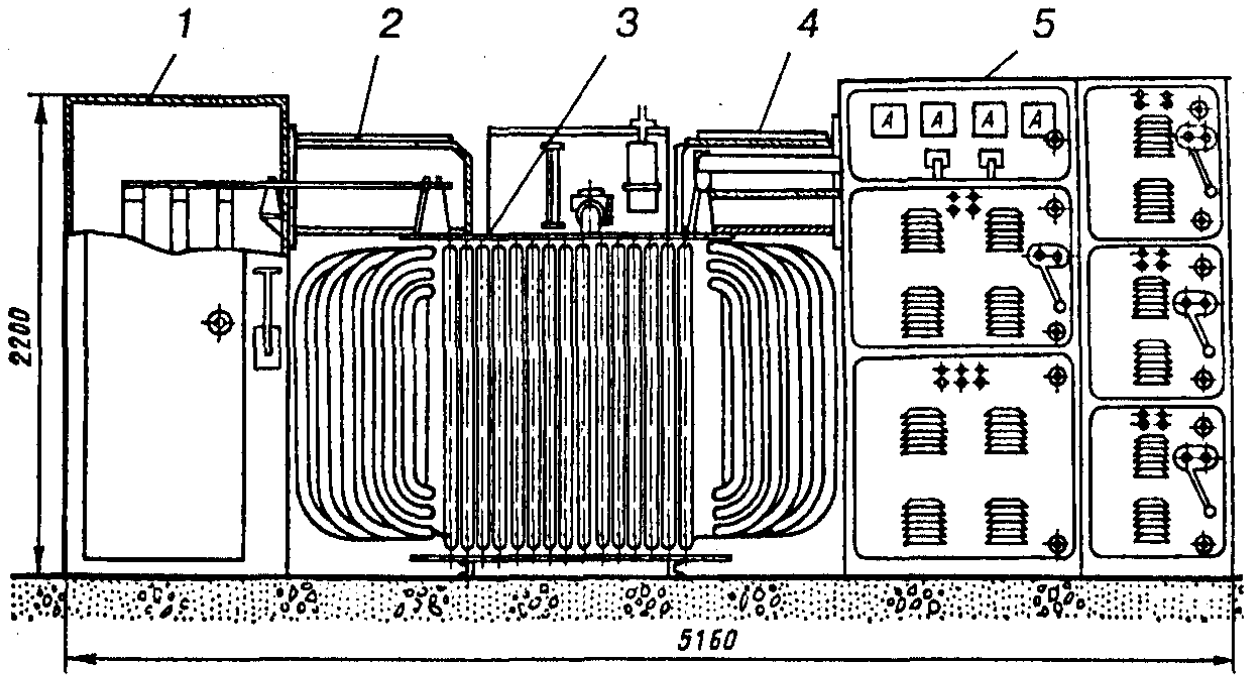


Рис. 17.4. КТП внутренней установки с трансформатором до 1000 кВ · А напряжением 6-10/0,4-0,23 кВ:

1 — ввод высокого напряжения; *2* — защитный короб шин ВН; *3* — трансформатор; *4* — защитный короб шин НН; *5* — распределительное устройство НН

24 мес. со дня отгрузки при условии соблюдения правил хранения, транспортировки и обслуживания.

Токи нагрузок при нормальной эксплуатации не должны превышать значений, указанных в заводских инструкциях. Ток в нейтрали у сухих трансформаторов не должен превышать 25 % номинального тока фазы. В подстанциях с двумя резервирующими друг друга трансформаторами эксплуатационная нагрузка каждого трансформатора не должна превышать 80 % номинальной. При аварийном режиме допускается перегрузка линий, отходящих от распределительных щитов КТП, при защите их автоматами с комбинированными расцепителями.

Кроме показаний приборов о нагрузке герметизированных трансформаторов типа ТНЗ и ТМЗ судят по давлению внутри бака, которое при нормальной нагрузке не должно превышать 50 кПа по показанию мановакуумметра. При давлении 60 кПа срабатывает реле давления, выдавливая стеклянную диафрагму, при этом давление понижается до нуля. Резкое снижение внутреннего давления происходит и при потере герметичности трансформатора.

Если давление упало до нуля, проверяют целостность диафрагмы. Если она разбита, трансформатор отключают, выясняют причину, приведшую к срабатыванию реле давления, и при отсутствии повреждения (т. е. реле сработало от перегрузки) устанавливают новую диафрагму и включают трансформатор под пониженную нагрузку. На герметизированных трансформаторах для контроля

температуры в верхних слоях совтола или масла установлены термометрические сигнализаторы с действием на световой или звуковой сигнал при перегреве.

У трансформаторов, снабженных термосифонными фильтрами, во время эксплуатации контролируют нормальную циркуляцию масла через фильтр по нагреву верхней части его кожуха. Если в пробе масла обнаруживают загрязненность, фильтр перезаряжают. Для этого фильтр разбирают, очищают внутреннюю поверхность от грязи, шлама и промывают чистым сухим маслом. При необходимости заменяют сорбент. Сорбент, полученный в герметической таре, можно применять без сушки.

Контроль за осушителем сводится к наблюдению за цветом индикаторного силикателя. Если большая часть его окрашивается в розовый цвет, весь силикатель осушителя заменяют или восстанавливают нагревом его при 450—500°С в течение 2 ч, индикаторный силикатель — нагревом при 120°С до тех пор, пока вся масса не окрасится в голубой цвет (приблизительно через 15 ч).

Удаление шлама и оксидной пленки с контактной системы переключателя ступеней рекомендуется производить не реже 1 раза в год прокручиванием переключателя до 15—20 раз по часовой и против часовой стрелки.

Периодичность осмотров КТП устанавливается службой отдела Главного энергетика в зависимости от условий работы подстанции, интенсивности работы коммутационной аппаратуры распределительного щита, температуры окружающей среды, запыленности и т. п. Для механических цехов длительность промежутков между осмотрами 6 мес. Осмотр КТП производится при полностью снятом напряжении на вводе и отходящих линиях. При осмотрах проводят чистку от пыли и грязи всех устройств подстанции, проверяют болтовые соединения. При обнаружении обгораний контактные поверхности зачищают и восстанавливают антикоррозийное металлопокрытие.

§ 74. ОБСЛУЖИВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1000 В

В настоящее время наиболее широкое распространение получили комплектные РУ (КРУ) напряжением 3—10 кВ заводского изготовления.

Эксплуатационный персонал, обслуживающий КРУ стационарного исполнения серий КСО-272, КСО-366, К-XII, КРУ2-10 должен знать назначение отдельных частей КРУ и их взаимодействие во время работы. При обслуживании КРУ необходимо руководствоваться не только ПТЭ и ПТБ, но и инструкциями на КРУ и установленное в них оборудование.

Во время осмотра обращают внимание на: состояние помещения (исправность дверей, вентиляции, отопления, запоров); исправность сети освещения и заземления; наличие средств безопасности; уровень масла в цилиндрах выключателей; состояние изоляции, приводов, механизмов блокировки разъединителей, первичных разъединяющих контактов, механизмов доводки; состояние контактных соединений; наличие смазки на трущихся частях механизмов; надежность соединения рядов зажимов, переходов вторичных цепей на дверцы; плотность затяжки контактных соединений вторичных цепей; действие кнопок местного управления выключателей.

Вся изоляция КРУ рассчитана на напряжение 10 кВ и при эксплуатации при 6 кВ имеет повышенную надежность. При эксплуатации КРУ запрещается отвинчивать съемные детали шкафа, поднимать и открывать автоматические шторки руками при наличии напряжения.

Проверку исправности помещений РУ, дверей и окон; отсутствия течи в кровле и междуэтажных перекрытиях; исправности замков, средств безопасности, отопления, вентиляции, освещения, заземления; уровня и температуры масла в аппаратах, отсутствия течи в них; контактов, изоляции (трещины, запыленность и т. п.), ощиновки производят без отключения РУ:

1 раз в сутки — на объектах с постоянным дежурным персоналом;

не реже 1 раза в месяц — на объектах без постоянного дежурного персонала;

не реже 1 раза в 6 мес.— на РУ, совмещенных с трансформаторными подстанциями.

В выкатных КРУ для проведения работ отключают выключатель разъединителями, встроенными в КРУ, заземляют отходящую линию, устанавливают тележку в ремонтное положение и проверяют нижние разъединяющие контакты на отсутствие напряжения. Далее включают заземляющий разъединитель и устанавливают тележку в испытательное положение (если нет необходимости вести работы внутри шкафа). Смену предохранителей в шкафу трансформатора собственных нужд производят при снятой нагрузке.

Выкатка тележки с выключателем и установка ее в рабочее положение являются операциями по отключению и включению присоединения; они производятся только лицами, выполняющими оперативные переключения или под их руководством. Установка тележки в рабочее положение возможна только при отключенном заземляющем разъединителе.

В шкафах КРУ, где связь вторичных цепей выкатной тележки с корпусом осуществляется штепсельным разъемом, для правильного расположения вставки по отношению к колодке ее устанавливают так, чтобы штепсельное соединение было со стороны фасада шкафа

и против него. На вставке и колодке наносят риски красного цвета. При полном сочленении разъема соединительную гайку навинчивают до положения, когда остается один виток разъема. При этом штырь входит в гнездо примерно на 6 мм, чем обеспечивается надежное сочленение разъема. Эксплуатация оборудования шкафов КРУ производится в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей.

§ 75. ОБСЛУЖИВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

Широкое распространение в настоящее время получили РУ, выполненные из щитов одностороннего обслуживания Щ070. В номенклатуре Щ070 имеются линейные, вводные, секционные, специальные и комбинированные панели. Стыковочные стороны панелей одинаковы. При комплектации панелей в щит свободные торцы его закрывают.

Кроме панелей Щ070 применяют панели собственных нужд ПСН, силовые пункты с предохранителями СП и СПУ, распределительные пункты с автоматическими выключателями серии ПР-21 и ПР-9000, шкафы с автоматами «Электрон», силовые шкафы ШС, релейные шкафы ШР и др. Для осветительных установок специально изготовляют вводные шкафы ШВ, вводно-распределительные устройства ВРУ, щитки с установочными автоматами СУ-9400 и различные групповые и этажные щитки. Набор аппаратуры панелей и шкафов разнообразен и отображен в стандартных сетках схем заполнения.

Осмотр РУ напряжения до 1000 В осуществляют не реже 1 раза в 3 месяца или в сроки, предусмотренные местной инструкцией. При техническом обслуживании осматривают и очищают РУ от грязи и пыли, проверяют соответствия фактических условий работы аппаратов их номинальным техническим параметрам.

Для очистки аппаратов от грязи снимают кожух или крышку и сдувают пыль сжатым воздухом. Копоть и масляные пятна удаляют обтирочным материалом, смоченным уайт-спиритом или бензином.

У металлических корпусов и кожухов аппаратов места заземления осматривают и проверяют затяжку болтов или гаек.

Проверяют также крепления контактных соединений в аппаратах. Контакты, имеющие цвета побежалости, окисление или потемнение, разбирают, зачищают до металлического блеска шлифовальной шкуркой или надфилем, собирают и затягивают. Осматривают контактные поверхности ножей и губок рубильников. Несколькими включениями и выключениями ножей удаляют следы окислов с контактных поверхностей. Места подгорания, наплывы и брызги металла зачищают напильником с мелкой насечкой. Проверяют

вхождение ножей в губки. Ножи должны входить одновременно, без перекосов, на полную ширину хода. Перекос ножей устраняют затягиванием болтов крепления. Щупом 0,05 мм проверяют степень соприкосновения ножей с губками. Щуп должен входить не более чем на $^1/_2$ контактной поверхности.

Если прилегание неплотное, то его устраняют подгибанием губки или заменой контактной пружины. При наличии у рубильников специальных ножей проверяют состояние их пружин. Поврежденные пружины заменяют.

Осматривают изоляцию проводов силовых цепей и вторичной коммутации аппаратов. Участки проводов, имеющие повреждения, изолируют изоляционной лентой. При повреждении медной токопроводящей жилы провода заменяют новыми или спаивают припоем ПОС-30 или ПОС-40, при повреждении алюминиевой жилы провода заменяют новыми.

Детали уплотнения аппаратов осматривают, поврежденные заменяют новыми.

Магнитный пускатель включают вручную, убеждаются в свободном ходе подвижной системы, наличии контакта между подвижными и неподвижными контактами, отсутствии переносов контактной системы, исправности контактных пружин. Пружины, потерявшие упругие свойства или имеющие повреждения, заменяют.

Несколько раз включают и отключают автоматический выключатель вручную. Скорость включения и выключения выключателя не должна зависеть от скорости движения рукоятки или кнопок. Шарнирные механизмы смазывают маслом для приборов.

Установочные автоматы после каждого отключения ими тока короткого замыкания осматривают при снятой крышке, не ожидая очередного осмотра. Крышку максимального расцепителя без необходимости снимать не следует. В расцепителе нельзя переставлять регулировочные винты, подгибать или подпиливать биметаллические элементы и т. п. При обычных условиях выключатель следует осматривать со съемом крышки 1 раз в 6 мес.

При осмотре дугогасительных камер магнитных пускателей и автоматических выключателей удаляют обтирочным материалом, смоченным в уайт-спирите или бензине, копоть. Брызги металла на деионных решетках счищают надфилем.

Измеряют толщину металлокерамического слоя контактов. При толщине металлокерамического слоя менее 0,5 мм контакты заменяют.

Осматривают катушку магнитного пускателя, убеждаются в отсутствии повреждений внешнего покрытия обмотки, а также подтеканий покровного лака в результате перегрева. Проверяют плотность посадки катушки на сердечник.

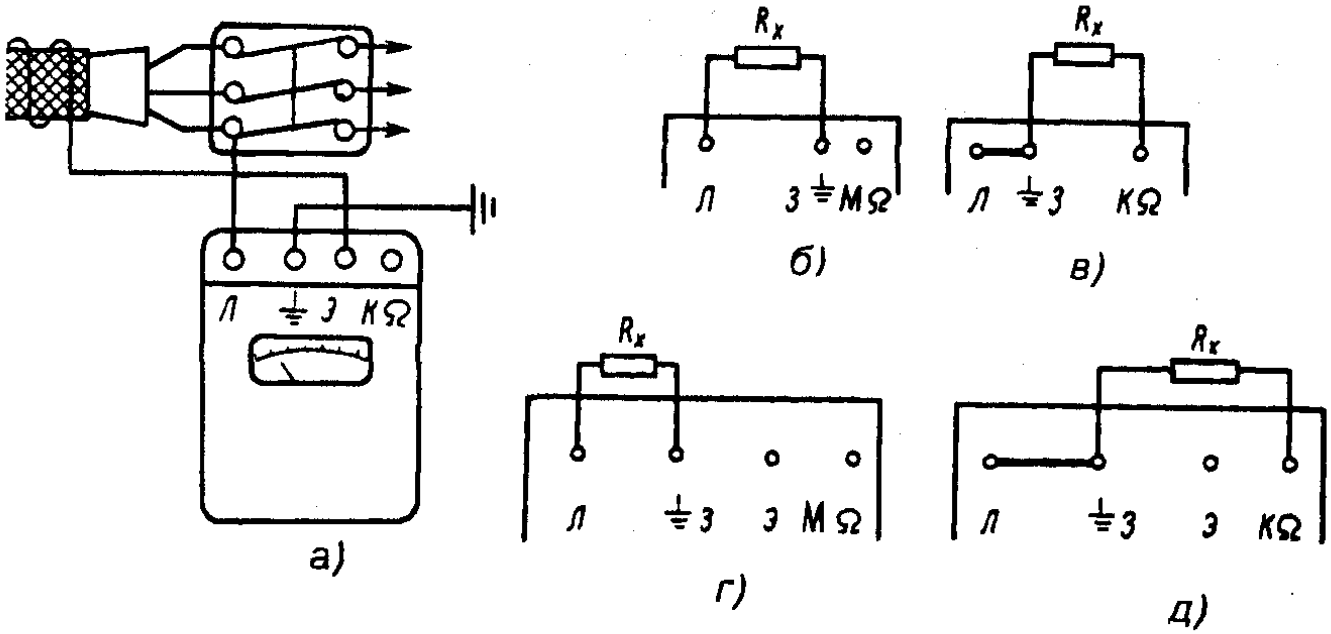


Рис. 17.5. Схемы измерения изоляции мегаомметрами:

а — включение мегаомметра М4100/5; *б* — М4100/1—4 на пределе «МΩ»; *в* — 4100/1—4 на пределе «КΩ»; *г* — М4100/5 на пределе «МΩ»; *д* — М4100/5 на пределе «КΩ»

Проверяют состояние магнитной системы и короткозамкнутого витка. Контактные поверхности магнитопровода очищают обтирочным материалом. Коррозию на других поверхностях магнитопровода удаляют шлифовальной шкуркой и покрывают лаком воздушной сушки. Осматривают нагревательный элемент. При короблении, выгорании металла или замыкании витков элемент подлежит замене. Биметаллическую пластину заменяют при деформации и обгорании. После замены нагревательного элемента или биметаллической пластины реле подключают к прибору или схеме, позволяющим плавно регулировать значение испытательного тока.

Далее осматривают изоляционные детали магнитных пускателей автоматических выключателей, пакетных выключателей и переключателей рубильников. Убеждаются в отсутствии сколов и трещин. У рубильников следы подгорания или перекрытия дугой на изоляционных панелях зачищают шлифовальной шкуркой и покрывают слоем бакелитового лака или клея БФ-2.

Сопротивление изоляции электроустановок РУ измеряют мегаомметром (рис. 17.5) в установленные сроки и вне очереди, если обнаружены дефекты. Измерения производят по секциям или участкам сети, разделенным двумя смежными предохранителями; за последним предохранителем, предварительно удалив из него плавкую вставку; между фазой и землей, а также между двумя фазовыми проводами.

При измерении в силовых цепях отключают электроприемники, аппараты, приборы, в осветительных — вывинчивают лампы, а штепсельные розетки, выключатели и групповые щитки оставляют присоединенными.

Перед измерением сопротивления электроустановки разряжают, т. е. касаются поочередно заземленным проводом каждой фазы, исключая возможность поражения работающих остаточным емкостным зарядом. Такую же разрядку делают после измерения. Допустимые сопротивления изоляции электроустановок до 1000 В приведены в табл. 51.

Мегаомметры изготовляют на 500, 1000 и 2500 В. У прибора три зажима: З (земля), Э (экран), Л (линия). Для повышения точности измерения на изоляцию при необходимости накладывают электрод-экран и присоединяют его к зажиму Э.

Таблица 51. **Сопротивление изоляции электроустановок**

Наименование электроустановки	Напряжение мегаомметра, В	Наименьшее допустимое сопротивление изоляции, МОм
Катушки контакторов, автоматов и магнитных пускателей	500—1000	0,5
Силовые и осветительные электропроводки, распределительные щиты и шинопроводы	1000	0,5
Вторичные цепи управления, защиты, измерения (за исключением шинок)	500—1000	1
Шинки на щите управления (при отсоединенных цепях)	500—1000	10

Для проверки наличия или отсутствия напряжения в РУ, определения нулевого и фазового проводов используют индикатор напряжения УНН-10 или ИН-92 (рис. 17.6, *а*). Для обнаружения перегоревшего трубчатого или закрытого предохранителя индикатор следует подключить, как показано на рис. 17.6, *б*, а для проверки исправности защитного заземления или зануления — как показано на рис. 17.6, *в*. Фазирование проводов с помощью индикатора выполняют, как изображено на рис. 17.6, *г*.

Пусковая и защитная аппаратура, размещаемая в РУ до 1000 В, должна удовлетворять следующим требованиям:

1. У предохранителей номинальный ток плавкой вставки I В, служащий для защиты участка сети, должен быть не менее расчетного тока цепи $I_р$, т. е. $I_в \geq I_р$.

2. Плавкая вставка не должна отключать электродвигатель при кратковременных перегрузках (пусковых токах, пиках технологических нагрузок и т. п.).

3. Ответвления к одиночным двигателям при частых пусках или большом разгоне защищают, соблюдая условие $I_в = I_п$, $1{,}6 \div 2$, где $I_п$ — пусковой ток электродвигателя, А.

ГЛАВА 18. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

§ 77. ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРООСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

При обслуживании осветительных электроустановок нужно знать, что в нормальном режиме в сетях электрического освещения напряжение не должно снижаться более чем на 2,5 % и повышаться более чем на 5 % номинального напряжения лампы. Для отдельных наиболее отдаленных ламп аварийного и наружного освещения допускается снижение напряжения на 5 %. В аварийном режиме допускается снижение напряжений на 12 % для ламп накаливания и на 10 % для люминесцентных ламп. Частота колебаний напряжения в осветительных сетях; при отклонении от номинального на 1,5 % не ограничивается; от 1,5 до 4 % — не должна повторяться более 10 раз в 1 ч; более чем на 4 % — допускается 1 раз в 1 ч. Эти требования не распространяются на лампы местного освещения.

Наиболее распространенная схема питания сети освещения крупного цеха приведена на рис. 18.1. Все работы по обслуживанию светильников выполняют при снятом напряжении. Проверку уровня освещенности в контрольных точках помещений при осмотрах осветительных установок производят не реже 1 раза в год. В исправности автоматов, отключающих и включающих электроосветительные установки, убеждаются 1 раз в 3 месяца (в дневное время).

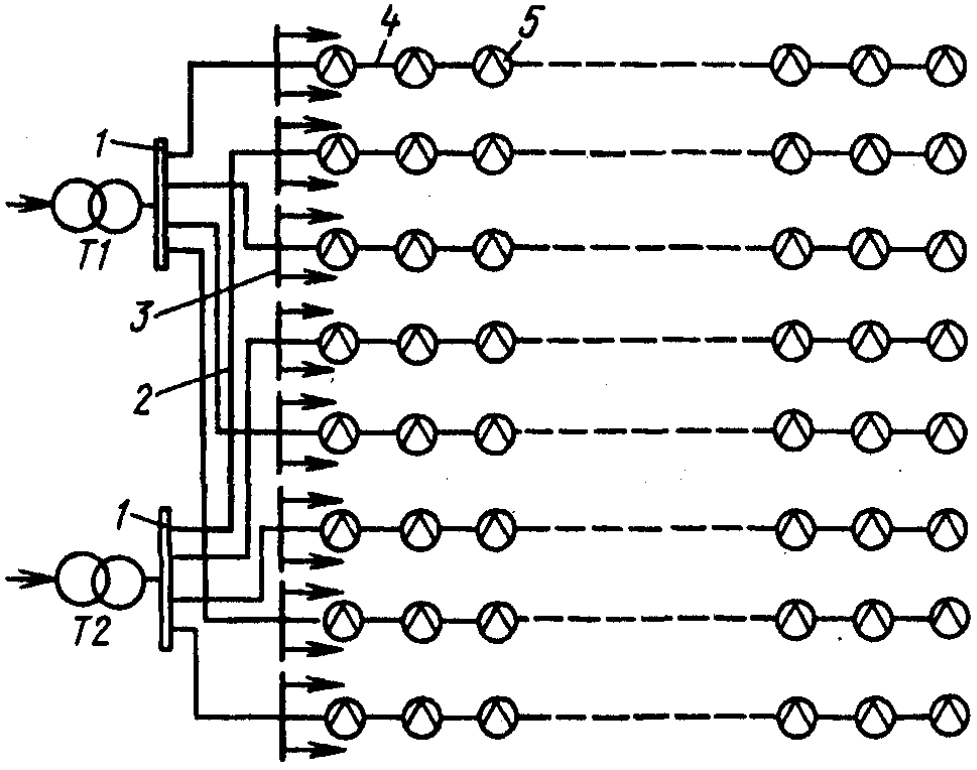


Рис. 18.1. Схема питания сети освещения:

1 — распределительный щит подстанции; *2* — питающие линии; *3* — групповой щиток; *4* — групповая сеть; *5* — светильник

Проверку исправности системы аварийного освещения производят не реже 1 раза в квартал.

Проверку стационарного оборудования и электропроводки рабочего и аварийного освещения на соответствие токов расцепителей и плавких вставок расчетным значением выполняют 1 раз в год.

Измерение нагрузок и напряжения в отдельных точках электрической сети и испытание изоляции стационарных трансформаторов с вторичным напряжением 12—36 В производят не реже 1 раза в год.

Обслуживание светильников производят с помощью напольных устройств и приспособлений, обеспечивающих безопасность работающих; лестниц — при высоте подвеса светильников до 5 м; стационарных и прицепных мостиков, буксируемых грузоподъемными кранами.

Замену ламп осуществляют *индивидуальным,* когда одну или несколько ламп (до 10 %) заменяют новыми или *групповым* способами, когда все лампы в установке через определенный интервал времени одновременно заменяют новыми. В литейных и кузнечных цехах лампы типа ДРЛ подвергаются групповой замене через 8000 часов работы. В механических сборочных инструментальных цехах при использовании в качестве источников света ламп ЛБ-40 групповая замена производится через 7000 часов (через ряд). В расчетах, при достаточном естественном освещении годовое число часов использования осветительных установок при двухсменной работе принимают — 2100 ч., при трехсменной — 4600 ч., а при трехсменной непрерывной работе — 5600 ч.

При недостаточном естественном освещении и двухсменной работе число часов использования осветительных установок при расчетах принимают равным 4100 ч; при трехсменной — 6000 ч; при непрерывной трехсменной работе — 8700 ч.

Исправные лампы, снятые при групповой замене, можно использовать во вспомогательных помещениях.

Замену ламп производят индивидуальным способом, если установка выполнена лампами накаливания, светильниками с 30 люминесцентными или 15 лампами ДРЛ. Периодичности чистки светильников общего освещения для различных цехов машиностроительных предприятий приведены ниже:

литейные цехи — 1 раз в 2 месяца;

кузнечные, термические — 1 раз в 3 месяца;

инструментальные, сборочные, механические — 1 раз в 6 месяцев.

Техническое обслуживание сетей электрического освещения выполняет специально обученный персонал. Как правило, чистку арматуры, замену перегоревших ламп производят в дневное время со снятием напряжения с участка. Если с электроустановки напряжением до 500 В снять напряжение нельзя, допускают производство

работ под напряжением. В этом случае соседние токоведущие части ограждают изолирующими накладками, работают инструментом с изолированными рукоятками, в защитных очках, головном уборе и с застегнутыми рукавами, стоя на изолирующей подставке или в диэлектрических галошах.

В цехах промышленных предприятий чистку и обслуживание высоко расположенной осветительной аппаратуры производит бригада в составе не менее двух электромонтеров, при этом производитель работ должен иметь III квалификационную группу по ТБ. Оба исполнителя должны быть допущены к верхолазным работам. При работе соблюдают меры предосторожности от попадания под напряжение, от падения с высоты, от случайного пуска крана.

В сетях наружного освещения под напряжением разрешается чистить арматуру и менять перегоревшие лампы с телескопических вышек и изолирующих устройств, а также на деревянных опорах без заземляющих спусков, на которых светильники находятся ниже фазных проводов. Старший из двух лиц должен иметь III квалификационную группу. Во всех остальных случаях работу выполняют по наряду с отключением и заземлением на месте работ всех проводов линий, расположенных на опоре.

Дефектные ртутные и люминесцентные лампы ввиду того, что в них содержится ртуть, пары которой ядовиты, сдают на завод-изготовитель или уничтожают в специально отведенных для этого местах. При эксплуатации для замены участков групповых сетей с лампами ДРЛ подсчитывают: активную мощность каждой группы с потерями в ПРА, коэффициент мощности с подключенным к группе конденсатором, токи в компенсированных и некомпенсированных участках линии. Ток расцепителя автомата выбирают с учетом пускового тока ламп ДРЛ. Минимальное сечение линии определяют по расчетному току и току расцепителя автомата.

Приведенная ниже табл. 52 облегчает выполнение указанных расчетов. В таблице приняты следующие обозначения: P — мощность лампы, Вт; Q — мощность подключенного к группе конденсатора, квар; знака, потери мощности в ПРА приняты в размере 10 % от мощности и ламп.

Таблица 52. **Основные параметры групповых линий с лампами ДРЛ**

Количество светильников в группе, шт.	Активная мощность группы с потерями в ПРА, кВт	Cosφ	Ток в группе А, на участке		Наименьший допустимый ток расцепителя автомата, А	Наименьшее допустимое сечение алюминиевых жил, мм^2	
			компенсированном	не компенсированном		кабеля, проложенного открыто	проводов в стальной трубе
			$P = 125$, $Q = 0$				
3	0,41	0,5	—	1,25	15	2,5	2,5
9	1,24	0,5	—	3,75	15	2,5	2,5

Количество светильников в группе, шт.	Активная мощность группы с потерями в ПРА, кВт	Cosφ	Ток в группе А, на участке		Наименьший допустимый ток расцепителя автомата, А	Наименьшее допустимое сечение алюминиевых жил, мм^2	
			компенсированном	не компенсированном		кабеля, проложенного открыто	проводов в стальной трубе
15	2,06	0,5	—	6,25	15	2,5	2,5
21	2,89	0,5	—	8,75	15	2,5	2,5
27	3,71	0,5	—	11,25	20	4	4
33	4,54	0,5	—	13,75	25	6	6
39	5,36	0,5	—	16,25	25	6	6
45	6,19	0,5	—	18,75	30	10	6
51	7,01	0,5	—	21,25	40	16	16
57	7,84	0,5	—	23,75	40	16	16
			$P = 125$, $Q = 18$				
60	8,25	0,91	13,8	25	25	6	6
			$P = 250$, $Q = 0$				
6	1,65	0,5	—	5	15	2,5	2,5
12	3,3	0,5	—	10	20	4	4
18	4,95	0,5	—	15	25	6	6
24	6,6	0,5	—	20	40	16	16
30	8,25	0,5	—	25	40	16	16
36	9,9	0,5	—	30	50	16	16
42	11,55	0,5	—	35	50	16	16
48	13,2	0,5	—	40	50	16	16
54	14,84	0,5	—	45	63	25	25
60	16,5	0,5	—	50	63	25	25
			$P = 250$, $Q = 18$				
30	8,25	0,91	13,8	25	25	6	6
36	9,9	0,99	15,2	30	25	10	6
42	11,55	0,98	17,9	35	30	10	10
48	13,2	0,94	21,4	40	40	16	16
54	14,84	0,89	25,4	45	40	16	16
60	16,5	0,84	29,9	50	40	16	16
			$P = 250$, $Q = 25$				
45	12,36	0,96	19,6	37,5	40	10	10
51	14,02	1,0	21,3	42,5	40	16	16
57	15,69	0,99	24,1	47,5	40	16	16

Количество светильников в группе, шт.	Активная мощность группы с потерями в ПРА, кВт	Cosφ	Ток в группе А, на участке		Наименьший допустимый ток расцепителя автомата, А	Наименьшее допустимое сечение алюминиевых жил, мм^2	
			компенсированном	не компенсированном		кабеля, проложенного открыто	проводов в стальной трубе
			$P = 1000$, $Q = 0$				
3	3,3	0,5	—	10	20	4	4
9	9,9	0,5	—	30	50	16	16
15	16,5	0,5	—	50	63	25	25
			$P = 1000$, $Q = 18$				
6	6,6	0,71	14,1	20	25	6	6
12	13,2	0,94	— 21,3	40	40	16	16
18	19,8	0,77	39,1	60	50	25	25

§ 78. ОБСЛУЖИВАНИЕ КОНДЕНСАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Осмотр (без отключения) конденсаторных установок напряжением до и выше 1000 В выполняют в сроки, установленные местными инструкциями, но не реже 1 раза в месяц для установок мощностью менее 500 квар и 1 раза в декаду для установок мощностью выше 500 квар.

Во время осмотра конденсаторной установки проверяют:

а) температуру окружающего воздуха;

б) исправность ограждений, целость запоров, отсутствие посторонних предметов;

в) отсутствие пыли, грязи, трещин на изоляторах;

г) отсутствие вспучивания стенок корпусов конденсаторов и следов вытекания пропитывающей жидкости (масла, совтола и т. п.) из конденсаторов; наличие пятен пропитывающей жидкости (отпотевание) не является основанием для снятия конденсаторов с эксплуатации, такие конденсаторы необходимо взять под наблюдение;

д) значение тока и равномерность нагрузки отдельных фаз батарей конденсаторов;

е) значение напряжения на шинах конденсаторной установки или на шинах ближайшего РУ;

ж) целость плавких вставок (внешним осмотром) у предохранителя открытого типа;

з) исправность цепи разрядного устройства;

и) исправность всех контактов внешним осмотром электриче-

ской схемы включения батареи конденсаторов (токопроводящих шин, заземления, разъединителей, выключателей и т. п.);

к) наличие и исправность блокировок для обеспечения безопасности;

л) наличие и качество средств защиты (специальной штанги и др.) и средств тушения пожара.

Внеочередные осмотры конденсаторных установок производят в случаях появления разрядов (треска) в конденсаторах, повышения напряжения на зажимах или температуры окружающего воздуха до значений, близких к наивысшим допустимым, и т. д.

Обо всех осмотрах батареи конденсаторов и обнаруженных неисправностях делают соответствующие записи в оперативной документации.

При осмотре включенной конденсаторной установки снимать или открывать ограждающие устройства запрещается.

Очистку поверхности изоляторов, конденсаторов, аппаратуры и каркаса от пыли и различных загрязнений производят при отключенной батарее по мере необходимости в сроки, установленные лицом, ответственным за электрохозяйство.

Эксплуатация конденсаторов запрещается:

а) при напряжении на шинах, к которым присоединены конденсаторы, превышающем 110 % номинального напряжения конденсаторов;

б) при температуре окружающего воздуха, превышающей наивысшую или наинизшую температуру, допустимую для конденсаторов данного типа;

в) при вспучивании стенок конденсаторов;

г) при неравномерности нагрузки фаз конденсаторной установки более 10 % среднего значения тока;

д) при увеличении тока батареи более чем на 30 % номинального значения;

е) при капельной течи пропиточной жидкости;

ж) при повреждении фарфорового изолятора.

В помещениях конденсаторных батарей должны находиться:

а) однолинейная принципиальная схема конденсаторной установки с указанием номинальных токов плавких вставок предохранителей, защищающих отдельные конденсаторы, часть или всю конденсаторную установку, а также тока установок реле максимального тока в случае применения защитного реле;

б) термометр либо другой прибор для измерения температуры окружающего воздуха;

в) специальная штанга для контрольного разряда конденсаторов;

г) противопожарные средства — огнетушитель, ящик с песком и совок.

Термометр либо его датчик располагают в самом горячем месте батареи (посередине между конденсаторами) таким образом, чтобы была обеспечена возможность наблюдения за его показаниями без отключения конденсаторов и снятия ограждений.

При получении новой конденсаторной установки необходимо произвести внешний контроль ее технического состояния и составить акт приемки. При этом нужно проверить исправность упаковки, маркировку груза, отсутствие механических повреждений, исправность установки, корпуса, изоляторов, контактных стержней, болта для заземления корпуса (для конденсаторов, не имеющих вывода, соединенного с корпусом), наличие таблички завода-изготовителя с техническими данными, убедиться в отсутствии течи пропиточной жидкости.

Необходимо также ознакомиться с паспортом и указаниями завода-изготовителя по эксплуатации данной конденсаторной установки.

В паспорте конденсаторной батареи должен быть приведен список конденсаторов с указанием заводского номера, даты изготовления, номинального напряжения, мощности и емкости каждого конденсатора в соответствии с данными, указанными на щитке завода-изготовителя, и конденсаторной батареи в целом.

§ 79. ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Персонал, обслуживающий технологическое оборудование, на котором установлены электроизмерительные приборы и счетчики, несет ответственность за их сохранность и внешнее состояние. О всех ненормальностях в работе приборов и счетчиков он должен ставить в известность лицо, ответственное за состояние всего измерительного хозяйства данного предприятия, организации, учреждения. Вскрывать приборы цеховому персоналу не разрешается.

Электроизмерительные приборы, применяемые в качестве основных (исходных) образцовых приборов, подлежат государственной поверке. Все расчетные счетчики электроэнергии имеют действующие поверительные пломбы или клейма, или свидетельства о государственной поверке.

Однофазные бытовые электросчетчики проходят госпроверку не реже 1 раза в 8 лет.

Трехфазные электросчетчики проходят первую поверку через 2 года после ввода в эксплуатацию, затем 1 раз в 4 года.

Вновь устанавливаемые расчетные счетчики должны иметь пломбу (клеймо или свидетельство) государственной поверки с

давностью не более 12 мес. для трехфазных и не более 3 лет для однофазных счетчиков.

Ведомственную поверку электроизмерительных приборов производят в сроки, установленные техническим руководителем предприятия, организации или учреждения, но не реже чем указано ниже:

Группа приборов	Периодичность поверок
Щитовые приборы, по которым ведется режим основного оборудования	1 раз в 3 года
Остальные щитовые приборы	1 раз в 5 лет
Переносные приборы	1 раз в 2 года
Образцовые приборы	1 раз в год
Все приборы	После ремонта

На приборах, вышедших из ремонта, кроме обозначений, требуемых стандартом, указывают дату ремонта, класс прибора и наименование ремонтирующей организации.

На все электроизмерительные приборы и счетчики должны быть составлены паспорты (или журнал), в которых производят отметки о всех проведенных ремонтах и поверках.

Проведение поверки

При внешнем осмотре прибора должно быть установлено:

отсутствие внешних повреждений и повреждений покрытия шкалы;

четкость всех надписей по ГОСТ 8711—78 и ГОСТ 8476—78;

укомплектованность прибора запасными частями, принадлежностями, необходимыми для проведения поверки.

При опробовании должно быть установлено надежное закрепление зажимов приборов, плавный ход и четкая фиксация переключателей.

Электрическую прочность и сопротивление изоляции проверяют по ГОСТ 8711—78 для амперметров и вольтметров и по ГОСТ 8476—78 — для ваттметров и варметров.

Электрическое сопротивление изоляции не должно превышать значения, установленного в ГОСТ 8711—78 для амперметров и вольтметров и в ГОСТ 8476—78 — для ваттметров и варметров.

Допускается электрическую прочность изоляции проверять на постоянном токе, если это предусмотрено в нормативно-технической документации (НТД) на приборы конкретных типов.

Поверка на постоянном токе

Амперметры классов точности 0,1—0,5 поверяют методом прямых измерений при помощи калибратора или косвенных измерений при помощи потенциометрической установки. Амперметры классов точности 1,0—5,0 поверяют методом непосредственного сличения при помощи образцовых амперметров и установки для поверки и градуировки электроизмерительных приборов по схемам, приведенным в НТД на образцовые средства измерений.

Вольтметры классов точности 0,1—0,5 поверяют методом прямых измерений при помощи калибратора или потенциометрической установки (вместо потенциометра может быть применен цифровой вольтметр), классов точности 1,0—5,0 — методом непосредственного сличения при помощи образцовых вольтметров и установки для поверки и градуировки электроизмерительных приборов по схемам, приведенным в НТД на образцовые средства измерений.

Ваттметры классов точности 0,1—0,5 поверяют методом косвенных измерений при помощи потенциометрической установки, ваттметры классов точности 1,0—5,0 — методом непосредственного сличения с образцовыми ваттметрами по схемам, приведенным в НТД на образцовые средства измерений.

Поверка на переменном токе

Амперметры классов точности 0,1—0,2 поверяют методом сличения при помощи компаратора, амперметры классов точности 0,5—4,0 — методом непосредственного сличения с образцовыми амперметрами или методом сличения при помощи компаратора по схемам, приведенным в НТД на образцовые средства измерений.

Вольтметры классов точности 0,1—0,5 поверяют методом непосредственного сличения с образцовыми вольтметрами или методом прямых измерений.

Положительные результаты должны быть оформлены:

первичной поверки — записью в паспорт прибора, удостоверенной в порядке, установленном предприятием-изготовителем;

периодической государственной поверки образцовых приборов — выдачей свидетельства.

Контрольные вопросы

1. Как производят замену ламп в цехах промышленных предприятий?
2. Что делают с отработавшими срок лампами, содержащими ртуть?
3. Как определить мощность компенсирующего устройства для улучшения коэффициента мощности ламп ДРЛ?
4. С какой целью применяют статические конденсаторы?
5. Как обслуживают батареи конденсаторных установок?
6. Как обслуживают электроизмерительные приборы?

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

ГЛАВА 19. РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

§ 80. РЕМОНТ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1000 В

При текущих ремонтах ВЛ напряжением выше 1000 В выполняют:

верховые осмотры ВЛ; проверку состояния установки опор (отклонения, перекосы элементов и пр.), прочности соединительных мест (рис. 19.1), состояния противогнилостных мероприятий, бандажей, стрел провеса проводов, наличие опознавательных знаков и предупредительных плакатов; перетягивание отдельных участков сети, ремонт опор, поддерживающих конструкций; замена поврежденных изоляторов и сгнивших элементов отдельных опор;

ревизию и ремонт разрядников;

расчистку просек;

измерение изоляции, определение падения напряжения, нагрева соединителей.

При капитальных ремонтах ВЛ напряжением выше 1000 В выполняют:

ремонт фундаментов опор;

плановую замену после многолетней работы до 50 % опор и их конструктивных элементов;

ревизию и замену некондиционных проводов, полная перетяжка линии;

частичную замену фарфоровых изоляторов (рис. 19.2);

выправление опор;

проверка наличия трещин в железобетонных опорах и приставках;

восстановление противогнилостных обмазок;

испытание ВЛ в соответствии с ПТЭ и ПТБ.

Крен железобетонных опор на трассе можно устранять, не снимая напряжения с линии, если величина крена не превышает 20°, а скорость ветра — 10 м/с. Выправку как вдоль, так и поперек линии производят путем создания тяжения по тяговому тросу в сторону, противоположную крену опоры. Усилие в тяговом тросе

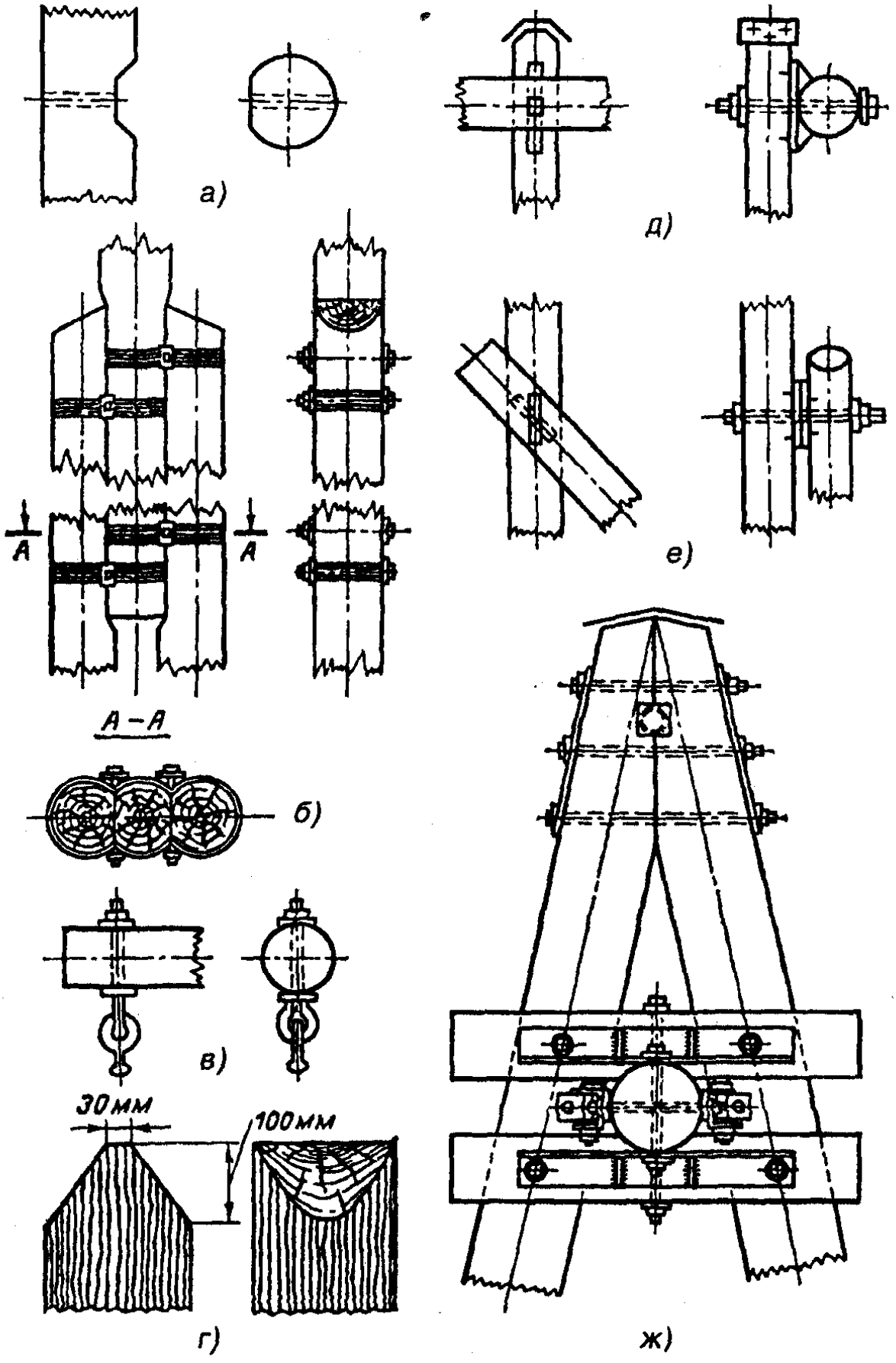


Рис. 19.1. Примеры сочленений деталей деревянных опор при сборке:

а — траверсы со стойкой врубкой; *б* — стойки с приставкой; *в* — крепление гирлянды изоляторов к траверсе; *г* — затес верхних торцов стоек промежуточных опор; *д* — траверсы со стойкой без врубки; *е* — раскоса со стойкой; *ж* — верхней части АН-образной опоры

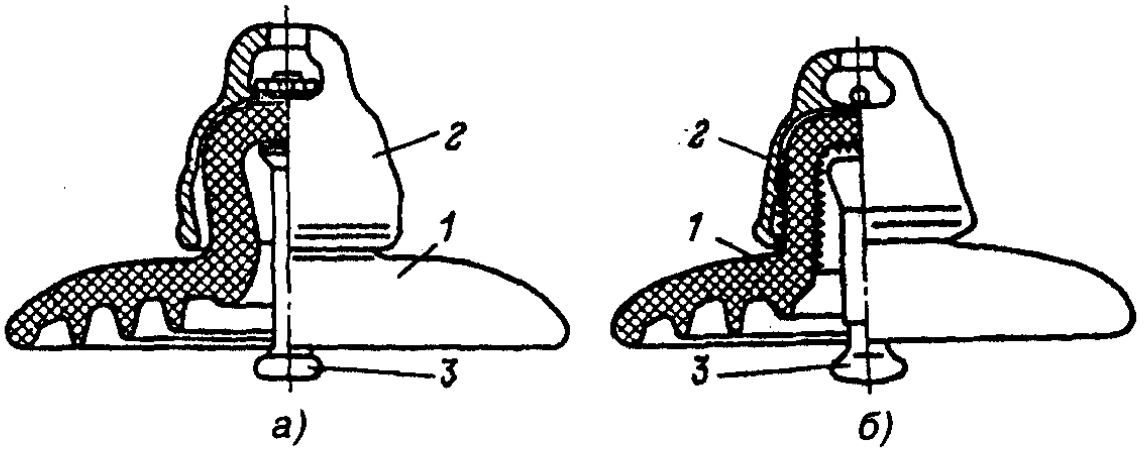


Рис. 19.2. Подвесные изоляторы:

а — с заделкой клинового типа; *б* — с заделкой арочного типа; *1* — тарелка; *2* — шапка изолятора; *3* — стержень

увеличивают после откопки основания опоры на нужную глубину. Котлован выправленной опоры засыпают землей с послойной трамбовкой. При обнаружении трещин в железобетонных опорах их промазывают битумом или цементным раствором (табл. 53). Перед промазкой цементным раствором тщательно очищают поверхность старого бетона опоры и увлажняют его. Залитые трещины затирают, сколы наращивают.

Таблица 53. **Состав цементных растворов для ремонта железобетонных опор**

Номер раствора	Состав в частях		На 1 м^3 раствора		
	цемент	песок	цемент, кг	песок, м^3	вода, м^3
1	1	3	467	1	0,315
2	1	4	368	1,05	0,310

Ремонт проводов. При обнаружении повреждения провода на этом месте ставят метку и сообщают бригадиру, который определяет способ ремонта и организует его (табл. 54).

При обрыве до 30 % проволок на место их повреждения устанавливают ремонтную муфту, а если повреждено более 30 % проволок, то провод разрезают и соединяют с помощью овального соединителя (рис. 19.3, *а*) методом скручивания (можно применять термитную сварку). Расстояние между ремонтными муфтами, соединителем и ремонтной муфтой, а также двумя соединителями должно быть не менее 15 м.

Количество соединителей и муфт на одном проводе в пролете должно быть не более трех, в том числе не более двух соединителей и одной ремонтной муфты. В пролетах пересечения ВЛ с инженерными сооружениями установку соединителей и муфт не допускают.

Таблица 54. **Ремонт проводов**

Количество поврежденных проволок на длине до 15 м	Метод ремонта	Нормальное количество проволок в проводе
1	Поврежденные проволоки подогнать под один размер, а на концах установить ремонтные муфты	6—7
1—2		19
1—3		28
2	Поврежденные проволоки подогнать под один размер, на дефектном участке вплести проволоки, на одну меньше числа отсутствующих, после чего в местах обрыва установить ремонтные муфты	6—7
3—5		19
4—8		28
3	Поврежденный участок вырезать, установить соединительный зажим	6—7
6		19
9		28

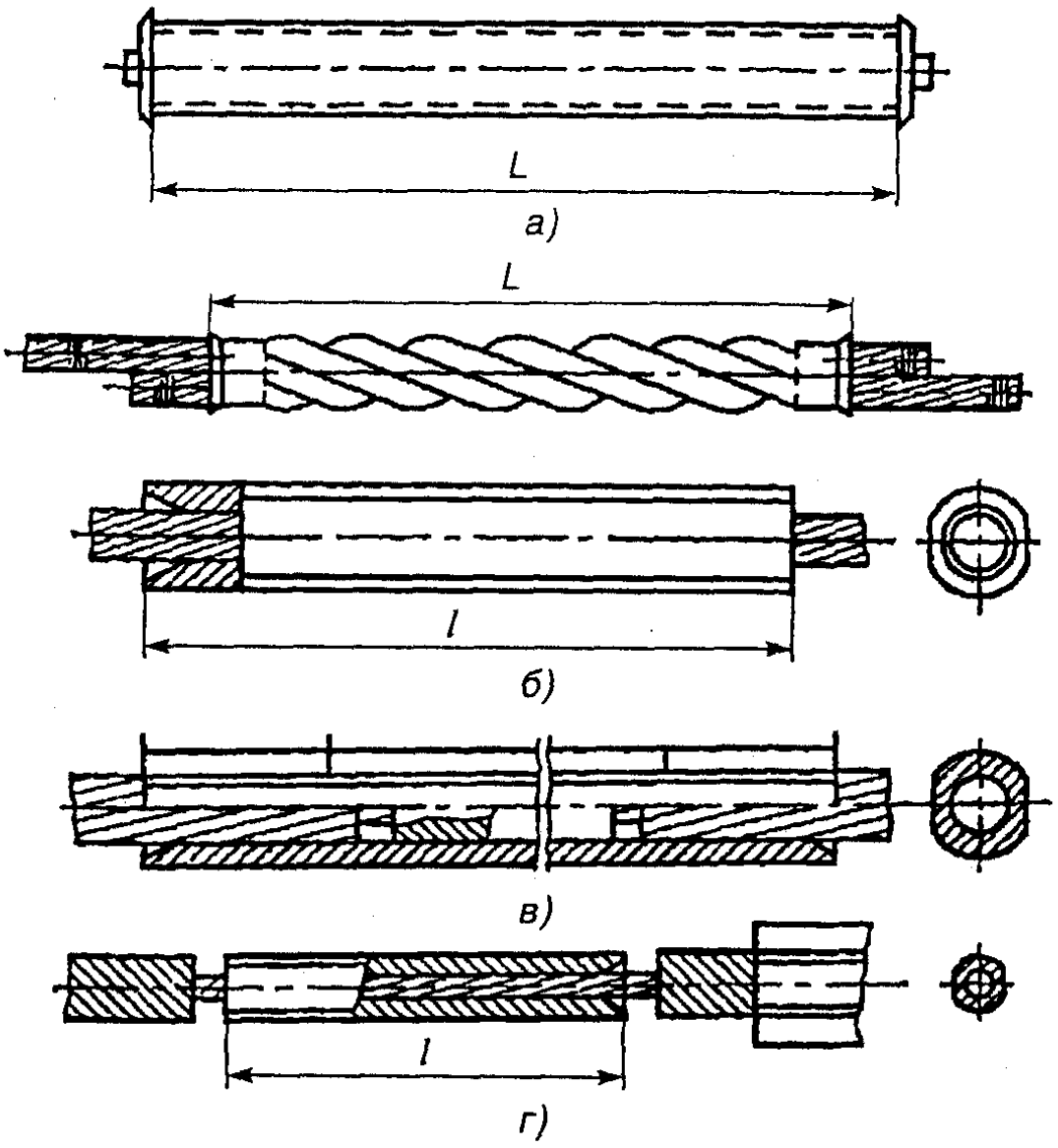


Рис. 19.3. Овальный соединитель с введенными в него проводами:

а — овальный, монтируемый обжатием; *б* — овальный, монтируемый скручиванием; *в* — овальный, прессуемый для монометаллических проводов; *г* — то же для сталеалюминиевых проводов

Монтаж ремонтной муфты производят в такой последовательности (см. рис. 19.3): матрицу и пуансон подбирают в соответствии с маркой ремонтируемого провода; берут овальный соединитель, разрезают по продольной оси, и торцы его развальцовывают напильником; края разводят на расстояние, обеспечивающее свободную укладку в муфту ремонтируемого провода; проволоки укладывают по направлению повива, на расстоянии 200 мм по обе стороны от места повреждения накладывают бандажи; корпус муфты надевают на провод так, чтобы поврежденные жилы были на равном расстоянии от концов муфты; легким постукиванием молотка через прокладку разведенные концы подгибают, материал прокладки должен соответствовать материалу муфты; производят опрессование муфты.

При установке овального соединителя его надвигают на один из концов соединяемых проводов. Второй конец провода вводят в соединитель внахлестку (см. рис. 19.3, *б*). Концы соединяемых проводов должны выходить из соединителя на 20—40 мм, на них надевают бандажи. Монтаж проводов овальными соединителями производят с помощью приспособлений (табл. 55).

Таблица 55. **Скручиваемые овальные соединители**

Марка провода	Тип соединителя	Приспособление	Число оборотов скручивания
АС-10	ССАС-10-2А		3,5
АС-16	СОАС-16-2А	МИ-189А	4
АС-25	СОАС-25-2А		4
АС-35	СОАС-35-2А		4
АС-50	СОАС-50-2А		4,5
АС-70	СОАС-70-2А		4
АС-95	СОАС-95-2А	МИ-230А	4,5
АС-120	СОАС-120-2А		4,5
АС-150	СОАС-150-2А		4,5

Скрутку проводов производят так:

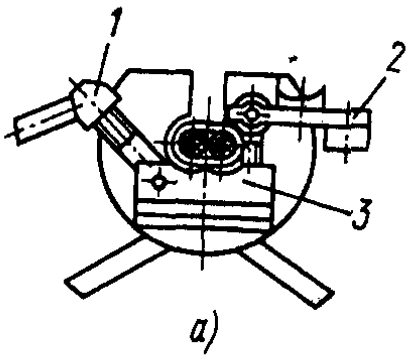
ослабляют гайку откидного болта 1 (рис. 19.4);

снимают верхнюю откидную плашку 2;

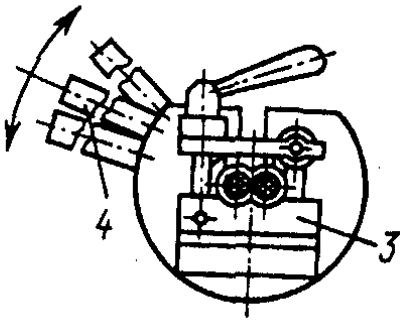
соединитель с введенными в него проводами устанавливают в прорезь головки корпуса и, развернув на 90°, кладут плоской стороной один конец на ползушку, а другой конец — на нижнюю плашку 3 так, чтобы концы соединителя выступали на плашки не более чем на 5 мм;

устанавливают верхнюю плашку на соединитель, крепят ее гайками до упора;

вставляют рычаг 4 в отверстие головки и закручивают соедини-



а)



б)

Рис. 19.4. Заушные узлы приспособления МИ-189А:

а — ползушка; *б* — поворотная часть

тель на 4—4,5 оборотов в любую сторону. При скручивании соединителей СОАС-150-2А и СОАС-185-2А допускают применение дополнительного рычага.

Скрученный соединитель (рис. 19.3, *б*) освобождают от плашек или матриц и вынимают из приспособления через прорезь корпуса. Натяжку проводов, соединенных между собой и поднятых на опоры, производят с усилием, достаточным для удержания их на нужном расстоянии от земли. При помощи расчетных таблиц определяют стрелу провеса, откладывают полученную величину на двух рейках. Рейки с отметками подвешивают на двух соседних опорах на высоте мест крепления провода. Монтер располагается на одной опоре так, чтобы уровень его глаз находился у нижней отметки рейки, подвешенной на этой же опоре. Во время натяжки провода монтер «визирует» (смотрит через бинокль на отметку рейки, подвешенной на соседней опоре) и дает команду прекратить натяжку провода, когда нижняя точка поднимаемого провода будет расположена на прямой, соединяющей отметки на рейках.

§ 81. РЕМОНТ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

Сроки и объемы капитального ремонта линий электропередач устанавливают по результатам осмотров, измерений и испытаний. В работы по капитальному ремонту входят смена опор, пасынков, траверс, проводов. При ремонтах нельзя изменять конструкцию опоры без соответствующего расчета.

При текущем ремонте производят выправку опор, подтяжку и смену бандажей, подтяжку и регулирование провеса проводов, смену изоляторов и др.

На промышленных предприятиях для охранного освещения широко применяют деревянные опоры. Для продления срока их службы при ремонтных работах производят диффузионную пропитку древесины опор. Технологический процесс дополнительной пропитки состоит в следующем: подземную часть опоры отрывают на всю зону загнивания, очищают от гнили до здоровой древесины и определяют диаметр здоровой части в наиболее опасной по гниению зоне с целью установления пригодности столбов для дополнитель-

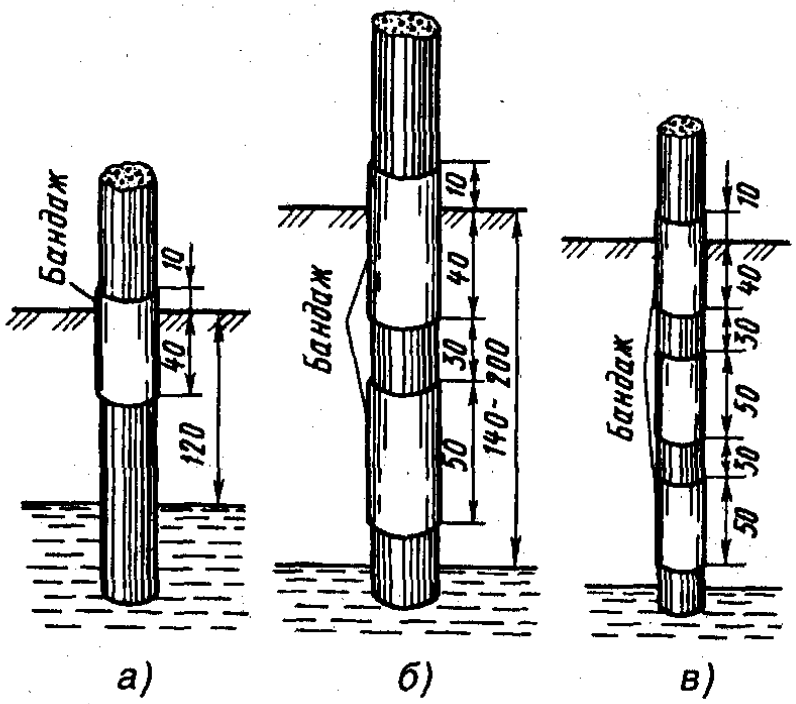


Рис. 19.5. Расположение бандажей на столбах при летнем уровне грунтовых вод ниже уровня земли:

а — до 120 см; *б* — на 120—200 см; *в* — на 250 и более

ной пропитки. В зависимости от зоны распространения гнили на столб надевают один, два или три бандажа (рис. 19.5).

В загнивших и опасных по гниению надземных участках опор расчищают трещины до здоровой древесины и заполняют антисептической пастой при помощи масленки или другого приспособления. Пасту предварительно разбавляют водой из расчета на 100 частей пасты 20 частей воды.

После заполнения трещин на пасту и прилегающую к трещине поверхность опоры наносят слой гидроизоляции при помощи кисти или распылителя. Антисептической пастой одновременно с обработкой трещин заливают все места сопряжения между деталями опор. При обнаружении загнившей заболони в столбах, имеющих неглубокую (5—10 мм) пропитку, на опасную по гниению зону надевают антисептический бандаж.

Обработку деталей опор начинают с верхних, наиболее удаленных деталей, чтобы избежать соприкосновения работающего с обработанными деталями. Работы по дополнительной пропитке опор производят сразу после весеннего осмотра.

Изготовление антисептических бандажей. Антисептический бандаж состоит из двух слоев: наружного водонепроницаемого слоя, изготовляемого из толя, рубероида или пергамина; внутреннего, соприкасающегося с древесиной слоя из антисептической пасты. .

Ширину бандажа принимают 50 см, длину в зависимости от толщины столба в месте установки бандажа (табл. 56). На поверх-

ность водонепроницаемого слоя наносят антисептические пасты, составы которых приведены в табл. 57.

Для регулирования расхода пасты на бандажи различной длины применяют мерные ковши, объем которых соответствует норме пасты для нужного размера бандажа. Пасту, взятую ковшом, накладывают на заранее отрезанный кусок толя и при помощи шпателя равномерно наносят по поверхности толя, причем на кромки бандажа шириной 1 см и полосу 5 см (которая при надевании бандажа будет перекрывать бандаж на стыке) пасту не наносят.

Таблица 56. **Нормы расхода антисептика на бандаж**

Диаметр столба в месте надевания бандажа, мм	Длина бандажа, см	Количество антисептика в пасте, наносимого на один бандаж, г	
		фтористый натрий	уралит
До 20	70	400	350
21—25	85	500	400
26—30	100	600	500
31—35	115	700	600
36—40	130	800	700

Таблица 57. **Весовые соотношения составных частей паст (в %)**

Антисептик	Пасты на экстракте сульфитных щелоков			Паста-концентрат на угольном лаке Б с каолином		
	Антисептик	Экстракт	Вода	Антисептик	Лак Б и глина	Вода
Уралит или технический фтористый натрий	44	18	38	—	—	—
Фтористый натрий технический	—	—	—	44	23	23

§ 82. РЕМОНТ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

В процессе работы кабельных линий (КЛ) могут возникать повреждения в кабелях, соединительных муфтах или заделках. Повреждения носят характер электрического пробоя.

При *текущем* ремонте КЛ выполняют следующие работы:

осмотр и чистку кабельных каналов, туннелей, трасс открыто проложенных кабелей, концевых воронок, соединительных муфт, рихтовка кабелей, восстановление утраченной маркировки, определение температуры нагрева кабеля и контроль за коррозией кабельных оболочек;

проверку заземления и устранение обнаруженных дефектов; проверку доступа к кабельным колодцам и исправности крышек колодцев и запоров на них;

перекладку отдельных участков кабельной сети, испытание повышенным напряжением (для кабелей напряжением выше 1 кВ или проверка изоляции мегаомметром для кабелей ниже 1 кВ), доливку кабельной мастикой воронок и соединительных муфт, ремонт кабельных каналов.

При капитальном ремонте КЛ выполняют:

частичную или полную замену (по мере необходимости) участков кабельной сети, окраску кабельных конструкций, переразделку отдельных концевых воронок, кабельных соединительных муфт, замену опознавательных знаков, устройство дополнительной механической защиты в местах возможных повреждений кабеля.

Ремонт кабелей, проложенных в траншеях. При необходимости замены КЛ или части ее, вскрытие усовершенствованных покрытий производят электробетонолом С-850 или электромолотком С-849, мотобетонолом С-329, пневмобетонолом С-358.

Материал покрытия сбрасывают на одну сторону траншеи на расстояние не менее 500 мм от края, а грунт на другую сторону — на расстояние не менее 500 мм от края. Траншею роют прямолинейной, а на поворотах — расширенной для обеспечения прокладки кабелей с необходимым радиусом закругления.

Траншеи, при отсутствии грунтовых вод и подземных сооружений, роют без крепления вертикальных стенок на глубину, указанную ниже (в м):

В песчаных грунтах	1
В супесях	1,25
В суглинках, глинах	1,5
В особо плотных грунтах	2

Траншеи в местах движения людей и транспорта ограждают и возле них устанавливают предупредительные надписи, а в ночное время — дополнительное сигнальное освещение. Расстояние между ограждением и осью ближайшего рельса железнодорожного пути нормальной колеи должно быть не менее 2,5 м, а узкой колеи — не менее 2 м.

Перед укладкой новых кабелей в траншею выполняют следующие работы: закрепляют трубы в траншее в местах пересечений и сближений трассы с дорогами, подземными коммуникациями и сооружениями; удаляют из траншеи воду, камни и прочие предметы и выравнивают ее дно; делают подсыпку толщиной 100 мм на дне траншеи мелкой землей и готовят вдоль трассы мелкую землю для присыпки кабеля после прокладки; готовят вдоль трассы кирпич или железобетонные плиты для защиты кабеля, когда такая защита

необходима. Материалы, подверженные гниению и разложению в земле (дерево, силикатный кирпич и т. п.), применять для защиты кабелей нельзя.

В местах пересечений и сближений с инженерными сооружениями применяют бетонные, железобетонные, керамические, чугунные или пластмассовые трубы. Стальные трубы применяют только для выполнения прохода участка трассы методом прокола грунта.

Глубина заложения для кабелей напряжением до 10 кВ от планировочной отметки должна составлять 0,7 м. Перед прокладкой кабеля производят внешний осмотр верхних витков кабеля на барабане. В случае обнаружения повреждений (вмятины, проколы на витках, трещины в «каппе» и т. п.) прокладку кабеля разрешают только после вырезки поврежденных мест, проверки изоляции на отсутствие влажности и напайки на концы кабеля новых капп. При ремонтных работах раскатку кабеля с барабана чаще всего выполняют с помощью лебедки.

Допустимые усилия тяжения для кабелей напряжением до 10 кВ приведены в табл. 58. Усилие тяжения при раскатке кабеля напряжением до 10 кВ контролируют с помощью динамометра два опытных монтера, которые находятся у барабана и следят за размоткой кабеля.

Таблица 58. **Допустимые усилия тяжения при раскатке для кабелей до 10 кВ**

Сечение кабеля, мм^2	Допустимое усилие, кН, при тяжении					
	за алюминиевую оболочку* кабеля на напряжение, кВ			за жилы		
	1	6	10	медные	многопроволочные алюминиевые	однопроволочные алюминиевые
3 × 240	7,4	9,3	9,8	35	27,4	13,7**
3 × 185	6,4	7,4	8,3	26	21,6	10,8**
3 × 150	5,9	6,4	7,4	22	17,6	8,8**
3 × 120	3,9	4,9	6,4	17,6	13,7	6,9**
3 × 95	3,4	4,4	5,7	13,7	10,8	5,4**
3 × 70	2,9	3,9	4,9	10,0	8,2	3,9**
3 × 50	2,3	3,4	4,4	7,0	5,9	5,9
3 × 25	1,7	2,8	3,7	3,4	2,9	2,9

* Тяжение кабелей с пластмассовой и свинцовой оболочками допускается только за жилы.

** Жила из мягкого алюминия с относительным удалением не менее 30 %.

Кабели укладывают с запасом, равным 1—3 % его длины (змейкой), для исключения опасных механических напряжений при

смещениях почвы и температурных деформациях укладку кабеля змейкой при тяжении лебедкой выполняют после окончания раскатки с барабана в процессе перекладки кабеля на дно траншеи. При параллельной прокладке кабелей в траншее концы их, предназначенные для последующего монтажа соединительных муфт, располагают со сдвигом мест соединения не менее чем на 2 м. Одновременно предусматривают запас концов кабеля по длине, необходимый для проверки изоляции на влажность, монтажа соединительных муфт и укладки дуги компенсаторов, предохраняющих муфты от повреждения при возможных смещениях почвы и температурных деформациях кабеля, а также на случай переразделки муфт при их повреждении.

В стесненных условиях при больших потоках действующих кабелей можно располагать компенсаторы в вертикальной плоскости, размещая муфты ниже уровня прокладки кабелей. Число соединительных муфт на 1 км заменяемых кабельных линий должно быть для трехжильных кабелей 1—10 кВ сечением до 3×95 мм^2 не более 4 шт., а сечением $3 \times 95 \div 2 \times 240$ мм^2 — 5 шт.

Замена кабелей в блоках. Замену дефектных кабельных линий производят, как правило, путем использования резервных отверстий блочной канализации. Осмотр колодца производят два электромонтера под наблюдением руководителя работ (мастера). При этом один электромонтер в монтерском поясе с привязанной к нему веревкой опускается в колодец, а второй электромонтер, у которого находится конец веревки на случай оказания помощи первому, остается снаружи у открытого люка колодца.

Во избежание взрыва при проведении работ в колодцах нельзя курить, зажигать спички и пользоваться открытым огнем. При работе в колодце можно применять светильники переносного освещения на напряжение не выше 12 В. Над открытыми люками колодцев устанавливают ограждение в виде треног с предупредительными знаками и фонарями.

Максимально допустимые усилия тяжения кабелей марок ВВГ, АВВГ, ВРГ и АВРГ с креплением каната за жилы можно принимать по табл. 58 с коэффициентом: для мелких жил — 0,7; для алюминиевых жил из твердого алюминия — 0,5; для алюминиевых жил из мягкого алюминия — 0,25. Для уменьшения усилий тяжения при протяжке кабеля допускают применение смазки, не содержащей веществ, вредно действующих на его оболочку (тавот, солидол). Расход густой смазки составляет 8—10 кг на каждом 100 м кабеля.

Протяжку кабеля производят со скоростью 0,6—1 км/ч и по возможности без остановки, чтобы при трогании кабеля с места избежать больших усилий тяжения. После окончания протяжки кабель укладывают в колодце на опорные конструкции, его концы

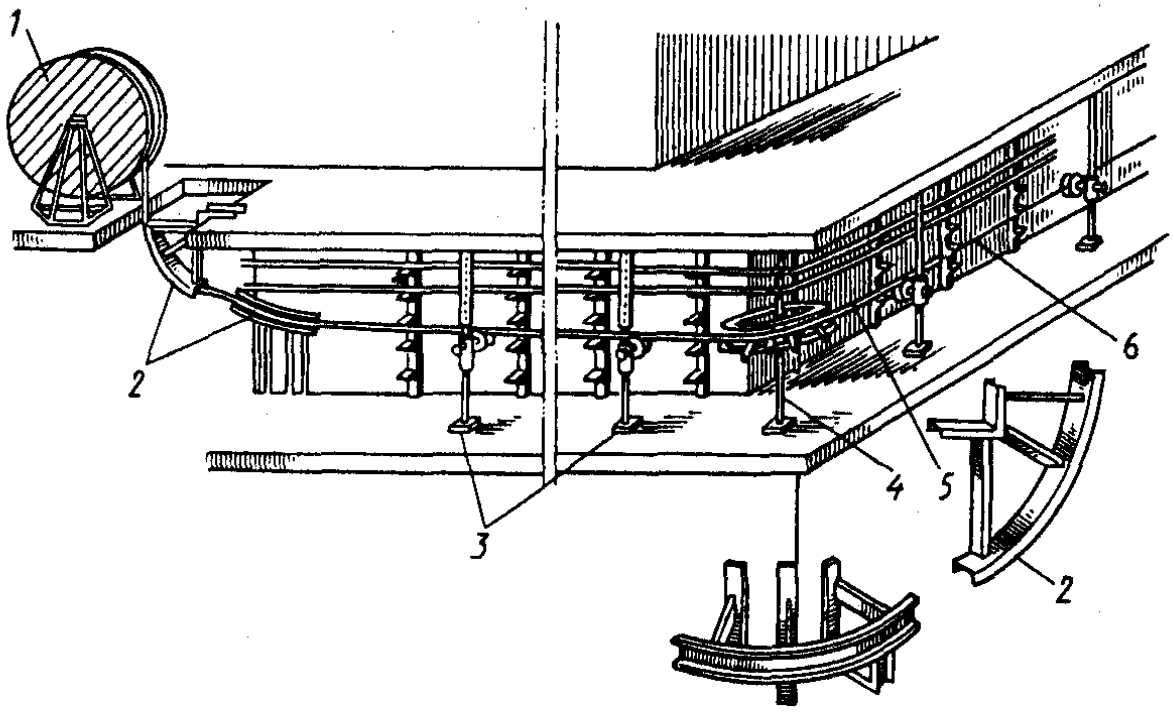


Рис. 19.6. Раскатка кабеля в туннеле с применением роликов:

1 — барабан с кабелем; *2* — угловые направляющие; *3* — линейные распорные ролики; *4* — угловой раскатный ролик; *5* — кабель; *6* — трос лебедки

герметизируют, а во всех местах выхода кабеля из каналов блока кладут эластичные подкладки (например, листовой асбест) для защиты его оболочки от истирания. Соединительные муфты в колодце после их монтажа помещают в разъемный защитный противопожарный кожух.

На вводах блоков в здании, туннели и т. д. отверстия в блоках после прокладки кабелей заделывают несгораемым и легко разрушаемым материалом. В местах сближения кабелей на расстояние меньше допустимого (например, в местах выхода кабелей из труб, в местах пересечений и т. п.) на кабели надевают асбестоцементные кольца.

Замена кабелей в кабельных помещениях. В кабельных помещениях (рис. 19.6) допускается прокладывать только кабели без наружного сгораемого покрова, например кабели, имеющие поверх брони несгораемый волокнистый покров или несгораемый шланг из поливинилхлорида или других равноценных по несгораемости материалов, а также кабели с несгораемой оболочкой.

Если при замене применяют кабель со сгораемым наружным покровом, то покров удаляют на участке всей трассы внутри кабельного сооружения до самого места выхода из трубы или проема. Небронированные кабели с полиэтиленовой оболочкой по условиям пожарной безопасности прокладывать в помещениях нельзя.

Замена кабелей в производственных помещениях. Внутри производственных помещений можно прокладывать только бронирован-

ные кабели без сгораемого наружного покрова и небронированные кабели с несгораемой оболочкой. В помещениях с агрессивной средой применяют кабели с поливинилхлоридной и другими оболочками, стойкими против воздействия агрессивной среды.

Подъем и укладку новых кабелей на лотки и в короба на коротких участках трассы выполняют с передвижных вышек, платформ, подмостей, стремянок и т. п. Кабели на лотках укладывают в один ряд. Можно прокладывать кабели без зазора между ними, а также пучками вплотную друг к другу в 2—3 слоя (в пучке) и, как исключение, в три слоя. Наружный диаметр пучка должен быть не более 100 мм.

В коробах кабели и провода прокладывают многослойно с произвольным взаимным расположением. Высота слоев в одном коробе не должна превышать 150 мм.

Особенности применения кабелей марки ААШв. Кабели марки ААШв применяют согласно «Единым техническим указаниям по выбору и применению электрических кабелей». Эти кабели при температурах окружающего воздуха выше + 30°С и ниже — 20°С не прокладывают и не перематывают.

При любом виде прокладки кабельная трасса должна иметь минимальное число поворотов, как правило, не более трех на одну строительную длину, не считая поворотов при вводе кабеля в здание и сооружения. Прокладку кабелей в трубах допускают только на прямолинейных участках длиной не более 40 м и на вводах в здания и в кабельные сооружения.

Внутренний диаметр труб, применяемых для прокладки кабелей марки ААШа, во всех случаях должен быть не менее двукратного диаметра кабеля. Для защиты кабелей от механических повреждений на вертикальных участках применяют кожухи из листовой стали.

В действующих кабельных сооружениях при сложных условиях для механизированной прокладки применяют ручной способ. При прокладке кабелей вручную трение их о землю, пол, стены и т. п. должно быть исключено. Разгрузку, погрузку и транспортировку кабеля марки ААШв при температурах ниже — 10°С производят с особой осторожностью.

При прогреве кабеля трехфазным током соединяют накоротко все жилы кабеля на его внутреннем конце (см. рис. 7.18), а при однофазном или постоянном токе, кроме того, две жилы кабеля на его наружном конце. Одним проводом цепи должны служить две жилы, соединенные между собой параллельно, а вторым проводом — третья жила кабеля. Значения силы тока при прогреве кабелей приведены в табл. 59.

Таблица 59. **Допустимые значения силы тока при прогревании кабелей, А**

Сечение жил, мм^2	Допустимый ток, А, для жил	
	медных	алюминиевых
70	145	115
95	195	150
120	233	180
150	310	210

Ремонт защитного шланга кабеля марки ААШв. Ремонт повреждений защитного шланга производят сваркой в струе горячего воздуха при температуре 170—200°С при помощи сварочного пистолета с электрическим подогревом воздуха или газовоздушным пистолетом. Сжатый воздух при этом подводят давлением $0{,}98 \cdot 10^4$ — $3{,}9 \cdot 10^4$ Па от компрессора или баллона со сжатым воздухом.

В качестве присадки при сварке применяют поливинилхлоридный пруток диаметром 4—6 мм. Места, подлежащие ремонту, перед сваркой очищают кабельным ножом, вырезают посторонние включения и срезают выступающие края и задиры в местах повреждения шланга. Разрывы шланга ремонтируют с применением поливинилхлоридных заплат или разрезных манжет.

Заплату изготавливают из пластика так, чтобы края ее на 1,5—2 мм перекрывали место разрыва. По всему периметру заплату приваривают к шлангу, затем вдоль образовавшегося шва приваривают присадочный пруток, а выступающие поверхности прутка срезают и производят выравнивание шва в месте сварки.

При ремонте шланга с применением разрезной манжеты отрезают кусок поливинилхлоридной трубки на 35—40 мм больше длины поврежденного места, разрезают трубку вдоль и надевают ее на кабель симметрично месту повреждения. Манжету временно закрепляют поливинилхлоридной лентой с шагом 20—25 мм, приваривают конец прутка в месте стыка манжеты со шлангом, а затем укладывают и приваривают пруток вокруг торца манжеты. Снимают ленты крепления, приваривают пруток вдоль разреза манжеты, срезают выступающие поверхности прутка и производят окончательное выравнивание всех сварных швов.

При ремонте проколов, небольших отверстий и раковин место повреждения в шланге и конец присадочного прутка прогревают в течение 3—5 с струей горячего воздуха, конец прутка прижимают и приваривают к шлангу в месте разогрева. После охлаждения, убедившись в прочности приварки прутка, его отрезают.

С целью герметизации шланга и выравнивания сварочного шва место ремонта прогревают до появления признаков плавления, к

разогретому месту прижимают кусок кабельной бумаги, сложенной в три-четыре слоя. Для надежности операцию повторяют 3—4 раза.

При открытой прокладке кабеля ремонт шланга можно производить подмоткой не менее чем в два слоя, липкой поливинилхлоридной лентой с перекрытием и с промазкой поливинилхлоридным лаком № 1.

Соединение и оконцевание кабельных жил и проводов. Контактные соединения токопроводящих жил можно выполнять опрессованием, сваркой или пайкой (см. гл. 2).

Технологические операции по соединению и оконцеванию кабелей при ремонте аналогичны операциям при монтаже и подробно рассмотрены в гл. 2.

При ремонте брони КЛ поврежденную часть снимают, обрез брони спаивают со свинцовой оболочкой, не покрытую броней часть защищают антикоррозийным составом. Если необходимо отремонтировать оболочку кабеля, то по обе стороны от места ее повреждения осматривают поясную изоляцию, проверяют верхний слой изоляции на отсутствие влаги. Для этого снимают ленты бумажной изоляции с поврежденного кабеля и погружают их в нагретый до 150°С парафин. Потрескивания и выделения пены свидетельствуют о проникновении влаги внутрь кабеля под свинцовую оболочку. Если влаги внутри кабеля нет, на поврежденную часть оболочки надевают разрезанную свинцовую трубу с двумя заливочными отверстиями. Трубу составляют из рольного свинца (две половинки). Она должна быть на 70—80 мм больше оголенной части кабеля. После заливки горячей мастикой трубу запаивают по шву и на нее накладывают медный бандаж, который припаивают к свинцовой оболочке. Если внутри кабеля есть влага, поврежденный участок вырезают.

Контрольные вопросы

1. Какие работы выполняют при текущем ремонте ВЛ напряжением выше 1000 В?

2. Какими способами соединяют провода ВЛ?

3. Как устанавливают сроки и объемы капитального ремонта ВЛ напряжением до 1000 В?

4. Какие работы выполняют при текущем ремонте кабельных линий?

5. Какие работы выполняют при капитальном ремонте кабельных линий?

6. Как соединяют участки кабельных линий?

7. Какие технологические приемы применяют при оконцевании кабелей?

ГЛАВА 20. РЕМОНТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И УСТАНОВОК

§ 83. РЕМОНТ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

При текущем ремонте трансформаторов производят наружный осмотр трансформатора и всей арматуры: спуск грязи из расширителя; доливку масла (в случае необходимости); проверку маслоуказательных устройств, спускного крана и уплотнений, пробивных предохранителей у трансформаторов с незаземленным нулем с низкой стороны, рабочего и защитного заземления, сопротивления изоляции обмоток, испытание трансформаторного масла, проверку газовой защиты.

При капитальном ремонте трансформаторов производят вскрытие трансформатора; подъем сердечника и осмотр его; ремонт выемной части (стали, обмотки, переключателей, отводов); ремонт крышки расширителя, кранов, изоляторов, охлаждающих и маслоочистительных устройств; чистку и в случае необходимости окраску кожуха; проверку контрольно-измерительных приборов, сигнальных и защитных устройств; очистку или замену масла; сушку изоляции; сборку трансформатора, проведение установленных измерений и испытаний трансформатора.

Условия вскрытия и ревизии. Изоляцию трансформатора, выведенного в ремонт, предварительно испытывают мегаомметром для определения необходимости сушки. Чтобы избежать увлажнения изоляции в процессе ремонта, активную часть трансформатора можно держать вне масла; при температуре окружающего воздуха 0°С или при относительной влажности выше 75 % — 12 ч, при влажности 65—75 % — 16 ч, и при влажности до 65 % — 24 ч. Трансформатор вскрывают для ревизии при температуре активной части, равной или выше температуры окружающей среды. При температуре окружающего воздуха ниже нуля трансформатор с маслом подогревают до 20°С. У сухих трансформаторов температура, измеренная на ярме, должна быть не ниже 10°С. Время нахождения активной части вне масла при ремонте может быть увеличено вдвое по сравнению с указанными выше нормами при температуре окружающего воздуха выше 0°С, влажности ниже 75 % и температуре активной части не менее чем на 10°С выше температуры окружающего воздуха. Влажность воздуха измеряют психрометром или двумя термометрами, один из них увлажняют смоченной ватой. По разности показаний сухого и увлажненного термометров определяют влажность воздуха в процентах, пользуясь психрометрической таблицей.

Таблица 60. **Характерные повреждения силовых трансформаторов**

Элементы трансформатора	Повреждение	Возможные причины
Обмотки	Межвитоковое замыкание	Естественное старение и износ изоляции; систематические перегрузки трансформатора; динамические усилия при сквозных коротких замыканиях
	Замыкание на корпус (пробой); междуфазное замыкание	Старение изоляции, увлажнение масла и понижение его уровня; внутренние и внешние перенапряжения; деформация обмоток вследствие динамических нагрузок при сквозных коротких замыканиях
	Обрыв цепи	Отгорание отводов обмотки в результате низкого качества соединения или электродинамических нагрузок при коротких замыканиях
Переключатели напряжения	Отсутствие контакта	Нарушение регулировки переключающего устройства
	Оплавление контактной поверхности	Термическое воздействие сверхтоков на контакт при коротких замыканиях
	Перекрытие на корпус	Трещины в изоляторах; понижение уровня масла в трансформаторе при одновременном загрязнении внутренней поверхности изолятора
	Перекрытие между вводами отдельных фаз	Повреждение изоляции отводов к вводам или переключателю
Магнитопровод	Увеличение тока холостого хода	Ослабление шихтованного пакета магнитопровода
	«Пожар стали»	Нарушение изоляции между отдельными пластинами стали или изоляции стяжных болтов; слабая прессовка пластин; образование короткозамкнутого контура при повреждении изоляционных прокладок между ярмом и магнитопроводом; образование короткозамкнутого контура при выполнении заземления магнитопровода со стороны вводов обмоток ВН и НН
Бак и арматура	Течь масла из сварных швов, кранов и фланцевых соединений	Нарушение сварного шва от механических или температурных воздействий; плохо притерта пробка крана; повреждена прокладка под фланцем

Осмотр и дефектация. Возможные неисправности силовых трансформаторов приведены в табл. 60. При наличии технической документации дефектация сводится к осмотру и определению состояния и комплектности трансформатора, уточнению условий и возможностей организации ремонта на месте. При отсутствии технической документации осмотр и дефектацию производят в полном

объеме с выполнением необходимых замеров и испытаний. Результаты осмотра и дефектации заносят в специальную ведомость дефектов. Последовательность операций разборки, ремонта узлов и сборки силового трансформатора приведены в табл. 61—66.

Таблица 61. **Ремонт обмоток силовых трансформаторов**

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Устранение: поверхностных повреждений небольших участков витковой изоляции	Поврежденную витковую изоляцию восстанавливают путем наложения на оголенный провод витка слоя маслостойкой лакоткани ЛХСМ в полуперекрышу	Эти дефекты устраняют без демонтажа обмоток
ослабления прессовки обмоток	Обмотки, не имеющие прессующих колец, подпрессовывают	По всей окружности обмотки между уравнительной и ярмовой изоляциями забивают дополнительные прокладки из прессованного электрокартона
незначительной деформации отдельных секций		
повреждений изоляции отвода	Изоляцию отвода восстанавливают путем наложения на поврежденный участок двух слоев лакоткани шириной 25—30 мм	
Ремонт изоляции обмоток с использованием провода поврежденной катушки (рис. 20.1)	Поврежденную изоляцию удаляют обжигом в печи при температуре 450—500°С. Витки изолируют кабельной бумагой или *тафтяной лентой в два слоя* с перекрытием	Изолированной катушкой придают нужный размер путем подпрессовки. Изготовленную катушку высушивают, пропитывают *лаком ГФ-95 и запекают* при температуре 100°С в течение 8—12 ч.
Изготовление новой обмотки в зависимости от ее типа	Для этой операции применяют обмоточные станки с ручным или моторным приводом. Катушку наматывают на шаблоне	На шаблон перед намоткой провода накладывают слой электротехнического картона толщиной 0,5 мм, предохраняющего витки первого слоя от сдвига при снятии катушки
Изготовление цилиндрической обмотки НН на провода прямоугольного профиля	При намотке однослойной катушки витки закрепляют с помощью бандажа из киперной ленты. При намотке многослойных катушек бандажирование не делают	При переходе из одного слоя в другой в местах перехода прокладывают полоску прессшпана на 4—5 мм больше ширины витка для предохранения изоляции крайних витков (рис. 20.2).
Изготовление многослойной обмотки НН из круглого провода	Каждый слой обматывают кабельной бумагой, которой покрывают все витки и пояски, уложенные в торцах шаблона	Поясок изготавливают в виде полоски из электротехнического картона толщиной, равной диаметру провода. Сам поясок схватывают бумагой шириной 25 мм и укладывают в торце шаблона

Продолжение табл. 61

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Соединение обмоток	Провода сечением до 40 мм^2 соединяют пайкой паяльником, большего сечения — специальными клещами. Припой — фосфористая бронза диаметром 3—4 мм или серебряные припои ПСр-45, ПСр-70	При пайке проводов применяют флюс-канифоль (кислотой пользоваться запрещается) или флюспорошкообразную буру
Пропитка и сушка обмоток (рис. 20.3)	Обмотки опускают в глифталевый лак и выдерживают до полного выхода пузырьков воздуха, затем поднимают, дают стечь излишкам лака (15—20 мин) и помещают в печь для запекания	Сушка считается законченной, когда лак образует твердую блестящую и эластичную пленку

Таблица 62. **Ремонт магнитопровода силового трансформатора**

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Разборка магнитопровода	Отвертывают верхние гайки вертикальных шпилек и гайки горизонтальных прессующих шпилек. Снимают ярмовые балки. Расшихтовывают верхнее ярмо со стороны ВН и НН одновременно. Эскизируют взаимное расположение пластин двух последних слоев активной стали магнитопровода. Связывают верхние концы пластин, продевая кусок проволоки в отверстие для стержня. Демонтируют обмотки	Извлекают шпильки из ярма. Маркируют балку надписью «сторона ВН» или «сторона НН». Расшихтовывают, вынимая по 2—3 пластины, не перемешивая, связывают в пакет. Укладка пластин после ремонта должна соответствовать заводской
Замена изоляции стяжных шпилек	Бумажно-бакелитовую трубку изготавливают из кабельной бумаги толщиной 0,12 мм и при намотке на шпильку пропитывают бакелитовым лаком, затем запекают	Толщина стенок изоляционных трубок, мм, для диаметров шпилек, мм: 12—25 . . . . . 2—3 25—50 . . . . . 3—4 более 50 . . . .5—6
	Изолирующие шайбы и прокладки изготавливают из электрокартона ЭМ толщиной не менее 2 мм. Проверяют изоляцию стяжных шпилек, накладок и ярмовых балок, мегаомметром 1000—2500 В	Диаметр изолирующей шайбы должен быть на 3—5 мм больше диаметра нажимной Сопротивление изоляции стяжных шпилек должно быть не ниже 10 МОм

Продолжение табл. 62

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Удаление старой изоляции листов стали	Удаляют старую изоляцию стальными щетками или кипячением листов в воде, если они покрыты бумажной изоляцией	Можно применять обжиг листов с равномерным нагревом при температуре 250—300°С в течение 3 мин
Изолирование листов	Допускают изолирование пластин через одну. Новый слой лака наносят пульвелизатором. Сушат 6—8 ч при температуре 20—30°С	Используют смесь из 90 % лака 202 и 10 % чистого керосина или глифталевого лака 1154 и растворителей (бензина и бензола). Можно применять зеленую эмаль МТЗ
При ремонтах после «пожара стали» изготавливают новые листы стали	Листы раскраивают так, чтобы длинная сторона была обязательно вдоль проката. Отверстия для стяжных шпилек делают только штампом	Сверление не допускается
Измерение сопротивления изоляции (рис. 20.4)	Сопротивление межлистовой изоляции измеряют методом амперметра-вольтметра	Сопротивление не должно отличаться от заводских данных более чем в два раза

Таблица 63. **Ремонт переключателя ТПСУ**

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Проверка и ремонт переключателя для регулирования напряжения	Поворачивают несколько раз переключатель по часовой стрелке в положения I, II и III, что соответствует фазам А, В, С. Проверяют плотность прилегания контактных колец к контактным стержням (рис. 20.5). Убеждаются в надежности паек отводов и переключателю и плотности затяжки контргайки наконечника стойки	Наличие четкого щелчка при переключении свидетельствует об исправности механизма переключения. В переключенном положении фиксирующие шпильки должны входить в свои гнезда. Перепайку отводов при необходимости производят припоем ПОС-40
Установка переключателя после ремонта	Протирают место установки ветошью, смоченной в бензине. Старые уплотнения заменяют новыми	Поверхности контактирующих деталей зачищают
Ремонт сальникового уплотнения	Шпильку вывинчивают, колпак снимают, сальниковую пробку тоже вывинчивают, сальниковое уплотнение заменяют; сальниковую пробку затягивают, ручку переключателя устанавливают на место и забивают шпильку	Все операции производят после установки переключателя

Таблица 64. **Ремонт расширителя**

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Очистка от грязи и ржавчины наружной поверхности	Очищают расширитель металлической щеткой и протирают насухо чистой ветошью	Окончательную очистку производят тряпкой, смоченной в бензине
Очистка внутренней поверхности	Вырезают заднюю стенку расширителя, очищают поверхности от грязи и ржавчины. Окрашивают маслостойкой эмалью или нитроэмалью	Стенку вырезают, оставляя выступ-кольцо, к которому после очистки приваривают новое дно
	Вырезают из листовой стали новую стенку и приваривают к корпусу расширителя	Приваривают стенку, не допуская пережога металла, ровным, плотным швом без трещин
Ремонт скобы маслоуказателя или патрубка	Очищают поверхность, подлежащую приварке, скобу, штуцер маслоуказателя; патрубок приваривают к корпусу расширителя	Сварку производят ацетилено-кислородным пламенем. Патрубок, соединяющий расширитель с кожухом трансформатора, выступает над низшей линией поверхности расширителя на 25—30 мм
Ремонт масломерного стекла	Вывертывают внутреннюю пробку маслоуказателя, вынимают масломерное стекло, чистят его или заменяют новым	Протирают тряпкой, смоченной сухим трансформаторным маслом
Восстановление контрольных отметок маслоуказателя	Наносят новые отметки на расширителе у маслоуказательного стекла	Отметки уровня масла при температуре + 35; + 15, + 35°С наносят цинковыми белилами на высоте 0,55; 0,45 и 0,1Н диаметра расширителя

Таблица 65. **Данные для сушки трансформаторов методом индукционных потерь в стали бака**

Мощность трансформатора, кВ · А	Сечение намагничивающей обмотки, мм^2	Число витков	Напряжение сети, В	Ток, А
100	10	30	60	67
630	25	52	120	68
1000	25	28	220	100

Технологические операции по восстановлению витковой изоляции, подпрессовке обмоток, измерению сопротивления постоянному току межлистовой изоляции пакета магнитопровода и конструкция камеры для сушки обмоток трансформаторов показаны на рис. 20.1—20.5.

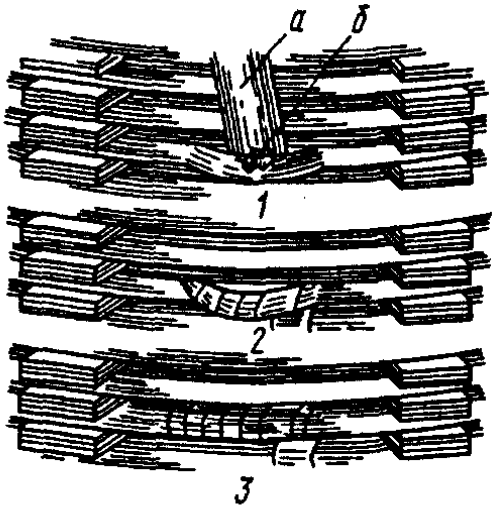


Рис. 20.1. Восстановление витковой изоляции обмотки:

1 — отделение витков от секции с помощью клина; *2* — изолирование поврежденного витка с помощью лакоткани; *3* — наложение общего бандажа из тафтяной ленты; *а* — клин; *б* — поврежденная изоляция

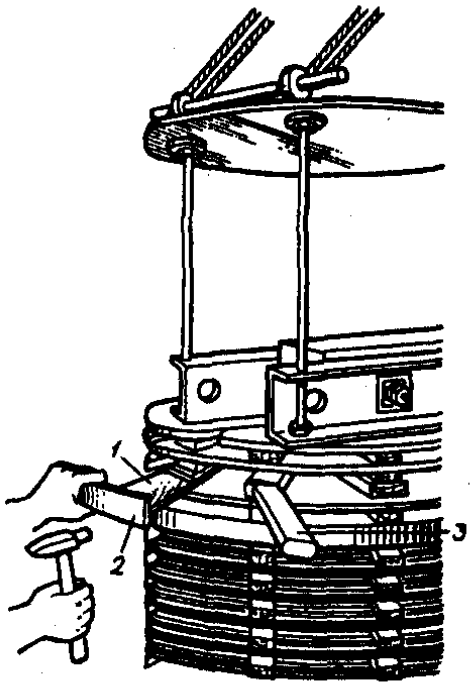


Рис. 20.2. Подпрессовка обмоток трансформатора:

1 — дополнительная прокладка; *2* — брусок; *3* — клин

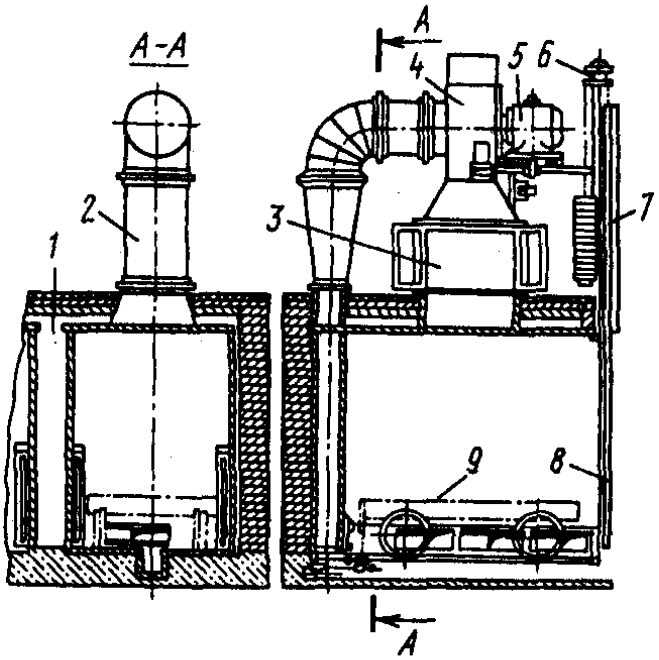


Рис. 20.3. Сушильная камера с электрообогревом:

1 — теплоизоляция; *2* — соединительный короб; *3* — калорифер; *4* — вентилятор; *5* — электродвигатель; *6* — механизм подъема двери; *7* — дверь камеры; *8* — направляющие; *9* — тележка

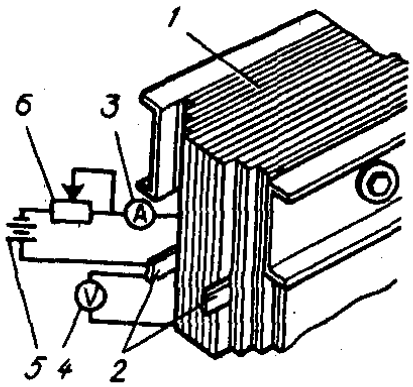
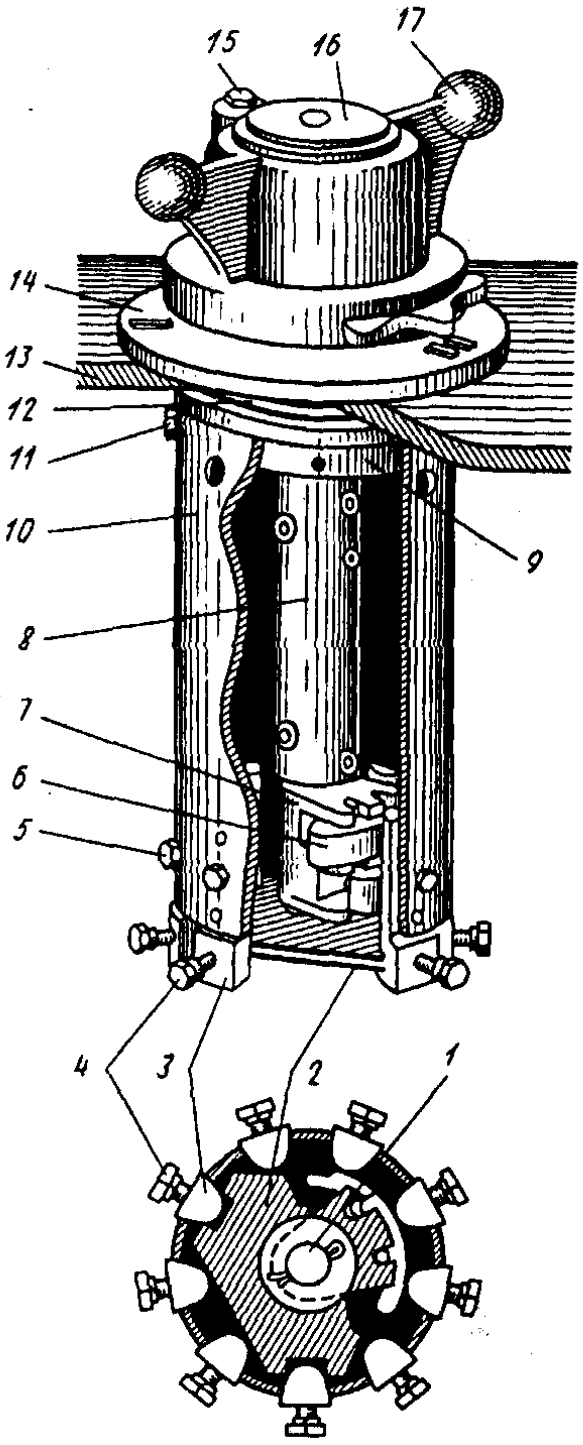


Рис. 20.4. Измерение сопротивления постоянному току межлистовой изоляции пакета магнитопровода:

1 — магнитопровод; *2* — медные пластины; *3* — амперметр постоянного тока со шкалой на 5А; *4* — вольтметр постоянного тока со шкалой на 25В; *5* — аккумуляторная батарея на 24В; *6* — реостат 50—100 ОМ

Рис. 20.5. Трехфазный переключатель ТПСУ-9-120/10:

1 — вал привода; *2* — центрирующая пластина; *3* — неподвижный контакт; *4* — контактный болт; *5* и *11* — болты, крепящие цилиндр; *6* — контактный сегмент; *7* — вал коленчатый; *8* — трубка бакелитовая; *9* — фланец; *10* — цилиндр бумажно-бакелитовый; *12* — уплотнение резиновое; *13* — стопорный болт; *14* — фланец колпака; *15* — стопорный болт; *16* — дощечка; *17* — колпак привода



Переключатель ТПСУ для регулирования напряжения трансформаторов. В трансформаторах мощностью 100—1000 кВ · А и напряжением до 10 кВ применяют трехфазный переключатель ТПСУ-9-120/10 на номинальный ток 120 А (рис. 20.5). Вал *1* привода проходит через фланец *14* и связан вверху с колпаком *17* привода, а внизу с бумажно-бакелитовой трубкой *8*, в которой закреплен коленчатый вал *7* с контактными сегментами *6*. Нижний конец коленчатого вала центрирован в пластине *2*. Коленчатый вал закрыт снаружи бумажно-бакелитовым цилиндром *10*, который болтами *11* укреплен на чугунном фланце *9*.

Сушка трансформаторов. Существует много способов сушки трансформаторов: методом индукционных потерь в стали бака, в специальном шкафу, инфракрасными лучами, воздуходувкой, под вакуумом и др. Каждый из перечисленных способов имеет свои достоинства и недостатки.

В ремонтной практике наиболее широко применяют сушку методом индукционных потерь в стали бака (табл. 65 и 66). Сущность сушки этим методом состоит в том, что при прохождении переменного тока по временной намагничивающей обмотке, наложенной на бак, образуется сильное магнитное поле, которое, замыкаясь через сталь бака, нагревает его, при этом нагреваются все металлические части внутри бака, способствуя таким образом испарению влаги из изоляции обмоток и магнитопровода.

Таблица 66. **Режим сушки изоляции трансформатора методом индукционных потерь в стали бака**

Последовательность операций	Температура, °С		Продолжительность операций, ч
	стенок бака	воздуха в баке	
Повышение температуры стенок бака по 10—20°С за 1 ч	До 80	60	4—6
Выключение подогрева поступающего воздуха и вентиляции	80	60	—
Повышение температуры в баке по 10°С за 1 ч	115—120	105	4—6
Снижение температуры транформатора	50—60	50—60	1—3
Повышение температуры воздуха в баке и прогрев сердечника	115—120	105	3—8
Поддержание постоянной температуры сердечника для осуществления процесса сушки	115—120	105	6—8
Постепенное снижение температуры сердечника	60—80	60—80	3—5
Заливка бака чистым сухим маслом	60—80	60—80	1—2
Охлаждение трансформатора	40—50	40—50	2—3
Выемка сердечника и ревизия по истечении 8—12 ч после заливки маслом	40—50	—	—

§ 84. РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

При текущем ремонте электрических машин выполняют следующие работы:

проверку степени нагрева корпуса и подшипников, равномерности воздушного зазора между статором и ротором, отсутствия ненормальных шумов в работе электродвигателя;

чистку и обдувку электродвигателя без его разборки, подтяжку контактных соединений у клеммных щитков и присоединении проводов, зачистку колец и коллекторов, регулирование и крепление траверсы щеткодержателя, восстановление изоляции у выводных концов, смену электрощеток;

смену и долив масла в подшипники.

При необходимости производят:

полную разборку электродвигателя с устранением повреждений отдельных мест обмотки без ее замены;

промывку узлов и деталей электродвигателя;

замену неисправных пазовых клиньев и изоляционных втулок, мойку, пропитку и сушку обмотки электродвигателя, покрытие обмотки покрывным лаком, проверку крепления вентилятора и его ремонт, проточку шеек вала ротора и ремонт беличьей клетки (в случае необходимости), смену фланцевых прокладок;

замену изношенных подшипников качения;

промывку подшипников скольжения и при необходимости их перезаливки, при необходимости заварку и проточку крышек электродвигателя, частичную пропайку петушков; проточку и шлифование колец; ремонт щеточного механизма и коллектора; проточку коллектора и его продораживание; сборку и проверку работы электродвигателя на холостом ходу и под нагрузкой.

При капитальном ремонте производят следующие работы: полную или частичную замену обмотки; правку, протирку шеек или замену вала ротора; переборку колец или коллектора; балансировку ротора; замену вентилятора и фланцев; полную пропайку петушков; чистку, сборку и окраску электродвигателя и испытание его под нагрузкой.

Определение состояния деталей и назначение вида ремонта. Дефектацию производят до разборки, в процессе разборки и после разборки. Дефектационные операции, выполняемые до разборки: внешний осмотр; ознакомление с дефектами по документации; предремонтные испытания на режиме холостого хода, если это возможно.

До включения в сеть проверяют состояние вала, подшипниковых щитов, подшипников, отсутствие задевания ротора за статор, наличие смазки, целостность фаз; состояние выводных концов и клеммного щитка; сопротивление изоляции обмоток.

При удовлетворительных результатах испытаний включают электродвигатель на 30 мин под напряжение, замеряют пофазно силы тока холостого хода, проверяют шумы электродвигателя, работу коллектора, нагрев подшипников, величину вибрации и др.

В контрольно-дефектационные операции, проводимые в процессе разборки, входят: измерение величины воздушных зазоров между железом статора и ротора (якоря) в четырех точках, отстоящих друг от друга на 90°; измерение разбега вала в подшипниках скольжения; определение зазоров в подшипниках скольжения и качения (табл. 67 и 68); выявление неисправности других деталей.

В процессе разборки нельзя допускать повреждений или поломки разбираемых отдельных узлов и деталей или частей электрических машин. Детали, сопряженные между собой с натягом, снимают универсальными съемниками. Рабочие и посадочные поверхности узлов и деталей разбираемых электрических машин предохраняют от повреждений.

Снятые годные метизы, пружинные кольца, шпонки и другие мелкие детали сохраняют для повторного использования.

Разобранные узлы и детали помещают в технологическую тару или на стеллажи.

Рабочее место разборщика оснащают столом или верстаком и специальным инструментом и приспособлениями.

Устройство для снятия подшипников с вала ротора размещают вблизи рабочих мест разборщиков.

При разборке электродвигателей можно пользоваться специальной подставкой для ног. Стенд, оснащенный подъемником, поворотным столом и конвейером (пластинчатым, тележечным и т. п.), обеспечивает полную разборку электродвигателей высотой оси вращения более 100 мм.

Для подъема изделий в сборе, узлов и деталей, масса которых превышает 20 кг, следует использовать подъемно-транспортные механизмы и приспособления.

Захват узлов и деталей за рабочие поверхности не допускается.

Подъемно-транспортное оборудование должно иметь плавную скорость подъема и опускания, а грузоподъемность должна быть не менее 1 т.

Приспособления, используемые для съема подшипников с вала ротора и для выема ротора из расточки статора, должны обеспечивать предохранение рабочих поверхностей от повреждений.

Используемый при разборке инструмент не должен иметь зазубрин, заусенцев и других дефектов на рабочей поверхности и соответствовать требованиям техники безопасности.

Производственная тара должна вмещать все разобранные узлы и детали и соответствовать требованиям промышленной санитарии.

Технологический процесс разборки состоит из следующих операций: *подготовительных, непосредственно разборки и контроля.*

Выбор способа разборки зависит от технических и организационных возможностей производства.

Операции технологического процесса производят в помещении с температурой 20 ± 5°С и относительной влажностью не более 80 %. При *подготовительных операциях* устанавливают контейнер с электродвигателями на подставку, а электродвигатель — на стол разборщика или передаточную тележку разборочного стенда.

У двигателей закрытого исполнения отвертывают болты, крепящие кожух наружного вентилятора, и снимают его;

отвертывают крепежные детали, крепящие вентилятор, и снимают его; в случае крепления вентилятора пружинным кольцом, предварительно снимают его специальным инструментом.

У двигателей с фазным ротором:

отсоединяют соединительные провода, освобождают крепления, снимают кожух контактных колец, вынимают щетки; в случае ремонта обмоток ротора отпаивают соединительные хомутики от выводных концов; снимают отвододержатель и съемником контактные кольца с вала ротора.

У электродвигателей, конструкция которых предусматривает расположение узла контактных колец внутри подшипникового щита, съем контактных колец производят после снятия подшипнико-

вых крышек (наружной и внутренней), подшипникового щита и подшипника со стороны, противоположной рабочему концу вала.

У крановых и металлургических электродвигателей кроме того снимают крышки смотровых люков; открепляют капсулы от подшипниковых щитов и снимают наружные уплотняющие кольца; сливают масло из масляных камер (у подшипников скольжения).

Отвертывают болты, крепящие наружные крышки подшипников и снимают последние. При наличии между подшипниковой крышкой и подшипником пружинных колец, последние должны быть сохранены. Снимают пружинное кольцо, крепящее подшипник (при наличии). Отвертывают крепежные детали, крепящие подшипниковые щиты, крышку и панель (колодку) выводов, и снимают последние. Уплотнения, предусмотренные конструкцией в коробке выводов, сохраняют. При *разборке электродвигателей на рабочем месте разборщика* подготовительные операции производят здесь же.

Передний (со стороны рабочего конца вала) подшипниковый щит выводят из заточки станины с помощью рычага, вводимого в просвет между ушками подшипникового щита и станины, либо отжимных болтов. Отжим следует производить равномерно, пока щит полностью не выйдет из центрирующей заточки.

Допускается вывод подшипникового щита из заточки станины производить с помощью легких ударов молотка по выколотке из мягкого металла или пневмомолотка по торцам ушек подшипникового щита.

При выводе переднего подшипникового щита из заточки необходимо поддерживать вал вручную или подкладками, не допуская удара ротора о статор.

Подшипниковый щит с вала снимают, поворачивая его на подшипнике, не допуская при этом перекосов.

Задний (со стороны, противоположной рабочему концу вала) подшипниковый щит снимают аналогично переднему.

Можно снимать задний подшипниковый щит после выемки ротора из статора. Выемку ротора производят специальным приспособлением, не допуская при этом задеваний ротора за расточку и обмотку статора.

На статоре, роторе и подшипниковых щитах укрепляют бирки с ремонтными номерами.

Разобранные узлы и детали укладывают в производственную тару или на стеллажи и передают на последующую операцию.

При разборке на *разборочном стенде* электродвигатель устанавливают на передаточную тележку, фиксатором-толкателем посылают ее по конвейеру. Производят операции предварительной разборки и передают тележку на стол гидростенда.

Устанавливают электродвигатель так, чтобы центры штоков гидроцилиндров установки совпали с центрами вала разбираемого электродвигателя, и зажимают вал электродвигателя в центрах.

Опускают стол вниз и выталкивают тележку на конвейер.

Поднимают стол до полной посадки на него электродвигателя, и зажимают лапы электродвигателя зажимами.

Подают шток левого цилиндра вправо до полного выхода подшипникового щита из заточки статора. Снимают подшипниковый щит с подшипника. Устанавливают упор между подшипником и корпусом электродвигателя. Подачей штока правого цилиндра влево выпрессовывают правый подшипник с вала ротора. Аналогично поступают с левым подшипниковым щитом и подшипником. Производят разжим центров и отводят штоки цилиндров гидростенда от вала ротора электродвигателя. Поворачивают стол с электродвигателем на 60—90° и снимают подшипники и внутренние подшипниковые крышки.

Выводят ротор из расточки статора при помощи специального приспособления, не допуская при этом задевания ротора за расточку и обмотку статора.

Таблица 67. **Допустимые радиальные зазоры в подшипниках скольжения электрических машин**

Диаметр вала, мм	Допустимые зазоры, мм, при частоте вращения, об/мин		
	750—1000	1000—1500	1500—3000
18—30	0,04—0,093	0,06—0,13	0,14—0,28
30—50	0,05—0,112	0,075—0,16	0,17—0,34
50—80	0,065—0,135	0,095—0,195	0,2—0,4
80—120	0,08—0,16	0,12—0,235	0,23—0,46

Примечания: 1. Во время эксплуатации допускается удвоенная величина максимальных зазоров.

2. При отсутствии специальных указаний завода-изготовителя зазора между шейкой вала и верхним вкладышем следует назначать в следующих пределах; для подшипников с кольцевой смазкой (0,08 ÷ 0,10) $Д_ш$, для подшипников с принудительной смазкой (0,05 ÷ 0,08) $Д_ш$, где $Д_ш$ — диаметр шейки вала.

3. Для создания более благоприятных условий образования масляного клина рекомендуют у разъемных подшипников делать боковые зазоры B = a. В этом случае подшипники растачивают на диаметр Д + 2a с применением прокладок толщиной a.

Допустимая разница воздушных зазоров электрических машин не должна превышать значений, указанных в заводских инструкциях, а если таких данных нет, то зазоры должны отличаться на величину не больше, чем указано ниже для машин: асинхронных — на 10 %; синхронных тихоходных — на 10 %; синхронных быстроходных — на 5 %; постоянного тока с петлевой обмоткой и зазором под главными полюсами более 3 мм — 5 %; постоянного тока с волновой обмоткой и зазором под главными полюсами более

3 мм — на 10 %; а также якорем и дополнительными полюсами — на 5 %.

Разбег — осевая игра вала машины в подшипниках скольжения в одну сторону от центрального положения ротора не должен превышать 0,5 мм для машин напряжением до 10 кВт, 0,75 мм — для машин 10—20 кВт, 1,0 мм — для машин 30—70 кВт, 1,5 мм — для машин 70—100 кВт. Суммарный двусторонний разбег вала не должен превышать 2—3 мм.

Таблица 68. **Зазоры в подшипниках качения**

Внутренний диаметр подшипника, мм	Осевая игра в однорядных шарикоподшипниках, мм, для серии		Радиальный зазор, мм		
	200	300	в новых однорядных шарикоподшипниках	в новых роликоподшипниках	наибольший допустимый при износе подшипников
20—30	—	—	0,01—0,02	0,02—0,05	0,1
30—50	0,12—0,22	0,13—0,23	0,01—0,02	0,02—0,06	0,2
50—80	0,14—0,32	0,17—0,38	0,01—0,02	0,02—0,06	0,2
80—100	0,25—0,43	0,29—0,50	0,02—0,03	0,04—0,08	0,3
10—120	0,26—0,46	0,32—0,56	0,02—0,01	0,05—0,09	0,3

В контрольно-дефектационные операции после разборки электромашин входят: внешний осмотр и обмер всех изнашиваемых поверхностей деталей; окончательное заключение о состоянии деталей в результате осмотра, проверок и испытаний. Результаты дефектации записывают в ремонтную карту, на основании которой технолог или мастер заполняет операционную карту и назначает вид ремонта. Дефектные детали и узлы ремонтируют способами, указанными ниже.

Технология ремонта узлов и деталей электрических машин. Конструкция коллектора. Для большинства электрических машин применяют конструкцию коллектора, показанную на рис. 20.6. Коллектор машины должен быть очищен от грязи и смазки. Изоляция коллектора должна быть продорожена, с граней коллекторных пластин сняты фаски. Коллектор, имеющий неровности до 0,2 мм, должен быть отполирован, 0,2—0,5 мм — прошлифован, более 0,5 мм — проточен. Биение коллектора у машин (проверенное по индикатору) не должно превышать 0,02 мм для коллекторов диаметром до 250 мм и 0,03—0,04 мм для коллекторов диаметром 300—600 мм.

Ремонт коллекторов. Сведения о возможных неисправностях, причинах их возникновения и способах ремонта коллекторов (рис. 20.7) приведены в табл. 69.

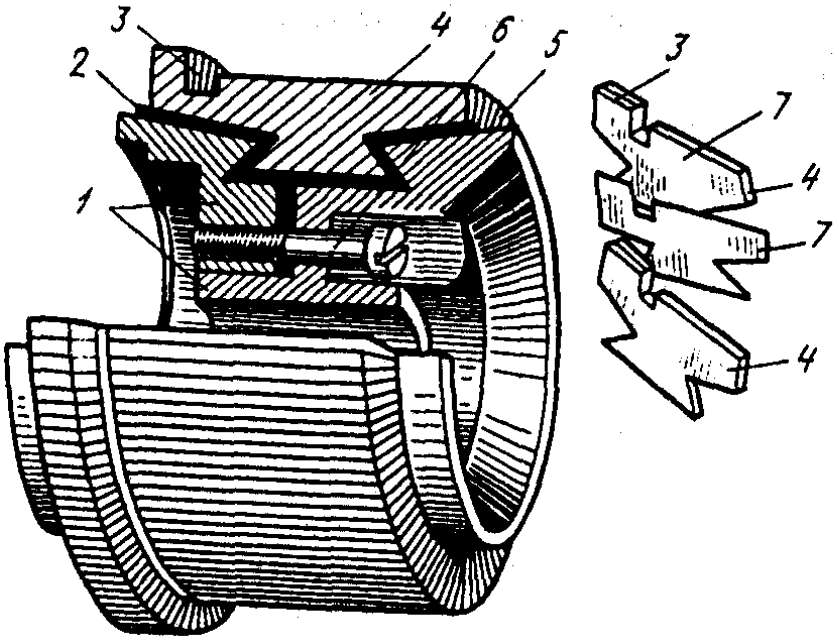


Рис. 20.6. Устройство коллектора:

1 — стальной корпус; *2* — изоляция; *3* — петушки; *4* — пластина коллекторная; *5* — шайба конусная натяжная; *6* — винт стопорный; *7* — прокладка миканитовая

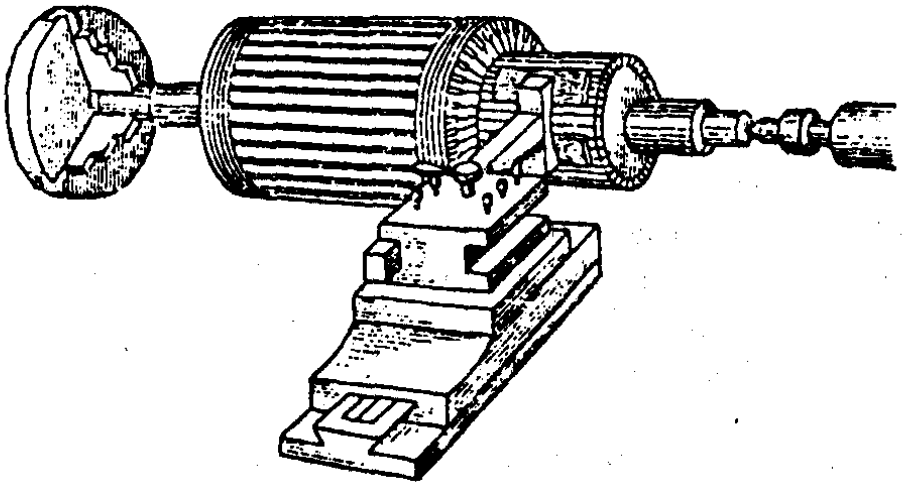


Рис. 20.7. Формовка коллектора на токарном станке

Ремонт контактных колец. Комплект контактных колец показан на рис. 20.8. Незначительные повреждения поверхности контактных колец (подгары, биение, неравномерная выработка) устраняют зачисткой и полировкой без демонтажа колец. При больших повреждениях поверхностей кольца снимают и протачивают с уменьшением их толщины не более чем на 20 %.

Пробой изоляции на корпус, а также предельный износ колец вызывают необходимость их замены. Замены целесообразно производить только в крупных ЭРЦ, где на каждый вид контактных колец составляют типовой технологический процесс разборки, изготовления, сборки и испытания с обеспечением соответствующими приспособлениями и оборудованием.

Таблица 69. **Неисправность коллектора**

Неисправность	Причина	Ремонт
Обгорание поверхности	Искрение. Круговой огонь	Обточка, шлифование
Биение. Выступание пластин	Плохая сборка. Некачественный миканит	Нагрев. Подтягивание. Обточка
Выступание изоляции между пластинами	Износ пластин. Ослабление коллектора	Продороживание. Подтягивание. Обточка
Выступание пластин на краю коллектора	Предельная обточка. Слишком тонкие пластины	Замена комплекта пластин и межламельной изоляции
Обломана часть петушков (в шлице)	Неосторожная выбивка концов обмотки из шлица	Разборка. Ремонт или замена пластин
Замыкание между пластинами	Заусенцы на поверхности. Прогар миканитной изоляции из-за попадания масла и медно-угольной пыли	Осмотр. Расчистка. Глубокая прочистка между пластинами. Промывание спиртом. Замазывание пастой
	Замыкание внутри коллектора	Разборка
Замыкание на корпус	Пробой, прогар изоляционных конусов	Разборка, ремонт или замена коллектора с формовкой на станке (рис. 20.7)

Ремонт сердечников. Сердечники (активная сталь) одновременно служат магнитопроводом и остовом для размещения и укрепления обмотки. При ремонте и замене обмотки необходимо проверить сердечники и устранить обнаруженные дефекты. Основные неисправности сердечников статора и ротора, их причины, а также способы устранения приведены в табл. 70.

Таблица 70. **Неисправности сердечников статора и ротора**

Неисправность	Причина	Ремонт
Ослабление прессовки	Выпадение вентиляционных распорок	Ремонт распорок
	Ослабление стяжных болтов	Подтянуть болты
	Отлом и выпадение отдельных зубцов	Забить и укрепить клинья
Распушение зубцов	Слабые крайние листы или нажимные шайбы	Подпрессовка. Усилие крайних листов
Нагрев сердечника	Заусенцы. Зашлифованные места. Механические повреждения поверхности сердечников	Расчистка
	Порча изоляции стяжных болтов	Замена изоляции
Выгорание участков	Пробой изоляции обмотки на сталь	Расчистка. Перешихтовка
Деформация стали	Неправильная сборка или монтаж машины. Механические повреждения	Правка

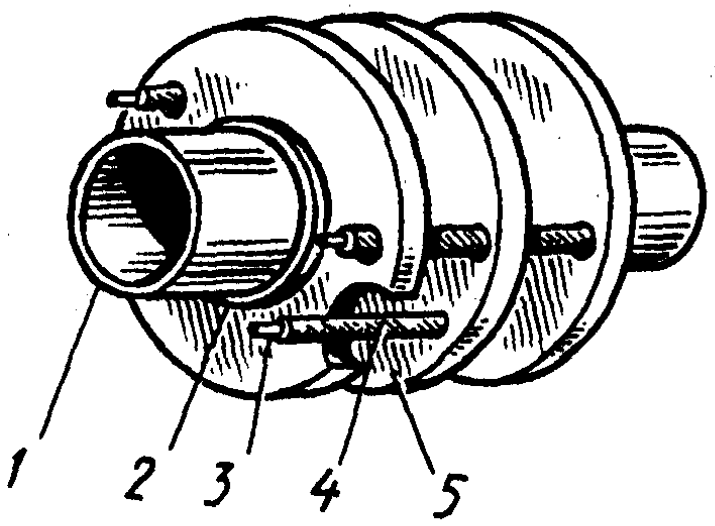


Рис. 20.8. Кольца контактные в сборе:

1 — втулка; *2* — электрокартон; *3* — кольцо контактное; *4* — изоляция шпилек; *5* — шпильки контактные (выводы от колец)

Условия для безыскровой коммутации. Если плотность тока, приходящаяся на единицу поверхности соприкосновения щетки с коллектором в каком-либо месте становится слишком большой, щетки искрят. Искрение разрушает щетки и поверхность коллектора. Надежный контакт между щеткой и коллектором обеспечивает гладкая зеркальная поверхность коллектора (без выступов, вмятин, подгаров, без эксцентриситета или биения).

Механизм подъема щеток должен быть исправным. На одной машине нельзя применять щетки разных марок. Они должны быть установлены строго на нейтрали. Расстояние между щетками по окружности коллектора должны быть равными. Отклонения в расстояниях между сбегающими концами щеток не должны превышать 1,5 % для машин мощностью до 100 кВт. От обоймы до поверхности коллектора расстояние должно быть 2—4 мм. При наклонном расположении щеток острый угол щетки должен быть набегающим.

Допустимые отклонения обойм щеткодержателя от номинального размера в осевом направлении — 0—0,15 мм; в тангенциальном направлении, при ширине щеток менее 16 мм — 0—0,12 мм; при ширине щеток более 16 мм — 0—0,14 мм.

Допустимые отклонения размеров щеток от номинальных размеров обоймы щеткодержателя могут быть только со знаком минус. Величины допустимых отклонений: в осевом направлении от — 0,2 до — 0,35 мм; в тангенциальном направлении (при ширине щеток до 16 мм) от — 0,08 до — 0,18 мм; в тангенциальном направлении (при ширине щеток более 15 мм) от — 0,17 до — 0,21 мм.

Зазор щеток в обойме не должен превышать в осевом направлении — 0,2 ÷ 0,5 мм; в тангенциальном направлении (при ширине щеток до 16 мм) 0,06 ÷ 0,3 мм; в тангенциальном направлении (при

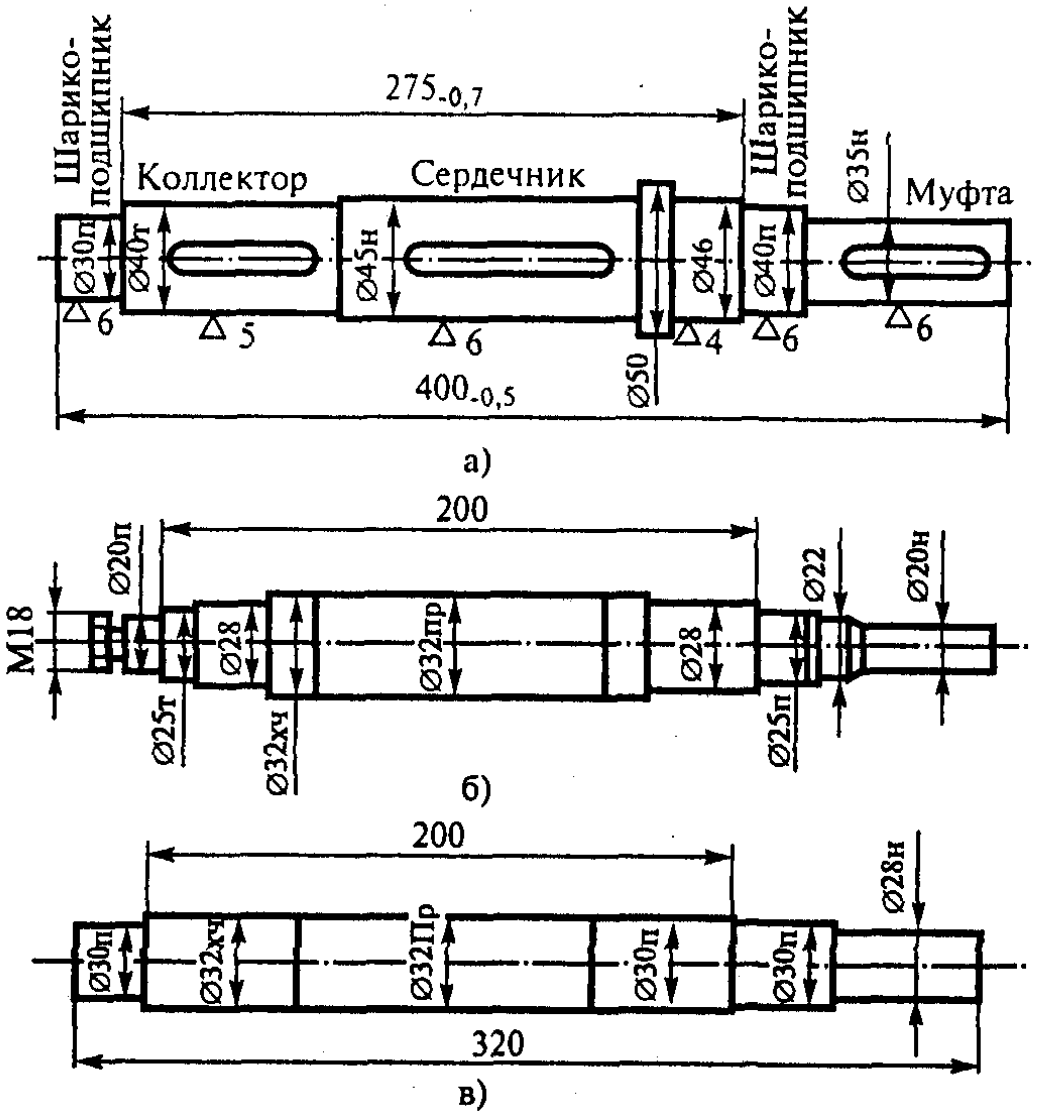


Рис. 20.9. Формы валов электромашины:

а — машин постоянного тока; *б, в* — асинхронных двигателей

ширине щеток более 16 мм) 0,07 ÷ — 0,35 мм. Рабочая (контактная) поверхность щеток должна быть отшлифована до зеркального блеска. Удельное нажатие различных марок щеток должно находиться в пределах 0,15—4 МН/м^2 и приниматься по каталогам.

Отклонение в величине удельного нажатия между отдельными щетками одного стержня допускается на ± 10 %. Для двигателей, подвергающихся толчкам и сотрясениям (крановые и др.), удельное нажатие допускается повышать на 50—75 % по сравнению с каталожными данными.

Ремонт деталей механической части. Ремонт вала. Формы валов электрических машин с указанием посадок и шероховатости показаны на рис. 20.9. Вал может иметь следующие повреждения: изгиб, трещины, задиры и царапины шеек, общую выработку, конусность и овальность шеек, развал шпоночных канавок, забоины и расклепывание торцов, смятие и износ резьбы на концах вала, потерю

напряженности посадки на валу сердечника и в редких случаях поломку вала.

Ремонт валов является ответственной работой и имеет специфические особенности, так как ремонтируемый вал очень сложно отделить от сопряженного с ним сердечника. Допустимая норма на обточку шеек вала составляет 5—6 % от его диаметра; допустимая конусность 0,003, овальность 0,002 от диаметра. Валы, имеющие трещины глубиной более 10—15 % размера диаметра и более 10 % длины вала или периметра, подлежат замене. Общее количество вмятин и углублений не должно превышать 10 % посадочной поверхности под шкив или муфту и 4 % под подшипник.

Ремонт станин и подшипниковых щитов. Основные повреждения станин и подшипниковых щитов: поломка лап крепления станины; повреждение резьбы в отверстиях станины; трещины и коробление подшипниковых щитов; износ посадочной поверхности отверстия щита под посадку подшипника.

Ремонт станины и подшипниковых щитов заключается в заварке трещин, приварке отбитых лап, восстановлении изношенных посадочных мест, разрушенной резьбы в отверстиях и удалении оставшихся оторванных стержней болтов. Биение центрирующей заточки относительно оси — радиальное и не более 0,05 % диаметра заточки.

Ремонт подшипников скольжения. Повреждения подшипников скольжения: износ по внутреннему диаметру и торцам, растрескивание, выкрашивание, отставание, подплавление заливки, затягивание канавок, износ втулки по наружному диаметру. Износ по внутреннему диаметру и торцам является наиболее частым повреждением.

Сроки службы (в годах) подшипников скольжения, залитых баббитом марки Б16, в зависимости от режима работы следующие:

Легкий . . . . . 4—5	Тяжелый . . . . . 1,5—2
Нормальный . . . . . 2—3	Очень тяжелый . . . . . 1—1,5

Температуры нагрева подшипников перед заливкой и плавления баббитов приведены в табл. 71. Ремонт подшипников скольжения состоит из следующих операций: выплавки старой заливки, ремонта вкладыша, подготовки его и сплава к заливке, заливка и охлаждение.

Центробежную заливку подшипников производят на токарном станке при помощи специального приспособления (рис. 20.10). Частоту вращения патрона устанавливают по табл. 72 в зависимости от размера подшипника. Припуск на обработку дают 2—2,5 мм на сторону при внутреннем диаметре до 150 мм. Припуск по торцам 2—4 мм. Маслораспределительные и маслоулавливающие канавки для подшипников с диаметром шейки вала 50—150 мм делают шириной 3—6 мм и глубиной 1,5—3 мм.

Таблица 71. **Температура плавления и заливки баббитов**

Марка баббита	Температура, °С		
	плавления *	заливки	нагрева подшипников
Б83	241/364	400 ± 10	250
Б16	240/410	460 ± 10	250
БН	245/397	450 ± 10	260

* В числителе указана температура начала плавления, в знаменателе — конца плавления.

Основные требования к установке подшипников скольжения:

рабочие части вкладышей подшипников должны быть пригнаны (шабрением по шейкам вала в средней их части по дуге от 60 до 120°);

норма поверхности соприкосновения (при проверке на краску) шейки вала и нижнего вкладыша — два пятна на 1 см^2 поверхности на дуге 60—90°; наличие плотных поясов по концам шейки вала и верхнего вкладыша — одно пятно на 1 см^2.

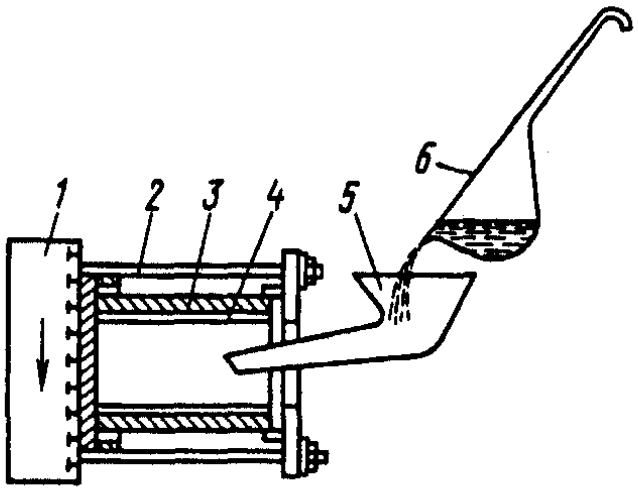


Рис. 20.10. Заливка вкладыша центробежным способом:

1 — планшайба; *2* — шпилька стяжная; *3* — вкладыш; *4* — граница баббитовой заливки; *5* — воронка; *6* — ковш с баббитом

Повреждения и замена подшипников качения. Основным повреждением подшипников качения является износ рабочих поверхностей обоймы, сепаратора, кольца, шариков или роликов, а также наличие глубоких рисок и царапин, следов коррозии, появления цветов побежалости. Ремонт подшипников качения в ЭРЦ не производят, а заменяют новыми. У электромашин средней мощности срок службы подшипников качения составляет 2—5 лет в зависимости от размера двигателя и режима его работы.

Таблица 72. **Частота вращения патрона при заливке подшипников баббитом центробежным способом**

Внутренний диаметр подшипников, мм	Частота вращения патронов, об/мин		Внутренний диаметр подшипников, мм	Частота вращения патрона, об/мин	
	Б16, БН	Б83		Б16, БН	Б83
30	1490	1670	100	810	910
40	1250	1400	110	770	870
50	1150	1290	120	740	830
60	1060	1190	130	710	800

Внутренний диаметр подшипников, мм	Частота вращения патронов, об/мин		Внутренний диаметр подшипников, мм	Частота вращения патрона, об/мин	
	Б16, БН	Б83		Б16, БН	Б83
70	980	1100	140	680	770
80	910	1020	150	660	740
90	850	960	160	640	720

Основные требования к установке подшипников качения:

внутренние кольца подшипников должны быть насажены на вал плотно;

наружные кольца подшипников должны быть вставлены в расточки подшипниковых щитов свободно с зазором 0,05—0,1 мм по диаметру;

осевой зазор (величина осевого перемещения одной обоймы относительно другой) не должен превышать 0,3 мм.

Ремонт уплотнений. Попадание смазки из подшипников внутрь электрических машин происходит из-за конструктивных недостатков, неправильного монтажа уплотнений и неправильного применения смазки. Кольцо с зубчиками, насаженное на вал дополнительно к обычному сальниковому уплотнению, не допускает попадания смазки внутрь машины. Для установки такого кольца необходимо укоротить вкладыш подшипника кольцевой смазки.

Для предотвращения сильной утечки смазки внутрь машины на вал насаживают маслоотражательное кольцо с наклонными отражателями отбрасывающими масло в подшипник. При сильной осевой вентиляции следует устанавливать дополнительные уплотнения лабиринтного типа. Ремонт уплотняющих устройств заключается в замене шпилек с поврежденной резьбой, сверления и нарезке резьбы в новых отверстиях уплотняющих колец.

Балансировка роторов. Для обеспечения работы электрической машины без биений и вибраций после ремонта ротор в сборе со всеми вращающимися частями (вентилятором, кольцами, муфтой, шкивом и т. п.) подвергают балансировке.

Различают статическую и динамическую балансировку. Первую рекомендуют для машин с частотой вращения до 1000 об/мин и коротким ротором, вторую дополнительно к первой — для машин с частотой вращения более 1000 об/мин и для специальных машин с удлиненным ротором. Статическую балансировку производят на двух призматических линейках, точно выверенных по горизонтали. Хорошо сбалансированный ротор остается неподвижным, находясь в любом положении относительно своей горизонтальной оси. Балансировку ротора проверяют для 6—8 положений ротора, поворачивая его вокруг оси на угол 45—60°. Балансировочные грузы

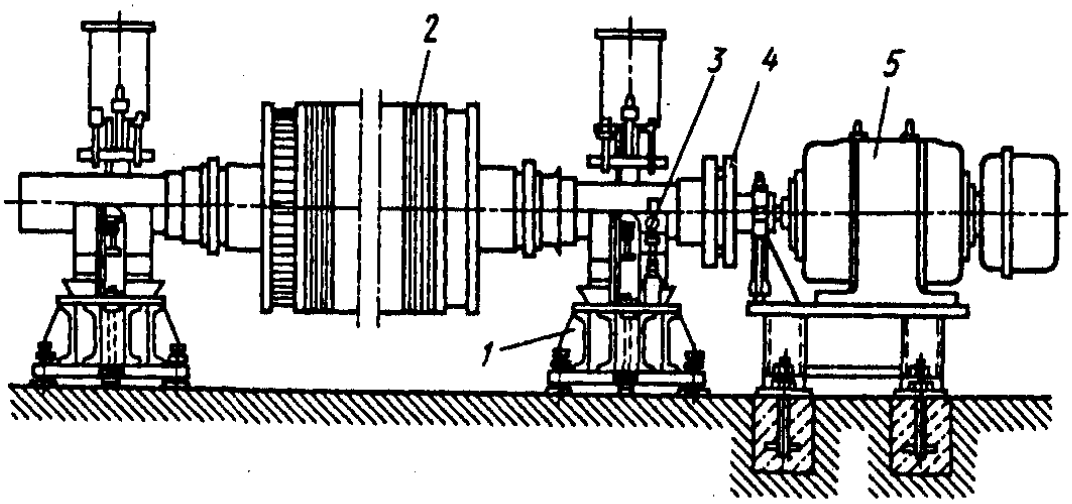


Рис. 20.11. Станок для динамической балансировки роторов:

1 — стойка; *2* — балансируемый ротор; *3* — индикатор стрелочный; *4* — муфта; *5* — привод

закрепляют сваркой или винтами. Свинцовые грузы забивают в специальные канавки, имеющие форму ласточкина хвоста.

При динамической балансировке место расположения груза определяют по величине биения (вибрации) при вращении ротора. Динамическую балансировку производят на специальном балансировочном станке (рис. 20.11). Установленный для проверки вращающийся ротор (якорь) при неуравновешенности начинает вместе с подшипниками вибрировать.

Чтобы определить место неуравновешенности, один из подшипников закрепляют неподвижно, тогда второй при вращении продолжает вибрировать. К ротору подводят острие цветного карандаша или иглу индикатора, которые в месте наибольшего отклонения ротора оставляют на нем метку. При вращении ротора в обратном направлении с той же скоростью тем же способом наносят вторую метку. По среднему положению между двумя полученными метками определяют место наибольшей неуравновешенности ротора.

В диаметрально противоположной по отношению к месту наибольшей неуравновешенности точке закрепляют балансировочный груз или высверливают отверстие в точке наибольшей неуравновешенности. После этого аналогичным способом определяют неуравновешенность второй стороны ротора.

Сбалансированную машину устанавливают на гладкую горизонтальную плиту. При удовлетворительной балансировке машина, работающая с номинальной частотой вращения, не должна иметь качаний и перемещений по плите. Проверку производят на холостом ходу в режиме двигателя.

Технология ремонта обмоток электрических машин. Определение объема ремонта. Перед ремонтом обмоток необходимо точно определить характер неисправности. Часто направляют в ремонт исправные электродвигатели, ненормально работающие в результате

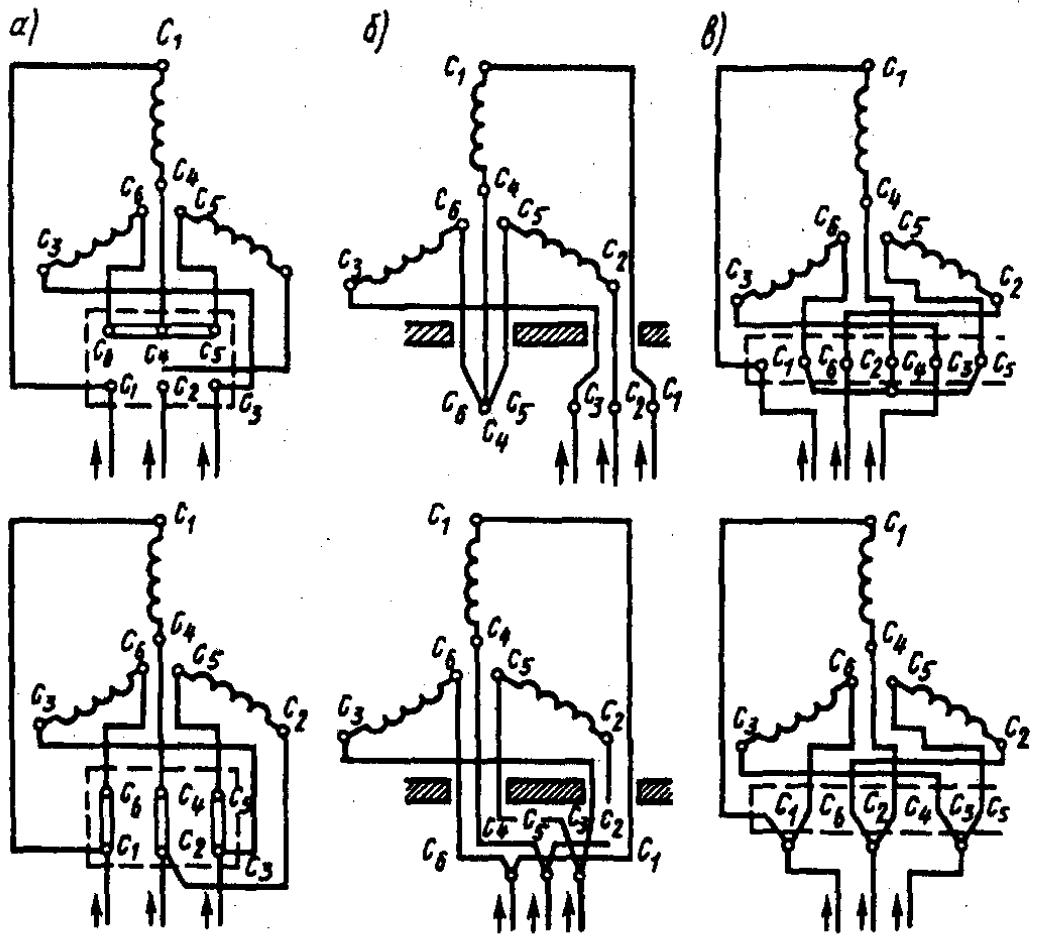


Рис. 20.12. Схемы соединения обмоток при фазных исполнениях выводов и наличии:

а — у двигателя щитка с зажимами; *б* — двух выводных отверстий; *в* — выводов, расположенных в один ряд

повреждения питающей сети, приводного механизма или неправильной маркировки выводов.

Основой якорной обмотки машин постоянного тока служит *секция*, т. е. часть обмотки, заключенная между двумя коллекторными пластинами. Несколько секций обмотки обычно объединяют *в катушку*, которую укладывают в пазы сердечника.

Схемы однофазных обмоток составляют в основном по тем же правилам, что и схемы трехфазных обмоток, только у них рабочая фаза занимает 2/3 пазов, а пусковая 1/3. У конденсаторных двигателей половину пазов занимает главная фаза и половину — вспомогательная.

Назначая ремонт, следует помнить, что у электродвигателей мощностью до 5 кВт с двухслойной обмоткой при необходимости замены хотя бы одной катушки выгоднее перемотать статор полностью. У двигателей мощностью 10—100 кВт с обмоткой из круглого провода одну-две катушки можно заменить методом протяжки без подъема неповрежденных катушек.

Обмотки электрических машин и способы их соединений. Основой фазной обмотки машин переменного тока служит катушка,

т. е. комплект проводов, которому придают форму, удобную для укладки в пазы сердечника, отстоящие друг от друга на величину шага обмотки. Одна или несколько рядом лежащих катушек, принадлежащих одной фазе и расположенных под одним полюсом, образуют *катушечную группу*. Катушечную группу в мягких обмотках наматывают целиком одним или несколькими параллельными непрерывными проводами, а в некоторых случаях наматывают целиком фазу обмотки. Варианты соединения обмоток при фазных исполнениях выводов показаны на рис. 20.12.

Ремонт статорных обмоток электрических машин. Для записи обмоточных данных при перемотке используют приведенную ниже форму обмоточной карточки.

Ф о р м а 2

Обмоточная карточка

1. Тип электродвигателя . . . . . .
2. Заводской номер . . . . . .
3. Дата изготовления . . . . . .
4. Мощность, кВт . . . . . .
5. Напряжение, В . . . . . .
6. Ток, А . . . . . .
7. Число фаз . . . . . .
8. Частота вращения, об/мин . . . . . .
9. Частота, Гц . . . . . .
10. Соединение фаз . . . . . .
11. Длина пакета статора, мм . . . . . .
12. Диаметр расточки статора, мм . . . . . .
13. Число пазов статора . . . . . .
14. Род обмотки (двухслойная, однослойная концентрическая, цепная, однослойная концентрическая внавал и т. д.) . . . . . .
15. Схема обмотки . . . . . .
16. Форма лобовых частей (для двухплоскостных и трехплоскостных однослойных обмоток) . . . . . .
17. Вылет лобовых частей (расстояние от торца пакета до наиболее удаленной точки лобовых частей обмотки):
    со стороны схемы, мм . . . . . .
    с противоположной стороны, мм . . . . . .
18. Число проводов в пазу:
    в верхнем слое . . . . . .
    в нижнем слое . . . . . .
    общее . . . . . .
19. Число параллельных проводов . . . . . .
20. Обмоточный провод:
    марка . . . . . .
    диаметр, мм . . . . . .
21. Шаг обмотки (для концентрической обмотки указать шаги всех катушек катушечной группы или полугруппы) . . . . . .
22. Число параллельных ветвей . . . . . .
23. Средняя длина витка, мм . . . . . .
24. Эскиз паза с размерами, изоляцией и расположением проводов . . . . . .

25. Размеры, форма и материал пазовых клиньев . . . . . .
Обмотчик: . . . . . .
Подпись: . . . . . .
Дата . . . . . .

Технологический процесс изготовления статорной обмотки для ремонтируемой асинхронной машины состоит из основных этапов, приведенных в табл. 73. Приспособление для очистки пазов укладки катушек, кантователь, пайка изоляции соединений статорных обмоток показаны на рис. 20.13—20.16.

Ремонт роторных обмоток. Последовательность операций по ремонту обмоток роторов приведена в табл. 74.

Таблица 73. **Технологический процесс полной перемотки статора асинхронного электродвигателя**

Операция	Ремонтные работы	Оборудование, инструмент, приспособление
Демонтаж обмотки статора	Освобождают от крепления лобовые части катушек и соединительные провода после отжига статора; разрезают соединения между катушками и фазами; осаживают клинья вниз и выбивают их из пазов статора; удаляют обмотку из пазов; очищают пазы, продувают и протирают	Приспособления для монтажа статорных обмоток и очистки пазов
Заготовка изоляции и гильзовка пазов статора электродвигателя	Устанавливают статор на кантователь, замеряют длину и ширину паза; изготавливают шаблон, нарезают гильзы из прессшпана, пояски и другой изоляционный материал; устанавливают гильзы и укладывают пояски	Контователь статоров
Намотка катушек статора на намоточном станке	Распаковывают бухту, измеряют провода, устанавливают бухту на вертушку; закрепляют провода в поводке; определяют размер витка катушки. Устанавливают шаблон; наматывают катушечную группу, отрезают провод, перевязывают намотанную катушку в двух местах и снимают ее с шаблона	Микрометр. Универсальный шаблон. Намоточный станок
Укладка катушек в статор	Укладывают катушки в пазы статора. Устанавливают прокладки между катушками в пазах и лобовых частях. Уплотняют провода в пазах и оправляют лобовые части; закрепляют катушки в пазах клиньями, изолируют концы катушек лакотканью и киперной лентой	Инструмент обмотчика. Баночка для клея
Сборка схемы обмотки статора	Зачищают концы катушек и соединяют их по схеме; сваривают электросваркой (паяют) места соединений, заготавливают и присоединяют выводные концы; изолируют места соединений; бандажируют схему соединения и выправляют лобовые вылеты; проверяют правильность соединений и изоляцию	Напильник, нож, плоскогубцы, молоток. Электродуговой паяльник, мегаомметр, контрольная лампа

Операция	Ремонтные работы	Оборудование, инструмент, приспособление
Сушка и пропитка обмотки статора (ротора, якоря) лаком	Загружают статор (ротор, якорь) в сушильную камеру при помощи подъемного механизма; выгружают из камеры после просушки обмотки; пропитывают обмотку статора в ванне, дают стечь после пропитки, снова загружают в камеру; сушат; вынимают из камеры и удаляют подтеки лака с активной части магнитопровода растворителем	Сушильная камера
Покрытие лобовых частей обмотки электроэмалью	Покрывают лобовые части обмотки статора (ротора, якоря) электроэмалью	Кисть или пульверизатор

Таблица 74. **Технологическая последовательность операций ремонта стержневого (шинного) ротора**

Операция	Ремонтные работы	Оборудование, инструмент, приспособление
Демонтаж схемы обмотки стержневого ротора	Устанавливают ротор на козлы, очищают от пыли и грязи, при помощи газовой горелки распаивают бандажи и снимают их, распаивают схему и вынимают выводные концы	Приспособление для транспортировки
Выемка стержней из пазов	Вынимают стержни из пазов ротора с помощью приспособления, очищают пазы и обмоткодержатели от старой изоляции	Приспособление для демонтажа
Очистка и рихтовка шин	Очищают шины от старой изоляции, выправляют, зачищают и облуживают концы шин	Напильник
Изолирование шин	Наносят изоляцию на шины	Кисть
Заготовка изоляции и установка гильз	Изготавливают прокладки (в пазы ротора и дистанционные), изоляцию на обмоткодержатель, подбандажную и для слоев шин. Накладывают изоляцию на обмоткодержатель, устанавливают прокладки в пазы и расправляют их с помощью оправки	Ножницы, инструмент обмотчика
Укладка обмотки	Укладывают нижний слой шин в пазы ротора, устанавливают дистанционные прокладки, изолируют лобовые части, укладывают верхний слой в пазы, обжимают лобовые части стяжными кольцами, устанавливают дистанционные прокладки и заклинивают пазы	Шаблон для контроля
Сборка схемы	Протягивают выводные концы в вал ротора, надевают петушки и устанавливают перемычки по схеме. Расклинивают петушки медными клиньями, собирают и заваривают электросваркой (пайкой) схему	Напильник. Электропаяльник Гребешок для выбивки клиньев, специальный нож

Операция	Ремонтные работы	Оборудование, инструмент, приспособление
Наложение бандажа на ротор (якорь) электродвигателя	Подготавливают проволоку для наложения бандажа; заготавливают и устанавливают изоляцию под бандаж, устанавливают бандаж из проволоки, закрепляют с помощью электросварки (или пайки)	Плоскогубцы комбинированные. Ящик для припоя
Балансировка ротора (якоря) на балансировочном станке	Устанавливают и закрепляют на конце вала ротора (якоря) соединительную полумуфту; определяют необходимое расстояние между опорами и устанавливают ротор на опоры станка. Соединяют балансируемый ротор с ведущим поводком станка с помощью муфты сцепления, закрепляют полумуфту болтами; регулируют положение ротора на станке; балансируют и снимают ротор (якорь)	Балансировочный станок

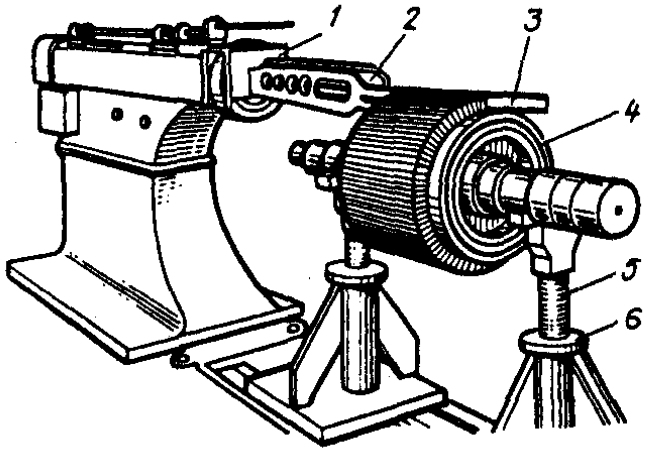


Рис. 20.13. Приспособление для очистки пазов:

1 — держатель; *2* — справка; *3* — дорн; *4* — ротор; *5* — винт; *6* — стойка

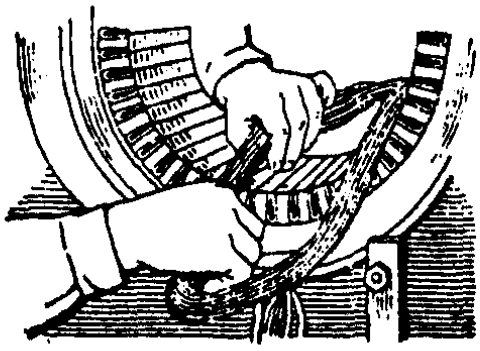


Рис. 20.14. Укладка в пазы катушек всыпной обмотки

Ремонт обмоток якорей. Часто у поступившего в ремонт якоря бывает трудно найти место замыкания обмотки на корпус. Для выявления замыкания надо покачивать обмотку в местах выхода ее из пазов.

Целостность обмотки якоря можно проверять методом падения напряжения, позволяющим обнаружить междувитковые замыкания, обрыв, некачественные пайки, неправильное соединение обмоток с коллектором. Этот метод позволяет находить катушку, соединенную с корпусом якоря. Для этого один щуп от источника питания присоединяют к валу или пакету, а вторым поочередно касаются коллекторных пластин (рис. 20.17). Минимальное показание милливольметра будет при соприкосновении щупа с пласти-

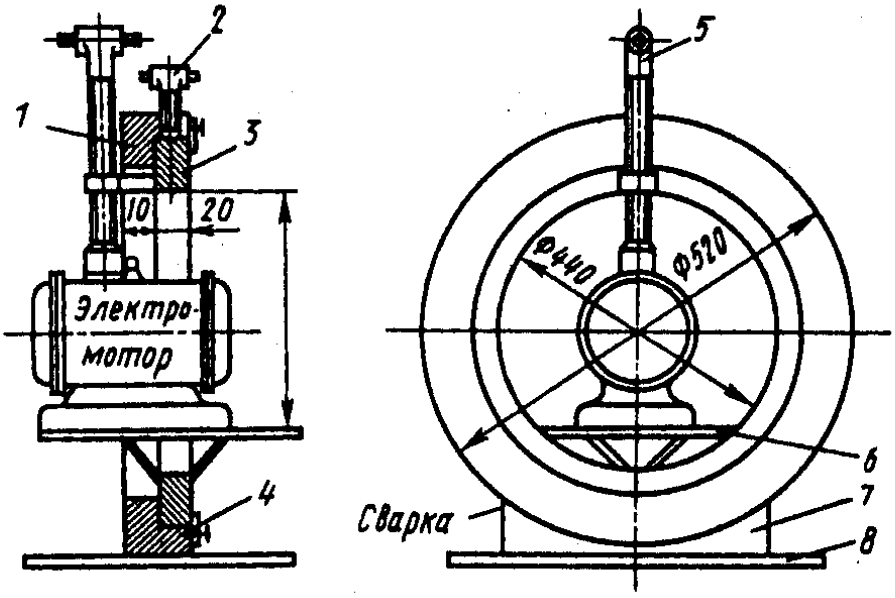


Рис. 20.15. Кантователь статоров электродвигателей:

1 — кольцо неподвижное; *2* — винт стопорный; *3* — кольцо подвижное; *4* — винт для поджатия статора к столу; *5* — площадка; *5* — косынка; *7* — стол; *8* — пластины, удерживающие кольцо от выпадания

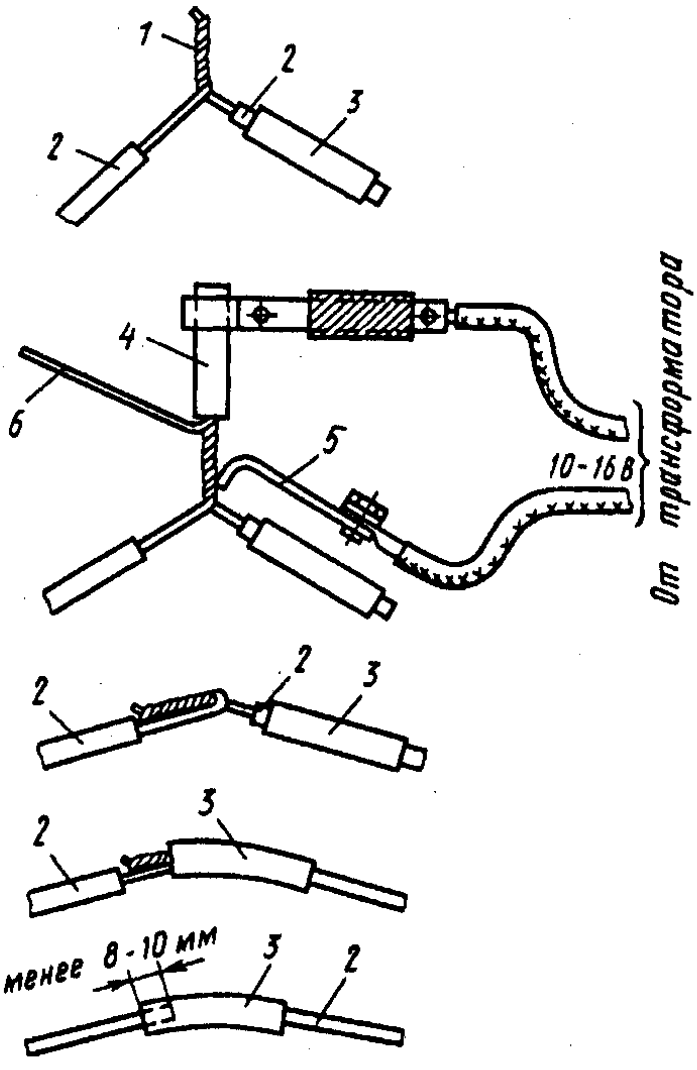


Рис. 20.16. Технологическая последовательность операций пайки и изоляции трубками межгрупповых соединений статорной обмотки из круглого провода:

1 — скрутка; *2* — трубки для изоляции концов катушечных групп; *3* — трубки для изоляции мест пайки; *4* — электрод угольный; *5* — электродомедный; *6* — палочка медно-фосфористого припоя

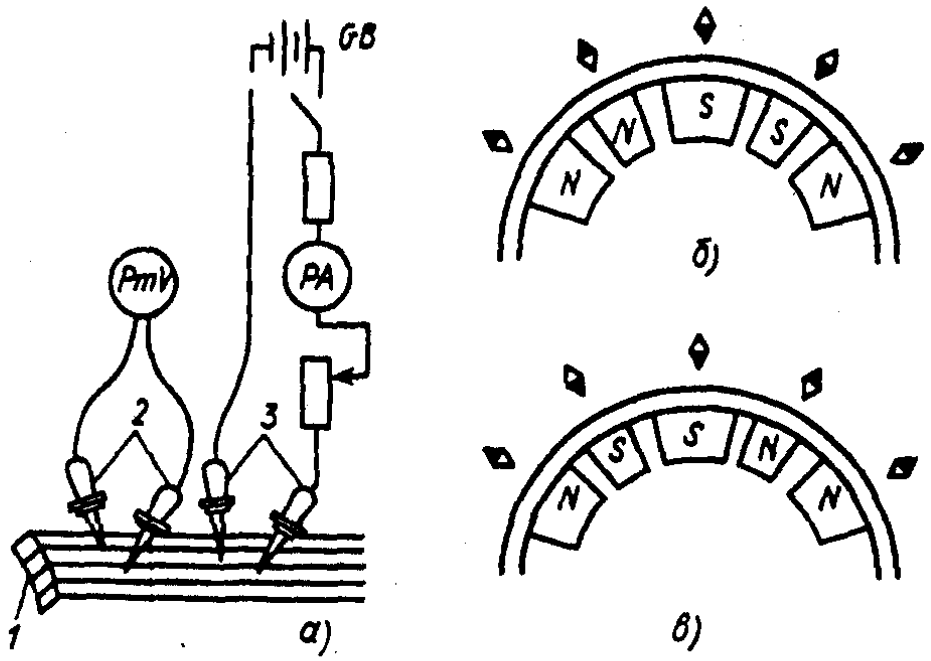


Рис. 20.17. Схемы проверки электрических машин постоянного тока:

а — качества паек в «петушках» и определения повреждений в обмотках; *б, в* — правильности чередования полюсов в двигателях и генераторах

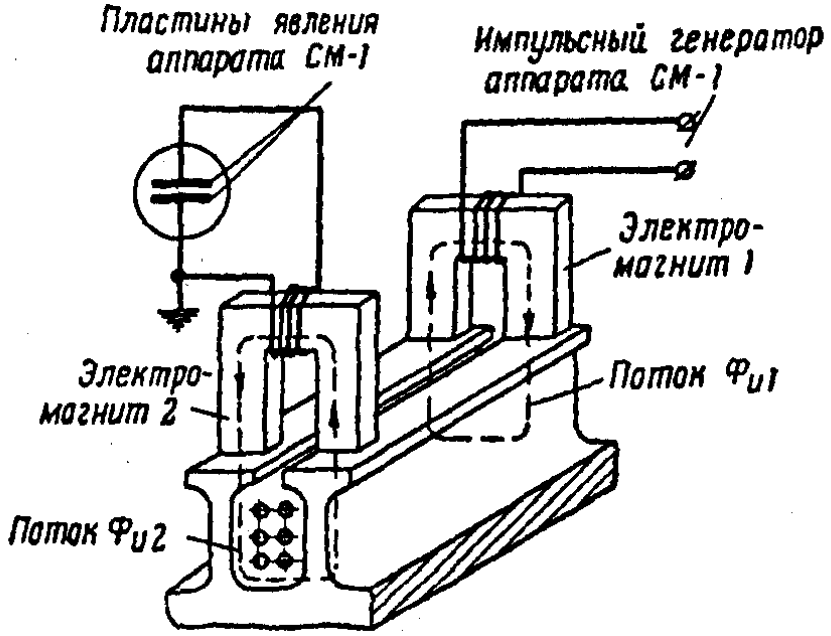


Рис. 20.18. Схема нахождения паза с короткозамкнутыми витками:

$Ф_{и1}$ — магнитный поток, создаваемый током импульсного генератора; $Ф_{и2}$ — магнитный поток от тока, протекающего по короткозамкнутым виткам

нами, к которым присоединена катушка, замкнутая на корпус. Для этих же целей можно использовать трансформаторный метод (рис. 20.18). Последовательность операций по ремонту обмоток якорей приведена в табл. 75.

Ремонт полюсных катушек. Последовательность операций по перемотке обмоток полюсных катушек приведена в табл. 76.

Таблица 75. **Технологический процесс ремонта якоря**

Операция	Ремонтные работы	Оборудование, инструмент, приспособление
Осоединение обмотки от коллектора	Изготавливают и устанавливают клинья между петушками, распаивают петушки, поднимают концы обмотки, зачищают от излишка олова	Электродуговой паяльник
Демонтаж старой обмотки	Снимают бандажи, осаживают клинья и выбивают их из пазов; удаляют обмотку и очищают пазы якоря; замеряют и изготавливают изоляцию, укладывают ее в пазы якоря	Инструмент обмотчика
Изготовление новой обмотки	Наматывают секции обмотки якоря на станке, укладывают в пазы, изолируют лобовые части обмотки, изготавливают клинья и устанавливают их в пазы	Намоточный шаблон
Пропитка обмотки Бандажирование	Пропитывают обмотку якоря лаком в ванне, просушивают в сушильной камере (до и после пропитки); проверяют изоляцию обмотки на корпус, заготавливают и укладывают изоляцию под бандажи; накладывают шнуровые и проволочные бандажи и запаивают последние	Сушильная камера. Ручные ножницы, комбинированные кусачки
Присоединение обмотки якоря к коллектору	Выправляют петушки коллектора, лудят петушки и концы обмотки, разбирают концы согласно схеме и присоединяют их к петушкам, расклинивают петушки, пропаивают и зачищают	Асбестовые полосы толщиной 0,3 мм

Перемотка на другое напряжение и другую скорость вращения обмоток статоров асинхронных двигателей. При пересчете обмоток на другое напряжение число эффективных проводников в пазу изменяют прямо пропорционально фазному напряжению.

Таблица 76. **Технологический процесс перемотки обмотки полюсных катушек**

Операция	Проводимые работы	Оборудование, инструмент, приспособление
Снятие полюсов с катушками	Снимают изоляцию, распаивают соединения между катушками, отсоединяют выводы обмоток от клеммной панели и маркируют полюса; открепляют и снимают полюса с катушками; снимают катушки и изоляционные прокладки с сердечника	Электропаяльник, плоскогубцы
Перемотка обмотки полюсных катушек	Снимают изоляцию с катушки, разматывают катушку, наматывают новую катушку на станке; пропитывают катушку лаком в ванне, просушивают в сушильной камере, покрывают наружную поверхность эмалью вручную	Намоточный шаблон, сушильная камера, пульверизатор, баночка для лака

Операция	Проводимые работы	Оборудование, инструмент, приспособление
Установка полюсов с катушками	Очищают выводные концы катушек от лака, устанавливают изоляционные прокладки и катушки на сердечник. Устанавливают прокладки и полюса в станину и закрепляют; выверяют диаметральные расстояния между полюсами, запаивают и изолируют соединения между катушками. Выводят концы на клеммную панель и проверяют полярность катушек полюсов	Масштабная линейка, баночка для клея, мегаомметр

Если при перемотке изменяется число параллельных ветвей обмотки, нужно полученное число эффективных проводников умножить на отношение нового числа параллельных ветвей к старому числу. Если старая обмотка имела три параллельные ветви, а новая будет выполнена с двумя, то множитель будет равен 2/3, если старая имела 2 ветви, а новая выполняется с тремя, то множитель 3/2.

Число эффективных проводников в пазу возрастает при увеличении фазного напряжения и числа параллельных ветвей и уменьшается при уменьшении напряжения и числа ветвей.

Для удобства пересчета при стандартных фазных напряжениях 220, 380, 500, 660 В используют рис. 20.19, *а*. Число проводников по нему определяют так: на горизонтальной линии старого напряжения находят старое число проводников и от найденной точки проводят вертикальную линию до пересечения с линией нового напряжения. Точка пересечения дает новое число проводников.

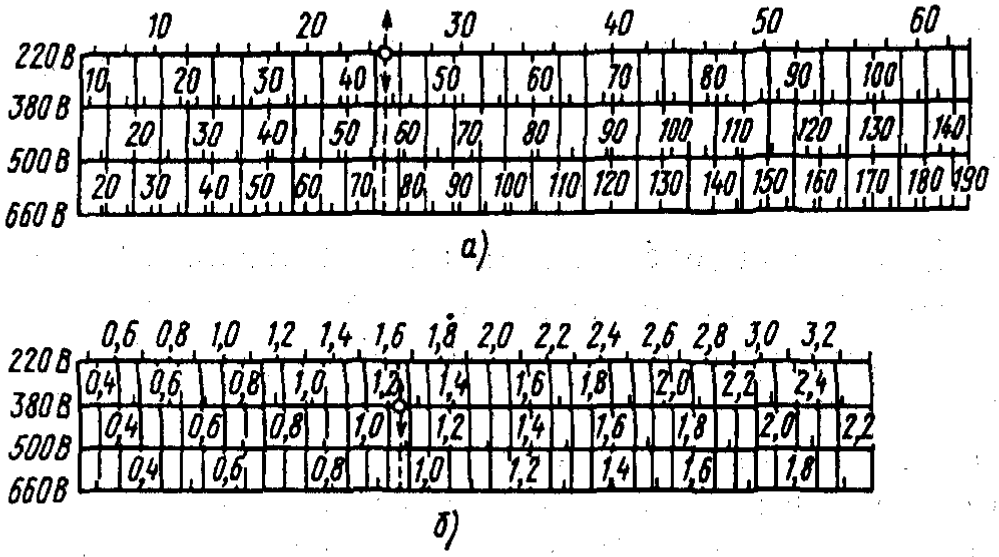


Рис. 20.19. Определение числа проводников в пазу при перемотке на другое напряжение (число параллельных проводников и ветвей не изменяется)

П р и м е р. При фазном напряжении 220 В число проводников в пазу равно 25. Определить, сколько должно быть проводников при фазных напряжениях 380, 500 и 660 В.

На горизонтали 220 В находим точку 25, проводим от нее вниз вертикальную линию и находим число проводников в пазу при других напряжениях: 43 — при 380 В; 57 — при 500 В и 75 — при 660 В.

При изменении числа параллельных ветвей полученное число эффективных проводников в пазу надо умножить на отношение нового числа параллельных ветвей к старому. Так, если старое число ветвей равно 3, а новое число ветвей 2, результат, полученный на рис. 20.19, следует умножить на 2/3. Число эффективных проводников в пазу статора изменяют прямо пропорционально напряжению, а сечение провода — обратно пропорционально.

Новый диаметр провода по меди при сохранении числа параллельных ветвей и параллельных проводников находят как произведение старого диаметра на корень квадратный из отношения старого напряжения к новому. Для удобства перерасчета диаметра приведен рис. 20.19, *б*.

Бандажирование обмоток. Для удержания обмоток якорей и роторов, подвергающихся действию центробежных сил при вращении, применяют проволочные бандажи. Бандажи накатывают из стальной луженой проволоки специальных сортов, имеющей гарантированную прочность на разрыв (табл. 77). Запас прочности бандажа 4—5.

Т а б л и ц а 77. **Проволока для намотки бандажей**

Диаметр, мм		Натяжение, Н
якоря	проволоки	
100—200	0,80	300—400
201—400	1,0	500—600
401—600	1,2	650—800

Технологические процессы пропитки, сушки и лакировки обмоток. Пропитку обмоток производят в специальном котле, заполненном лаком, в котором создают и поддерживают давление до 0,8 МПа в течение 5 мин, затем давление снижают до нормального и снова поднимают на 5 мин; эту операцию повторяют до 5 раз. По окончании пропитки лак уделяют, а обмотки выдерживают до тех пор в котле, пока не стекут все излишки лака. Сведения о пропиточных лаках и рекомендуемых количествах пропиток приведены в табл. 78.

Сушку обмоток после пропитки лаками разделяют на два этапа. На первом этапе (при 60—80°С) удаляют растворитель. На втором этапе происходит затвердевание лаковой основы при температуре 120—130°С в зависимости от лака и класса нагревостойкости изоляции.

Таблица 78. **Пропиточные лаки и число пропиток**

Вид обмотки	Рекомендуемый лак	Число пропиток
Обмотки всыпные статоров, якорей и роторов (пропитка в узле; провода ПБД, ПЭЛБО, ПЭЛШО):		
нормальное исполнение	БТ-988	2
	321Т	2
влагостойкое исполнение	БТ-987	3—5
	321Т	3—5
Обмотки шаблонные якорей, статоров и роторов (пропитка витковой изоляции):		
нормальное и влагостойкое исполнение (провод ПБД)	БТ-988	1
Пропитка корпусной изоляции шаблонных обмоток:		
нормальное исполнение (провода ПБД, ПЭВП)	БТ-988	1
влагостойкое исполнение (провод ПСД)	БТ-987	1
Пропитка обмотанных статоров с шаблонной обмоткой:		
нормальное исполнение (провода ПБД, ПЭВП)	БТ-988	1
влагостойкое исполнение (провода ПБД, ПЭВП)	БТ-987	2
Пропитка обмотанных роторов со стержневой обмоткой:		
нормальное исполнение	321Т	1
влагостойкое исполнение	321Т	2
Пропитка шунтовых катушек машин постоянного тока:		
нормальное исполнение (провода ПБД, ПЭЛБО, ПЭВ-2)	БТ-987	2
	321Т	2
влагостойкое исполнение (провода ПБД, ПЭЛБО, ПЭВ-2)	БТ-987	3
	321Т	2—3

Примечания: 1. Способ пропитки для шунтовых катушек под вакуумом и давлением, для остальных — горячее погружение.

2. Класс изоляции для нормального и влагостойкого исполнения — А

После сушки обмотки выгружают из печи и оставляют на воздухе для охлаждения. Если обмотки подвергают повторной пропитке, то их охлаждают на воздухе до 60—70°С и затем снова погружают в лак.

Лакировку обмоток производят непосредственно за сушкой пропитанных обмоток после их укладки в пазы. Рекомендуемая температура обмотки при лакировке 50—60°С. Толщина пленки лака или эмали не более 0,05—0,1 мм. После нанесения покровного лака или эмали обмотки подсушивают на воздухе или в печах в зависимости от применяемого лака или эмали.

Таблица 79. **Режимы лакировки и сушки обмоток**

Обмотки	Способ лакировки	Тип покровного лака или эмали	Температура сушки, °С	Время сушки, ч
Статоров машин переменного тока нормального исполнения	Пульверизация	БИ-99, ГФ-92ХС, ГФ-92ХК	15—25	6—24
Якорей и роторов нормального исполненя	»	БТ-99, ГФ-92ГС	20; 80—110	4 и более
Статоров машин переменного тока с влагостойкой изоляцией	Погружение	БТ-99, ГФ-92ХС	20	6—24
	Пульверизация	ГФ-92ГС	110—120	3—10
Якорей и роторов с влагостойкой изоляцией	Погружение	460, БТ-99	120—140	8 и более
	Пульверизация	ГФ-92ГС	110—120	4—12
Статоров машин переменного тока изоляцией класса Н	Погружение	ПКЭ-15, ПРКЭ-13	120—180	8—12
	Пульверизация	ПКЭ-19 или ПКЭ-14	—	—

Обмотки, покрытые лаком или эмалью воздушной сушки, охлаждают на воздухе до исчезновения липкости (обычно 12—18 ч). Для сокращения времени лаковое покрытие можно сушить в печи при 70—80°С в течение 3—4 ч. Покровные лаки и эмали печной сушки сушат при 100—180°С в зависимости от вида эмали и класса нагревостойкости изоляции (табл. 79).

§ 85. РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ РУ И УСТАНОВОК НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1000 В

Технологические операции по ремонту основных аппаратов РУ и установок напряжением выше 1000 В приведены в следующих таблицах: разъединителей — табл. 80, выключателей нагрузки — табл. 81, масляных выключателей — табл. 82.

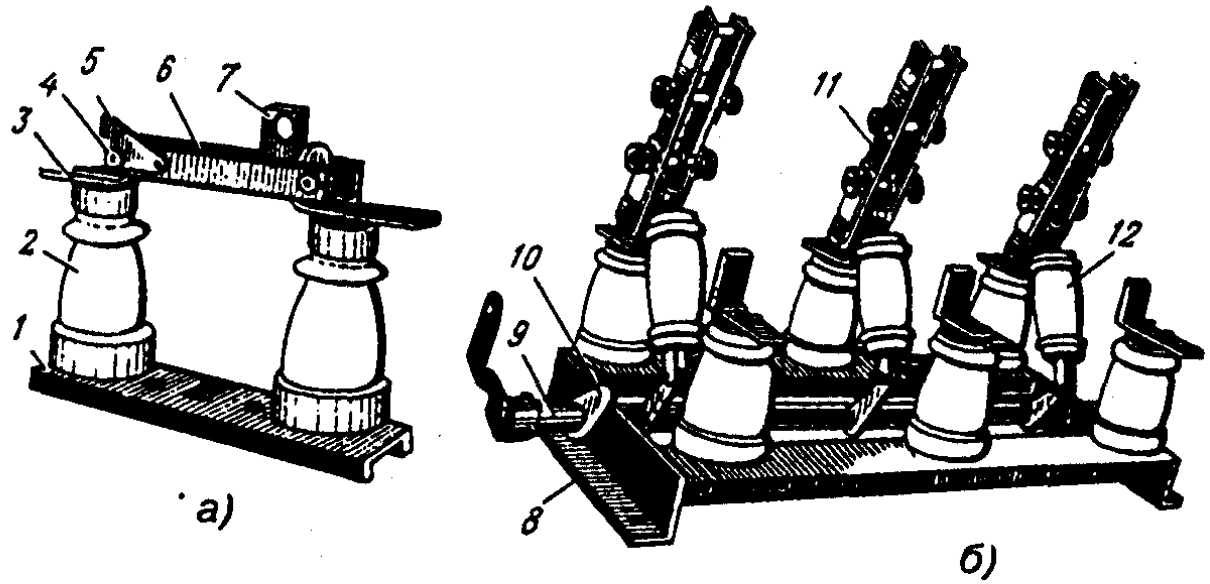


Рис. 20.20. Высоковольтные разъединители для внутренней установки:

а — однополюсный типа РВО на 6 кВ; *б* — трехполюсный типа РВТ на 10 кВ; *1* — цоколь; *2* — опорный изолятор; *3* — неподвижный контакт; *4* — ось скобы упора; *5* — скоба; *6* — подвижный контактный нож; *7* — ушко для управления разъединителем; *8* — рама; *9* — вал; *10* — упор; *11* — нож разъединителя с контактными пружинами и электромагнитным замком; *12* — тяга

Таблица 80. **Ремонт разъединителей (рис. 20.20)**

Операция	Ремонтные работы	Показатели
Осмотр разъединителей и замена дефектных деталей	Очистка изоляторов, контактов и ножей от грязи, копоти, подгаров. Расслоившиеся детали из бакелита заменяют новыми. При незначительных повреждениях их покрывают бакелитовым лаком 2 раза и сушат 3 ч	Температура сушки 60°С
Частичный ремонт армированных деталей	Удаляют старую армировку с поврежденной части и заливают новый цементирующий слой	Разрушение армировки не должно превышать 1/3 окружности фланца
Полное переармирование	Армируют заново изоляторы	Разрушен армирующий пояс больше 1/3 окружности фланца или колпака
Регулирование разъединителя	Давление в контактах разъединителя считают нормальным, если вытягивающее усилие для каждого полюса не ниже следующих данных: Сила тока разъединителя, А. . . . . 600 1000 2000 Вытягивающее усилие, Н 200 400 800	Регулирование проверяют путем 10-кратного включения и отключения разъединителя

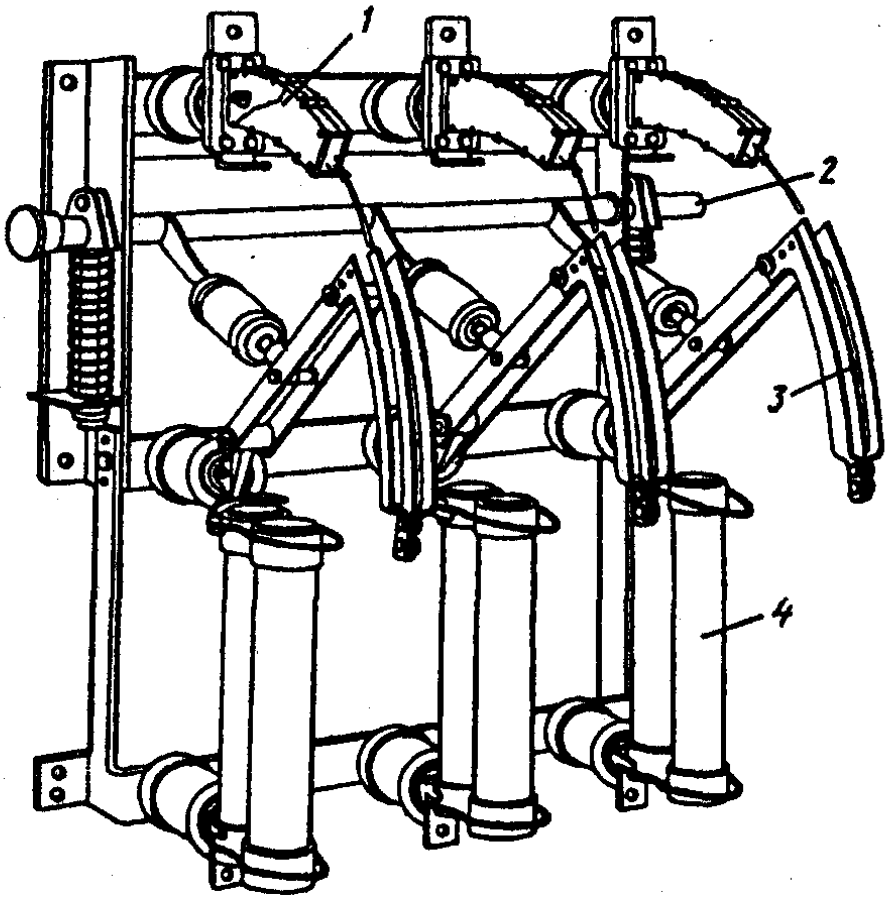


Рис. 20.21. Выключатель нагрузки на напряжение 6 и 10 кВ:

1 — дугогасительная камера; *2* — вал; *3* — подвижный контакт; *4* — предохранитель

Таблица 81. **Ремонт выключателей нагрузки (рис. 20.21)**

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Осмотр выключателей и замена дефектных деталей	Очищают контактные поверхности от следов оплавления, грязи и копоти. Отвертывают винты, крепящие щеки дугогасильного устройства, осматривают и при необходимости заменяют вкладыши	Если стенки вкладышей выгорели, их заменяют новыми
Проверка пружин и буферных устройств	Дефектные и ослабленные пружины заменяют новыми. Износившиеся резиновые шайбы буфера заменяют новыми	Пружины применяют только заводского изготовления, а шайбы делают из листовой резины толщиной 4—6 мм
Смазка и регулирование выключателя	Трущиеся поверхности очищают от старой смазки и наносят свежую смазку. При регулировании добиваются одновременного входа и выхода ножей в неподвижные контакты	Смазку применяют с учетом температуры окружающей среды. Величина вытягивающего усилия как и у разъединителей

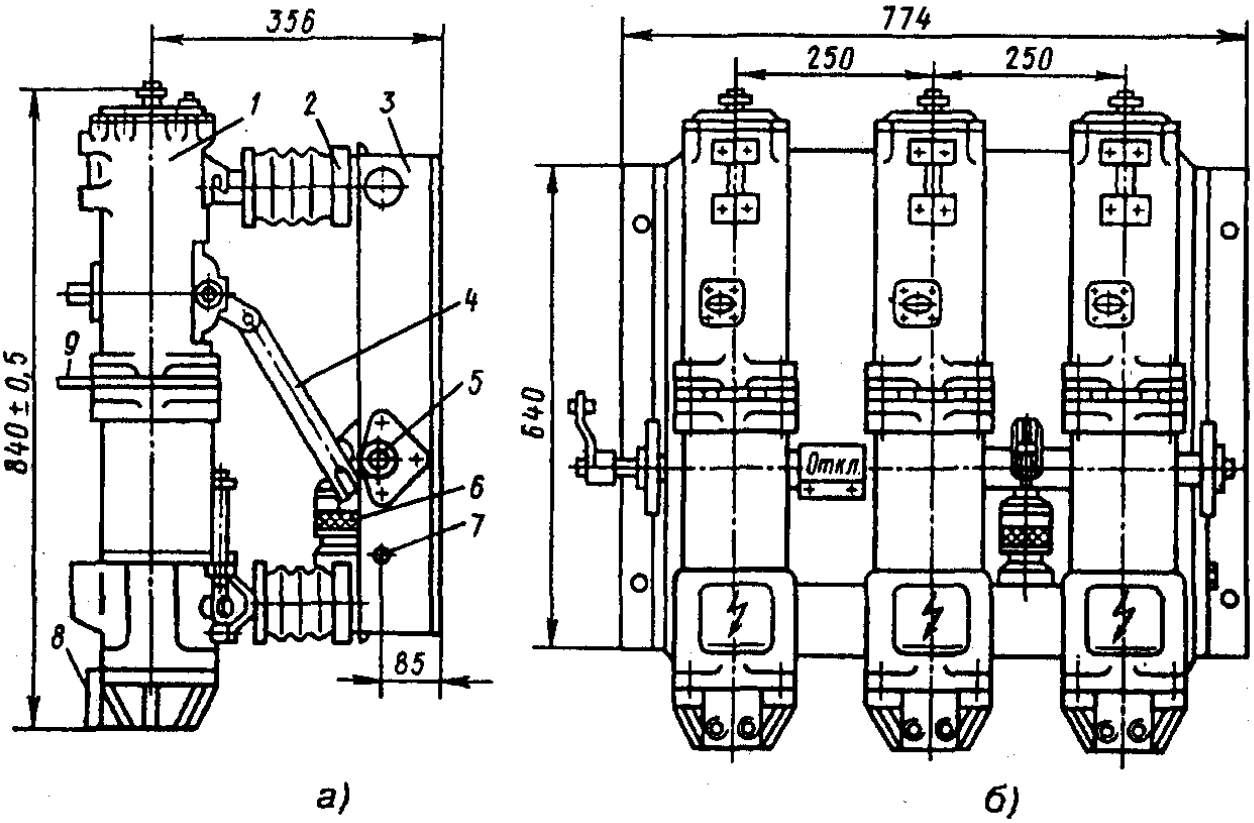


Рис. 20.22. Выключатель ВМП-10:

а — общий вид; *б* — разрез одного полюса; *1* — корпус выключателя; *2* — изолятор; *3* — рама; *4* — изоляционная тяга приводного механизма; *5* — вал; *6* — масляный буфер; *7* — болт для заземления; *8* — нижний контактный вывод; *9* — верхний контактный вывод

Таблица 82. **Ремонт масляных выключателей ВМГ-133 и ВМП-10 (рис. 20.22)**

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Осмотр, очистка, разборка выключателя	Очищают детали выключателя от грязи, сливают масло из цилиндров. Отсоединяют от полюсов изоляционные тяги и, сняв полюса, открывают нижние крышки с неподвижными контактами. Вынимают распорные бакелитовые цилиндры и дугогасительные камеры	Маслоотделители из цилиндров вынимают, предварительно сняв верхние крышки
Ремонт контактной системы	Очищают слегка обгоревшие контакты	Наждачной шкуркой
	Опиливают контакты с наплывами, сильно обгоревшие заменяют новыми	Напильником личным
	Наконечники подвижных контактов при необходимости заменяют новыми	Наконечники навертывают до отказа на контактный стержень и накернивают по окружности
Ремонт буферного устройства	Буфер очищают от грязи, заливают чистым транформаторным маслом и проверяют плавность хода	Шток и поршень масляного буфера при перемещении от руки должны двигаться плавно, без заеданий

Продолжение табл. 82

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Регулировка выключателя ВМП-10 (включение и отключение производят только вручную)	Ввертывают до упора в резьбовое отверстие на торце каждого подвижного контакта полюса стержень диаметром 6 мм длиной 400 мм. Добиваются, чтобы полный ход подвижных контактов составлял 245 ± 5 мм; ход в контактах 60 ± 4 мм для выключателей до 1000 А и 54 ± 4 мм для выключателей 1500 А	Угол поворота вала 87 ± 2°, недоход механизма до крайнего положения не менее 4 мм

Ремонт приводов масляных выключателей (рис. 20.23). Проверяют правильность взаимодействия деталей механизма и наличие требуемых зазоров, отсутствие заеданий между отдельными движущимися деталями механизма привода. Неправильную работу частей механизма устраняют путем чистки, смазки, регулирования. При ремонте привода нельзя подпиливать или подшабривать рабочие поверхности деталей его механизма.

Отремонтированный привод после сборки проверяют путем нескольких включений и отключений вручную: привод должен работать четко, плавно и без заеданий. Повторно проверяют качество ремонта и правильность сборки привода на месте установки после соединения его с выключателем.

Последней операцией является регулирование привода совместно с выключателем и проверка его работы от действия устройств релейной защиты и автоматики (табл. 83).

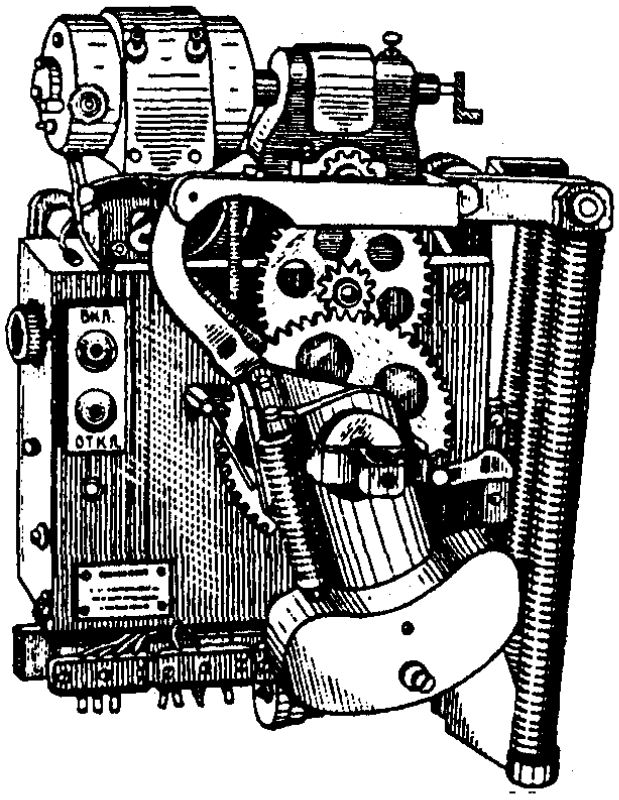


Рис. 20.23. Общий вид привода типа ПП-67

Таблица 83. **Ремонт встроенных реле прямого действия всех типов и конструкций**

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Проверка состояния и ремонт подпятников, осей, пружин, контактов, обмоток, изоляции	Вывертывают и осматривают подпятники, промывают спиртом, дефектные заменяют новыми, осматривают подвижные оси; подогнутые выправляют, риски убирают полировкой	Пользуются лупой 5—6-кратного увеличения
	Регулируют продольный люфт оси, изменяя положение подпятника. Неисправные пружины заменяют новыми. Контакты очищают и промывают спиртом, износившиеся заменяют; при необходимости регулируют	Витки пружины должны быть на одинаковом расстоянии друг от друга
	Обмотки реле не должны иметь следов копоти, вмятин или других повреждений, должны быть хорошо закреплены на магнитопроводе. Нарушенную изоляцию восстанавливают	Зазоры между подвижными частями реле и полюсами магнитной системы должны соответствовать заводским данным
Контроль регулировки реле	Отремонтированное и отрегулированное реле проверяют путем повторных включений и отключений. Смазывать реле, электромагниты, оси, ролики, отключающие планки стойки, запрещается	Число цикло 15—20. При регулировке лучше пользоваться специальным инструментом

Ремонт высоковольтных предохранителей (рис. 20.24). Плавкие вставки делают из меди, свинца, сплава свинца с оловом, железа.

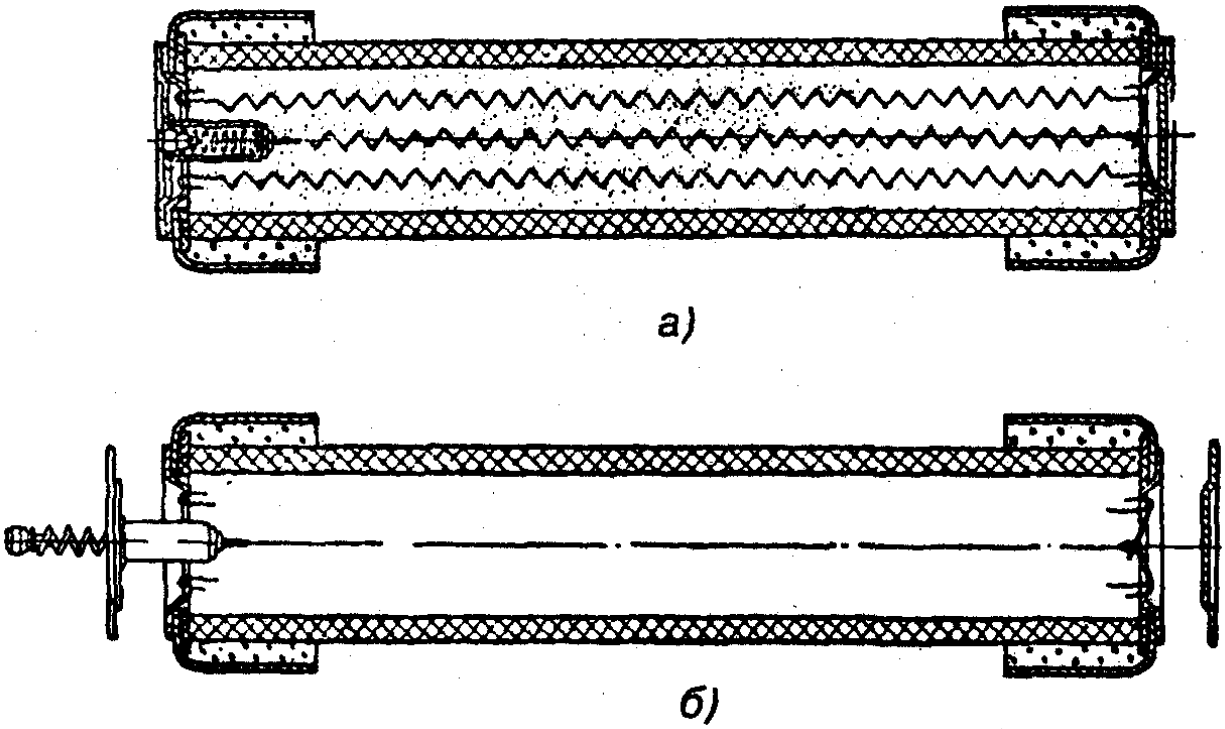


Рис. 20.24. Патрон предохранителя со спиральными плавкими вставками (без сердечника) на 6—10 кВ:

а — в собранном виде; *б* — при перезарядке

Наибольшее распространение в электрических сетях до 35 кВ имеют трубчатые предохранители типа ПК и ПКТ. Перегоревшие плавкие вставки заменяют новыми. Проволоку для замены плавкой вставки необходимо выбирать в строгом соответствии с требованиями защиты отдельных участков электрической сети.

Значения силы тока, при которой плавится проволока из различных металлов, приведены в табл. 84. Эти данные не являются стабильными и зависят не только от диаметра и материала, но и от длины, температуры окружающего воздуха, состояния контактов и т. д.

Таблица 84. **Сила тока, вызывающая плавление проволоки**

Сила тока, А	Диаметр проволоки, мм, для металлов			Сила тока, А	Диаметр проволоки, мм, для металлов		
	Медь	Свинец	Железо		Медь	Свинец	Железо
1	0,05	0,21	0,12	60	0,83	3,14	0,81
2	0,09	0,33	0,19	70	0,92	3,48	2,01
3	0,11	0,43	0,25	80	1,01	3,82	2,20
4	0,14	0,52	0,31	90	1,08	4,12	2,38
5	0,16	0,60	0,42	100	1,16	4,42	2,55
10	0,25	0,95	0,55	120	1,31	5,01	2,88
15	0,33	1,25	0,72	140	1,45	5,53	3,19
25	0,46	1,75	1,01	160	1,59	6,05	3,49
35	0,57	2,21	1,28	180	1,72	6,54	3,77
50	0,73	2,78	1,61	250	2,15	8,15	4,71

При установке отремонтированных предохранителей необходимо проверять целость плавкой вставки и полноту засыпки наполнителем (кварцевым песком). Патроны предохранителей должны входить в губки без больших усилий и не иметь перекосов. Указатели срабатывания патронов должны быть обращены вниз.

Ремонт трансформаторов тока (рис. 20.25). Трансформаторы тока различают по роду установки, способу установки, выполнению первичной обмотки. Ремонт трансформаторов заключается в следующем:

при наличии заусенцев на краях листов или оплавлений их следует зачистить напильником;

при частичном или полном выходе из строя стали сердечника последний восстанавливают путем замены листов из однотипного, вышедшего из строя, трансформатора тока. Материал и размеры стали должны соответствовать заменяемой детали.

Ремонт трансформаторов напряжения. Небольшие механические повреждения поверхности бака масляных трансформаторов напряжения устраняют без выемки сердечника.

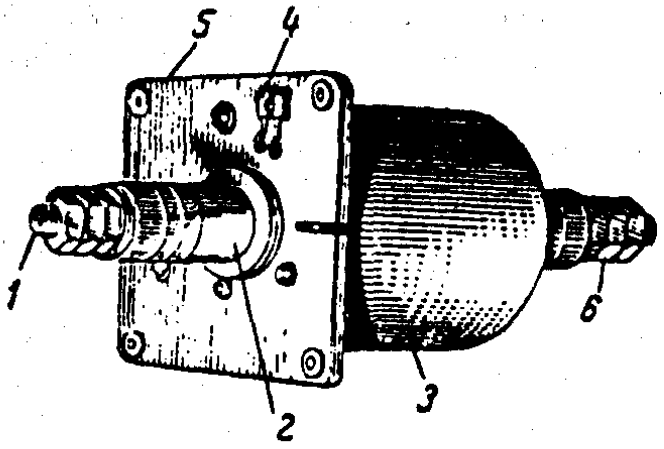


Рис. 20.25. Стержневой трансформатор тока типа ТПОФ, 10 кВ, 600 А:

1 — токоведущий стержень (первичная обмотка); *2* — фарфоровый изолятор; *3* — кожух, закрывающий сердечник с вторичной обмоткой; *4* — зажимы вторичной обмотки; *5* — фланец для крепления трансформатора тока; *6* — зажимы для присоединения шин

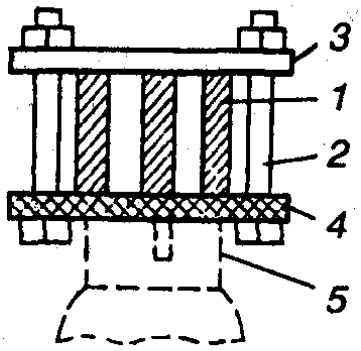


Рис. 20.26. Шинодержатель:

1 — шина; *2* — болт; *3, 4* — накладки; *5* — головка изолятора

При сложных повреждениях трансформатора (смещение сердечника, катушек, нарушение изоляции и др.) производят его разборку с выемкой сердечника. Сердечник извлекают только в сухом помещении; он может находиться вне масла (без последующей сушки) не более 12 ч.

Ремонт шинных устройств (рис. 20.26). Шинные устройства применяют во всех распределительных устройствах независимо от напряжения и типов (открытые или закрытые). Шины выполняют в виде полос прямоугольного сечения из меди, алюминия и стали. В РУ напряжением до 10 кВ применяют шины прямоугольного сечения с соотношением сторон 1 : 5 — 1 : 10.

Ремонт шин заключается в креплении или замене болтовых соединений шинодержателей. В табл. 85 приведены допустимые усилия затягивания болтов.

Таблица 85. **Допустимые усилия затягивания болтов для плоских шин**

Диаметр болта, мм	Площадь нормальной шайбы, мм^2	Усилие, кН, от руки на ключ при окружающей температуре, °С		
		5	10	15
10	280	0,05	0,07	0,08
12	450	0,07	0,09	0,09
14	500	0,09	0,11	0,15
16	650	0,13	0,16	0,18
18	870	0,17	0,20	0,22

Неровности и пленки окиси с контактных поверхностей удаляют напильником, не допуская общего уменьшения сечения шины более чем на 1,5 %.

Если вмятины или выемки уменьшают сечение шин более чем на 1,5 % для алюминия и 1 % для меди, но не более 10 % от их общего сечения, то дефектное место усиливают накладкой, которую соединяют болтами.

Крепление алюминиевых и медных шин на изоляторах производят различными способами в зависимости от количества шин каждой фазы, которое определяют по силе тока, протекающего в них. Для установок с большой силой тока применяют многополосные шины.

Шины вследствие нагрева протекающим током изменяют свою длину, поэтому при монтаже предусматривают компенсирующие устройства. У шин длиной до 25 м в местах их крепления делают отверстия овальной формы (при креплении к изоляторам). Под головки болтов устанавливают пружинные шайбы.

Данные для выбора пластин компенсаторов для однополосных шин при толщине пластин 0,5 мм приведены в табл. 86. При толщине пластин меньше 0,5 мм количество их должно быть соответственно увеличено.

Таблица 86. **Выбор пластин компенсаторов для шин**

Размер шины, мм		Компенсатор	
Ширина	Толщина	Число пластин	Длина одной пластины, м
40	4	10	0,5
50	5	12	
60	6	14	
80	8	18	0,6
100	10	20	
120	10	22	

Выбор числа компенсаторов в зависимости от длины шин и материалов приведен ниже.

Длина шины, м:			
алюминиевой	20—30	30—50	50—75
медной	30—50	50—80	80—100
стальной	30—60	60—85	85—115
Число компенсаторов	1	2	3

Шины после ремонта должны быть окрашены, кроме мест ответвлений и присоединений к аппаратам, которые после выпол-

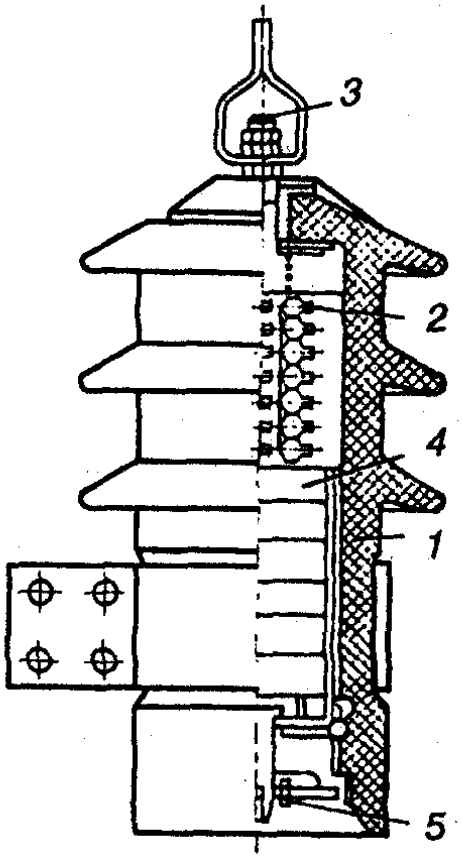


Рис. 20.27. Разрядник типа РВП-6:

1 — фарфоровый кожух; *2* — искровой промежуток; *3—5* — соответственно верхний и нижний заземляющие зажимы; *4* — вилитовые диски

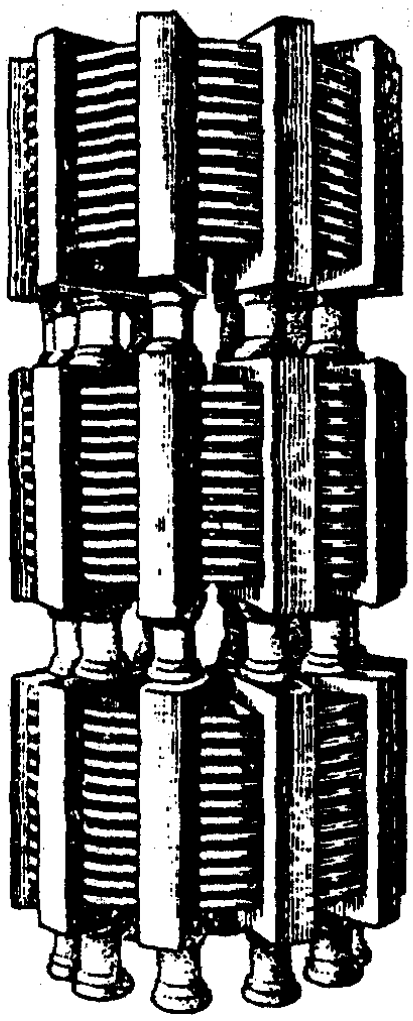


Рис. 20.28. Трехфазный бетонный реактор на 10 кВ с вертикальным расположением фаз

нения присоединений покрывают прозрачным глифталевым лаком. Согласно принятым обозначениям, фазы шин трехфазного переменного тока обозначают буквами А, В, С.

Ремонт разрядников. Вилитовый разрядник РВП (рис. 20.27). При ремонте проверяют целость крышки, плотность укладки внутренних деталей: они не должны перемещаться. Разрядник вскрывают только при неудовлетворительных результатах испытаний. При этом проверяют целость вилитовых дисков и искровых промежутков, исправность нажимной пружины. Дефектные детали заменяют новыми.

При сборке тщательно герметизируют крышку разрядника, защищая внутренние детали от атмосферных воздействий для сохранения стабильности его работы. Герметизацию осуществляют путем установки в нижней части разрядника двух диафрагм из озоностойкой резины.

Трубчатые разрядники. При ремонте проверяют состояние фибробакелитовой трубки, прочность крепления на ней стальных на-

конечников, правильность расположения внутри трубки электродов, исправность указателя срабатывания. Поврежденный лаковый покров трубки восстанавливают. Ослабленные наконечники обжимают на трубке. При необходимости регулируют внутренний искровой промежуток между электродами.

Проверяют исправность указателя срабатывания. Поврежденную латунную фольгу заменяют новой полоской толщиной 0,02 мм. Внутренний диаметр дугогасительного канала и длина внутреннего искрового промежутка разрядника не должны отличаться от паспортных данных более чем на 0,5 и 1 мм соответственно. После ремонта наконечники окрашивают черной эмалевой краской.

Ремонт реакторов (рис. 20.28). При осмотре бетонных реакторов проверяют величину сопротивления изоляции колонок и измеряют площадь поврежденных участков лакового покрова колонок. Если величина сопротивления изоляции снизилась по сравнению с заводскими данными более чем на 30 % или поверхность повреждений покрова превышает 25 % общей, реактор подвергают капитальному ремонту и сушке.

При ремонте устраняют деформацию витков обмотки, восстанавливают поврежденную изоляцию обмотки и бетонных колонок, поправляют разрушенные части колонок. Новый лаковый покров на колонки наносят, применяя натуральную олифу или один из следующих лаков: № 319, 441, 447, 460 или Л-1100.

При частичном разрушении колонки ее восстанавливают так: составляют бетон из равных по объему частей цемента марки 500, кварцевого песка и гравия, замешанных на чистой воде (50—60 % от массы цемента).

Опалубку для бетонирования изготавливают из гладко оструганных досок, снимают ее после окончания процесса «схватывания» через 20—40 ч в зависимости от температуры окружающей среды. Отвердевание бетона длится 25—30 дней, считая со дня начала бетонирования.

Сушку и запечку отремонтированного реактора производят спустя 25—30 суток в сушильной камере при 90—110°С. Процесс сушки длится 40—50 ч.

Ремонт заземляющих устройств. При ремонте электрооборудования машиностроительного предприятия одновременно ремонтируют заземляющую сеть. В заземляющих устройствах наиболее часто повреждаются сварные швы. Целость сварных швов проверяют ударами молотка по сварным стыкам. Обнаруженный дефектный участок вырубают и заваривают электродуговой, автогенной или термитной сваркой.

До начала ремонта заземляющего устройства проверяют сопротивление заземлителя растеканию тока. Если оно выше нормы, то принимают меры к его снижению способом соленой обработки

земли. Вокруг электродов заземлителя укладывают в радиусе 300 мм слои соли и земли толщиной 15 мм. Каждый слой поливают водой. Этим способом обрабатывают землю вокруг верхней части электрода заземлителя на 1/3 ее высоты. Недостаток способа в том, что он требует повторной обработки земли через каждые 3—4 года.

Ремонт статических конденсаторов. При осмотре или ремонте (капитальном или текущем) основного оборудования электроприемника, асинхронного электродвигателя, силового трансформатора и т. п., непосредственно к зажимам которого подсоединены конденсатор или группа конденсаторов, установленных в одном помещении с этим оборудованием, производят одновременно осмотр или ремонт (соответственно капитальный или текущий) этих конденсаторов.

Текущий ремонт конденсаторных установок напряжением до и выше 1000 В проводят не реже 1 раза в год с обязательным отключением установки.

При текущем ремонте конденсаторных установок выполняют:

а) проверку степени затяжки гаек в контактных соединениях;

б) проверку мегаомметром (омметром) целости плавких вставок и цепи разряда конденсаторов;

в) проверку внешним осмотром качества присоединения ответвления к заземляющему контуру;

г) очистку поверхности изоляторов. корпусов конденсаторов, аппаратуры и карказа от пыли других загрязнений;

д) измерения емкости каждого конденсатора (для конденсаторов напряжением выше 1000 В);

е) проверку мегаомметром на отсутствие замыкания между изолированными выводами и корпусом конденсаторов;

ж) подпайку мягким припоем мест со следами просачивания пропитывающей жидкости, включая места установки проходных изоляторов в крышках конденсаторов;

з) замену неисправных секций конденсаторных батарей или отдельных конденсаторов;

и) опробование устройств автоматического управления и регулирования, релейной защиты и действия приводов выключателей.

Измерения сопротивления изоляции между выводами и относительно корпуса конденсатора не нормируются и производятся мегаомметром на напряжение 2500 В. Измерение емкости отдельного элемента не должно отличаться от паспортных данных более чем на ± 10 %.

Погрешность измерительных приборов не должна превышать 2 %. Измерение емкости производят при температуре 15—35°С. Проверку срабатывания защиты конденсаторов производят непосредственным измерением тока однофазного короткого замыкания на корпус с помощью специальных приборов или измерением

полного сопротивления петли фаза — нуль с последующим определением тока однофазного короткого замыкания. Полученный ток сравнивают с номинальным током защитного аппарата.

§ 86. РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ РУ И УСТАНОВОК НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

Рубильники и переключатели (рис. 20.29). При ремонте рубильников и переключателей тщательно очищают контактные поверхности ножей и контактных губок от грязи, копоти и частиц оплавленного металла. При сильных оплавлениях ножей или губок их заменяют новыми.

Подтягивают все крепежные детали, шарнирные соединения, проверяют состояние пружин и пружинных скоб, ослабленные заменяют новыми. Добиваются, чтобы ножи входили в губки без ударов и перекосов, но с некоторым усилием. Контактная поверхность губки должна плотно прилегать к соответствующей поверхности ножа. Щуп толщиной 0,05 мм может входить в пространство между губкой и ножом на глубину не более 6 мм.

Регулируют глубину вхождения ножей в губки так, чтобы у рубильника с рычажным приводом ножи при полностью включенном положении не доходили до контактной площадки губки на 3 мм. В то же время вся контактная часть ножа должна войти в губки. Глубину вхождения ножей в губки рубильников с рычажным приводом регулируют увеличением или сокращением длины тяги от рукоятки к рубильнику.

Неодновременность выхода ножей из контактных губок не должна превышать 3 мм. Проверяют плотность затяжки всех контактных соединений. Износ должен быть не более: для сухарей пальцев — 4—5 мм (во избежание уменьшения разрывных расстоя-

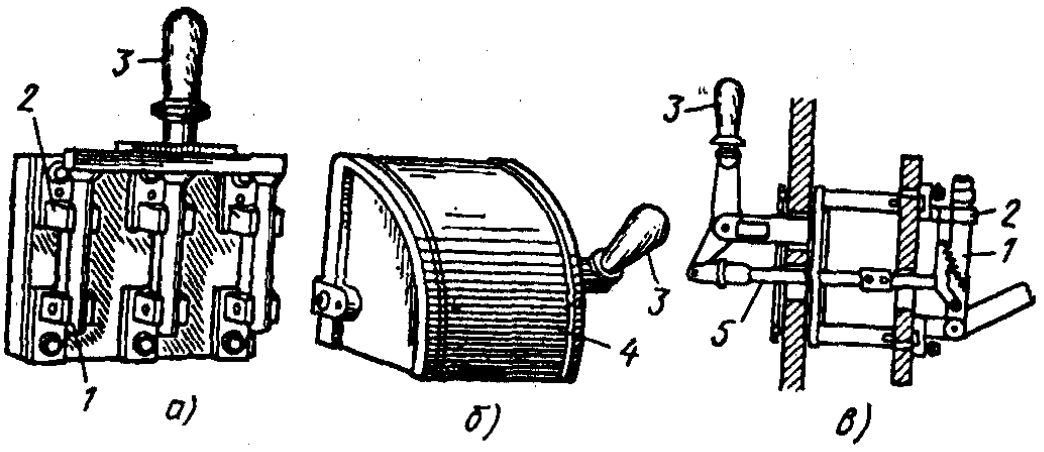


Рис. 20.29. Трехполюсный рубильник:

а — трехфазный в открытом исполнении; *б* — в закрытом кожухе; *в* — управляемый механическим приводом; *1* — ножи; *2* — трубки; *3* — рукоятка; *4* — кожух; *5* — тяга

ний между сухарями и сегментом); для сегментов — 1 мм (во избежание задеваний сухарей за головки винтов).

Реостаты, контроллеры, конечные выключатели, контакторы и магнитные пускатели, автоматы. При ремонте реостата проверяют плотность прилегания щеток к контактам и легкость перемещения подвижного контакта по поверхности неподвижных. Для увеличения давления щеток на контакты отвертывают стопорный болт, прижимают подвижный контакт к неподвижным и вновь закрепляют кольцо. Перегоревшие элементы восстанавливают, чугунные заменяют новыми, а ленточные и проволочные сваривают, предварительно соединив на длине 15 мм поврежденные места бандажом из медной проволоки диаметром 0,5 мм.

Реостаты серий РМ и ПР заливают сухим чистым трансформаторным маслом; уровень масла в баке устанавливают в пределах между рисками в маслоуказательном стекле. После ремонта проверяют реостат на отсутствие обрыва в цепи и плавность хода подвижного контакта. При ремонте жидкостных реостатов очищают контакты и ножи, регулируют механизм подъема и опускания ножей, заменяют загрязненный раствор в баке реостата.

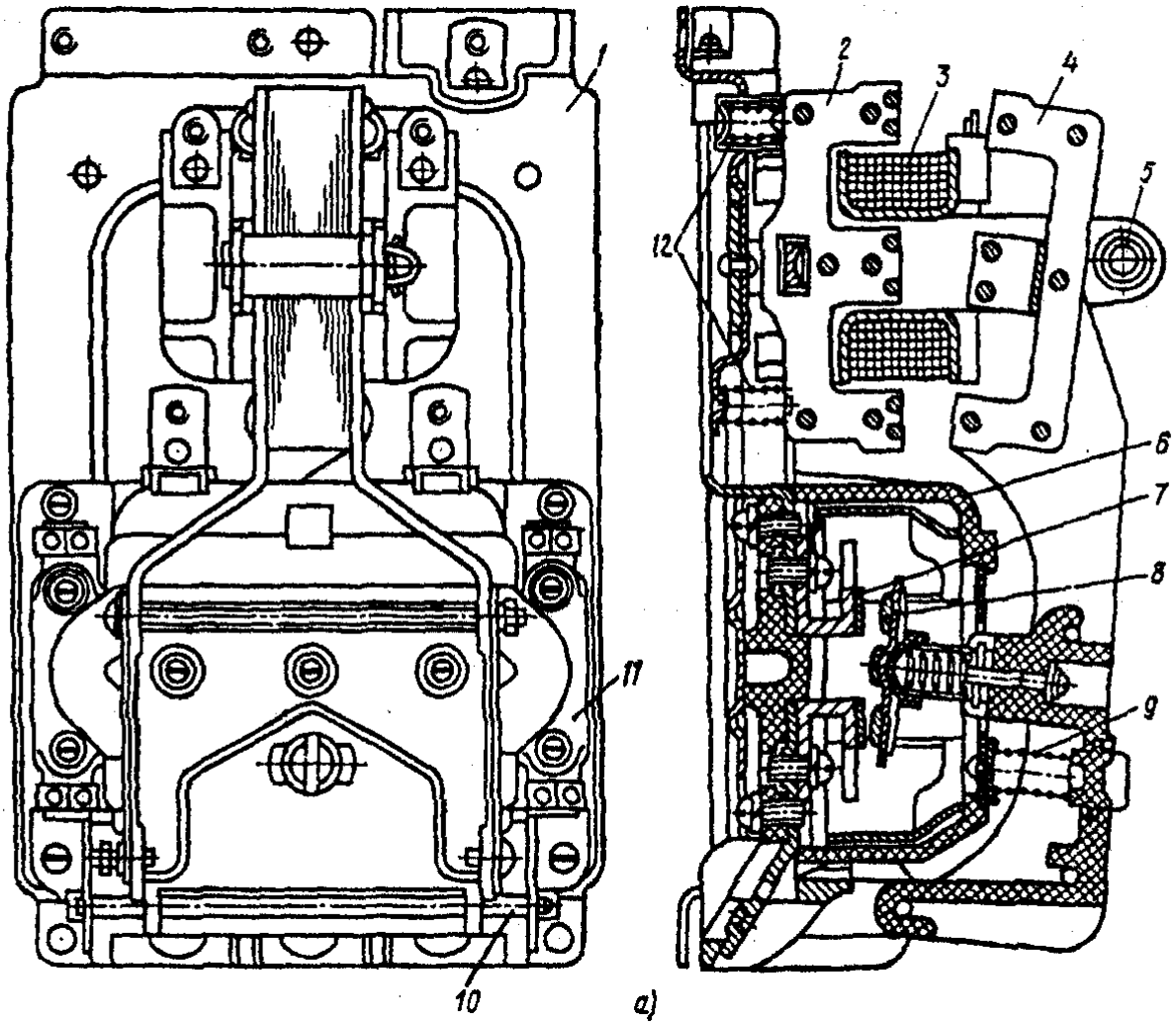
При ремонте барабанного кранового контроллера его продувают сжатым воздухом, очищают тряпкой, смоченной керосином, в изоляционные поверхности сухой тряпкой; устанавливают провал сухаря в пределах 2—3 мм. Увеличенный провал повышает износ сухарей и концов сегментов и вызывает поломку пальцев. Регулирование провала производят при помощи регулировочного винта 1. Недостаточный провал указывает на слабое нажатие. Рекомендуемые усилия нажатия сухарей на сегменты приведены ниже.

Ширина сухаря, мм	12	15	20	25	30
Нажатие, Н	7—13	10—16	14—22	16—27	20—33

Нажатие проверяют с помощью динамометра и листа бумаги, проложенной между сухарем и сегментом. Гайкой 2 и пружиной 3 устанавливают наибольшие значения нажатия с тем, чтобы после износа сухарей они не упали ниже допустимых значений.

При ремонте магнитного пускателя (рис. 20.30) очищают контакты, проверяют сохранность биметаллических элементов и нагревателей. Вышедшие из строя элементы заменяют новыми заводского изготовления.

Удерживающую катушку с пересохшей изоляцией заменяют новой. При отсутствии катушек заводского изготовления их наматывают в ЭРЦ. Если на сгоревшей катушке нет паспорта и не известны ее заводские данные, то число витков и сечение провода определяют по старой катушке. У многовитковых катушек число



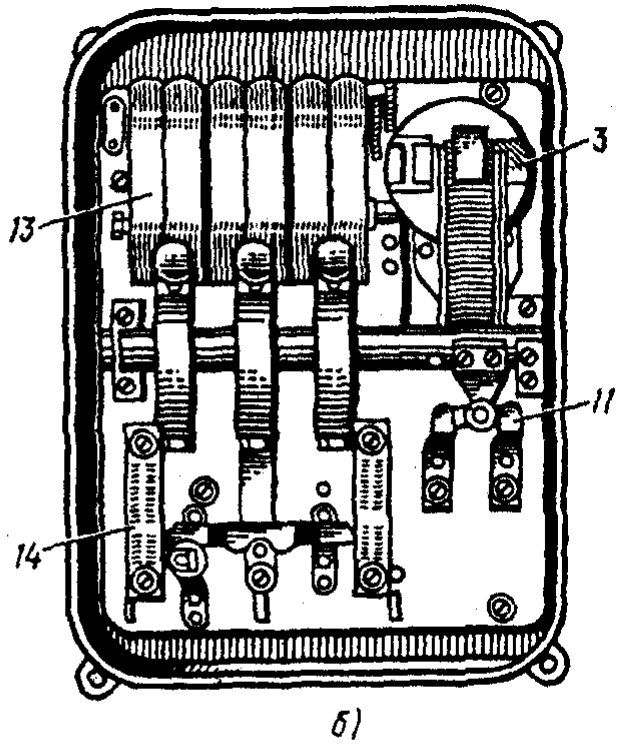


Рис. 20.30. Магнитные пускатели ПА (*а*) и ПМ (*б*):

1 — основание; *2* — сердечник; *3* — катушки; *4* — якорь; *5* — упор; *6* — изоляционная камера; *7, 8* — неподвижные и подвижные контакты; *9* — пружина возврата якоря; *10* — ось якоря; *11* — блок-контакты; *12* — амортизирующая пружина; *13* — дугогасительная камера; *14* — тепловое реле

витков n может быть определено по диаметру проволоки, массе меди и средней длине витка:

$$n = \frac{135\,G}{d^2 l_в},$$

где G — масса катушки, кг; d — диаметр проволоки, мм; $l_в$ — средняя длина витка, м:

$$l_в = \pi(D_1 + D_2)/2,$$

где D_1 и D_2 — наружный и внутренний диаметры катушки. Массу изоляции принимают равной 5 % от общей массы.

Можно, не вскрывая катушки, определить диаметр проволоки по массе и сопротивлению. Для катушек бескаркасных или с прессшпановым каркасом

$$d \approx 1{,}3\,\sqrt[4]{G/R},$$

где R — омическое сопротивление (постоянному току) при 20°С.

Пересчет катушки переменного тока на другое напряжение. Известно: напряжение U_1 режим $ПВ_1$, диаметр голого провода d_1, и изолированного D_1, число витков n, сопротивление R_1 и марка провода. Требуется определить обмоточные данные d_2; n_2; R_2 новой катушки для напряжения U_2 при том же режиме работы $ПВ_1$.

Число витков катушки

$$n_2 = n_1 \cdot U_2/U_1.$$

Расчетный диаметр изолированного провода из условия сохранения коэффициента заполнения катушки, мм,

$$D_2 = D_1 \cdot \sqrt{n_1/n_2}.$$

По каталогу находят ближайший меньший диаметр изолированного провода D_2 и соответствующий ему диаметр голого провода d_2.

Сопротивление при 20°С, Ом,

$$R_2 = \frac{n_2 \cdot d_1^2 \cdot R_1}{n_1 \cdot d_2^2}.$$

При ремонте *конечных выключателей* обеспечивают провал контактного мостика в пределах 1—4 мм. При больших провалах мостик может во время срабатывания выключателя соскочить; при отсутствии провала неизбежно нарушение контакта; для новых контактов провал устанавливают наибольшим, чтобы обеспечить возможность регулировки при износе.

Начальное нажатие $P_н$ измеряют при разомкнутых контактах, заложив между контактным мостиком и держателем тонкую бумаж-

ку. Динамометр в момент, когда бумажку легко вытянуть, показывает нажатие, приведенное ниже.

Нажатие, *Н*:	
начальное	от 3 до 5
конечное	от 6 до 8

Конечное нажатие *Р* измеряют при замкнутых контактах, заложив тонкую бумажку между контактами. После износа контактов величина конечного нажатия приближается к начальному.

При ремонте контактора очищают от копоти и грязи контакты и пластины в дугогасительной камере. Обгоревшие контакты очищают мягкой стальной щеткой. Обращают внимание на состояние гибкой связи из медных пластин толщиной 0,2—0,5 мм. Поврежденные пластины заменяют новыми таких же сечений.

О состоянии электромагнитной системы судят по величине издаваемого при работе шума. Повышенный шум свидетельствует об ослаблении винтов, крепящих ярмо и якорь, повреждении короткозамкнутого витка и недостаточности площади прилегания поверхностей обеих половин электромагнита. В этом случае подтягивают крепежные детали якоря и сердечника, устанавливают в вырезе сердечника короткозамкнутый виток, увеличивают площадь поверхности соприкосновения обеих половин электромагнита и добиваются большей точности их пригонки.

При прижатом к сердечнику якоре полоска папиросной бумаги не должна передвигаться между крайними выступами магнитопровода. Если поверхность соприкосновения менее 60—70 %, то сердечник нуждается в подгонке. Необходимый зазор между средними выступами магнитопровода указан ниже:

Габарит контактора	II и III	IV и V
Зазор между средними выступами, мм	0,3 ± 0,5	0,15 ± 0,05

Ремонт автоматических выключателей серии А незначительно отличается от ремонта магнитных пускателей и здесь не рассматривается.

При регулировании выключателя «Электрон» на силу тока 1000—4000 А раствор разрывных контактов устанавливают не менее 18 мм; зазор между главными контактами при касании разрывных контактов должен быть не менее 11 мм; величину хода якоря механизма включения доводят до 4 ÷ 4,5 мм, проверяют провалы главных и разрывных контактов. Они должны составлять у главных 3,5 ± 0,5 мм, у разрывных 6 ± 2 мм. Увеличение провала главных контактов достигается одновременным вывинчиванием регулировочных бол-

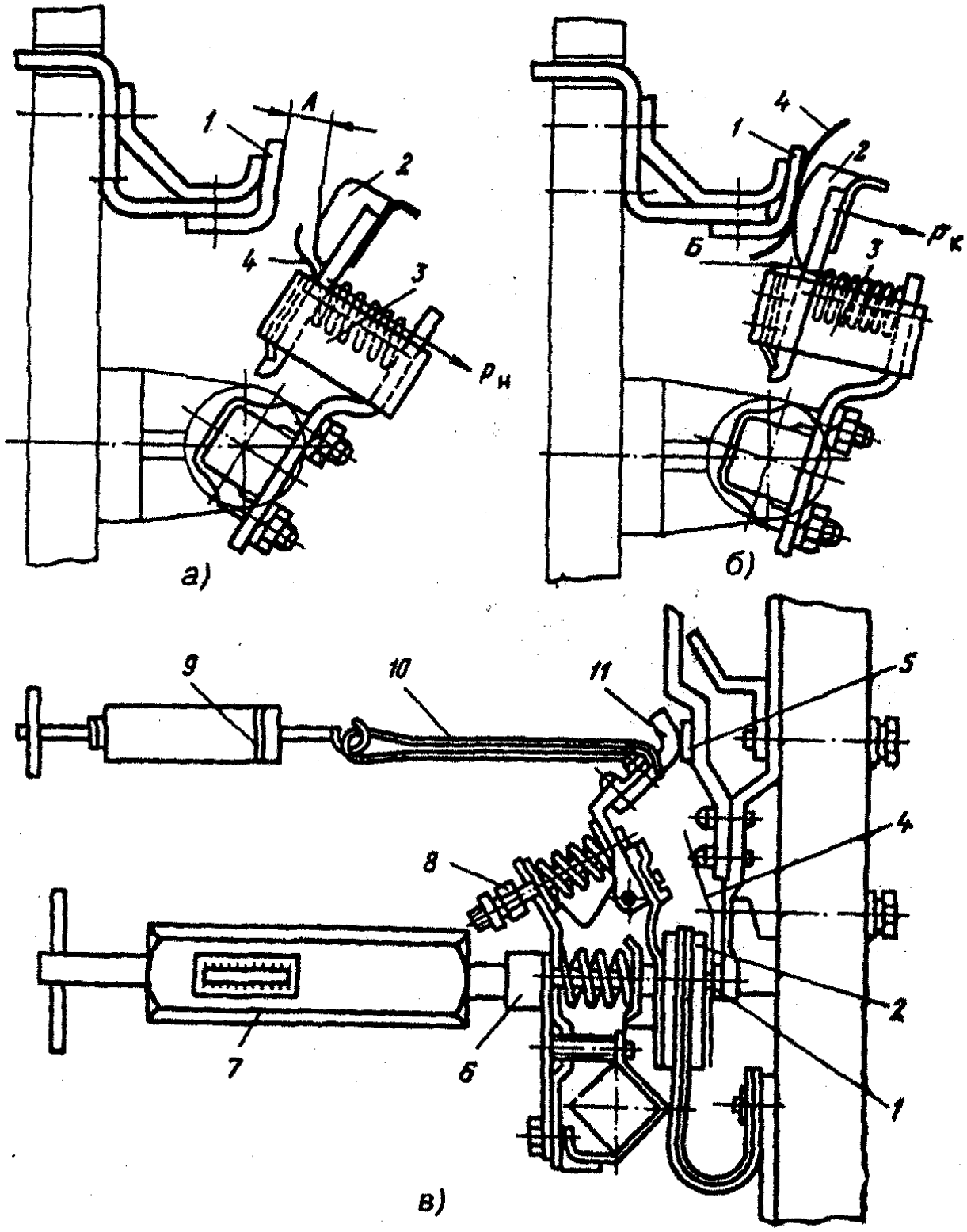


Рис. 20.31. Схемы измерения нажатия контактов:

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

тов на равное число оборотов (1 оборот болта равен 1 мм). При проверке расцепителей убеждаются, что упор толкателя находится в зацеплении с кулачком валика (рис. 20.31).

Контрольные вопросы

1. Какие работы выполняют при капитальном ремонте силовых трансформаторов?
2. Как ремонтируют магнитопровод силовых трансформаторов?
3. Какие методы сушки изоляции трансформаторов вы знаете?
4. Как ремонтируют подшипники скольжения?
5. Как производят замену подшипников качения?
6. Как ремонтируют станину электродвигателя?
7. Как ремонтируют якорь электродвигателя?
8. Как ремонтируют аппараты РУ напряжением выше 1000 В?
9. Как ремонтируют аппараты РУ напряжением до 1000 В?

РАЗДЕЛ 5. ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

ГЛАВА 21. ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

§ 87. ОБЪЕМ И НОРМЫ ИСПЫТАНИЙ

Цель испытаний электроустановок — выявление скрытых дефектов узлов и деталей, определить повреждение которых внешним осмотром трудно или просто невозможно. Испытания сокращают количество внезапных отказов и повышают эксплуатационную надежность электроустановок. Электроустановки подвергают профилактическим испытаниям при «ТО», не связанным с выводом оборудования в ремонт, испытаниям при текущем «Т» и капитальном «К» ремонтах.

Электрические машины и аппараты испытывают переменные током частотой 50 Гц путем приложения повышенного напряжения в течение 1 мин (табл. 87). Величину испытательного напряжения $U_{исп}$ устанавливают в зависимости от номинального напряжения $U_{ном}$ электроустановки.

Обмотки статоров электродвигателей напряжением до 660 В и мощностью до 40 кВт и изоляцию аппаратов, вторичных цепей и электропроводок напряжением до 1000 В испытывают напряжением 1000 В. Испытания электродвигателей в процессе ремонта проводят после укладки обмотки и пайки схемы; после пропитки и сушки обмоток статоров, фазных роторов; после сборки машины.

При испытаниях проверяют сопротивление изоляции между фазами обмотки; между проводниками обмотки и корпусом; величину сопротивления проводников обмоток постоянному току по фазам в практически холодном состоянии; коэффициент трансформации для двигателей с фазным ротором; потери холостого хода и короткого замыкания. Результаты испытаний двигателя после ремонта заносят в формуляр.

При капитальном ремонте трансформаторов с частичной сменой обмоток испытательное напряжение выбирают в зависимости от того, сопровождалась ли замена части обмоток их снятием с сердечника или нет. Наибольшую величину испытательного напряжения при частичном ремонте принимают равной 90 % напряжения, принятого заводом (табл. 88).

При капитальном ремонте без смены обмоток и изоляции или со сменой изоляции, но без смены обмоток испытательное напря-

жение принимают равным 85 % заводского испытательного напряжения. Значения тангенса угла диэлектрических потерь и отношения C_2/C_{50} для трансформаторов с напряжением обмотки не более 10 кВ приведены ниже:

Температура, °С	10	20	30	40	50	60	70
tgφ, %	2,5	3,5	5,5	8,0	11	15	20
C_2/C_{50}	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8

Таблица 87. **Испытательное напряжение частоты 50 Гц для электродвигателей**

Испытываемый объект	Мощность электродвигателя, кВт	Номинальное напряжение, В	Испытательное напряжение, В	Примечание
Обмотка ротора синхронных электродвигателей	—	—	1000	—
Обмотка ротора электродвигателя с фазным ротором	—	—	$1{,}5U_{ном}$, но не менее 1000 В	$U_{ном}$ — напряжение на кольцах при разомкнутом неподвижном роторе и полном напряжении на статоре
Резистор гашения поля	—	—	2000	Производится для синхронных электродвигателей
Реостаты и пускорегулировочные резисторы	—	—	$1{,}5U_{ном}$, но не менее 1000 В	
Обмотка статора	40 и более	400 и менее	1000	Производится при капитальном ремонте (без смены обмоток) по возможности сразу же после остановки электродвигателя до его очистки от загрязнения
		500	1500	
		660	1700	
		2000	4000	
		3000	5000	
		6000	10 000	
		10 000	16 000	
	Менее 40	660 и ниже	1000	Перед вводом электродвигателя в работу производится повторное контрольное испытание мегаомметром на напряжение 1000 В

Примечания 1. Испытание обмотки статора производится для каждой фазы в отдельности относительно корпуса при двух других, соединенных с корпусом. У двигателей, не имеющих выводов каждой фазы в отдельности, допускается производить испытание изоляции всей обмотки относительно корпуса.

2. Испытание обмоток ротора и статора производится на полностью собранном электродвигателе.

Максимальные значения тангенса угла диэлектрических потерь для мастиконаполненных вводов и проходных изоляторов с баке-

литовой изоляцией, а также трансформаторов тока с бакелитовой изоляцией при номинальном напряжении 3—10 кВ и температуре 20°С: после капитального ремонта 3 %, в процессе эксплуатации 12 %.

Средние экспериментальные значения тангенса угла диэлектрических потерь изоляции обмоток трансформаторов при номинальном напряжении испытываемой обмотки не более 10 кВ указаны ниже.

Температура обмотки, °С	10	20	30	40	50	60	70
tgφ, %	4	5,5	7,5	10	14	19	27

Сведения об испытательных напряжениях изоляции оборудования распределительных устройств и аппаратов, вторичных цепей, электропроводок приведены в табл. 89—94.

Таблица 88. **Заводские испытательные напряжения частотой 50 Гц для обмотки трансформаторов**

Объект испытания	Заводские испытательные напряжения, кВ, при номинальном напряжении испытываемой обмотки, кВ			
	менее 3	3	6	10
Силовые трансформаторы, дугогасящие катушки с нормальной изоляцией и выводами, рассчитанными на номинальное напряжение	5	18	25	35
Силовые трансформаторы с облегченной изоляцией, в том числе и сухие трансформаторы	3	10	16	24

Примечание: При проведении капитального ремонта обмоток или изоляции трансформаторов, автотрансформаторов, масляных реакторов и дугогасящих катушек в процессе эксплуатации испытание повышенным напряжением частотой 50 Гц производится у обмотки 10 кВ и ниже.

Таблица 89. **Испытательные напряжения частотой 50 Гц**

Номинальное напряжение, кВ	Заводское испытательное напряжение, кВ, для оборудования с изоляцией					
	нормальной				облегченной	
	Изоляторы, испытываемые отдельно	Аппараты	Трансформаторы тока	Трансформаторы напряжения	Изоляторы, испытываемые отдельно	Аппараты, трансформаторы тока и напряжения
3	25	24	24	24	14	13
6	32	32	32	32	21	21
10	42	42	42	42	32	32

Таблица 90. **Периодичность проверок и содержание испытаний измерительных трансформаторов в РУ напряжением выше 1000 В**

Операция	Норма	Порядок произведения испытания
Полная проверка трансформаторов тока и напряжения	1 раз в 3 года	Проверку производят при ревизии РЗАиТ
Испытание повышенным напряжением частотой 50 Гц изоляции первичных обмоток	Величина испытательных напряжений приведена в табл. 89	Для трансформаторов тока (ТТ) продолжительность испытаний 1 мин, если основная изоляция керамическая, и 5 мин при изоляции из органических масс; для трансформаторов напряжения (ТН) продолжительность испытания 1 мин
То же, но изоляции вторичных обмоток	1 кВ	В течение 1 мин
То же, но изоляции доступных стяжных болтов	1 кВ	Производят только при вскрытии измерительных трансформаторов
Измерение сопротивления изоляции первичных обмоток	Не нормируется	Измеряют мегаомметром на напряжение 2500 В
То же, но вторичных обмоток	Не нормируется, но не ниже 1 МОм (вместе с подсоединенными цепями)	Измеряют мегаомметром на напряжение 1000 В

Таблица 91. **Масляные выключатели**

Операция	Норма	Примечания
	При капитальном ремонте	
Измерение сопротивления изоляции:		
подвижных и направляющих частей, выполненных из органических материалов;	Максимальное сопротивление изоляции 300 МОм при номинальном напряжении до 10 кВ	Измерение производится мегаомметром на напряжение 2500 В или от источника напряжения выпрямленного тока
вторичных цепей, включающей и отключающей катушек	Не менее 1 МОм	Производится мегаомметром на напряжение 1000 В
Испытание изоляции выключателей повышенным напряжением промышленной частоты:	Величины испытательных напряжений приведены в табл. 89	Продолжительность 1 мин

Операция	Норма	Примечания
изоляции вторичных цепей и обмоток включающей и отключающей катушек	1 кВ (см. табл. 94)	1 мин
Измерение сопротивления постоянному току:		
контактов масляных выключателей	Предельные значения сопротивлений приведены в табл. 92. Одновременно сопротивление сравнивается с измереиными на аналогичном оборудовании и других фазах	Если сопротивление контактов возросло по отношению к норме в 1,5 раза, контакты должны быть улучшены
шунтующих сопротивлений дугогасительных устройств	Не должно отличаться от заводских данных более чем на 3 %	
обмоток включающей и отключающей катушек	Принимается согласно заводским данным	

Таблица 92. **Максимальные значения сопротивления постоянному току контактов масляного выключателя при вводе в эксплуатацию и после капитального ремонта**

Выключатель	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Сопротивление, мкОм, не более	
			всей контактной системы фазы выключателя	элементов контактной системы фазы
МГ-10	10	5000	15	—
		600	55	
ВМП-10		1000	40	
		1500	30	
ВМГ-133	6—10	600	100	
		1000	75	
МГГ-223		2000	30	
МГГ-10		3000	20	250 (дугогасительные контакты)
МГГ-529	20	2000	30	—
МГГ-20		3000	20	
Выключатели всех остальных типов	3—10	200	350	
		600	150	
		1000	100	
		2000	75	

Таблица 93. **Усредненные значения времени движения подвижных частей в масляном выключателе**

Выключатель	Привод	Время, с, от подачи импульсов до момента			
		замыкания контатов	остановки подвижных частей	размыкания контактов	остановки подвижных частей
		при включении		при отключении	
МГ-10	МС-31	0,53	0,75	0,12	0,29
МГ-223	ПС-30	0,55	0,65	0,15	0,3
МГГ-20	ПС-31	—	0,65	—	0,2
МГГ-10	ПЭ-2	0,14	0,42	0,11	0,24
ВМП-10	ПС-10	0,2	0,23	0,1	0,18
ВМГ-133					
ВМП-10К	ПЭ-11	0,3	—	0,1	—

Таблица 94. **Аппараты, вторичные цепи и электропровода напряжением до 1000 В**

Вид ремонта	Операция	Норма
К	Проверка действия максимальных, минимальных или независимых расцепителей	Пределы работы расцепителей должны соответствовать заводским данным
	Проверка работы контакторов и автоматов при пониженном и номинальном напряжениях оперативного тока	
	Проверка фаз распределительных устройств напряжением до 1000 В и их присоединения	Должно быть совпадение по фазам
	Испытание повышенным напряжением промышленной частоты (в течение 1 мин):	
	изоляции элементов приводов выключателей, разъединителей, короткозамыкателей, отделителей, а также вторичных цепей аппаратов и т. п.	1000 В
	силовых кабелей *	1000 В
	изоляции силовых и осветительных электропроводов **	1000 В
К.Т. ТО	Измерение сопротивления изоляции	Сопротивление изоляции должно быть не менее значений, приведенных в ПТЭ

* Может быть заменено измерением мегаомметром на напряжение 2500 В.

** При отсутствии источника тока промышленной частоты испытание производится мегаомметром на напряжение 2500 В.

§ 88. ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ СТАНЦИИ ЭРЦ

В зависимости от объемов и видов испытаний станции укомплектовывают контрольно-испытательными установками, производительность которых приведена в табл. 95, а время испытаний — в табл. 96.

Наиболее широко распространены установки КИУ-1м, предназначенные для проведения контрольных послеремонтных испытаний асинхронных электродвигателей (мощностью 0,6—4,5 кВт, напряжением 380 или 220 В и 4,5—40 кВт, напряжением 380 В) и сварочных трансформаторов (с силой тока до 500 А, первичным напряжением 380 или 220 В).

Таблица 95. **Годовая производительность испытательных установок**

Установка	Годовая производительность	Количество смен
УПК-1	30 000 деталей	
УПК-2	45 000 »	2
КИУ-1	9000 машин	
КИУ-1М	9000 »	3
КИУ-2	5400 »	
КИУ-3	1500 »	2
КИУ-4	10 000 аппаратов	
КИУ-5	8000 »	1

Примечание. УПК-1 и УПК-2 — установки промежуточного контроля, остальные — контрольно-испытательные.

Таблица 96. **Продолжительность испытаний электроустановок**

Электроустановка	Испытания	Продолжительность, ч
Асинхронные двигатели	Контрольные	0,46
	Контрольные и дополнительные на нагрев, проверку коэффициентов мощности, полезного действия и величину скольжения	1,97
Трансформаторы:		
сварочные	Контрольные	0,92
силовые	»	0,75
Низковольтные генераторы постоянного тока	»	1,9
Детали электрических машин на контрольном посту:		
первом	Промежуточные	0,17
втором	»	0,13
Измерительные трансформаторы напряжения и тока	Контрольные	0,42

Электроустановка	Испытания	Продолжительность, ч
Магнитные пускатели и контакторы	Контрольные	0,25
Автоматы	»	1,0
Реле	»	0,2

Технические данные установки КИУ-1м следующие: источник питания — трехфазная электросеть напряжением 380 или 220 В, частотой 50 Гц. Наибольший потребляемый ток пульта управления 150 А, щита обкатки 50 А. Трехфазные испытательные напряжения, подаваемые на испытываемые электроустановки, при питании: а) от индукционного регулятора — от 40 до 680 В при силе тока до 20 А; б) от трансформатора — 500 В при токах до 65 А и 100 В при силе тока до 120 А; в) от сети — 380 В при силе тока до 150 А. Однофазное напряжение для испытания электрической прочности изоляции до 2500 В при частоте 50 Гц. Площадь, занимаемая установкой в рабочем положении — 25 м^2. Масса установки 2100 кг, обслуживающий персонал 2 человека. Средний расход времени на нагрузочное испытание асинхронного двигателя 90 мин; на остальные испытания асинхронного двигателя (не включая обкатки на холостом ходу, которую производят на отдельном щите одновременно с испытаниями других двигателей) 28 мин; на испытания сварочного трансформатора 55 мин.

§ 89. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ

У силовых трансформаторов сопротивление обмоток постоянному току измеряют методом падения напряжения (с помощью амперметра и вольтметра) или мостовым. Измерения производят при установившейся температуре обмоток, которая должна быть указана в протоколе испытаний. Сила тока в обмотках должна быть не более 20 % номинальной. Обычно сопротивление измеряют при напряжении до 15 В и силе тока 10 А. Источниками тока служат аккумуляторные батареи.

Приборы, применяемые при измерении, имеют класс точности не ниже 0,5. Пределы измерения приборов должны быть выбраны такими, чтобы отсчеты производились по второй половине шкалы. Для исключения ошибок, обусловленных индуктивностью обмоток, сопротивления измеряют только при вполне установившейся силе тока.

Для сравнения измеренных сопротивлений последние приводят к одной и той же температуре по следующей формуле:

$$R_2 = R_1 \frac{235 + t_2}{235 + t_1},$$

где R_2 — сопротивление, приведенное к температуре t_2; R_1 — сопротивление, измеренное при температуре t_1.

Коэффициент трансформации измеряют методом двух вольтметров, один из которых присоединяют к обмотке низшего напряжения, а другой — высшего. Проверку группы соединения обмоток производят одним из следующих методов: а) двумя вольтметрами; б) постоянным током (поляриметром); в) фазометром (прямым методом).

Для определения группы соединения обмоток применяют однофазный фазометр, у которого последовательную обмотку присоединяют через реостат к зажимам одной из обмоток трансформатора, а параллельную обмотку — к одноименным зажимам другой обмотки испытуемого трансформатора. К одной из обмоток трансформатора подводят пониженное напряжение, достаточное для работы фазометра. Фазометр показывает угол сдвига между первичным и вторичным направлением, т. е. группу соединений обмоток.

Испытание изоляции стяжных болтов и ярмовых балок у трансформаторов мощностью до 630 кВ · А включительно производится мегаомметром на 1000 В, а у трансформаторов мощностью 1000 кВ · А и выше — от испытательного трансформатора мощностью не менее 1 кВ · А. Испытание проводят приложенным напряжением 2000 В переменного тока.

Силу тока и потери холостого хода измеряют приложением номинального напряжения номинальной частоты практически синусоидальной формы к обмотке низшего напряжения при разомкнутых остальных обмотках. За номинальное напряжение трехфазной системы принимают напряжение, подводимое к крайним фазам А и С. Ток холостого хода трансформатора J_0 определяют как среднее арифметическое значение токов трех фаз:

$$J_0 = \frac{J_{изм}}{J_{ном}} \cdot 100\ \%\ .$$

Потери холостого хода измеряют при помощи системы двух ваттметров. В процессе эксплуатации потери холостого хода измеряют на пониженном напряжении (5—10 % номинального). Измеренные на пониженном напряжении потери холостого хода приводят к номинальному напряжению по формуле

$$P_0 = P_0' \left(\frac{U_{ном}}{U'}\right)^n,$$

где P_0, P_0' — потери холостого хода при номинальном напряжении

$U_{ном}$ и пониженном напряжении U'; n — показатель степени, зависящий от марки электротехнической стали.

У сварочных трансформаторов контрольным испытаниям и проверкам на испытательной станции в ЭРЦ подвергают каждый отремонтированный трансформатор. При отправке отремонтированного трансформатора персонал ЭРЦ обязан представить протокол его испытаний. Объем и нормы контрольных испытаний трансформаторов должны соответствовать ГОСТ 95—77Е. Измерения всех электрических величин при контрольных испытаниях производят приборами класса точности не ниже 1,5.

Для контрольных испытаний сварочных трансформаторов необходимо следующее оборудование, приспособления и инструмент; испытательный аппарат мощностью 2 кВ · А и напряжением до 2,5 кВ; два вольтметра и амперметр класса точности 1,5; трансформатор тока класса точности 0,5; мегаомметр 500 В класса точности 1,5; балластный реостат (комплект ящиков сопротивления НФ-1) и контактор электромеханический, рассчитанные на максимальный ток трансформатора; преобразователь частоты на 100 Гц провода марки КРПТ необходимой длины и сечения; места для сварки, оборудованные согласно требованиям ПТБ при электросварочных работах. Трансформатор при испытании нагружают на безындукционное сопротивление.

Механическую прочность деталей проверяют путем 10-кратного кратковременного (0,3—0,5 с) короткого замыкания зажимов вторичной обмотки трансформатора электромеханическим контактором, соединенным с зажимами медными проводами общей длиной 5 м и сечением, соответствующим номинальной плотности сварочного тока около 5 А/мм^2. При испытании регулятор сварочного тока устанавливают в положение, соответствующее максимальному току. Работоспособность трансформатора проверяют включением его на номинальную нагрузку. Отсутствие повреждений и деформаций деталей проверяют путем внешнего осмотра.

Проверку пределов регулирования сварочного тока регулятором и определение сопротивления изоляции при испытаниях производят после работы трансформатора под номинальной нагрузкой в течение 10 мин при температуре окружающего воздуха плюс 20 ± 5°С и номинальных сварочном и первичном напряжениях. Для контроля напряжений включают в цепь первичной обмотки вольтметр, а в цепь вторичной обмотки — вольтметр, амперметр и балластный реостат.

Пределы регулирования должны соответствовать параметрам, указанным в паспорте или на щитке трансформатора. Одновременно проверяют погрешность шкалы регулятора тока в двух крайних

положениях регулятора и в положении, соответствующем номинальному режиму. Погрешность показаний указателя сварочного тока при номинальном напряжении сети и условном рабочем напряжении не должна быть более ±7,5 % от максимального сварочного тока соответствующей шкалы регулятора. При ступенчатом или смешанном регулировании значения силы тока должны соответствовать паспортным данным трансформатора.

Напряжение холостого хода проверяют при настройке трансформатора на максимальный сварочный ток и номинальном первичном напряжении. Сопротивление изоляции обмоток на корпус и между обмотками должно быть не менее 2,5 МОм.

Электрическую прочность изоляции обмоток трансформатора относительно корпуса и между обмотками проверяют синусоидальным напряжением 2500 В при частоте 50 Гц в течение 1 мин. Межвитковую изоляцию обмоток трансформатора проверяют в течение 1 мин, подвергая действию двойного индуктированного напряжения при частоте 100 Гц. При частоте более 100 Гц время испытания (в с) определяют по формуле $t = 60\,\frac{100}{f}$, но оно должно быть не менее 20 с.

Контрольные вопросы

1. Зачем испытывают электрические машины, аппараты и электрические сети переменным током промышленной частоты?
2. Как определяют сопротивление контактов постоянному току при вводе аппаратов в эксплуатацию?
3. Что представляет конструктивно контрольно-испытательная установка?
4. Какие методы испытания силовых трансформаторов вы знаете?
5. Каким испытаниям подвергают сварочные трансформаторы после капитального ремонта?

ГЛАВА 22. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

§ 90. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Все работы по эксплуатации электроустановок нужно проводить, строго соблюдая правила технической безопасности. Значения переменного тока (мА) и характер их воздействия на человека приведены ниже.

До 1	Не ощущается
1—8	Ощущения безболезненны. Управление мышцами не утрачено. Возможно самостоятельное освобождение от контакта с частями, находящимися под напряжением
8—15	Ощущения болезненны. Управление мышцами еще не утрачено и возможно самостоятельное освобождение от действия тока
20—50	Возникает фибрилляция сердца, приводящая к смерти. Паралич дыхания
100 и более	Сильные ожоги. Паралич дыхания

Длительность воздействия — один из основных факторов, влияющих на исход поражения, поэтому защиту от поражения электрическим током рассчитывают с учетом данных, приведенных ниже.

Допустимый ток, мА, не более . .	2	6	50	75	100	250
Длительность воздействия, с . . .	Св. 10	До 10	1,0	0,7	0,5	0,2

Классификация электротехнических защитных средств приведена в табл. 97, расстояние от токоведущих частей до оборудования или стены — в табл. 98. Для электроконструкций напряжением до 1000 В расстояния утечки (по поверхности изоляции) между неподвижно укрепленными голыми, находящимися под напряжением частями разной полярности, а также между ними и неизолированными металлическими частями должны быть не менее 30 мм. Электрические зазоры (расстояния по воздуху) должны быть не менее 15 мм, но их увеличивают до 50 мм между сплошными съемными ограждениями и голыми токопроводящими частями и до 100 мм между ними и сетками или поручнями.

Для осветительных щитков и силовых распределительных шкафов допускают уменьшение расстояний утечки до 20 мм и электрических зазоров до 12 мм (за исключением зазоров до съемных ограждений или дверей). В электроконструкциях напряжением выше 1000 В расстояния утечки не выбирают, так как в качестве твердого электроизоляционного материала в них применяют готовые фарфоровые изоляторы, маркированные на определенное напряжение.

Электрические зазоры для электроконструкций закрытых установок указаны в табл. 99.

Оперативное обслуживание электроустановок. К оперативному обслуживанию электроустановок допускают лиц, знающих эксплуатационные инструкции, особенности оборудования, схемы, прошедших проверку знаний ПТЭ и ТБ и имеющих удостоверение. Оперативное обслуживание может осуществляться одним или несколькими людьми. Персонал, обслуживающий электроустановки

единолично и старшие в смене или бригаде, закрепленные за данной электроустановкой, должны иметь квалификационную группу по ТБ не ниже IV (в установках напряжением выше 1000 В) и III (в установках напряжением до 1000 В).

Таблица 97. **Классификация электротехнических защитных средств**

Тип защитных средств	Наименование защитных средств при напряжении электроустановки, В	
	св. 1000	до 1000
Основные	Оперативные и измерительные штанги, изолирующие и токоизмерительные клещи, указатели напряжения, изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ; изолирующие лестницы, площадки, тяги, щитовые габаритники, изолирующие штанги для установки габаритников, изолирующие звенья телескопической вышки	Диэлектрические перчатки, инструмент с изолированными рукоятками, указатели напряжения
Дополнительные	Диэлектрические перчатки и боты, диэлектрические резиновые коврики, изолирующие подставки	Диэлектрические галоши, диэлектрические резиновые коврики, изолирующие подставки

Таблица 98. **Расстояние от голых токоведущих частей до стены или оборудования**

Напряжение электроустановки	Расстояние, м	
	по одну сторону прохода	по обе стороны прохода
До 500 В при длине щита:		
менее 7 м	1	—
более 7 м	1,2	—
500 В и выше	1,5	2

Таблица 99. **Электрические зазоры внутри электроконструкций для закрытых установок в зависимости от напряжения между фазами**

Характеристика электрического зазора	Зазор, мм, при номинальном напряжении, кВ		
	1—3	6	10
Между токопроводящими частями разных фаз, а также от токопроводящих до заземленных частей	75	100	125
От токопроводящих частей до металлических сплошных дверей или съемных ограждений (за исключением временных ограждений, устанавливаемых при ремонтных работах)	105	130	155
От токопроводящих частей до сетчатых дверей или ограждений (при размере ячейки сетки не более 20 × 20 мм)	175	200	225

Примечание. Все размеры даны в свету.

Лиц, не имеющих отношения к обслуживанию данной электроустановки и не выполняющих работы по нарядам или распоряжениям, допускают в помещения электроустановок напряжением выше 1000 В с разрешения начальника электроцеха или подстанции в сопровождении и под надзором лица оперативного персонала с квалификационной группой не ниже III или лица административно-технического персонала в должности не ниже мастера, обслуживающего данную установку и имеющего право единоличного осмотра.

При подготовке рабочего места для работ с частичным или полным снятием напряжения должны быть выполнены в указанной ниже последовательности следующие технические мероприятия:

произведено необходимое отключение и приняты меры, препятствующие подаче напряжения к месту работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационной аппаратуры;

присоединены к «земле» переносные заземления; проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, на которые должно быть наложено заземление;

наложено заземление (непосредственно после проверки отсутствия напряжения), т. е. включены заземляющие ножи, или там, где они отсутствуют, наложены переносные заземления;

рабочее место ограждено и вывешены соответствующие плакаты.

§ 91. БЕЗОПАСНЫЕ МЕТОДЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ КОМПЛЕКТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ (КРУ)

В КРУ с оборудованием на выкатываемых тележках запрещают без снятия напряжения с цепи и их заземления проникать в отсеки ячеек, не отделенные сплошными металлическими перегородками от шин или от непосредственно соединенного с ними оборудования. Для работы на отходящих кабелях, электродвигателях и другом оборудовании, непосредственно подключенном к этим кабелям, тележки с выключателями полностью выкатывают, дверцы шкафов или автоматические шторки запирают и на них вывешивают плакат «Не включать — работают люди». Кабели в отсеках КРУ заземляют. В тех случаях, когда заземление накладывают у места работ, накладывать его в отсеках КРУ не обязательно.

В случае работ на кабельных воронках, установленных в отсеках КРУ, тележки с выключателями полностью выкатывают, на дверцах или задней стенке отсека вывешивают плакат «Не включать — работают люди», автоматические шторки запирают на замок, на верхней шторке вывешивают плакат «Стой — высокое напряжение». Для доступа в отсек снимают вертикальную перегородку внутри шкафа или заднюю стенку, на кабелях, по которым возможна подача

напряжения, проверяют его отсутствие и накладывают заземление; в отсеке вывешивают плакат «Работать здесь». При работах на оборудовании КРУ, расположенном на тележках, их полностью выкатывают и на оборудовании размещают плакат «Работать здесь». Во время работ в отсеках плакат «Работать здесь» вывешивается внутри отсека.

Таблица 100. **Минимальный комплект защитных средств**

Электроустановки напряжением			
до 1000 В		выше 1000 В	
Защитные средства	Количество	Защитные средства	Количество
Указатель напряжения	1 шт.	Изолирующая штанга	1 шт. на каждое напряжение
Изолирующие клещи		Указатель напряжения	
Противогаз		Изолирующие клещи	
Переносные заземления (при отсутствии стационарных заземляющих ножей)	Не менее 2 шт.	Диэлектрические перчатки	Не менее двух пар
Диэлектрические галоши		Диэлектрические боты (для открытых распределительных устройств)	Одна пара
Диэлектрические перчатки	2 пары	Переносные заземления (при отсутствии стационарных заземляющих ножей)	Не менее 2 шт., на каждое напряжение
Диэлектрические коврики	2 шт.	Временные ограждения (щиты)	Не менее 2 шт.
Предупредительные плакаты		Предупредительные плакаты	Не менее четырех комплектов
Временные ограждения (щиты и прокладки)	Не менее двух комплектов	Защитные очки	2 шт.
Монтерский инструмент с изолированными ручками		Противогаз	2 шт.
Защитные очки	Одна пара	—	—

После выкатывания тележки дверцы шкафов запирают и на них вывешивают плакат «Не включать — работают люди». При отсутствии дверц, запирают автоматические шторки и на них вывешивают плакат «Стой — высокое напряжение». При работах на приборах, реле, во вторичных цепях и т. п. без выкатывания тележек с оборудованием на запертых дверцах отсека с оборудованием или на

рукоятке фиксации тележки выключателя, если дверцы должны быть открыты, вывешивают плакат «Не включать — работают люди», а на месте работ плакат «Работать здесь».

Тележка с выключателем может быть установлена в испытательное положение в следующих случаях:

для опробования выключателя и регулировки привода, проверки релейной защиты присоединения;

при подготовке и сборке схемы после окончания работ и сдачи наряда;

при работах на механической части электродвигателя или на приводимом им в движение механизме.

В этом случае на запертые дверцы шкафа вывешивают плакат «Не включать — работают люди».

Работы в помещениях КРУ выполняют только на выкаченной из шкафа тележке с оборудованием и производят по наряду. Электроустановки напряжением до 1000 В и выше снабжают защитными средствами в необходимом количестве для выполнения всех возможных и данной установке операций как в нормальном режиме, так и во время аварий (табл. 100).

§ 92. БЕЗОПАСНЫЕ МЕТОДЫ РАБОТЫ НА КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТАХ

Перед работой на коммутационных аппаратах с автоматическими приводами и дистанционным управлением с целью предотвращения их ошибочного или случайного включения или отключения необходимо:

снять предохранители на обоих полюсах в цепях оперативного тока и в силовых цепях приводов;

закрыть вентили подачи воздуха в баки выключателей или пневматические приводы и выпустить в атмосферу имеющийся в них воздух; спускные пробки на все время работ должны быть открыты;

опустить в нижнее нерабочее положение груз и деблокировать систему его подъема в грузовых приводах;

повесить на ключах и кнопках дистанционного управления плакат «Не включать — работают люди», на закрытых вентилях — «Не открывать — работают люди»;

запереть на замок вентиль подачи воздуха в баки воздушных выключателей или снять с него штурвал.

Для пробных включений и отключений коммутационного аппарата при его наладке и регулировке допускают при несданном наряде временную подачу напряжения в цепи оперативного тока и силовые цепи привода, сигнализации и подогрева, а также подачу воздуха в привод и на выключатель.

Установка снятых предохранителей, включение отключенных цепей и открытие вентилей при подаче воздуха, а также снятые на время опробования плакатов «Не включать — работают люди» и «Не открывать — работают люди» выполняются оперативным персоналом или по его разрешению исполнителем работ.

Требования безопасности при обслуживании электродвигателей

Выводы обмоток и кабельные воронки у электродвигателей закрывают ограждениями, для снятия которых необходимо отвертывание гаек или вывинчивание винтов. Снимать эти ограждения во время работы электродвигателя запрещается. Вращающиеся части электродвигателей — контактные кольца, шкивы, муфты, вентиляторы — должны быть ограждены.

Операции по отключению и включению электродвигателей напряжением выше 1000 В пусковой аппаратурой с приводами ручного управления должны производиться с применением диэлектрических перчаток и изолирующего основания. Дистанционное включение и отключение выключателей электродвигателей выполняют дежурные электромонтеры.

Уход за щетками, их замену на работающем электродвигателе производит работник оперативного персонала или специально обученный человек с квалификационной группой не ниже III. Работающие должны остерегаться захвата одежды или обтирочного материала вращающимися частями машин.

Запрещается касаться руками одновременно токоведущих частей различной полярности или токоведущих частей и заземленных частей машины. Для этого используют инструмент с изолированными ручками. У работающего двухскоростного электродвигателя неиспользуемая обмотка и питающий ее кабель должны рассматриваться как находящиеся под напряжением.

Работа в цепи пускового реостата вращающегося электродвигателя допускается лишь при поднятых щетках и замкнутом накоротко роторе, а в цепях регулировочного реостата вращающегося электродвигателя она должна рассматриваться как работа под напряжением до 1000 В и производиться с соблюдением мер предосторожности. Кольца ротора шлифуют на вращающемся электродвигателе лишь при помощи колодок из изоляционного материала.

При ремонтных работах без разборки деталей механизма, приводимого в движение электродвигателем, последний должен быть остановлен, а на ключе управления или приводе выключателя вывешен плакат «Не включать — работают люди». Если при работах

на электродвигателе или механизме, приводимом им в движение, ремонтный персонал может иметь соприкосновение с их вращающимися частями, то кроме выключателя отключают также разъединитель, на привод которого вывешивается плакат «Не включать — работают люди», а если электродвигатель питается от ячейки КРУ, тележка с выключателем должна быть выкачена в испытательное положение. В оперативном журнале должна быть сделана запись о том, для каких работ, какого цеха и по чьему требованию остановлен электродвигатель.

Меры безопасности при пропитке и сушке обмоток

Пропиточную камеру оборудуют в соответствии с требованиями техники безопасности для пожароопасных помещений. Вентиляционное устройство камеры должно обеспечивать удаление газов и паров, выделяющихся в процессе пропитки и сушки обмоток. В пропиточных камерах запрещается хранить огнеопасные материалы, зажигать огонь и курить, о чем должны оповещать соответствующие предупредительные плакаты.

При осмотрах сушильной камеры, аппаратов пропитки под давлением, вакуумной сушки и других работах применяют ручные переносные лампы на напряжение 12 В. Понижающий трансформатор для питания ламп помещают вне камеры. В камере должен находиться полный комплект пожарных приспособлений (сухие огнетушители, ящики с песком, совки или лопаты, крючья и багор). Обслуживающий персонал должен быть обеспечен брезентовыми фартуками.

Требования безопасности при такелажных работах

Такелажные работы проводят только с исправными и проверенными подъемными и транспортными приспособлениями (табл. 101). Нельзя пользоваться подъемными и транспортными механизмами меньшей грузоподъемности, чем это требуется. К выполнению такелажных, а также транспортных работ нельзя допускать неквалифицированный и необученный персонал.

При работе с подъемно-транспортными механизмами (кранами, кран-балками, электроталями и др.) необходимо следить, чтобы груз не переносили над людьми, оповещать сигналом о движении груза, не оставлять груз висящим на крюке дольше, чем это необходимо для выполнения операции.

Таблица 101. **Нормы и сроки испытаний подъемных механизмов и приспособлений**

Наименование механизмов, приспособлений	Испытательная нагрузка, Н				Продолжительность статических испытаний, мин	Периодичность испытания
	при приемочных испытаниях и после капитального ремонта		при периодических испытаниях			
	статическая	динамическая	статическая	динамическая		
Лебедки ручные Тали		$1{,}1 \cdot P_н$		$P_н$		1 раз в год
Домкраты	$1{,}25P_н$		$1{,}1P_н$		10	
Канаты (тросы) стальные Канаты пеньковые, хлопчатобумажные, капроновые Стропы, скобы, кольца и т. п.		—		—		1 раз в 6 мес.
Предохранительные пояса, страхующие канаты	3000		2250		5	
Монтерские когти	1000		1350			
Лестницы деревянные	1200—2000		1000—1800		2	1 раз в год

Примечание. $P_н$ — допустимая рабочая нагрузка, Н

При поднятии груза за рамы последние следует предварительно тщательно осматривать. В местах, где канат касается острых углов или выступов машины, необходимо прокладывать подкладки из мягкого материала.

Требования безопасности при испытании электрической прочности изоляции

При всех операциях и испытаниях должно присутствовать не менее двух человек. Для высоковольтных испытаний необходимо иметь специальное помещение (камеру) или участок цеха, ограниченный постоянным сетчатым ограждением с запирающимися дверями. На участок высоковольтных испытаний допускают лишь лиц, имеющих на это специальное разрешение. Пол должен быть покрыт электроизоляционным материалом или резиновыми ковриками (дорожками). Все испытания можно проводить только в резиновых перчатках и галошах. На распределительном щите необходимо иметь автоматическую защиту и сигнальные приборы, оповещающие о

нахождении установки под напряжением. Такой же световой сигнал (красный) должен быть установлен над дверью камеры.

При испытании электрической прочности изоляции в цеху переносной высоковольтной установкой необходимо строго соблюдать все требования техники безопасности, а именно: ограждать места испытаний; дежурить около места работ (чтобы не допускать к месту испытания посторонних лиц); вывешивать предупредительные знаки; проводить испытания могут только специально допущенные к работе с высоковольтными установками лица; применять основные защитные средства — резиновые перчатки, галоши, коврики или дорожки.

Для измерения сопротивления изоляции и коэффициента абсорбции электрооборудования широко применяют мегаомметры. Выбор типа мегаомметра зависит от параметров измеряемого электрооборудования и производится как по предельному измерению, так и по напряжению. Присоединение мегаомметра к испытуемому объекту выполняют гибкими проводами (марки ПРГ), имеющими на концах щупы с изолированными рукоятками и ограничительным кольцом по технике безопасности. Испытуемый объект перед началом работы отключают от сети и принимают меры, исключающие возможность подачи сетевого напряжения при испытании.

По окончании измерения сопротивления изоляции каждой электрически независимой цепи необходимо разряжать ее на заземленный корпус машины. При этом для обмоток на номинальное напряжение 3000 В и выше продолжительность разряда должна быть для машин мощностью до 1000 кВт (или 1000 кВ · А) не менее 15 с и для машин мощностью более 1000 кВт (или 10 000 кВ · А) — не менее 1 мин. В практике время разряда принимают 2—3 мин. По окончании измерения сопротивления изоляции всех обмоток машины нужно повторно проверить исправность мегаомметра.

Сопротивление изоляции зависит от температуры обмотки, и с увеличением температуры оно резко уменьшается. Можно считать, что сопротивление изоляции меняется примерно в 2 раза за каждые 20°С изменения температуры.

Опыт наладки новых электрических машин, вводимых в эксплуатацию, показал, что сопротивление изоляции, измеренное при температуре около 20°С, находится в пределах 5—100 МОм.

Для обмоток электродвигателей переменного тока допустимые значения сопротивления изоляции, МОм, при рабочей температуре электрической машины около 70°С определяют по формуле

$$R_{из} \geq \frac{U_{ном}}{1000 + 0{,}01\,S_{ном}},$$

где $U_{ном}$ — номинальное напряжение обмотки электродвигателя, В;

$S_{ном}$ — номинальная мощность машины, кВ · А (для машин постоянного тока, кВт).

Сопротивление изоляции электрических машин не нормируется, но должно быть не ниже 0,5 МОм при температуре 10—30°С для новых машин напряжением 2 кВ и выше или мощностью более 1000 кВт, а для машин, бывших в эксплуатации, 0,2 МОм.

О качестве состояния изоляции машин судят не только по абсолютному значению сопротивления изоляции, но и по характеру изменений сопротивления изоляции во времени, т. е. по снятым кривым абсорбции, которые представляют собой зависимость сопротивления изоляции от времени приложения выпрямленного напряжения в процессе измерений, обусловленному изменением тока абсорбции.

Физический смысл тока абсорбции состоит в явлении постепенной внутренней поляризации слоистых диэлектриков, которые применяют для выполнения изоляции электрических машин и трансформаторов, при длительном приложении к ним выпрямленного напряжения. С увеличением заряда ток абсорбции в слоистом диэлектрике снижается, а сопротивление изоляции увеличивается.

С целью выявления сосредоточенных дефектов изоляции электроустановки подвергают через определенные сроки, указанные в ПТЭ, испытаниям повышенным напряжением промышленной частоты. Это позволяет выявить трещины, изломы, расслоения, воздушные пузырьки на изоляции и т. п., не обнаруживаемые при осмотре. Испытание изоляции обмоток электрических машин мощностью до 1000 кВт производится испытательным напряжением 1000 В плюс двукратное номинальное напряжение при температурном состоянии, близком к рабочему. Испытательное напряжение поднимают постепенно или ступенями 5 % его окончательного значения (рис. 22.1). Испытания начинают от напряжения, близкого к номинальному, и за 10 сек. поднимают до испытательного. Полное испытательное напряжение выдерживают 1 мин и плавно снижают до 1/3 его значения, а затем полностью отключают. Изоляция считается нормальной, если не произошло ее пробоя.

Для испытания изоляции обмоток машин на электрическую прочность в настоящее время применяют аппараты высокого напряжения:

1. Аппарат типа АИИ-70 предназначен для испытания электрической прочности изоляции элементов электроустановок переменным или постоянным током высокого напряжения.

Прежде чем приступить к испытаниям аппаратом АИИ-70, необходимо заземлить заземляющую штангу, трансформатор высокого напряжения и кенотронную приставку медным проводом сечением не менее 4 мм^2.

Переключения на стороне высокого и низкого напряжения

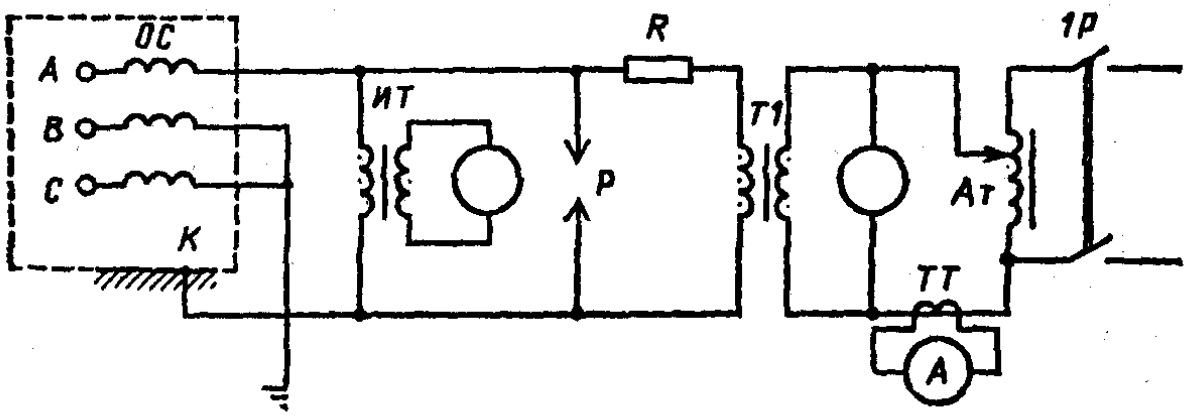


Рис. 22.1. Схема испытания изоляции обмоток электрических машин повышенным напряжением переменного тока промышленной частоты:

ОС — обмотка статора; *ИТ* — измерительный трансформатор; *Т* — испытательный трансформатор; $A_т$ — регулировочный автотрансформатор; *Р* — разрядник; *R* — токоограничивающий резистор 25—50 кОм; *А* — измерительный прибор; *ТТ* — трансформатор тока; *К* — корпус аппарата, изоляция которого испытывается

аппарата производят после отключения аппарата от сети при надежном заземлении высококовольтных частей. Все испытания высоким напряжением производят стоя на резиновом коврике, в

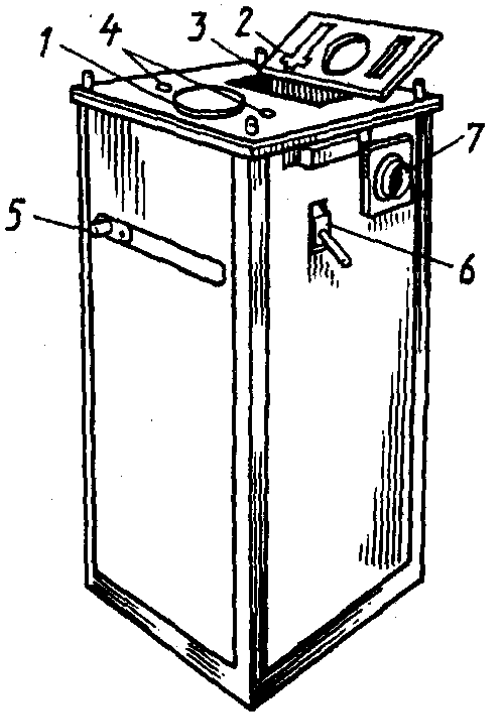


Рис. 22.2. Внешний вид маслопробойного аппарата АМИ-60:

1 — киловольтметр; *2* — дверные контакты; *3* — отверстие для установки сосуда; *4* — сигнальные лампы; *5* — рукоятка регулирующего трансформатора; *6* — автоматический выключатель; *7* — отверстие для кабеля

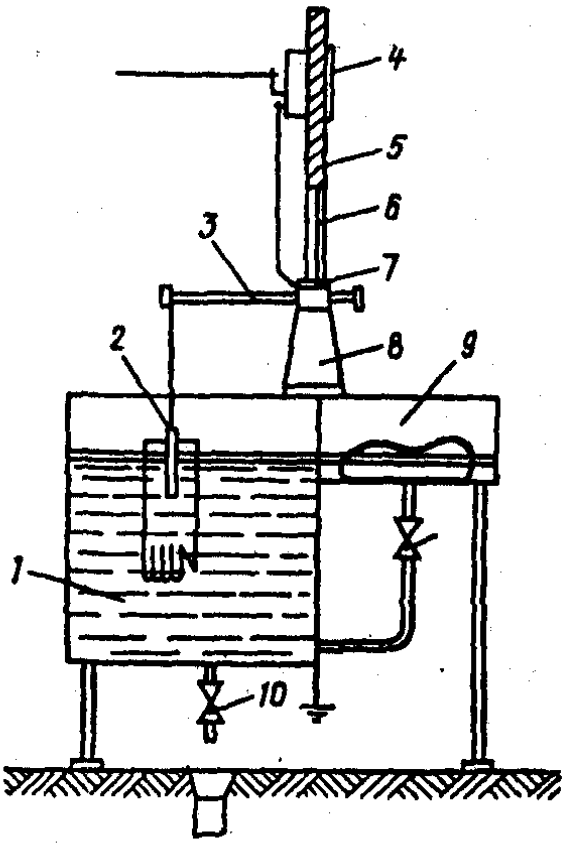


Рис. 22.3. Ванна для испытания бот, галош, перчаток:

1 — отсек для испытания перчаток и бот; *2* — зажим-электрод; *3* — перекидной шинопровод; *4* — миллиамперметр; *5* — плита; *6* — рама; *7* — изоляционная планка; *8* — изоляторы; *9* — отсек для испытания галош; *10* — кран

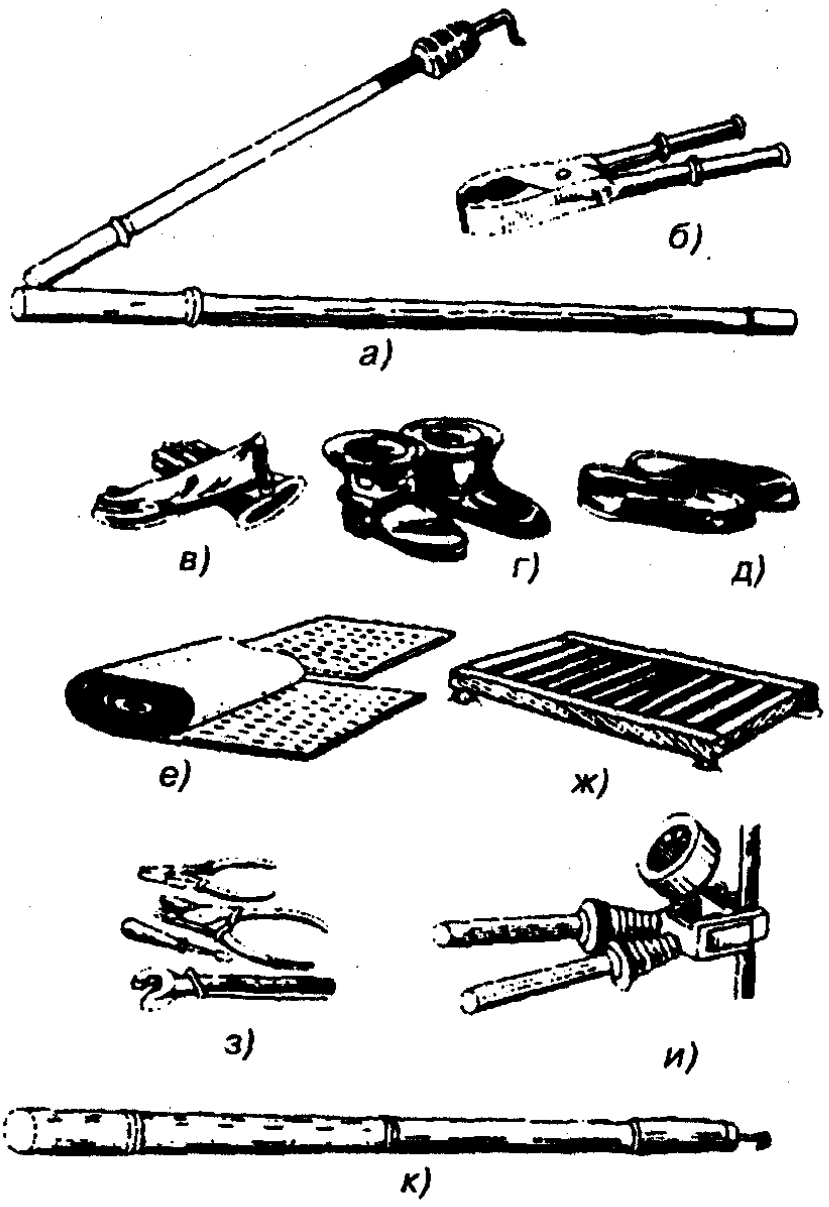


Рис. 22.4. Защитные средства:

а — штанга; *б* — клещи; *в* — диэлектрические перчатки; *г* — боты; *д* — галоши; *е* — коврики и дорожки резиновые; *ж* — подставки; *з* — монтерские инструменты с изолированными ручками; *и* — токоизмерительные клещи; *к* — указатель напряжения

резиновых перчатках. Место испытания вместе с объектом испытания должно быть огорожено, должны быть вывешены предупреждающие плакаты по технике безопасности.

В настоящее время нашей промышленностью освоен выпуск аппаратов типа АИИ-80, которые отличаются от АИИ-70 тем, что обеспечивают возможность получения переменного испытательного напряжения до 80 кВ, и его плавное регулирование.

2. Аппарат типа АКИ-50 предназначен для испытания изоляции высокого напряжения электрооборудования выпрямленным напряжением.

3. Аппарат АМИ-60 (рис. 22.2) предназначен для определения электрической прочности жидких диэлектриков на переменном токе и может быть использован для испытания повышенным на-

пряжением подстанционной аппаратуры, а при наличии выпрямительной приставки — и для испытания выпрямленным напряжением изоляции электрических машин.

Часть защитных средств можно быстро и надежно испытать с помощью установки, изображенной на рис. 22.3. Металлическая ванна с двумя отсеками 1; 9 позволяет одновременно испытывать шесть единиц защитных средств. Токи утечки контролируются миллиамперметрами 4 со шкалой 0—20 мА, смонтированными над ванной.

При эксплуатации электроустановок широко используются защитные средства, приведенные на рис. 22.4.

Контрольные вопросы

1. Как влияет на организм величина и время прохождения тока через тело человека?

2. Какие организационные мероприятия по ТБ применяют при обслуживании электроустановок?

3. Какие технические мероприятия по ТЮ применяют при обслуживании электроустановок?

4. Какие требования безопасности выполняют при обслуживании КТП?

5. Какие меры безопасности применяют при обслуживании электродвигателей?

6. Какие аппараты используют для испытания изоляции электрических машин, сетей и аппаратов?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев А.Г.* Экономика, организация и планирование производства электромонтажных работ. М., 1983.

2. *Бредихин А.Н., Хачатрян С.С.* Справочник молодого электромонтажника распределительных устройств и подстанций. М., 1989.

3. *Гусев Ю.Н., Ушаков В.П., Чесноков Н.М.* Средства и устройства безопасности для работ в электроустановках. М., 1988.

4. *Живов М.С.* Справочник молодого электромонтажника. 3-е изд. М., 1990.

5. Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений (СНиП 11.01.95). М., 1995.

6. *Каминский М.Л.* Электрические машины. М., 1990.

7. *Каминский М.Л., Антонов А.И., Кожемякин В.А., Благов В.Л.* Монтаж электрических машин на бетонных фундаментах без устройства анкерных колодцев. Монтажные и специальные строительные работы. Науч.-техн. реф. сб. Сер. II. Монтаж и наладка электрооборудования. 1982. Вып. II. С. 6—9.

8. *Коптев А.А.* Кабельные сети. М., 1990.

9. *Корнилович О.П.* Техника безопасности при электромонтажных и наладочных работах. 2-е изд. М., 1987.

10. *Крупович В.И. и др.* Проектирование и монтаж промышленных электрических сетей. М., 1971.

11. Правила устройства электроустановок. 6-е изд., перераб. и доп. М., 1998.

12. Правила безопасности при работе с инструментом и приспособлениями. М., 1986.

13. Нормативные документы в строительстве (СНиП 1.01.01—82, СНиП 1.01.83, СНиП 1.01.03—83) М., 1983.

14. Система нормативных документов в строительстве СНиП11-01—95, СП11-101—95. М., 1995.

15. *Соколов Б.А., Соколова Н.Б.* Монтаж электрических установок. 3-е изд., М., 1991.

16. *Сибикин Ю.Д., Яшков В.А.* Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электроустановок предприятий нефтяной промышленности. М., 1985.

17. *Сибикин Ю.Д.* Безопасность труда электромонтера по обслуживанию электрооборудования. М., 1992.

18. Электротехнические устройства (СНиП 3.05.06—85). М., 1986.

19. *Сибикин Ю.Д.* Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий. М.: Академия, 2000.

20. *Сибикин Ю.Д.* и др. Технология электромонтажных работ. М., 1999.

21. *Малахов М.В.* и др. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт промышленных роботов. М., 1989.

22. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. г. Спас-Клепики, 2001.

23. Правила применения и испытания средств защиты в электроустановках, технические требования к ним. М., 1993.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

РАЗДЕЛ 1. МОНТАЖ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СЕТЕЙ 4

Глава 1. **Общие сведения** 4

§ 1. Роль электрификации в развитии России 4
§ 2. Нормативные документы электромонтажника 6
§ 3. Классификация помещений и электроустановок 7
§ 4. Рабочая документация электромонтажника 12
§ 5. Буквенные и графические обозначения в электрических схемах . 14
§ 6. Индустриализация электромонтажных работ 28
§ 7. Проект подготовки и производства электромонтажных работ (ППР) 30
§ 8. Организация рабочих мест электромонтажников 33
§ 9. Сведения об электромонтажных изделиях 35
§ 10. Инструмент, приспособления и механизмы, используемые электромонтажниками 41

Глава 2. **Технологические приемы получения контактных соединений** 49

§ 11. Технология контактных соединений электросваркой 49
§ 12. Технология контактных соединений термитной и пропано-кислородной сваркой 54
§ 13. Соединения стальных заземляющих проводников 57
§ 14. Технология соединения пластмассовых оболочек кабелей 57
§ 15. Технология контактных соединений опрессованием 58
§ 16. Технология контактных соединений пайкой 63

Глава 3. **Технология монтажа устройств заземления и защиты** 66

§ 17. Заземление и защитные меры безопасности 66
§ 18. Технология выполнения работ по устройству заземления 72

Глава 4. **Технология монтажа электропроводок** 77

§ 19. Виды электропроводок 77
§ 20. Технология монтажа открытых электропроводок 80
§ 21. Технология монтажа скрытых электропроводок 89
§ 22. Технология монтажа электропроводок на лотках и в коробах . . 91
§ 23. Технология монтажа электропроводок в трубах 94

Глава 5. **Технология монтажа установок электрического освещения** 102

§ 24. Электрические источники света 102
§ 25. Осветительная арматура 106
§ 26. Технология монтажа светильников общего применения 108
§ 27. Технология монтажа взрывозазищенных светильников 112
§ 28. Технология монтажа электроустановочных устройств 115

Глава 6. **Технология монтажа распределительных устройств напряжением до 1 кВ** 117

§ 29. Общие требования к установке приборов, аппаратов, конструкций распределительных устройств, прокладке шин, проводов и кабелей 117
§ 30. Технология монтажа аппаратов и распределительных устройств в электропомещениях, производственных помещениях и на открытом воздухе 130

§ 31. Технология монтажа шинопроводов напряжением до 1 кВ . . . 136
Глава 7. **Технология монтажа кабельных линий** 142
§ 32. Классификация кабелей и кабельных сетей по конструктивным признакам 142
§ 33. Технология монтажа кабельных линий 151
§ 34. Технология разделки концов кабелей 161
§ 35. Технология монтажа соединительных муфт на кабелях напряжением до 10 кВ 169
§ 36. Технология монтажа концевых муфт наружной установки на кабелях напряжением до 10 кВ 172
§ 37. Технология монтажа концевых муфт и заделок внутренней установки на кабелях напряжением до 10 кВ 176
Глава 8. **Технология монтажа воздушных линий электропередачи** 182
§ 38. Воздушные линии электропередачи напряжением до 10 кВ . . . 182
§ 39. Технология монтажа линий электропередачи напряжением до 1 кВ 186
§ 40. Технология монтажа линий электропередачи напряжением до 10 кВ 190
Глава 9. **Технология монтажа распределительных устройств напряжением выше 1 кВ** 194
§ 41. Оборудование комплектных распределительных устройств внутренней установки 194
§ 42. Комплектные распределительные устройства наружной установки 199
§ 43. Технология монтажа комплектных распределительных устройств внутренней установки 201
§ 44. Технология монтажа комплектных распределительных устройств наружной установки (КРУН) 204
§ 45. Технология монтажа вторичных цепей 207
Глава 10. **Технология монтажа комплектных трансформаторных подстанций** 212
§ 46. Комплектные трансформаторные подстанции внутренней установки 212
§ 47. Комплектные трансформаторные подстанции наружной установки 213
§ 48. Технология монтажа комплектных трансформаторных подстанций 214
Глава 11. **Технология монтажа оборудования открытых распределительных устройств и подстанций на напряжение до 110 кВ** 219
§ 49. Оборудование открытых распределительных устройств и подстанций 219
§ 50. Технология монтажа оборудования открытых распределительных устройств и подстанций 225
Глава 12. **Технология монтажа электрических машин** 238
§ 51. Электрические машины 238
§ 52. Технология монтажа электрических машин, прибывающих с заводов-изготовителей в собранном виде 244
§ 53. Технология монтажа электрических машин, прибывающих с заводов-изготовителей в разобранном виде 253
§ 54. Технология монтажа взрывозащищенных электродвигателей . . 258
Глава 13. **Технология монтажа конденсаторных установок** 263
§ 55. Общие сведения о конденсаторных установках и схемах их соединения 263
§ 56. Защита и монтаж конденсаторных установок 266

РАЗДЕЛ 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СЕТЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ . . 269

Глава 14. **Структура эксплуатационного обслуживания электроустановок** . . 269

§ 57. Общие сведения о правилах устройства и технической эксплуатации электроустановок 269
§ 58. Система планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта (ППТОР) 274
§ 59. Формы эксплуатации электроустановок и типовые структуры отдела Главного энергетика 278

Глава 15. **Организация технического обслуживания электроустановок** . . . 282

§ 60. Задачи и ответственность электротехнического персонала 282
§ 61. Квалификационная характеристика электромонтеров 286
§ 62. Обучение персонала 287
§ 63. Обязанности и виды работ, выполняемых электромонтером . . . 290
§ 64. Организация рабочего места дежурного электромонтера 296
§ 65. Научная организация труда электромонтера 298
§ 66. Техническая документация электрохозяйства 302
§ 67. Средства электрических измерений и методы контроля температуры электроустановок 303

РАЗДЕЛ 3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК 313

Глава 16. **Техническое обслуживание электрических сетей** 313

§ 68. Обслуживание воздушных линий напряжением до 1000 В 313
§ 69. Обслуживание воздушных линий напряжением до 10 кВ 315
§ 70. Обслуживание цеховых электрических сетей напряжением до 1000 В 317
§ 71. Обслуживание кабельных линий 319

Глава 17. **Техническое обслуживание электроустановок общепромышленного применения** 325

§ 72. Обслуживание электрических машин 325
§ 73. Обслуживание силовых трансформаторов и КТП 343
§ 74. Обслуживание распределительных устройств напряжением выше 1000 В 350
§ 75. Обслуживание распределительных устройств напряжением до 1000 В 352
§ 76. Обслуживание релейной защиты, электроавтоматики, телемеханики и вторичных цепей РЗАиТ 356

Глава 18. **Техническое обслуживание электроустановок специального назначения** 358

§ 77. Обслуживание электроосветительных установок 358
§ 78. Обслуживание конденсаторных установок 362
§ 79. Обслуживание электроизмерительных приборов 364

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ 367

Глава 19. **Ремонт электрических сетей** 367

§ 80. Ремонт воздушных линий электропередач напряжением выше 1000 В 367
§ 81. Ремонт воздушных линий электропередач напряжением до 1000 В 372
§ 82. Ремонт кабельных линий 374

Глава 20. **Ремонт электрооборудования и установок** 382
§ 83. Ремонт силовых трансформаторов 382
§ 84. Ремонт электрических машин 390
§ 85. Ремонт электрических аппаратов РУ и установок напряжением выше 1000 В 415
§ 86. Ремонт электрической аппаратуры РУ и установок напряжением до 1000 В 427
РАЗДЕЛ 5. ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ 434
Глава 21. **Испытание электроустановок** 434
§ 87. Объем и нормы испытаний 434
§ 88. Испытательные станции ЭРЦ 440
§ 89. Методы испытаний трансформаторов 441
Глава 22. **Основные правила техники безопасности** 444
§ 90. Общие положения по технике безопасности 444
§ 91. Безопасные методы обслуживания комплектных распределительных устройств (КРУ) 447
§ 92. Безопасные методы работы на коммутационных аппаратах . . . 449
Рекомендуемая литература 458

Учебное издание

Сибикин Юрий Дмитриевич,
Сибикин Михаил Юрьевич

МОНТАЖ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И УСТАНОВОК

Редактор *Л.А. Савина*
Художник *А.А. Евдокимова*
Художественный редактор *З.Е. Анфиногенова*
Технический редактор *Н.В. Быкова*
Компьютерная верстка *С.Н. Луговая*
Корректор *О.Н. Шебашова*
Оператор *М.Н. Паскарь*

Лицензия ИД № 06236 от 09.11.01.
Изд. № НП-30. Сдано в набор 11.12.01. Подп. в печать 20.09.02.
Формат 60 x $88^{1}/_{16}$. Бум. офсетн. Гарнитура «Таймс». Печать офсетная.
Объем 28,42 усл. печ. л. 28,92 усл.-кр. отт. 28,83 уч.-изд. л.
Тираж 6 000 экз. Зак. № 2363.

ФГУП «Издательство «Высшая школа»,
127994, Москва, ГСП-4, Неглинная ул., 29/14.
Тел.: (095) 200-04-56
E-mail: info@v-shkola.ru http://www.v-shkola.ru

Отдел реализации: (095) 200-07-69, 200-59-39, факс: (095) 200-03-01.
E-mail: sales@v-shkola.ru

Отдел «Книга-почтой»: (095) 200-33-36. E-mail: bookpost@v-shkola.ru

Набрано на персональных компьютерах издательства.

Отпечатано в ФГУП ордена «Знак Почета»
Смоленской областной типографии им. В.И. Смирнова.
214000, г. Смоленск, пр-т им. Ю. Гагарина, 2.