ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Ю. Д. СИБИКИН, М. Ю. СИБИКИН

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ, РЕМОНТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СЕТЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Учебник

Допущено
Министерством образования Российской Федерации
в качестве учебника для учреждений
начального профессионального образования

Допущено
Министерством образования Российской Федерации
в качестве учебного пособия для студентов учреждений среднего профессионального образования, обучающихся по специальности 1806 «Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт электрического и электромеханического оборудования»

Москва
ACADEMIA
2004

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . 3
Введение . . . 4
Глава 1. Слесарные и слесарно-сборочные работы . . . 7
Типовые слесарные операции, применяемый инструмент и приспособления, рабочее место электромонтера . . . 7
Типовые соединения, применяемые в электроустановках . . . 17
Методы и средства контроля размеров и качества сборки . . . 25
Размерная слесарная обработка деталей . . . 31
Глава 2. Допуски, посадки и технические измерения . . . 41
Шероховатости поверхностей . . . 41
Допуски и посадки . . . 43
Отклонения и допуски. Нормы и расположения поверхностей и профилей . . . 47
Погрешности и методы их измерения . . . 50
Глава 3. Сведения из технической механики . . . 53
Кинематика механизмов . . . 53
Общие сведения о схемах соединения составных частей изделия . . . 54
Кинематические схемы . . . 55
Гидравлические и пневматические схемы . . . 59
Глава 4. Порядок подготовки и проведения электромонтажных работ . . . 61
Нормативные документы электромонтажника . . . 61
Рабочая документация электромонтажника . . . 62
Требования к зданиям и сооружениям, сдаваемым в электромонтаж . . . 63
Индустриализация электромонтажных работ . . . 67
Материалы, изделия, инструмент, приспособления и механизмы, используемые при электромонтажных и ремонтных работах . . . 71
Сведения об электромонтажных изделиях . . . 77
Инструмент, приспособления и механизмы, используемые электромонтажниками . . . 78
Глава 5. Основы такелажных работ . . . 85
Общие требования к механизмам и приспособлениям для такелажных работ . . . 85
Канаты стальные, пеньковые, льняные, копроновые и цепи . . . 86
Такелажная оснастка и строповка грузов . . . 89
Грузоподъемные машины и механизмы . . . 96

Глава 6. Организация технического обслуживания и ремонта электроустановок и контроль их состояния 103
Организация технического обслуживания и ремонта электроустановок 103
Измерительные приборы 116
Методы контроля температуры электроустановок . . . 124
Обслуживание электроизмерительных приборов 127
Электрические схемы и способы их изображения . . . 128
Глава 7. Источники электросиабжения, осветительные электроустановки 130
Общие сведения об электрических системах, сетях и источниках электроснабжения 130
Напряжения и способы выполнения электрических сетей 132
Электрические источники света 134
Осветительная арматура 137
Технология монтажа и ремонта светильников общего применения 139
Технология монтажа и ремонта взрывозащищенных светильников 142
Технология монтажа и ремонта электроустановочных устройств и схемы питания освещения 144
Обслуживание электроосветительных установок 148
Глава 8. Цеховые электрические сети 150
Виды электропроводок 150
Технология монтажа и ремонта открытых электропроводок 153
Технология монтажа скрытых электропроводок 161
Технология монтажа и ремонта электропроводок на лотках и в коробах 163
Технология монтажа и ремонта электропроводок в трубах 166
Схемы распределительных цеховых электросетей 173
Выполнение сетей шинопроводами 176
Электрические сети подъемно-транспортных устройств 178
Техническое обслуживание цеховых электрических сетей напряжением до 1000 В 181
Глава 9. Кабельные линии электропередачи 184
Классификация кабелей и кабельных сетей по конструктивным признакам 184
Технология монтажа кабельных линий 191
Технология разделки концов кабелей 201
Технология монтажа и ремонта соединительных муфт на кабелях напряжением до 10 кВ 208

Технология монтажа и ремонта концевых муфт наружной установки на кабелях напряжением до 10 кВ . . 211
Технология монтажа и ремонта концевых муфт и заделок внутренней установки на кабелях напряжением до 10 кВ 214
Техническое обслуживание кабельных линий 219
Ремонт кабельных линий 223
Глава 10. Воздушные линии электропередачи 227
Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1000 В 227
Технология монтажа линий электропередачи напряжением до 1000 В 230
Технология монтажа линий электропередачи напряжением выше 1000 В 233
Техническое обслуживание воздушных линий напряжением до 1000 В 236
Ремонт воздушных линий электропередачи напряжением до 1000 В 238
Техническое обслуживание воздушных линий напряжением выше 1000 В 239
Ремонт воздушных линий электропередачи напряжением выше 1000 В 241
Глава 11. Пускорегулирущая аппаратура и распределительные устройства напряжением до 1000 В 245
Пусковые и регулирующие аппараты напряжением до 1000 В 245
Размещение аппаратов управления и распределительных устройств напряжением до 1000 В 253
Техническое обслуживание распределительных устройств напряжением до 1000 В 256
Ремонт электрической аппаратуры и установок напряжением до 1000 В 260
Глава 12. Электрические машины 265
Общие сведения об электрифицированном промышленном оборудовании 265
Асинхронные и синхронные электродвигатели 266
Синхронные генераторы 271
Электрические машины постоянного тока 273
Техническое обслуживание электрических машин . . 277
Ремонт электрических машин 292
Объем и нормы испытаний электрических машин . . 314
Глава 13. Трансформаторы 317
Силовые трансформаторы и автотрансформаторы . . 317
Техническое обслуживание силовых трансформаторов . 327
Ремонт силовых трансформаторов 331
Методы испытаний трансформаторов 339

Глава 14. Распределительные устройства и аппараты напряжением выше 1000 В . . . 342
Оборудование комплектных распределительных устройств внутренней установки . . . 342
Комплектные распределительные устройства наружной установки . . . 346
Технология монтажа комплектных распределительных устройств внутренней установки . . . 347
Технология монтажа комплектных распределительных устройств наружной установки (КРУН) . . . 350
Технология монтажа вторичных цепей . . . 353
Техническое обслуживание распределительных устройств и измерительных трансформаторов . . . 357
Ремонт электрических аппаратов РУ и установок напряжением выше 1000 В . . . 358
Ремонт основных аппаратов РУ и установок напряжением выше 1000 В . . . 358
Испытания электроаппаратов распределительных устройств напряжением выше 1000 В . . . 364
Глава 15. Трансформаторные подстанции . . . 367
Устройство подстанций . . . 367
Действия персонала при аварийных ситуациях . . . 372
Техническая документация на подстанциях . . . 373
Особенности технического обслуживания и ремонта комплектных трансформаторных подстанций . . . 374
Глава 16. Защитные меры электробезопасности . . . 377
Электротравматизм и его предотвращение . . . 377
Классификация защитных средств, периодичность их испытаний и осмотров . . . 381
Правила пользования защитными средствами . . . 384
Защитное заземление . . . 389
Осмотр и переключения в схемах электроустановок . . . 395
Производство работ в действующих электроустановках . . . 397
Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ при частичном или полном снятии напряжения . . . 398
Организационные мероприятия . . . 404
Глава 17. Охрана труда и окружающей среды . . . 408
Общие сведения об охране труда и производственной санитарии . . . 408
Первая помощь при поражении электрическим током . . . 410
Общие сведения об окружающей среде . . . 415
Влияние энергетики на биосферу . . . 416
Охрана окружающей среды в России . . . 418
Пожарная безопасность . . . 420
Список литературы . . . 423

УДК 621.3.004.5(075.32)
ББК 31.2-08я722
С34

Рецензент –
д-р техн. наук, преподаватель Московского государственного заочного профессионально-педагогического колледжа *В.Я.Давыдов*

Сибикин Ю.Д.

С34 Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий: Учеб. для нач. проф. образования: Учеб. пособие для сред. проф. образования / Ю.Д.Сибикин, М.Ю.Сибикин. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 432 с.

ISBN 5-7695-1425-6

В учебнике приведены общие сведения о материалах, инструментах, приспособлениях и механизмах, используемых электромонтерами по ремонту и обслуживанию электрооборудования и сетей промышленных предприятий. Даны технические характеристики основных видов обслуживаемого оборудования, воздушных и кабельных линий, электроосветительных установок и цеховых электросетей. Рассмотрены способы и приемы технического обслуживания и ремонта электроустановок.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования и студентов учреждений среднего профессионального образования. Может быть полезен мастерам производственного обучения и при подготовке рабочих на производстве.

УДК 621.3.004.5(075.32)
ББК 31.2-08я722

© Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю., 2001
© ПрофОбрИздат, 2001
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2003

ISBN 5-7695-1425-6

ПРЕДИСЛОВИЕ

Электротехническая промышленность играет важную роль в решении задач электрификации, технического перевооружения всех отраслей народного хозяйства, механизации, автоматизации и интенсификации производственных процессов.

Объем производства электроэнергии в России к 2005 году превысит 1 трлн кВт/ч. Установленная электрическая мощность отдельных предприятий достигнет 3 млн кВт, а количество электрических машин на них – 100 тыс. шт. Годовое потребление электроэнергии на ряде предприятий уже сегодня превышает 5 млрд кВт/ч. За каждые 10 лет производство и потребление электроэнергии в мире увеличиваются примерно в два раза. Рост производительности труда, развитие энергоемких электротехнологических процессов, реализация мероприятий по охране окружающей среды, внедрение прогрессивных технологий приведут в период 1999–2010 гг. к дальнейшему повышению электровооруженности предприятий.

В этих условиях правильная организация труда электромонтера и грамотное ведение им эксплуатации электроустановок становятся весьма сложным и ответственным делом, так как любая ошибка эксплуатации может привести к значительным материальным ущербам, выводу из строя дорогостоящего оборудования, большим потерям продукции, нерациональному использованию электроэнергии.

Обслуживание электроустановок промышленных предприятий осуществляют сотни тысяч электромонтеров, от квалификации которых во многом зависит надежная и бесперебойная работа электроустановок. Персонал должен знать основные требования Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ и ПТБ), ГОСТов и других директивных материалов, а также устройство электрических машин, трансформаторов и аппаратов, умело использовать материалы, инструмент, приспособления и оборудование, применяемые при эксплуатации электроустановок.

В книге освещены основные вопросы и характерные особенности монтажа, технического обслуживания и ремонта электрооборудования и электросетей промышленных предприятий, а также технические характеристики новых электроустановок, необходимые при их эксплуатации.

В учебном пособии приведены также нормативные и справочные материалы, знание которых позволит реализовать комплекс основных мероприятий единой системы планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта электроустановок и обеспечить высокие эксплуатационные показатели их в течение всего межремонтного периода.

ВВЕДЕНИЕ

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.

В 1920 г. Всероссийский съезд Советов утвердил Государственный план электрификации России (ГОЭЛРО), который предусматривал в течение 10–15 лет строительство тридцати новых районных электростанций с объемом производства электроэнергии до 8,8 млрд кВт ч 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.

До 1960 г. мощность крупных генераторов тепловых электростанций (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 период рыночных реформ в России электроэнергетика, как и прежде, является важнейшей жизнеобеспечивающей отраслью страны. В ее составе свыше 700 электростанций общей мощностью 215,6 млн кВт.

Единая энергосистема России – один из крупнейших в мире высокоавтоматизированных электроэнергетических комплексов, обеспечивающих производство, передачу и распределение электроэнергии и централизованное оперативно-дисперческое управление этими процессами. В составе ЕЭС России паралельно работают около 450 крупных электростанций различной ведомственной принадлежности, суммарной мощностью более 200 млн кВт, а также имеется свыше 2,5 млн км линий электропередачи различных напряжений, в том числе 30 тыс. км системообразующих ЛЭП напряжением 500, 750, 1150 кВ.

Производство электрической энергии в России в 1998 г. составило 826 млрд кВтч.

По видам генерирующих мощностей и их ведомственной принадлежности структура производства электроэнергии выглядет так.

Структура производства электроэнергии, млрд кВтч/%

Производство электроинергии	1995 г.	1996 г.	1997 г.	1998 г.
Всего	860 100	847,2 100	834 100	826 100
В том числе: ТЭС	583,7 67,8	582,9 68,8	567,1 68,0	564 68,3
ГЭС	177,3 20,6	155,3 18,3	158,4 19,0	158,5 19,2
АЭС	99,5 11,6	109 12,9	108,5 13,0	103,5 12,5
Минтопэнерго России – всего	711,0	691,7	698,6	676,1
В том числе: ТЭС	534,6	537,4	521,1	518,6
ГЭС	176,4	154,3	157,5	157,5
Минатом России	99,5	108,8	108,3	103,5
Блок-станции	32,8	30,1	31,1	30,4
Прочие	16,7	16,6	16,0	16,0

Между генераторами электроэнергии на электрических станциях и электроприемниками у потребителей, преобразующими электроэнергию в другие виды энергии, находится сложный комплекс инженерных сооружений – электрические сети.

Электрическая сеть участвует в поддержании в пределах допустимых отклонений заданных уровней напряжения в различных точках сети и на зажимах электроприемников у потребителей при разнообразных режимах потребления позволяет резервировать источники питания и обеспечивать бесперебойное электроснабжение потребителей. Для выполнения этих функций сети содержат в своем составе воздушные и кабельные линии электропередачи, различные токопроводы, трансформаторные подстанции, распределительные устройства и коммутационные пункты, установки, генерирующие реактивную мощность и средства регулирования напряжения.

Промышленные предприятия, как правило, получают электроэнергию от подстанций районных энергосистем и имеют свои внутренние электрические сети, являющиеся продолжением сетей энергосистем. Они обеспечивают электроснабжение цехов и технологических агрегатов, отдельных электроприемников и подразделяются на межцеховые и внутрицеховые.

Небольшие предприятия получают питание от ближайших подстанций энергоситстем по одной-двум линиям 6–10 кВ и имеют простейшие внутренние сети. Ввиду большого количества таких небольших предприятий вопросы их рациональной эксплуатации являются весьма существенными.

Наиболее крупные предприятия обычно получают питание от одной или двух крупных подстанций при напряжении 110–500 кВ и в большинстве случаев имеют одну или две собственные тепловые элек-

тростанции. Мощность собственных электростанций на предприятиях достигает 110–150 МВт и обычно определяется потребностью в тепловой энергии для технологических нужд, необходимостью обеспечить бесперебойное электроснабжение наиболее ответственных потребителей (например водо- и газоснабжение предприятия и др.), а также недостаточной мощностью энергосистемы в данном районе, наличием вторичных продуктов производства (например, газов и т.п.), которые можно использовать на электростанции как топливо.

На крупном предприятии имется по существу своя небольшая по мощности местная энергосистема, связанная с районной линией электропередачи.

Кроме величины мощности такая местная энергосистема крупного предприятия отличается от районной еще и тем, что входящие в ее состав сети низкого напряжения переменного и постоянного тока играют ведущую роль при решении многих вопросов электроснабжения предприятия.

Наличие крупных преобразовательных установок с кремниевыми выпрямителями, значительных по величине потребителей с резкопеременной нагрузкой, большого количества электроприемников на низком напряжении, необходимость частых переключений в сетях и увязки вопросов электроснабжения с технологией производства создают свою специфику в техническом обслуживании и ремонте электрооборудования и сетей промышленных предприятий.

Все это требует от электротехнического персонала, занимающегося эксплуатацией электрооборудования и сетей промышленных предприятий, знаний широкого круга вопросов, изложенных в настоящей книге.

ГЛАВА 1. СЛЕСАРНЫЕ И СЛЕСАРНО-СБОРОЧНЫЕ РАБОТЫ

Типовые слесарные операции, применяемый инструмент и приспособления, рабочее место электромонтера

В соответствии со стандартом Российской Федерации ОСП9П002.020–97 слесарная подготовка является составной частью обучения электромонтеров по ремонту и техническому обслуживанию электрооборудования.

Наличие большого количества литературы по слесарному курсу, а именно: Ю.В.Корнилов «Слесарь-электромонтажник», В. А. Скакун «Руководство по обучению слесарному делу», Н.И.Макиенко «Общий курс слесарного дела» и др. позволило авторам в общеобразовательном блоке вопросов сосредоточить внимание на части программы, дающей электромонтерам общие сведения о типовых слесарных операциях, применяемом инструменте, допусках, посадках и технических измерениях, технической механики, электромонтажным и такелажным работам.

Технология выполнения многих слесарных операций подробно рассмотрена в профессиональном блоке вопросов и во избежание дублирования в главах 1–5 приведены только сведения, расширяющие кругозор электромонтеров и позволяющие им принимать правильные решения при проведении слесарно-сборочных работ на электрооборудовании и электрических сетях промышленных предприятий.

Обработку металлов, выполняемую с помощью ручного или механизированного слесарного инструмента, называют слесарными работами. Обычно они дополняют станочную механическую обработку или завершают изготовление изделий соединением деталей, сборкой электрических машин и аппаратов управления, а также их регулированием.

В современном электромашиностроении роль слесарных работ очень велика: ни одна электрическая машина, ни одно комплектное распределительное устройство или прибор, не могут быть собраны и отрегулированы без участия слесарей. Слесарные работы различных видов объединяет единая технология выполнения операций, к которым относят: *разметку, рубку, правку и гибку, резку, опиливание, сверление, зенкование и зенкерование, развертывание отверстий, нарезание резьбы, клепку, шабрение, распиливание и припасовку, притирку и доводку, пайку, лужение и склеивание.* Применение механизированного инструмента, приспособлений и станочного оборудования требует от электромонтеров знания и умения при выполнении некоторых слесарных операций на строгальных, шлифовальных, доводочных и других станках.

Заготовки, используемые при техническом обслуживании и ремонте электрооборудования в зависимости от назначения детали об-

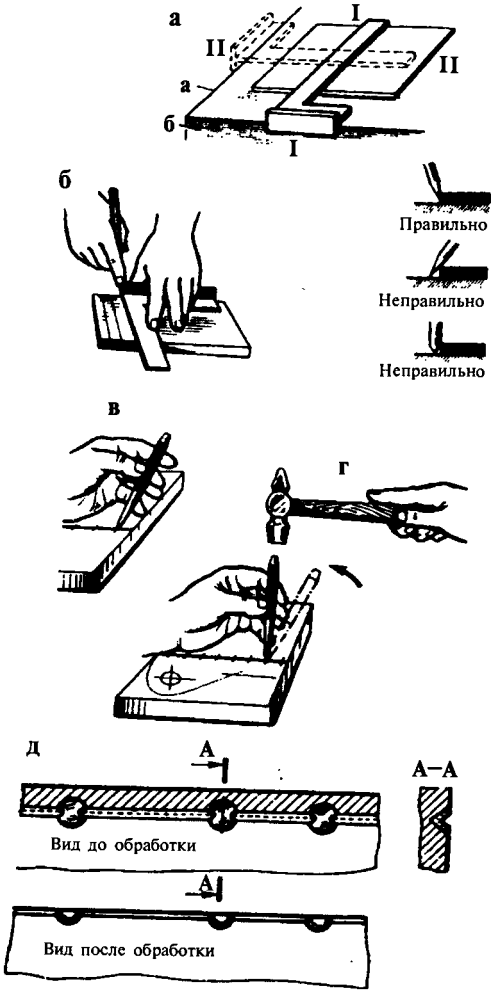


Рис. 1. Нанесение рисок и накернивание разметочных линий:
а – перпендикулярные риски; *б* – параллельные риски; *в* – установка кернера; *г* – кернение; *д* – вид разметки до и после обработки

рабатывают частично, полностью или применяют без обработки. При обработке с поверхности заготовки удаляют слой металла, в результате чего ее размер уменьшается. *Припуском* на обработку называют разность между размерами заготовки до и после ее обработки.

Операцию нанесения на обрабатываемую заготовку разметочных линий (рисок), которые определяют контур будущей детали или места, подлежащие обработке, называют *разметкой*. Точность разметки может составлять сотые доли миллиметра. Разметку выполняют, используя разметочные плиты, подкладки, поворотные приспособления, домкраты и др. Для плоскостной разметки применяют *чертилки* (иглы), изготавливаемые из инструментальной стали У10 или У12. На хорошо обработанной стальной поверхности для разметки используют чертилки из латуни, на алюминий риски наносят остро заточенным карандашом. Чертилки бывают круглыми, с отогнутым концом, со вставленной иглой и карманные (с убирающимся стержнем).

По предварительно размеченным линиям, чтобы они не стирались при обработке, с помощью *кернера* наносят углубления (керны) (рис. 1).

Кернер представляет собой стальной стержень диаметром 8, 10 или 12 мм и длиной соответственно 100, 125 или 160 мм, имеющий боек со сферической поверхностью. Для пространственной разметки заготовки используют *рейсмас*. Перед разметкой заготовку очищают от пыли и грязи, окалины и коррозии стальной щеткой, осматривают,

обнаруженные раковины, трещины и т.п., если возможно устраняют, используя чертеж размечаемой детали, намечают план ее разметки.

Далее выбирают базовые поверхности заготовки, от которых следует откладывать размеры в процессе разметки, подготавливают поверхность к окрашиванию (мелом разведенным в воде, сухим мелом, раствором медного купороса, быстросохнущими лаками и др.).

При нанесении разметочных рисок сначала проводят горизонтальные, затем вертикальные, после этого наклонные линии и дуги, закругления и окружности.

Для разметочных работ используют кернеры, специальные молотки (Гаврилова или Дубровина), шаблоны, образцы и другие инструменты и приспособления.

Слесарную операцию, при которой с поверхности заготовки удаляют слой металла или заготовку разрубают на части с помощью режущего (зубила, крейцмейселя и др.) и ударного (слесарного молотка) инструмента, называют *рубкой металла*. Перед рубкой заготовку закрепляют в тисках (рис. 2), Крупные заготовки рубят на плите или наковальне. Точность обработки при рубке может достигать 0,4–1 мм. За один рабочий ход зубилом при чистовой рубке снимают слой металла толщиной 0,5–1 мм, а при черновой рубке – 1,5–2 мм. Для рубки используют: зубило, крейцмейсель, канавочник. Зубила изготавливают из инструментальной стали (У7А, У8А, 7ХФ, 8ХФ) длиной 100, 125, 160 и 200 мм и шириной рабочей части соответственно 5, 10, 16 и 20 мм. *Крейцмейсель* это зубило с более узкой режущей кромкой, их изготавливают из тех же материалов, что и зубила, с такими же углами заострения режущих частей. Специальные *крейцмейсели-канавочники* служат для вырубания профильных канавок: полукруглых, двугранных и других форм.

Для ударных работ применяют *слесарные молотки* с круглыми или квадратными бойками, массой от 200 до 1000 г.

При рубке используют наиболее тяжелые и прочные тиски, зубило держат левой рукой за среднюю часть. При точных работах по зубилу наносят удары молотком за счет изгиба *кисти правой руки*. При срубании слоя металла средней толщины удары по зубилу наносят за счет сгибания *правой руки* в локте. При снятии толстого слоя металла применяют *плечевой удар*. Сила удара должна соответствовать характеру работы. Наиболее трудной операцией является рубка по разметочным рискам. Предварительно на заготовку наносят риски на расстоянии 1,5–2 мм одна от другой. На торцах делают фаски (скосы) под углом 45°. Это облегчает установку зубила и предупреждает откалывание края заготовки при рубке хрупких металлов.

При рубке заготовок из сплавов цветных металлов и меди рекомендуется режущую часть зубила смачивать мыльной водой, а при рубке алюминия – скипидаром. К ручному механизированному рубильному инструменту относят *пневматические и электрические молотки*.

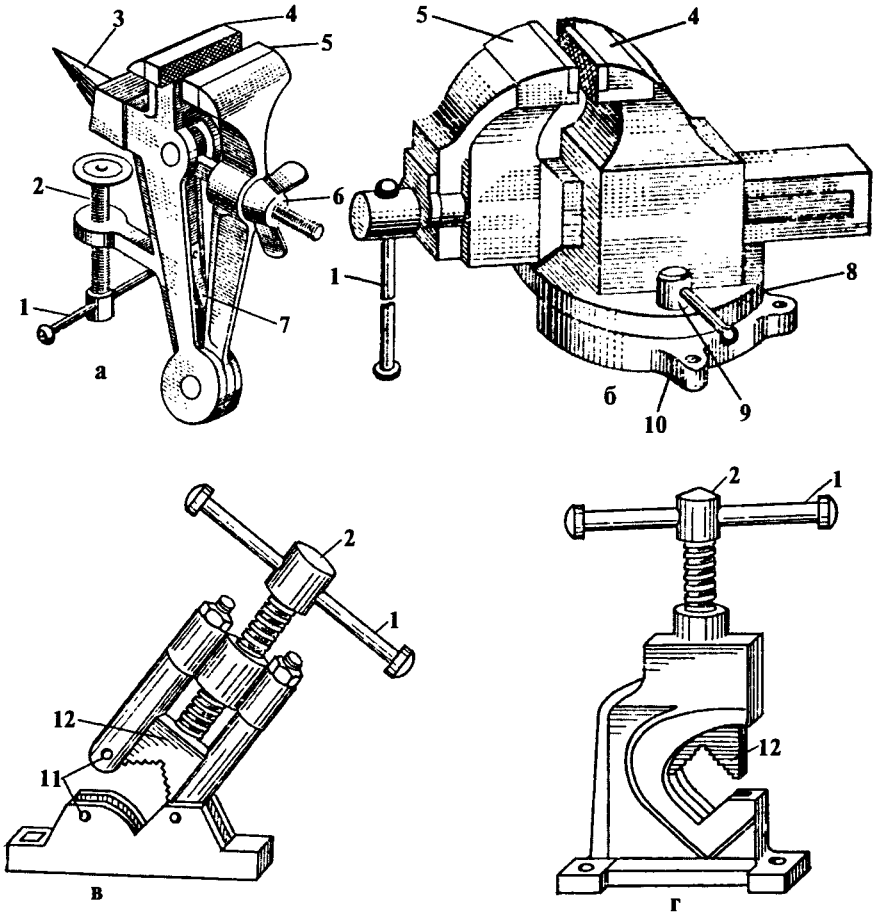


Рис. 2. Зажимы для обрабатываемых изделий:

а – тиски стуловые; *б* – тиски поворотные; *в* – прижим двухколонный откидной; *г* – прижим одноколонный: *1* – рычаг; *2* – прижимной винт; *3* – корпус; *4* – неподвижная губка; *5* – подвижная губка; *6* – барашек; *7* – пружина; *8* – поворотный круг; *9* – винт; *10* – нижняя плита; *11* – отверстия; *12* – зажимная призма

Слесарные операции по выправке металла, заготовок и деталей, имеющих вмятины, выпучины, коробления, волнистость и искривления называют *правкой и рихтовкой*. Эти операции имеют одинаковое назначение, но отличаются приемами выполнения и используемыми инструментами и приспособлениями (рис. 3).

Металл подвергают правке как в холодном, так и в горячем состоянии ручным способом на стальных или чугунных плитах или наковальнях. При машинной правке используют прессы или правильные вальцы.

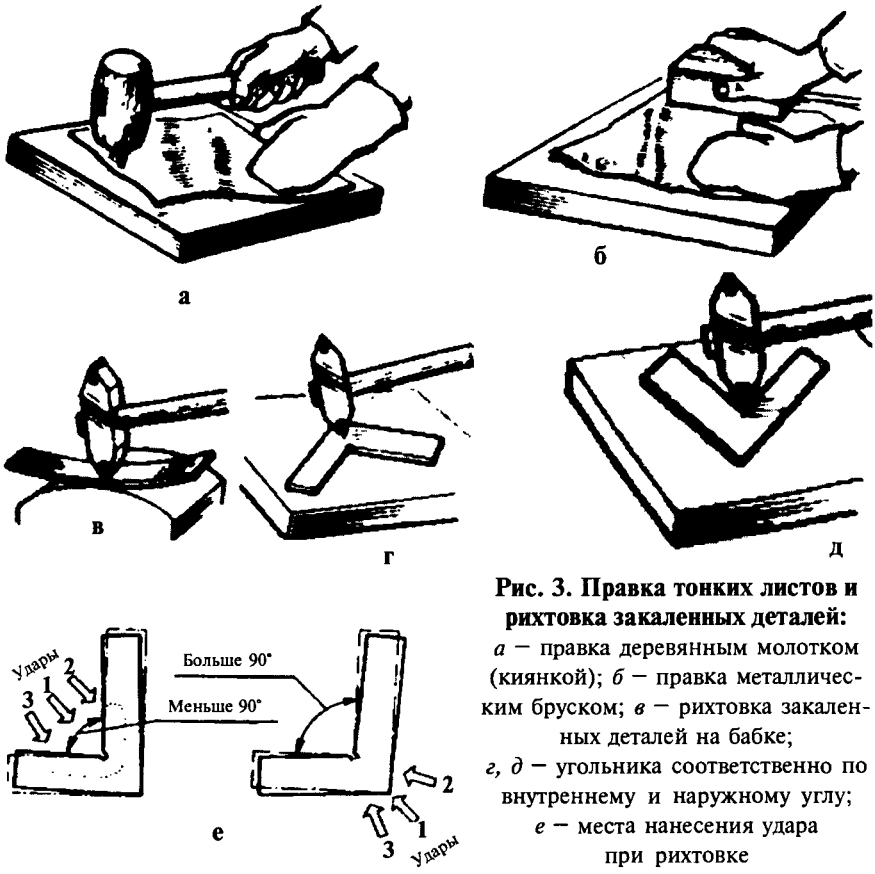


Рис. 3. Правка тонких листов и рихтовка закаленных деталей:
а – правка деревянным молотком (киянкой); *б* – правка металлическим бруском; *в* – рихтовка закаленных деталей на бабке; *г, д* – угольника соответственно по внутреннему и наружному углу; *е* – места нанесения удара при рихтовке

Для правки закаленных деталей используют *рихтовальные бабки.* Правку производят с помощью молотков с круглыми гладкими полированными бойками. Правку деталей и заготовок из цветных металлов или сплавов выполняют с помощью молотков со вставными бойками из мягких металлов.

При правке тонкого листового и полосового металла применяют деревянные или металлические *бруски – гладилки.* Кривизну деталей проверяют на глаз или по зазору между деталью и плитой, на которую она уложена.

При правке полосового металла его располагают на плите выпуклостью вверх и молотком наносят удары по выпуклым частям. После закалки стальные детали часто коробятся. Операцию устранения искривлений детали называют рихтовкой. Точность рихтовки может достигать 0,01–0,05 мм. Правку короткого пруткового материала производят на *призмах,* простых *прокладках* или *правильных плитах* нано-

ся удары молотком по искривлениям и выпуклым местам. Валы диаметром до 30 мм выправляют на *ручных прессах*.

Способ обработки металла давлением, при котором заготовке придается изогнутая форма, называют *гибкой*. Это одна из наиболее распространенных слесарных операций.

Сущность гибки заключается в том, что одна часть заготовки перегибается по отношению к другой на заданный угол (рис. 4). Сортовой и полосовой металл с разными радиусами кривизны гнут на трех- и четырехроликовых станках. Трубы изгибают по дуге различного радиуса в холодном и горячем состоянии.

Трубы диаметром до 15 мм в холодном состоянии гнут с помощью различных приспособлений (плит с отверстиями, в которые вставляют штыри, служащие упорами при гибке), а диаметром до 40 мм (с большими радиусами кривизны – используя простые ручные приспособления с неподвижной оправкой. Медные и латунные трубы перед гибкой в холодном состоянии отжигают при темпера-

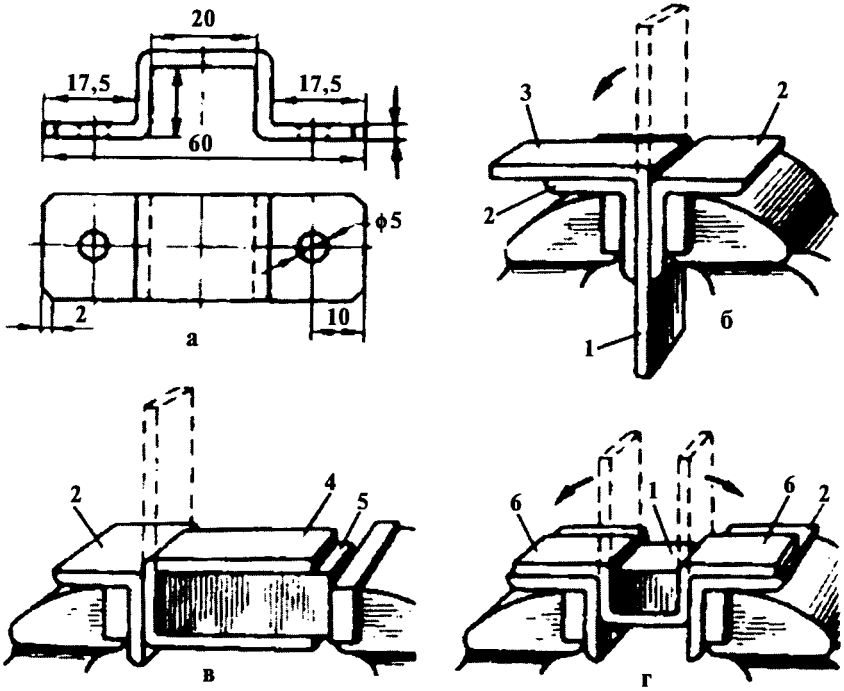


Рис. 4. Гибка прямоугольной скобы из полосового металла:
а – чертеж скобы; *б, в* – операции гибки концов скобы; *г* – формирование скобы; *1* – заготовка; *2* – угольники для защиты губок; *3, 4* – концы скобы; *5, 7* – большой и малый бруски оправки; *6* – лапка скобы

туре 600–700° С. При гибке в холодном состоянии медные трубы заполняют канифолью, а в нагретом – песком.

Гибку стальных труб в горячем состоянии применяют при диаметре их более 50 мм. Трубу перед гибкой заполняют песком, один конец закрывают заглушкой, другой пробкой с отверстием для выхода газов при нагреве. Гнуть трубу надо с одного нагрева по шаблону, в трубном прижиме.

Операцию отделения частей (заготовок) от сортового или листового проката называют *резкой металла.* Резку со снятием стружки можно выполнять ручной ножовкой, а также на круглопильных, токарно-отрезных станках. Без снятия стружки металлопрокат разрезают с помощью ручных или механических ножниц.

Для разрезания толстых листов полосового, профильного или круглого металла, прорезания пазов, вырезки и обрезки заготовок по контуру применяют *ручную слесарную ножовку.* Разрезаемый материал прочно закрепляют в тисках; при резке ручной ножовкой в работе должно участвовать не менее двух-трех зубьев ножовочного полотна. Механизированную резку производят с применением электрических, пневматических ножовок и ножниц, дисковых пил и другого специального оборудования.

Слесарную операцию по обработке металлических заготовок или деталей со снятием небольшого слоя напильниками вручную или на опиловочных станках называют *опиливанием.* Эта операция широко применяется в электромашиностроении при пригоночных работах, монтаже, сборке электрических машин, коммутационных аппаратов, распределительных устройств, подготовке кромок деталей под сварку. Напильники изготавливают из стали У10А или У13А в виде стальных брусков определенного профиля и длины, на поверхности которых нарезают (насекают) острозаточенные зубцы, имеющие в сечении форму клина. Напильники бывают общего и специального назначения, машинные, надфили, рашпили. Заготовку, подлежащую опиливанию, очищают металлической щеткой от пыли, грязи, окалины, закрепляют горизонтально в тисках на 8–12 мм выше уровня губок, опиливаемой поверхностью вверх.

При опиливании нужно строго соблюдать координацию усилий нажима, т.е. правильно увеличивать нажим правой рукой на напильник во время рабочего хода, одновременно уменьшая нажим левой рукой.

Контроль опиленных поверхностей осуществляют линейками, угольниками, поверочными плитами.

Для зачистки и полирования опиленных поверхностей шлифовальными шкурками используют *универсальные переносные машинки.*

Применение электронапильника повышает производительность труда примерно в пять-шесть раз по сравнению с ручным опиливанием.

В целях повышения эффективности слесарных операций по опиливанию в практике работ широко используют различные *раздвиж-*

ные рамки, наметки, копиры и другие приспособления. При опиливании в раздвижной рамке заготовку закладывают по риске в рамку и зажимают болтами.

Далее рамку зажимают в тисках и обрабатывают пластину до тех пор, пока напильник не коснется верхней плоскости рамки. При применении универсальных наметок, представляющих два бруска прямоугольного сечения, один из которых соединен жестко с направляющими планками, а другой передвигается вдоль них параллельно, сначала в тисках устанавливают раздвижную рамку, а затем заготовку. Заготовку вместе с рамкой после совмещения разметочной линии с верхней плоскостью рамки зажимают в тисках и опиливают.

Заготовки, имеющие криволинейный профиль, часто опиливают по копиру (кондуктору). *Копир* – это эталон обрабатываемой детали, рабочие поверхности которой выполнены с точностью 0,05–0,1 мм, закалены и отшлифованы.

Опиливаемую заготовку вместе с копиром зажимают в тисках и напильником удаляют с заготовки выступающие части. Если требуется высокая точность обработки, то опиленную бархатным напильником поверхность дополнительно шлифуют полотняной или бумажной шкуркой и абразивными брусками.

При выполнении слесарных работ широкое применение находят *типовые наборы слесарного инструмента* (рис. 5).

Применение при электроремонтных и электромонтажных работах высокопроизводительных ручных машин (сверлильных, шлифовальных, гайковертов, шуруповертов, перфораторов и т.д.) обеспечивает коренное изменение условий и уровня производительности труда.

По степени защиты от поражения электрическим током ручные электрические машины выпускают I, II и III классов.

К I классу относят машины на номинальное напряжение свыше 42 В (но до 250 В), имеющие основную (рабочую) изоляцию или хотя бы одну деталь, отделенную от доступных для прикосновения деталей только основной изоляцией.

К II классу относят машины на номинальное напряжение свыше 42 В, не имеющие устройства для заземления, у которых все детали, находящиеся под напряжением, отделены от доступных для прикосновения металлических деталей основной и дополнительной (двойной) изоляцией.

К III классу относят машины на номинальное напряжение до 42 В, получающие питание от автономного источника тока или понижающего трансформатора (преобразователя).

Организация рабочего места электромонтера-ремонтника, выполняющего слесарно-сборочные работы, отличается большим разнообразием и зависит от вида узлов, подвергаемых сборке, типа сборки, а также от характера производства. Основным оборудованием рабочего места электромонтера-сборщика являются верстак, рабочий стол и (в большинстве случаев) специальный стенд. При работах практи-

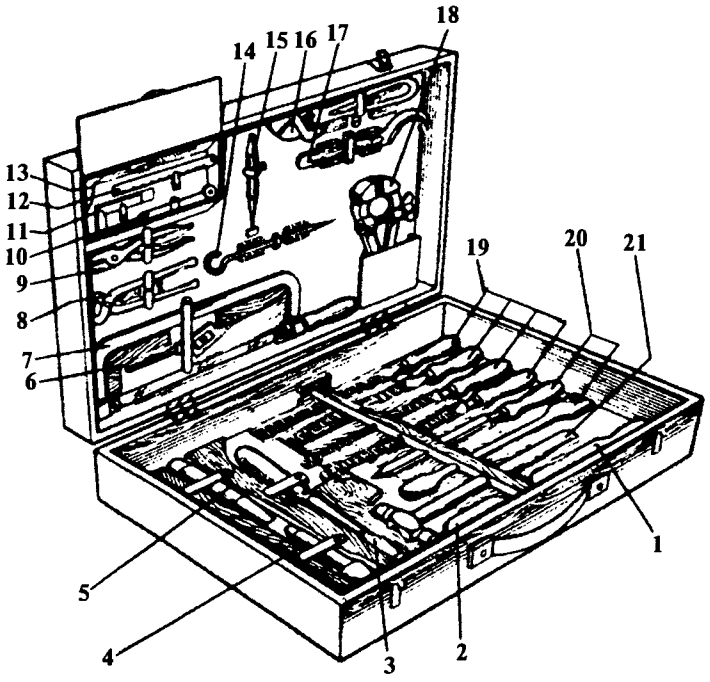


Рис. 5. Типовой набор слесарных инструментов:
1 – щетка; *2* – скребок для очистки напильников; *3* – отвертка; *4* – крейцмейсель; *5* – зубило; *6* – клупп; *7* – ножовка; *8* – клещи; *9* – плоскогубцы; *10* – разметочный циркуль; *11* – угольник 90°; *12* – линейка; *13* – штангенциркуль; *14* – чертилка; *15* – кернер; *16* – раздвижной ключ; *17* – накидной ключ для круглых гаек; *18* – ручные тиски; *19* – напильники; *20* – шаберы; *21* – молоток

чески всегда используют подъемно-транспортные машины. Здесь также размещают различные виды вспомогательного оборудования: тумбочки, этажерки, стеллажи, платформы и пюпитры для технической документации, тару.

Приспособления для разного рода сборочных и доделочных работ (удаление заусенцев, запиливание фасок, скосов), тару с мелкими деталями располагают на верстаках, а также небольших стеллажах с устройствами, предназначенными для проведения технологического процесса. Верстаки и рабочие столы должны иметь жесткую и прочную конструкцию, исключающую возможность вибрирования и качки. При сборке электрических измерительных приборов, приборов защиты сетей или светильников на рабочих местах устанавливают стенды для их проверки.

Свободная зона вокруг собираемых изделий должна быть не менее 1 м, расстояние от стен помещения не менее 1,5 м; при этом

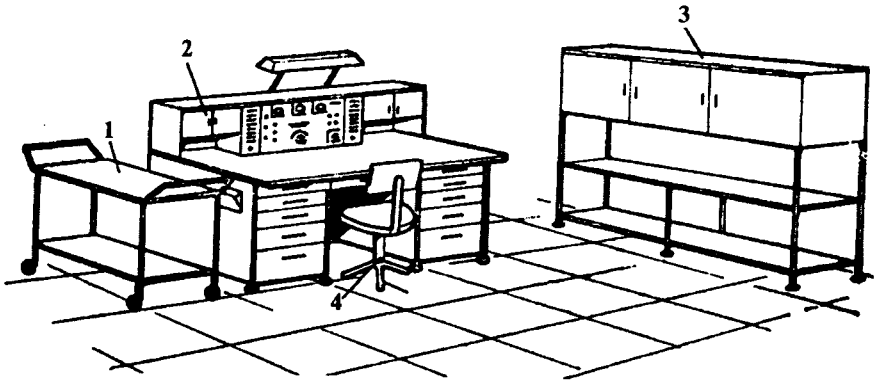


Рис. 6. Рабочее место электромонтера:
1 – передвижной стол; *2* – верстак; *3* – шкаф-стеллаж; *4* – стул-табуретка

должен быть обеспечен незатрудненный подход ко всем видам оборудования, как основного, так и вспомогательного. Все предметы на рабочем месте электромонтера, выполняющего слесарно-сборочные работы, должны быть в пределах досягаемости рук. Для вызова мастера желательно иметь устройство сигнализации.

Правильная организация рабочего места обеспечивает рациональные движения работающего и сокращает до минимума затраты на отыскание и использование инструментов и материалов (рис. 6).

На рабочем месте цехового дежурного электромонтера должны находиться: технологическая оснастка (табл. 1) организационная оснастка (табл. 2.) должностная инструкция, электрические схемы главных электроустановок, схемы питания цеха или участка, эксплуатационный журнал, инструкция по технике безопасности, графики осмотров и сменно-часовой, указатель-календарь местонахождения электромонтера.

Рабочее место должно быть оформлено в соответствии с требованиями технической эстетики.

Таблица 1

Технологическая оснастка рабочего места цехового электромонтера

Наименование оснастки	Тип, модель, марка
Электродрель	ИЭ-1022 В
Малый съемник	–
Средний съемник	–
Большой съемник	–
Пневмомашина	ИП-1104
Быстроходный настольный сверлильный станок	2А106
Тиски слесарные	–

Таблица 2

Организационная оснастка рабочего места цехового электромонтера

Наименование оснастки	Пояснения
Верстак 1600×800×750 мм	Состоит из двух тумб, столешника, настольного шкафчика с запасными деталями и телефонами, настольного распределительного щита с подведенным напряжением 380 В и снимаемым напряжением 6, 12, 24, 36, 127 и 220 В, сигнализационного пульта, позволяющего нажатием кнопки из цеха вызывать электромонтера
Передвижной стол 1100×750×750 мм	Используется при разборке, очистке, промывке и сборке электроустановок. Служит транспортным средством для перевозки груза массой до 100 кг. Установлен на колеса с подшипниками качения
Шкаф-стеллаж	Предназначен для хранения крупных приспособлений и запасных инструментов, используемых при ремонте
Переносная сумка для инструментов	Используется дежурным электромонтером при переноске инструментов и измерительных приборов
Стул-табурет диаметром 400 мм	Состоит из опорно-поворотной части, сиденья и подвижных опор. Конструкция учитывает индивидуальные особенности рабочих и предусматривает наиболее удобную рабочую позу

При обслуживании электродвигателей и пультов управления станками в последние должны быть надежно ограждены.

Работающие около станков электромонтеры должны аккуратно и правильно заправлять одежду и волосы. Перед работой обшлага рукавов следует застегивать, а волосы убирать под головной убор.

Уходя с рабочего места, электромонтер фиксирует свое временное местонахождение в календаре-указателе.

В цехе, где работают несколько электромонтеров, эксплуатационный (оперативный) журнал ведет старший или каждый электромонтер по обслуживаемому им участку. Энергетик цеха и мастер должны ежедневно просматривать записи в журнале, расписываться в нем и принимать необходимые меры для устранения выявленных неисправностей в работе электроустановок.

Типовые соединения, применяемые в электроустановках

Соединения деталей в электротехнических изделиях могут быть *разъемными* и *неразъемными*. Если соединения можно разобрать без

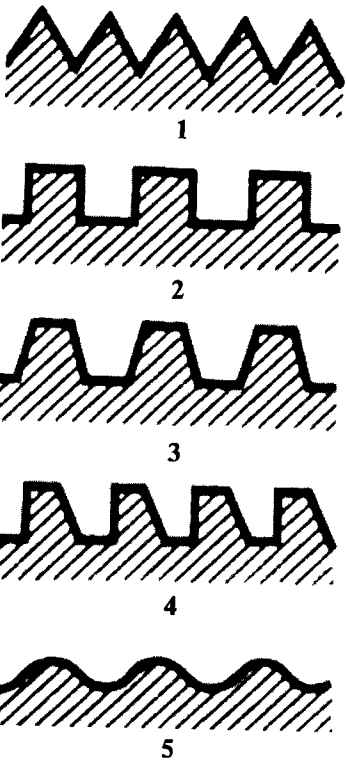


Рис. 7. Виды профилей резьб:
1 – треугольная; *2* – прямоугольная; *3* – трапецеидальная; *4* – упорная; *5* – круглая

повреждений на отдельные детали и вновь собрать их называют *разъемными*. Такие соединения выполняют с помощью болтов, шпилек, винтов, штифтов, шплинтов, шпонок, а также резьбовых соединений труб с фитингами. Разъемные соединения бывают *подвижными*, если допускают взаимные перемещения деталей (винты домкратов, прессов, шпоночные и т.п.), и *неподвижными* (соединения с помощью болтов, фитингов и т.п.).

В *неразъемных* соединениях детали соединены сваркой, заклепками, пайкой, склеиванием или запрессовыванием.

В электромашиностроении широко применяют разъемные соединения, в которых отдельные их части крепят с помощью стандартизированных крепежных деталей на резьбе.

Резьбой называют винтовую нарезку на стержне или в отверстии детали, которая представляет собой поверхность, образованную винтовым движением плоского контура (профиля резьбы) по цилиндрической или конической поверхности, без изменения его положения относительно этой поверхности.

Если стержень ввинчивают в отверстие по направлению часовой стрелки, резьбу называют правой, а если против часовой стрелки то *левой*. Наиболее распространена правая резьба.

Контур сечения резьбы плоскостью, проходящей через ось детали, называют *профилем резьбы*. В зависимости от профиля ре́зьбы подразделяют на *треугольные*, *прямоугольные*, *трапецеидальные*, *упорные* и *круглые* (рис. 7). Резьбу треугольного профиля нарезают обычно на деталях, предназначенных для скрепления. Такую резьбу называют *крепежной*. Резьбы других профилей относятся к *ходовым*. Они служат для преобразования вращательного движения в поступательное в работе прессов, домкратов и других механизмов.

Расстояние между двумя смежными витками, измеренное вдоль оси резьбы (рис. 8), называют *шагом резьбы*. Расстояние, на которое переместится стержень при его полном обороте в резьбе неподвижного отверстия, называют *ходом резьбы*.

Метрической называют резьбу в основу профиля которой положен равносторонний треугольник (теоретический профиль) с углом $\alpha = 60°$.

Вершины профиля срезаны на 1/8, а впадины плоско срезаны или закруглены на 1/6 Н – высоты исходного профиля.

У трубной цилиндрической резьбы профиль представляет равнобедренный треугольник с углом а = 55° при вершине. Вершины и впадины закруглены на 1/6 высоты исходного профиля. Для трубной цилиндрической резьбы ГОСТ 6357–73 устанавливает два класса точности. Резьба обозначается условным диаметром в дюймах. Трубные резьбы зазоров не имеют.

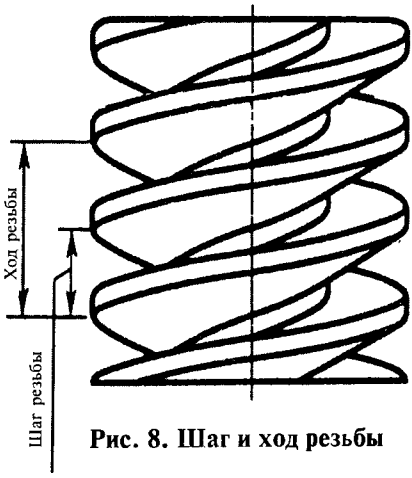


Рис. 8. Шаг и ход резьбы

Профиль *трапецеидальной резьбы* представляет равнобочную трапецию, боковые стороны которой образуют угол 30°. Трапецеидальная резьба для каждого диаметра имеет три различных шага (ГОСТ 9484–73).

Профилем *упорной резьбы* служит неравнобочная трапеция, одна сторона которой наклонена под утлом 3° (рабочий профиль), другая сторона наклонена под углом 30° (угол профиля). Вершины профиля плоско срезаны, а впадины закруглены. Для каждого диаметра упорной резьбы установлено три различных шага. Упорную резьбу применяют в тех случаях, когда винт должен передавать усилие в одном направлении, например в тисках.

Изображение и обозначение резьбы на чертежах устанавливает ГОСТ 2.311–68.

На чертеже стержня резьбу изображают сплошными основными линиями по наружному диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями по внутреннему диаметру. Тонкую сплошную линию проводят на всю длину резьбы (без сбега). На проекции стержня на плоскость, перпендикулярную его оси, по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу, равную 3/4 окружности и разомкнутую в любом месте.

Резьбу в отверстиях на разрезах и сечениях вдоль оси изображают сплошными основными линиями по внутреннему (меньшему) диаметру и тонкими сплошными линиями – по наружному диаметру. Тонкую сплошную линию наносят на расстоянии не менее 0,8 мм от основной линии и не более величины шага резьбы.

На стержне и в отверстии границу резьбы показывают в конце полного профиля резьбы сплошной основной линией. Границы резьбы проводят до линии наружного диаметра.

Фаски на стержнях и в отверстиях с резьбой на видах, перпендикулярных оси стержня или отверстия, не показывают. На разрезах резьбовых соединений в отверстиях показывают только ту часть резь-

бы, которая не закрыта резьбой стержня; на стержне изображение резьбы остается без изменений.

При обозначении метрической резьбы на чертежах перед числовым значением ее наружного диаметра (в мм) ставят букву М, например М12 для резьбы с крупным шагом. В обозначении резьбы с мелким шагом указывают помимо наружного диаметра также и величину шага, поскольку у мелкой резьбы шаг может быть различным при одном и том же наружном диаметре резьбы, например: М12′1,5.

Наиболее распространенными стандартизированными крепежными деталями являются *болты*, *винты*, *шпильки*, *гайки* и др.

Болт представляет собой деталь, изготовленную из цилиндрического стержня, на одном конце которого имеется головка, а на другом – резьба для навертывания *гайки*. Резьбу выполняют способом нарезки или накатки. По степени точности изготовления болты разделяют на болты *нормальной* (ГОСТ 7798–70) и *повышенной* (ГОСТ 7805–70) *точности*.

Болты с шестигранной головкой могут иметь метрическую резьбу с крупным или мелким шагом.

Разъемные соединения отдельных деталей имеют большое разнообразие. К резьбовым относят *болтовые*, *шпилечные*, *винтовые* соединения.

В комплект *болтового соединения* входят: болт, шайба, гайка. В зависимости от конструкции гайки иногда снабжают шплинтами. На рис. 9 показан пример соединения при помощи болтового комплекта и условные соотношения размеров в зависимости от номинального диаметра d резьбы болта.

Линия соприкосновения двух поверхностей соединяемых деталей на чертежах изображается сплошной толстой основной линией.

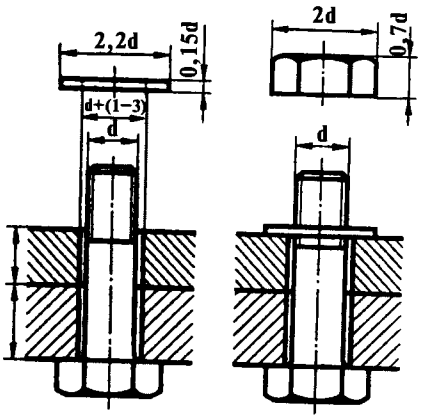


Рис. 9. Болтовое соединение деталей

В комплект *шпилечного соединения* входят: шпилька, гайка и шайба.

Цилиндрический стержень с резьбой на обоих концах называют *шпилькой* (рис. 10, а). Шпильку одним концом (посадочным) ввинчивают в глухое отверстие с резьбой (гнездо), а второй конец входит в отверстие другой детали без резьбы и крепится гайкой с шайбой. Длину резьбы на верхнем конце шпильки l_0 принимают равной (1,5–2) d. В зависимости от материала, из которого изготовлены детали, длину l_1 ввинчиваемого конца шпильки принимают равной: d – для стали и бронзы;

1,35d – для чугуна; 2d – для мягких сплавов. Рабочей длиной шпильки считают длину l свободного конца. На концах шпильки делают конические фаски с углом 45°.

Глубину гнезда (рис. 10,б) для шпильки l_2 с учетом неполной резьбы (сбег) в конце гнезда принимают на 0,5d больше длины посадочного конца. Гнездо заканчивается коническим углублением в форме конца сверла. Шпилечное соединение показано на рисунке 10.

Шпилечное соединение на сборочных чертежах изображают в соответствии с ГОСТ 2.315–68.

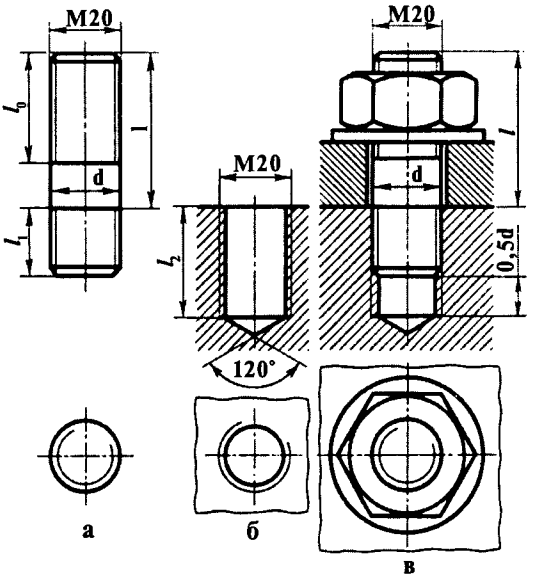


Рис. 10. Шпилечное соединение:
а – шпилька; *б* – гнездо; *в* – соединение

Соединение винтами показано на рис. 11, а. При таком способе соединений соблюдают условные соотношения размеров винтов и углублений для головок винтов. Размер запаса резьбы определяют в зависимости от ее номинального диаметра d.

На рис. 11, б показаны примеры выполнения соединений при помощи винтов с головками под отвертку.

В цехах промышленных предприятий провода и кабели распределительных электросетей часто прокладывают в трубах.

Разъемные трубные соединения на резьбе с помощью специальных деталей, называемых *фитингами* (муфты, кресты, тройники, угольники), позволяют при необходимости производить их частичную замену. В зависимости от различия в диаметрах соединяемых труб, вида соединений (прямое или угловое), а также количества соединяемых труб (две, три или четыре – крестообразно) применяют соединительные части на резьбе различных размеров и формы.

Разъемные штифтовые соединения широко применяют в практике изготовления многих электротехнических изделий. *Штифт* представляет собой стержень. Штифты бывают цилиндрической (ГОСТ 3128–70) или конической (ГОСТ 3129–70) формы. Штифт цилиндрический применяют как соединительный элемент. Концы цилиндрических штифтов в зависимости от назначения имеют различные формы. Штифты конические применяют в качестве установочного или соединительного элемента (рис. 12).

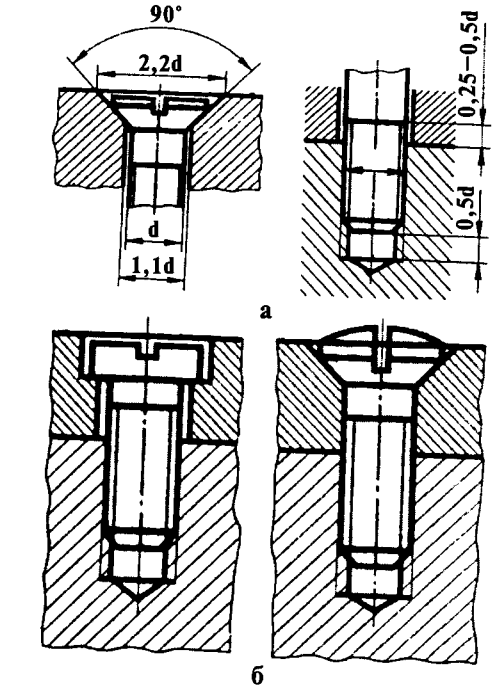


Рис. 11. Соединение деталей виитами

У штифта конического конусность 1 : 50. Он имеет преимущество по сравнению с цилиндрическим, которое заключается в том, что его можно не нарушая качества соединения затравливать в одно и то же отверстие несколько раз.

Клиновые разъемные соединения отличаются простотой конструкции. По сравнению с соединением болтом они обеспечивают быстроту монтажа и демонтажа. Клиновые соединения бывают *напряженные* и *ненапряженные*. Две детали могут быть соединены клином непосредственно, когда одна деталь имеет отверстие для другой сопрягаемой детали, или посредством промежуточного стержня анкера или промежуточной втулки. Отверстия для стержней могут быть *цилиндрическими* или *коническими* (конусность 1:15). **Коническое соединение** обеспечивает хорошее центрирование. Клинья бывают односкосные или двухскосные, по своему действию они равноценны. В большинстве случаев, ввиду простоты изготовления, применяют односкосные клинья.

К неразъемным соединениям относят соединения, выполненные *клепкой*, *сваркой*, *пайкой*, *склеиванием* или *горячей посадкой*.

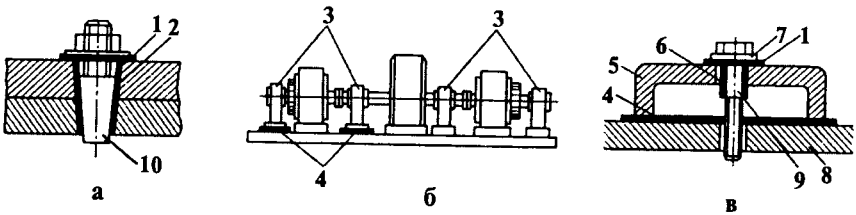


Рис. 12. Изоляция контрольных штифтов (*а*), стояков (*б*) и болта (*в*):
1, 7 – изолирующие текстолитовая и металлическая шайбы; *2* – коническая трубка из электрокартона; *3* – стояки; *4* – изолирующие прокладки; *5* – подошва стояка; *6* – бакелитовая трубка; *8* – фундаментная плита; *9* – болт крепления стояка к плите; *10* – конический штифт

Клепаные соединения образуют с помощью заклепок. *Заклепка* (рис. 13, а) представляет собой стержень круглого сечения, один конец которого имеет сферическую, коническую или другую форму. Стержень заклепки вставляют в сквозное отверстие скрепляемых деталей до упора головкой (рис. 13, б). Свободный конец выходит за пределы детали примерно на 1,5 d. Его расклепывают и придают форму сферической (полукруглой) или конической (потайной) головки. Форма головки определяет название заклепки, диаметр стержня головки выбирают по таблицам ГОСТ 10299–80 и ГОСТ 10300–80 и др. (примерно равен толщине соединяемых деталей).

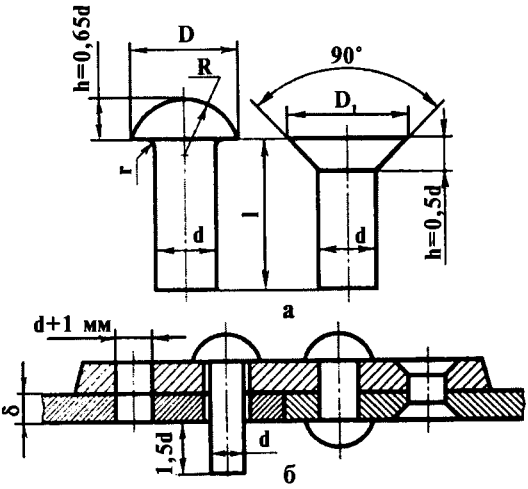


Рис. 13. Заклепки:
а – полукруглой и потайной головками;
б – клепаное соединение

Длину стержня заклепки l определяют с учетом толщины деталей и припуска (1,5 d).

Один или несколько рядов заклепок образуют *заклепочный шов* (рис. 14). Заклепки в ряду размещают на одинаковом расстоянии одна от другой, называемом шагом (t, t_1). Линии, по которым располагают центры заклепок, называются *рисками*, а расстояние между соседними рисками – *дорожкой* (C, C_1).

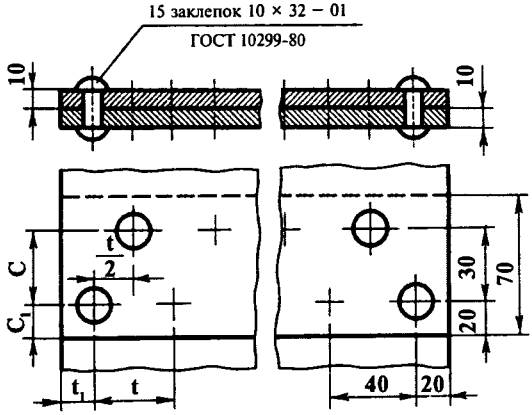


Рис. 14. Изображение заклепочных швов на чертеже

Соединения деталей с помощью заклепок могут быть выполнены *встык с накладками* (см. рис. 13, б) или *внахлестку* (см. рис. 14). Швы бывают с *рядовым* и *шахматным* расположением заклепок.

Сварные соединения выполняют способом нагрева мест соединения деталей до температуры плавления или зазор между деталями

заполняют расплавленной присадкой. После остывания получают сварной шов необходимой прочности. Если сварной шов расположен с одной стороны соединения, то его называют *односторонним*, а если с двух сторон – *двухсторонним*. Шов выполняют *непрерывным* по всей длине или *прерывистым*, т.е. разделенным на отдельные участки одинаковой длины равными промежутками.

Швы прерывистые двусторонние могут иметь *цепное* расположение, при этом отдельные участки шва находятся один против другого, и *шахматное*, когда промежутки одной стороны находятся против сварных участков шва с другой. Иногда шов выполняют в виде отдельных сварных точек.

Различают два наиболее распространенных вида сварки плавлением – *дуговую* и *газовую*.

По форме поперечных сечений швы бывают: *нормальные*, *выпуклые* (усиленные), *вогнутые*.

Нормальный шов представляет в сечении равнобедренный треугольник. Выпуклый (усиленный) шов имеет выпуклость – высоту усиления. Вогнутый шов отличается от нормального наличием впадины.

В зависимости от характера выполняемого шва и для его усиления применяют различные конструктивные элементы поперечных сечений кромок свариваемых элементов: без скоса кромок; со скосом одной кромки; с криволинейным скосом одной кромки; со скосом двух кромок; с криволинейным скосом двух кромок; с двумя симметричными скосами одной кромки; с двумя несимметричными скосами одной кромки; с двумя симметричными скосами двух кромок; с двумя несимметричными скосами двух кромок. Как правило, между кромками сваренных элементов должен быть зазор в пределах 1–5 мм.

Неразъемные соединения пайкой и склеиванием часто встречаются в электромашиностроении, изделиях кабельной промышленности, электролампового производства, аппаратах защиты, управления и др. *Пайка* представляет собой процесс соединения металлов, находящихся в твердом состоянии, посредством расплавленного присадочного материала, называемого припоем. При пайке медных жил, а также проводников заземления к броне и свинцовой оболочке кабелей используют паяльную пасту, состоящую из следующих компонентов (в массовых частях): канифоли – 10, животного жира – 3, хлористого аммония – 2, хлористого цинка – 1, воды или этилового спирта (ректификат) – 1. Формы паяных соединений: *нахлесточное*, *стыковое*, в *ус*.

Склеивание представляет собой процесс соединения деталей различными видами клея в зависимости от склеиваемых материалов. Виды швов, полученные пайкой или склеиванием, изображены условно сплошной утолщенной линией 2 s (рис. 15, а–в).

Для склеивания различных изоляционных деталей пластмассовых (кроме полиэтилена и фторопласта), фарфоровых, стеклян-

ных и металлических, для пакетов электротехнической стали трансформаторов, якорей, статоров применяют клей БФ (ТУ МХП 1367–49).

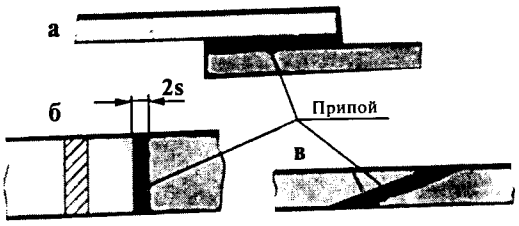


Рис. 15. Соединение деталей пайкой или склеиванием

С применением минеральных наполнителей (тальк, кварцевая мука, каолин, литопон, окись цинка и др.) на клеях БФ можно изготовить различные электроизоляционные замазки, которые после соответствующего прогрева приобретают хорошую механическую прочность.

Клеевой шов после отверждения приобретает электроизоляционные свойства. Клей БФ-2 дает жесткий нагрево- и кислотостойкий шов, а клей БФ-4 – эластичный ненагревостойкий, но щелочестойкий шов.

Перед склеиванием поверхности протирают ацетоном, ацетатами или спиртом. Поверхности металлов, фенопластов, аминопластов и кожи предварительно зачищают наждачной бумагой, затем покрывают клеем два раза. После каждого покрытия склеиваемые элементы выдерживают в течение 1 ч для просушки клеевого слоя. Оптимальная толщина клеевого шва – 0,15–0,25 мм.

Для соединения склеиваемые детали прижимают друг к другу и выдерживают под давлением $(5–15) \cdot 10^5$ Па при температуре 150° С в течение 0,5–1 ч.

Для склеивания холодным способом резины с резиной, а также резины с металлами, стеклом и другими материалами применяют клей № 88Н (ВТУ ТУ–880–50). Клеевой шов эластичный. Склеиваемые поверхности зачищают наждачной бумагой, протирают бензином и просушивают в течение 5–10 мин. Поверхности металлов покрывают клеем два раза. После первого покрытия выдерживают для подсушки 7–10 мин, после второго покрытия – 2–8 мин. На резину наносят один слой клея и выдерживают 2–8 мин для подсушки. Склеиваемые детали прижимают друг к другу и выдерживают в течение суток.

Клей хранят в герметически закрытой таре, соблюдая правила хранения огнеопасных материалов.

Методы и средства контроля размеров и качества сборки

Измерительные инструменты в зависимости от метода контроля можно разделить на три группы.

К первой группе относятся инструменты, предназначенные *для непосредственного измерения размеров*: стальные линейки, штангенциркули, микрометры, угломеры, индикаторные инструменты и др.

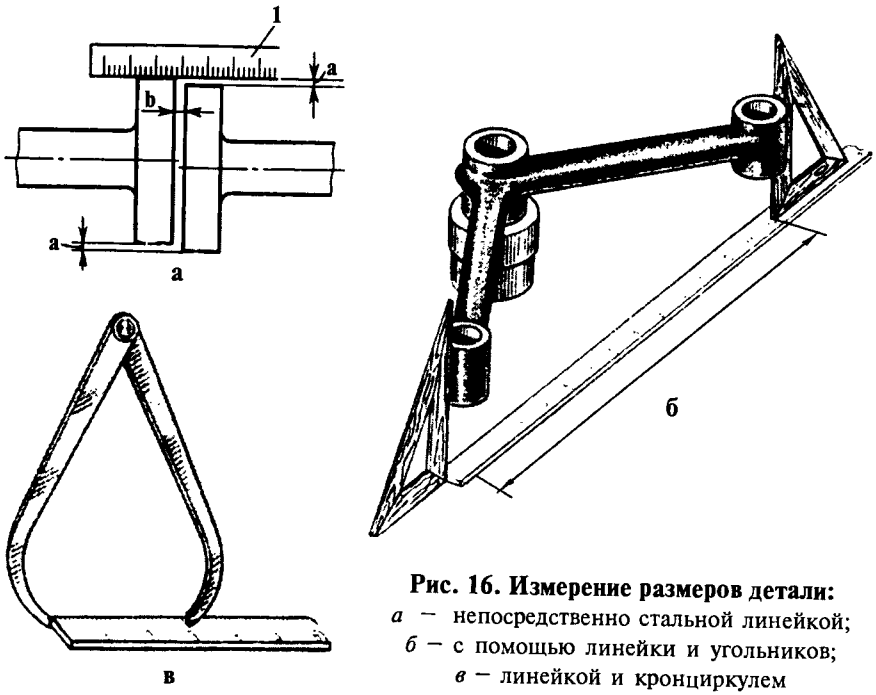


Рис. 16. Измерение размеров детали:
а – непосредственно стальной линейкой;
б – с помощью линейки и угольников;
в – линейкой и кронциркулем

Во вторую группу входят инструменты, предназначенные *для контроля размеров различных элементов детали*: предельные калибры, скобы и пробки, контрольные плитки, различные эталоны и др.

К третьей группе принадлежат инструменты, с помощью которых осуществляются *одновременно измерение и контроль*: кронциркули, нутромеры и различные шаблоны (радиусомеры, резьбомеры, щупы и др.).

Линейные размеры детали с точностью до 1 мм можно измерить *стальной линейкой* непосредственно (рис. 16, а) или с помощью, например, *угольников* (рис. 16, б), когда концевые точки измерения лежат на разных уровнях.

Кронциркуль и нутромер используют для получения размеров наружных и внутренних поверхностей деталей: при этом сначала фиксируют только нужный размер, а его величину определяют затем с помощью линейки (рис. 16, в).

Наиболее распространенным измерительным инструментом, обеспечивающим точность измерения в пределах от 0,1 до 0,02 мм является штангенциркуль.

Штангенциркуль с точностью измерения до 0,1 мм изображен на рисунке 17. Он состоит из штанги 1 с миллиметровой шкалой делений и двумя измерительными губками 2. Рамка 7 с другой парой измерительных губок 3 надета на штангу 1. По штанге рамку можно

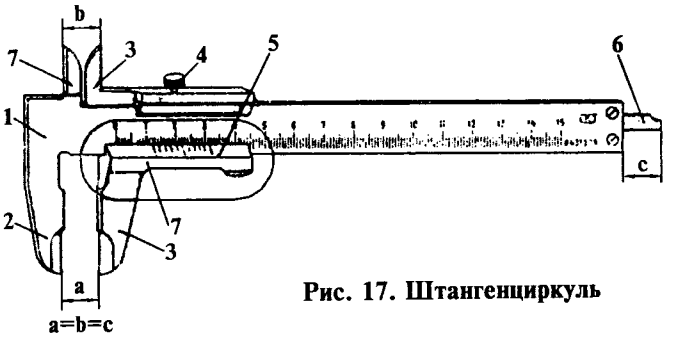


Рис. 17. Штангенциркуль

передвигать и в любом положении закреплять винтом 4. Верхняя и нижняя части передней поверхности рамки скошены. На нижней части 5 рамки 7 нанесено десять делений. Цена каждого деления 0,1 мм. Шкалу 5 называют нониусом. К задней стороне рамки наглухо крепится узкая линейка 6, которая при перемещении рамки свободно скользит по пазу штанги. Эту линейку 6 называют глубиномером.

При любом положении рамки расстояния между измерительными кромками губок и длина выдвинутой части глубиномера одинаковы (a=b=c).

Если губки штангенциркуля соприкасаются, то первое слева (нулевое) деление нониуса совпадает с нулевым делением штанги, а торец глубиномера – с торцом штанги.

Для определения величины размера замеренного штангенциркулем, смотрят, на каком месте шкалы штанги находится нулевой штрих нониуса. Далее по шкале штанги определяют, сколько целых миллиметров содержится в зафиксированном размере.

Разновидностями штангенциркуля являются штангенрейсмус, используемый для обмера криволинейных очертаний деталей, и штангензубомер.

Штангензубомер применяют для измерения некоторых параметров зубчатых колец (толщины и высоты зуба, длины общей нормали и др.) и обмера сложных профилей.

Штангензубомер представляет собой вариант двойного штангенциркуля (рис. 18), штанги которого взаимноперпендикулярны и имеют шкалы с ценой деления 0,5 мм, а величина отсчета по нониусам составляет 0,02 мм.

Для измерения ширины профиля (например, зуба зубчатого колеса) на

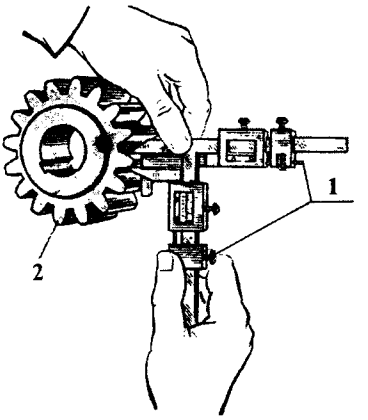


Рис. 18. Штангензубомер:

1 – двойной штангенциркуль;

2 – измеряемая деталь

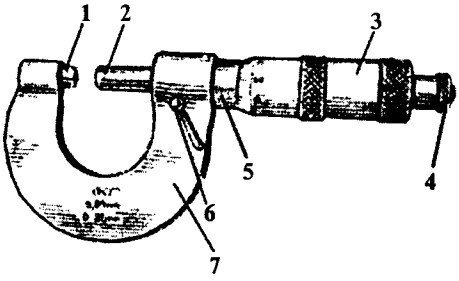


Рис. 19. Микрометр

определенной его высоте пользуются горизонтальной штангой и высотной линейкой одновременно.

Микрометр обеспечивает точность измерения до 0,01 мм (рис. 19). Он состоит из скобы 7, пятки 1, стебля 5, микрометрического винта 2, барабана 3, трещотки 4 и стопора 6.

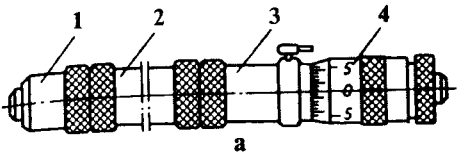
Скоба неподвижно соединена со стеблем, на котором имеется шкала состоящая из риски, нанесенной по образующей стебля, и штрихов, перпендикулярных риске и нанесенных над ней и под ней. Под риской штрихи расположены через 1 мм, над риской – точно на серединах между нижними штрихами. Расстояние по риске между любым нижним штрихом и соседним с ним верхним равно 0,5 мм.

Подвижным упором является конец микрометрического винта 2, стопор 6 служит для зажима винта в нужном положении. Барабан 3 представляет собой муфту, надетую на стебель; левая часть его сточена на конус, по образующим которого сделано 50 равномерно расположенных штрихов. За один полный оборот барабана микрометрический винт и вместе с ним барабан продвинутся по оси на 0,5 мм.

Деталь при измерениях микрометром помещают между пяткой 1 и концом 2 микрометрического винта. Поворачивая барабан приближают конец микрометрического винта к детали настолько, чтобы винт едва не касался детали. После этого движение микрометрического винта осуществляют трещоткой 4.

Нутромер (рис. 20, а) выпускают с пределами измерений от 50–75 до 400–1000 мм. Он состоит из трубки 3, соединенной одним концом с удлинителями 2 и прикрепленным к ним измерительным наконечником 1. Внутри другого конца трубки закреплен стебель (на рисунке не показан) микрометрической головки 4, на котором плавно вращается барабан. На стебле и барабане головки нанесены деления.

При измерении диаметра отверстия в ступице полумуфты 5 (рис. 20, б) нутромер 6 устанавливают под прямым углом к оси отверстия, так как при незначительном его наклоне измерения будут неверны. После установки нутромера в рабочее положение и соприкосновения измерительных поверхностей его микрометрической головки и измерительного наконечника с поверхностью отверстия ступицы полумуфты совмещают нулевой штрих на барабане микрометрической головки с продольным штрихом на ее стебле. Результаты измерений дополнительно контролируют, замеряя внутренний диаметр ступицы в конце отверстия прецизионным штангенциркулем.



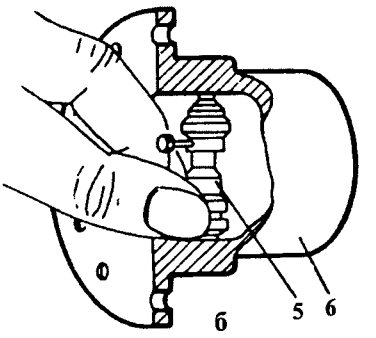


Рис. 20. Микрометрический нутрометр (*а*) и определение им посадочных размеров ступицы полумуфты электродвигателя (*б*):

1 – измерительный наконечник; *2* – удлинитель; *3* – трубка; *4* – микрометрическая головка; *5* – полумуфта; *6* – нутрометр

Индикаторные контрольно-измерительные инструменты (в различных специальных вариантах исполнения), обеспечивающие быстрое и точное получение размера, широко применяют при контроле электротехнических изделий.

На рис. 21 показан *индикатор*, предназначенный для определения мелких углублений и возвышений на плоской поверхности (с точностью до 0,01 мм), а также для измерения величины биения круглых поверхностей при их вращении вокруг оси.

Для контроля сопрягаемых размеров деталей в пределах заданной точности в практике слесарно-сборочных работ используют *предельные калибры*.

С помощью калиброванной цилиндрической пробки проверяют размеры диаметров отверстий. Один из концов пробки имеет диаметр, равный наибольшему предельному размеру диаметра проверяемого отверстия, и, следовательно, является «непроходной» стороной данного калибра. Другой удлиненный конец пробки имеет диаметр, равный наименьшему предельному размеру этого же отверстия, и является «проходной» стороной. Проходная сторона пробки обычно делается съемной.

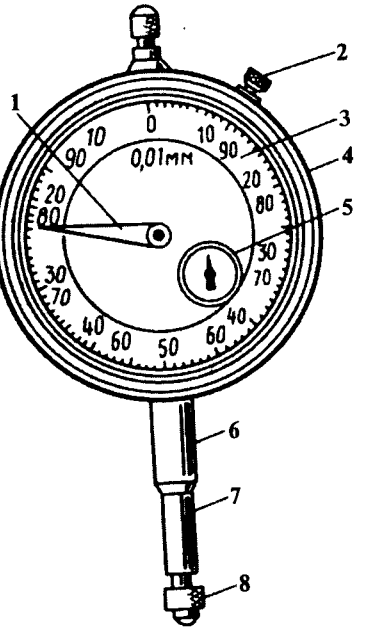


Рис. 21. Индикатор:

1 – стрелка; *2* – стопор; *3* – шкала; *4* – ободок; *5* – указатель частоты вращения; *6* – гильза; *7* – измерительный стержень; *8* – наконечник

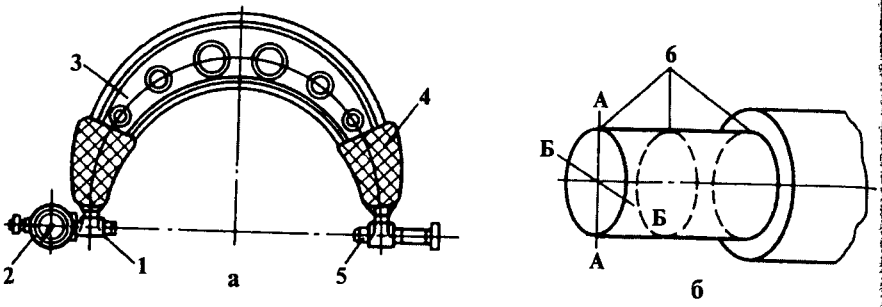


Рис. 22. Скоба с отсчетным устройством (*а*) и определение посадочных размеров конца вала (*б*):
1, 5 – подвижная и неподвижная пятки; *2* – отсчетное устройство; *3* – корпус; *4* – накладка; *6* – места измерений

Для контроля размеров диаметров стержней, валов, осей при изготовлении широко применяют скобы (рис. 22).

В нижней рабочей части скоба имеет расстояние между пятками 1,5 равное наибольшему допустимому размеру диаметра оси и поэтому является калибром.

Для определения и контроля размеров отдельных элементов деталей используют шаблоны.

Для измерения радиусов закругления выступов, впадин, галтелей используют *радиусные шаблоны* (рис. 23). Шаблоны при измерении прикладывают к измеряемому элементу детали, а место контакта просматривают на просвет. Если зазора (просвета) нет, то величина радиуса соответствует обозначенной на шаблоне.

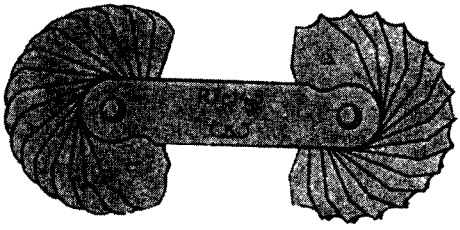


Рис. 23. Радиусные шаблоны

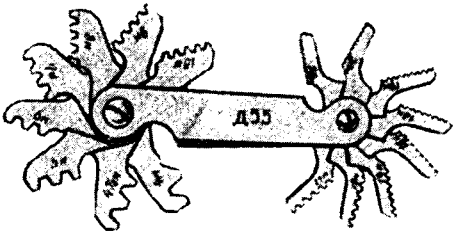
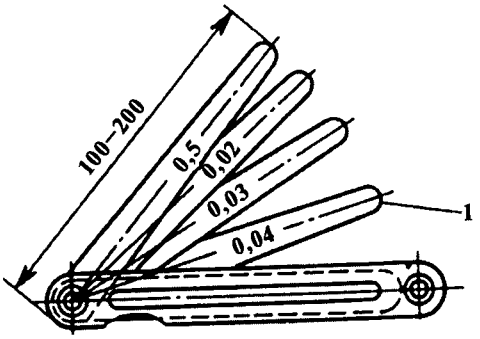
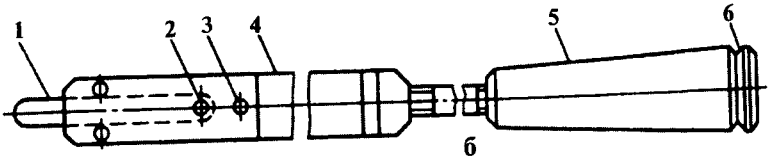


Рис. 24. Резьбовые шаблоны

Для определения угла профиля и шага резьбы применяют *резьбовые шаблоны* (рис. 24). С помощью набора шаблонов с надписью М60° определяют шаг метрической резьбы, с надписью Д55° – число ниток (количество выступов) на длине одного дюйма дюймовых и трубных резьб. Шаг резьбы на стержне и в отверстии определяют путем подбора такого шаблона, который своими зубьями плотно входит во впадины резьбы. На подобранном шаблоне читают число, показывающее величину шага в миллиметрах (для



а



б

Рис. 25. Пластинчатые щупы:

а – раздвижной; *б* – со сменными пластинами; *1* – калиброванные пластины; *2* – штифт; *3* – винт; *4* – накладка-прижим; *5* – ручка; *6* – пробка

метрических резьб) или число ниток, приходящихся на один дюйм длины (1″ = 25,4 мм), для дюймовой или трубной резьб.

Замерив диаметр резьбы (наружный на стержне и внутренний в резьбовом отверстии) и получив величину шага (или число ниток) по соответствующим таблицам резьб можно определить, какая это резьба стандартная или специальная.

Наборы пластинок различной толщины, используемые для определения (или контроля) величины зазора между сопрягаемыми (смежными) деталями *называют щупами* (рис. 25).

Размерная слесарная обработка деталей

При ремонте и техническом обслуживании электрооборудования электромонтеры часто путем сверления подготавливают в деталях или заготовках отверстия для крепежных болтов, заклепок, шпилек, под нарезание резьбы, развертывание и зенкерование.

Операцию по образованию отверстий в материале путем снятия стружки режущим инструментом – сверлом, совершающим вращательные относительно своей оси и поступательные движения, называют *сверлением*. Если отверстие в сплошном материале предварительно получено штамповкой, ковкой или литьем, то для увеличения его размера выполняют слесарную операцию – *рассверливание*.

Обе эти операции позволяют получать отверстия с точностью обработки по десятому квалитету. В тех случаях, когда точность обработки должна быть еще более высокой, отвестия после сверления дополнительно зенкеруют и развертывают. Точность сверления существенно повышается при применении приспособления, называемого *кондуктором*, тщательном регулировании станка, правильном выборе и заточке сверла.

Сверла изготавливают из быстрорежущих Р6М5, легированных 9ХС и углеродистых У10А сталей, а также комплектуют пластинками из твердых сплавов ВК6, ВК8 и Т15К6. Различные виды сверл показаны на рис. 26.

Спиральные сверла чаще других используются при сверлении отверстий. Конструктивно они состоят из рабочей части и хвостовика. Рабочая часть это цилиндр с двумя винтовыми канавками для отвода стружки во время работы сверла и с режущей поверхностью в виде двух лезвий (зубов). Вдоль винтовых канавок сверла на цилиндрической поверхности расположены две узкие полоски, которые называют ленточками. Они уменьшают трение о стенки отверстия и способствуют устойчивости сверла во время работы. Для получения отверстий в стали применяют сверла с углом наклона канавки 18–30°, в латуни и бронзе – 22–25°, в вязких металлах – 40°, в алюминии, дюралюминии и электроне – 45°.

Передняя режущая поверхность сверла (зуба) образуется спиральной канавкой, задняя – боковой поверхностью конуса.

Угол между обрабатываемой поверхностью и касательной к передней поверхности называют *передним углом* γ.

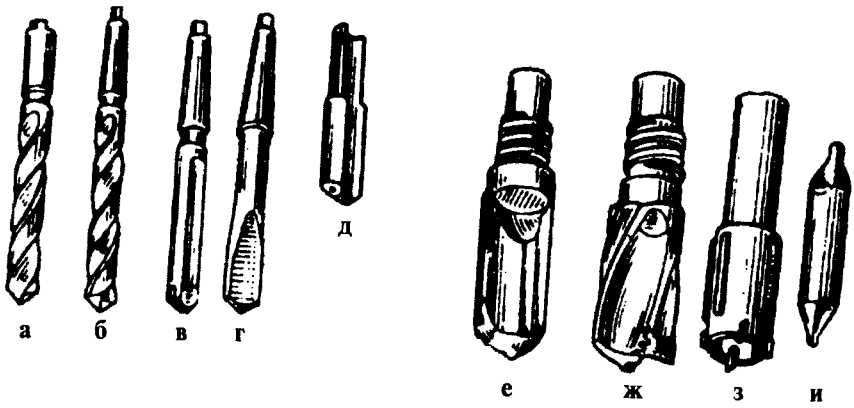


Рис. 26. Виды сверл:

а, б –спиральные; *в* – с продольными канавками; *г* – перовое; *д* – специальное; *е* – для глубокого сверления однокромочное с внутренним отводом стружки; *ж* – то же, но двухкромочное; *з* – для кольцевого сверления; *и* –центровочное

Этот конструктивный элемент сверла облегчает врезание инструмента в материал и лучшее отделение стружки. Угол наклона, образуемый касательной к задней и обрабатываемой поверхностям, называют *задним углом* α. При малых углах α, трение задней поверхности сверла об обрабатываемый материал велико и сверло быстро изнашивается.

Пересечение передней и задней поверхностей сверла образует угол заострения β. Сумма углов α+β+γ всегда равна 90° (рис. 27). Хвостовики спиральных сверл бывают цилиндрическими или коническими. Сверла диаметрами от 6 до 80 мм чаще имеют хвостовики в виде конуса Морзе, а сверла диаметром до 20 мм имеют хвостовики цилиндрической формы. Рабочая часть сверла соединяется с хвостовиком шейкой диаметр которой меньше диаметра рабочей части.

При сверлении и рассверливании отверстий в заготовках из закаленной стали, чугуна, мрамора, стекла и других твердых материалов следует применять сверла, оснащенные пластинками из твердых сплавов. При сверлении вязких металлов нужно использовать сверла с винтовыми канавками, а при сверлении отверстий в хрупких материалах – сверла с прямыми канавками, при сверлении неглубоких отверстий – сверла с косыми канавками, для сверления глубоких отверстий – сверла с отверстиями для подвода охлаждающей жидкости к режущим кромкам. Для сверления жаропрочных сталей рекомендуется применять твердосплавные монолитные сверла. Если технологическим процессом предусматривается последовательное выполнение операций сверления и зенкования, сверления и развертывания, сверления и нарезания резьбы, то для этих целей лучше использовать комбинированные сверла (сверло-зенковка, сверло-развертка, сверло-метчик). Для получения в заготовках и деталях центровых отверстий применяют *центровочные сверла.* При сверлении неответствен-

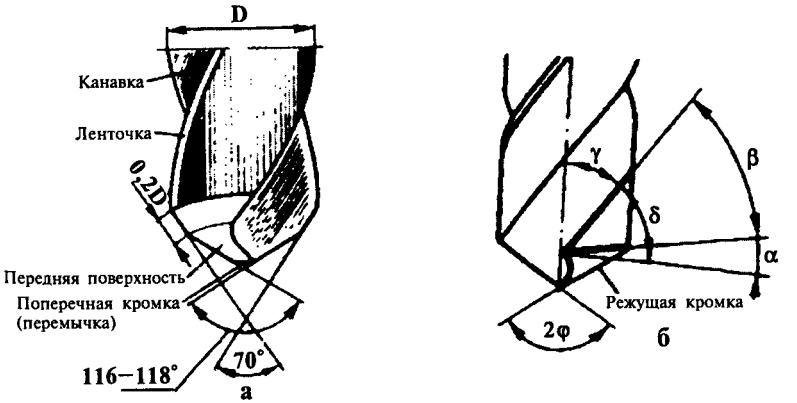


Рис. 27. Конструкция режущей части спирального сверла:
а – фрагменты канавок и режущих кромок; *б* – углы сверла

ных отверстий диаметром до 25 мм широко используют *перовые* (наиболее простые в изготовлении) сверла. Они имеют форму лопатки (режущая часть) с хвостовиком. Перовые сверла конструктивно изготавливают с одно- и двусторонними режущими кромками.

Для сверления отверстий в стали угол заточки одностороннего перового сверла должен быть 75–90°, а для цветных металлов – 45–60°. Угол заточки двустороннего перового сверла – 120–130°.

При сверлении металлов и сплавов для повышения стойкости режущего инструмента рекомендуется применять охлаждающие жидкости: мыльную эмульсию, смесь спирта со скипидаром, керосин с сурепковым маслом, смесь минерального и жирных масел.

Затупившиеся сверла затачивают на специальных заточных станках. Операцию сверления выполняют в основном на сверлильных станках, а в случаях расположения отверстий в труднодоступных местах – с помощью дрелей, ручных электрических и пневматических сверлильных машинок, трещоток или коловоротов. *Ручные дрели* применяют для сверления отверстий диаметром до 10 мм, *трещотки* – до 30 мм, *сверлильные электрические машины легкого типа* – до 9 мм, *среднего типа* – до 15 мм, *тяжелого типа* – до 80 мм. Для сверления отверстий в деталях, изготовленных из алюминиевых сплавов и мягких сталей применяют *сверлильные пневматические ручные машины* с частотой вращения шпинделя до 3500 об/мин, а для легированных сталей – 1000 об/мин.

В электроремонтной практике широко используют сверлильные электрические машины, ручные сверлильные пневматические машины типов Д-2 и РС-8, но наибольшее распространение для выполнения операций сверления получили: настольный вертикально-сверлильный станок 2М112, универсальный вертикально-сверлильный станок 2Н125Л и радиально-сверлильный станок 2Н55.

Установка и крепление деталей на станке существенно влияют на точность сверления. Как правило, детали, предназначенные для сверления, устанавливают на столе сверлильного станка и закрепляют к нему с помощью прихватов с болтами, машинных тисков, призм, угольников, кондукторов или других специальных приспособлений. Технологическая последовательность операций при сверлении по кондуктору предусматривает предварительную очистку стола станка от грязи и стружек, подбора сверла необходимого размера и установку его в шпиндель станка. Кондуктор опорной частью плотно прижимают левой рукой к поверхности стола, а правой плавно подводят сверло через втулку *сверла*, *развертки*, *зенкера* и *зенковки* на сверлильных станках крепят, в зависимости от формы хвостовика, одним из следующих способов: в сверлильном патроне, в коническом отверстии шпинделя, в переходных конических втулках. Одиночные отверстия сверлят по разметке. Сверление отверстий на заданную глубину выполняют по втулочному упору на сверле или измерительной линейке, закрепленной на станке.

Для получения неполных отверстий к обрабатываемой детали приставляют такой же толщины пластину из этого же металла, зажимают деталь и пластину в тисках и сверлят полное отверстие, а затем пластину убирают и получают полуотверстие. Для сверления точных отверстий операцию выполняют за два рабочих хода – сначала сверлом на 1 мм меньшим нужного диаметра, а затем сверлом в размер отверстия.

Слесарную операцию по увеличению диаметра предварительно просверленных отверстий, улучшению качества их поверхности, обработке цилиндрических и конических необработанных отверстий, полученных в деталях при литье, ковке или штамповке, называют *зенкерованием.*

Эта операция может быть окончательной обработкой отверстия или промежуточной перед развертыванием, выполняют ее с помощью режущего инструмента – *зенкера.*

Зенкер работает также, как и сверло, и напоминает его по внешнему виду. Он состоит из режущей (рабочей) части, шейки, хвостовика и лапки, но в отличие от сверла имеет три-четыре режущие кромки. Зенкеры из быстрорежущей стали изготавливают цельными с коническим хвостовиком для предварительной обработки или насадными для окончательной обработки отверстий (рис. 28). Насадные зенкеры длиной 40–65 мм с четырьмя зубьями, с напаянными пластинками из твердых сплавов ВК6, ВК8, Т14К8, Т15К6 применяют для обработки отверстий диаметром 34–80 мм. Цельные зенкеры с коническими хвостовиками изготавливают длиной рабочей части 80–200 мм с тремя зубьями для обработки отверстий диаметром 10–40 мм.

Для охлаждения зенкеров при зенкеровании деталей из стали, меди, латуни, дюралюминия используют охлаждающую мыльную эмульсию.

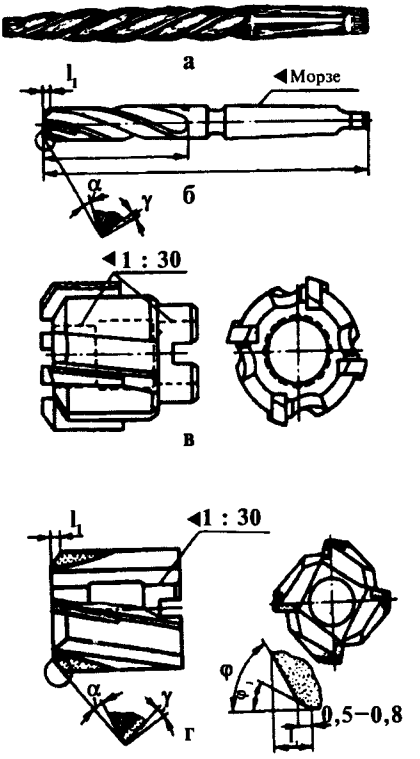


Рис. 28. Виды зенкеров:
а – цельный с коническим хвостовиком; *б* – то же, но оснащенный пластинками из твердых сплавов; *в* – насадной со вставными ножами; *г* – насадной с пластинами из твердых сплавов

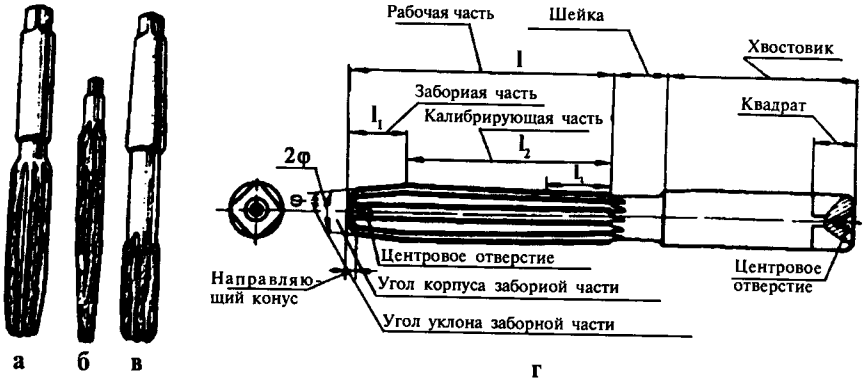


Рис. 29. Виды разверток и их конструктивные элементы:
а, б – ручные цилиндрическая и коническая; *в* – машинная цилиндрическая; *г* – конструктивные элементы

Процесс обработки специальным инструментом конических или цилиндрических углублений и фасок просверленных отверстий под головки болтов, винтов и заклепок называют *зенкованием*.

Отличительной конструктивной особенностью *зенковки* от *зенкера* является наличие зубьев на торце и направляющих цапф, которыми они вводятся в предварительно просверленное отверстие.

Обработку бобышек под шайбы, гайки, упорные кольца выполняют цековками – насадными головками, имеющими торцевые зубья. Как зенкование, так и цекование производят на сверлильных станках.

Операцию чистовой обработки отверстий по 7–9 квалитету с помощью развертки, называют развертыванием.

Развертка – это специальный режущий инструмент (рис. 29), позволяющий производить чистовую обработку отверстий вручную, на сверлильном или токарном станках. Конические и цилиндрические развертки изготавливают комплектами из двух или трех штук.

Первая развертка используется как черновая, вторая – получистовая и третья чистовая.

Развертыванию всегда предшествуют операции сверления или зенкерования отверстий.

Нарезание резьбы является очень распространенной слесарной операцией. Для получения резьбы на деталях используют сверлильные, резьбонарезные и токарные станки. Часто резьбу нарезают вручную или получают накатыванием с помощью *накатных плашек*, *роликов* и *накатных головок*. Внутреннюю резьбу нарезают *метчиками*, наружную – *плашками*, *прогонками* или другими инструментами (рис. 30).

В сквозных и глухих отверстиях резьбы всех размеров нарезают вручную, если шаг их не превышает 3 мм или машинным способом, если шаг больше 3 мм.

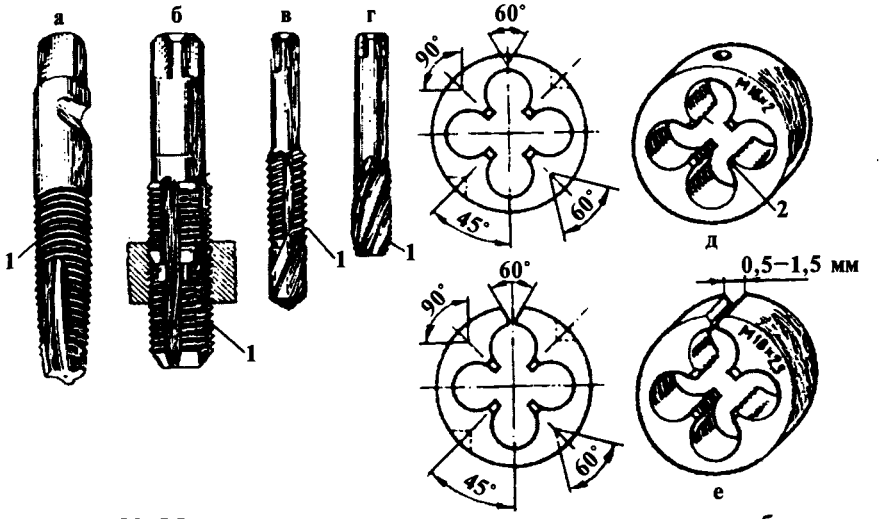


Рис. 30. Метчики специальные и плашки для нарезания резьбы:

а – метчик бесканавочный; *б* – комбинированный; *в* – метчик-сверло; *г* – с винтовыми канавками; *д* – плашка цельная; *е* – разрезная; *1* – резьба; *2* – заборная часть

Метчики для машинно-ручного нарезания метрической, трубной и дюймовой резьбы изготавливают трех видов: одинарные (всех размеров), двойные (комплект из двух штук) для d = 1–52 мм, тройные (комплект из трех штук) для d = 24–52 мм.

Для нарезания метрических резьб диаметром 0,25–0,9 мм в сквозных и глухих отверстиях электроприборов применяют машинные метчики с цилиндрическим хвостовиком.

Метчики одного и того же номинального диаметра с мелким и крупным шагом имеют одинаковые размеры присоединительных элементов.

Для нарезания сквозной метрической резьбы и гаек на сверлильных станках следует применять гаечные метчики со шлифованным профилем. Машинно-ручные и конические метчики диаметром 12 мм и более, а гаечные 10 мм и более изготовляют сварными. У метчиков с рабочей частью, выполненной из стали Р9Ф5, стойкость в два раза выше, чем у метчиков из стали Р18 или Р6М5. Хвостовики метчиков изготавливают из стали 45 или 40Х.

Для нарезания резьбы среднего класса точности на слесарных участках промышленных предприятий применяют винторезные самооткрывающиеся головки с круглыми гребенками по ГОСТ 21760–76. Они позволяют нарезать наружную метрическую и дюймовую резьбы с номинальным диаметром 4–60 мм и шагом до 4 мм. Тип головки и ее размер выбирают в соответствии с применяемым оборудованием.

При использовании сверлильных станков и установке на них вращающихся головок 1КА-5КА допускается биение по наружному ди-

аметру гребенок не более 0,1 мм. Круглые гребенки изготавливают из быстрорежущей стали Р18 или Р6М5.

Для нарезания наружных правых и левых метрических резьб диаметром 1–76 мм, правой и левой трубной цилиндрической резьбы от 1/16 до 2", дюймовой конической резьбы от К1/16" до К2" и трубной конической резьбы от R 1/16" до R2" применяют круглые плашки.

Для метрических резьб точность элементов нарезаемой резьбы плашками должна соответствовать требованиям ГОСТ 16093–81, а для трубных резьб – в зависимости от класса А или В ГОСТ. 6357–81. Плашки круглые изготавливают из стали 9ХС или ХВСГ.

Для нарезания правых и левых резьб в сквозных и глухих отверстиях применяют метчики. Ручные метчики с черновым и чистовым нешлифованным профилем для нарезания метрической резьбы изготавливают диаметром 4–27 мм по ОСТ 2И50–73, а со шлифованным профилем – диаметром 1–16 мм по ТУ2–035–775–80.

Операцию по снятию с поверхности деталей очень тонких частиц металла режущим инструментом – шабером – называют *шабрением.* За один рабочий ход шабером снимают слой металла толщиной 0,005–0,07 мм с целью обеспечения плотного прилегания сопрягаемых поверхностей и герметизации соединения. Ручное шабрение является очень трудоемким процессом, поэтому в последнее время его заменяют обработкой на станках.

Шабер представляет собой металлический стержень с режущей кромкой. В зависимости от формы режущей части шаберы бывают: *плоские*, *фасонные*, *трехгранные*, по конструкции – *цельные* и *со вставными пластинками*, с односторонними и двусторонними режущими концами.

Плоские шаберы используют при шабрении плоских поверхностей, трех- и четырехгранные – при шабрении вогнутых и цилиндрических поверхностей, фасонные – при шабрении труднодоступных фасонных поверхностей, шаберы-кольца вместо трехгранных и изогнутых. Угол заострения режущей части шабера для стали принимают равным 75–90°. Для выявления мест шабрения деталь осторожно укладывают на окрашенную плиту и медленно ее передвигают, а затем снимают. Серые пятна – это наиболее выступающие места, которые в первую очередь подлежат удалению шабером. Металл снимают скоблением «от себя» или «на себя» (рис. 31). При холостом ходе шабер приподнимают. В ремонтном деле вместо шабрения часто применяют *шлифование* на специальных станках, но наиболее прогрессивной операцией является *тонкое фрезерование*, при котором вместо шабера используют *однозубые фрезы.*

Обработку отверстий с целью придания им нужной формы называют *распиливанием.* Эту операцию производят, как правило, напильниками различной формы.

Пригонкой называют операцию обработки одной детали по другой с целью выполнения соединения.



Рис. 31. Шабрение плоских деталей:
а – «от себя»; *б* – «на себя»; *в* – канавок; *г* – отделочные операции

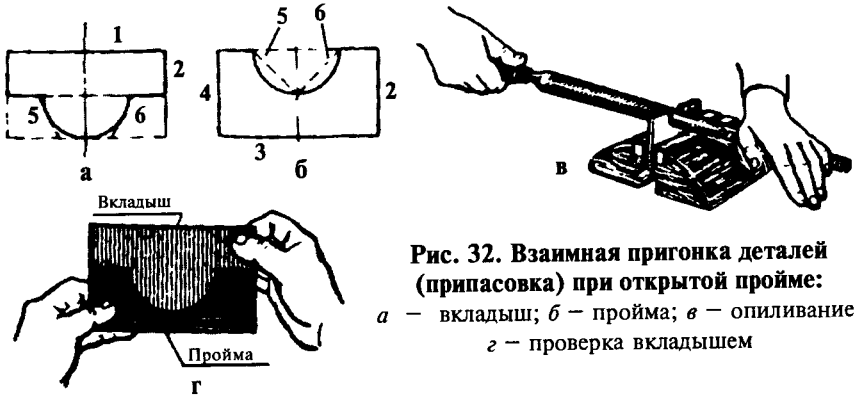


Рис. 32. Взаимная пригонка деталей (припасовка) при открытой пройме:
а – вкладыш; *б* – пройма; *в* – опиливание; *г* – проверка вкладышем

Припасовкой называют операцию обработки, при которой детали соединяют практически без зазора, причем это состояние сохраняется не взирая на перекантовки.

При слесарно-сборочных, ремонтных работах, окончательной обработке деталей, полученных штамповкой, эту операцию выполняют вручную (рис. 32).

Притиркой называют операцию обработки деталей, работающих в паре, для обеспечения наилучшего контакта их рабочих поверхностей.

Контроль линейных размеров обрабатываемых деталей производят с помощью контрольно-измерительных инструментов, рассмотренных в предыдущем параграфе.

Контрольные вопросы

1. Какие работы называют слесарными?
2. Что называют припуском на обработку?
3. Перечислите слесарные операции, которые часто выполняет электромонтер-ремонтник?
4. Чем отличается правка металлов от рихтовки?
5. Какой слесарный инструмент должен находиться на рабочем месте электромонтера?
6. Какие виды сверл вы знаете?
7. Какие виды соединения деталей применяют в электроустановках?
8. Как нарезают внутреннюю резьбу?
9. Какими способами гнут трубы?
10. Какая операция называется притиркой?

ГЛАВА 2. ДОПУСКИ, ПОСАДКИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Шероховатости поверхностей

Реальной поверхностью детали называют поверхность, которая ее ограничивает и отделяет от окружающей среды. В отличие от номинальной (изображенной на чертеже) реальная поверхность детали, даже очень хорошо обработанная (зеркальная поверхность), имеет неровности – выступы и впадины.

У некоторых изделий эти неровности заметны невооруженным глазом, а у других их можно различить только рассматривая поверхность через лупу.

Замер величины неровностей, называемых *шероховатостью* производят или путем сравнения с эталонами, или специальными приборами – профилографами или профилометрами. В зависимости от отношения шага S к высоте неровностей H отклонения формы поверхностей условно подразделяют на три группы:

– макрогеометрические отклонения – при S:H>1000;
– волнистая поверхность – при S:H = 50÷1000;
– шероховатая поверхность – при S:H<50.

Шероховатость представляет геометрический след, оставленный на поверхности при ее механической обработке режущим инструментом, искаженный в результате пластической, упругой деформаций и вибрации технологической системы. Шероховатость оценивают по ее профилю, который образуется в сечении этой поверхности плоскостью, перпендикулярной к номинальной рис. 33. Профиль рассматривают на длине базовой линии, относительно которой оценивают и определяют параметры шероховатости. По ГОСТ 2789–73 установлено шесть параметров шероховатости поверхности:

– R_a – среднее арифметическое отклонение профиля;
– R_z – высота неровностей профиля по десяти точкам;
– R_{max} – наибольшая высота неровностей профиля;
– S_m – средний шаг неровностей профиля;
– t_p – относительная опорная длина профиля;
– S – средний шаг местных выступов профиля.

Средним арифметическим отклонением профиля поверхности R_a называют средне значение расстояний точек измеряемого профиля до его средней линии (рис. 33, а)

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} Yi ,$$

Y – отклонение профиля, определяемое расстояние между точкой и базовой линией и измеренное по нормали, проведенной к средней линии через эту точку;

n – число выбранных точек на базовой длине.

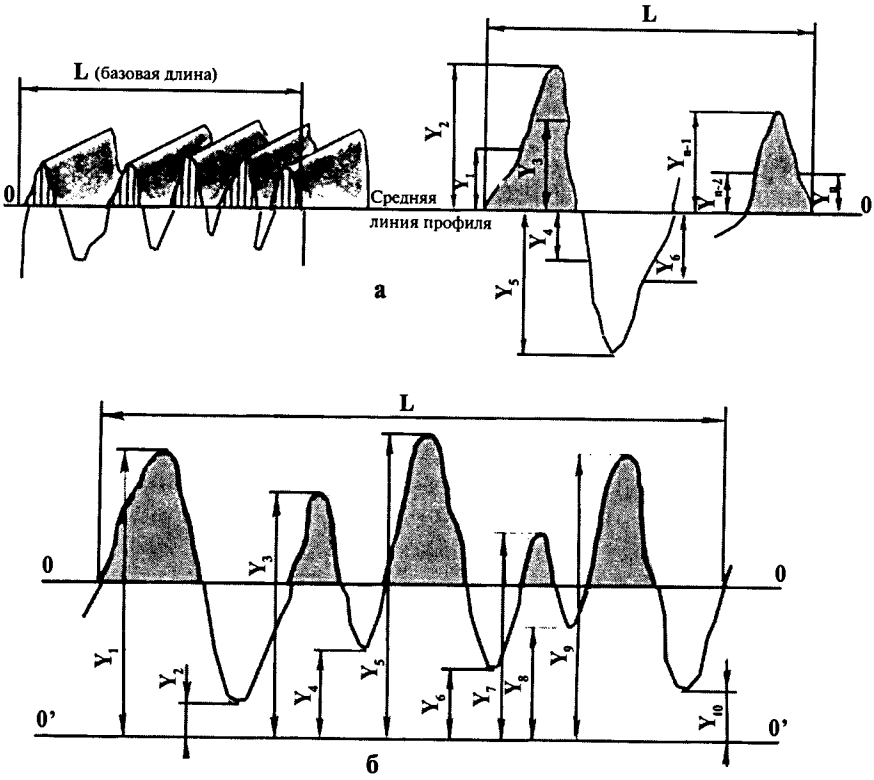


Рис. 33. Параметры шероховатостей поверхности:
а – отклонение профиля; *б* – высота неровностей профиля

Высотой неравномерностей профиля R_z называют среднюю высоту неровности, измеренную по пяти точкам выступов и впадин (рис. 33, б).

$$Rz = \frac{Y_1 + Y_3 + Y_5 + Y_7 + Y_9 - (Y_2 + Y_4 + Y_6 + Y_8 + Y_{10})}{5}$$

Наибольшей высотой R_{max} неровностей профиля называют расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой линии.

Шагом неровностей профиля называют отрезок средней линии профиля, содержащий неровность профиля.

Среднее значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины *называют средним шагом неровностей профиля* – S_m.

Среднее значение шагов выступов профиля в пределах базовой длины называют *средним шагом местных выступов* профиля – S.

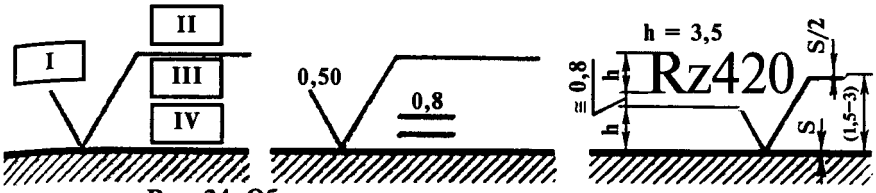


Рис. 34. Обозначение шероховатости на чертежах:
I – параметр шероховатости по ГОСТ; II – вид обработки и другие дополнительные указания; III – базовая длина по ГОСТ;
IV – обозначение направления неровностей по ГОСТ

При сравнении размеров опорных поверхностей, обработанных различными методами, пользуются понятием относительной опорной длины профиля t_p.

В зависимости от величины неровностей поверхностей их шероховатость подразделяют на квалитеты (классы) точности обработки. В Российской Федерации при стандартизации шероховатости поверхности используется система отсчета М, в которой в качестве базовой линии принята средняя линия профиля, т.е. линия имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение профиля до этой линии минимально.

Стандарт распространяется на шероховатость поверхностей в пределах следующих интервалов числовых значений параметров:

$$R_a = 100 \div 0{,}008 \text{ мкм}; \; R_z = R_{max} = 1600 \div 0{,}025 \text{ мкм};$$

$$S = S_m = 12{,}5 \div 0{,}002 \text{ мм}; \; t_p = 90 \div 10\%.$$

Шероховатость каждой поверхности должна быть обозначена соответствующими знаками на чертежах изделия (рис. 34).

Направления неровностей на поверхностях обозначают следующими знаками: продольное =; поперечное ⊥; наклонное перекрещивающее X; кругообразное M и радиальное C или R.

Допуски и посадки

Основные понятия и определения, использованные при изложении данного материала, приняты по ГОСТ 25346–82.

Для обозначения наружных (охватываемых) элементов деталей применяют термин – *вал*, а для обозначения внутренних (охватывающих) элементов деталей – *отверстие* (рис. 35).

Числовое значение линейной величины (например, диаметра вала, длины ступицы и т.п.) в принятых единицах измерения называют размером. Размер, установленный путем измерения конкретной линейной величины детали с допустимой погрешностью называют действительным размером.

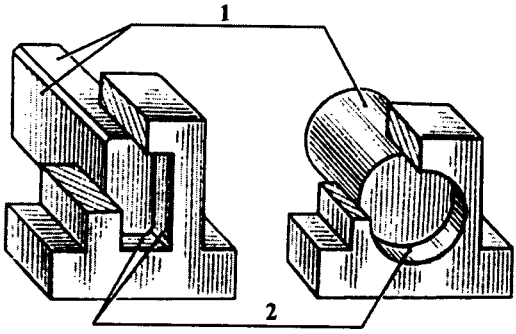


Рис. 35. Обозначение элементов деталей:
1 – охватываемые поверхности (вал);
2 – охватывающие поверхности (отверстие)

Два граничных допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер, называют *предельным размером.*

Меньший из двух предельных размеров называют наименьшим, а больший – наибольшим предельным размером.

Размер, относительно которого определяют предельные размеры, называют номинальным размером. Он служит началом отсчета отклонений. Алгебраическую разность между размером и соответствующим номинальным называют отклонением, а между действительным и номинальным – действительным отклонением.

Под предельным отклонением подразумевают алгебраическую разность между предельным и номинальным размерами.

Алгебраическую разность между наибольшим предельным и номинальным размерами называют верхним отклонением, а между наименьшим предельным и номинальным размерами – *нижним отклонением* (рис. 36).

Верхнее отклонение обозначают французскими буквами:
для отверстия – ES;
верхнее отклонение вала – es;
нижнее отклонение отверстия – EI;
нижнее отклонение вала – ei.

Линия, соответствующая номинальному размеру, от которой, определяют отклонения размеров при графическом изображении допусков и посадок называется нулевой линией.

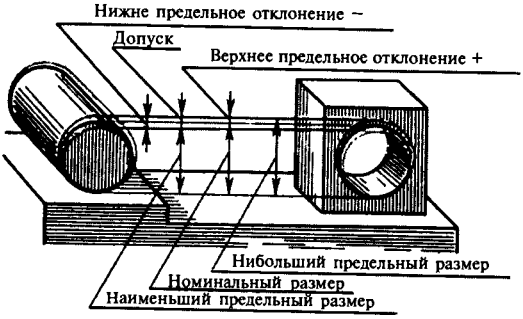


Рис. 36. Поле допусков и предельные отклонения размеров

Допуском называют разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами.

Зону, ограниченную верхним и нижним отклонениями, называют *полем допуска.*

Верхнее или нижнее отклонение, используемое для определения положе-

ния поля допуска относительно нулевой линии, называют основным отклонением.

Единица допуска *i* в мкм представляет собой множитель в формулах допусков системы, зависящий от номинального значения размера Д в мм.

$$i=0,45\sqrt[3]{Д}+0,001Д$$

Здесь *i* является мерой точности.

При диапазоне размеров от 1 до 500 мм допуск Т можно подсчитать по формуле

$$T = \alpha i.$$

α – безразмерный коэффициент.

Числовые значения допусков стандартизированы путем установления следующих 13 интервалов размеров: до 3; 3–6; 6–10; 10–18; 18–30; 30–50; 50–80; 80–120; 120–180; 180–250; 250–315; 315–400; 400–500.

Для каждого интервала принята постоянная величина *i* (следовательно и допуска Т) равная ординате среднегеометрического значения интервала Д.

Совокупность допусков, соответствующих одинаковой степени точности для всех номинальных размеров, называют *квалитетом*.

Квалитет отражает точность технологического процесса. Для размеров деталей до 500 мм установлено 19 квалитетов: IT01; IT0; IT1; IT2–IT17 (здесь: IT–International Tolerance – Международный допуск).

В качестве примера ниже рассмотрена схема расчета допусков .диаметров режущей части цилиндрических разверток в зависимости от поля допуска на обрабатываемое отверстие IT (рис. 37):

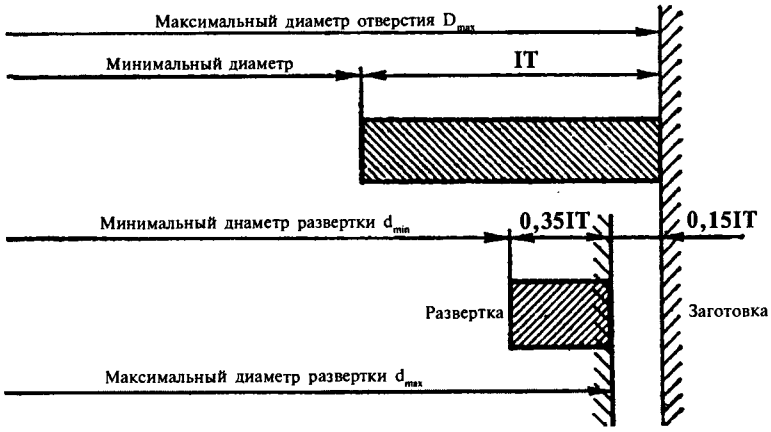


Рис. 37. Схема расчета полей допусков и диаметров развертки

максимальный диаметр развертки должен быть равен максимальному диаметру отверстия минус 0,15 IT;

минимальный размер развертки должен быть равен максимальному диаметру развертки минус 0,35 IT.

Значения 0,15IT и 0,35IT округляют в сторону бóльших значений на 0,001 мм.

Предельные отклонения номинального диаметра развертки для требуемого поля допуска отверстия находим в приведенной ниже последовательности.

Например, надо рассчитать максимальный и минимальный диаметры развертки для обрабатываемого отверстия 20H7 ($20^{+0,021}$ мм). Следовательно, по ГОСТ 25347–82:

номинальный диаметр отверстия 20,000 мм;

максимальный диаметр отверстия 20,021 мм;

допуск отверстия (IT), соответствующий заданному допуску H7, 0,021 мм;

$$0,15\ IT = 0,15 \cdot 0,021 = 0,00315 \text{ мм} \cong 0,004 \text{ им};$$

$$0,35\ IT = 0,35 \cdot 0,021 = 0,00735 \cong 0,008 \text{ мм};$$

максимальный диаметр развертки

$d_{max} = 20,021 - 0,004 = 20,017$ мм;

минимальный диаметр развертки

$d_{min} = 20,017 - 0,008 = 20,009$ мм.

При соединении двух деталей образуется посадка, определяемая разностью их размеров до сборки, т.е. величиной получающихся зазоров или натягов в соединении (рис. 38). *Посадка* характеризует степень сопротивления деталей взаимному смещению. В зависимости от взаимного расположения полей допусков отверстия или вала посадка может быть с зазором, с натягом или переходной.

Номинальный общий для соединяемых отверстия и вала размер называют номинальным размером посадки.

Сумму допусков отверстия и вала, составляющих соединение, называют *допуском посадки.* Разность размеров отверстия и вала, если размер вала меньше размера отверстия, называют *зазором.*

Разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия, называют натягом.

Посадку, при которой в соединении обеспечивается зазор, называют *посадкой с зазором.*

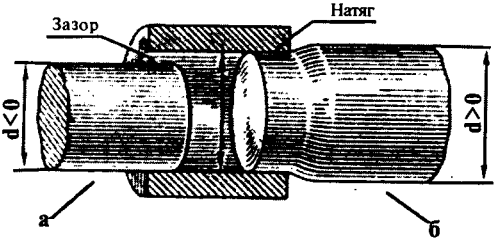


Рис. 38. Виды посадок:
а – зазором; *б* – натягом

Посадку, при которой происходит натяг в соединении называют *посадкой с натягом.*

Посадку, при которой может получиться как натяг, так и зазор, называют *переходной посадкой.*

Указанные выше три вида посадок, в свою очередь,

подразделяются на 13 подвидов посадок. Из них посадки с зазором (подвижные) – на скользящую С, движения Д, ходовую Х, легкоходовую Л, широкоходовую Ш. При повышенном тепловом режиме применяют тепловую ходовую посадку ТХ. Посадки переходные классифицируют на глухую Г, тугую Т, напряженную К и плотную П. Посадки с натягом (неподвижные) разделяют на горячую ГР, прессовую Пр и легкопрессовую Пл.

Кроме этого, устанавливают специальные посадки для шпоночных соединений ПШ и $ПШ_1$, для деревянных изделий дПр, дТ и др., для подшипников качения Гп, Нп, Сп и др.

Для изготовления деталей электродвигателя или масляного выключателя и бетономешалки при соблюдении одной и той же посадки, например скользящей, допуски для деталей электродвигателя и выключателя должны быть гораздо меньше, чем для деталей бетономешалки. Поэтому каждая из указанных ранее посадок имеет различные квалитеты.

Для точного изготовления деталей машин применяют две системы технологической обработки.

Система отверстия (условно обозначается буквой А): по ней охватывающую поверхность – отверстие детали – обрабатывают без; учета того или иного вида посадок. При этом учитывают только размер отверстия и квалитет. Осуществление требуемого вида посадки достигается путем точной обработки вала.

Система вала (условно обозначают буквой В): по ней охватываемую поверхность детали – вал – обрабатывают без учета того или иного вида посадок. При этом учитывают только размер вала и квалитет. Осуществление требуемого вида посадки достигают путем точной обработки отверстия.

Отклонения и допуски. Формы и расположения поверхностей и профилей

Отклонением формы называют отклонение формы реальной поверхности или профиля от формы номинальной поверхности или номинального профиля. *Отклонением расположения* называют отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от его номинального расположения.

Под допусками формы и расположения понимают наибольшие допускаемые значения отклонений формы и расположения. Различают следующие виды отклонений формы поверхностей:

– отклонение от плоскостности, т.е. наибольшее расстояние Δ от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости в пределах нормируемого участка;

– отклонение от цилиндричности, т.е. наибольшее расстояние Δ от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка;

– отклонение от круглости, т.е. наибольшее расстояние Δ от точек реального профиля до прилегающей окружности;

– отклонение профиля продольного сечения, т.е. наибольшее расстояние D от точек, образующих реальную поверхность, лежащих в плоскости и проходящих через ее ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах нормируемого участка.

К основным видам отклонений расположения поверхностей относят:

– отклонение от параллельности плоскостей, т.е. разность Δ наибольшего и наименьшего расстояния между плоскостями в пределах нормируемого участка;

– отклонение от перпендикулярности плоскостей;

– отклонение наклона плоскости относительно плоскости;

– отклонение от симметричности относительно базового элемента;

К основным видам отклонений расположения поверхностей и осей относят:

– отклонение от перпендикулярности плоскости по отношению к оси;

– отклонение от прямолинейности оси относительно плоскости в заданном направлении;

– отклонение наклона оси относительно плоскости.

К основным видам отклонений расположения профилей, осей относят:

– отклонение от параллельности прямых в плоскости;

– отклонение от параллельности осей в пространстве;

– отклонение от параллельности осей в общей плоскости;

– перекос осей;

– отклонение наклона осей относительно оси;

– отклонение от соосности относительно оси базовой поверхности.

К основным видам суммарных отклонений формы и расположения поверхностей относят:

– полное радиальное биение;

– полное торцевой биение;

– отклонение формы заданной поверхности;

– суммарное отклонение параллельности и плоскостности;

– суммарное отклонение перпендикулярности и плоскостности;

– суммарное отклонение от номинального наклона и плоскостности.

К основным видам суммарных отклонений формы и расположения профилей относят: радиальное, торцевое биение, биение в заданном направлении и др.

В зависимости от соотношения между допуском размера и допусками формы и расположения устанавливают следующие уровни относительной геометрической точности:

А – нормальная относительная геометрическая точность (допуски формы и расположения в среднем составляют 60% от допуска размера);

В – повышенная относительная геометрическая точность;

С – высокая относительная геометрическая точность (допуски формы и расположения в среднем составляют 25% от допуска размера).

Для цилиндричности, круглости и профиля продольного сечения относительная геометрическая точность для A, B, C составляет соответственно 30, 20 и 12% от допуска размера, т.к. эти отклонения относят к радиусу, а отклонения радиуса – к диаметру.

Допуски формы и расположения поверхностей и профилей на чертежах конструкторской документации показывают знаками (табл. 3).

Таблица 3

Обозначение видов допусков

Группа допусков	Вид допусков	Знак
Допуск формы	Прямолинейности	
	Плоскостности	
	Круглости	
Допуск расположения	Цилиндричности	
	Профиля продольного сечения (относится к цилиндрической поверхности)	
	Параллельности	
	Перпендикулярности	
	Наклона	
	Соосности	
	Симметричности	
	Позиционный	
	Пересечения осей	
Суммарные допуски формы и расположения	Радиального биения Торцевого биения Биения в заданном направлении	
	Полного радиального биения Полного торцевого биения	
	Формы заданного профиля	
	Формы заданной поверхности	

Знак с допуском формы или расположения помещают в рамку и соединяют ее с деталью сплошной тонкой прямой или ломаной линией. Направление отрезка соединительной линии, заканчивающейся стрелкой, должно соответствовать направлению линии измерения отклонения. Если допуск относится к общей оси или плоскости симметрии и из чертежа ясно видно, для какой поверхности данная ось (или плоскость симметрии) является общей, то рамку допуска соединяют с осью (или плоскостью симметрии).

В тех случаях, когда допуск относится к любому участку заданной длины (или площади), то длину (или площадь) указывают рядом с допуском и отделяют от него наклонной чертой, которая не должна доходить до рамки.

Базы обозначают зачерненным треугольником, который соединяют при помощи соединительной линии (тонкой сплошной) с рамкой.

Если базой является поверхность или профиль, то основание треугольника совмещают с контурной линией поверхности или на ее продолжении (выносной линии).

Когда базой является ось или плоскость симметрии, то соединительная линия должна быть продолжением размерной линии.

Погрешности и методы их измерения

В электромашиностроении показатели, характеризующие качество изделий, тесно связаны с точностью обработки деталей и конструкций электроустановок. Размеры, форма и расположение поверхностей деталей, получаемых при обработке, определяют фактические зазоры и натяги в изделиях и соединениях, а следовательно, напрямую влияют на качество продукции.

Под погрешностью обработки понимают отклонение полученного при обработке значения геометрического или другого параметра от заданного. *Абсолютную погрешность* выражают в единицах рассматриваемого параметра:

$$\Delta X = X_д - X_н,$$

Где $X_д$ и $X_н$ – действительное (полученное) и номинальное (заданное) значение параметра соответственно.

Если поле допуска относительно номинального значения параметра расположено несимметрично, то вместо номинального принимают среднее значение параметра. Отношение абсолютной погрешности к заданному значению параметра называют *относительной погрешностью* $\Delta X/X_н$ или $\Delta X/X_н \cdot 100\%$.

Количественно точность обработки и сборки характеризуется обратной величиной модуля относительной погрешности $(\Delta X/X_н)^{-1}$.

Конструктивные допуски и технические требования на изготовление деталей назначают с учетом особенностей работы изделия при эксплуатации. Эти требования обеспечиваются финишными переходами обработки. Отклонение действительных параметров детали от

номинальных определяют либо *методом прямых измерений*, либо *методом косвенных измерений*. При этом под измерением понимают опыт, в результате которого находят количественную характеристику параметра с погрешностью не превышающей допустимую.

Если искомую величину находят непосредственным измерением, такой метод называют *прямым*, а если на основании расчета – *косвенным*. На результат измерения может влиять погрешность средств измерения, используемых в нормальных условиях, ее называют *основной*, и погрешность средств измерения, используемых в условиях отличающихся от нормальных, – *дополнительной*.

К нормальным для измерения условиям относятся:

– температура окружающей среды 20° С;

– атмосферное давление 101324,72 Па (760 мм рт.ст.)

– относительная влажность воздуха 58%

– направление линии измерения линейных размеров до 160 мм у наружных поверхностей – вертикальное, а в остальных случаях – горизонтальное;

– действие внешних сил равно нулю.

Методом непосредственной оценки называют метод измерений, при котором величину параметра определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора.

Если измеряемую величину сравнивают с величиной воспроизводимой мерой, такой метод называют *сравнительным*.

Метод измерения выбирают исходя из соотношения диапазона средства измерения и значения измеряемой величины. Случайные и неучтенные систематические погрешности измерения называют допускаемой погрешностью измерения. Случайная погрешность измерения обычно не превышает 0,6 *допускаемой погрешности измерения*.

Погрешность измерения образуется из погрешности метода измерения, погрешности средств измерения и погрешности отсчета. *Погрешность метода измерения* включает в себя температурные погрешности базирования, усилий измерения и др. При выборе средств измерения следует учитывать, что погрешность измерения определяется как сумма систематических и случайных составляющих. За величину основной погрешности средства измерения следует принимать предельные погрешности показаний прибора.

Угловые меры используют для измерения углов методом сравнения, для измерения длины применяют штриховые меры, их выпускают в виде брусков из металла, линеек, ленточных рулеток.

Для измерения и контроля размеров отклонения формы и расположения часто используют показывающие приборы с индуктивными (мод. 212 ÷ 214; 276; 75500 и др.) и механотронными преобразователями (мод. БВ-3040).

Для измерения параметров шероховатости поверхности применяют приборы профилограф-профилометр мод.201.

Параметры шероховатости поверхности можно контролировать и с помощью сравнения с образцами.

Контроль и измерение углов в деталях машин осуществляют, используя гониометры (ГС-1, ГС-2, ..., ГС-30), оптические делительные головки ОДГ-5, ОДГ-60, ОДГ-30Э и т.д.

Для измерения малых углов применяют автоколлиматоры (АК-0,25 ÷ АК-30).

Для косвенного измерения углов применяют синусные линейки.

Точность обработки зубчатых колес проверяют с помощью зубомеров БВ-5016К, нормалемеров МЗ, БВ-5081 и др.

Контрольные вопросы

1. На какие группы подразделяют отклонения формы поверхностей?
2. Что такое шероховатость поверхности?
3. Что называют шагом неровностей профиля?
4. Что такое допуск?
5. Что называют допуском посадки?
6. Какую посадку называют натягом?

ГЛАВА 3. СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

Кинематика механизмов

В промышленности, мастерских сельского хозяйства, на предприятиях железнодорожного транспорта и коммунального хозяйства, везде, где применяют станки, машины, механизмы, аппараты и приборы различного назначения, передачу вращательного движения от одного вала к другому и преобразование вращательного движения в поступательное (или наоборот) осуществляют с помощью различных устройств, конструкции которых зависят от взаимного расположения валов и передаваемых ими мощностей.

Конструкцию, состоящую из двух катков, рабочие поверхности которых плотно соприкасаются друг с другом с помощью специальных пружин называют *фрикционной передачей.*

При параллельном расположении осей валов рабочие поверхности катков будут цилиндрическими (рис. 39, а); если оси валов пересекаются применяют конические катки (рис. 39, б). Вращение от одного катка (ведущего) другому (ведомому) передается силами трения.

Конструкцию, состоящую из двух шкивов, на которых с некоторым натяжением надет один или несколько гибких ремней с той или иной формой поперечного сечения называют *ременной* (рис.39, в). При вращении ведущего шкива ремни передают вращение ведомому шкиву за счет силы трения и, следовательно, ременная передача работает как фрикционная. Ее применяют в тех случаях, когда расстояние между валами значительно и по конструктивным (или технологическим) соображениям осуществить фрикционную передачу не представляется возможным.

Конструкцию, состоящую из пары цилиндрических зубчатых колес с внешним (рис. 39, г) или внутренним (рис. 39, д) зацеплением при параллельном расположении валов называют *зубчатой цилиндрической передачей.*

Если геометрические оси валов пересекаются, например в коробках передач, в редукторах, задних мостах автомобиля и др., то используют *конические зубчатые колеса* (рис. 39, е).

Конструкцию, позволяющую осуществить передачу вращения при скрещивающихся осях называют *червячной передачей* (рис. 39, ж).

Передачу, состоящую из ведущей и ведомой звездочек, на зубья которых надета замкнутая цепь называют *цепной* (рис. 39, з). Звездочки представляют собой зубчатые колеса с профилем зубьев, очерченных дугами окружностей. Наиболее часто применяется втулочно-роликовая цепь, состоящая из пластин и цилиндрических втулок. Цепную передачу применяют при значительных расстояниях осей валов для передачи больших мощностей.

Реечная передача состоит из цилиндрического зубчатого колеса и зубчатой рейки (рис. 39, и) и предназначена для преобразования вращательного движения в поступательное (или наоборот).

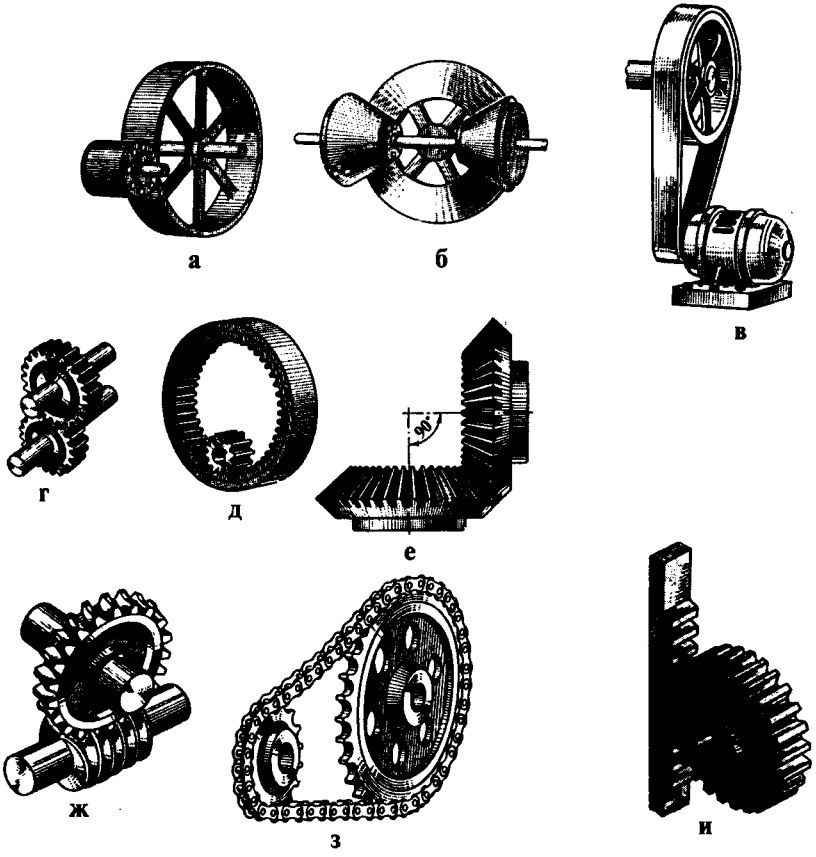


Рис. 39. Виды передач

Общие сведения о схемах соединения составных частей изделия

Конструкторский документ, на котором составные части изделия и связи между ними показывают условными изображениями или обозначениями, называют *схемой*.

На схемах, как правило, показан принцип работы изделия (машины, станка, аппарата, прибора и т.п.). Они являются неотъемлемой частью документов, необходимых для проектирования, изготовления, монтажа, регулировки, эксплуатации и изучения изделий.

Для того, чтобы пользоваться схемами необходимо ознакомиться с ГОСТ 2.701–76 и знать условные графические обозначения, установленные стандартами ЕСКД.

Схемы, в зависимости от входящих в них изделий, подразделяют на: электрические – Э, гидравлические – Г, кинематические – К, пневматические – П, комбинированные – С.

В зависимости от назначения, схемы подразделяют на структурные, функциональные, принципиальные, соединений, подключения, общие, расположения.

Схемы, определяющие основные части изделия, их назначение и взаимосвязи, называют структурными.

Схемы, показывающие только функциональное назначение изделия, поясняющие процессы, протекающие в изделии, называют функциональными.

Самые распространенные принципиальные схемы определяют состав элементов и связей между ними, дают полное представление о принципах работы изделия.

Способы соединения составных частей изделия (проводами, фланцами, разъемами и т.п.), изображенные схематично, называют схемами соединения, а изображающие внешние подключения изделия – схемами подключения.

Схемы, определяющие составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации, называют общими.

Схемы, показывающие относительное расположение составных частей изделия, называют схемами расположения.

Если в состав изделия входят элементы связи разных видов, например электрические и пневматические, электрические и гидравлические, такие схемы называют комбинированными.

В схемах, поясняющих принцип действия изделия и взаимосвязь между его элементами, все условные обозначения элементов выполняют по ГОСТам. В случае применения нестандартных условных графических обозначений на схемах должны быть сделаны необходимые пояснения.

Кинематические схемы

Системы, работа которых характеризуется совокупностью действий различных механизмов и устройств и связями между ними, наиболее удачно описываются и изучаются с помощью *кинематических схем.*

На таких схемах, в соответствии с ГОСТ 2.770–68, проставляют порядковые номера валов, начиная от источника движения, нумеруя их римскими цифрами, остальные элементы – арабскими.

В качестве примера на рис. 40 представлена кинематическая схема грузовой лебедки башенного крана. Читать ее следует начиная от двигателя. Вращательное движение от электродвигателя 1 через фрикционную муфту сцепления 2 с колодочным тормозом ТКГ-300 (стрелка с чертой) передается на вал I с зубчатым колесом 3, которое находится в зацеплении с зубчатым колесом 4 второго вала II. Зубча-

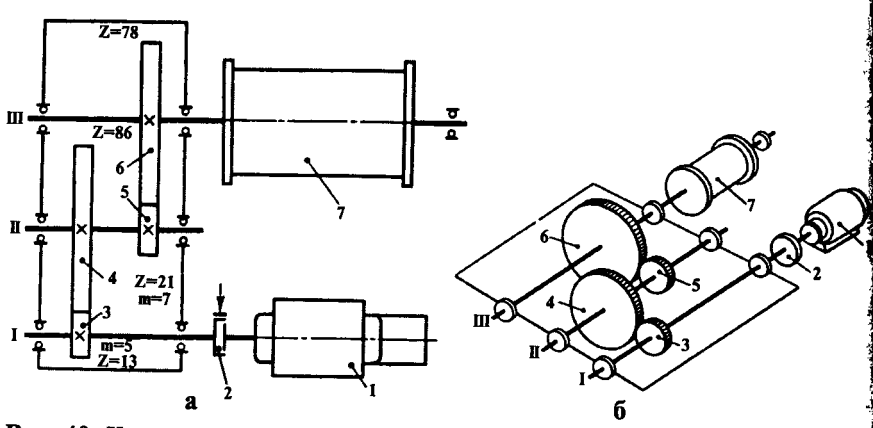


Рис. 40. Кинематическая схема грузовой лебедки башенного крана (*а*) и ее аксонометрическое изображение (*б*):

1 – электродвигатель; 2 – муфта сцепления с тормозом; 3–6 – зубчатые колеса; 7 – барабан для навивки каната; I, II, III – валы зубчатых колес

тое колесо 5 вала II передает вращение через зубчатое колесо 6 третьему валу III, на котором насажен барабан 7 для навивки каната. На концах валов показаны подшипники качения. Около зубчатых колес указаны модуль зацепления m и число зубьев колеса z.

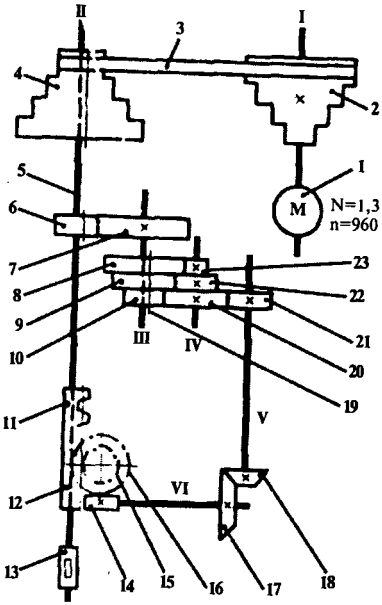


Рис. 41. Кинематическая схема сверлильного станка

На схеме сверлильного станка (рис. 41) вращательное движение ротора электродвигателя 1 через вал I, ступенчатый шкив 2, закрепленный на этом валу ремнем 3, передается ступенчатому шкиву 4, имеющему подвижное без вращения соединение со шпинделем II. Шпиндель II свободно вращается внутри втулки 12 и оканчивается внизу патроном 13 для крепления сверла. Втулка 12 не имеет самостоятельного вращения, но может передвигаться вверх и вниз вместе со шпинделем II. На втулке 12 укреплена зубчатая рейка II, которая находится в зацеплении с зубчатым колесом 15, поднимающим или опускающим шпиндель. Системой зубчатых передач от колеса 6, соединенного со шпинделем II направляющей шпонкой 5, через колесо пере-

дается движение валу III, с которым можно поочередно соединять (с помощью выдвижной шпонки 19) зубчатые колеса 8, 9 и 10. Эти колеса, вступая поочередно в зацепление с колесами 20, 22, 23, сообщают валу IV вращение с тремя различными скоростями.

От вала IV через зубчатые колеса 20 и 21 вращение передается валу V, а через коническую пару колес 17, 18 – валу VI. От вала VI червячной парой 14, 16 вращение передается зубчатому колесу 15, поднимающему или опускающему (через рейку II) шпиндель с патроном 13.

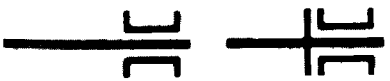
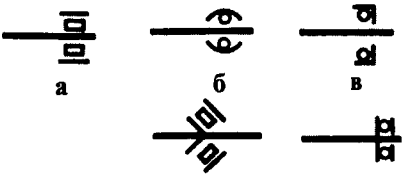
Передача, состоящая из ступенчатых шкивов 2, 4 и трансмиссионного ремня 3, служит для изменения числа оборотов шпинделя и вставляемого в патрон 13 сверла.

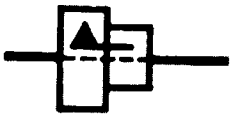
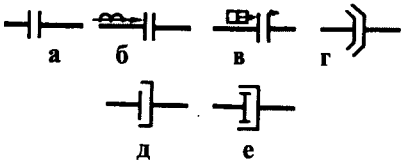
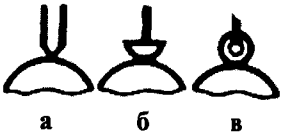
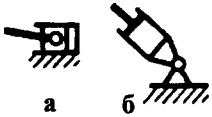
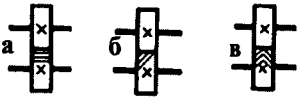
Входящие в кинематические схемы элементы на чертежах изображают условными графическими обозначениями, установленными ГОСТ 2.770–68.

Наиболее употребительные обозначения показаны в табл. 4.

Таблица 4

Условные графические обозначения элементов

Графическое обозначение элементов схем	Графическое обозначение элементов схем
1	2
 а б в **Соединение стержня с неподвижной опорой:** *а* – шарнирное (с движением в плоскости чертежа); *б* – шаровым шарниром; *в* – опора для стержня подвижная	 а б **Подшипники скольжения и качения на валу (без уточнения типа):** *а* – радиальный; *б* – радиально-упорный
 а б **Подшипники скольжения:** *а* – радиальный; *б* – радиально-упорный	 а б в г д **Подшипники качения:** *а, б* – радиальные – общее обозначение; роликовый (а), самоустанавливающийся (б); *в, г, д* – радиально-упорные – общее обозначение (в); роликовые (г); шариковые (д)

1	2
 **Соединение детали с валом при помощи вытяжной шпонки**	 а б **Соединение двух валов:** *а* – глухое; *б* – предохранительной муфтой
 а б в г д е **Муфты сцепления фрикционные:** *а* – общее обозначение (без уточнения типа); *б* – односторонние электромагнитные (общее обозначение); *в* – односторонние гидравлические и пневматические (общее обозначение); *г* – конусные односторонние; *д* – дисковые односторонние; *е* – с колодками	 а б в **Толкатели для кулачковых механизмов:** *а* – пальцевые; *б* – тарельчатые; *в* – роликовые
 а б **Цилиндр с поршнем:** *а* – неподвижный с шатуном; *б* – качающийся	 **Соединение колчатого вала с шатуном**
 а б в **Передачи зубчатые (цилиндрические) общее обозначение без уточнения типа зубьев:** *а* – с прямыми зубьями; *б* – с косыми зубьями; *в* – с шевронными зубьями	 а б в **Передачи зубчатые с пересекающимися валами (конические) общее обозначение без уточнения типа зубьев:** *а* – с прямыми зубьями; *б* – со спиральными зубьями; *в* – с круговыми зубьями

Гидравлические и пневматические схемы

В современной промышленности находят широкое применение гидравлические и пневматические устройства, особенно в системах управления, имеющих большие мощности, массы и скорости. Процесс наладки и выявления дефектов в таких устройствах осуществляется значительно проще, чем, например, в электрических системах, так как гидро- и пневмосистемы регулируют по показаниям только одного прибора – манометра.

Наиболее часто используют принципиальные гидравлические и пневматические схемы, выполненные по ГОСТ 2.704–68, и монтажные схемы соединений.

В принципиальных схемах, показывающих принцип работы установки, полный состав элементов и связей между ними, элементы изображают в виде условных графических обозначений, приведенных в таблице 5.

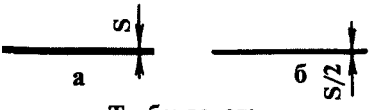
Элементы в схеме нумеруют, начиная с единицы, и далее идут в направлении потока жидкости или воздуха.

Нужно помнить, что введенные ГОСТами ЕСКД условные обозначения для элементов гидравлических и пневматических схем не исключают в случае необходимости (например, для простоты, выразительности или удобства чтения схемы) применения на схемах конструктивно-схематических изображений отдельных устройств и аппаратов.

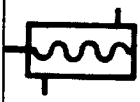
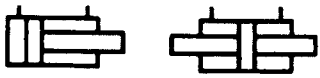
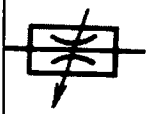
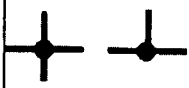
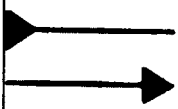
Чтение гидравлической схемы начинают с элемента, обозначенного цифрой 1, и идут далее по направлению потока рабочей среды в последовательности номеров, присвоенных элементам (но не трубопроводам).

Таблица 3.2

Условные графические обозначения элементов гидравлических и пневматических схем

Графическое обозначение элементов схем	Графическое обозначение элементов схем
1	2
 **Трубопровод:** *а* – всасывания, напора, слива; *б* – управления	 **Бак (резервуар)**
 **Насос с постоинным направлением потока**	**Насос шестеренчатый** 

Продолжение таблицы 5

1	2
 **Насос винтовой**	**Насос ротационный лопастной** 
 **Фильтр для жидкости или воздуха**	**Гидромотор (общее обозначение)** 
а  б  **Цилиндр двустороннего действия:** *а* – с односторонним штоком; *б* – с двусторонним штоком	 **Цилиндр двустороннего действия:** *а* – с односторонним штоком; *б* – с двусторонним штоком
 **Дроссель**	 **Клапан обратный**
 **Соединение линий связи**	**Перекрещивание линий связи** 
 **Подвод под давлением: жидкости, воздуха (газа)**	**Слив жидкости из системы** 
 **Распределитель 4/3 с управлением от двух электромагнитов**	а  б  **Распределитель 4/2 с управлеиием:** *а* – от рукояткн с фиксатором; *б* – от электромагнита с пружинным возвратом

Контрольные вопросы

1. Какие передачи называют фрикционными?
2. В каких случаях применяют реечную передачу?
3. Какие схемы называют кинематическими?
4. В каких случаях используют гидравлические и пневматические схемы?

ГЛАВА 4. ПОРЯДОК ПОДГОТОВКИ И ПРОВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ

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).

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 части 3 СНиП; цифра 06–порядковый номер данного документа в группе 5 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 потребителей» 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.

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, кнопок следует предусматривать в рабочих чертежах строительных конструкций (железобетонных, гипсобетонных, керамзитобетонных панелях перекрытия, стеновых панелях).

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 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 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.

Требования к зданиям и сооружениям, сдаваемым в электромонтаж

Для повышения качества и сокращения сроков монтажа большое внимание уделяют приемке помещений и сооружений под электромонтажные работы. Приемку объектов с составлением актов, разрешающих производство электромонтажных работ, осуществляет комиссия. Такой порядок предусмотрен в СНиП.

Выполнение электромонтажных работ без приемки помещений часто приводит к повреждениям смонтированных электротехнических устройств или удлинению сроков ввода их в эксплуатацию.

К помещениям, предназначенным для установки средних и крупных электрических машин, при приемке под монтаж предъявляют следующие требования: все строительные и отделочные работы должны быть закончены до начала электромонтажа, убраны опалубки, излишние леса и строительный мусор, очищены, осушены и накрыты щитами кабельные каналы для предотвращения травмирования работающих.

По проектной документации проверяют наличие в помещениях проемов для доставки электрических машин в сборе или их наиболее крупных частей, а в перекрытиях над подвальной частью помещений — наличие люков, обеспечивающих перемещение наиболее крупных частей электрических машин и механического оборудования. Размеры помещений должны обеспечивать возможность выполнения монтажа и демонтажа электрических машин (сдвиг ротора в осевом направлении, размещение частей машин, доступ к машинам во время их обслуживания и т.п.). Высота помещения должна позволять свободно проносить машину в сборе (при крайнем верхнем положении крюка мостового крана) или ее наиболее крупные части над другими установленными машинами.

Фундаменты под монтаж принимают только при полном соответствии их проектным геометрическим размерам и схеме расположения закладных деталей и отверстий. Отклонения размеров не должны превышать: +30 мм — в плане, -30 мм — по высотным отметкам поверхности фундамента (без учета высоты подливки), -20 мм — по отметкам уступов в выемках и колодцах, +20 мм — по габаритам колодцев, ±5 мм — по осям анкерных болтов в плане, ±10 мм — по осям закладных устройств в плане, +20 мм — по отметкам верхних торцов анкерных болтов.

Приемку готовности фундаментов оформляют актом, который подписывают представители строительной организации и технадзора заказчика.

К акту прилагают формуляр на фундамент с указанием:

проектных и фактических отметок поверхности и основных размеров фундамента;

проектных и фактических привязочных размеров и отметок анкерных колодцев;

привязки главных осей фундамента;

расположения и отметок реперов, заложенных в фундамент;

расположения металлических планок, заложенных в фундамент или закрепленных на конструкциях здания, и скоб, фиксирующих главные оси фундамента.

В помещениях распределительных устройств (РУ), сдаваемых под монтаж, проверяют размеры постоянных или временных монтажных проемов, возможность монтажа блоков для прокладки токоподводов.

При контроле закладных деталей, заделанных в строительные основания РУ, проверяют, сравнивая их с проектными, следующие

расстояния: между закладными деталями и стенами помещения, закладными деталями одного щита, закладными деталями разных щитов при многорядном размещении, закладными деталями в проходах одного ряда. При нижнем токоподводе проверяют соответствие проектным данным привязки труб в плоскости основания каждого шкафа или панели, ширину и длину проемов вдоль щитов, возможность закрепления труб для прохода кабелей в проемах и размеры приемников для подключения кабелей, прокладываемых в кабельном канале.

Требования к другим конструктивным элементам помещений РУ аналогичны рассмотренным выше.

Перед началом монтажа проверяют правильность хранения панелей и шкафов, демонтированных реле, приборов и шин, комплектность и соответствие маркировки проекту. На поверхности панелей и шкафов не должно быть трещин, вмятин и повреждений лакокрасочного покрытия. Двери шкафов должны открываться свободно, без больших усилий, на угол не менее 120°.

Закрытые распределительные устройства (ЗРУ) и подстанции принимают под монтаж, если выполнены следующие строительные работы: здание построено с устройством кабельных каналов; заделаны швы, стыки, борозды, углубления в строительных основаниях и конструкциях; произведены побелка и окраска стен и потолков; нанесены отметки чистого пола и чистых стен в необходимых местах каждого этажа; кабельные каналы перекрыты съемными плитами или листами рифленой стали; установлены закладные конструкции и детали для крепления комплектных устройств и аппаратов; сделаны чистые полы (в ЗРУ со шкафами КРУ), площадки перед помещением ЗРУ спланированы для беспрепятственного транспортирования и такелажа оборудования.

Качество строительной части ЗРУ и подстанций оценивают руководствуясь утвержденным проектом и исполнительной документацией, актами промежуточных приемок отдельных конструктивных элементов и видов работ. При этом обязательно учитывают акты на скрытые работы, данные журналов работ, паспортов и сертификатов на установленные строительные конструкции, результаты обмера и внешнего осмотра.

Кабельные каналы проверяют на соответствие проекту их конфигурации, ширины и глубины.

В процессе приемки ЗРУ и подстанций под монтаж электрооборудования контролируют наличие постоянных или временных монтажных проемов, размеры которых зависят от габаритов электрооборудования, оценивают качество штукатурных и отделочных работ, полов и водонепроницаемости кровли. При осмотре полов учитывают, что некоторые материалы выделяют цементную пыль, присутствие которой в действующих электроустановках недопустимо (бетонные шлифованные полы с мраморной или гранитной крошкой не образуют цементной пыли). Водонепроницаемость кровли проверяют во время осмотра помещений после дождя.

Открытые распределительные устройства (ОРУ) принимают под монтаж электрооборудования после установки, выверки и окончательного закрепления всех металлических и железобетонных конструкций; сооружения фундаментов под оборудование, кабельных каналов и лотков с перекрытиями, железнодорожных путей, автодорог и подъездов, а также постоянного или временного ограждения территории; планировки территории с проектными уклонами для пропуска ливневых вод.

При приемке ОРУ под монтаж руководствуются рабочими чертежами и исполнительной документацией, актами промежуточных приемок отдельных конструктивных элементов и видов работ, данными журналов работ, паспортов и сертификатов на установленные строительные конструкции, результатами обмера и внешнего осмотра.

Перед осмотром строительных конструкций ОРУ изучают указанные выше документы. После этого оценивают состояние поверхности железобетонных опорных конструкций, проверяют соответствие фактических маркировок, нанесенных на элементах, данным паспортов.

Требования, предъявляемые к состоянию поверхности, зависят от способа армирования железобетона при изготовлении конструкций.

Железобетонные изделия, изготовленные из ненапряженного бетона, проверяют на отсутствие обнаженной арматуры, раковин и выбоин размером более 10 мм по длине, ширине и глубине, усадочных трещин шириной 0,005 мм и длиной более 1/4 окружности (периметра) при одной трещине на 1 м элемента.

Поверхность центрифугированных железобетонных опор из ненапряженной арматуры проверяют на отсутствие трещин: трещины размером до 0,2 мм допускаются, если их количество на 1 м опоры не превышает шести; количество трещин размером менее 0,2 мм (волосяные) не нормируется.

Фундаменты трансформаторов под монтаж принимают одновременно с готовностью трассы для перевозки трансформатора. Трассу считают готовой при следующих условиях: ширина проезжей части от места разгрузки на станции железной дороги должна составлять не менее 4,5 м, ее продольные уклоны – не более 6° (на участках до 0,5 км – 7°), поперечные уклоны на прямых участках – не более 2,5°, на виражах –3,5°; радиусы кривых участков проезжей части для автомобилей и прицепов-тяжеловозов – не менее 30 для саней – 10 м; искусственные сооружения (мосты, дамбы, трубы) должны иметь достаточную грузоподъемность для безопасного провоза трансформатора до фундамента.

Затем проверяют пути, используемые для передвижения трансформатора на собственных катках. Показателями их оценки являются горизонтальность, надежность креплений рельсов к шпалам и фундаментам, наличие полного комплекта подкладок, соединителей и болтов.

В процессе приемки на территории ОРУ также проверяют: размеры выхода маслоприемника за габариты трансформатора; объем мас-

лоприемника и возможность отвода масла из него в маслосборник; отсутствие засорения маслопровода; наличие металлических решеток, перекрывающих заглубленный маслоприемник без отвода масла, и насыпанного поверх них толщиной не менее 0,25 м слоя чистого гравия или промытого гранитного щебня либо непористого щебня другой породы с частицами 30—70 мм. Бортовые ограждения незаглубленного маслоприемника должны быть высотой не менее 0,25 м и не более 0,5 м над уровнем окружающей планировки.

При приемке под монтаж камер масляных трансформаторов убеждаются в окончании всех строительных работ. Должны быть завершены: побелка помещения, устройство вентиляционных отверстий и закрытие их жалюзийными решетками с сетками, сделаны полы с уклоном в сторону маслоприемника, навешены ворота. При осмотре дверей (ворот) проверяют следующие условия: при размещении в камере трансформаторов с маслом более 600 кг ворота, открываемые в производственные или другие помещения, не относящиеся к данной подстанции или находящиеся между отсеками взрывных коридоров и РУ, должны быть выполнены из несгораемых материалов, в остальных случаях могут быть деревянными.

Кроме того, в этих камерах проверяют: наличие направляющих и их соответствие конструкции катков трансформатора, надежность крепления направляющих к основанию, наличие устройства (крюк, анкер) для затягивания трансформатора в камеру, размещение проемов и устройств для токоподвода.

В закрытых отдельно стоящих, пристроенных и встроенных в производственные помещения подстанциях и камерах с трансформаторами, имеющими более 600 кг масла, при приемке под монтаж проверяют наличие пандуса или порога из несгораемого материала в дверном проеме камеры или в проеме вентиляционного канала. Пандус или порог должен быть рассчитан на удержание 20% объема масла трансформатора.

Индустриализация электромонтажных работ

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.

Универсальные сборные электромонтажные конструкции, (УСЭК) применяют в мастерских или непосредственно на объектах (рис. 42). 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

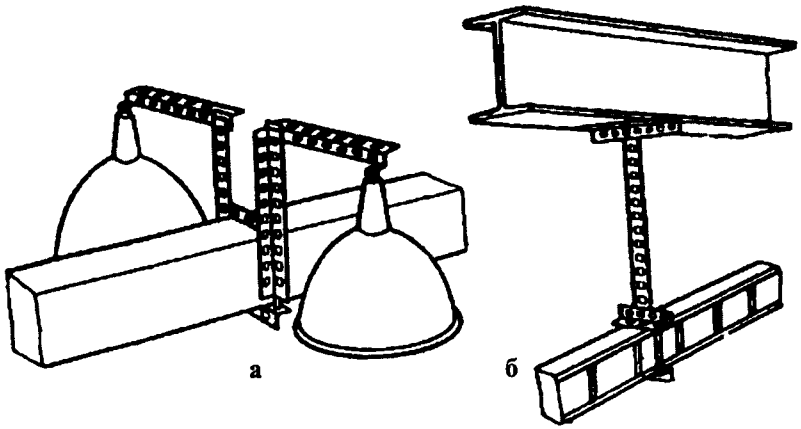


Рис. 42. Применение УСЭК для подвески светильников (*а*) и шинопроводов (*б*)

35 типоразмеров деталей: скобы, уголки, основания, патрубки, профили, полосы, шарниры, прижимы и др.

Электромонтажные конструкции изготавливают 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. 42.

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. 43)

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).

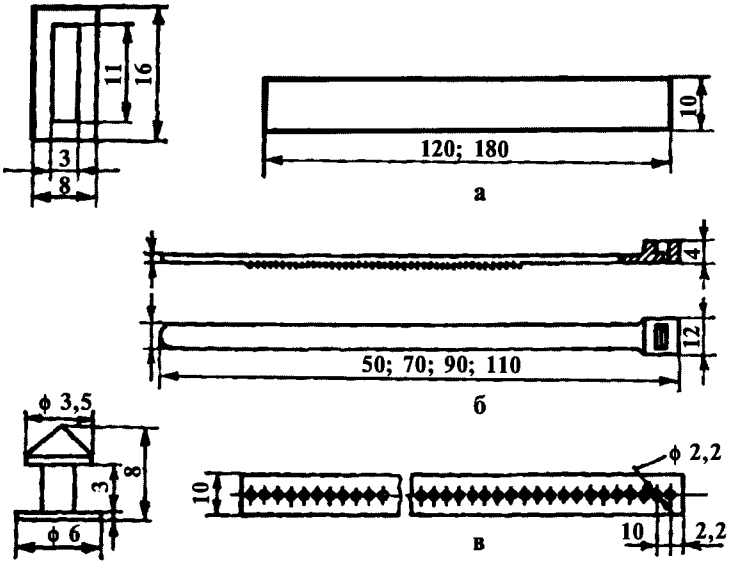
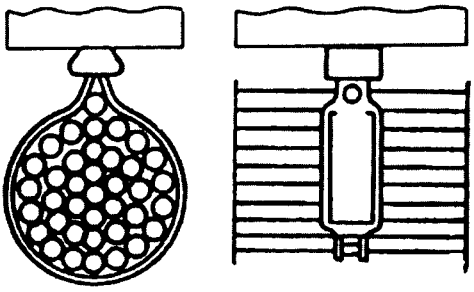


Рис. 43. Изделия для крепления проводов, кабелей и труб:
а – пряжка и алюминиевая полоска для крепления кабелей и труб на перфорированной конструкции; *б* – полоска полиэтиленовая, зубчатая для бандажирования проводов; *в* – лента с кнопкой для бандажирования проводов



а б

Рис. 44. Стяжные ленты для бандажирования (*а*) и маркировки жгута (*б*)

Кроме того, изготавливают 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, изготавливаемых из стали и пластмассы.

Примеры формирования и маркировки жгутов показаны на рис. 44.

Задача индустриализации монтажных работ заключается в том, чтобы за счет получения с заводов и предварительной заготовки крупноблочных комплектных устройств и монтажных узлов максимально свести монтаж к их сборке. В этом большую роль играют группы подготовки производства в системе монтажных организаций.

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 проводят работу по разработке типовых монтажных узлов 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 выпол-

няют 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.

Материалы, изделия, инструмент, приспособления и механизмы, используемые при электромонтажных и ремонтных работах

Сведения о материалах. В процессе монтажа и ремонта электроустановок применяют материалы и изделия, которые условно разделяют на следующие группы: конструкционные материалы и трубы, провода, шнуры и электрические кабели; электроизоляционные материалы и изделия; монтажные и электроустановочные изделия.

Конструкционные материалы применяют при изготовлении корпусов шкафов, щитов, пультов и щитков. Из листовой стали (листогнутые конструкции) на листогибочных установках или прессах изгибают различные профили в виде уголков, корыт, Z-образных и других форм.

Холодногнутую профильную (угловую, корытную) и листовую сталь применяют для различных типовых поддерживающих конструкций – рам, кронштейнов, скоб при изготовлении их в условиях

завода и МЭЗ. Конструкции, выполненные из листовой и холодногнутой профильной стали, как правило, значительно легче, менее трудоемки в изготовлении и больше отвечают требованиям современной эстетики по сравнению со сварными каркасными конструкциями, выполненными из фасонной стали горячего проката.

Угловую, швеллерную, тавровую фасонную сталь горячего проката в настоящее время применяют в основном для изготовления рам и других поддерживающих конструкций индивидуального назначения. Полосовую и круглую сталь используют для выполнения сетей заземления и изготовления простых конструкций небольшого размера.

Сетчатые ограждения токоведущих частей выполняют из стальной плетеной одинарной сетки с квадратными ячейками размером 10 и 20 мм, из проволок толщиной 1–2 мм. Металлические и пластмассовые трубы, гибкие металлические рукава применяют в основном для электропроводок.

Провода, шнуры и электрические кабели представляют собой изделия, содержащие одну или более изолированных жил, поверх которых, в зависимости от конструкции, имеются обмотки, оплетки и другие защитные оболочки. *Установочным* называют провод для электрических сетей низкого напряжения.

Электрическим шнуром называют провод с изолированными жилами повышенной гибкости, служащий для соединения с подвижными устройствами.

Марки провода (кабеля) – это буквенное обозначение, характеризующее материал токопроводящих жил, изоляцию, степень гибкости и конструкцию защитных покровов.

Для электромонтажных работ широко используют изолированные провода марок АПВ, ПВ1, ПВ2, ПВ3, ПВ4, АППВ, ППВ, ВПП, ПВКВ, РКГШ, РПШ, для внутриприборного и межприборного монтажа – МГШВ, НВ, НВМ.

Для передачи и распределения электроэнергии в стационарных установках применяют кабели силовые с пластмассовой изоляцией марок АПсшБбШв, АВБбШв, сечением жил 10–185 мм^2, ВРБГ, ВРГ, АВРГ АВВГ, АПсшБГнг, АППВГ, АППВТнг сечением жил 16–185 мм^2. Кабели изготавливают в 3 и 4 жильном исполнении, с жилами одинакового или одной жилой меньшего сечения.

Для передачи и распределения электроэнергии в стационарных установках напряжением 1 кВ; 6 кВ, 10 кВ часто применяют кабели силовые с пропитанной бумажной изоляцией ААШвУ сечением жил 50–185 мм^2, ААБлУ – 50–240 мм^2 и ААШвУнг – 50–240 мм^2.

Для присоединения различных подвижных механизмов широко применяют кабели с резиновой изоляцией гибкие марок КГ, КГхл сечением 0,75–70 мм^2. Изготавливают эти кабели с одной, двумя, тремя и четырьмя жилами. Для соединения электросварочных аппаратов с электродержателем используют кабели марок КОГ, КГ сечением жил 10–120 мм^2.

Для присоединения к электрическим приборам, аппаратам в электрических распределительных устройствах часто используют контрольные кабели с пластмассовой изоляцией марок АКВВГ, АКПсВГ сечением жил 2,5–6 мм² и количеством жил от 4 до 37.

Для питания электродвигателей погружных нефтенасосов и нефтебуров применяют специальные кабели марок КПБК, КПБП сечением жил 6–50 мм².

Для воздушных линий электропередач и электрифицированного транспорта находят применение неизолированные провода марок А, АС, АСКС, АСУ сечением жил 16–450 мм².

Электротехнические предприятия производят провода неизолированные марки М сечением жил 4–400 мм² и марки МФ – 65–150 мм².

Электроизоляционные материалы подразделяют на твердые (наиболее распространенные), жидкие и газообразные. К твердым относятся волокнистые материалы, слюда и изделия из слюды и пластмассы, асбест, мрамор, фарфор; к жидким – трансформаторное масло; к газообразным – азот и др. (табл. 6)

Таблица 6

Технические данные основных электроизоляционных материалов

Материал	Электрическая прочность при 20° С, кВ/мм	Влагопоглощаемость за 24 ч, %	Нормируемая температура, °С
Асбест	2,4–4,6	2–4	600 (наибольшая допустимая)
Асбоцемент	2–3	15–20	250 (нагревостойкость)
Битумы	15–20	–	30–130 (размягчение)
Бумага	5–10	7–10	110 (нагревостойкость)
Гетинакс	20–22	2	150–180 (нагревостойкость)
Лакоткани	20–70	3,6–8	105 (нагревостойкость)
Масло трансформаторное	15–20	–	135–145 (вспышка)
Текстолит	5–12	2	135–150 (нагревостойкость)

Надежная работа электрических установок зависит в первую очередь от состояния электрической изоляции токопроводящих частей. Изоляция препятствует образованию токов утечки и электрических разрядов между отдельными частями установки. Кроме того, к изоляции предъявляют ряд требований, определяемых условиями работы (теплоустойчивость, механическая прочность, гибкость и др.).

Лаки, краски и эмали. При производстве электромонтажных работ применяют разнообразные лаки, краски и эмали как электроизоляционные, так и общего назначения.

Электроизоляционные лаки делят на покровные, пропиточные и клеящие. Покровные лаки, содержащие пигменты, называются эма-

лями. Пигменты придают лаковой пленке бóльшую механическую прочность, твердость, плотность, улучшают ее адгезионную способность и теплопроводность и позволяют получить желаемый цвет.

Лаки общего назначения используют для защиты изделий от коррозии, а также для придания им хорошего внешнего вида. По химическому составу лаки можно разделить на три основные группы: на основе растительных масел, синтетических полимеров, природных смол.

Эмали по своим свойствам разделяются на электроизоляционные и окрасочные.

В процессе работы, а также при длительном или неправильном хранении лаки и краски загустевают из-за испарения растворителей, поэтому перед применением их необходимо разбавлять соответствующими растворителями или разбавителями.

Лаки, эмали и растворители выделяют вредные пары, поэтому их следует хранить в герметически закрытой таре и отдельных, хорошо вентилируемых помещениях. Лаки и нитроэмали пожароопасны; при работе с ними запрещается курить, а в помещениях, где их применяют, не разрешается пользоваться паяльными лампами, производить электро- и газосварку.

К числу лаков, наиболее широко применяемых при производстве электромонтажных работ, относятся битумно-покровный лак БТ577 (бывший № 177), масляно-битумные БТ987 и БТ98.0, глифталево-масляный ГФ-95 (табл. 7). Большое применение в электромонтажном производстве находят электроизоляционные и полупроводящие ленты ЛХМ и ЛСК, особенно ленты на основе кремнийорганических каучуков марок ЛЭТСАР-А и ЛЭТСАР-Б (электроизоляционная, термостойкая, самосклеивающаяся) (см. табл. 8). Эти ленты имеют высокие электрические и физико-механические свойства – повышенную теплоустойчивость (до 150° С) и устойчивость к воздействию агрессивных сред.

Таблица 7

Электроизоляционные лаки

Наименование, марка	Растворитель и разбавитель	Общая характеристика и область применения
1	2	3
Лак электроизоляционный пропиточный БТ-987	Толуол, ксилол, сольвент или смесь одного из них с уайт-спиритом (1:1)	Влаго- и теплостойкий, противостоит слабым кислотам и щелочам, немаслостойкий. Применяется для пропитки секций машин, катушек аппаратов и покраски бетонных реакторов
То же, БТ-988	То же	То же
То же, БТ-980	То же	То же, но для покрытия и пропитки обмоток электрических машин и катушек аппаратов, работающих в воздухе с повышенной влажностью

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3
Лак электроизоляционный покровный БТ-99	Ксилол, сольвент или смесь одного из них с уайт-спиритом (1:1)	Прочный, эластичный, не маслостойкий, влагоупорный. Применяется при изготовлении составной изоляции, склейке якорей, для покрытия пропитанных обмоток статоров
Лак электроизоляционный пропиточный ГФ-95	Толуол, ксилол, сольвент или смесь одного из них с уайт-спиритом (1:1)	Масло- и влагостойкий, механически прочный. Применяется для пропитки обмоток машин, аппаратов, трансформаторов, лакотканей и бумаги с изоляцией класса нагревостойкости В
Лак электроизоляционный пропиточный ФЛ-98	Ксилол, толуол или сольвент	Масло-, термо- и влагостойкий. Для пропитки обмоток электродвигателей с изоляцией класса нагревостойкости В
Лак электроизоляционный МЛ-92	Толуол, ксилол или смесь одного из них уайт-спиритом (3:1)	Масло- и нагревостойкий. Применяется для пропитки обмоток электрических машин, аппаратов, трансформаторов и изоляционных деталей класса нагревостойкости В
Лаки бакелитовые ЛБС-1 и ЛБС-2	Спирт этиловый, денатурат или сырец	Масло- и теплостойкие. Применяются для склейки, пропитки и покрытия бакелитовых изделий

Таблица 8

Электроизоляционные лакоткани

Вид и марка лакоткани	Номинальная толщина, мм	Характерные свойства и условия применения
1	2	3
Масляная хлопчатобумажная ЛХМ-105	0,15; 0,17; 0,2; 0,24; 0,3	Для работы на воздухе при нормальных климатических условиях
Масляная хлопчатобумажная ЛХМС-105	0,17; 0,2	С повышенными электрическими свойствами. Применение то же. Допускается работа в трансформаторном масле
Масляная хлопчатобумажная ЛХММ-105	0,17; 0,2; 0,24	Маслостойкая. Для работы в горячем трансформаторном масле
Битумно-масляная хлопчатобумажная ЛХБ-105	0,17; 0,2; 0,24	Для работы на воздухе при нормальных климатических условиях
Масляная шелковая ЛШМ-105	0,8; 0,1; 0,12	С малой усадкой и стойкостью к кратковременному повышению температуры. Применение то же

Продолжение таблицы 8

1	2	3
Масляная шелковая ЛШМС-105	0,06; 0,1; 0,12; 0,15	То же, с повышенными электрическими свойствами. Допускается работа в трансформаторном масле
Масляная капроновая ЛКМ-105	0,1; 0,12; 0,15	С повышенной эластичностью, для работы на воздухе при нормальных климатических условиях
То же ЛКМС-105	0,1; 0,12; 0,15	То же, с повышенными электрическими свойствами. Допускается работа в трансформаторном масле
Масляная ЛСМ-105/120	0,15; 0,17; 0,2; 0,24	Для работы на воздухе при нормальных климатических условиях
Масляная ЛСММ-105/120	0,17; 0,2; 0,24	Маслостойкая. Для работы в горячем (до 105°С) трансформаторном масле
Битумно-масляная алкидная ЛСБ-120/130	0,12; 0,15; 0,17; 0,2; 0,24	Для работы на воздухе при повышенной влажности (относительная влажность 95±2% при 20±2°С)
Полиэфирно-эпоксидная ЛСП-130/155	0,08; 0,1; 0,12; 0,15; 0,17	То же
Кремнийорганическая резиновая ЛСКР-180	0,12; 0,15; 0,2	Тоже
Кремнийорганическая пигментированная ЛСК-1, ЛСК-2	0,12; 0,15; 0,2	Для работы на воздухе при температуре до 180°С и повышенной влажности (включая тропическую)
ЛСК-5	0,12; 0,15; 0,2	Полупроводящая, для работы на воздухе при температуре до 180°С
Эскапоновая с липким слоем ЛСЭП, ЛСЭПЛМ	0,14; 0,17; 0,19	Применяются для изоляции электрических машин и аппаратов взамен микаленты, липкий слой нанесен с двух сторон
Кремнийорганическая липкая ЛСКЛ-155	0,12; 0,15	Хорошо склеивается при нагревании, класс нагревостойкости *F*
Полиэфирноэпоксидная самосклеивающаяся, термореактивная ЛСТР	0,16; 0,18; 0,2	Применяются для основной изоляции электрических машин низкого напряжения, класс нагревостойкости *F*
Кремнийорганическая самослипающаяся резиностеклоткань ЛЭТ--АР-А, ЛЭТСАР-Б	0,25	Самосклеивается при нормальной температуре 20–25°С, а также при нагревании в течение 3 ч при 150°С, класс нагревостойкости *H*

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.

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.

Промышленностью выпускаются различного вида и назначения дюбели, 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

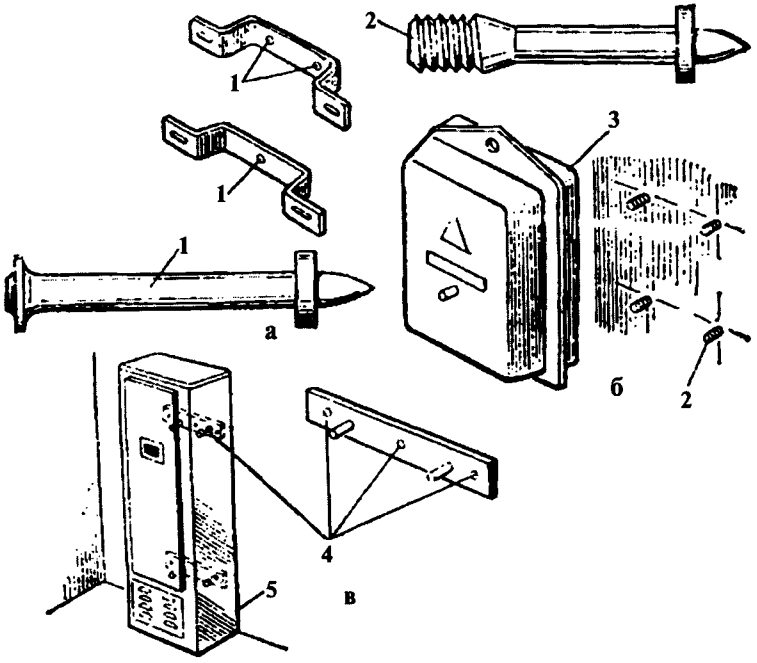


Рис. 45. Крепление дюбелями:

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

аккуратно пробитое отверстие соответствующего диаметра. При ввертывании шурупов в дюбели они расширяются и прочно закрепляются в отверстии.

Пластмассовые дюбели 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 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. 45)

Инструмент, приспособления и механизмы, используемые электромонтажниками

Основные электромонтажные работы по сооружению подстанций, монтажу электродвигателей, обработке и заготовке узлов электропроводок и комплектных линий в мастерских, а также прокладке и креплению их на месте монтажа выполняют, применяя различные инструменты, приспособления и средства механизации.

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

При изготовлении отверстий в строительных основаниях из 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 являются 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. 46, 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.

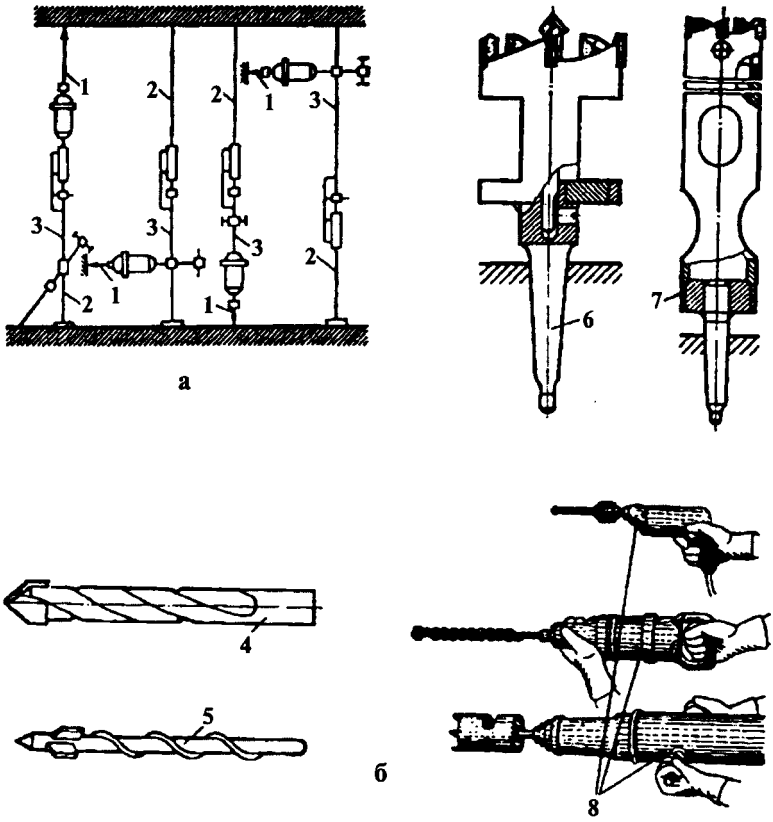


Рис. 46. Иструмент для сверления отверстий:

а – приспособления 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

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. 47, 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 силь-

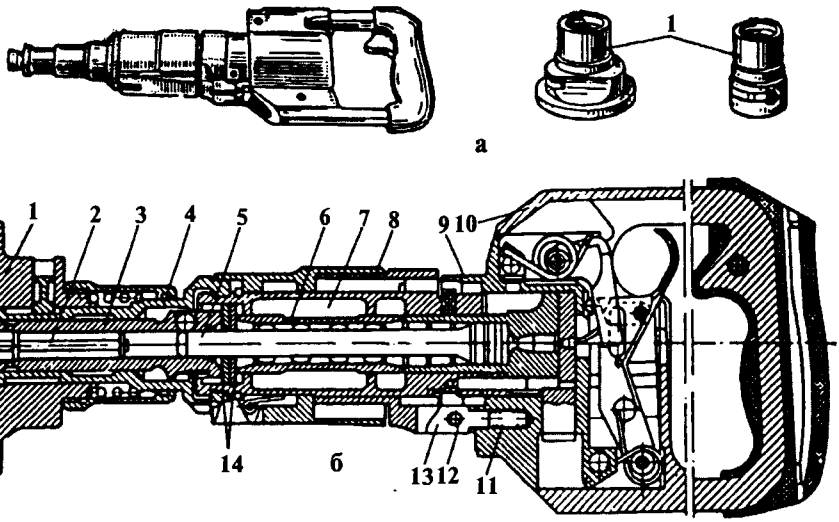


Рис. 47. Поршневой монтажный пистолет ПЦ52 с прижимами (*а*), его устройство (*б*):

1 – прижим; *2* – дюбель; *3* – направляющая втулка; *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

ного 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 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 мощностью 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 механизации 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. Средства механизации, а также набор инструментов, наиболее часто используемых при монтаже, приведены в таблицах 9 и 10.

Таблица 9

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:		
В 100×0,3	1	–
В 150×0,5	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 10

Изделия и инструменты

Изделие, инструмент	Тип	Количество
Аппарат для сварки одножильных проводов	ВКК-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	3 шт.
технической частоты	ГТЧ-Т50	
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 округления 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.

Продолжение таблицы 10

1	2	3
Набор инструментов:		
коммутатчика	ИН-4, НИК-4	2 компл.
линейщика	ИН-8МА	1 компл.
электромонтажника	ИН-3, ИН-15	2 компл.
для опрессовки овальных соединителей	НИОС-2	1 компл.
для округления секторных алюминиевых жил кабеля к прессу ПГР-20М1	НИСШО	1 компл.
Набор инструментов и приспособлений:		
для кабельных работ	НКИ-3	1 компл.
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-2	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	2 шт.
Оправка:	ОД-6	2 шт.
для забивки дюбелей	ОПКМ	2 шт.
с клином к пробойникам серии ПО	ОДП-4М	2 шт.
пиротехническая	7810-0306, 7810-	2 компл.
Отвертки слесарно-монтажные с пластмассовой ручкой, ГОСТ 17199–71	0312, 7810-0318, 7803-3030	
Пика 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-2м	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	РПМ-7	
Прибор для отыскания тождественных жил кабеля	ПЖ-30	1 шт.
Приспособление:		
для линейной раскатки кабеля	УРК	1 шт.

Продолжение таблицы 10

1	2	3
для ввертывания электропроводов заземления	ПВЭ, ПЗД-12	2 шт.
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 дюбели	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 лаки, краски и эмали 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 5. ОСНОВЫ ТАКЕЛАЖНЫХ РАБОТ

Общие требования к механизмам и приспособлениям для такелажных работ

Работы, связанные с подъемом и перемещением грузов, называют *такелажными*. При монтаже электрооборудования, электроконструкций или металлоконструкций такие работы выполняют с помощью различного вида грузоподъемных машин и механизмов, такелажных приспособлений и устройств.

Выбор способа выполнения такелажных работ во многом зависит от состояния монтажной зоны, строительной готовности зданий и сооружений, наличия грузоподъемных средств, имеющейся такелажной оснастки, организации рабочего места такелажников и разработки технологического процесса.

Съемные грузозахватные приспособления (стропы, клещи, траверсы и т.п.), *грузоподъемные механизмы* (тали, лебедки), *сменные грузо-захватные органы* (крюки, грейферы) и *тару* содержат и эксплуатируют в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов», утвержденными Госгортехнадзором России и «Правилами безопасности при работе с инструментом и приспособлениями».

На лебедках, талях, кошках, блоках, полиспастах и др. грузоподъемных механизмах, находящихся в работе, должны быть указаны наименование предприятия (организации), инвентарный номер, грузоподъемность и дата очередного технического освидетельствования, а на съемных грузозахватных приспособлениях – номер, грузоподъемность и дата испытания. Эти сведения размещают на прочно прикрепленной к механизму или приспособлению металлической бирке.

К управлению грузоподъемными механизмами, строповке грузов и такелажным работам допускают лиц не моложе 18 лет, специально обученных и аттестованных в соответствии с указанными выше Правилами и имеющих об этом отметку в удостоверении о проверке знаний.

Обслуживание и ремонт электрооборудования грузоподъемных механизмов производит электротехнический персонал с группой по электробезопасности не ниже третьей.

Рабочих основных профессий, выполняющих работы связанные с эксплуатацией грузоподъемных механизмов и машин, управляемых, с пола, и подвешивающих грузы на крюк машины или механизма, обучают смежной профессии по специальной программе. Их аттестуют в квалификационной комиссии и выдают удостоверение о проверке знаний и допуске к выполнению стропальных работ или управлению грузоподъемными механизмами.

Грузоподъемные механизмы, в том числе и механизмы, предназначенные для подъема людей (лебедки, гидроподъемники, телеско-

пические вышки и т.п.), не реже 1 раза в 12 мес подвергают полному техническому освидетельствованию.

В процессе эксплуатации съемные грузозахватные приспособления и тару осматривают в установленные главным инженером предприятия сроки, но не реже, чем через 6 мес – для траверс, через 1 мес – для тары, клещей и других захватов, через 10 дней – для стропов.

Редко используемые съемные грузозахватные приспособления и тару осматривают перед выдачей их в работу.

В процессе осмотра выявленные поврежденные съемные грузозахватные приспособления и тару изымают из эксплуатации.

Лицо, ответственное за содержание съемных грузозахватных приспособлений в исправном состоянии, результаты осмотра заносит в «Журнал учета и осмотра такелажных средств, механизмов и приспособлений».

Канаты стальные, пеньковые, льняные, капроновые и цепи

Стальные канаты, применяемые на грузоподъемных механизмах должны иметь сертификат (свидетельство) завода-изготовителя о соответствии ГОСТу 3241–80 «Канаты стальные. Технические требования». Канаты, полученные без свидетельства, необходимо подвергнуть испытанию на соответствие требованиям указанного стандарта.

Канаты, не имеющие свидетельства об испытании, использовать в такелажных работах не разрешается.

В зависимости от способа свивки проволок, прядей и сердечника (рис. 48) различают следующие основные виды конструкций стальных канатов:

проволоки в прядях и пряди в канате свиты в одном направлении – односторонняя свивка каната;

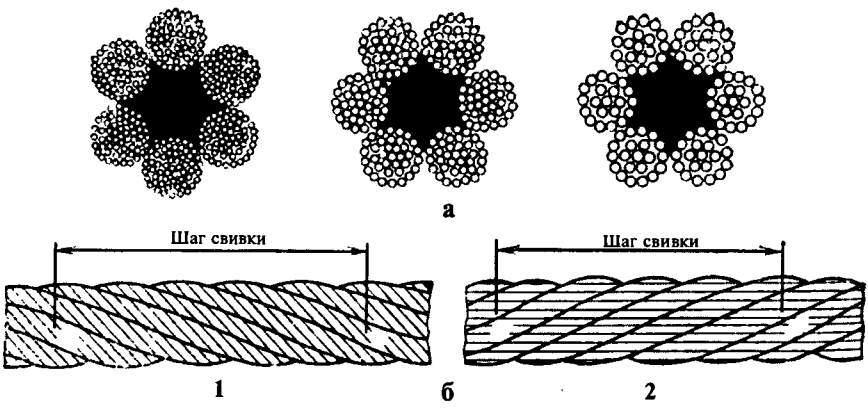


Рис. 48. Канаты стальные:

а – сечения; *б* – тип свивки; *1* – односторонняя; *2* – крестовая

проволоки в прядях свиты в одном направлении, а пряди в канате в другом – крестовая свивка каната;

канаты комбинированной свивки, в которых часть прядей имеет левое, а часть – правое направление свивки проволок.

Канаты крестовой свивки менее гибки, чем канаты односторонней свивки, поэтому для запасовки грузоподъемных машин и механизмов, а также для такелажных работ их применяют чаще.

Канат, свитый из нескольких канатов, называется кабелем и применяется при больших растягивающих усилиях.

Канаты по виду свивки подразделяют на обыкновенные (О) и нераскручивающиеся (Н). По направлению свивки – правой и левой. По типу свивки проволок в прядях изготавливают канаты с точечным касанием (ТК), линейным касанием (ЛК) проволок между слоями прядей или комбинированные (ТЛК).

В такелажных работах и грузоподъемных механизмах используют обычно стальные канаты типов ТК, ЛК и ТЛК. Они сконструированы из шести прядей канатной проволоки 1 сорта, каждая прядь может иметь число проволок 19, 37, 61.

Жесткие канаты с числом проволок в пряди 19 применяют для вант и оттяжек. Они не подвергаются или мало подвергаются изгибу.

Канаты с числом проволок в пряди 37 и более используют для запасовки полиспастов, изготовления стропов, а также для других чалочных приспособлений.

Применение пенькового сердечника в канате придает ему большую гибкость, ослабляет толчки в начале и конце подъема и обеспечивает больший срок службы каната. Изготавливают также сердечники из нейлона или капрона.

От правильного определения диаметра каната и допустимой на него нагрузки зависят как срок службы каната, так и безопасность работы.

Коэффициентом запаса прочности называют число, показывающее, во сколько раз нужно уменьшить нагрузку на канат по сравнению с предельной нагрузкой (разрывным усилием), чтобы перемещение груза было полностью безопасным (табл. 11).

Канаты, шнуры, веревки из растительных и синтетических волокон часто также используют при работах с грузоподъемными механизмами. При этом коэффициент запаса прочности изготовленных из них стропов должен быть не менее 8.

Пеньковые канаты должны соответствовать требованиям ГОСТа 483–75 «Канаты пеньковые. Технические условия»; капроновые – ГОСТа 10293–77 «Канаты капроновые. Технические условия»; веревки – ГОСТа 1868–72 «Веревка из лубяных волокон. Технические условия»; льняные шнуры – ГОСТа 1765–70 «Шнуры и канатики льняные. Технические условия».

Канаты, шнуры и веревки, применяемые для изготовления строп и при такелажных работах, снабжают бирками (ярлыками), на кото-

Таблица 1

Минимально допустимый коэффициент запаса прочности канатов

Назначение каната	Привод и режим работы грузоподъемного механизма	Коэффициент запаса прочности, R
Канат для кранов, лебедок, мачт, полиспастов и других подъемных и тяговых устройств	Ручной	4
	Машинный:	
	легкий	5
	средний	5,5
	тяжелый	6
	очень тяжелый	6
Канат для вант, оттяжек мачт и опор	–	3,5
Канаты лебедок, предназначенных для подъема людей	–	9

рых указывают инвентарный номер, допустимую грузоподъемность и дату следующего испытания.

Канаты и шнуры, не снабженные заводом-изготовителем паспортами, перед использованием подвергают техническому освидетельствованию, включающему осмотр и испытание с записью об этом в «Журнале учета и осмотра такелажных средств, механизмов и приспособлений».

При эксплуатации канатов из растительных и синтетических волокон техническое освидетельствование проводят 1 раз в 6 мес.

В сухих помещениях для работы применяют *бельные канаты.* Они обладают большей разрывной прочностью, чем пропитанные, но быстро разрушаются под действием влаги. Для работы в условиях повышенной или переменной влажности широко используют *пропитанные* канаты или канаты из *синтетических волокон.*

Хранят канаты и шнуры в подвешенном состоянии или на деревянных стеллажах на расстоянии не менее 1 м от отопительных приборов, в закрытых сухих помещениях, защищенных от прямых солнечных лучей, масла, бензина, керосина и других растворителей.

Концы канатов оснащают коушами, скобами и другими грузозахватными приспособлениями, если канат не применяют для обвязывания грузов.

Заплетку петли у пенькового каната делают с помощью двух полных и двух половинных пробивок.

Условия и возможность применения стропов из синтетических и других материалов устанавливает предприятие, использующее такие стропы.

Перед использованием канатов обращают внимание на отсутствие на них гнили, гари, плесени, узлов, разлохмаченности, промятостей, надрывов, надрезов и других дефектов. Каждый виток каната должен отчетливо выделяться, крутка должна быть равномерной.

Применяемые для оттяжки пеньковые канаты, не должны иметь перетертых или размочаленных прядей. Если результаты осмотра удовлетворительные, проводят в течение 10 мин статические испытания каната нагрузкой, вдвое превышающей допустимую рабочую. Нагрузку создают грузом или тяговым механизмом с применением динамометра.

В процессе эксплуатации канаты и шнуры осматривают через каждые 10 дней.

Сварные и штампованные цепи, используемые в качестве грузовых и для изготовления стропов, должны удовлетворять требованиям ГОСТа 2319–81 «Цепи круглозвенные грузовые и тяговые нормальной прочности. Общие технические условия» и ГОСТа 228–79 «Цепи якорные. Общие технические условия».

В качестве грузовых и тяговых применяют *сварные калиброванные цепи* (СК), *сварные некалиброванные* (СН) – главным образом в качестве тяговых. *Пластинчатые цепи*, изготовленные по ГОСТу 191–82, используют в качестве грузовых.

Запас прочности пластинчатых цепей, применяемых в грузоподъемных машинах, по отношению к разрушающей нагрузке должен быть не менее 5 при машинном приводе и не менее 3 – при ручном.

Износ звена сварной или штампованной цепи допускают не более 10% от первоначального диаметра (калибра) плюс отрицательный допуск на изготовление цепи.

Сращивание цепей производят путем электро- или кузнечно-горновой сварки новых вставленных звеньев или с помощью специальных соединительных звеньев. После сращивания цепь должна быть осмотрена и испытана нагрузкой.

Такелажная оснастка и строповка грузов

Стропы в основном изготавливают из стальных канатов ТК 6×37, ТК 6×61 и реже из цепей. Широкое распространение получили стропы универсального и облегченного типов (рис. 49). Грузоподъемность стропов оценивают разрывным усилием стального каната, используемого для изготовления стропов с учетом коэффициента запаса прочности, приведенного в таблице 12.

Для изготовления универсального стропа концы каната сплетают друг с другом на длину сплетения не менее 40 диаметров каната. Сращивать концы каната на сжим внахлестку запрещается. Петли на концах облегченных стропов делают с заплеткой свободного конца на длину не менее 25 диаметров каната и крепят этот конец не менее чем тремя зажимами-хомутами. К концам облегченного стропа иногда крепят обычной заплеткой крюки для упрощения вязки и предохранения каната от быстрого износа.

Закрепление конца каната выполняют одним из трех способов: *сжимами*, *клиновыми зажимами*, *счалкой* (сплетением).

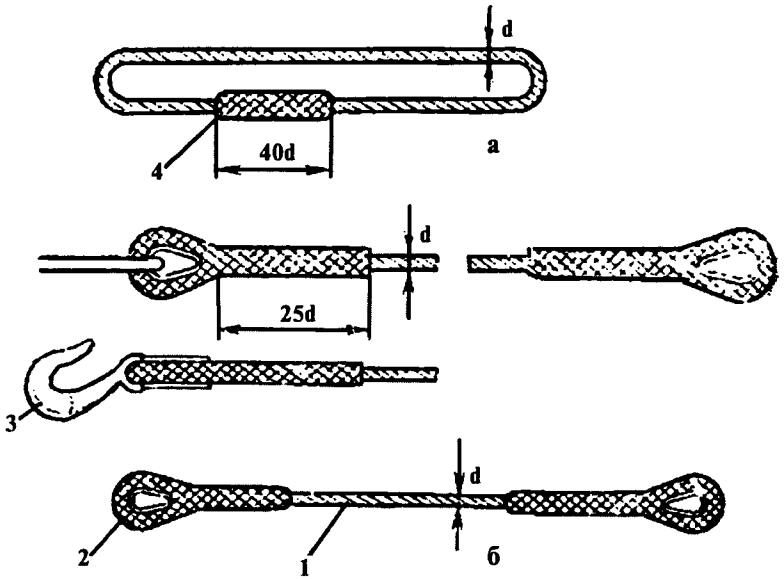


Рис. 49. Стропы контактные:

а – универсальный; *б* – облегченный; *1* – канат; *2* – петля; *3* – крюк; *4* – сплетение

Таблица 12

Коэффициент запаса прочности стального каната, используемого в полиспастах или для изготовлеиия стропов, вант, расчалок и оттяжек

Назначение каната	Коэффициент запаса
Стропы огибающие для подъема груза массой:	
до 50 т	8
более 50 т	6
Стропы, прикрепляемые к грузу при помощи крюков, серег или колец без его огибания	6
Ванты, расчалки, оттяжки с учетом нагрузки от ветра	3,5
Полиспаст с ручной лебедкой	4,5
То же с электрической лебедкой	5

Простым и широко распространенным при монтаже способом является закрепление концов каната сжимами. Такое закрепление особенно удобно при отсутствии опытных счальщиков, а также в тех случаях, когда нужно быстро произвести надежное крепление конца каната на месте предстоящих такелажных работ.

Сжимы ставят так, чтобы дужка приходилась со стороны короткого конца каната, а затягивают их так, чтобы канат был обжат примерно на 1/3 его диаметра.

В зависимости от диаметра каната и необходимой степени прочности закрепления применяют различные сжимы (литой, обыкновенный, кованый, клиновый и др.) и устанавливают различное их число. В таблице 13 приводится зависимость количества сжимов от диаметра каната.

Таблица 13

Определение количества сжимов и расстояния между ними в зависимости от диаметра каната

Диаметр каната, мм	Количество сжимов	Расстояние между осями сжимов, мм	Расстояние от центра петли «до первого сжима, мм
8,5	3	100	80
13,5	3	100	105
15	3	100	130
18	3	120	145
20	4	125	160
24,5	5	150	195
27	5	160	210
29	5	180	225
38	8	250	300

Расстояние между сжимами обычно принимают не менее 6 диаметров каната. Болты сжимов затягивают до отказа, равномерно на всех установленных сжимах. Для стальных проволочных канатов в основном применяют литые и кованые сжимы. Сжимы размещают так, чтобы затягивающие гайки располагались со стороны рабочей ветви каната. Концы канатов закрепляют сжимами через коуш, который предохраняет канат от расплющивания и расслоения прядей и проволок на перегибах. Размеры коушей в зависимости от диаметра каната установлены ГОСТ 2224–72.

При такелажных работах следует учитывать уменьшение несущей способности канатов в его узлах. *Счалку* (сплетение) концов канатов между собой разрешают только при условии их одинаковых конструкции и диаметра. Для выполнения чалочных работ применяют специальные инструменты, а также переносные тиски для зажима каната и закрепления коушей, катушки с мягкой проволокой для обмотки и закрепления канатов, круглые клинья из твердого дерева, переносные зажимы для канатов. Наряду с изготовлением *петель* способом сплетения их прядей, их также изготавливают способом опрессовки при помощи овальной пустотелой алюминиевой гильзы или оцинкованной трубки. Таким способом соединяют канаты диаметром до 35 мм. *Захватные устройства* такелажных и монтажных приспособлений (петли, карабины, крюки), используемые при такелажных работах, должны исключать возможность самопроизвольного расцепления в процессе перемещения грузов и монтажа оборудования.

Для подъема грузов массой до 15 т применяют инвентарные стропы, а при подъеме более тяжелых грузов строповку выполняют специальными стропами и приспособлениями, состоящими из нескольких инвентарных стропов и траверс.

При строповке поднимаемого или перемещаемого груза обязательно определяют опытным путем местоположение его центра тяжести. Правильная строповка будет осуществлена лишь тогда, когда ось крюка грузоподъемной машины или механизма совпадает с центром тяжести поднимаемого или перемещаемого груза.

Во время такелажной операции следят за тем, чтобы рабочий канат не перетирался об острые края груза, части оборудования или о стены зданий и не касался других канатов. Для защиты от перетирания используют прокладки.

Нельзя допускать большого одностороннего или двухстороннего перегиба каната на блоках и барабанах малого диаметра, а также крепления его непосредственно к *проушинам*, *серьгам* и *рамам* без коушей.

Применение канатов, имеющих переломы, узлы, обрыв проволок и износ более допустимого, запрещается (табл. 14).

Таблица 14

Число обрывов проволок на длине одного шага свивки, при котором каиат должен быть забракован

Первоначальный коэффициент запаса прочности каната при отношении D/d*	Конструкция канатов							
	6×19-114 и один органический сердечник		6×37-222 и один органический сердечник		6×61-336 и один органический сердечник		18×19-342 и один органический сердечник	
	Крестовой свивки	Односторонней свивки	Крестовой свивки	Односторонней свивки	Крестовой свивки	Односторонней свивки	Крестовой свивки	Односторонней свивки
до 6	12	6	22	11	36	18	36	18
от 6 до 7	14	7	26	13	36	19	38	19
более 7	10	8	30	15	40	20	40	20

Стропы крепят за специальные рымы или за массивные и надежные части поднимаемого груза, все ветви должны быть натянуты равномерно. При строповке грузов ветви стропов предохраняют от соскальзывания на случай задевания груза за посторонние предметы при подъеме.

Места строповки на поднимаемых грузах намечают заранее. Длинномерные грузы, поднимаемые в горизонтальном положении, стропят не менее чем в двух местах с применением специальных траверс.

D – диаметр барабана, мм; d – диаметр каната, мм.

При подвешивании груза на двурогие крюки стропы должны накладываться таким образом, чтобы нагрузка распределялась на оба рога крюка равномерно.

Не использованные для зацепки груза концы многоветвевого стропа следует укрепить так, чтобы при перемещении груза исключалась возможность задевания этими концами за встречающиеся на пути предметы.

Петли стропа следует надевать по центру зева крюка, а крюк устанавливать по центру строповки.

Крюки рекомендуется применять с предохранительными замыкающими устройствами, что предотвращает соскальзывание стропа с крюка. При постоянной эксплуатации крюк в зеве изнашивается, на нем появляются трещины, надрывы, искривления. Все крюки грузоподъемных машин и механизмов должны периодически осматриваться машинистом крана и, если износ крюка в зеве достиг 10% проектной высоты сечения, его необходимо заменить. Крюк также должен быть забракован при появлении на нем трещин, надрывов и искривлений.

На всех крюках завод-изготовитель делает четкие надписи, содержащие номер крюка по ГОСТ, максимальную грузоподъемность, наименование завода-изготовителя и дату выпуска.

Блоки входят в состав такелажной оснастки – в конструкцию грузоподъемных машин и различаются по числу роликов и грузоподъемности. В такелажных приспособлениях применяют монтажные блоки *однорольные и многорольные.*

Однорольные (т.е. с одним роликом) блоки применяют для непосредственного подъема груза массой от 1 до 10 т и в качестве отводных для изменения напряжения канатов. Многорольные блоки применяются обычно в полиспастах.

Полиспасты – грузоподъемные устройства, состоящие из двух и более монтажных блоков, соединенных между собой канатом, (рис. 50).

При такелажных работах полиспасты применяют в основном для выигрыша прилагаемой силы, хоты теряют скорость перемещения груза. При этом скорость теряется во столько раз, во сколько раз выигрывается в силе.

Такелажникам необходимо помнить, что если число нитей (канатов) полиспаста, на которые распределяется масса груза, четное, то конец каната следует закреплять на неподвижном верхнем блоке.

Если же число ветвей полиспаста нечетное, то конец каната закрепляют на нижнем подвижном блоке.

При выполнении такелажных работ наиболее часто применяют полиспасты с числом ветвей от 2 до 6 со сбегающим тяговым канатом с неподвижного блока.

Грузоподъемность полиспаста находится в прямой зависимости от числа рабочих ветвей.

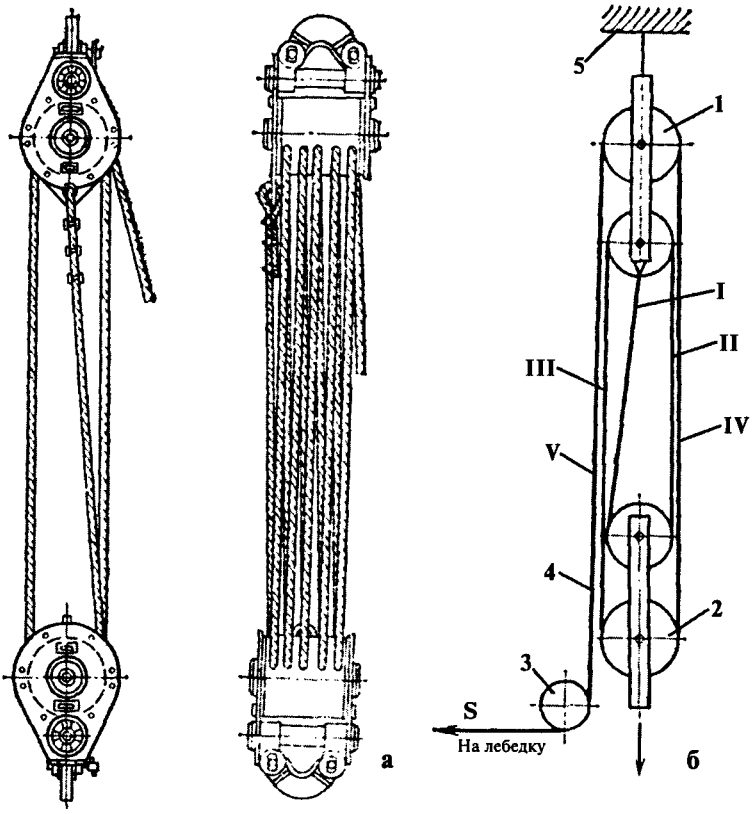


Рис. 50. Полиспасты:

а – полиспаст грузоподъемностью 100 т; *б* – схема запасовки канатом, сбегающим с неподвижного блока; I–V – нити полиспаста; *1* – неподвижный блок; *2* – подвижный блок; *3* – отводной блок; *4* – сбегающий конец каната; *5* – подвеска блока

При сборке полиспастов и подъеме грузов следят за соблюдением параллельности подвижной и неподвижной обойм. Косое положение одного блока относительно другого во избежание соскальзывания каната с блока не допускается.

Тяговый сбегающий конец каната не должен вывертывать блок полиспаста и вызывать его перекос.

Отводные блоки лучше применять разъемной конструкции, позволяющей запасовать канат в блок в любом месте по его длине. Располагают их так, чтобы проходящий через них тяговый конец каната не имел косого набегания на блок полиспаста.

При выборе грузоподъемности отводных блоков и расчетах чалочных канатов для их привязки необходимо учитывать угол между направлением канатов.

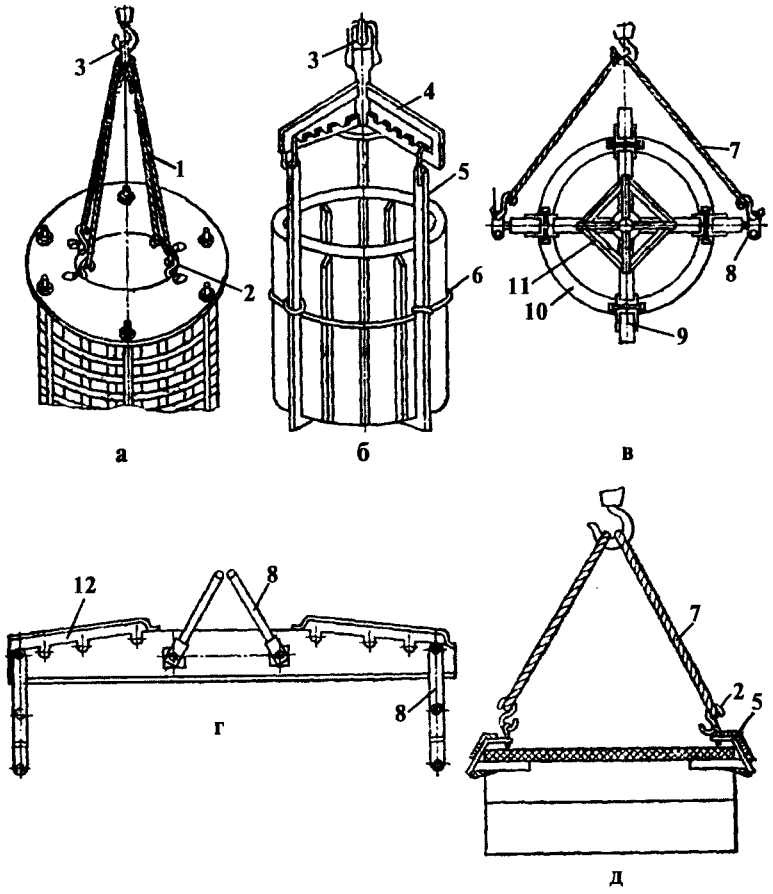


Рис. 51. Такелажные приспособления:

а – стропы с крюками для подъема стянутой обмотки; *б* – тройная траверса с лапами для подъема обмоток; *в* – приспособление для кантовки и подъема дисковых обмоток; *г* – траверса для подъема обмоток различной длины; *д* – стропы для подъема обмоток, намотанных на бакелитовые цилиндры; *1* – стропы; *2* – крюки; *3* – кольца; *4* – траверса; *5* – лапы; *6* – канат; *7* – тросы; *8* – серьги; *9* – зажим; *10* – обмотка; *11* – рама; *12* – балка

При длительном хранении блоки массой до 60 кг подвешивают за крюки, петли или скобы на прочных перекладинах. Более тяжелые блоки укладывают на полу на подкладках.

Технические освидетельствования блоков и полиспастов должны проводиться нагрузками, указанными в нормативной документации.

Состояние блоков и полиспастов проверяют внешним осмотром перед каждым их применением.

При внешнем осмотре убеждаются, что блоки и полиспасты с приданными им канатами испытаны и имеют металлическую бирку с указанием номера блока или полиспаста, грузоподъемности и даты очередного испытания. Проверяют общее состояние блоков и их отдельных элементов (роликов, щек, подшипников), крепление каната к блоку, смазку роликов и вращение их на оси и обращают внимание на внутреннюю поверхность зева крюка, где чаще всего появляются трещины, на состояние каната, которым оснащен полиспаст, и чистоту каналов для смазки в осях роликов.

Подлежат замене ролики, имеющие трещины, отбитые края, износ втулок, равный 3% диаметра оси и более, диаметр отверстия, увеличенный более чем на 5% первоначального.

Такелажная оснастка (стропы, ванты, расчалки, оттяжки, полиспасты, блоки, домкраты, гаки, якори, траверсы, лебедки и пр.), если она правильно рассчитана, должна обеспечивать полную гарантию безопасности людей, участвующих в такелажных работах, а также сохранность грузов при вертикальном или горизонтальном их перемещении и монтаже.

Нормы и сроки периодических испытаний такелажной оснастки указаны в нормативной документации.

Результаты приемочных и периодических испытаний такелажа заносят в соответствующий журнал, учитывающий эксплуатацию такелажных приспособлений. После проведения технического освидетельствования на каждом такелажном приспособлении необходимо закрепить бирку (ярлык) с указанием грузоподъемности и даты испытаний. Грузоподъемность приспособления должна соответствовать максимальному усилию, которое будет передаваться на него от массы поднимаемого груза с учетом угла наклона стропа (рис. 51) и коэффициента запаса прочности по таблице 11.

Грузоподъемные машины и механизмы

К грузоподъемным машинам относят все типы кранов. Общий вид мостового электрического опорного крана грузоподъемностью от 5 до 16 т, предназначенного для перемещения различных грузов на складах, в цехах производственных помещений и на открытых площадках показан на рисунке 52.

Кран состоит из моста 1, установленного на колесах 2 и передвигающегося по подкрановым путям 3, тележки 4 с механизмами подъема груза и передвижения, электрооборудования 5, кабины управления 6.

Все такелажные работы с помощью крана выполняет специально подготовленный персонал.

К механизмам для подъема и перемещения грузов относят: домкраты, тали, тельферы, лебедки, тележки и др. Требования, предъявляемые к некоторым из этих механизмов, рассмотрены ниже.

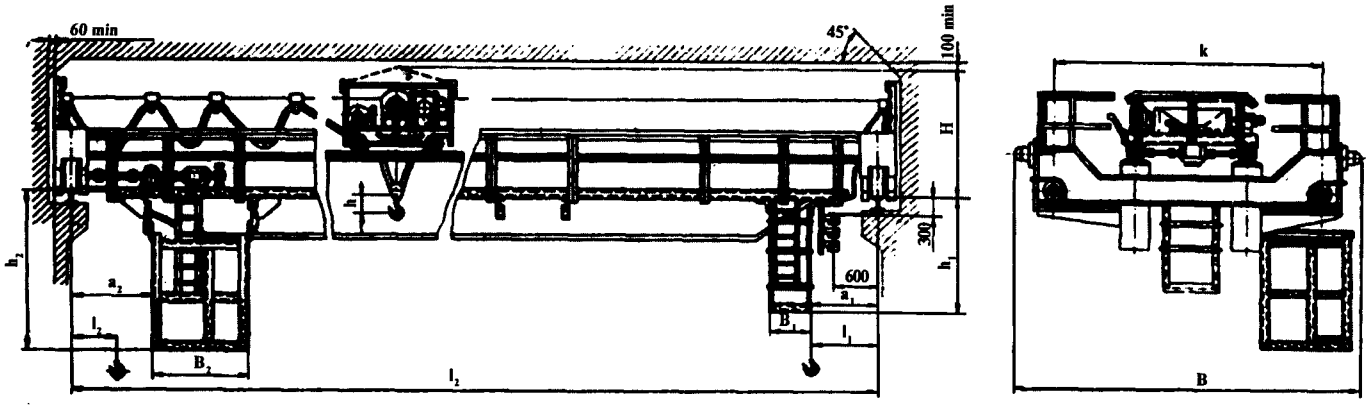


Рис. 52. Краны мостовые электрические грузоподъемностью 5; 10; 12,5 и 16 т с нормальной и увеличенной высотой подъема, управляемые из кабины

Домкраты. Для подъема или перемещения груза на незначительное расстояние часто используют реечные, винтовые, клиновые и гидравлические домкраты. Приступая к работе с домкратами, сначала проверяют износ винта и гайки и винтового домкрата и зубцы шестерни реечного домкрата. Износ не должен превышать 20%.

Под основание домкрата необходимо уложить прочную металлическую пластину не допуская перекоса и следить за тем, чтобы головка домкрата опиралась на площадь поднимаемого груза всей своей поверхностью во избежание соскальзывания.

Ось домкрата при работе должна совпадать с направлением подъема ют и перемещения груза.

Выбор домкратов производят по их грузоподъемности. Реечные домкраты имеют грузоподъемность 1,5—2 т и высоту подъема 350—400 мм, винтовые — от 3 до 20 т и высоту подъема 130—350 мм, гидравлические от 3 до 750 т и высоту подъема 150 мм, клиновые от 5 до 10 т и высоту подъема 10—15 мм. Рычажно-реечные домкраты снабжают устройством, исключающим возможность самопроизвольного опускания груза при снятии усилия с рычага или рукоятки. При выверке устанавливаемого оборудования используют клиновые домкраты.

Поднимать груз, масса которого больше грузоподъемности домкрата не разрешается. При работе с домкратами нельзя удлинять рычаг домкрата, использовать домкрат, не имеющий храповика или с поврежденной резьбой, держаться руками за головку домкрата во время подъема. Домкраты можно применять только после очередного их испытания. При испытании в течение 10 мин предельную паспортную нагрузку увеличивают на 10%, причем винты (рейка, шток) должны быть выдвинуты в крайнее верхнее положение.

Подъем домкратом трансформатора или другого тяжеловесного оборудования производят постепенно, попеременно то с одной, то с другой узкой стороны груза, при этом обязательно подкладывая под поднятый край груза доски или бруски толщиной 50, шириной 200 мм и длиной не менее 1 м, заменяя постепенно их шпалами по мере подъема груза на высоту. Категорически запрещается перегружать домкраты или допускать неравномерность нагрузки. Освобождать домкрат из-под поднятого груза или переставлять его можно только после укрепления груза в поднятом положении на подложенных шпалах.

Домкраты с электрическим приводом снабжают устройством для автоматического отключения двигателя в крайних (верхнем и нижнем) положениях штока.

Гидравлические домкраты должны иметь плотные соединения, исключающие утечку жидкости из рабочих цилиндров во время подъема и перемещения грузов. Их оборудуют приспособлениями (обратным клапаном, диафрагмой), обеспечивающими медленное и плавное опускание штока или остановку его в случае повреждения трубопроводов, подводящих или отводящих жидкость.

Соединения гидросистемы должны быть герметичными.

Каналы, резьбу и внутреннюю поверхность нужно содержать чистыми. Запорная игла должна свободно вращаться с помощью воротка, а винт рабочего плунжера – от усилия руки.

Обратный клапан, пропускающий жидкость, неисправные манжеты, плунжер с зазором между корпусом более 1 мм, масляную ванну с трещинами немедленно заменяют новыми.

Лебедки и тали используют для подъема и перемещения груза. Место установки лебедок, способ их крепления, расположения блоков, как правило, указывают в ППР. Лебедку устанавливают так, чтобы она находилась вне зоны производства работ по подъему и перемещению грузов. Обслуживающий персонал должен наблюдать за поднимаемым грузом, креплением и направлением каната.

Пересекать дороги и проходы для людей канатом, идущим к лебедке, не разрешается.

Лебедку при установке в здании закрепляют за колонну здания, железобетонный или металлический ригель его перекрытия или за кирпичную стену стальным канатом. При этом диаметр и число ветвей крепящего каната рассчитывают по грузоподъемности лебедки с коэффициентом запаса прочности не менее 6. Крепление производят за раму лебедки. Приваривать раму не разрешается.

Лебедки с ручным приводом для подъема груза снабжают безопасными рукоятками, находящимися в зацеплении с приводным валом только при вращении их в сторону подъема, или автоматически действующим грузоупорным тормозом, исключающим возможность произвольного опускания груза.

При отсутствии автоматически действующих тормозов или безопасной рукоятки, лебедки можно применять только в качестве тяговых, о чем делают специальную запись в паспорте лебедки.

Рукоятки лебедок с ручным приводом снабжают свободно проворачивающимися втулками.

Число рабочих, обслуживающих лебедку с ручным приводом, определяется конкретным расчетным усилием, которое рабочий должен прилагать к рукоятке. Это усилие при длительной работе должно быть не более 120 Н (12 кгс), а при кратковременной работе допускается его увеличение до 200 Н(20 кгс).

Если при такелажной работе используют лебедки с ручным рычажным приводом, то находиться в плоскости качания рычага и под поднимаемым грузом нельзя; применять рычаг, имеющий длину более предусмотренной техническими данными лебедки, и переводить его из одного крайнего положения в другое рывками запрещается.

Перемещаемый груз при работе должен надежно крепиться к крюку, а движение рукоятки обратного хода должно быть плавным, без заеданий, тяговый механизм и канат все время должны находиться на одной прямой.

Лебедка с электрическим приводом должна быть всегда заземлена, а лебедка с ручным приводом – только в случае ее применения при производстве работ на воздушных линиях электропередачи, находящихся под напряжением. Заземляют металлические части под болт.

Канат лебедки при работе должен ложиться на барабан ровными плотными рядами. Расстояние между верхним слоем навитого каната и наружным диаметром реборды должно быть не менее двух диаметров каната. На барабане при низшем положении грузозахватного органа лебедки должно оставаться не менее 1,5 витков каната, не считая витков, находящихся под зажимным устройством.

Для уменьшения опрокидывающего момента, действующего на лебедку, канат нужно подводить к барабану снизу (рис. 53). Положение набегающей на барабан ветви каната должно быть близко к горизонтальному и не более чем на 2° отклоняться от плоскости, перпендикулярной оси барабана. Для этого на подходах к лебедке канат иногда пропускают через один или несколько отводных блоков. Расстояние от оси барабана до оси отводного блока, ближайшего к лебедке, принимают равным 20 длинам барабана.

Лебедки и тали, используемые для подъема и перемещения груза, должны иметь исправную зубчатую или червячную передачу и соответствующие предохранительные устройства и тормоза.

Талью называют грузоподъемный механизм, объединяющий цепной полиспаст с ручным приводом от бесконечной цепи или рычаж-

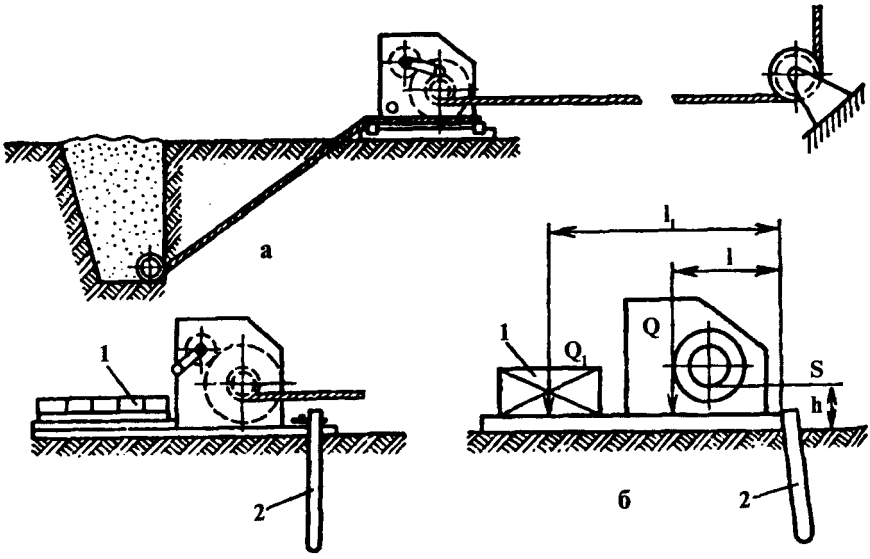


Рис. 53. Закрепление лебедок:

а – за якорь или конструкцию здания; *б* – загрузкой балласта на раму; *в* – схема для расчета закрепления лебедки; *1* – балласт; *2* – свайный якорь

Таблица 15

Нормы и сроки испытаний подъемных ручных механизмов и грузозахватывающих приспособлений

Наименование механизма, приспособления	Испытательная нагрузка, Н			Периодичность испытаний
	При приемочных испытаниях и после капитального ремонта		При периодических испытаниях	
	статическая	динамическая		
Лебедки ручные	1,25 *Р*н	1,1 *Р*н	1,1 *Р*н	1 раз в год
Тали	1,25 *Р*н	1,1 *Р*н	1,1 *Р*н	1 раз в год
Блоки и полиспасты	1,25 *Р*н	1,1 *Р*н	1,1 *Р*н	1 раз в год
Домкраты	1,25 *Р*н	1,1 *Р*н	1,1 *Р*н	1 раз в год
Канаты (тросы) стальные	1,25 *Р*н	1,1 *Р*н	1,1 *Р*н	1 раз в год
	Канаты должны отвечать действующим ГОСТ и иметь сертификат (свидетельство) завода-изготовителя об их испытании в соответствии с ГОСТ. При получении канатов, не снабженных указанным свидетельством, они должны быть подвергнуты испытанию в соответствии с ГОСТ. Канаты, не снабженные свидетельством об их испытании, к использованию не допускаются		Браковка стальных канатов (тросов) должна производиться в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов»	
Канаты пеньковые и из синтетических волокон Съемные грузозахватные приспособления (стропы, клещи, траверсы, скобы, кольца и другие приспособления)	1,25 *Р*н	То же Осмотр	2*Р*н Осмотр траверс через 6 мес. Осмотр клещей и других захватов и приспособлений через 1 мес. Осмотр строп (за исключением редко используемых) через 10 дней. Редко используемые стропы должны осматриваться перед выдачей их для работы	1 раз в 6 месяцев

Примечания: 1. Р – грузоподъемность, предельная допустимая рабочая нагрузка.

2. Динамические испытания производятся при удовлетворительных результатах статических испытаний. Динамические испытания заключаются в повторных подъемах и опусканиях груза.

3. При статическом испытании подобный груз должен находиться на высоте около 100 мм от земли или пола.

4. При испытаниях канаты и цепи должны выдерживать испытательную нагрузку без разрывов, заметного местного удлинения у каната и вытяжки отдельных звеньев цепи.

5. Продолжительность статических испытаний – 10 мин.

ного храпового механизма или с моторным приводом, подвешенным к тележке.

Различают девять конструктивных исполнений электрических талей. Электроталью может управлять рабочий, специально обученный и имеющий запись в удостоверении по ТБ.

Применяемые на лебедках и талях канаты рекомендуется смазывать, а на концах они должны иметь петли, закрепленные оплеткой.

Крепить тали к колоннам и конструкциям зданий или сооружений можно только с личного разрешения прораба общестроительной организации.

К незакрепленным металлическим конструкциям или железобетонным изделиям, уложенным в штабель, крепить тали не разрешается.

Если электротехническое оборудование или другой груз поднимают с помощью тали, необходимо сначала приподнять груз на высоту 200–300 мм, убедиться, что таль находится в устойчивом положении, а тормоз в исправном состоянии, только после этого можно продолжить подъем.

Электромонтеры, работающие с лебедками, должны быть одеты в спецодежду, не имеющую развевающихся концов, а длинные волосы должны быть убраны под головной убор.

Запрещается пользоваться талями, если при осмотре будут обнаружены поломанный зуб шестерни или червяка, неисправный тормоз, сломанный храповик, отсутствие защелки и другие неисправности.

Нормы и сроки испытаний подъемных ручных механизмов и грузозахваточных приспособлений приведены в таблице 15.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные требования, предъявляемые к механизмам и приспособлениям, используемым для такелажных работ.
2. Какие канаты используют для такелажных работ?
3. Как работает лебедка?
4. Как работает полиспаст?
5. Как работает таль?
6. В каких случаях применяют домкраты?
7. Как изготавливают стропы?
8. В каких случаях используют для строповки цепи?

ГЛАВА 6. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК, КОНТРОЛЬ ИХ СОСТОЯНИЯ

Организация технического обслуживания и ремонта электроустановок

Электроустановки – это совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования, предназначенных для производства, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии.

Важнейшим условием правильной эксплуатации электроустановок 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 местные инструкции, базирующиеся на общероссийских ПТЭ. Основной обязанностью электротехнического персонала промышленных предприятий является эксплуатация электросетей и электрооборудования напряжением до 10 кВ от границы разделения эксплуатационной ответственности между снабжающей организацией и предприятием до цеховых установок включительно (рис. 54).

Структурой управления эксплуатацией электроустановок называют совокупность взаимосвязанных органов управления, обеспечивающих нормальное функционирование всех элементов электроснабжения предприятия как одного из звеньев общей производственной системы. Первичным элементом структуры является рабочее место – 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.

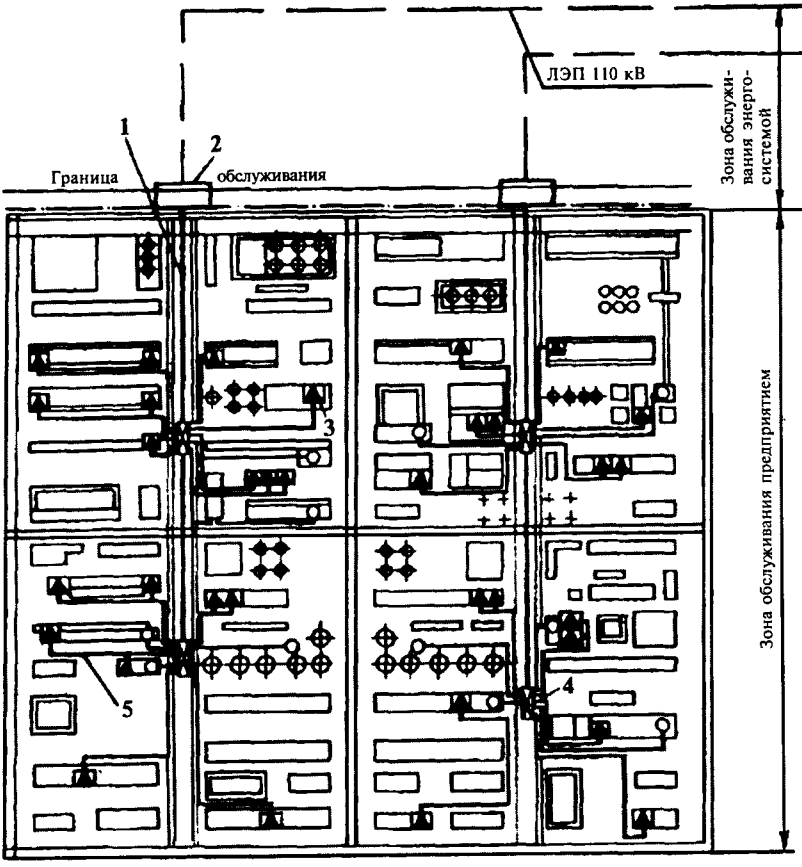


Рис. 54. Схема электроснабжения предприятия и зоны, обслуживаемых электромонтерами:

1 – токопровод 10 кВ; *2* – главная понизительная подстанция; *3* – трансформаторный пункт; *4* – центральный распределительный пункт; *5* – кабельная линия

Руководство всем энергетическим хозяйством предприятия осуществляет отдел главного энергетика. Отдел 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 по-

ступает 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.

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.

При обслуживании электроустановок электромонтер должен следить за состоянием загрузки питающих линий и сетей, так как потери электроэнергии в них пропорциональны активному сопротивлению проводов. С целью экономии электроэнергии целесообразно при возможности включать под нагрузку резервную линию. Это существенно снижает потери в линиях. Изменяя число одновременно работающих трансформаторов можно обеспечить в них минимум потерь. Увеличение средней нагрузки машин снижает удельные расходы электроэнергии, а применение на станках ограничителей холостого хода при межоперационном времени 10 с и более всегда приводит к экономии электроэнергии. Если средняя нагрузка электродвигателя не превышает 45 % номинальной мощности, замена его на менее мощный электродвигатель всегда целесообразна. Электромонтеры отдела главного энергетика, как правило, принимают активное участие в реализации мероприятий технического перевооружения, направленных на экономию топливно-энергетических ресурсов.

Основные мероприятия и примерная экономия электроэнергии на промышленных предприятиях (в процентах) приведены ниже.

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
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 дробеструйную	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
Электропечи	
Увеличение массы садки	5–10
Качественная подготовка шихты	5–15
Предварительный подогрев шихты до 600–700°С	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 кВ т/ч
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 50–10 000 Гц	в 2 раза
б) при частоте свыше 10 000 Гц	в 3 раза

Для надежного, безопасного и рационального обслуживания электроустановок и содержания их в исправном состоянии обслуживающий персонал должен ясно представлять технологические особеннос-

ти 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 предприятия.* 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, должно обеспечивать:

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 или защитных средств, 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 техники 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 аварий и брак в работе на обслуживаемом ими 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.

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 мес. Занятия проводит опытный работник из состава электротехнического персонала предприятия, к которому прикреплен обучающийся приказом или распоряжением по предприятию, цеху, участку. После окончания подготовки специальная комиссия проверяет знания обучаемого по правилам технической эксплуатации и безопасности труда, должностным и эксплуатационным инструкциям, техминимуму по обслуживаемому оборудованию.

После этого каждый *работник оперативного и оперативно-ремонтного персонала должен пройти стажирование в качестве исполняющего обязанности по рабочему месту продолжительностью не менее двух недель под руководством опытного работника.* Для ремонтного персонала этого не требуется.

Периодическую проверку знаний ПТЭ, ПТБ и производственных инструкций проводят один 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 две недели.

Персонал, показавший неудовлетворительные знания при третьей проверке, переводят на другую работу, не связанную с обслуживанием электроустановок.

Проверку знаний ПТЭ и ПТБ электротехническим персоналом мелких предприятий производит комиссия, созданная при вышестоящей организации, с участием руководителя предприятия, организации, учреждений, где работает проверяемый.

Каждому работнику, успешно прошедшему проверку, выдают удостоверение с присвоением квалификационной группы по технике безопасности, которое дает право на обслуживание электроустановок.

Допуск к самостоятельному дежурству или самостоятельной работе в электроустановках оформляют специальным распоряжением по предприятию, цеху, участку.

Для 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 эксплуатационного персонала наилучшим способам и приемам быстрого предупреждения и ликвидации неполадок и аварий; периодически (не реже одного раза в квартал) делают производственный инструктаж непосредственно на рабочих местах для обучения персонала правильному и безопасному уходу за оборудованием, рациональным методам работы.

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 осуществляется 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 сме-

не 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 нагрузки; 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 приеме 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 прием 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, замеченных 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 электромонтеры выполняют следующие работы: обнаружение неисправности в электрических цепях; разборку и сборку электроаппаратуры и электрооборудования; нарезание резьбы, сверление, шлифование, опиловку напильниками, резку и рубку металлов, гибку и рихтовку; промывку и чистку деталей; замеры напряжения и тока в электрических цепях; замену сгоревших плавких вставок, электрических ламп и электродвигателей.

Электромонтер 2 разряда по обслуживанию электрооборудования и сетей должен уметь:

обслуживать силовые и осветительные электроустановки с несложными схемами включения;

выполнять несложные работы на ведомственных электростанциях, трансформаторных электроподстанциях с полным их отключением от напряжения под руководством электромонтеров более высокой квалификации;

производить проверку и плановый предупредительный ремонт обслуживаемого оборудования;

определять причину неисправности и устранять несложные повреждения в силовых и осветительных сетях, пускорегулирующей аппаратуре и электродвигателях;

разделывать, сращивать, паять и изолировать провода для напряжения до 1000 В;

заряжать, устанавливать несложную осветительную арматуру (нормальную и пылезащищенную с лампами накаливания), выключатели, штепсельные розетки, стенные патроны и промышленные прожекторы;

проверять сопротивление изоляции электроустановок мегаомметром;

устанавливать и регулировать электрические приборы сигнализации;

правильно организовывать и содержать рабочее место, экономно расходовать материалы, инструмент и электроэнергию;

соблюдать правила техники безопасности, гигиены труда, противопожарные правила, правила внутреннего распорядка.

Электромонтер разряда должен знать:

основы электротехники;

принцип работы электродвигателей, генераторов, трансформаторов, аппаратуры управления и измерительных приборов;

электрические материалы, их свойства и назначение;

способы сращивания и пайки проводов низкого напряжения;

правила включения и выключения электродвигателей;

правила оказания первой помощи при поражении электрическим током;

схему питания и расположения оборудования на обслуживаемом участке;

общие сведения о релейной защите и разновидностях реле;

правила зарядки и установки осветительной арматуры;

назначение и условия применения наиболее распространенных универсальных и специальных приспособлений, контрольно-измерительных приборов;

основы организации экономики производства и НОТ;

основные сведения по стандартизации и контролю качества продукции;

меры предупреждения и устранения брака;

правила техники безопасности, пожарной безопасности и внутреннего распорядка;

правила гигиены труда и производственной санитарии.

Электромонтер 3 разряда должен уметь:

обслуживать силовые и осветительные электроустановки со схемами включения средней сложности;

выполнять несложные работы на ведомственных электростанциях и трансформаторных подстанциях с полным их отключением от напряжения;

проводить оперативные переключения в электросетях, ревизию трансформаторов, выключателей, разъединителей и приводов к ним без разборки конструктивных элементов;

регулировать нагрузку электрооборудования на обслуживаемом участке;

проверять мегаомметром состояние изоляции и сопротивление у электродвигателей, трансформаторов и кабельных сетей;

выявлять и устранять неисправности и повреждения электроустановок;

разделывать, сращивать, изолировать и паять провода напряжением выше 1000 В;

обслуживать, устанавливать и включать электроизмерительные приборы и электросчетчики;

обслуживать и производить ремонт электродвигателей мощностью до 100 кВт, пускорегулирующей аппаратуры распределительных устройств напряжением до 1000 В;

заряжать и обслуживать сложную осветительную арматуру (взрывонепроницаемую) с лампами накаливания и устанавливать люминесцентные светильники.

Электромонтер 3 разряда должен знать:

устройство обслуживаемых электродвигателей, генераторов, трансформаторов, аппаратуры распределительных устройств, электросетей и электроприборов, масляных выключателей, предохранителей, контакторов, аккумуляторов, статических конденсаторов, контроллеров, выпрямителей;

правила и нормы испытания изоляции обмоток мегаомметром;

приемы и способы сращивания и пайки проводов высокого напряжения;

основные требования к релейной защите;

приемы нахождения и устранения неисправностей в электросетях и электромашинах;

принципы работы реостатов, автотрансформаторов, электроприводов с полуавтоматическим управлением;

определение допустимых нагрузок на трансформаторы, электродвигатели, кабели и провода;

устройство универсальных и специальных приспособлений, простых и средней сложности контрольно-измерительных приборов.

Электромонтер 4 разряда должен уметь:

обслуживать силовые и осветительные электроустановки со сложными схемами включения;

выполнять работы средней сложности на ведомственных электростанциях, трансформаторных электроподстанциях с полным их отключением от напряжения, оперативные переключения в электросетях, ревизию трансформаторов, выключателей, разъединителей и приводов к ним с разборкой конструктивных элементов;

проверять и обслуживать схемы защиты и управления коммутационной аппаратуры, а также оборудования распределительных устройств в сетях напряжением свыше 1000 В, электродвигателей мощностью свыше 100 кВт и установок статических конденсаторов с автоматическим регулированием cos φ;

заменять пускорегулирующую аппаратуру в люминесцентных светильниках и ремонтировать арматуру;

находить и устранять неисправности в электрической схеме подъемно-крановых и транспортных устройств;

обслуживать электрооборудование многомоторных агрегатов и станков; ртутных и твердых выпрямителей и высокочастотных установок мощностью до 1000 кВт;

производить работы в распределительных устройствах без снятия напряжения до 1000 В, а свыше 1000 В — под руководством электромонтера более высокой квалификации.

Электромонтер 4 разряда должен знать:

основы электротехники;

схемы подключения электросчетчиков активной и реактивной энергии через трансформаторы тока и напряжения;

принцип действия и устройство пускорегулирующей аппаратуры люминесцентных ламп с бесстартерной схемой управления, а также ламп ДРЛ;

способы нахождения мест повреждений в кабельных электросетях и безопасного устранения их с установкой соединительных муфт;

способы защиты электрооборудования от перенапряжений;

правила измерения переносными приборами;

электрические схемы и электрооборудование грузоподъемных и транспортных устройств;

принцип работы и устройство высокочастотных установок;

правила производства работ без снятия напряжения в электросетях;

устройство, назначение и условия применения сложного контрольно-измерительного инструмента;

конструкцию универсальных и специальных приспособлений.

Электромонтер по обслуживанию электрооборудования 5 разряда должен уметь:

обслуживать силовые и осветительные установки с особо сложными схемами включения;

разбирать и собирать схемы вторичной коммутации и простой релейной защиты: максимально-токовой, дифференциальной и др.;

заменять контрольно-измерительные приборы и измерительные трансформаторы на ведомственных подстанциях, трансформаторных электроподстанциях;

обслуживать электрооборудование и схемы машин и агрегатов, включенных в поточную линию, а также оборудование с автоматическим регулированием технологического процесса;

обслуживать статические преобразователи частоты, тиристорные преобразователи – двигатели с обратными связями по току, напряжению и скорости;

проверять и устранять неисправности в сложных схемах и устройствах электротехнического оборудования подстанций и технологических машин, приборах автоматики и телемеханики;

обслуживать электросхемы автоматизированного управления поточно-транспортных технологических линий, сварочного оборудования с электронными схемами управления, а также высокочастотных ламповых генераторов;

устранять неисправности в работе схем управления контакторно-релейного, ионного и электромагнитного привода, а также высоковольтной аппаратуры технологического оборудования;

обслуживать электрооборудование агрегатов и станков с системами электромашинного управления, с обратными связями по току и напряжению;

производить работы в распределительных устройствах без снятия напряжения свыше 1000 В;

разрабатывать мероприятия с выполнением расчетов по улучшению cos φ при различных режимах и нагрузках;

налаживать ртутные, твердые выпрямители и высокочастотные установки мощностью свыше 1000 кВт; сложные командоаппараты, датчики, реле на технологическом оборудовании.

Электромонтер 5 разряда должен знать:

основы телемеханики и электроники;

устройство и электрические схемы различных электрических машин, аппаратов, приборов измерения, автоматического регулирования и телемеханики;

принцип работы высокочастотных тиристорных инверторов;

методы проведения испытания электрооборудования, кабельных и воздушных сетей;

полную электрическую схему обслуживаемого объекта или участка;

правила наладки и ремонта сложных электроприборов, выпрямителей и аппаратов, а также приборов автоматического регулирования;

принцип работы преобразователей, установок высокой частоты с машинными и ламповыми генераторами;

расчет потребности в статических конденсаторах для повышения cos φ;

правила настройки и регулирования контрольно-измерительных приборов.

Электромонтер по обслуживанию электрооборудования 6 разряда должен уметь:

обслуживать производственные участки или цехи с особо сложными схемами первичной и вторичной коммутации и дистанционным управлением;

разбирать и собирать схемы вторичной коммутации и сложной релейной защиты: дифазной, дистанционной, автоматического включения резервов (АВР) и др.;

налаживать, регулировать и ремонтировать ответственные, особо сложные и экспериментальные схемы технологического оборудования, а также сложные электрические схемы автоматических линий;

обслуживать, налаживать и регулировать электрические самопишущие и электронные приборы;

устранять неисправности и регулировать аппараты и приборы управления на агрегатах с программным управлением;

обслуживать и налаживать игнитронные сварочные аппараты с электроникой, а также ультразвуковые, электронные и электроимпульсные установки; особо сложные дистанционные защиты и устройства автоматического включения резерва;

производить комплексную наладку и регулировку электрооборудования агрегатов и станков с системами ЭМУ, тиристорного преоб-

разователя – двигателя с обратными связями по току, напряжению и скорости;

проводить комплексные испытания электродвигателей, электроаппаратов и трансформаторов;

налаживать и обслуживать сложные схемы с применением полупроводниковых установок на транзисторных и логических элементах.

Электромонтер 6 разряда должен знать:

конструкцию и электрические схемы сложных электрических машин, аппаратов, приборов и автоматических линий;

схему телеуправления автоматического регулирования и способы ее наладки;

устройство и конструкцию сложных реле и приборов электронной системы;

правила обслуживания игнитронных сварочных аппаратов с электроникой, ультразвуковых, электроимпульсных и электронных установок;

схемы стабилизаторов напряжения полупроводниковых и селеновых выпрямителей;

схемы телеметрического управления освещением и пультов оперативного управления.

Измерительные приборы

Цель контрольных мероприятий – выявление неисправностей возникающих в процессе работы или хранения электрооборудования. Контроль состояния проводят визуально и проверяют выходные параметры с помощью обычных измерительных приборов. Профилактические испытания в соответствии с требованиями ПТЭ проводят для предупреждения внезапных отказов, выявления неисправности отдельных элементов, обнаружить которые внешним осмотром не удается. *Измерением* называют определение физической величины с помощью измерительных приборов. Абсолютно точных приборов нет; их показания несколько отличаются от действительного измеряемого значения. Разность между показанием приборов и действительным значением измеряемой величины называют *абсолютной погрешностью.*

Оценку точности стрелочных измерительных приборов производят по их приведенной погрешности, равной отношению абсолютной погрешности ΔА к значению, соответствующему наибольшему (номинальному) показанию прибора $A_н$, выраженному в процентах, т. е.

$$\gamma_{пр} = \frac{\Delta A}{A_н} 100.$$

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 восемь классов: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5 и 4, где 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.

Измерительные приборы в зависимости от формы корпуса могут быть – круглые, квадратные, прямоугольные и секторообразные; по характеру применения – стационарные (жестко укрепленные на месте установки) и переносные, по положению при измерении – вертикальные (∧), 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; Б – 30÷ +40° С, $В_1$ – 40÷ +50° С; $В_2$ – 50÷ +60° С.

Перед включением прибора следует проверить соответствие его роду тока цепи, установить корпус в положение, соответствующее его нормальной установке, и поставить предварительно с помощью корректора стрелку прибора на нулевое деление шкалы. Электроизмерительные приборы (рис. 55), как правило, работают следующим образом: электрический ток, проходя через катушку 1 прибора, вызывает появление вращающего момента, под воздействием которого, преодолевая противодействие спиральной пружины 2, подвижная часть 4 поворачивается на определенный угол. При этом стрелка 3, перемещаясь по шкале 5, указывает значение измеряемой величины. Когда прибор отключают, вращающий момент исчезает и подвижная часть вследствие упругости пружины возвращается в исходное положение.

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 могут

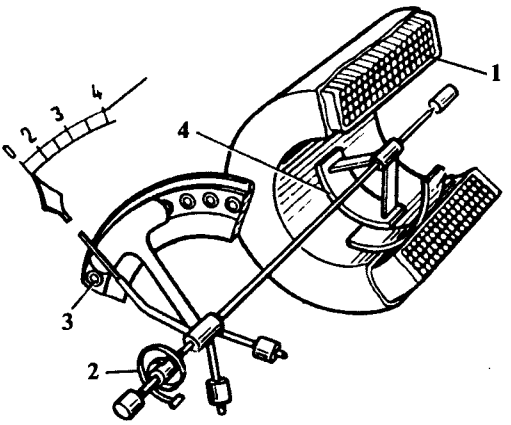


Рис. 55. Устройство электромагнитного прибора с круглой катушкой

быть: электромагнитными, магнитоэлектрическими, электродинамическими, индукционными, выпрямительными, электростатическими, ферродинамическими и др.

Измерительные приборы *электромагнитной системы* применяют для измерения тока или напряжения. К достоинствам этих приборов относятся 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 на них внешних магнитных полей, зависимость показаний от частоты тока.

Для точного измерения тока и напряжения в цепях постоянного тока применяют приборы *магнитоэлектрической системы.* Они обладают высокой точностью, чувствительностью, равномерной шкалой, малым потреблением энергии (10^{-4}—10^{-6} Вт), быстрым успокоением подвижной системы и малой чувствительностью к внешним магнитным полям.

Однако приборы этой системы имеют высокую стоимость, чувствительны к перегрузкам и пригодны 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 значения напряжения, тока или мощности в цепях переменного и постоянного тока применяют приборы *электродинамической системы.* Действие приборов этой системы основано на взаимодействии проводников с токами.

В цепи постоянного тока мощность $P=UI$ легко может быть подсчитана по показаниям вольтметра и амперметра.

В цепи переменного тока мощность зависит от напряжения тока и косинуса сдвига фаз между ними:

$$P=UI\cos\varphi;\ Q=UI\sin\varphi;\ S=UI.$$

Угол φ или $\cos\varphi$ определяют с помощью *фазометра.* При отсутствии фазометра полную мощность находят по показаниям вольтметра и амперметра: $S=UI$. С помощью ваттметра измеряют активную мощность, отсюда: $\cos\varphi = P/S$; $\varphi = \arccos P/S$; (рис. 56).

При равномерной нагрузке мощность в трехфазной сети можно измерить одним ваттметром. Схемы измерения для трехфазной четырехпроводной и трехпроводной сетей показаны на рис. 57, а, б. Когда нулевая точка сети недоступна, создают искусственную нулевую точку.

В электродинамическом ваттметре (рис. 56) неподвижную катушку 1 включают последовательно с нагрузкой $R_н$, а подвижную 2 снабжают добавочным резистором $R_д$ и включают параллельно нагрузке. Для предупреждения возможности неправильного включения

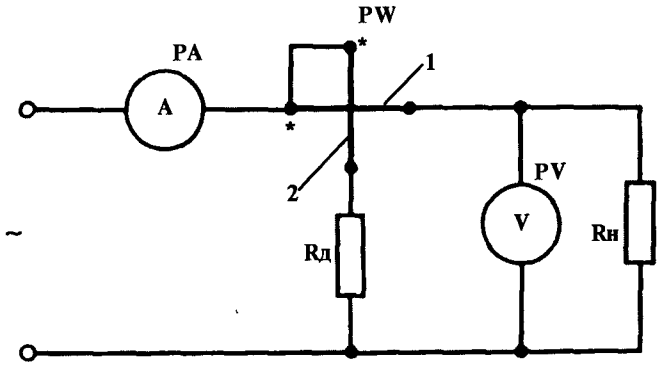


Рис. 56. Измерение мощности с помощью амперметра, вольтметра или ваттметра:

$R_н$ – резистор нагрузки;

$R_д$ – добавочный резистор к обмотке напряжения ваттметра

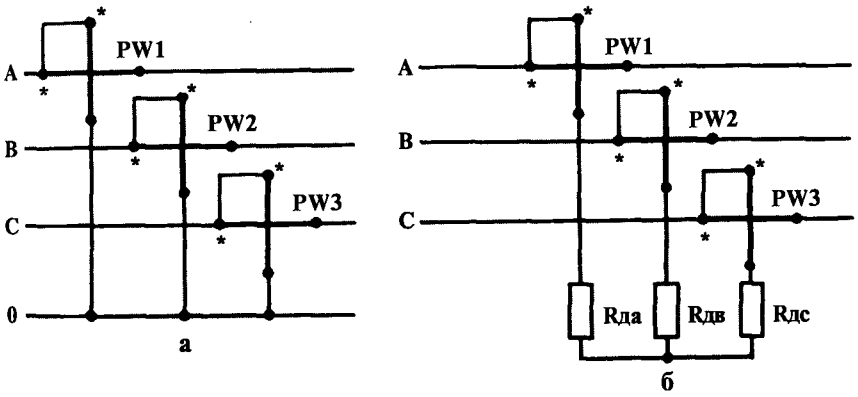


Рис. 57. Схемы включения ваттметров для измерения активной мощности трехфазного тока:

а – непосредственное; *б* – с добавочным резистором

ваттметра относительно «начала» двух катушек ваттметра (генераторные зажимы), присоединенные к одному и тому же полюсу источника, отмечают у зажимов прибора знаком звездочка (*); концы этих катушек присоединяют к разным полюсам нагрузки.

Для измерения расхода электрической энергии переменного тока применяют счетчики *индукционной системы*. Схемы включения счетчиков в сеть показаны на рисунках 58 и 59.

Для измерения частоты переменного тока применяют приборы *вибрационной системы – частотомеры*. Их действие основано на использовании явлений электромагнетизма и механического резонанса. При резонансе, т. е. при совпадении частот собственных колебаний

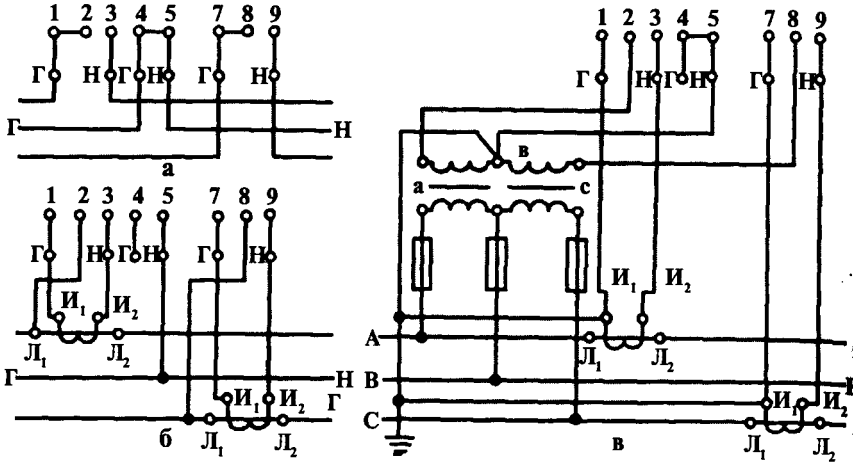


Рис. 58. Схемы включения счетчиков активной типа СА3 и СА3У и реактивной энергии типа СР3 и СР3У:

а — непосредственное включение; *б* — с трансформатором тока; *в* — с трансформатором тока и напряжения

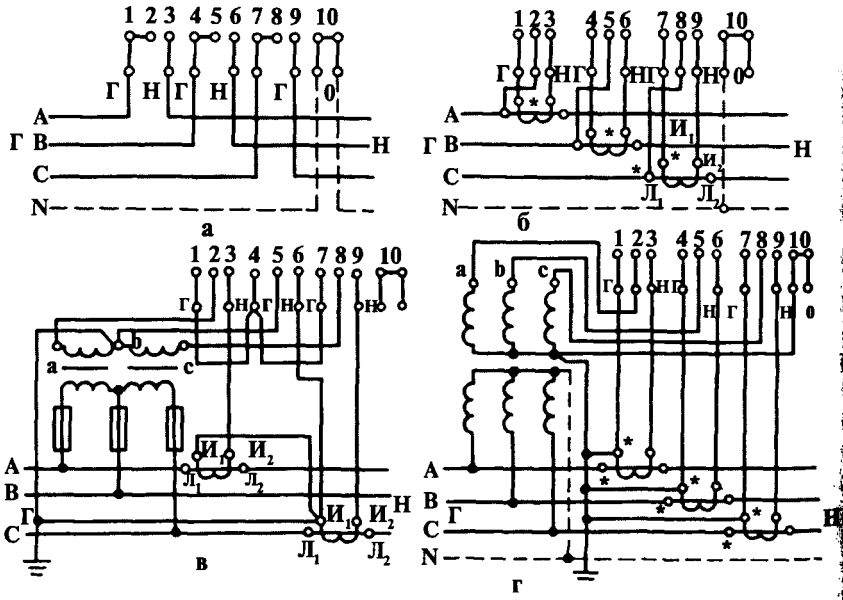


Рис. 59. Схемы включения счетчиков активиой типа СА4 и СА4У и реактивной энергии типа СР4, СР4У, СР4-И676 и СР4У-И676:

а — непосредственное включение; *б* — с трансформаторами тока; *в* — с трансформаторами тока и напряжения в трехпроводной цепи; *г* — с трансформаторами тока и напряжения в четырехпроводной цепи (у реактивных счетчиков зажимы *10* отсутствуют)

системы и колебаний внешнего источника, амплитуда колебаний данной механической системы резко увеличивается. 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.

Измерить сопротивление можно, используя метод амперметра и вольтметра. Для большей точности при измерении малых сопротивлений приборы следует включать так (рис 60, а), чтобы сопротивление амперметра не вносило погрешности в показания вольтметра, а при измерении больших сопротивлений включать так (рис 60, б), чтобы ток вольтметра не влиял на показания амперметра. Добавочный резистор $R_д$ включают для ограничения тока.

При непосредственном измерении сопротивления пользуются приборами, называемыми *омметрами.* Их включают в схему последовательно или параллельно.

Омметр – это измерительный прибор магнитоэлектрической системы с внутренним $R_н$ и добавочным $R_д$ резисторами. Последовательно с омметром включают измеряемый резистор $R_х$ (рис 60, в). При отключенном резисторе $R_х$ и разомкнутой кнопке К тока в цепи нет и стрелка прибора показывает бесконечно большое сопротивление ($R_х=\infty$). Если кнопка К замкнута, то сопротивление цепи ($R_н+R_д$) минимально, а ток в цепи максимален $I_{max}=U(R_н+R_д)$. Стрелка прибора отклонится на наибольший угол, указывая нулевое сопротивление $R_х=0$. При включении измеряемого резистора $R_х$ ток в цепи уменьшится $I=U(R_н+R_д+R_х)$ и стрелка прибора отклонится на меньший угол, указывая значение сопротивления $R_х$ на шкале прибора. Омметр имеет самостоятельный источник питания в виде сухих элемен-

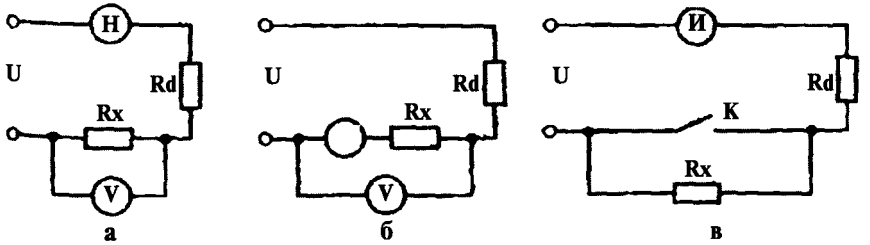


Рис. 60. Схемы включения амперметра и вольтметра при измерении малых (*а*) и больших (*б*) сопротивлений и схема включения омметра (*в*)

тов. Недостатком такого омметра является зависимость его показаний от напряжения источника питания.

О качестве состояния изоляции электроустановок 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.

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. На рис 61, а, б показаны внешний вид и принципиальная схема мегаомметра типа М1101М, широко применяемого в настоящее время. Мегаомметр присоединяют к испытуемому объекту гибкими проводами (марки ПРГ), имеющими на концах щупы с изолированными рукоятками и ограничительным кольцом. Испытуемый объект перед началом работы отключают от сети и принимают меры, исключающие возможность подачи сетевого напряжения во время испытаний.

По окончании измерения сопротивления изоляции каждой электрически независимой цепи необ-

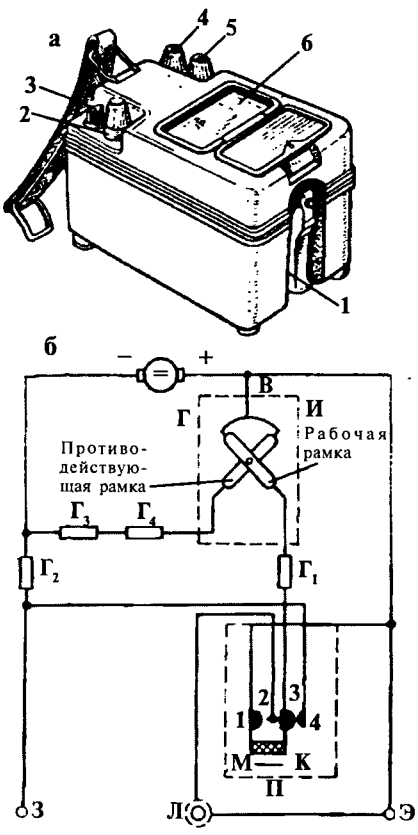


Рис. 61. Внешний вид (*а*) и принципиальная электрическая схема (*б*) мегаомметра типа М1101М:

1 – ручка; *2* – экран; *3* – переключатель пределов измерения; *4* – линия (*л*); *5* – земля (*з*); *6* – шкала прибора

ходимо 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 1000 кВ·А) – не менее 1 мин. По окончании измерения сопротивления изоляции всех обмоток машины нужно повторно проверить исправность мегаомметра.

Сопротивление изоляции зависит от температуры обмотки: с увеличением температуры оно резко уменьшается. Можно считать, что сопротивление изоляции меняется примерно в два раза на 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 испытания изоляции электроустановок 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 этим аппаратом, 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 аппарата производят после отключения аппарата от сети при надежном заземлении высоковольтных частей. Все испытания высоким напряжением производят стоя на резиновом коврике, в резиновых перчатках. Место испытания и объект испытания должно быть огорожено, вывешены предупреждающие плакаты по технике безопасности.

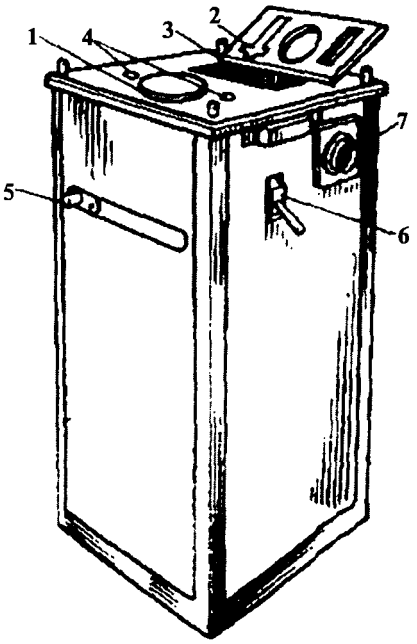


Рис. 62. Маслопробойный аппарат АМИ–60:

1 – киловольтметр; *2* – контакты крышки; *3* – отверстие для установки сосуда; *4* – сигнальные лампы; *5* – рукоятка регулирующего трансформатора; *6* – автомат; *7* – отверстие для ввода кабеля

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, а также более удобным и плавным регулированием и портативностью.

2. Аппарат типа АКИ-50 предназначен для испытания изоляции высокого напряжения электрооборудования выпрямленным напряжением.

3. Аппарат АМИ-60 (рис. 62) предназначен для определения электрической прочности жидких диэлектриков на переменном токе и может быть использован для испытания повышенным напряжением подстанционной аппаратуры, а при наличии выпрямительной приставки — и для испытания выпрямленным напряжением изоляции электрических машин.

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.

1. Метод термометра, т. е. измерение температуры специальным термометром (ртутным, спиртовым и т. д.), состоящим из запаянной колбы (баллончика с капилляром) и шкалы.

Термометры на заводе-изготовителе градуируют при полном погружении их в нагреваемую среду, а работают они чаще всего при соприкосновении с нагретым телом или средой только баллончика, поэтому при измерении нужно вносить поправку на температуру выступающего столбика ртути:

$$\Delta t = kh(t_m - t_в),$$

где k — коэффициент расширения жидкости в стеклянном капилляре, обычно $k = 0{,}000167$; h — высота выступающего столбика, мм; t_m — показания термометра, °С; $t_в$ — температура окружающего воздуха, измеренная контрольным термометром, °С. Поправку алгебраически складывают с основными показаниями термометра.

Манометрические термометры применяют главным образом для измерения температуры жидкостей, например масла в подшипниках. С их помощью температура измеряется не изменением объема при свободном расширении, а повышением давления в замкнутом объеме, причем измерительным органом является чувствительный манометр.

Прибор (рис. 63) представляет собой герметичную систему, состоящую из термобаллона 1, длинного гибкого капилляра 2, многовитковой трубчатой пружины 3 и передаточного механизма 4, связанного с указывающей стрелкой прибора.

2. Метод сопротивления используют при определении температуры изолированных обмоток. Он основан на изменении сопротивления проводника при изменении его температуры. При использовании этого метода применяют термометры сопротивления. Конструктивно термометр сопротивления представляет тонкую медную или платиновую проволоку, намотанную на плоский или цилиндрический остов и заключенную в защитную арматуру. С помощью специального магнитоэлектрического логометра, отградуированного в градусах Цельсия, фиксируют отклонения приращения сопротивления проволоки термометра при его нагревании (рис. 64)

Схема работает на постоянном токе от батареи напряжением 4 В. Схема будет работать правильно только при условии одинакового сопротивления соединительных проводов. Это достигается включением в цепь каждого термометра сопротивления регулируемого резистора.

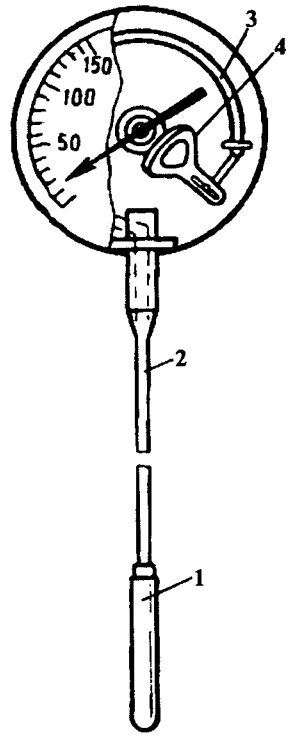


Рис. 63. Манометрический термометр

3. Метод заложенных температурных индикаторов. С целью контроля температуры нагрева электрических машин, трансформаторов и другого электрооборудования во время изготовления в них встраивают или закладывают температурные индикаторы (термопары или термометры сопротивления) в таких местах, которые в готовой машине являются недоступными. Их закладывают равномерно по окружности не менее шести.

Для измерения ЭДС термопар применяют гальванометр с пределом измерения 3–8 мВ и внутренним сопротивлением не менее 25 Ом/мВ. Показания гальванометра корректируют на сопротивление термопары по формуле

$$И_{ист} = \frac{r_г - r_т}{r_г} И_{изм},$$

где $и_{ист}$ – истинное значение эдс термопары, мВ; $И_{изм}$ – измеренное значение эдс термопары мВ; $r_г$ – внутреннее сопротивление гальванометра, Ом; $r_т$ – сопротивление термопары, Ом. Превышение температуры принимают равным наибольшему измеренному значению.

Температурные индикаторы применяют в основном для измерения температуры обмоток машин и сердечников переменного тока.

4. Метод встраиваемых температурных индикаторов отличается от описанного выше тем, что встраиваемые в маши-

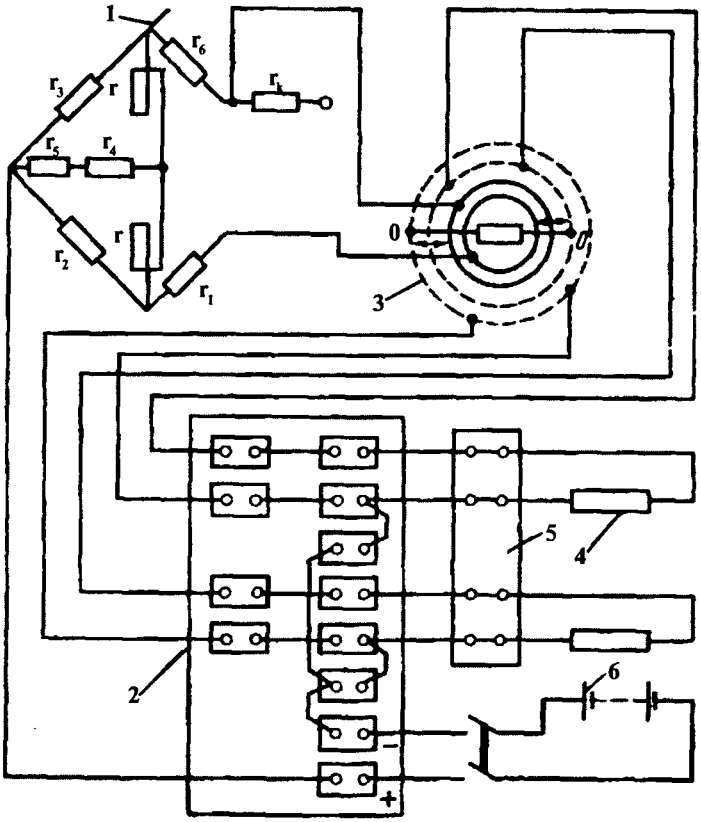


Рис. 64. Принципиальная схема измерения температуры термометрами сопротивления:

1 – логометр ЛПР-53; *2* – панель управления катушек; *3* – переключатель ПМТ; *4* – термометр сопротивления; *5* – доска зажимов; *6* – аккумулятор

ну термометры сопротивления или термопары предназначены только для ее испытания. После окончания испытаний температурные индикаторы удаляют. Размещают индикаторы между листами активной стали, в лобовых и пазовых частях обмотки на глубину не менее 5 мм в доступных точках, где ожидается наибольшая температура.

Термометры сопротивления, используемые как индикаторы, изготавливают в виде пластин, внутри которых на бумажное основание намотаны тонкие медные покрытые эмалью провода ПЭЛЖО диаметром 0,08 мм с температурным коэффициентом линейного расширения $\alpha=(4,25\pm0,1)\cdot10^{-3}$. Сопротивление такого индикатора $r_x=53\pm0,05$ Ом при температуре 0° С. При температуре, отличной от 0 до 180° С, сопротивление определяют по формуле

$$r_t=r_x(1+\alpha t).$$

Термопары конструктивно представляют два разнородных металлических проводника (например, константанового и медного диаметром 0,5–1 мм), два конца которых спаивают между собой, а два других выводят наружу и подводят к зажимам гальванометра или милливольтметра. При охлаждении или нагревании места спая в термопаре возникает ЭДС. Для медно-константановых термопар эдс от разности температур ее концов зависит следующим образом:

Температура, °С	0	10	20	30	40	50	60
ЭДС, мВ	0	0,42	0,84	1,25	1,68	2,08	2,52.

При использовании термопар гальванометр, к которому они присоединены, показывает не абсолютную температуру, а разность между температурой в измеренной точке и температурой воздуха в месте установки гальванометра, а при использовании термометров сопротивления (температурных индикаторов) измеряется действительная (абсолютная) температура места, в которое он заложен. Если температура определяется по термопаре, то нужно учитывать вносимую измерительным прибором погрешность.

5. Метод контроля с помощью термоленты. О температуре нагрева контактных соединений шин и аппаратов судят по изменению цвета термоуказателей (термопленки) однократного или многократного действия.

Термопленки в виде кружков диаметром 10–15 мм или полосок размером 10×30–10×50 мм наклеивают вблизи контакта. Место расположения термопленки тщательно очищают и протирают чистой тряпкой, смоченной в бензине. На очищенное место наносят тонкий слой бензилцеллюлозного лака БФ-2 или раствора органического стекла, и наклеивают термопленку. После этого наружную поверхность термопленки также покрывают тонким слоем лака или раствора. Наклеенная термопленка должна быть хорошо видна на расстоянии 6–7 м.

Обслуживание электроизмерительных приборов

Персонал, обслуживающий технологическое оборудование, на котором установлены электроизмерительные приборы и счетчики, несет ответственность за их сохранность и внешнее состояние. О всех сбоях 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, клейма или свидетельства о государственной поверке.

Однофазные электросчетчики проходят поверку не реже одного раза в 8 лет. Трехфазные электросчетчики проходят поверку

через 2 года после ввода в эксплуатацию, затем один раз в 4 год
Вновь устанавливаемые расчетные счетчики должны иметь пломб
(клеймо или свидетельство) государственной поверки с давнос
тью не более 12 мес для трехфазных и не более 3 лет для однофа
ных счетчиков.

Ведомственную поверку электроизмерительных приборов про
изводят в сроки, установленные техническим руководителем пред
приятия, организации или учреждения, но не реже чем в следую
щие сроки:

щитовые приборы, по которым ведется режим основного обо
рудования — 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, требуе
мых стандартом, указывают дату ремонта, класс прибора и наимено
вание ремонтирующей организации.

На все электроизмерительные приборы и счетчики должны быт
составлены паспорта или заведен журнал, в которых делают отметк
о всех проведенных ремонтах и поверках.

Электрические схемы и способы их изображения

Электрическая схема представляет собой графическое изображе
ние элементов электроустановок и их взаимосвязей. Для изображе
ния схем применяют условные графические обозначения, установ
ленные рядом ГОСТов, входящих в Единую Систему Конструкторс
кой Документации (ЕСКД).

В зависимости от назначения электрические схемы разделяют н
структурные (рис 65, а), функциональные (рис 65, б) и полные
схемы соединений, подключения, расположения. Первые три вид
схем объединяют в группу *принципиальных схем.* Они поясняют прин
ципы устройства и работы электроустановок. Остальные три вид
схем образуют группу *монтажных схем*, показывающих взаиморас
положение элементов электроустановок или порядок электрически
соединений между ними.

Для чтения электрических схем необходимо знать:

основные графические условные обозначения и правила марки
ровки в электрических схемах;

принцип действия, устройство и режимы работы электрооборудо
вания, изображенного на схеме;

условия согласованности рабочих параметров аппаратов, совмест
но работающих в электроустановке, при которых обеспечивается ра
ботоспособность схемы.

Порядок чтения электрических схем следующий: ознакомление
информацией, содержащейся в надписях на чертеже; назначение
всех машин, аппаратов, приборов и т.п., входящих в изображенну

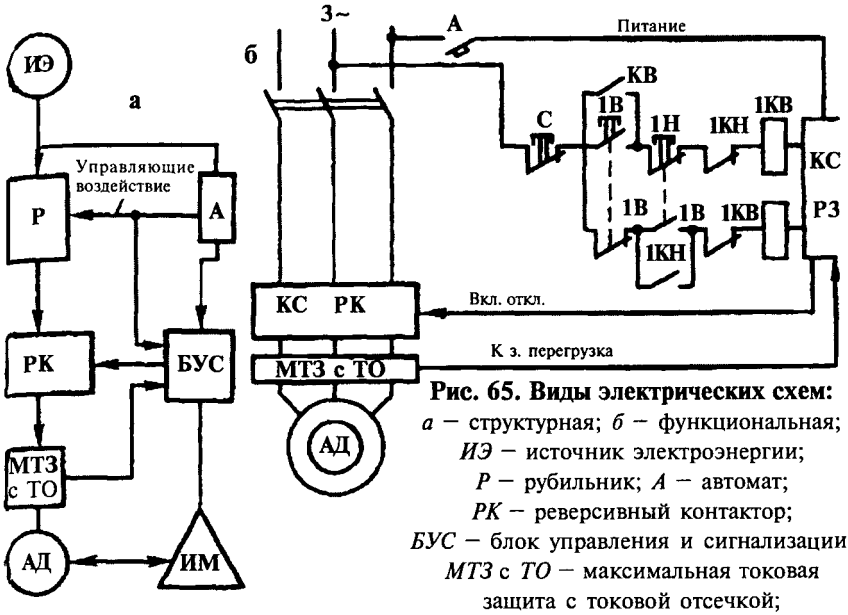


Рис. 65. Виды электрических схем:
а – структурная; *б* – функциональная; *ИЭ* – источник электроэнергии; *Р* – рубильник; *А* – автомат; *РК* – реверсивный контактор; *БУС* – блок управления и сигнализации; *МТЗ* с *ТО* – максимальная токовая защита с токовой отсечкой; *АД* – асинхронный электродвигатель; *ИМ* – исполнительный механизм; *КС, РК* – контактная система реверсивного контактора; *С* – кнопка «Стоп»; 1В – контакт «Вперед»; 1Н – контакт «Назад»; 1КН, 1КВ – блок-контакты блокировки; КС-КЗ – контакты релейной защиты; 1КН и 1КВ – обмотки катушек «Назад» и «Вперед» контактора

на схеме установку; выделение цепей главного тока, управления, защиты, сигнализации и т. п.; определение расположения источников и приемников электроэнергии; выявление схемы пуска двигателей, приводов выключателей, сигнализации положения отключающих аппаратов и т. п.; нахождение на схемах всех элементов каждого из аппаратов и установление их функций; определение последовательности работы аппаратов для основного рабочего режима и при реально возможных отклонениях от него.

Контрольные вопросы

1. Перечислите системы и классы точности приборов.
2. Как измерить сопротивление нагрузки постоянному току?
3. Какими методами контролируют температуру электроустановок?
4. Какова периодичность ведомственных поверок электроизмерительных приборов?
5. Кто обслуживает электроизмерительные приборы?
6. Как подразделяются электрические схемы?
7. Каков порядок чтения электрических схем?

ГЛАВА 7. ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ

Общие сведения об электрических системах, сетях и источниках электроснабжения

Работа современных промышленных предприятий связана с потреблением электрической энергии, вырабатываемой электростанциями (рис. 66).

Электрическая станция – это промышленное предприятие, вырабатывающее электроэнергию и обеспечивающее ее передачу потребителям по электрической сети.

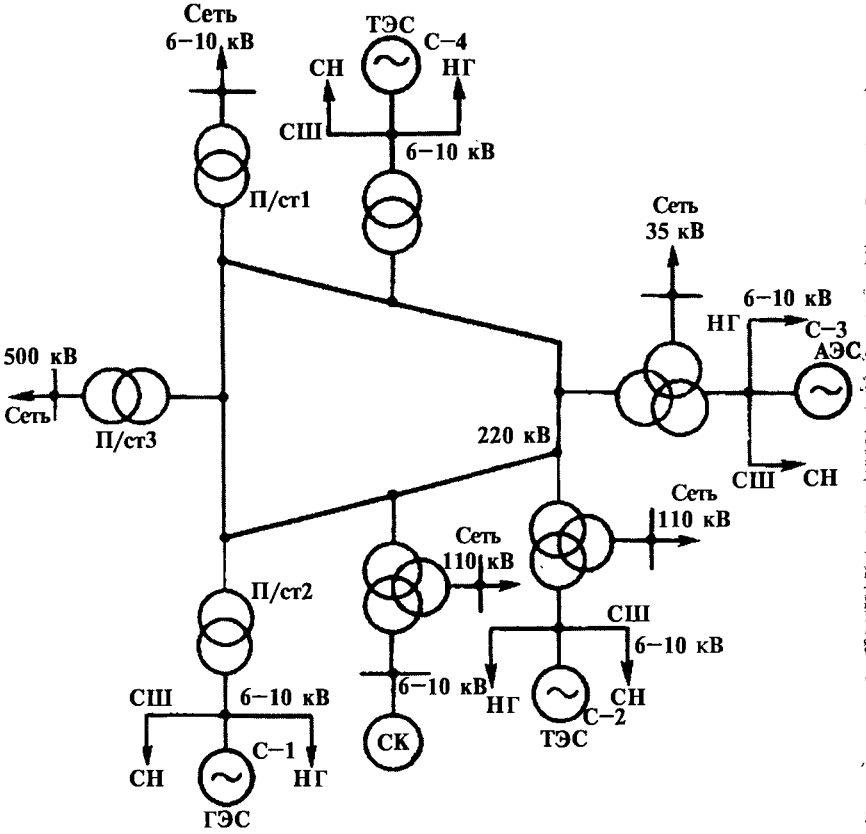


Рис. 66. Принципиальная схема электрической системы:
ТЭЦ, АЭС, ТЭС, ГЭС – теплоцентраль, атомная, тепловая, гидравлическая станции; СН – собственные нужды; СК – синхронные компенсаторы; СШ – сборные шины; НГ – нагрузка на генераторном напряжении; П/ст – трансформаторные подстанции

Электроустановка, предназначенная для преобразования и распределения электрической энергии, называется *электрической подстанцией.*

Линией электропередачи (ЛЭП) называют электроустановку, предназначенную для передачи электрической энергии.

Электрическая сеть – это совокупность воздушных и кабельных ЛЭП и подстанций, работающих на определенной территории. Совокупность электростанций, электрических сетей и электропотребителей, связанных общностью процесса производства, передачи и использования электроэнергии, называют *энергетической системой.* На некоторых электростанциях вырабатывается не только электрическая, но и тепловая энергия. Поэтому энергосистема охватывает и установки производства, распределения и использования теплоты. Электрическую часть энергосистемы называют *электрической системой.*

Источниками питания электрических систем служат электрические станции.

Основными типами электростанций являются *гидроэлектрические, тепловые* и *атомные* электростанции. На *гидроэлектростанции* (ГЭС) в электрическую энергию преобразуют механическую энергию водного потока реки – гидравлическую энергию.

На *тепловых электростанциях* (ТЭС) в электрическую преобразуют энергию, выделяемую при сгорании каменного угля, торфа, сланцев, газа, нефти и других видов топлива.

Главный недостаток тепловых электростанций – низкий коэффициент полезного действия. Лишь 30–40 % теплоты, полученной при сгорании топлива, используется полезно, а остальная часть – отдается охлаждающей воде при конденсации пара и дымовым газам. Эта энергия безвозвратно теряется, рассеивается в процессе производства электроэнергии.

Атомные электростанции (АЭС) – это тоже тепловые паротурбинные станции, но использующие в качестве топлива ядерное горючее.

В технологической схеме АЭС роль котла выполняет атомный реактор. Теплота, выделяющаяся в реакторе при делении ядер урана или плутония, передается теплоносителю – тяжелой воде, гелию и т. п. От теплоносителя тепловая энергия передается парогенератору. Далее та же схема преобразования энергии пара в механическую энергию паровой турбины и в электрическую энергию, что и на ТЭС.

В настоящее время преимущественное развитие имеют ТЭС. Это обусловлено двумя основными факторами: удельными капиталовложениями и сроками строительства ТЭС. По мере совершенствования оборудования и освоения больших единичных мощностей реакторов показатели АЭС постепенно приближаются к показателям ТЭС. В качестве резервного источника питания, а также в начальный период эксплуатации предприятий, размещенных в районах Сибири и Крайнего Севера, для временного электроснабжения применяют дизельные, газотурбинные электростанции и энергопоезда.

Основным элементом *дизельных электростанций* (ДЭС) является дизель-генератор. В качестве первичных двигателей в основном применяют бескомпрессорные четырех- и двухтактные дизели мощностью 5—1000 кВт, имеющие частоту вращения 375—1500 об/мин. Дизели комплектуют генераторами переменного тока. В настоящее время исследуют возможность более широкого использования тепловой энергии вулканов и гейзеров — на геотермальных станциях, электростанций с магнитогидродинамическими генераторами, энергии ветра — на ветроэлектростанциях, энергии приливов и отливов — на приливных электростанциях. Опытные промышленные установки, работающие на этих видах энергии, уже имеются.

Напряжения и способы выполнения электрических сетей

Номинальным напряжением приемников электрической энергии, генераторов и трансформаторов называют то напряжение, при котором обеспечивается их нормальная и бесперебойная работа. Каждая электрическая сеть характеризуется номинальным напряжением приемников электроэнергии, которые от нее питаются. К приемникам электроэнергии в данном случае относят также первичные обмотки трансформаторов.

Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) они разделены на установки напряжением до 1000 В и напряжением выше 1000 В.

Рассмотрим линию местной сети, питающуюся непосредственно от генератора Г с номинальным напряжением $U_г=U_1$. В линии имеет место потеря напряжения, поэтому приемники электроэнергии, подключенные к ней, будут находиться под разными напряжениями.

Изменение напряжения вдоль линии при заданных нагрузках изображено на рисунке 67 прямой линией $U_1=U_2$, причем для частного случая взято U_1=230 В и U_2=210 В.

Работа приемников будет тем лучше, чем меньше на их зажимах отклонения напряжения от номинального. За номинальное напряжение электрической сети берут среднее арифметическое значение напряжений в начале U_1 и в конце U_2 линии, т.е.

$$U_н=(U_1+U_2)/2.$$

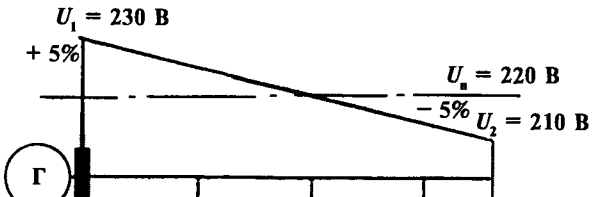


Рис. 67. Номинальное напряжение сети

Под этим напряжением будут находиться приемники, расположенные, например, при равномерной нагрузке линии в середине ее. В нашем случае $U_н=(230+210)/2=220$ В.

Номинальным напряжением электросети называют среднее арифметическое значение рабочих напряжений в начале и конце линии сети. *Напряжение генераторов*, на которое их конструируют, берется на 5 % выше номинального напряжения сети. Например, при номинальном напряжении сети 6 кВ номинальное напряжение генераторов будет 6,3 кВ.

Для электроустановок до 1000 В приняты номинальные напряжения, приведенные в таблице 16.

Для установок выше 1000 В применяют следующие стандартные напряжения: 3, 6, 10, 20, 35, 110, 150, 220, 330, 500, 750, 1150 кВ. Для питания электродвигателей небольшой мощности (до 100—150 кВт) применяют напряжение 380 В.

Способы выполнения сетей должны обеспечивать надежность, долговечность, пожарную безопасность, экономичность, индустриальность монтажа, а при скрытых проводках — по возможности заменяемость проводов.

В общественных, административно-бытовых, инженерно-лабораторных и других подобных зданиях, как правило, должна применяться скрытая прокладка проводов.

Сети производственных и вспомогательных зданий следует выполнять открыто: кабелями и защищенными проводами; незащищенными изолированными проводами на изоляторах, в лотках, в коробах, в трубах; шинопроводами.

Электропроводки незащищенными изолированными проводами на изоляторах и клицах могут применяться во всех невзрывоопасных установках, в том числе и наружных. В последнее время этот вид проводки вытесняется тросовыми электропроводками.

В отдельных случаях на изоляторах целесообразно прокладывать голые провода (например, при высоких температурах, на недоступной высоте), разрешенные во всех непожаро- и невзрывоопасных помещениях. Этот же вид проводки является преимущественным в установках наружного освещения — для воздушных линий.

Таблица 16

Номинальные напряжения систем электроснабжения приемников, В

Постоянный ток		Переменный ток (частота f=50 Гц)			
источники	приемники	источники		приемники	
		однофазные	трехфазные	однофазные	трехфазные
28,5	27	42	42	40	40
115	110	230	230	220	220
230	220	—	400	380	380
460	440	—	690	660	660

Тросовые электропроводки могут выполняться кабелями и проводами, прокладываемыми по тросу (диаметром 1,9–6,5 мм) или проволоке (стальной оцинкованной или горячекатаной, имеющей лакокрасочное покрытие, диаметром 5,8–8 мм), а также специальными проводами.

Прокладку проводов в трубах следует ограничивать, допуская ее лишь в тех случаях, когда беструбные проводки не могут быть применены.

Способы выполнения сетей напряжением выше 1000 В рассмотрены в главах 9 и 10.

Электрические источники света

Установки электрического освещения используют во всех производственных и бытовых помещениях, общественных и других зданиях, на 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 технологического процесса. 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 правилам 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 номинальное значение напряжения, мощность 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 низкого давления (ЛЛ) имеют ряд существенных преимуществ по сравнению с ЛН; например, высокую световую отдачу, достигающую 75 лм/Вт; большой срок службы, доходящий у стандартных ламп до 10000 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; 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 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 в большинстве

случаев не превышает двух ступеней, высокая световая отдача и большой срок службы ЛЛ также, как ламп ДРЛ, делают их в большинстве случаев более экономичными, чем лампы накаливания.

Достоинствами ламп ДРЛ являются: высокая световая отдача (до 55 лм/Вт); большой срок службы (10 000 ч); 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; 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, бóльшие, чем у люминесцентных ламп; значительное снижение светового потока к концу срока службы.

Лампы накаливания изготавливают 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 которой 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.

Осветительная арматура

Светильник (рис. 68, 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 может иметь устройство для зажигания и стабилизации их работы.

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 блесткости 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–

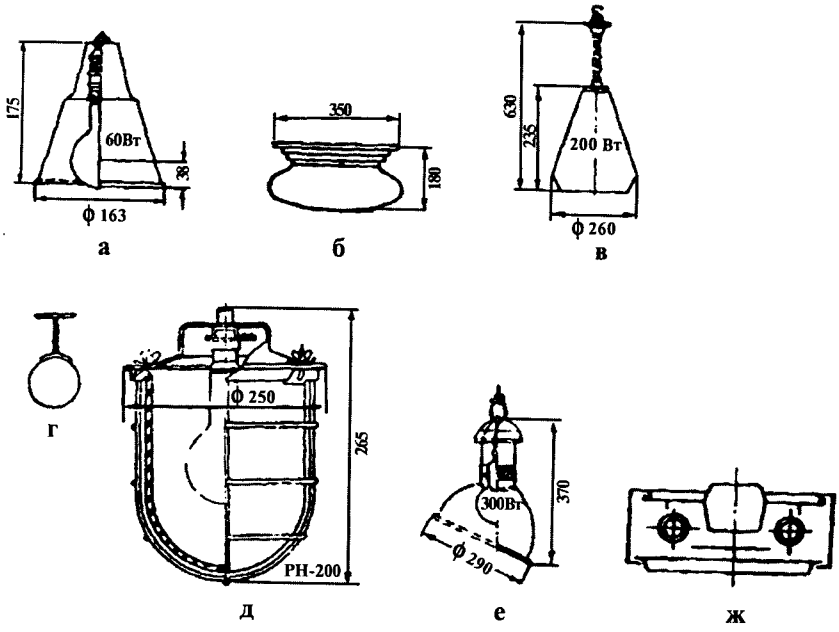


Рис. 68. Примеры светильников заводского изготовления:
а – альфа; *б* – плафон; *в* – люцетта; г – шар молочного стекла; *д* – рудничный; *е* – кососвет; *ж* – люминесцентный Л201Б

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; НЧБ; РВЛ; ВЧА; 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.

Технология монтажа и ремонта светильников общего применения

Перед началом монтажа и ремонта 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 и ремонту 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, бóльшую 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 имеющимися 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 У 629 длиной 60; 155 и 215 мм (рис. 69, а) устанавливают в железобетонных потолках. Их изолируют, а блок подвески снабжают изолирующим кольцом.

Если светильник устанавливают на шпильку (рис. 69, 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.

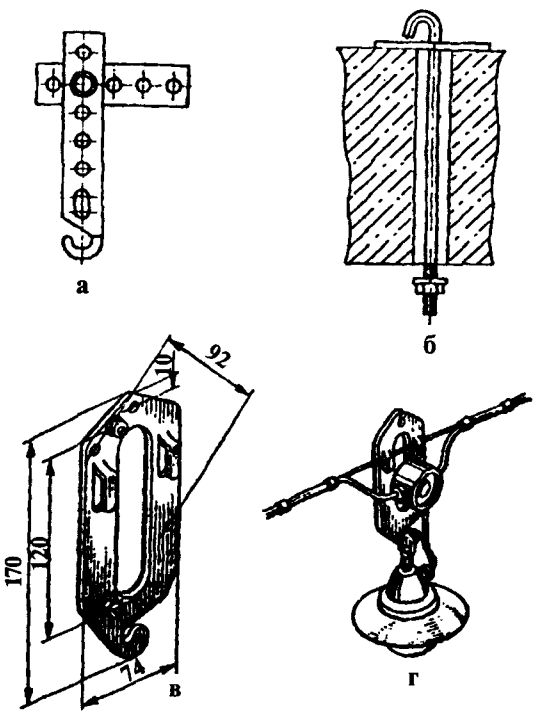


Рис. 69. Конструктивные элементы для установки светильников:
а – крюк; *б* – шпилька; *в* – подвес; *г* – подвеска светильника

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

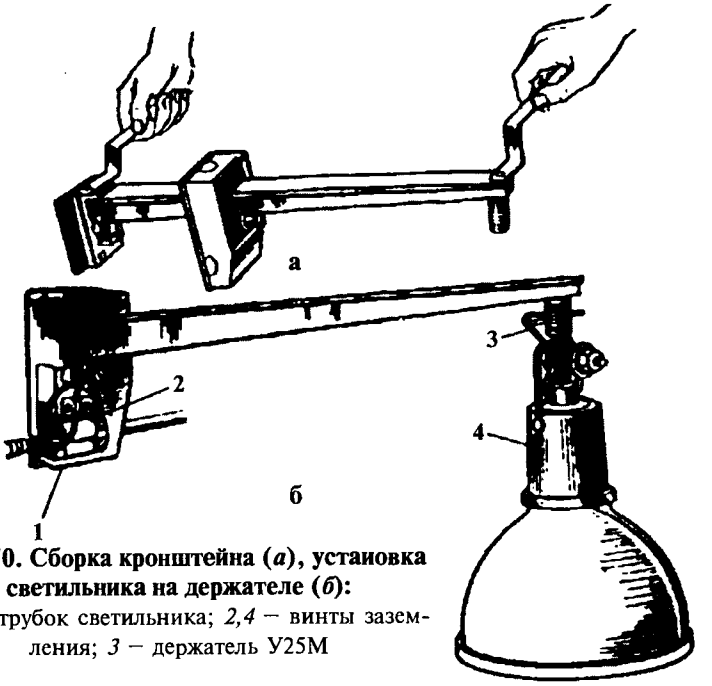


Рис. 70. Сборка кронштейна (*а*), установка светильника на держателе (*б*):
1 – патрубок светильника; *2,4* – винты заземления; *3* – держатель У25М

поясам ферм светильники устанавливают на кронштейнах, прикрепленных к этим строительным основаниям (рис. 70).

При креплении на тросе светильники устанавливают: на тросовых подвесках с обоймами (см. рис. 69, 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 вряду и по высоте выравнивают так, чтобы отклонения их не были заметны на глаз; устано-

вочные 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.

Технология монтажа и ремонта 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 и ремонту 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 7 (фланцем вперед) и резиновое кольцо, продвинув его по кабелю на расстояние 140 мм от конца (рис. 71);

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;

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. 72) выполняют в такой технологической последовательности:

открывают крышку вводного устройства светильника 7, 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

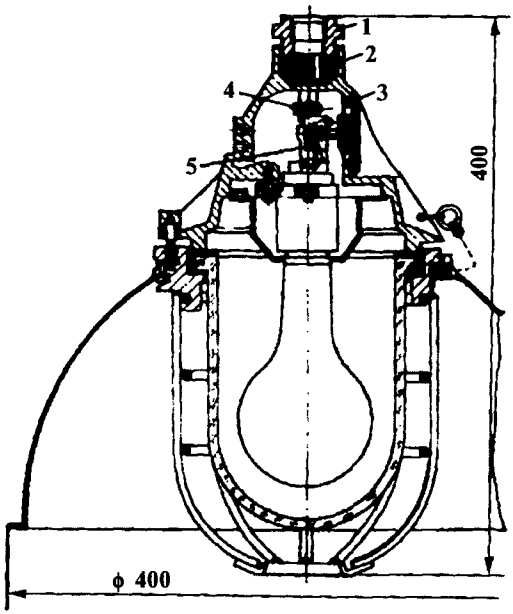


Рис. 71. Светильник Н4БН-150 с вертикальным вводом кабеля:
1 — нажимная муфта; *2* — уплотнительное кольцо; *3* — крышка вводного устройства; *4* — зажим; *5* — колодка

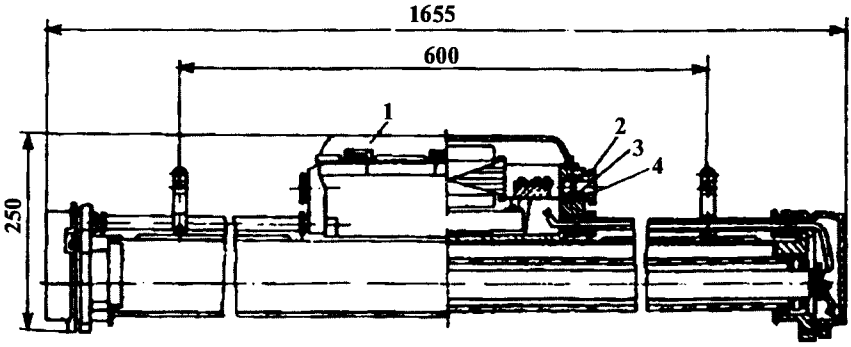


Рис. 72. Светильник повышенной взрывозащищеииости НОГЛ:
1 — крышка вводной коробки светильника; *2* — уплотнительная прокладка; *3* — нажимная муфта; *4* — стальная шайба

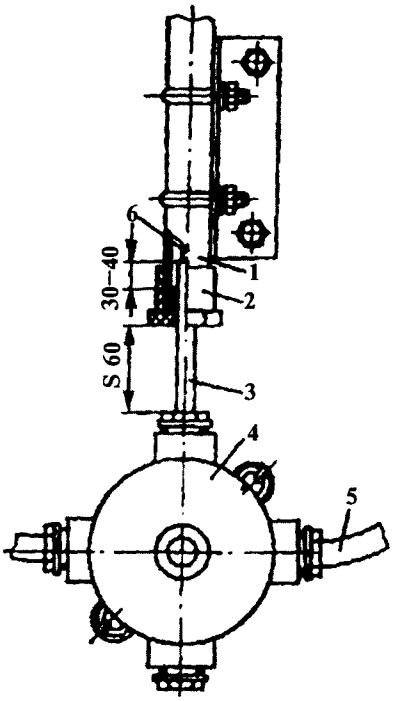


Рис. 73. Узел ввода проводов ПРКС в коробку У-409 от светильника с трубным кронштейном:

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

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. 73.

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.

Техиология монтажа и ремонта электроустановочиых устройств и схемы питания освещения

Перед скрытой установкой выключателей и штепсельных розеток предварительно замоноличивают в строительные конструкции спе-

циальные 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 М4 к кольцевым выступам в закладных стаканах.

Выпускаемые заводами стаканы имеют различную длину. Это дает возможность устанавливать 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 диаметром 55–60 мм толщиной не менее 10 мм, прикрепляемых к основанию шурупом (рис. 74). 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 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.

Питание нагрузок III категории по надежности электроснабжения может производиться от одной однотрансформаторной подстанции. Аварийное и рабочее освещение должны при этом иметь самостоятельное питание, начиная от распределительного щита подстанции или от ввода в здание.

Для электронагрузок II категории при наличии централизованного резерва трансформаторов, питание трансформатора допустимо питание от одной однотрансформаторной подстанции, но в действительности желательно иметь более надежную схему электроснабжения.

В большинстве случаев электронагрузки II категории имеют ту же схему питания, что и нагрузки I категории.

При питании осветительной установки здания более чем от одной однотрансформаторной подстанции для рабочего и аварийного освещения используют разные трансформаторы. Если при этом трансформаторы получают независимое питание, то такая схема обеспечивает электроснабжение осветительных нагрузок I категории.

В целях сохранения полного освещения при аварийных и плановых отключениях трансформаторов в ряде случаев (например, в це-

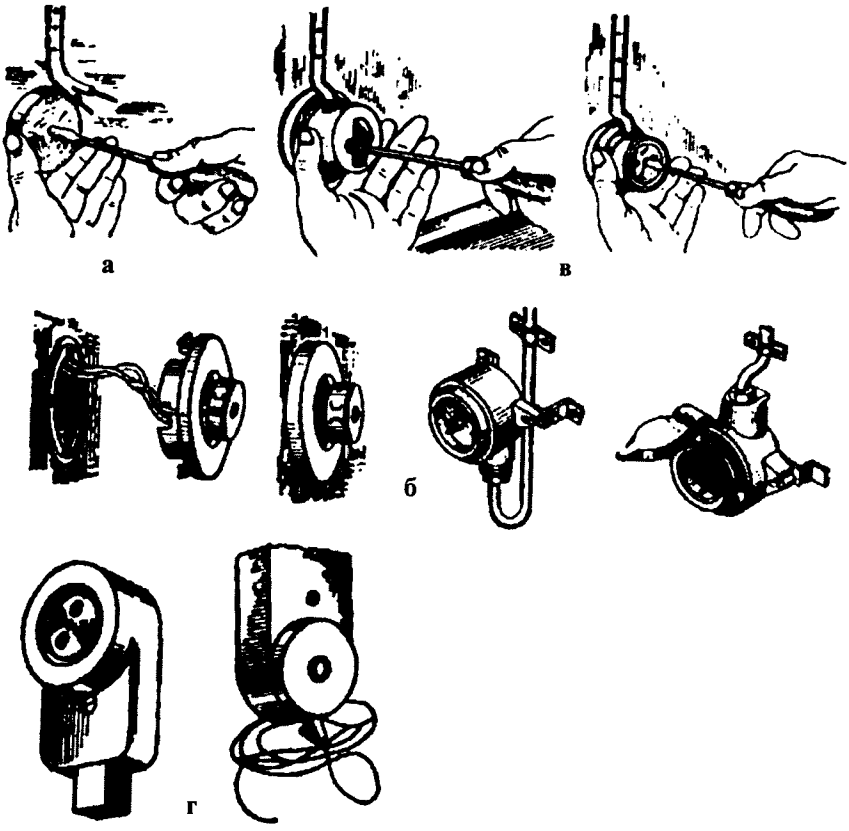


Рис. 74. Моитаж и вид установочных приборов:

а – последовательность установки выключателя и штепсельной розетки для электропроводки, проложенной плоскими проводами открыто;

б – выключатель для скрытых проводок;

в – выключатель и штепсельная розетка для установки в помещении;

г – надплинтусная штепсельная розетка и подпотолочный выключатель

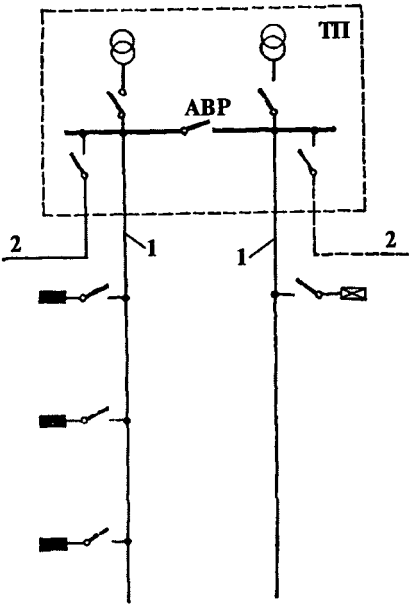
хах с частыми и длительными остановами технологического оборудования на ремонт и профилактический осмотр) желательно иметь перемычки между однотрансформаторными подстанциями.

При питании нагрузок по схеме блок трансформатор – магистраль главная магистраль, питаемая от трансформатора и прокладываемая по цеху, выполняет роль шин распределительного щита трансформаторной подстанции ТП (рис. 75).

Ответвления от главной магистрали к осветительным и силовым щиткам производят по всей длине магистрали с установкой защитных аппаратов в местах ответвлений или в непосредственной близости от них.

Рис. 75. Схема питания освещения от системы блок – трансформатор – магистраль:

1 – главные магистрали; *2* – линии, питающие внецеховые нагрузки



При совмещении сетей электроосвещения и силового электрооборудования принципиальные вопросы резервирования питания должны быть решены аналогично.

Схемы питания освещения от силовых вводов изображены на рисунке 76.

В питающих сетях освещения применяют как магистральные, так и радиальные схемы в зависимости от мощности и расположения щитков.

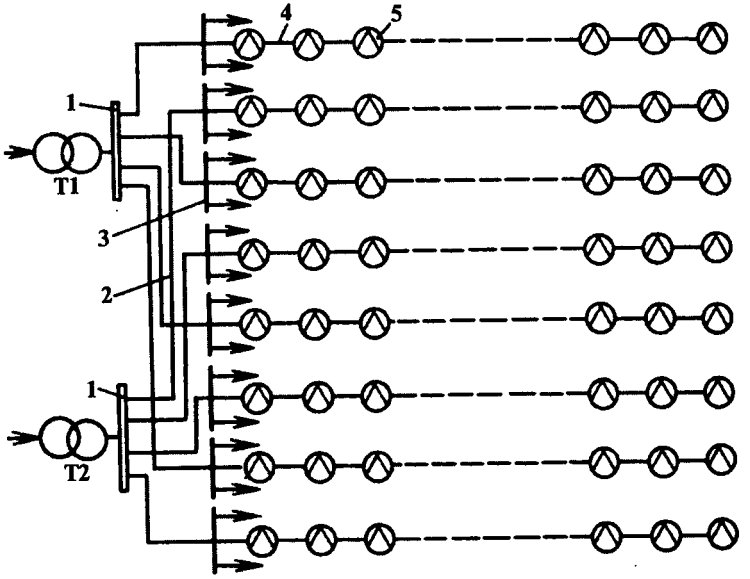


Рис. 76. Схема питания сети освещения крупного цеха:

1 – распределительный щит подстанции; *2* – питающие линии; *3* – групповой щиток; *4* – групповая сеть; *5* – светильник

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 напряжения 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 десяти раз в 1 ч;

более чем на 4 % – допускается один раз в 1 ч.

Эти требования не распространяются на лампы местного освещения.

Все работы по обслуживанию светильников выполняют при снятом напряжении. Проверку уровня освещенности в контрольных точках помещений при осмотрах осветительных установок производят не реже одного раза в год. В исправности автоматов, отключающих и включающих электроосветительные установки, убеждаются один раз в 3 мес (в дневное время).

Проверку исправности системы аварийного освещения производят не реже одного раза в квартал.

Проверку стационарного оборудования и электропроводки рабочего и аварийного освещения на соответствие токов расцепителей и плавких вставок расчетным значениям выполняют один раз в год.

Измерение нагрузок и напряжения в отдельных точках электрической сети и испытание изоляции стационарных трансформаторов с вторичным напряжением 12–40 В производят не реже одного 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 способом, когда все лампы в установке через определенный интервал времени одновременно заменяют новыми. В литейных и кузнечных цехах лампы типа ДРЛ подвергают групповой замене через 8000 ч работы. В механических, сборочных, инструментальных цехах при использовании в качестве источников света ламп ЛБ-40 групповую замену производят через 7000 ч (через ряд). В расчетах при достаточном естественном освещении годовое число часов использования осветительных установок принимают при двухсменной работе – 2100 ч, при трехсменной – 4600 ч, а при трехсменной непрерывной работе – 5600 ч.

При недостаточном естественном освещении при двухсменной работе число часов использования осветительных установок – 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.

Чистку светильников общего освещения для цехов машиностроительных предприятий проводят в следующие сроки: литейные цехи — один раз в 2 мес; кузнечные, термические — один раз в 3 мес; инструментальные, сборочные, механические — один раз в 6 мес.

Техническое обслуживание сетей электрического освещения выполняет специально обученный персонал. Как правило, чистку арматуры и 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. Оба исполнителя должны быть допущены к верхолазным работам. При работе соблюдают меры предосторожности от попадания под напряжение, падения с высоты, 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, так как в них содержится ртуть, пары которой ядовиты, сдают на завод-изготовитель или уничтожают в специально отведенных для этого местах.

Контрольные вопросы

1. Какие схемы питания применяют для электроосвещения?
2. Какие источники света применяют в промышленности?
3. Какими способами осуществляют замену ламп?
4. От чего зависит периодичность чистки светильников?
5. Как очищают арматуру светильников в сетях наружного освещения?
6. Какова технологическая последовательность операций монтажа светильников общего приминения?
7. Как монтируют электроустановочные устройства?

ГЛАВА 8. ЦЕХОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ

Виды электропроводок

Совокупность проводов и кабелей с относящимся 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 изготавливают 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. 17)

Таблица 17

Основные технические данные установочных проводов

Марка, число жил	Сечение жилы, мм	Характеристика конструкции	Область применения
1	2	3	4
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

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4
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
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 2	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

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4
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 380В
ППВС 2; 3	0,75–4	То же, но с медными жилами	То же

Незащищенные изолированные провода, наиболее часто используемые в электропроводках, показаны на рис. 77.

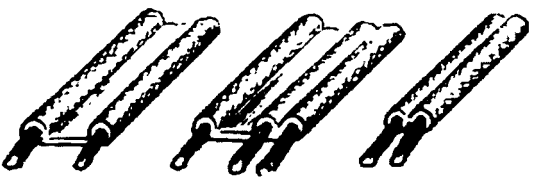


Рис. 77. Вид плоских проводов:
а – двужильные типов АППВ, ППВ, АППР;
б – то же, трехжильные;
в – двужильные типов АППВС, ППВС

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. Технология монтажа электропроводок содержит много операций, выполняемых при их ремонте.

Технология монтажа и ремонта открытых электропроводок

Монтаж и ремонт 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 шнурка отбивают линию будущих электропроводок. На линии отмечают точки крепления провода, а также точки сквозных отверстий для прохода проводов через стены и перекрытия. 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. 78). 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, надетую на руку. Протягивать провод следует очень аккуратно, чтобы не повредить оболочку. Правку плоских проводов можно производить только при температуре не ниже -15 °С.

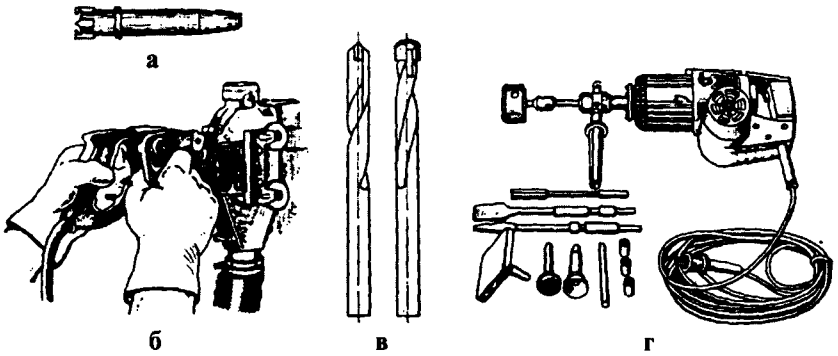


Рис. 78. Инструмент, механизмы и приспособления для пробивных работ:
а – шлямбур; *б* – бороздорез; *в* – бурик;
г – фугальный электрический молоток с набором рабочего инструмента

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. 79, 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. 79, б).

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. 80, а–е).

Следующими операциями электромонтажа являются соединение и ответвление плоских проводов в ответвительных коробках. Эти опе-



Рис. 79. Операции подготовки плоского провода перед монтажом:

а – присоединение; *б* – изгибание на ребро в плоскости стены

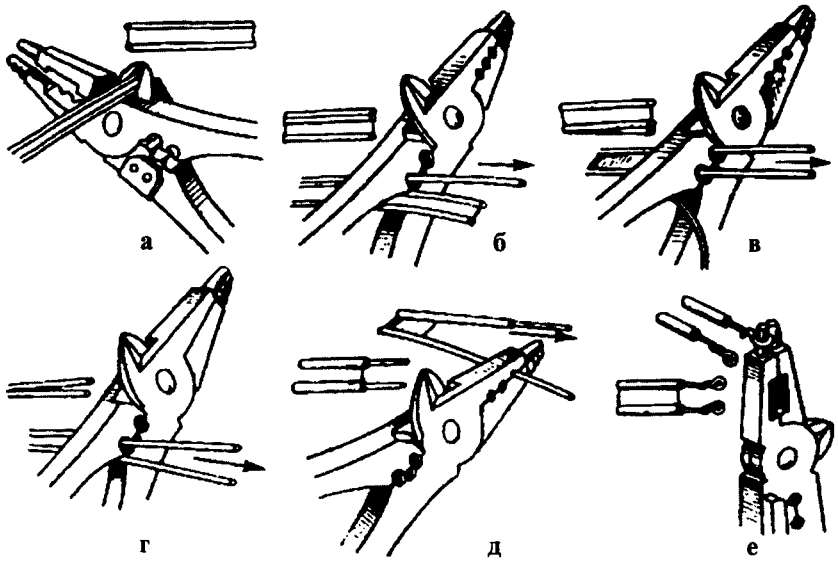


Рис. 80. Универсальные клещи КУ-1 и выполняемые с их помощью монтажные операции:

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

рации 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. 81, а–в).

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

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 якори с изоляторами закрепляют вмазкой. Проходы прово-

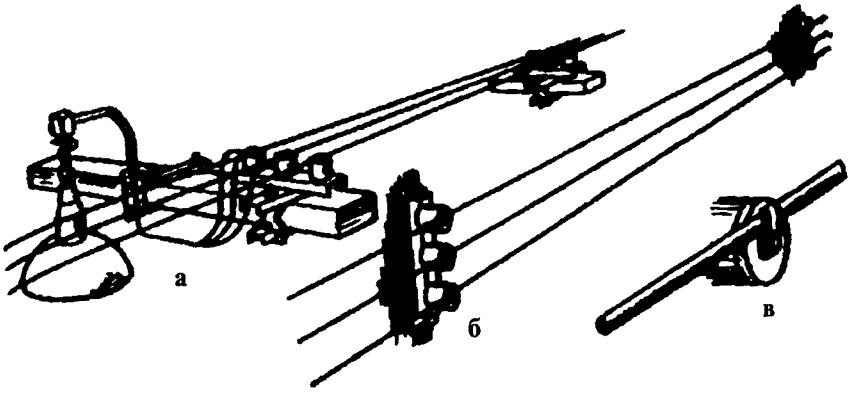


Рис. 81. Примеры выполнения электропроводки на изоляторах:
а – по фермам; *б* – по стенам; *в* – держателями

дов через стены и перекрытия выполняют в изоляционных трубках, оконцованных втулками. В каждой трубке размещают один провод.

На месте монтажа или в МЭЗ заготавливают провода и прокладывают их по подготовленным трассам, причем от проводов до поверхности стен и перекрытий минимальное расстояние должно быть не мерее 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 троллейных–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 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, изготавливаемые на заводах. К торцовым стенам тросы крепят на проходных анкерах или анкерах, прикрепляемых к сквозным штырям, болтам или дюбелям (рис. 82).

На конце троса делают петлю и устанавливают тросовый зажим и муфты, позволяющие регулировать натяжение троса. При электропроводках тросовыми проводами применяют специальные ответвитель-

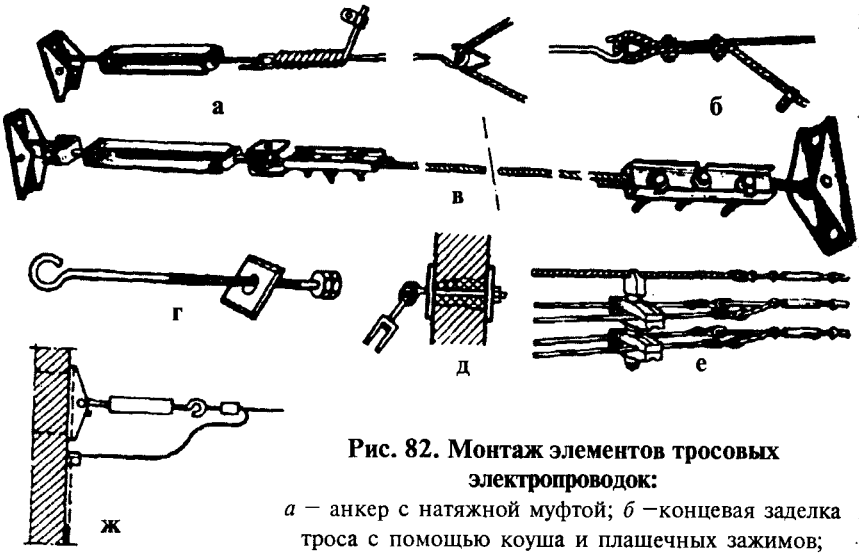


Рис. 82. Монтаж элементов тросовых электропроводок:

а – анкер с натяжной муфтой; *б* –концевая заделка троса с помощью коуша и плащечных 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 проводов АРТ с помощью свободного конца петли

ные коробки, которые одновременно используют для подвески тросового провода и светильников (рис. 83). Внутри коробки имеется устройство для крепления троса. Ответвления выполняют без разрезания провода с помощью сжимов в пластмассовом кожухе. Узлы тросовой проводки монтируют на заводах или в МЭЗ на технологических линиях и поставляют на место призводства работ в контейнерах.

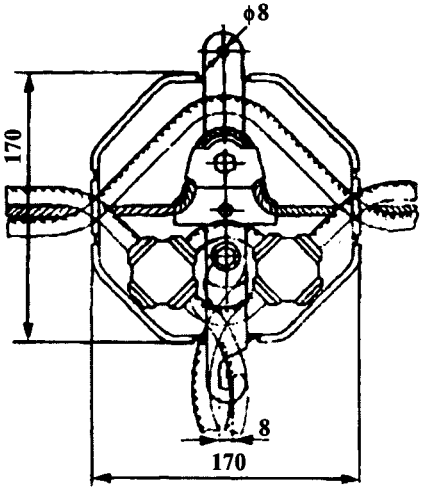


Рис. 83. Тросовая ответвительная коробка с крюком для подвески светильников

Для монтажа тросовых электропроводок сначала размечают места крепления анкерных и промежуточных конструкций вдоль помещения по линии расположения светильников или силовых электроприемников, выдерживая расстояния между подвесками, ответвительными коробками и светильниками по проекту и эскизам замеров на месте. 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 подготавливают отрезки несущего троса, струны и оттяжки, оконцовывают их петлями с использованием гильз и обойм, собирают концевое крепление и отмеряют 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 коробок 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. 84) или на полосах, лентах и струнах (рис. 85), 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, натя-

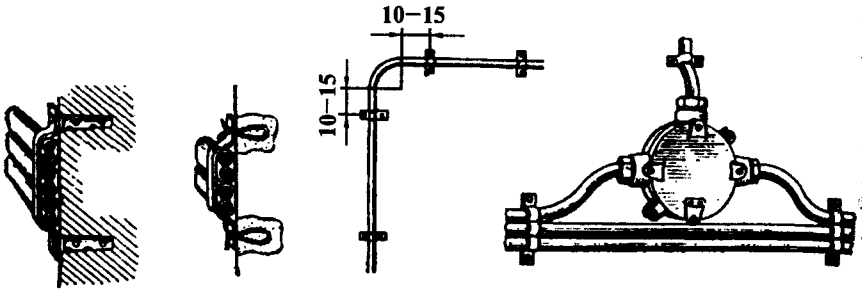


Рис. 84. Монтаж электропроводок легкими кабелями с резиновой и пластмассовой изоляцией:

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

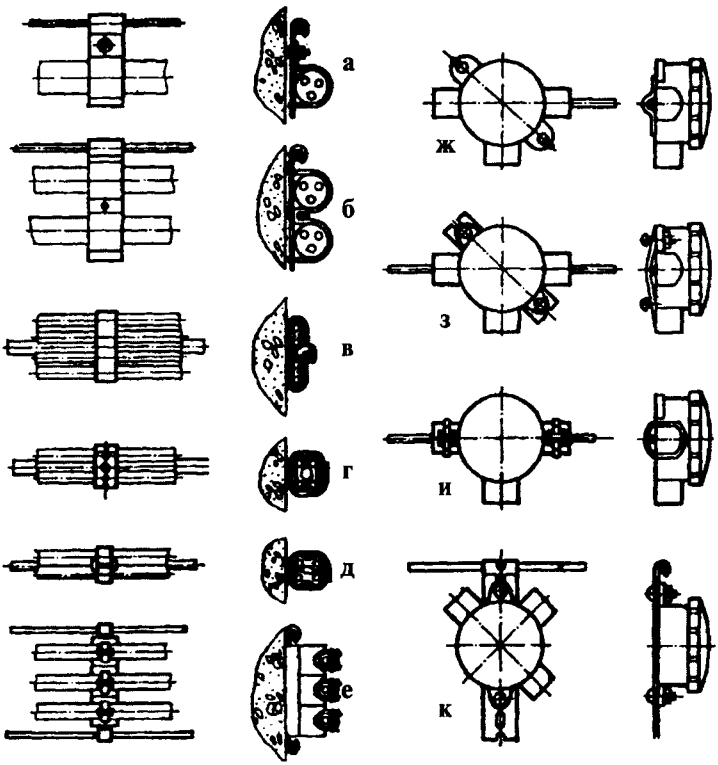


Рис. 85. Прокладка кабеля и проводов по стенам с креплением к струнам:

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

нутую вплотную к основанию и закрепленную на концах натяжными устройствами, используют в качестве несущей струны.

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

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.

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.

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 кирпичных зданиях, а также зданиях из крупных блоков 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 гори-

зонтальном направлении прокладывают на расстоянии 100–150 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 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, открытой проводок плоскими проводами.

Отверстия в бетоне и кирпиче делают электро- и пневмоинструментом. В гипсобетонных перегородках и кирпичных стенах борозды делают 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 «приораживанием» 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 мм² суммарного сечения жил. При диаметре канала 20 мм можно затягивать до пяти проводов, при 25 мм –до восьми проводов сечением до 2,5 мм². 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. 86.

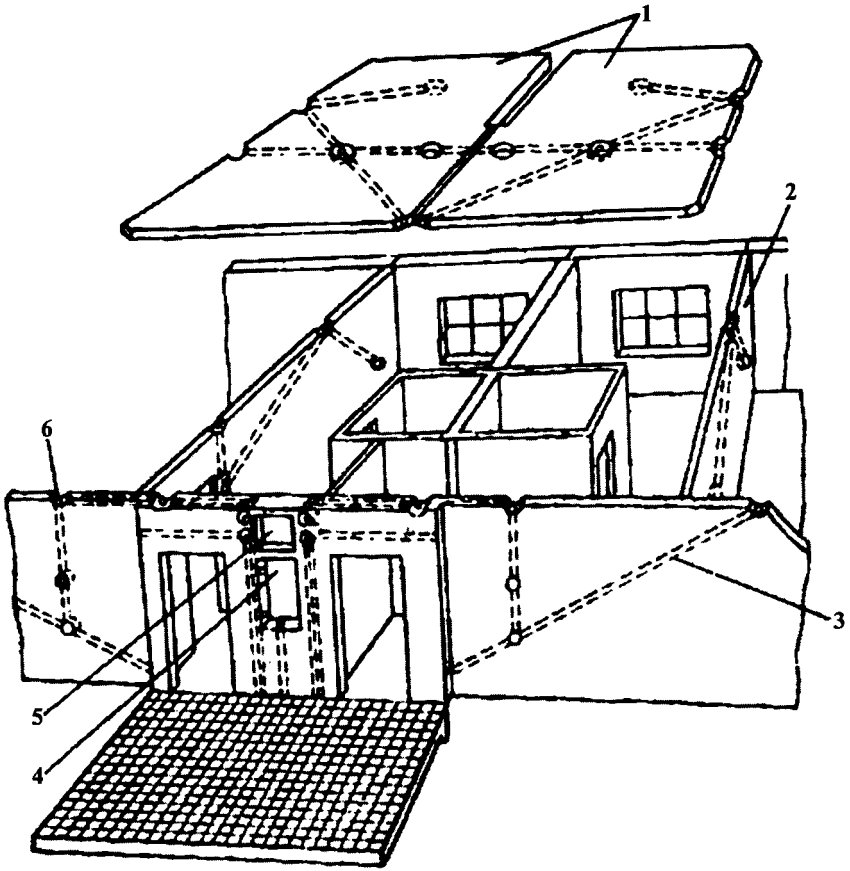


Рис. 86. Пример выполнения электропроводок в каналах крупноблочного административного здания:

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

Технология монтажа и ремонта 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.

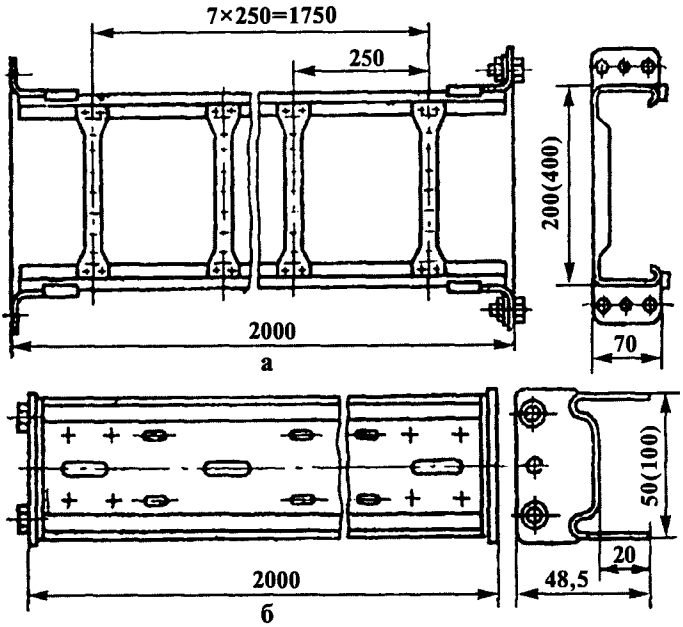


Рис. 87. Металлические прямые лотки:
а – НЛ40-П2 и НЛ20-П2; *б* – НЛ5-П2 и НЛ10-П2

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. 87) устанавливают на сборных кабельных конструкциях, элементах строительных и технологических конструкций, кронштейнах и подвесках. Шаг крепления кабелей – 250 мм.

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

Стальные одноканальные короба серии У (рис. 88) усовершенствованной конструкции допускают увеличенную нагрузку, обеспечивают прокладку трассы с необходимыми поворотами; их используют для вертикальной прокладки сетей. Надежную электрическую связь секций короба осуществляют соединением элементов болтами.

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

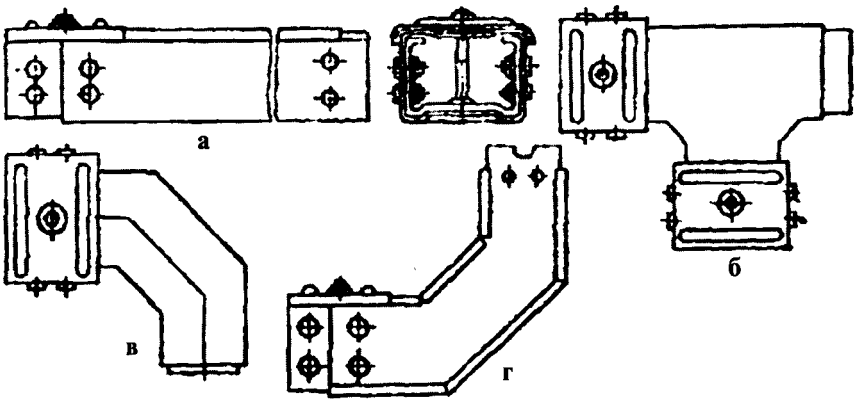


Рис. 88. Стальные электрические короба серии У:
а – прямой; *б* – тройниковый;
в – угловой для изменения трассы в горизонтальной плоскости;
г – угловой для изменения трассы в вертикальной плоскости

Сначала разметочным шнуром размечают трассу с соблюдением мест установки опорных и поддерживающих конструкции 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 операции 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 подготавливают 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. 89, а–г) рядами, пучками и пакетами выдерживают промежуток: при однослой-

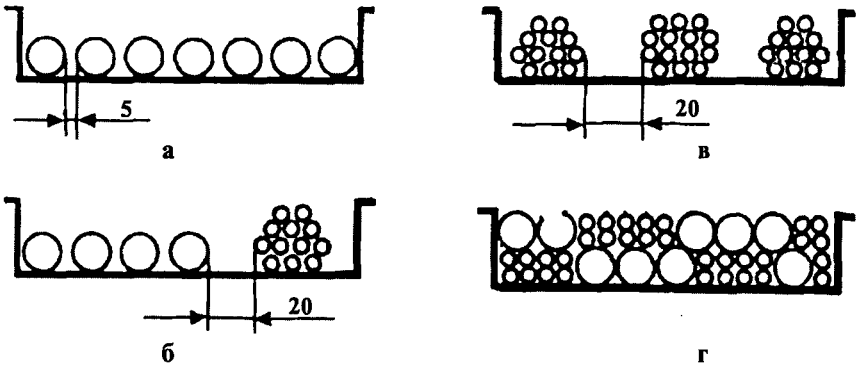


Рис. 89. Способы прокладки проводов и кабелей на лотках:
а – рядами; *б* – пучками; *в* – пакетами; *г* – многослойная

ной 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.

Технология монтажа и ремонта 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 сырых, особо сырых, взрывоопасных помещениях, в помещениях 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 сырых, жарких помещениях, 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. 90, а–л). Определение размеров труб с учетом сложности затяжки проводов в трубы и конфигурацией трассы приведены в таблице 18 и на рисунке 91.

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

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

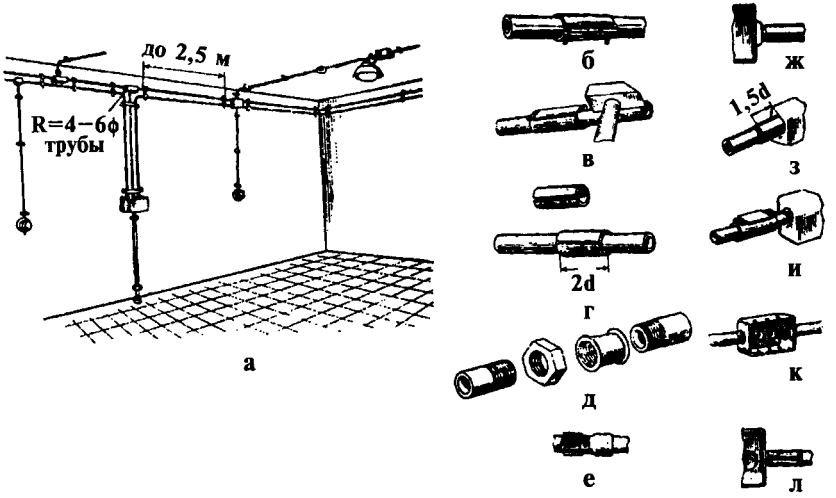


Рис. 90. Монтаж электропроводок в стальных трубах:

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

Таблица 18

Расчетные формулы для выбора стальных труб

Обозначение сложности затяжек	Одножильные и многожильные провода и кабели			
	Один провод или кабель	Одинакового диаметра	Разного диаметра	Три или более проводов или кабелей
А	$\frac{D}{1,4} \geq d$	$\frac{D}{2,7} \geq d$	$\frac{D}{2,7} \geq \frac{d_1 + d_2}{2}$	$0,4D^2 \geq n_1 d_1^2 + n_2 d_2^2 + \ldots$
Б	$\frac{D}{1,65} \geq d$			$0,32D^2 \geq n_1 d_1^2 + n_2 d_2^2 + \ldots$
В	$\frac{D}{1,65} \geq d$	$\frac{D}{2,5} \geq d$	$\frac{D}{2,5} \geq \frac{d_1 + d_2}{2}$	$0,45D^2 \geq n_1 d_1^2 + n_2 d_2^2 + \ldots$

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.

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 при ремонте и монтаже 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 и ремонта 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 подготавливают 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, производят привязку концов труб, коробок, протяжных и ответвительных ящиков, крепежных деталей, опорных конструкций, поворотов трассы, мест проходов через стены и перекрытия. На прямых участках все

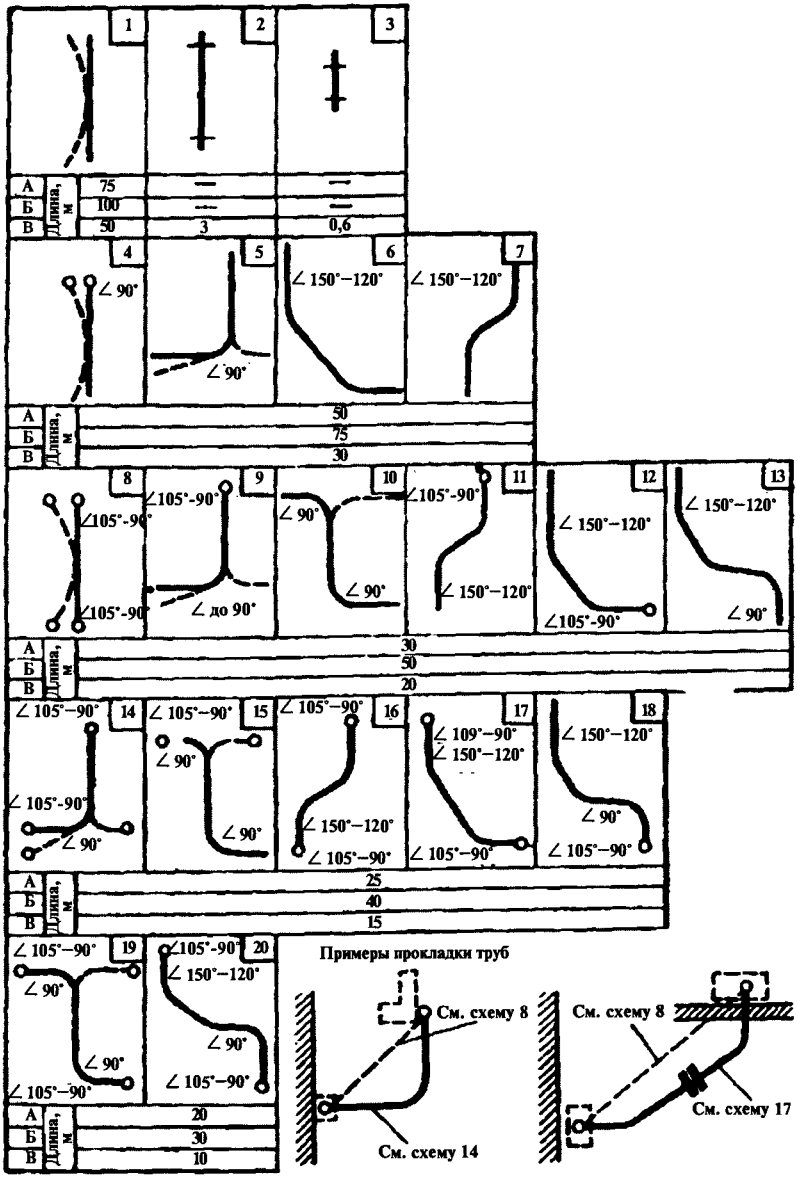


Рис. 91. Ориентировочная оценка сложности затяжки проводов и кабелей в трубопроводы (схемы 1–20)

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 3,5–4 м, 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 92, 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 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 манжета-

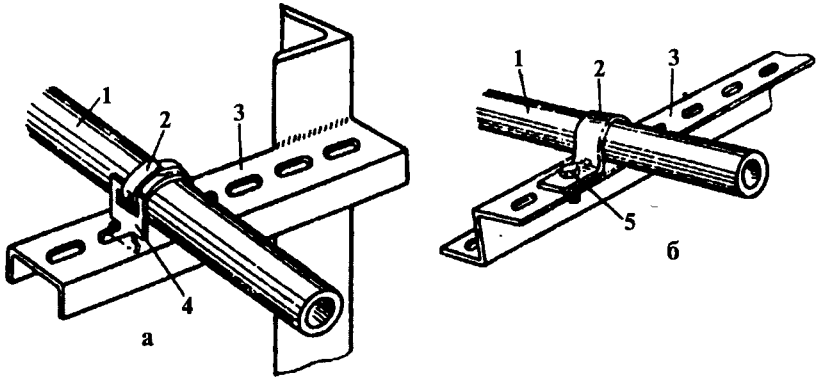


Рис. 92. Перфорированные профили и монтажные изделия, используемые для крепления труб:

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

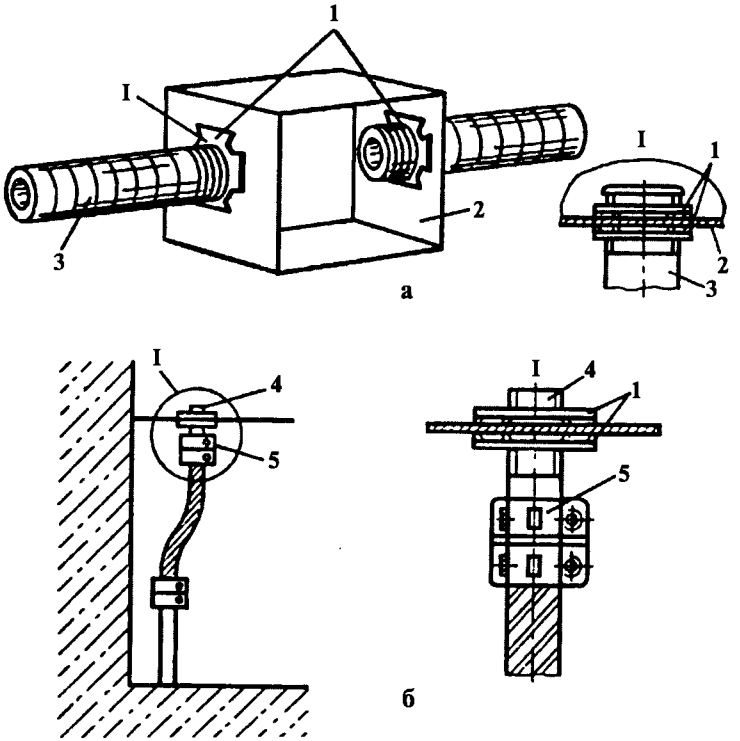


Рис. 93. Пример монтажа электропроводок в трубах:

а – установочных заземляющих гаек; *б* – муфт У211-У219; *1* – гайка; *2* – стенки коробки; *3* – стальная труба; *4* – вводный патрубок; *5* – муфты ТР

ми, 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. 93, 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. Заготовленные 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.

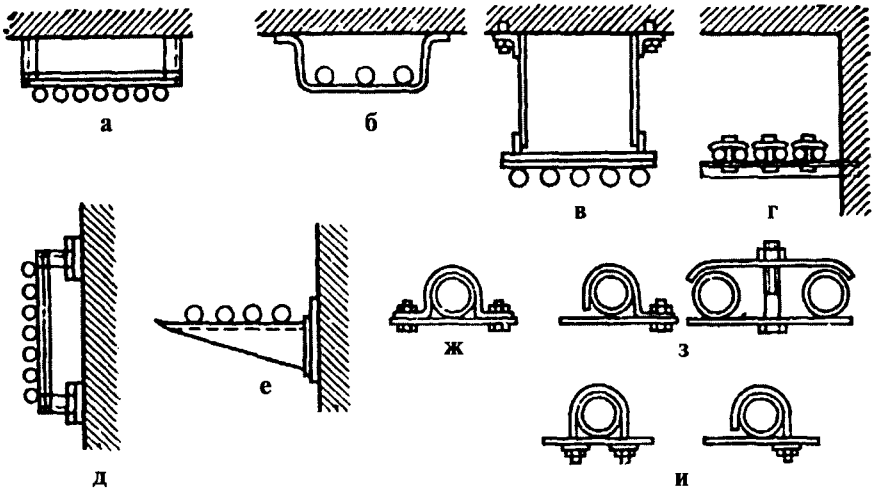


Рис. 94. Способы крепления труб к опорным конструкциям:
а–в – потолочных опорных конструкций из уголков, перфорированной полосы и на подвесках; *г–е* – настенных опорных конструкций и кронштейнов; *ж–и* – хомутов, полухомутов и двух однолапковых скоб и накладок

При открытой прокладке одиночные трубы крепят скобами с одной или двумя лапками; к опорным конструкциям трубы крепят скобами, хомутами, накладками (рис. 94, а–и).

Скрыто прокладываемые трубы в бороздах «приомораживают» 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. 95). На технологических линиях

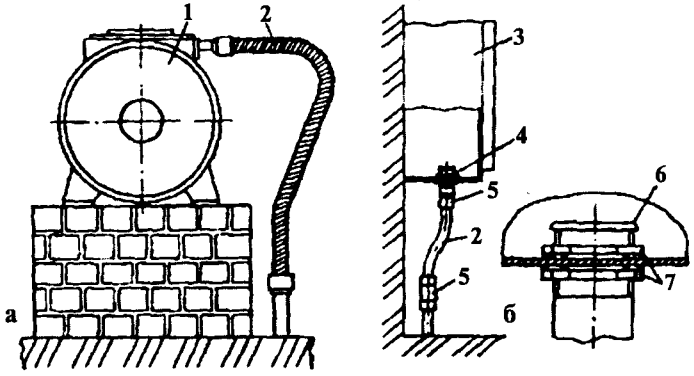


Рис. 95. Примеры применения гибких вводов:
а – ввод в двигатель; *б* – ввод в пусковой ящик; *1* – двигатель; *2* – гибкий ввод; *3* – пусковой ящик; *4* – патрубок; *5* – муфта; *6* – втулка; *7* – установочная гайка

МЭЗ, используя механизмы, заготавливают 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 проводимости. 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 о 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 соединяют винипластовыми муфтами или муфтами с раструбом, применяя клей БМК-5 или ПКФ-147.

Схемы распределительных цеховых электросетей

Все встречающиеся на практике схемы распределительных цеховых электросетей представляют собой сочетание отдельных элементов – питающих линий, магистралей и ответвлений.

Питающая линия – это линия, предназначенная для передачи электроэнергии от распределительного щита (устройства) к распределительному пункту, магистрали или отдельному электроприемнику. *Магистралью* называют линию, обеспечивающую передачу элек-

троэнергии нескольким распределительным пунктам или электроприемникам, присоединенным к ней в разных точках. *Ответвление* – это линия, отходящая: а) от магистрали и предназначенная для передачи электроэнергии к одному распределительному пункту или электроприемнику б) от распределительного пункта (щита) и предназначенная для передачи электроэнергии к одному электроприемнику или к нескольким мелким электроприемникам, включенным в «цепочку».

При магистральной схеме одна линия – магистраль обслуживает несколько распределительных пунктов или электроприемников; при радиальной схеме каждая линия является как бы лучом, соединяющим узел сети (подстанцию, распределительный пункт) с единственным потребителем.

Радиальную схему, изображенную на рис. 96, а, применяют при сосредоточенных нагрузках, по отношению к которым подстанция занимает центральное местоположение. При этой схеме отдельные мощные электроприемники могут получать питание непосредственно от подстанции, а группы менее мощных и близко расположенных друг к другу электроприемников – через распределительные пункты, устанавливаемые как можно ближе к геометрическому центру нагрузки. Питающие линии напряжением до 1000 В присоединяют на подстанциях к главным распределительным щитам через рубильники и предохранители или через автоматы. К числу радиальных схем с непосредственным питанием от подстанций относится схема «блок-трансформатор – электроприемник».

Магистральные схемы применяют, когда нагрузка имеет сосредоточенный характер, но отдельные узлы ее расположены в одном и том же направлении по отношению к подстанции и на сравнительно незначительном расстоянии друг от друга, причем абсолютные значения нагрузок отдельных узлов недостаточны для рационального применения радиальной схемы (рис. 96, б); когда нагрузка имеет распределенный характер с той или иной степенью равномерности (рис. 96, в).

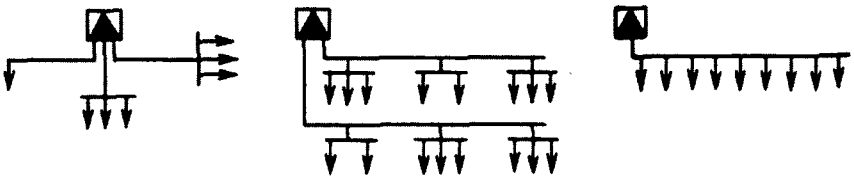


Рис. 96. Схема распределения электрической энергии от подстаиции к электроприемникам:

а – радиальная; *б* – магистральная с сосредоточенными нагрузками; *в* – магистральная с распределенной нагрузкой

При магистральных схемах с сосредоточенными нагрузками отдельные группы электроприемников, как и при радиальных схемах, присоединяют через распределительные пункты либо поодиночке, независимо один от другого (рис. 97, а), либо объединенными группами – «цепочками» (рис. 97, б).

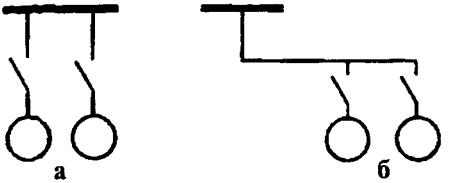


Рис. 97. Схемы присоединения электроприемников к распределительным пунктам:
а – независимая; *б* –цепочкой

Соединение в цепочку рекомендуется для электроприемников небольшой мощности, расположенных близко друг к другу, но при этом значительно удаленных от распределительного пункта. Такое соединение дает значительную экономию в расходе проводов. При этом, однако, не следует допускать соединения в одну цепочку одно- и трехфазных электроприемников. Кроме того, по соображениям эксплуатационного характера не рекомендуется объединять в одну цепочку: а) более трех электроприемников вообще; б) электроприемники механизмов различного технологического назначения (например, электродвигатели станков и сантехнических агрегатов).

Магистрали с распределенными нагрузками в цехах выполняют в виде закрытых токопроводов, прокладываемых на небольшой высоте, позволяющей непосредственно подключать к ним электроприемники.

В этих случаях распределительные устройства напряжением до 1000 В на подстанциях сокращаются по количеству или вообще оказываются ненужными. В схеме «блок-трансформатор – магистраль» токопровод присоединяют к трансформатору через разъединитель и воздушный автоматический выключатель или только через разъединитель, если на стороне высшего напряжения непосредственно у трансформатора установлен выключатель, с помощью которого можно осуществить защиту от однофазных коротких замыканий, возникающих на стороне напряжения до 1000 В (рис. 98).

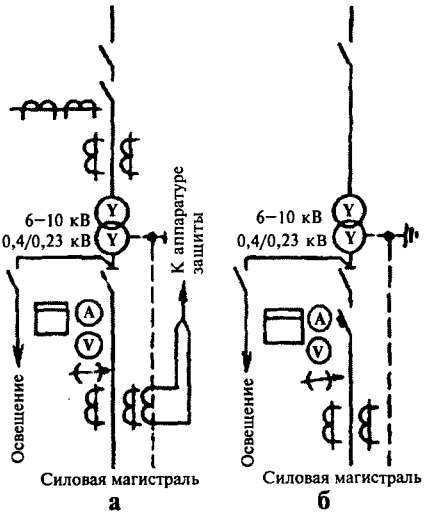


Рис. 98. Схема электрических соединений «блок трансформатор – магистраль» при наличии (*а*) и отсутствии (*б*) автоматического выключателя на стороне высокого напряжения непосредственно у трансформатора

Разъединитель на стороне до 1000 В устанавливают до автомата только в том случае, если от данного трансформатора питают и электрическое освещение.

Выполнение сетей шинопроводами

Устройство для канализации электроэнергии, состоящее из голых или изолированных шин, изоляторов, соединительных, защитных и опорных конструкций, называют *шинопроводом*. Они распространены в установках напряжением до 1000 В.

Шинопроводы могут быть *открытыми* и *защищенными* от воздействий окружающей среды.

Открытые шинопроводы представляют собой неизолированные шины, прокладываемые на изоляторах по опорным конструкциям на высоте не менее 3,5 м от пола и 2,5 м от настилов кранов.

Защищенные магистральные и распределительные шинопроводы по сравнению с открытыми обладают следующими преимуществами: они имеют высокую заводскую готовность, небольшие габариты, ремонтопригодны, обеспечивают повышенную надежность при эксплуатации (рис. 99).

Магистральный шинопровод состоит из двух боковин двутаврового сечения, верхней и нижней перфорированных стальных крышек. Боковины, как и шины шинопровода, выполнены из сплава АД31Т1. Такой кожух является жестким и несущим. Боковины используют в качестве нулевого провода.

Шинопроводы горизонтально прокладывают по напольным стойкам, по стенам и колоннам на кронштейнах, по строительным фермам и на тросах.

Распределительные шинопроводы прокладывают по возможности без поворота, на одном уровне, максимально приближая их к электроприемникам. В то же время шинопроводы располагают в производственных помещениях так, чтобы они не создавали препятствий для перемещений людей и транспорта. Исходя из этих соображений, принята высота стойки 2,5 м. В настоящее время стали применять стойки высотой 0,5–1,0 м, если шинопроводы на них не препятствуют движению. Спуски от шинопровода выполняют в ответвительных коробках, которые присоединяют к шинам через штепсельные окна. Спуски защищают стальными трубами, металлорукавами или другими конструкциями.

Вводные коробки монтируют в любом из стыков секций или на концах шинопровода. Ввод труб в коробку производят сверху или снизу через съемные крышки.

На конструктивной основе шинопровода ШРА73 выполнен шинопровод для вертикальной прокладки ШРА73В. По условиям нагрева при вертикальной прокладке шин их номинальный ток должен быть снижен на 10–12%. Осветительные шинопроводы предназначе-

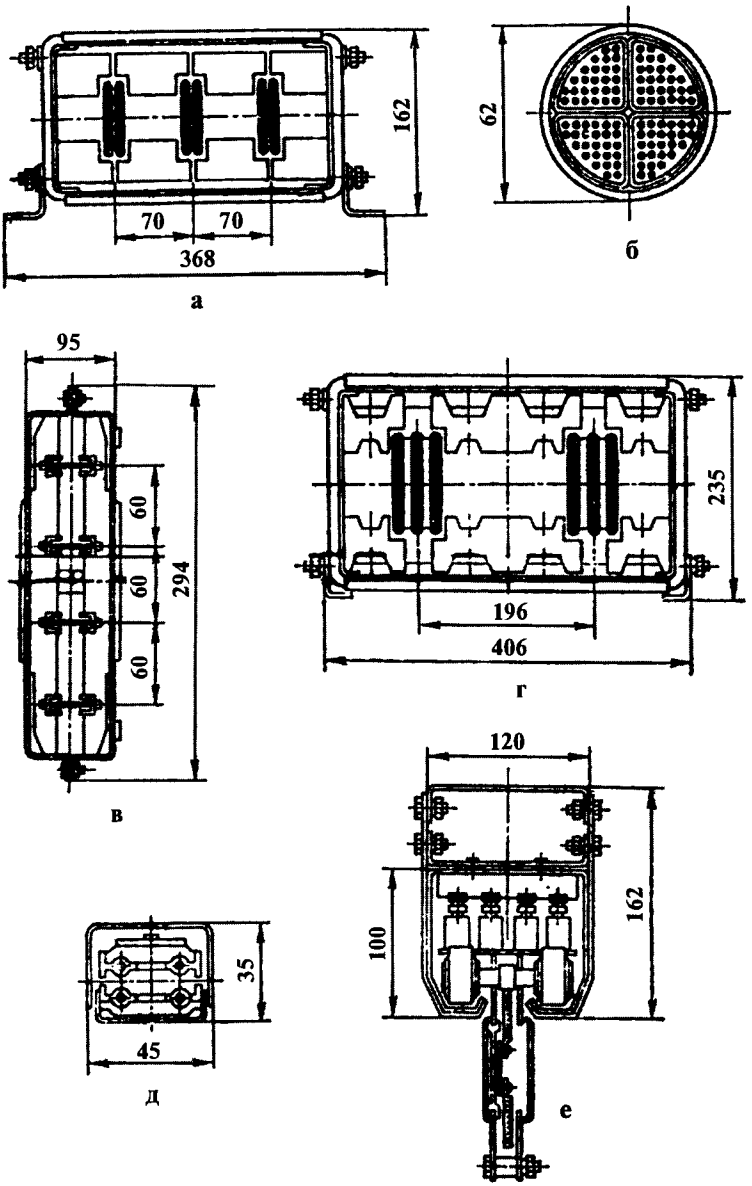


Рис. 99. Шинопроводы:

а – магистральный серии ШМА; *б* – кабель, используемый в качестве шинопровода; *в* – распределительный серии ШРА; *г* – магистральный постоянного тока серии ШМАД; *д* – осветительный серии ШОС; *е* – троллейный серии ШТМ

ны для групповых четырехпроводных линий в сетях 380/220 В с нулевым проводом. В качестве проводников используют медные изолированные провода (ШОС67), алюминиевые шины, плакированные медью (ШОС73А), и медные шины (ШОС73). Шинопровод крепят на стенах, колоннах, фермах, перекрытиях, стойках. Часто в качестве несущих конструкций используют распределительные шинопроводы или специальные несущие трубки.

Светильники подвешивают к несущим конструкциям или непосредственно к осветительным шинопроводам. При этом общая нагрузка на 1 м шинопровода ШОС73 при максимальном пролете 3 м должна составлять не более 20 кг, а для ШОС67 при максимальном пролете 2м – 12 кг.

Электрические сети подъемно-транспортных устройств

Электроприемники перемещающихся подъемно-транспортных устройств (кранов, тельферов и тележек) питают по гибким кабелям, либо троллеям.

Гибкие кабели подвешивают к тросу на кольцах, роликах или двигающихся каретках или наматывают на специальные кабельные барабаны. Последнюю конструкцию используют для питания в тех случаях, когда:

а) размещение тролеев невозможно из-за отсутствия места;

б) устройство тролеев запрещено (например, во взрывоопасных помещениях);

в) подъемно-транспортный механизм используют эпизодически (например, при ремонте оборудования) и перемещают на небольшие расстояния.

Пример подвески гибких кабелей изображен на рис. 100. Способ подвески, показанный на рисунке, рекомендуется для передвижных механизмов, работающих на скоростях до 2 м/с при длине пути до 30 м. Гибкий кабель подвешивают либо в виде петли, либо в виде спирали, ось которой параллельна оси пути.

Широкое применение для питания подъемно-транспортных устройств получили троллейные линии (рис. 101–103).

Для съема тока с голых троллеев используют скользящие токосъемники общепромышленного применения для внутренней установки. На изготовление троллеев идет преимущественно сталь различных профилей (уголок, квадрат, швеллер, двутавр, полоса).

Троллеи указанных профилей укрепляют на специальных троллеедержателях – опорных элементах, выполненных из изоляционных материалов и собранных на специальных конструкциях для крепления их к стенам или подкрановым балкам. Конструкции для крановых троллеев подлежат креплению через 3 м. К металлическим подкрановым балкам их приваривают непосредственно, а к железобетонным крепят с помощью шпилек, вставляемых в отверстия, созданные при изготовлении балок.

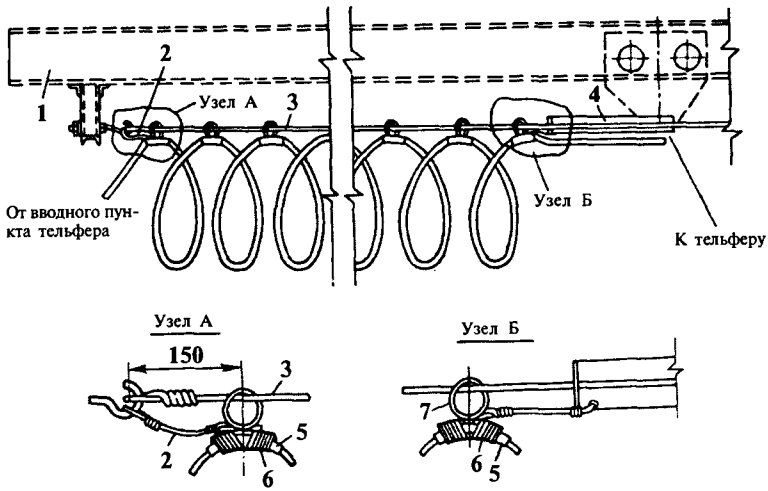


Рис. 100. Подвеска гибких кабелей:

1 – монорельс тельфера; *2* – стальная проволока диаметром 4 мм; *3* – трос; *4* – скоба; *5* – эбонитовая трубка; *6* – обмотка шпагатом по киперной ленте; *7* – серьга

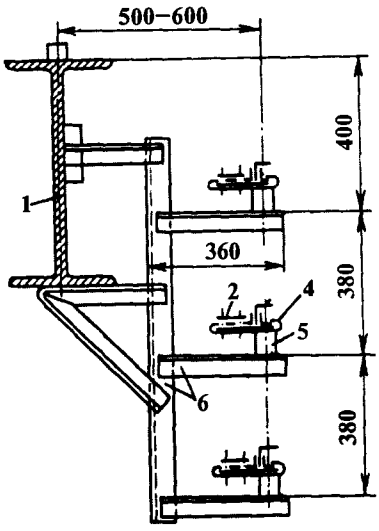


Рис. 101. Прокладка троллеев на конструкциях с троллейными изоляторами:

1 – подкрановая балка; *2* – подпитка троллей; *4* – держатель; *5* – троллейный изолятор; *6* – опорная конструкция

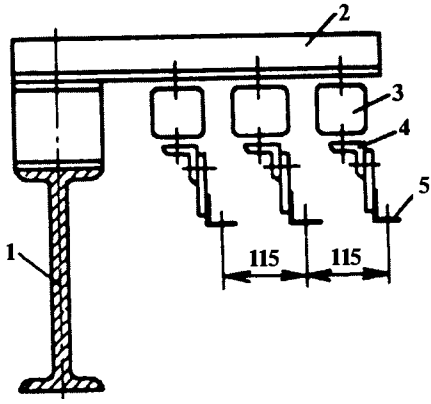


Рис. 102. Прокладка троллеев на монорельсах:

1 – монорельс; *2* – опорная конструкция; *3* – троллейный изолятор; *4* – держатель; *5* – троллей

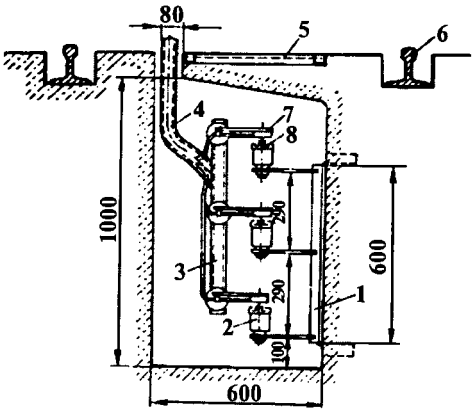


Рис. 103. Прокладка троллеев в каналах для питания тележек:

1 – опорная конструкция; *2* – изолятор; *3* – конструкция для крепления токоприемника; *4* – труба для ввода проводов; *5* – съемная плита; *6* – рельс тележки; *7* – башмак токоприемника; *8* – троллей

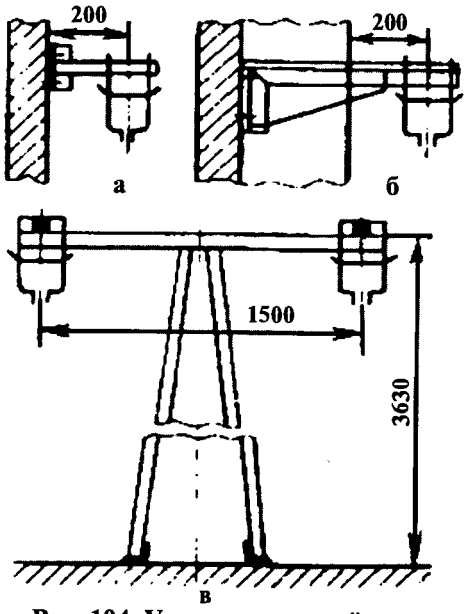


Рис. 104. Установка троллейного шинопровода:

а – на стене; *б* – на стене при наличии колонн; *в* – на стойках

Для тельферов конструкции устанавливают на прямых участках через 2 м, а на закруглениях – через 1 м. Между полосами крановых троллеев соблюдают следующие расстояния: 250 мм – у легких троллеев; 450 мм у всех троллеев, высота которых не превышает 100 мм; 600 мм – у тяжелых троллеев, высота которых превышает 100 мм.

В настоящее время для питания подвижных механизмов применяют также троллейные шинопроводы заводского изготовления. В них с помощью разъемных изоляторов закреплены четыре или три голых медных провода так, что они выступают внутрь короба. Стыки секций осуществляют в муфтах, имеющих серьги для подвески. Крепление троллейных шинопроводов показано на рис. 104, а, б, в. Троллеи соединяют между собой специальными зажимами. В кожух шинопровода вводят каретки через специальные муфты, которые устанавливают на его концах. При числе кареток более двух дополнительные муфты (по числу кареток) устанавливают равномерно по трассе. Питание к шинопроводу подают бронированными кабелями или проводами в трубах через специальные вводные секции. Наиболее характерные схемы питания троллейных линий приведены на рис. 105.

В местах подвода питания к троллейным линиям надо устанавливать аппараты, с помощью которых линии могут быть в любой момент обесточены.

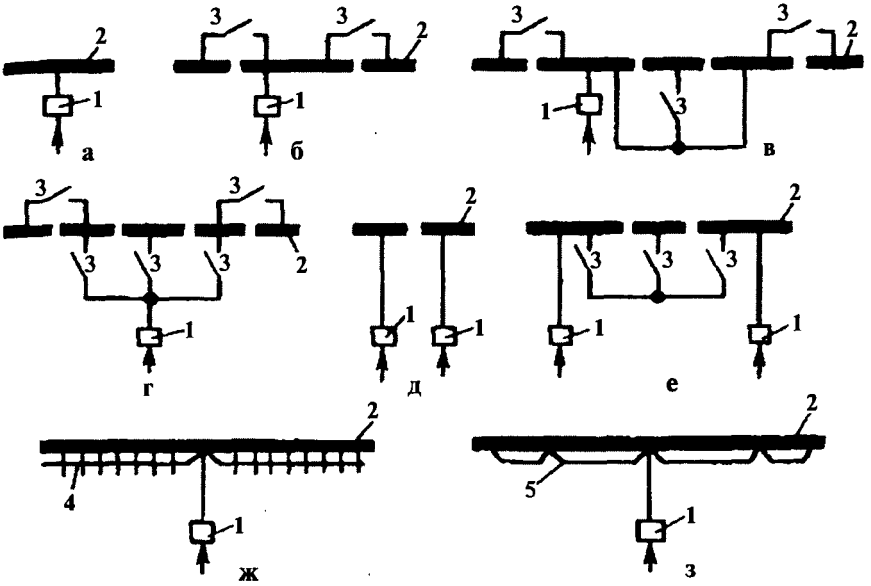


Рис. 105. Схемы питания троллейных линий:

а – из одного места для одного крана; *б* – то же, но для двух кранов; *в* – то же, но для трех и более кранов (неответственных); *г* – то же, но для трех кранов (ответственных); *д* – секционирование без взаимного резервирования; *е* – то же, но с резервированием; *ж, з* – с подпиткой; *1* – разъединяющий аппарат; *2* – троллейная линия; *3* – секционирующий аппарат; *4* – подпитка алюминиевой лентой; *5* – подпитка кабелем

Техническое обслуживание цеховых электрических сетей напряжением до 1000 В

Периодичность осмотров цеховых электрических сетей устанавливают местной инструкцией в зависимости от условий эксплуатации, но не реже одного 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, покрытие 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 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.

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?

10. В каких случаях применяют радиальные, а в каких магистральные схемы цеховых распределительных сетей?

11. В чем преимущество схемы «блок-трансформатор – магистраль»?

12. Как конструктивно выполняют цеховые осветительные сети?

13. Как осуществляют питание электродвигателей подъемно-транспортных устройств?

14. Какие работы производят при обслуживании цеховых электрических сетей?

ГЛАВА 9. КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

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. 106).

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-, четырех- и пятижильные.

Каждая конструкция кабелей имеет свои обозначения и марку. Марка кабеля составляется из начальных букв слов, описывающих конструкцию кабеля.

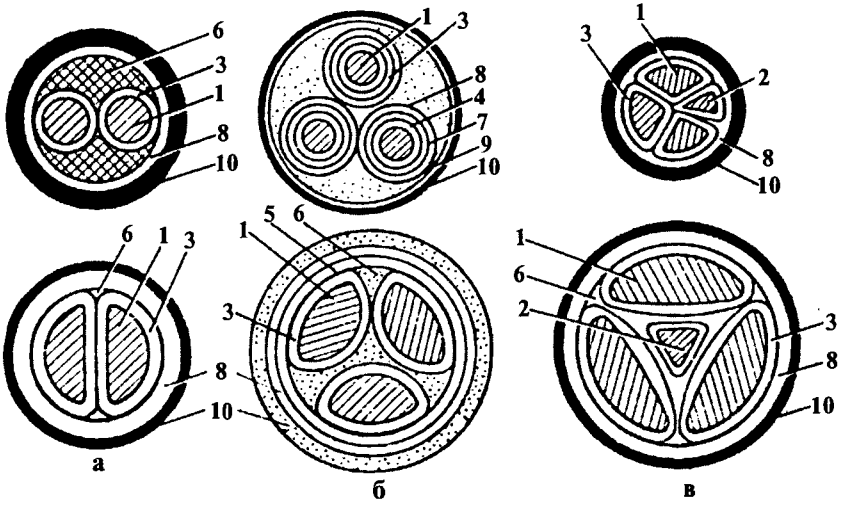


Рис. 106. Конструкция силовых кабелей:

а – двужильные кабели с круглыми сегментными жилами; *б* – трехжильные с поясной изоляцией и отдельными оболочками; *в* – четырехжильные с нулевой жилой круглой, секторной или треугольной формы; *1* – токопроводящая жила; *2* – нулевая жила; *3* – изоляция жилы; *4* – экран на жиле; *5* – поясная изоляция; *6* – заполнитель; *7* – экран на изоляции жилы; *8* – оболочка; *9* – бронепокров; *10* – наружный защитный покров

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.

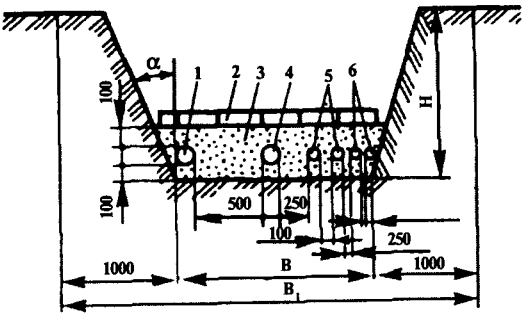


Рис. 107. Прокладка кабелей в траншее:
1 – кабель связи; *2* – кирпич для защиты от механических повреждений; *3* –мягкий грунт для подсыпки; *4* – кабели до 35 кВ; *5* – кабели до 10 кВ; *6* – контрольные кабели

Наиболее дешевый способ канализации электроэнергии – *размещение кабелей в траншее* (рис. 107). 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 наличии 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.

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 показаны на рис. 108. Ширина траншеи по дну для одного кабеля

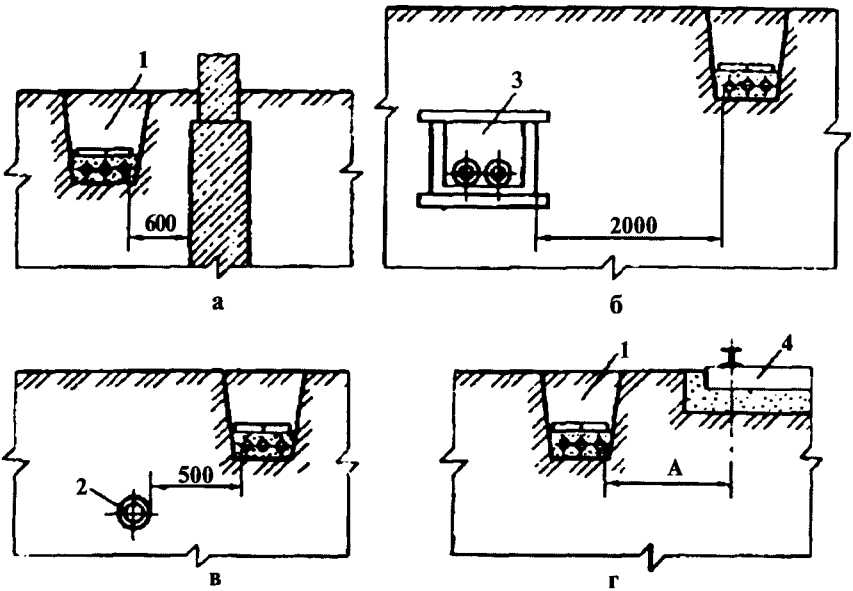


Рис.108. Нормативные расстояния от параллельно прокладываемых кабелей в траншеях:

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

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. 109, 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, 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).

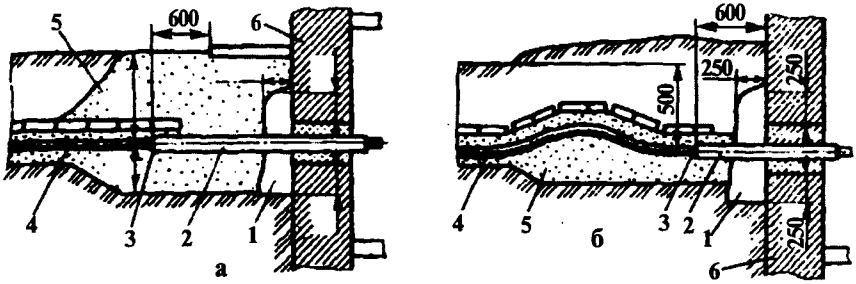


Рис. 109. Ввод кабелей из траншеи в здание или сооружение:
а – при непроседающих грунтах; *б* – при проседающих грунтах

Для блочной кабельной канализации используют железобетонные панели марки ПК-2 или ПК-3 с внутренним диаметром отверстия в панели не менее 90 мм. Глубину заложения блоков в земле принимают по местным условиям. Кабельные колодцы (рис. 110) позволяют осуществлять прокладку кабелей до 10 кВ с жилами сечением до 240 мм^2 и установку 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.

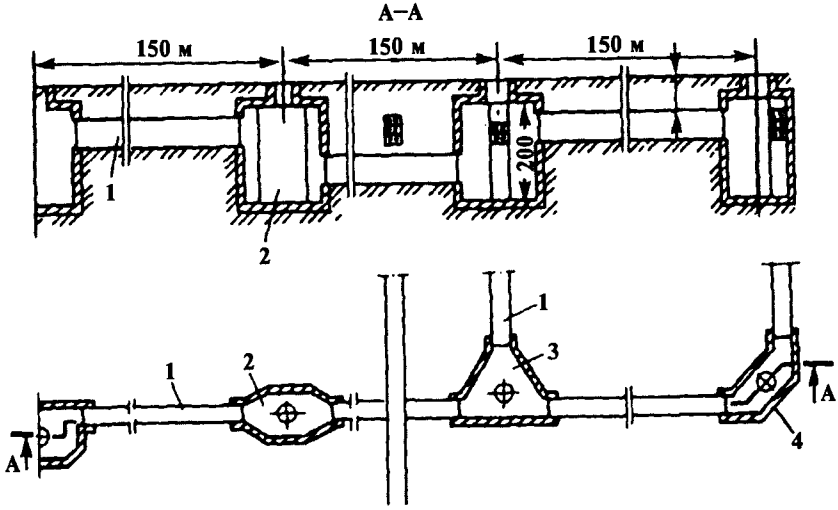


Рис.110. Блочная кабельная канализация

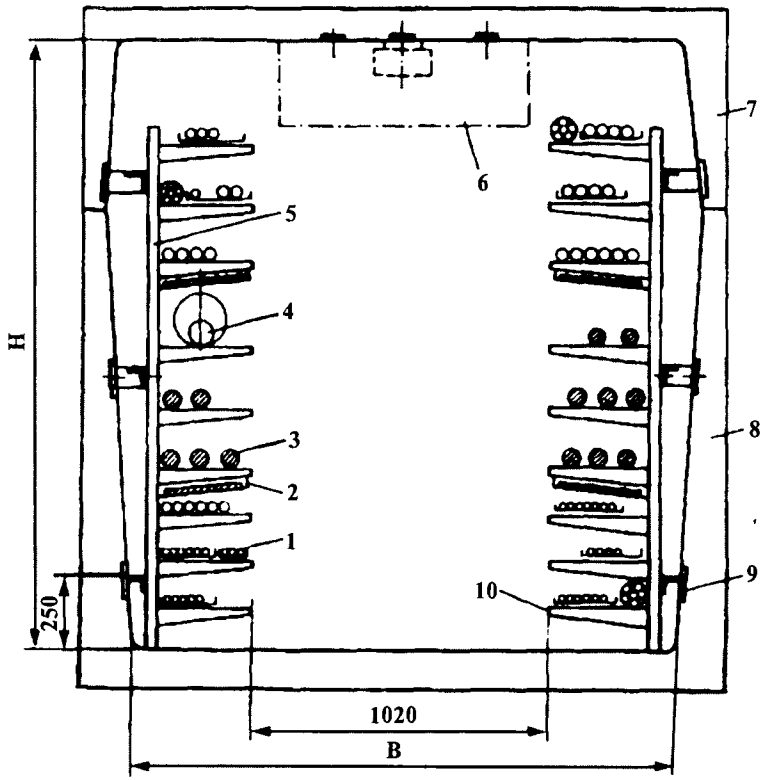


Рис. 111. Прокладка кабелей в туннеле из сборных лотковых элементов

Кабельные туннели (рис. 111) монтируют из верхних 7 и нижних 8 лотковых элементов различных размеров по высоте Н и ширине В. Закладные детали 9 устанавливают в лотковых элементах для крепления сборных кабельных конструкций 5 и размещения на их полках 10 контрольных 7, силовых 3 кабелей и соединительных муфт 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. 112) различной ширины А и высоты Н. 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 7 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).

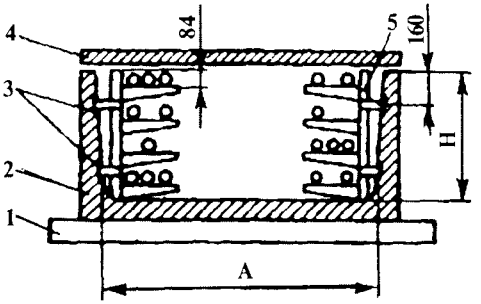


Рис. 112. Прокладка кабелей в каналах из сборных лотковых элементов:
1 – основание; *2* – лоток; *3* – закладные детали; *4* – перекрытие; *5* – кабельная конструкция

Прокладку контрольных и силовых кабелей сечением 25 мм² и более, за исключением небронированных кабелей со свинцовой оболочкой, выполняют по кабельным конструкциям. Контрольные небронированные и силовые небронированные кабели сечением 16 мм² 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 мм²). Кабельные проходные эстакады обеспечивают прокладку 64 и 128 условных кабелей. Непроходные и проходные эстакады (рис. 113, а, б) предусматривают двустороннее расположение кабельных полок. Проходные эстакады оборудуют входами с лестницами через каждые 150 м. Кабельные галереи сооружают одно- и двусторонними (рис. 114, 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. 115) для прокладки одиночных кабелей изготавливают 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.

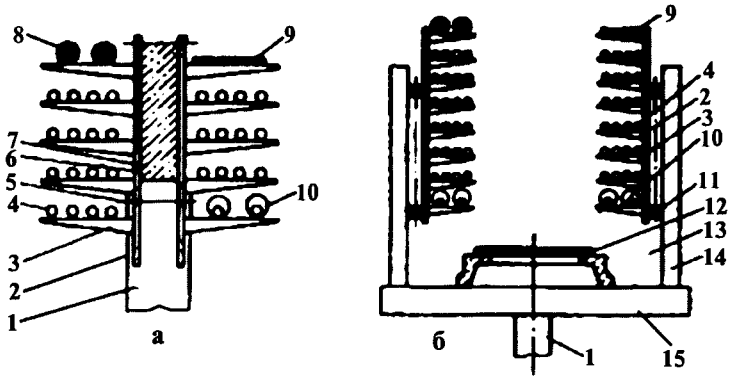


Рис. 113. Прокладка кабелей на эстакадах:

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 сечением до 16 мм²; *9* – контрольный кабель; *10* – соединительная муфта; *11* – прогон несущей фермы; *12* – настил; *13* – железобетонная плита; *14* – железобетонная стойка; *15* – поперечная балка (траверса)

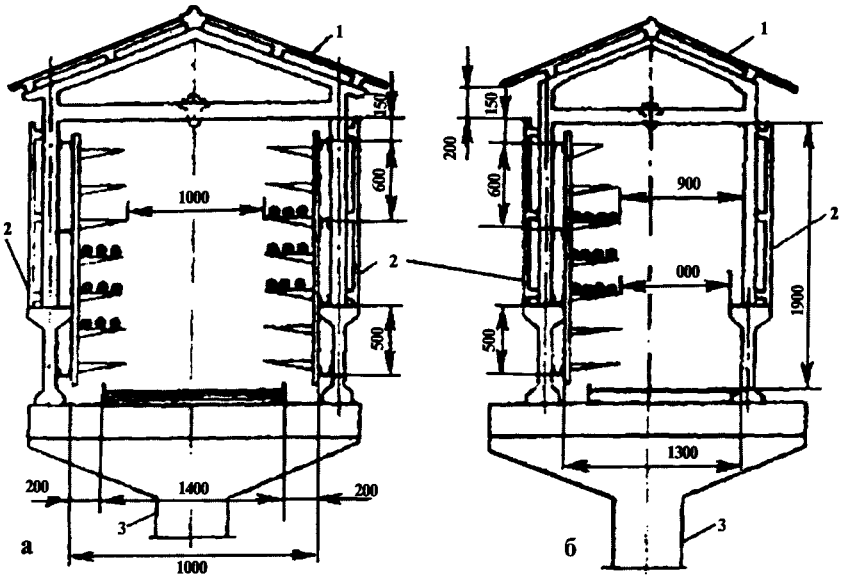


Рис. 114. Прокладка кабелей в галереях:

а – двусторонних; *б* – односторонних; *1* – крыша; *2* – боковая панель; *3* – стойка

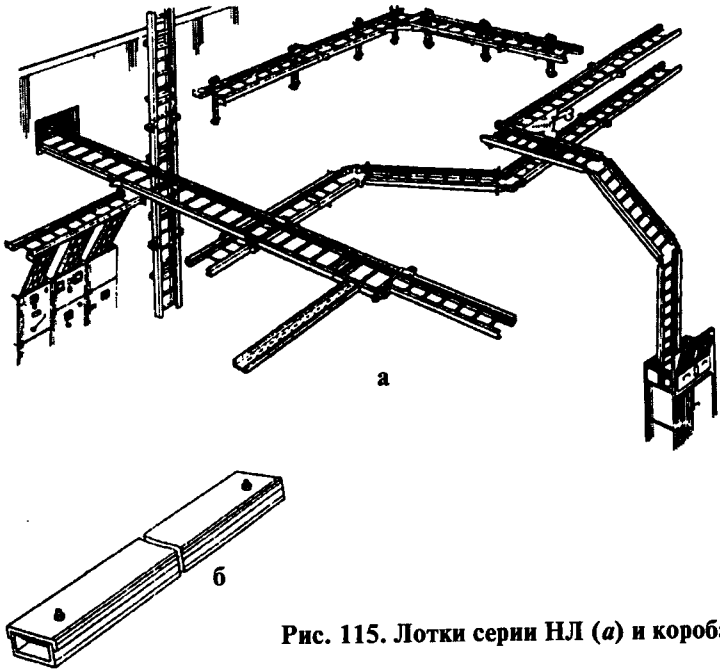


Рис. 115. Лотки серии НЛ (*а*) и короба (*б*)

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 конструкции; 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 прокладывают 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. 116).

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 защитного 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. 117). Легкое потрескивание и выделение пены

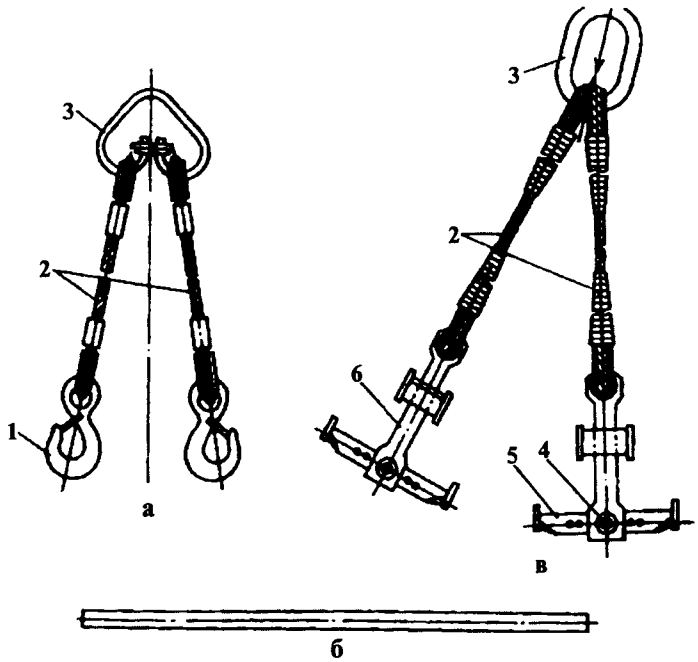


Рис. 116. Грузозахватные приспособления:
а – двухветвевые стропы; *б* – стальная ось; *в* – приспособление для подъема барабана с кабелем без применения оси: *1* – крюк; *2* – строп; *3* – серьга и кольцо; *4* – запор; *5* – шток; *6* – захват

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.

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 равномер-



Рис. 117. Проверка бумажной изоляции кабеля на влажность:
1 – ковш с парафином; *2* – термометр; *3* – пинцет; *4* – кабельная бумага

ным 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. 118).

Способы механизированной раскатки кабелей разнообразны.

При прокладке кабелей в *траншеях* с движущихся транспортных средств (кабельный транспортер, кран-трубоукладчик, специаль-

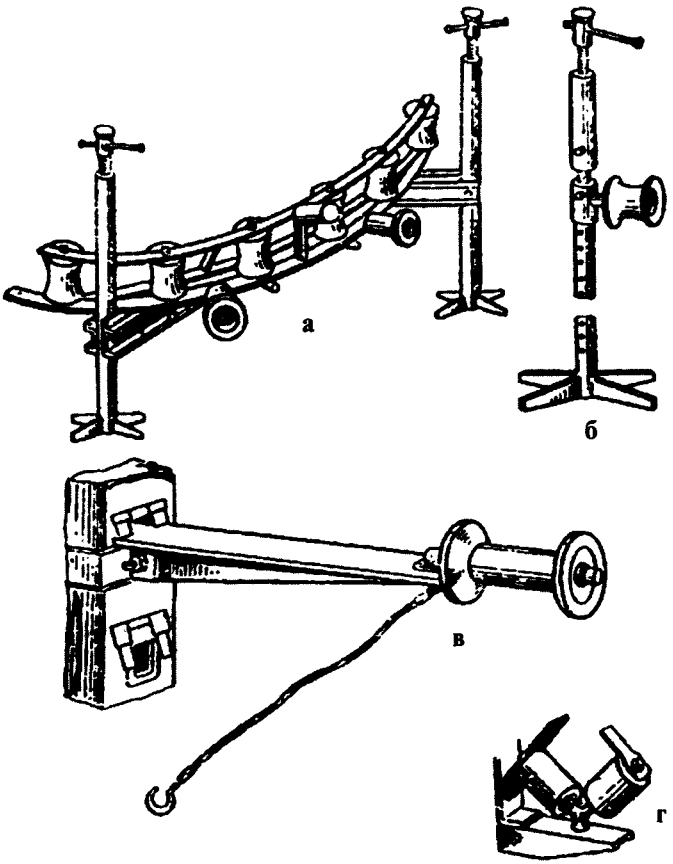


Рис. 118. Приспособление для раскатки кабеля:
а – угловой универсальный ролик; *б* – *г* – линейные ролики

ная 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.

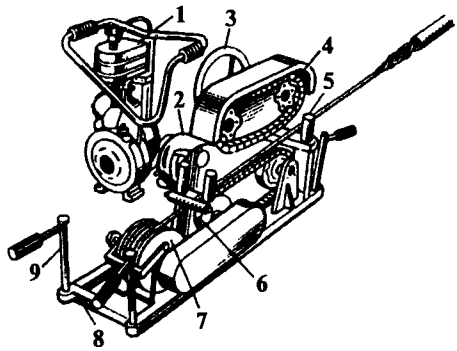


Рис. 119. Универсальный индивидуальный привод ПИК-4У для тяжения кабеля:
1 – двигатель; *2* – редуктор; *3* – прижимное устройство; *4* – движитель; *5* – направляющие; *6* – ролик; *7* – лебедка; *8* – рама; *9* – стойка

На сложных трассах с многими поворотами и резкими перепадами высотных отметок используют комплект протяжных устройств с автономным приводом ПИК-4У (рис. 119). 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 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. 120) его буксируют двумя (или

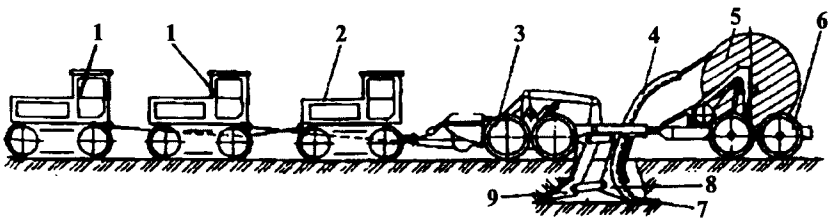


Рис. 120. Механизированная колоина для прокладки кабеля ножевым кабелеукладчиком

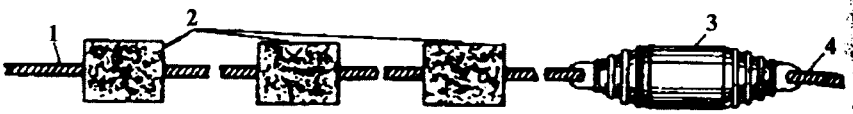


Рис. 121. Устройство для очистки каналов трассы:
1 – канат для затяжки кабеля; *2* – проволочный ерш; *3* – контрольный цилиндр; *4* – канат для протягивания устройств

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.

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. 121), 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/мм²).

Расчетное усилие тяжения 1 м кабеля массой Q (кг) при коэффициенте трения α=0,6 рассчитывают по формуле:

$$P'' = 0{,}6Q.$$

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 вырезанными в них вдоль оси щелями, равными 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 подготавливают 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 7, двух пар телескопических стоек 2, оснащенных траверсами, поддерживающих 4 и линейных универсальных 5 роликов, замкнутого каната 3, кабельного захвата 6 и зажима 7 (рис.122). Телескопические стойки размещают в начале и конце трассы и закрепляют их враспор между полом и перекрытием, перемещая вдоль стоек траверсы с роликами 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.

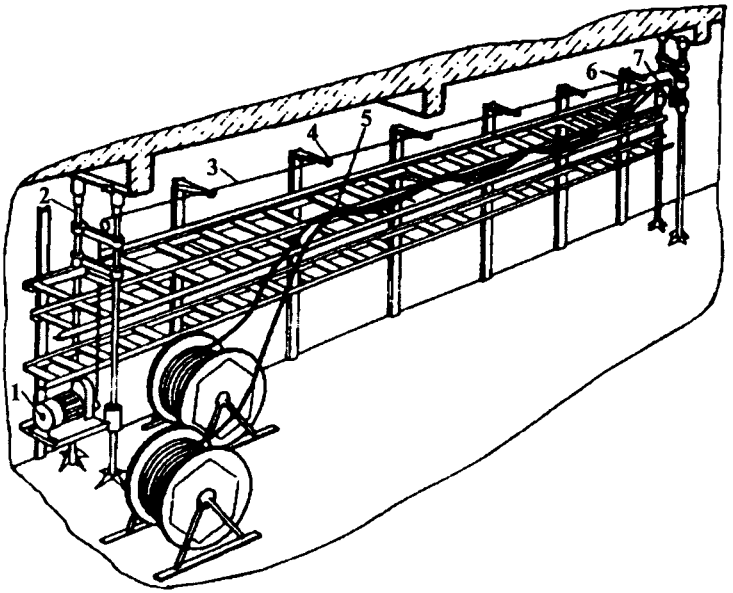


Рис. 122. Приспособление для механизированной прокладки кабеля «непрерывная нить»

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 0° 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. 123, а, б). Электропитание для

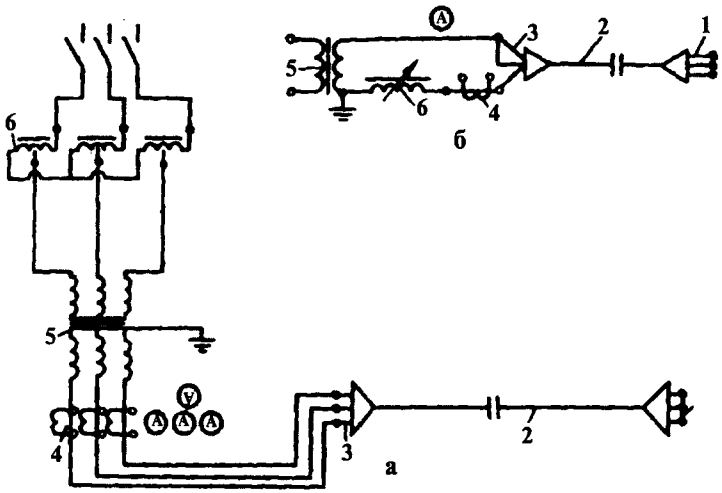


Рис. 123. Схема прогрева кабелей:

а – трехфазным током; *б* – током от сварочного трансформатора; *1* – токопроводящие жилы внутреннего конца кабеля; *2* – прогреваемый кабель; *3* – токопроводящие жилы наружного конца кабеля; *4* – трансформатор тока; *5* – трансформатор; *6* – регулируемый трансформатор

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 волокнистых 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.

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 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. 124, а).

Разделку кабеля начинают с определения мест установки бандажей, которые рассчитывают по формуле: А = Б + О + П + И + Г. На конце кабеля отмеряют расстояние А (рис. 125, а) и распрямляют этот участок. Далее подматывают смоляную ленту (см. рис. 124, б) и накладывают бандаж (см. рис. 124, в) из двух-трех вариантов сталь-

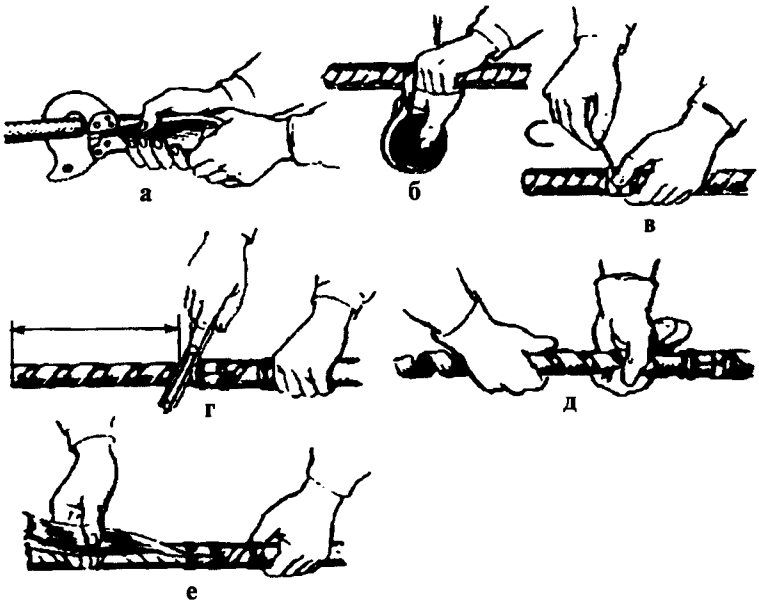


Рис. 124. Технология резки концов кабелей, наложения бандажей и удаления покровов:

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

ной оцинкованной проволоки вручную или с помощью специального приспособления (клетневки). Концы проволоки захватывают плоскогубцами, скручивают и пригибают вдоль кабеля.

Наружный кабельный покров разматывают до установленного 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. 124, г, д), обламывают и снимают.

Далее удаляют подушку (см. рис. 124, 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

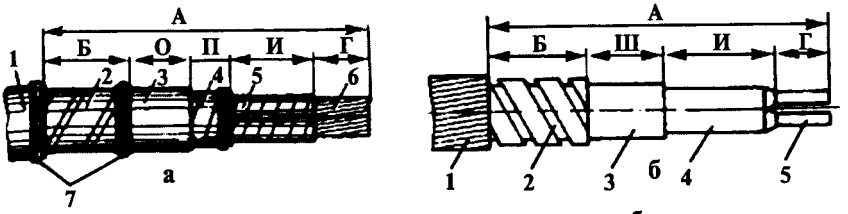


Рис. 125. Разделка концов трехжильного кабеля:

а – с поясной бумажной изоляцией; *б* – с пластмассовой изоляцией; *1* – наружный покров; *2* – броня; *3* – оболочка; *4* – поясная изоляция; *5* – изоляция жилы; *6* – жилы кабеля; *7* – бандаж; А, Б, И, О, П, Г и Ш – размеры разделки

воронках участок оболочки используют только для присоединения заземляющего проводника, поэтому указанное расстояние уменьшают до 20–25 мм (см. рис. 125, а).

При разметке свинцовых оболочек (рис. 126, а) кольцевые надрезы на половину глубины выполняют монтерским (рис. 126, б) или специальным ножом с ограничителем глубины резания (рис. 126, в). От второго кольцевого надреза на расстоянии 10 мм один от другого (рис. 126, д, е) полоску оболочки между двумя надрезами захватывают плоскогубцами и удаляют (рис. 126, и). Оставшуюся часть оболочки раздвигают (рис. 126, 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 стальным ножом НКА-1М с режущим диском (рис. 126, г). От второго кольцевого надреза делают винтовой надрез (рис. 126, 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 по шаблону. Затем подготавливают место для присоединения заземления (рис. 127, а, б).

Для присоединения жил кабелей к контактным выводам электротехнических устройств их оконцовывают наконечниками, закрепляемыми на жилах опрессовыванием, 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 опрессовыванием, сваркой или пайкой.

Технология соединения алюминиевых жил опрессованием показана на рис. 128, а–з.

Концы алюминиевых секторных жил перед опрессовыванием скругляют: многопроволочные – универсальными плоскогубцами, однопроволочные и комбинированные – специальным инструментом ИСК или КС, а также инструментом, входящим в набор НИСО.

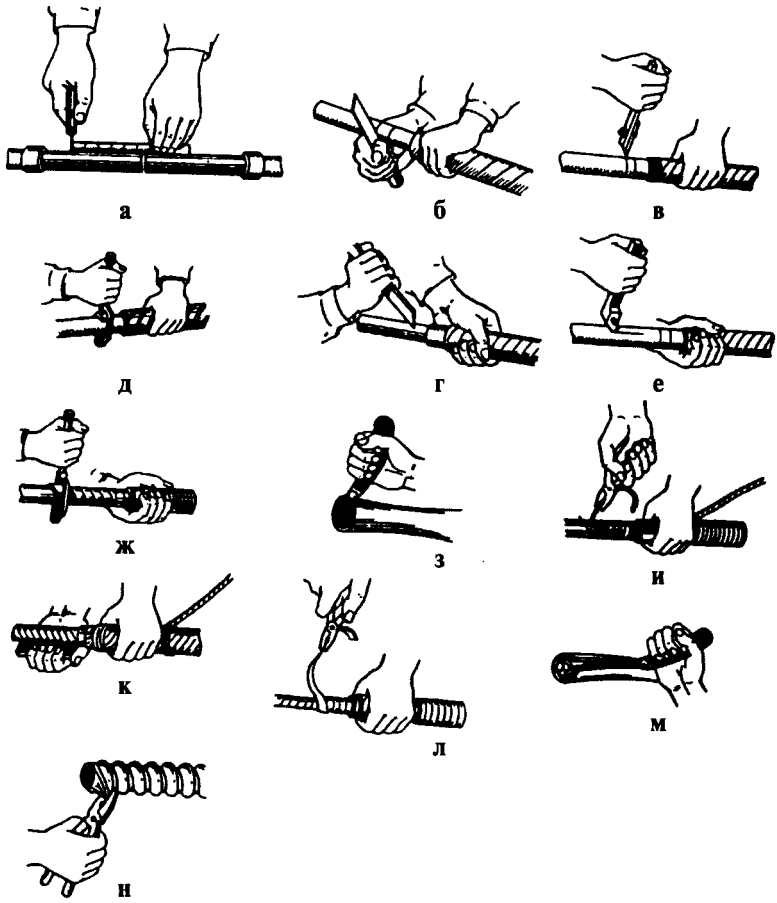


Рис. 126. Операции по удалению оболочек кабеля:

а – разметка; *б, в* – круговые надрезы свинцовых оболочек; *г* – круговые надрезы алюминиевых оболочек; *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

При опрессовыванием 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), устанавливают в механизм для опрессовывания, предварительно отводя пуансон.

Операции соединения и ответвления непосредственным сплавлением припоем обработанных концов жил показаны на рис. 129, 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 которого перемешивают мешалкой 8 до полного заполнения формы и удаления шлаков. После этого нагрев прекращают. Легким постукиванием по форме уплотняют припой.

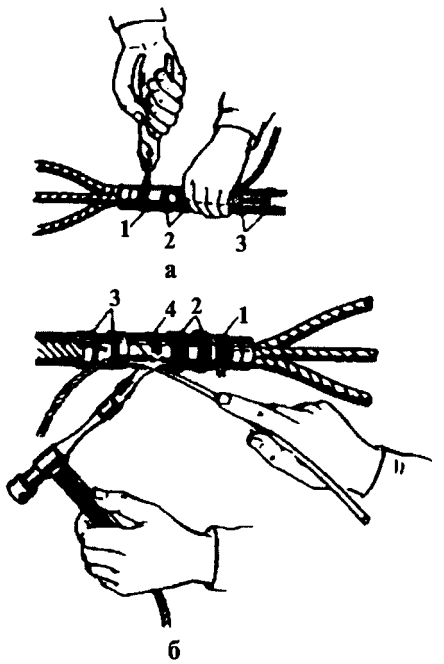


Рис.127. Способы крепления проводника заземления к металлической оболочке:
а – проволочными бандажами; *б* – пайкой; *1, 3* – бандаж у торцов оболочки и наружного покрова; *2, 4* – бандаж для пайки проводника заземления

Тигель 11 (рис. 129, б) при пайке поливают 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. 130, 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.

Восстановление изоляции оголенных участков жил выполняют роликами шириной 5 мм (подмотку делают до внешней поверхности соединительной гильзы или заводской изоляции в зависимости



Рис. 128. Технология соединения алюминиевых жил опрессовыванием: *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* – опрессовывание жилы; *з* – измерение остаточной толщины в месте опрессовывания

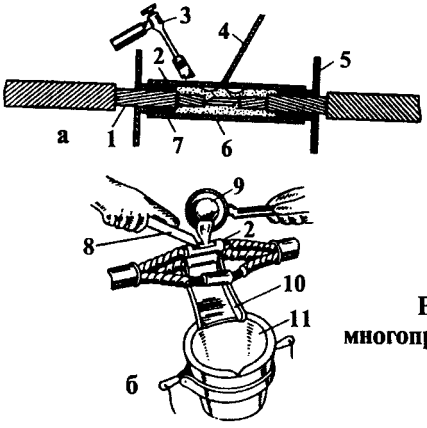


Рис.129. Технология соединения многопроволочных алюминиевых жил пайкой: *а* – сплавление припоем; *б* – сплавление методом полива

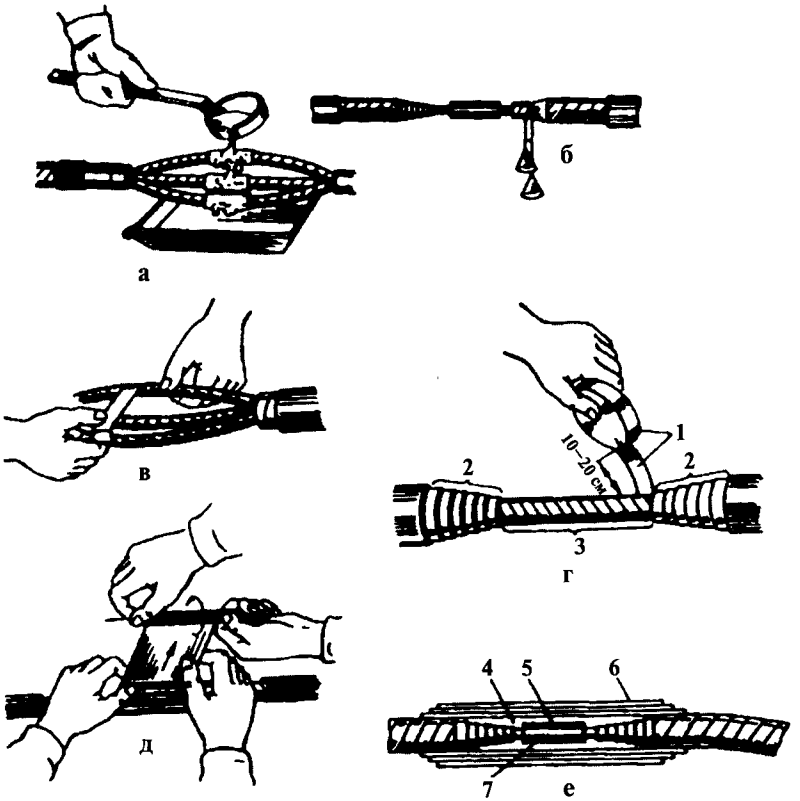


Рис.130. Технология оконцевания и изолирования мест соединения кабеля:

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

от того, что имеет меньший диаметр). Дальнейшее изолирование осуществляют роликами шириной 10 мм. Периодически изолируемые жилы в процессе подмотки прошпаривают разогретым до 120–130° С пропиточным составом МП. Дальнейшее изолирование выполняют цилиндрическими рулонами шириной до 300 мм в зависимости от марки муфты.

Технология монтажа и ремонта 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. 131) состоят из нижней 7 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 их болтами 6, затягивая 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.

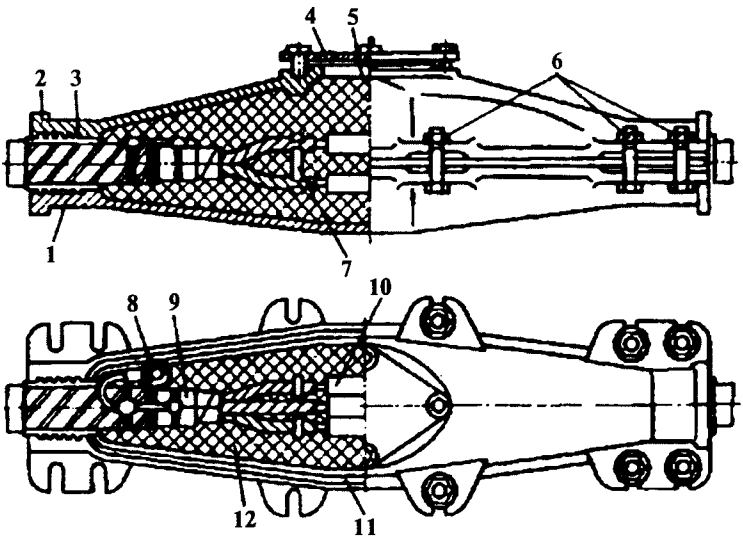


Рис. 131. Соединиительная чугунная муфта С4

Технология монтажа и ремонта соединительных *эпоксидных муфт* состоит из нескольких последовательно выполняемых операций.

Подготовленные полумуфты покрывают чистым материалом. На 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 опрессовыванием. 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. 132, а—ж. На один конец разделанного кабеля, закрытого салфеткой 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. 132, в). Обколачивание производят до плотного соприкосновения трубы с оболоч-

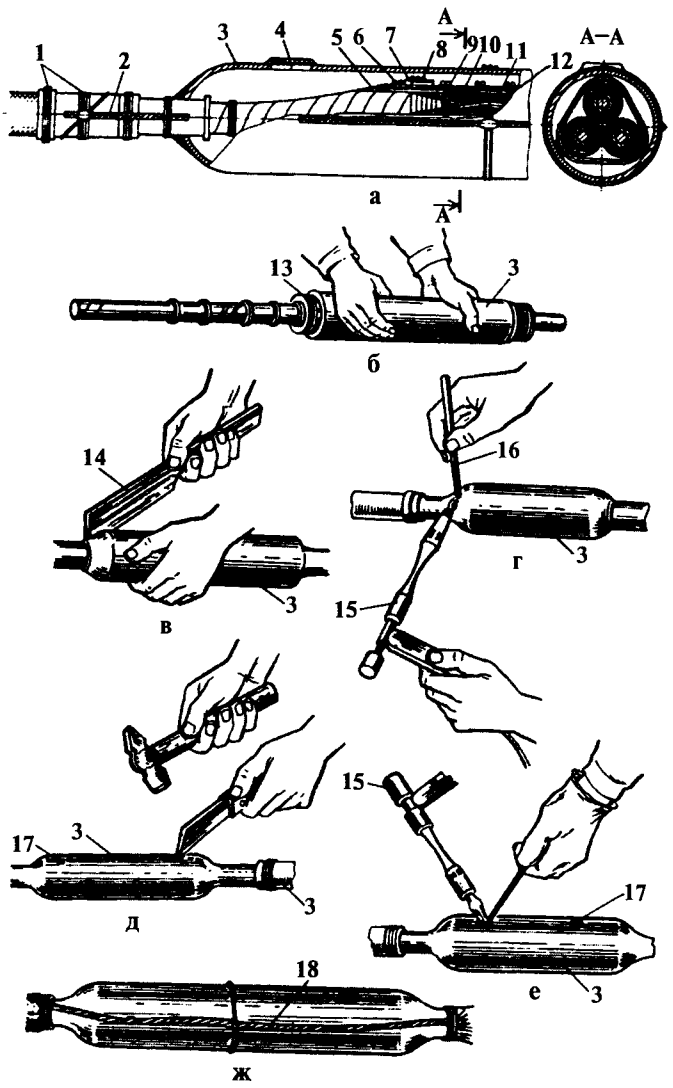


Рис. 132. Технология монтажа соединительной свинцовой муфты:
а – свинцовая муфта; *б* – надевание свинцовой трубы; *в* – обколачивание торцов корпуса; *г* – припаивание горловины корпуса к оболочке кабеля; *д* – прорубание заливочных отверстий; *е* – запаивание заливочных отверстий; *ж* – заземление муфты: *1, 11* – проволочные бандажи; *2* – провод заземления; *3* – корпус муфты; *4, 17* – 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; *18* – провод заземления

кой кабеля. Затем тщательно подготавливают 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. 132, 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. 132, 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. 132, е).

Свинцовую муфту заземляют (рис. 132, ж), для чего провод заземления 18 припаивают к бронелентам обоих кабелей и середине ее корпуса.

Технология монтажа и ремонта 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 КНСт (со стальным корпусом); мачтовые типов КМА и КМЧ; концевые эпоксидные типа КНЭ.

Металлические концевые муфты наружной установки 6 и 10 кВ состоят (рис. 133) 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 7с напаянными наконечниками 9 присоединяют к контактным шинам головок изоляторов. Заземление муфты осуществляют медным гибким проводом 4. Муфту заливают составом через отверстие 2 среднего изолятора.

Технология монтажа концевых металлических муфт включает много одинаковых операций. В сальнике 6 муфты, имеющей концентрические прорези, после разделки кабеля ножом вырезают отверстие, соот-

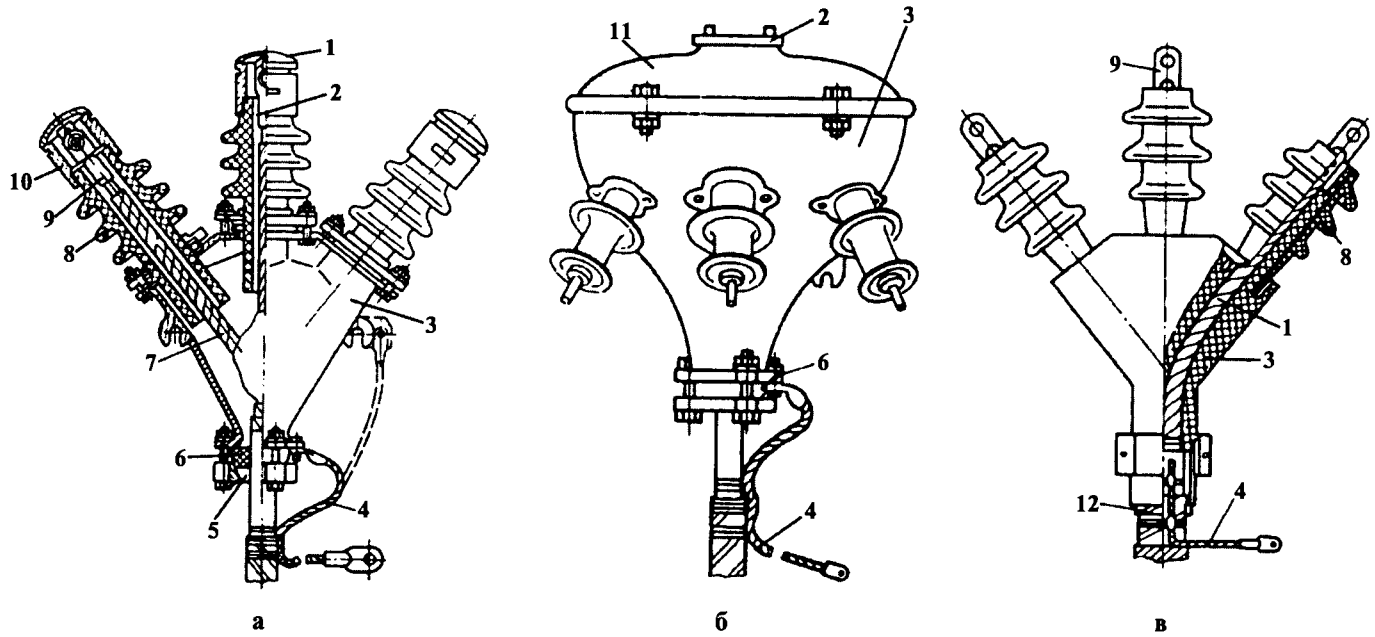


Рис. 133. Концевые муфты наружной установки для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной изоляцией:
а – КНА; *б* – КМА; *в* – КНЭ

ветствующее 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. 133, 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 сечением жил до 240 мм^2 при присоединении к открыто установленному оборудованию или воздушной линии.

Муфта КНЭ (рис. 133, 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 пятисеми слоев ленты ЛЭТСАР. Поверх этой подмотки надевают термоусаживаемую трубку и нагревают ее до полной усадки.

Технология монтажа и ремонта 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 и ремонта *концевых эпоксидных заделок* различных исполнений включает много общих операций, которые можно проследить на примере монтажа заделки КВЭт (рис. 134, 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. 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.

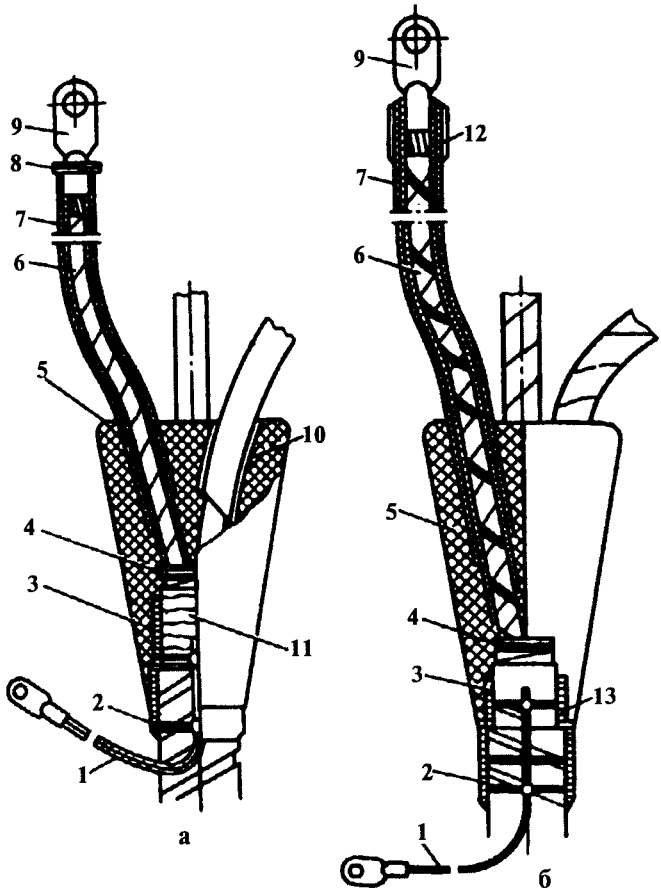


Рис. 134. Концевые эпоксидные заделки внутренней установки КВЭт (*а*) и КВЭк (*б*):

1 – провод заземления; *2, 4* – бандажи; *3* – подмотка из ленты ЛЭТСАР ЛПм; *5* – корпус; *6* – жила кабеля; *7* – труба; *8* – хомут; *9* – наконечник; *10* – прослойка из лака КО-916; *11* – оболочка; *12* – подмотка из хлопчатобумажной ленты; *13* – поясная изоляция

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 мм.

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. Ниж-

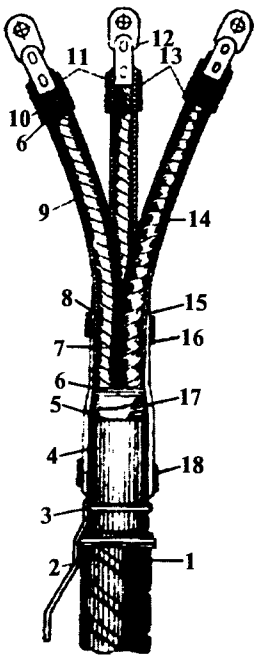


Рис. 135. Концевая заделка типа КВВ:
1 – броня кабеля; *2* – провод заземления; *3* – проволочный бандаж; *4* – оболочка кабеля; *5* – поясная заводская изоляция; *6* – бандаж из хлопчатобумажной пряжи; *7* – жила из заводской изоляции; *8* – поясная стаканообразная подмотка; *9* – подмотка по жилам; *10* – оголенные участки жилы; *11* – выравнивающая подмотка; *12* – кабельный наконечник; *13* – бандаж из крученого каната; *14* – место наложения временного бандажа; *15* – канал заполнения эпоксидным компаундом; *16* – бандаж из крученого шпагата; *17* – поливинилхлоридная лента

ние 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. 134, 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 установки из *самосклеивающихся лент* (рис. 135). *Концевая заделка* внутренней установки в *резиновой перчатке* показана на рис. 136.

Стальные воронки КВБо овальной и КВБк круглой формы применяют в качестве концевых заделок внутренней установки на кабелях напряжением 6 и 10 кВ (рис. 137, 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 заг-

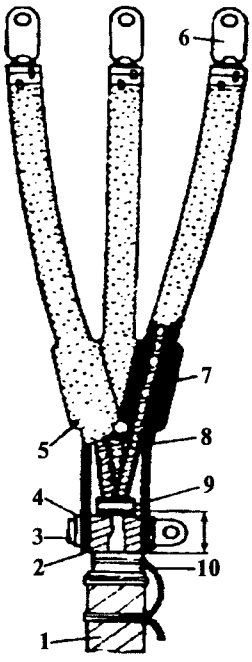


Рис. 136. Концевая заделка типа КВР в резиновой перчатке:
1 – броня; *2* – уплотнение маслостойкой резиновой лентой; *3* – хомут; *4* – подмотка прорезиненной лентой; *5* – перчатка; *6* – наконечник; *7* – резиновая трубка; *8* – жилы кабеля; *9* – поясная изоляция кабеля; *10* – оболочка

рязнения. Заделку кабеля на 6 и 10 кВ прошпаривают разогретым до 120–130° С составом МП. Жилы кабеля на расстоянии 50 мм от нижнего края фарфоровых втулок 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 7 и верхний 8 полухомутики. Один конец провода заземления 9 присоединяют к болту 6 (гайкой 7) хомутика, а другой – к болту воронки.

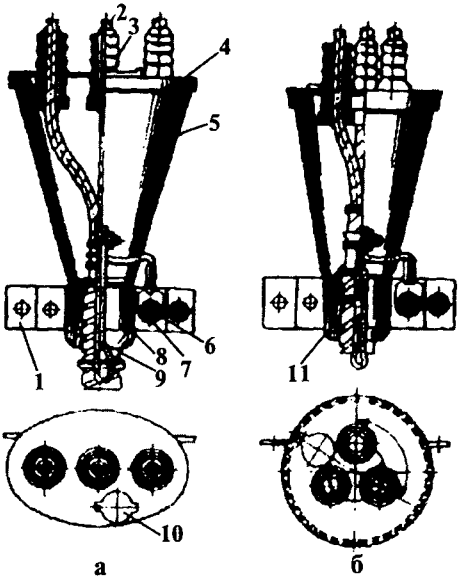


Рис. 137. Концевые заделки КВБо с овальной воронкой (*а*), КВБк с круглой воронкой (*б*)

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 заделок применяют *заделки* ПКВ (в сухих помещениях) или ПКВЭ (в сырых помещениях).

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. 138, б) применяют корпус, отлитый из эпоксидного компаунда.

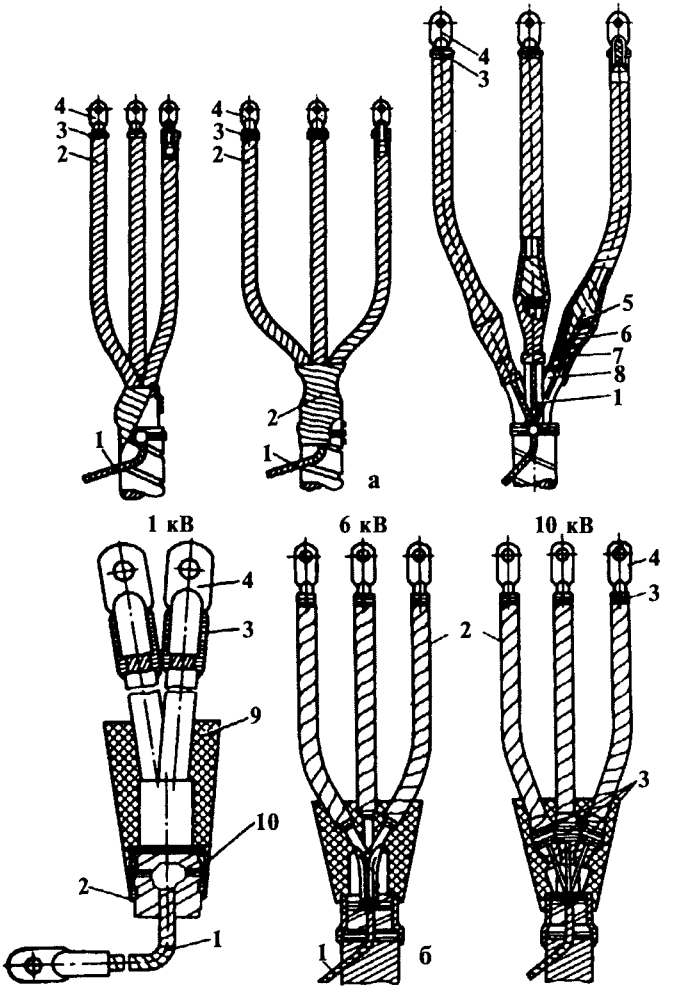


Рис. 138. Концевые заделки ПКВ (*а*) и ПКВЭ (*б*):

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

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 самоклеящейся 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 Э11-51 в два слоя.

Техническое обслуживание кабельных линий

Осмотры кабельных линий напряжением до 10 кВ производят в следующие сроки:

трассы кабелей, проложенных в земле, – по местным инструкциям, но не реже одного раза в 3 мес;

концевые муфты на линиях напряжением выше 1000 В – один раз в 6 мес, на линиях 1000 В и ниже – один раз в год;

кабельные муфты, расположенные в трансформаторных помещениях, распределительных пунктах и на подстанциях, осматривают одновременно с другим оборудованием;

кабельные колодцы – два раза в год.

Осмотр туннелей, шахт и каналов на подстанциях производят по местным инструкциям. Обнаруженные при осмотрах неисправности заносят в журнал дефектов и неполадок с оборудованием для последующего устранения. В периоды паводков и после ливней производят внеочередные обходы.

Кабельные линии напряжением 3–10 кВ в процессе эксплуатации не реже одного 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 пяти лет и более

с момента прокладки, устанавливает лицо ответственное за электрохозяйство, но не реже одного 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. 19).

Наиболее характерными причинами повреждения изоляции кабелей являются следующие:

трещины или сквозные отверстия в свинцовой оболочке, нескольких бумажных лентах, 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;

Таблица 19

Допустимые кратковременные перегрузкн кабельных линий напряжением 6—10 кВ

Коэффициент предварительной нагрузки	Вид прокладки	Допустимая перегрузка в течение времени, ч		
		1,5	2	3
0,6	В земле	1,35	1,3	1,15
	В воздухе	1,25	1,15	1,1
	В трубах (в земле)	1,2	1,1	1
0,8	В земле	1,2	1,15	1,05
	В воздухе	1,15	1,1	1,05
	В трубах (в земле)	1,1	1,05	1

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 целости 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 или повреждении изоляции жил в разных местах для выявления характера повреждения применяют измерители кабельных линий типов ИКЛ-4 и ИКЛ-5.

Все 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 применяются 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.

По двум фазам кабеля от генератора звуковой частоты пропускают ток, который вокруг кабеля, проложенного в земле, на участке до места повреждения образует электромагнитное поле. С помощью кабелеискателя радиоприемного типа 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 создают в 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. Емкостный 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 типов 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 таблицей 20.

Таблица 20

Испытания кабелей повышенным напряжением

Испытания	Кабели с бумажной изоляцией на напряжение, кВ			Кабели с резиновой изоляцией на напряжение, кВ	
	3	6	10	3	6
Приемо-сдаточные	18	36	60	6	312
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 приемо-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 бумажной 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. Асимметрия токов утечки по фазам не должна быть больше 8–10 мкА при условии, что абсолютные значения токов не превышают допустимого.

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 следующий объем работ:

осмотр и чистку кабельных каналов, туннелей, трасс открыто проложенных кабелей, концевых воронок, соединительных муфт, рихтовку 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 проверку изоляции мегаомметром для кабелей ниже 1 кВ), доливку кабельной мастикой воронок и соединительных муфт, ремонт кабельных каналов.

Объем работ, выполняемый при капитальном ремонте КЛ;

частичная или полная замена (по мере необходимости) участков кабельной сети, окраска кабельных конструкций, переразделка отдельных концевых воронок, кабельных соединительных муфт, замена 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 электробетоноломом ОМС-850, электромолотком ОМС-849, мотобетоноломом ОМС-829, пневмобетоноломом ОМС-358.

Материал покрытия отбрасывают 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 следующую глубину (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 — 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 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. Усилие тяжения при раскатке кабеля напряжением до 10 кВ контролируют динамометром два опытных монтера, которые находятся у барабана и следят за размоткой кабеля.

Кабели укладывают с запасом, равным 1—3 % его длины (змейкой), для исключения опасных механических напряжений при смещениях почвы и температурных деформациях; предусматривать запас кабеля в виде колец (витков) запрещается. Укладку кабеля змейкой при тяжении лебедкой выполняют после окончания раскатки с барабана в процессе перекладки кабеля на дно траншеи. При прокладке кабелей в траншее параллельно концы кабелей, предназначенных для последующего монтажа соединительных муфт, располагают со сдви-

гом 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 для трехжильных кабелей 1—10 кВ сечением до 3×95 мм² не более 4 шт., а сечением 3×95 — 2×240 мм² — 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, 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.

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 каждые 1000 м кабеля. Протяжку кабеля производят со скоростью 0,6—1 км/ч и по возможности без остановок, чтобы при трогании кабеля с места избежать больших усилий тяжения. После окончания протяжки кабель укладывают в колодце на опорные конструкции, его концы 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 здания, туннели и т. д. отверстия в блоках после прокладки кабелей заделывают несгораемым и легко пробиваемым 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 допускается прокладывать только кабели без наружного сгораемого покрова, например кабели, имеющие поверх брони несгораемый во-

локнистый покров или несгораемый шланг из поливинилхлорида или других равноценных по несгораемости материалов, а также кабели с несгораемой оболочкой.

Если при замене применяется кабель со сгораемым наружным покровом, то сгораемый покров удаляют на участке всей трассы внутри кабельного сооружения до самого места выхода из него заподлицо с заделкой 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 бронированные 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.

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?
13. В чем заключается обслуживание кабельных линий?
14. Как обнаружить и определить место повреждения кабельной линии?

ГЛАВА 10. ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1000 В

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. 139). 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 линий называют угол между направлениями линии в смежных пролетах. Под тяжением провода понимают усилие, направленное по оси провода. Механическое напряжение 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.

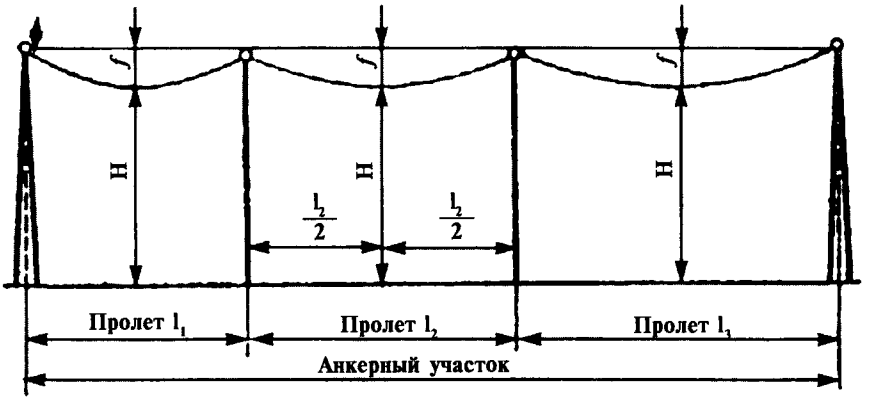


Рис. 139. Основные характеристики линии в пролете

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 изготавливают 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. 140, а) и угловые анкерные (рис. 140, 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.

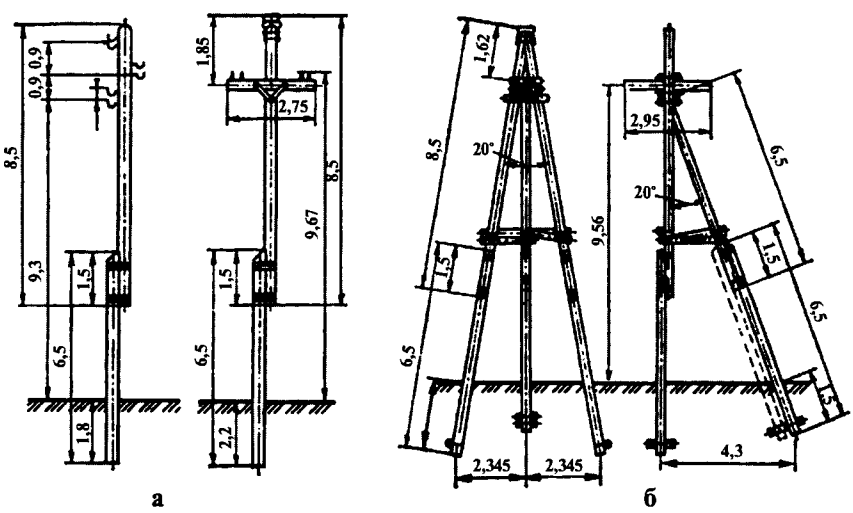


Рис. 140. Деревянные промежуточные опоры ВЛ (*а*) и угловые анкерные (*б*)

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 железобетонных опор, применяемых на ВЛ 6–10 кВ, приведены на рис. 141, а–г.

Железобетонные опоры изготавливают 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 многопроволочных – 25 мм^2; для стальных однопроволочных диаметр должен быть не менее 4 мм.

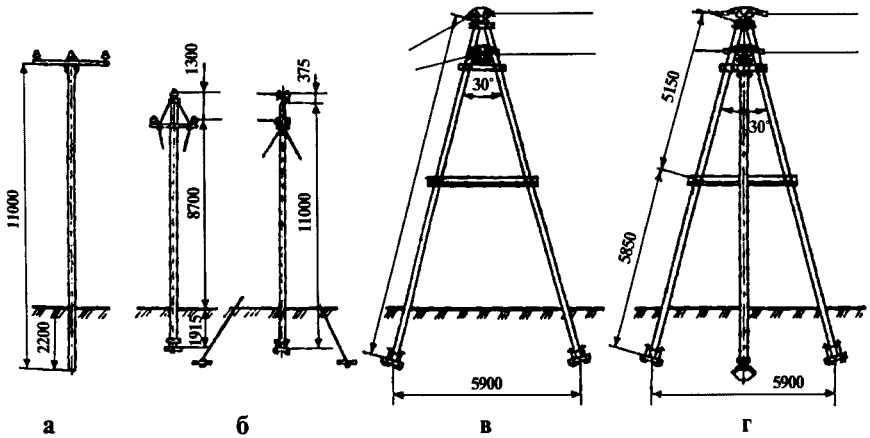


Рис. 141. Железобетонные опоры ВЛ 6–10 кВ:
а – промежуточная П-10; *б* – анкерная А-10; *в* – концевая КА-10; *г* – угловая для угла 90° УЛА-10

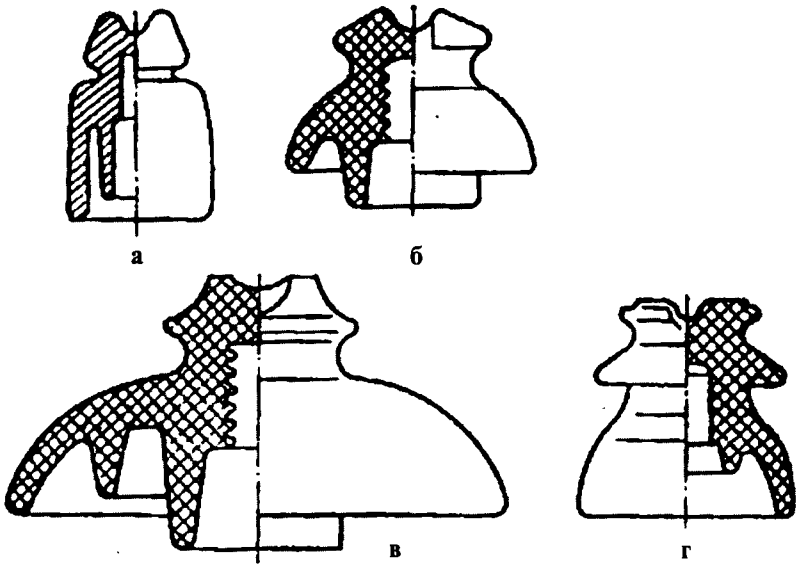


Рис. 142. Штыревые изоляторы:
а – ТФ; *б* – ШС-6; *в* – ШФ-10В; *г* – ШФ-10Г для ВЛ-10кВ

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 10м – диаметром не менее 3 мм.

На ВЛ до 10 кВ широко применяют штыревые изоляторы (рис. 142, д–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.

Технология монтажа линий электропередачи напряжением до 1000 В

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. 21) определяют в зависимости от их высоты, числа укрепленных на опоре проводов, грунтовых условий, а также от способа производства земляных работ, и указывают в проекте.

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 металлическими предметами не допускается. Штыревые изоляторы прочно навертывают на крюки или штыри, обмотанные паклей, пропитанной суриком с олифой. Оси штыревых изоляторов располагают вертикально.

Таблица 21

Размеры заглубления промежуточных опор (без ригелей)

Грунт	Общая максимальная площадь сечения проводов на опоре, мм²	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

При креплении обводного провода штыревые изоляторы устанавливают с наклоном до 45° к вертикали. Крюки и штыри для 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. 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

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. 143, а). Деревянные и железобетонные одностоечные опоры массой до 4 т можно устанавливать в котлованы автомобильным краном (рис. 143, 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.

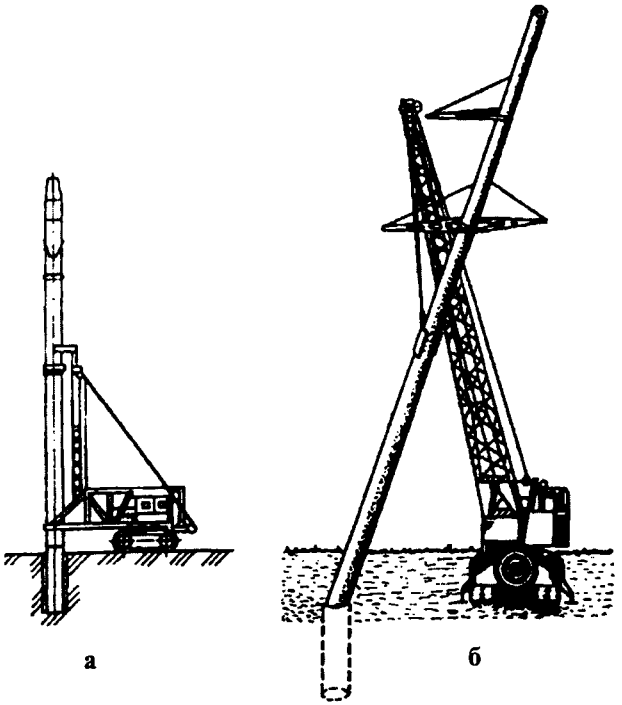


Рис. 143. Установка опор кранами-установщикками (*а*), автомобильными кранами (*б*)

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 % – отрезком нового провода.

Технология монтажа линий электропередачи напряжением выше 1000 В

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, мм	5

При прохождении трассы ВЛ с деревянными опорами по лесам, сухим болотам и другим 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 отклонения верхнего конца 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
Разворот траверсы относительно оси линии электропередачи (градус), 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.

Техническое обслуживание воздушных линий напряжением до 1000 В

При эксплуатации воздушных линий в них возникают различные неисправности и повреждения, которые могут появиться 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 могут занять 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 воздушной линии, а также предупреждения развития возникших неисправностей воздушные линии периодически осматривают. Сроки осмотров воздушных линий устанавливают в зависимости от местных и климатических условий, их назначения и вероятности повреждения.

Осмотры линий электромонтером должны происходить не реже одного раза в месяц.

Проверку наличия трещин на железобетонных опорах и пасынках с выборочным вскрытием грунта в зоне переменной влажности производят один раз в 6 лет, начиная с 4 года эксплуатации.

Степень загнивания деталей деревянных опор определяют один раз в 3 года.

Стрелы провеса и расстояния от проводов ВЛ до различных объектов в местах пересечений ВЛ с линиями связи, железными дорогами и т. п. измеряют во всех случаях, когда при осмотре возникают сомнения в отношении требуемых расстояний:

сопротивление заземления измеряют один раз в первый год эксплуатации и в дальнейшем один раз в 3 года;

перетяжку 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 менее 6 м для любой местности.

На опорах воздушных линий должны быть нанесены номера опор и год их установки.

Опоры, имеющие деревянные пасынки, периодически проверяют на загнивание. При проверке древесину, скрытую в грунте, нужно отрывать 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 загнивании опоры измеряют специальным щупом с полусантиметровыми делениями; его вводят в древесину нажатием руки. Забивать щуп молотком или каким-либо другим инструментом запрещается. Рекомендуется применение для этой цели пустотелого буравчика.

Бандажи на опорах выполняют из мягкой оцинкованной проволоки диаметром 4 мм и более. Допускается 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
При диаметре проволоки 5 мм	10
При диаметре проволоки 6 мм	8

Ремонт воздушных линий электропередачи напряжением до 1000 В

Сроки и объемы капитального ремонта линии электропередачи устанавливают по результатам осмотров, измерений и испытаний. В работы по капитальному ремонту входит 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 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 дополнительной пропитки. В зависимости от зоны распространения гнили на столб надевают один, два или три бандажа (рис. 144, б)

В загнивших и опасных по гниению надземных участках опор расчищают трещины до здоровой древесины и заполняют антисептической пастой с помощью масленки или другого приспособления. Пасту предварительно разбавляют водой из расчета 20 ч. воды на 100 ч. пасты.

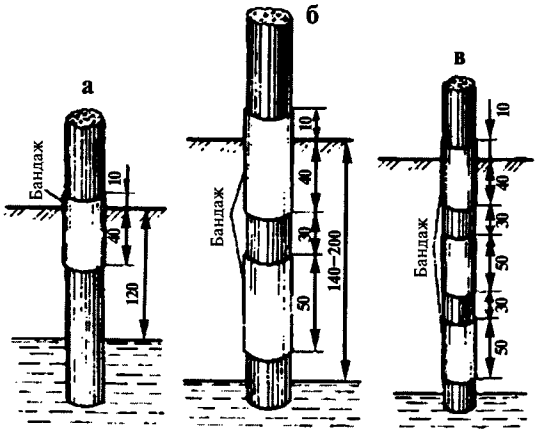


Рис. 144. Расположенне бандажей на столбах при летнем уровне грунтовых вод ниже уровня земли:
а – до 120 см; *б* – на 120–200 см; *в* – на 250 см и более

После заполнения трещин на пасту и прилегающую к трещине поверхность опоры наносят слой гидроизоляции кистью или распылителем. 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 опор начинают с верхних, наиболее удаленных деталей, чтобы избежать сопри-

косновения работающего с ними. Дополнительную пропитку опор производят после весеннего осмотра.

Антисептический бандаж состоит из двух слоев: наружного водонепроницаемого слоя из толя, рубероида или пергамина;

внутреннего слоя из антисептической пасты, соприкасающегося с древесиной. Ширина бандажа 50 см, длина – в зависимости от толщины столба в месте установки бандажа (табл. 22). На поверхность водонепроницаемого слоя наносят антисептические пасты.

Таблица 22

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

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 с помощью шпателя равномерно распределяют по поверхности, причем на кромки бандажа шириной 1 см и полосу 5 см (которая при надевании бандажа будет перекрывать бандаж на стыке) пасту не наносят.

Техническое обслуживание воздушных линий напряжением выше 1000 В

Осмотры в дневное время ВЛ до 10 кВ производят один 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, варных 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.; на производство без согласования строительных и других работ в охранной зоне.

Выявленные во время осмотра дефекты отмечают в листке обхода. Если обнаружены 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 одного раза в 3 года. Выборочную проверку состояния провода с отключением производят не реже одного раза в 6 лет.

На линиях электропередачи без их отключения производят 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: 5м – 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 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 м от земли – на всех опорах в населенной местности и на пересечениях с дорогами.

Работы, выполняемые на высоте более 5 м от поверхности грунта, называют *верхолазными*. Основным средством, предотвращающим падение с высоты, следует считать предохранительный пояс. Монтерские когти, предназначенные для работы на деревянных и деревянных с железобетонными пасынками опорах линий электропередачи, должны соответствовать требованиям ГОСТ 14331–77. Монтерские когти и лазы, предназначенные для подъема на железобетонные опоры прямоугольного сечения ВЛ 0,4 и 10 кВ, не должны иметь вмятин, трещин, надломов, заусенцев, острых кромок. Съемные шипы не должны быть сбитыми или скошенными.

Специальным распоряжением по подразделению назначают лицо, ответственное за исправное состояние когтей и лазов.

К выполнению самостоятельных верхолазных работ и непосредственному руководству этими работами допускают лиц (рабочих и инженерно-технических работников) не моложе 18 лет, прошедших медицинский осмотр и признанных годными к верхолазным работам, имеющим стаж верхолазных работ не менее одного года и тарифный разряд не ниже третьего. Рабочие, впервые допускаемые к верхолазным работам, в течение одного года должны работать под непосредственным надзором опытных наставников, назначаемых распоряжением по подразделению предприятия или приказом по предприятию. Рабочие, допущенные к самостоятельным верхолазным работам, должны иметь запись в удостоверении о проверке знаний на право производства специальных работ.

Перед подъемом на опору необходимо тщательно осмотреть когти и лазы и убедиться, что дата их испытания не просрочена, а узлы и детали исправны. Особое внимание должно быть обращено на прочность сварных швов, целость твердосплавных вставок шипов, сохранность прошивки ремней и надежность пряжек, наличие контргаек и шплинтов и надежность закрепления конца сдвоенной пружинной ленты на барабане червячного механизма, а также на надежность фиксации наконечника тросовой петли универсальных лазов в гнезде корпуса механизма, исправность которого проверяется вращением рукоятки червячного механизма.

Пользоваться когтями и лазами, у которых затуплены или поломаны шипы, запрещается.

Когти и лазы подвергаются периодическим испытаниям статической нагрузкой 1350 Н (135 кгс) не реже одного раза в 6 мес.

При испытании статическую нагрузку прикладывают к каждому когтю или лазу в течение 5 мин непосредственно на крепежные ремни так, чтобы ось нагрузки проходила через центр подножки.

При испытании лазы должны быть установлены в рабочее положение на специальном испытательном стенде, имитирующем конфигурацию нижней части опоры линии электропередачи, для которой они предназначены.

После испытания статической нагрузкой каждый лаз подвергают внешнему осмотру. Лазы, у которых обнаруживают остаточные деформации деталей, трещины, надрывы крепежных ремней или заедания в работе механизма регулирования раствора тросовой петли, бракуют.

Ремонт воздушных линий электропередачи напряжением выше 1000 В

При *текущих ремонтах* ВЛ напряжением выше 1000 В выполняют следующее: верховые осмотры ВЛ; проверки состояния установки опор (отклонения, перекосы элементов и пр.), прочности соедини-

тельных мест, состояния противогнилостных мероприятий, бандажей, стрел провеса проводов, наличие опознавательных знаков и предупредительных плакатов; перетягивание отдельных участков сети, ремонт опор, поддерживающих конструкций; замену поврежденных изоляторов и сгнивших элементов отдельных опор; ревизию и ремонт разрядников; расчистку просек; измерение изоляции, определение падения напряжения, нагрев соединителей.

В работы, выполняемые при *капитальных ремонтах* ВЛ напряжением выше 1000 В, включают: ремонт фундаментов опор; плановую замену после многолетней работы до 50 % опор и их конструктивных элементов; ревизию и замену некондиционных проводов, полную перетяжку линии; частичную замену фарфоровых изоляторов; выправление опор; проверку наличия трещин в железобетонных опорах и приставках; восстановление противогнилостных обмазок; испытание ВЛ в соответствии с ПТЭ и ПТБ.

Крен железобетонных опор на трассе можно устранить, не снимая напряжения с линии, если угол 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 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. Перед промазкой цементным раствором тщательно очищают поверхность старого бетона опоры и увлажняют его. Залитые трещины затирают, сколы наращивают.

При обнаружении повреждения провода на этом месте ставят метку и сообщают об этом бригадиру, который определяет метод ремонта (табл. 23).

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. 145) 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.

Монтаж ремонтной муфты производят в такой последовательности: 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

Таблица 23

Методы ремонта проводов

Количество поврежденных проволок на длине до 15 м	Метод ремонта	Нормальное количество проволок в проводе
1 1–2 1–3	Поврежденные проволоки подогнать под один размер, а на концах установить ремонтные муфты	6–7 19 28
2 3–5 4–8	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 19 28
3 6 9	Поврежденный участок вырезать, установить соединительный зажим	6–7 19 28

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 опрессовывание муфты.

При установке овального соединителя его надвигают на один из концов соединяемых проводов. Второй конец провода вводят в соединитель внахлестку (см. рис. 145). Концы соединяемых проводов должны выходить из соединителя на 20–40 мм, на них надевают бандажи. Монтаж проводов овальными соединителями производят с помощью приспособлений МИ-189А и МИ-230А. Скрутку проводов производят следующим образом:

ослабляют гайку откидного болта (рис. 146);

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 – на нижнюю плашку 3 так, чтобы концы соединителя выступали за 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 соединитель на 4–4,5 оборота в любую сторону. При скручивании

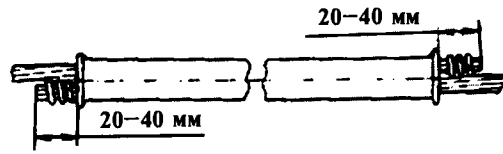
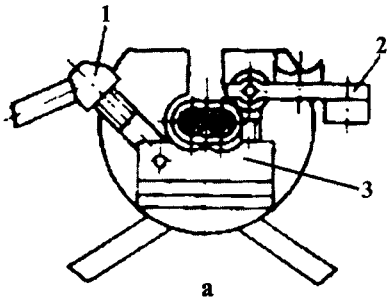
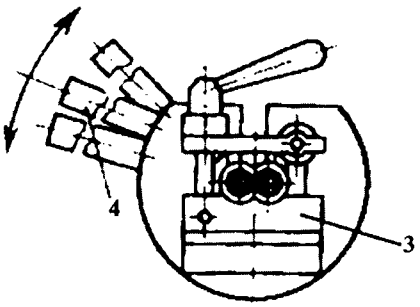


Рис. 145. Овальный соединнтель с введенными в него проводамн



а



б

Рис. 146. Зажимные узлы приспособления МИ-189А:
а – ползушка; *б* – поворотная часть

соединителей СОАС-150-2А и СОАС-185-2А допускают применение дополнительного рычага.

Скрученный соединитель 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. С помощью 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.

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?
8. Как обслуживают ВЛ до 10 кВ?
9. Перечислите основные ремонтные операции, выполняемые на ВЛ до 10 кВ?

ГЛАВА 11. ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩАЯ АППАРАТУРА И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

Пусковые и регулирующие аппараты напряжением до 1000 В

При размыкании электрической цепи с током между расходящимися контактами возникает дуговой разряд. Дуга образуется даже при отключении тока 0,5 А при напряжении 15 В.

Для отключения электрических цепей с большими токами созданы отключающие аппараты.

Рубильники, пакетные выключатели и переключатели, кнопки и ключи управления. Рубильники и переключатели являются ручными неавтоматическими аппаратами управления. *Рубильники* изготавливают одно-, двух- и трехполюсными. Рубильники и переключатели с центральной рукояткой (типов Р, П) служат только для отключения предварительно обесточенных цепей. Аппараты с боковой рукояткой, боковым и центральным рычажным приводами (РБ, РПЦ, РПБ, ППЦ) могут коммутировать электрические цепи под нагрузкой. Выпускаются также рубильники с боковой рукояткой и защитным кожухом.

Широко применяют совмещенный *рубильник-предохранитель* в закрытом стальном ящике с откидной крышкой (рис. 147), корпус блока условно снят). Достоинствами этой конструкции являются компактность и безопасность обслуживания; в отключенном состоянии предохранители 1 не находятся под напряжением и они могут быть сняты. Включить рукоятку 2 рубильника можно лишь при закрытой крышке, а открыть крышку – при отключенном рубильнике. Прово-

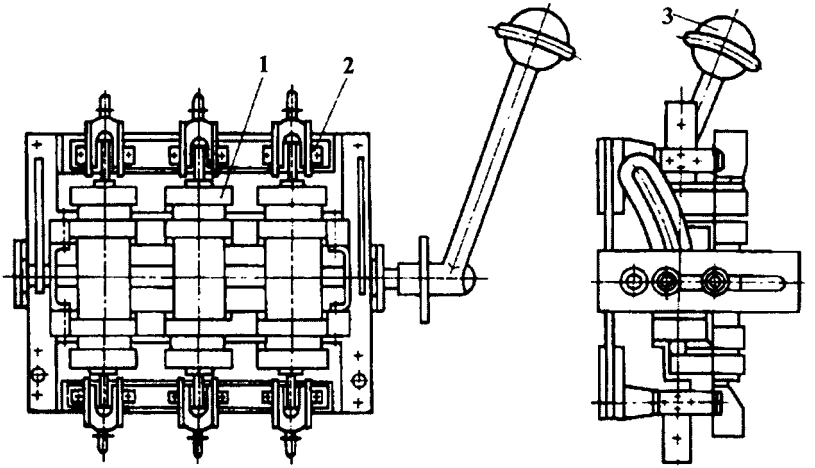


Рис. 147. Рубильник-предохранитель

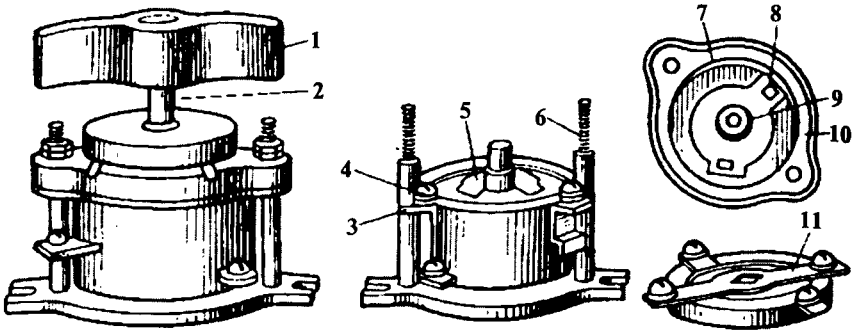


Рис. 148. Пакетный выключатель:

1 – рукоятка; *2* – валик; *3, 5* – неподвижный и подвижный контакты; *4* –кольцо-пакет; *6* – стяжная шпилька; *7* – крышка; *8* – упор; *9* – пружина; *10* – фиксирующий выступ; *11* – дугогасительная шайба

да от сети подсоединяют только к верхним контактным стойкам 3 (губкам) рубильника.

Пакетные выключатели (рис. 148) и переключатели применяют как коммутационные аппараты в цепях переменного тока напряжением до 440 В, частотой 50 и 60 Гц и в цепях постоянного тока до 220 В. Их выпускают на один, два или три полюса в виде пакетов из изолирующего материала, внутри которого монтируют подвижные плоские скользящие контакты.

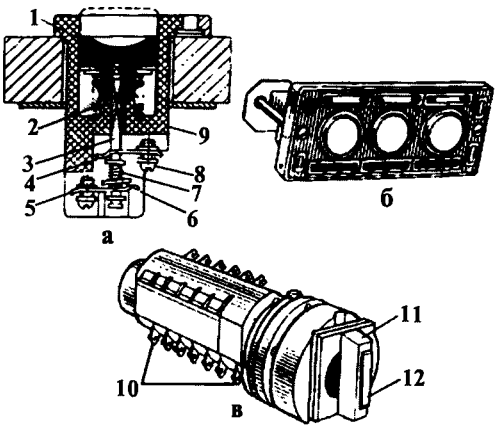


Рис. 149. Кнопка управления (*а*), кнопочный пост (*б*) и ключ управления (*в*):

1 – кнопка; *2, 7* – возвратная и контактная пружины; *3* – стержень; *4, 5* – размыкающий и замыкающий контакты; *6* – контактный мостик; *8* – винт; *9* – корпус; *10* – контакты ключа для присоединения к нему проводов внешних цепей; *11* – рукоятка ключа; *12* – призма

Кнопки управления (рис. 149) применяют для дистанционного управления электромагнитными автоматами. Несколько кнопок, установленных в одном блоке, называют кнопочным постом (рис. 149, б).

Ключи управления служат для замыкания и размыкания цепей управления и сигнализации при дистанционном включении или отключении высоковольтных выключателей и разъединителей. Ключ управления КСВФ (ключ с сигнальной лампой, встроенной в ру-

коятку, с возвратом и фиксацией положения) состоит из собранных в общий блок пакетов (рис. 149, в), в каждом из которых имеются наружные клеммы для присоединения внешних цепей и внутренняя контактная система, состоящая из подвижных и неподвижных контактов.

Контакты ключа управления в зависимости от выполнения функций подразделяют на оперативные, сигнальные и аварийные.

Контакторы, магнитные пускатели, автоматы и предохранители. *Контакторы* – это аппараты дистанционного действия, предназначенные для частых включений и отключений электрических цепей при нормальных режимах работы. Их изготавливают на токи до 4 кА, на напряжение 220, 440, 750 В постоянного тока и 380 и 660 В переменного тока. Они допускают 100–150 включений в час.

Наиболее широко применяют электромагнитные контакторы, в которых включение контактной системы осуществляется электромагнитом. Для защиты от токов короткого замыкания последовательно с контактором устанавливают плавкие предохранители или автоматы.

Конструктивно контактор постоянного тока (рис. 150) состоит из втягивающей катушки 4, неподвижной магнитной системы 3, подвижного якоря 2, неподвижных контактов 6, подвижных контактов 10, дугогасительной камеры 9, дугогасительной катушки 5, стальных щек 7 и двух групп блок-контактов – замыкающих 8 и размыкающих 1 (кожух левой дугогасительной камеры на рисунке не показан). Главные контакты 6 и 10 предназначены для переключения в силовой цепи и рассчитаны на включение и отключение цепей значительной силы тока. Блокировочные контакты используют для различных переключений в цепях управления, имеющих небольшую по величине силу тока (5–10А).

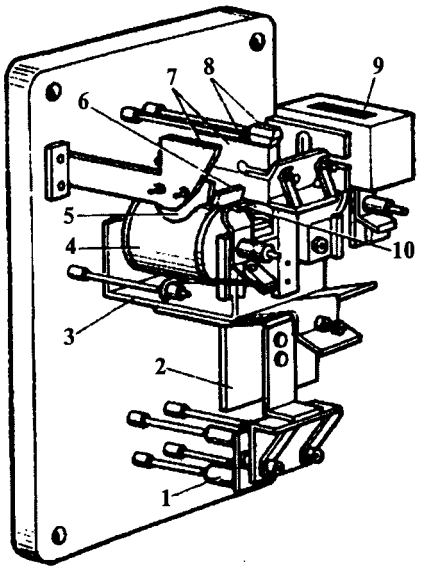


Рис. 150. Контактор постоянного тока

Трехполюсные контакторы переменного тока применяют в электроустановках трехфазного переменного тока промышленной частоты 50 Гц. Контактор состоит из двух основных систем: электромагнитной (рис. 151, а) и контактно-дугогасительной (рис. 151, б).

Электромагнитная система контактора переменного тока состоит из катушки 2, неподвижного сердечника 1 и якоря 3, укрепленного на валике 4. При включении катушки контактора

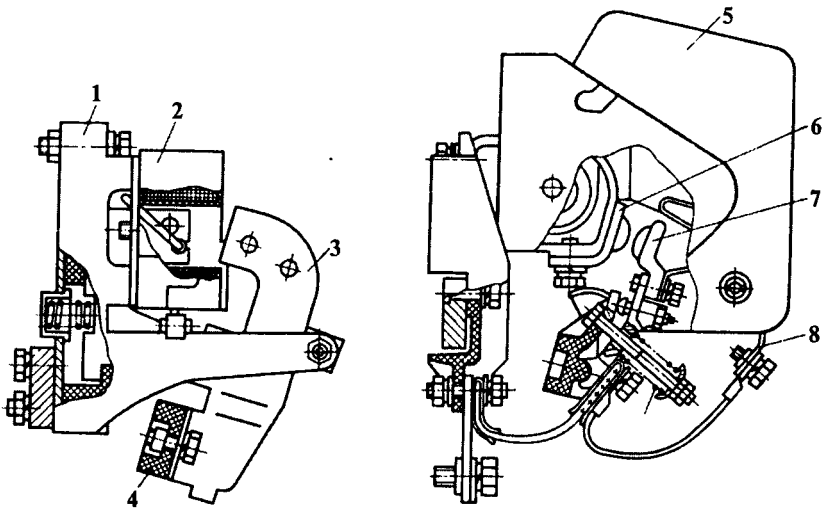


Рис. 151. Трехполюсный контактор переменного тока

в сеть переменного тока якорь 3 притягивается к сердечнику 1, при этом валик контактора, на котором укреплены подвижные силовые контакты, поворачивается, и главные контакты 6 и 7 замыкаются. Одновременно закрываются замыкающие блок-контакты и открываются размыкающие блок-контакты (на рисунке не показаны), так как поворачивается траверса блокировочных контактов, укрепленная на валике 4. Ток к подвижным контактам 7 подводится по гибким проводникам 8, состоящим из тонкой медной фольги. Прижатие контактов обеспечивает контактная пружина 9.

С целью улучшения условий дугогашения контакторы переменного тока имеют дугогасительные камеры 5, состоящие из асбестоцементного или фибрового кожуха и встроенных внутри его металлических пластин (решетки). Сердечник и якорь контакторов переменного тока для уменьшения величины вихревых токов собраны из отдельных листов электротехнической стали. Магнитопроводы контакторов постоянного тока делают из монолитной стали. Выпускают также контакторы переменного тока, имеющие монолитную магнитную систему и втягивающую катушку постоянного тока.

Контакторы с магнитной системой и катушками постоянного тока допускают более высокую частоту включения и имеют более высокую механическую износоустойчивость.

Магнитные пускатели – это устройства, состоящие, как правило, из трехполюсного контактора (Л), встроенных тепловых реле (1РТ, 2РТ) и вспомогательных контактов (Л). Электрическая схема пускателя показана на рис. 152.

Воздушный выключатель (автомат) предназначен для автоматического размыкания электрических цепей при ненормальных режимах и

для нечастых оперативных переключений при нормальных режимах работы, т. е. может при определенных условиях совмещать наряду с функциями аппарата защиты функции рубильника.

В автоматах для гашения дуги используют воздух, поэтому автоматы называют воздушными (рис. 153). В автомате различают следующие основные элементы: контакты 1 с дугогасительной системой, 2, привод 3, механизм свободного расцепления 4, расцепители 5, вспомогательные контакты 6.

Контакты аппаратов, рассчитанные на длительные номинальные токи и воздействие дуги при отключении токов к. з., замыкают с помощью ручного или механического привода.

Размыкание контактов происходит автоматически в случае изменения состояния цепи. Дугогасительная система предназначена для гашения дуги, возникающей при отключении цепи автоматом.

Устройство, с помощью которого размыкается цепь при отклонении электрических параметров за установленные пределы, называют расцепителем. Чаще всего они представляют собой электромагнитные термобиметаллические механизмы, а также электронные устройства (в автоматах А-3700). Механизм свободного расцепления обеспечивает отключение автомата даже тогда, когда рукоятку удерживают во включенном положении. Вспомогательные контакты служат для переключения в цепях управления, блокировки и сигнализации при изменении положения автомата.

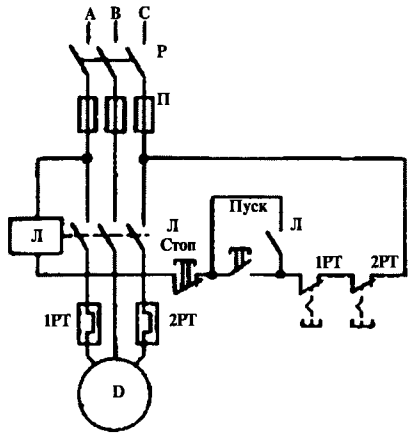


Рис. 152. Электрическая схема магнитного пускателя

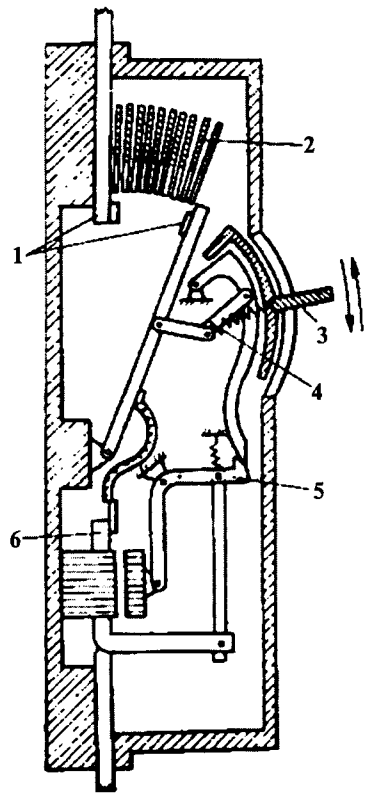


Рис. 153. Воздушный автомат

Наибольшее распространение получили так называемые установочные автоматы серии А-3700, АП-50, АБ-1000, АК-63, АБ-25.

Плавкие предохранители служат для автоматического отключения электрических цепей при коротких замыканиях или перегрузках. В предохранителях предусмотрена медная или цинковая пластина – плавкая вставка, которая последовательно включена в цепь и расплавляется, когда сила тока в цепи выше допустимого предела. Плавкая вставка расплавляется тем быстрее, чем больше сила тока.

Конструктивно различают предохранители в открытых фарфоровых трубках, разборные и насыпные. В открытых фарфоровых трубках (рис. 154, а) плавкие вставки 1 размещены внутри трубки 2, открытой с обоих концов. В разборных предохранителях (рис. 154, б) цинковая плавкая вставка 1 помещена в фибровую трубку 2, плотно закрытую колпачками 4. Детали 3 служат для присоединения предохранителей к электрической цепи. В насыпных предохранителях (рис. 154, в) параллельно включенные плавкие вставки 2 круглого сечения размещены внутри фарфоровой изоляционной трубки 1 с мелкозернистым кварцевым песком 5. Возникающая при плавлении вставки электрическая дуга соприкасается с мелкими зернами песка, интенсивно охлаждается, деионизируется и поэтому быстро гаснет. Предохранители насыпного типа ограничивают силу тока короткого замыкания. Их выпускают на силу тока до 600 А, иногда снабжают индикаторами срабатывания.

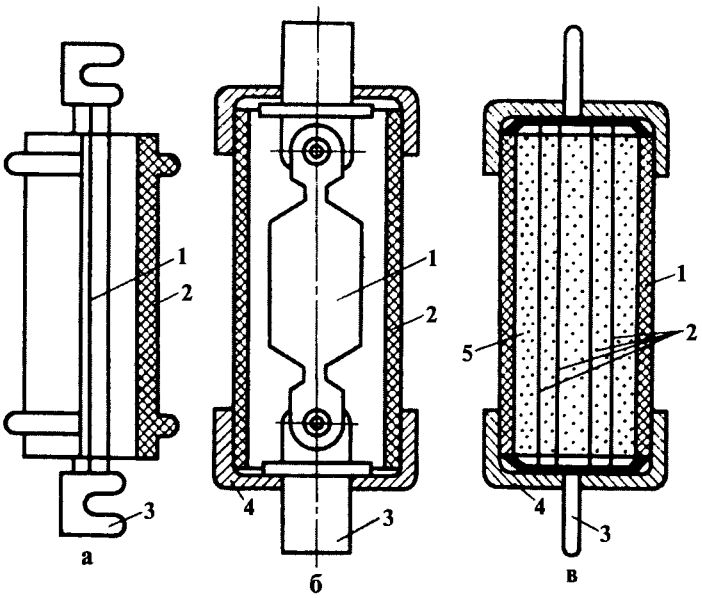


Рис. 154. Предохранители:
а – в открытых фарфоровых трубках; *б* – разборные; *в* – насыпные

Для защиты асинхронных короткозамкнутых двигателей от токов перегрузки и короткого замыкания применяют инерционные предохранители.

Для защиты силовых полупроводниковых элементов, не способных выдерживать большие перегрузки током, применяют специальные быстродействующие предохранители.

Номинальную силу тока плавкой вставки $I_{вст}$ предохранителя выбирают так, чтобы она превышала номинальную силу тока защищаемой электроустановки.

Тепловые реле служат для защиты электроприемников от перегрузок. Основой их конструкции является биметаллический элемент, нагреваемый пропорционально контролируемому току. Реле срабатывает, если ток перегрузки равен току уставки реле (или больше него). При этом свободный конец биметаллического элемента, прогибаясь воздействует на моментный механизм переключения контактов, вызывая изменение их состояния. С увеличением тока время срабатывания реле уменьшается.

Тепловое реле не защищает цепь от короткого замыкания и само должно быть защищено от него. При коротком замыкании элемент нагревается без отдачи тепла в окружающую среду. Во многих случаях это может привести к тому, что он будет поврежден до того, как успеет воздействовать на контактную систему.

Устройство однофазного теплового реле ТРП показано на рис. 155. При нагреве U-образного биметаллического элемента его свободный конец 3, перемещаясь, уменьшает наклон пружины 2, которая удерживает в равновесии контактное коромысло 1. Когда пружина наклонится в противоположную сторону, равновесие коромысла нарушится. Оно резко повернется по часовой стрелке и разомкнет контакты. Реле имеет устройство плавной регулировки

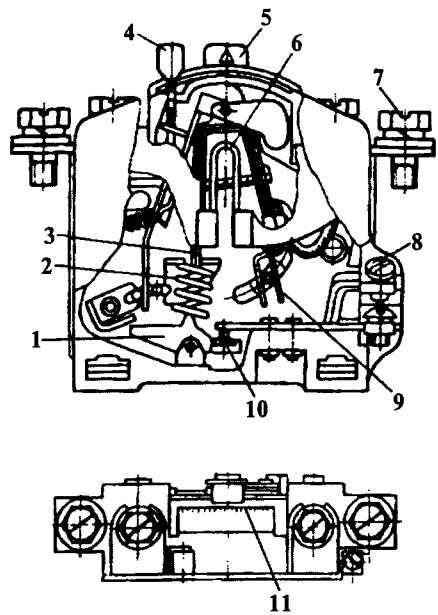


Рис. 155. Тепловое реле ТРП:
1 – контактное коромысло; *2* – контактная пружина; *3* – свободный конец биметаллического элемента; *4* – кнопка возврата контактов; *5* – указатель регулятора уставок; *6* – наружный нагреватель; *7* – контактный зажим главной цепи; *8* – контактный зажим цепи управления; *9* – механизм регулирования уставки; *10* – контакты; *11* – шкала уставок

тока срабатывания в пределах ±25 % номинального тока. Промышленность выпускает однофазные реле ТРП и двухфазные реле ТРН. Оба типа реле широко используют комплектно с пускателями и контакторами.

Контроллер – это аппарат, при помощи которого осуществляют пуск, регулирование скорости, реверсирование и остановку двигателей постоянного или переменного тока. Он представляет собой многоступенчатое контактное переключающее устройство.

Широко применяют контроллеры двух типов: барабанные и кулачковые.

Барабанный контроллер (рис. 156) применяют для управления электродвигателями мощностью до 60 кВт. Он состоит из штурвала 1 с валом 13, на котором укреплены сегменты 10 и траверса 5 с контактными пальцами 6. Вся контактная система закрыта металлическим кожухом 8. Недостатками барабанного контроллера являются невысокая переключающая способность и быстрый износ трущихся поверхностей контактов.

Кулачковые контроллеры отличаются от барабанных большей отключающей способностью благодаря особой конструкции контактов и наличию дугогасительных устройств у каждого коммутационного элемента.

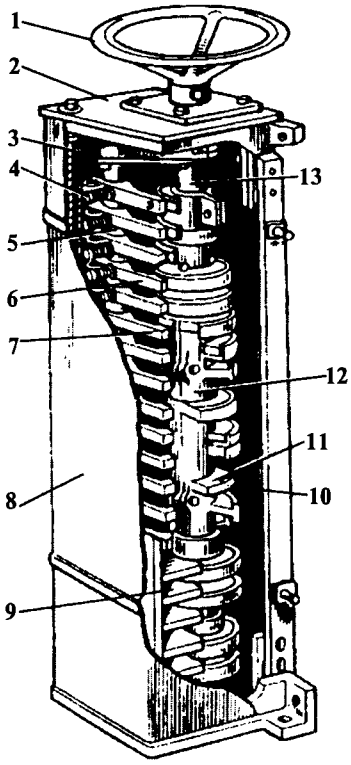


Рис. 156. Барабанный контроллер:
1 – маховичный штурвал; *2* – крышка; *3* – стяжная шпилька; *4* – контактная пружина; *5* – траверса; *6* – контактный патрубок; *7* – медный сухарик; *8* – кожух; *9* – асбоцементная перегородка; *10* – сегменты; *11* – кронштейн; *12* – разъемная муфта; *13* – вал

Резисторы – это аппараты, с помощью которых регулируют силу тока в цепях двигателей, управления и др. (рис. 157) Наиболее распространенные металлические резисторы (реостаты) состоят из элементов сопротивлений и устройств для их переключения. Резисторы ППБ применяют при продолжительном режиме работы. Они представляют собой бескаркасные спирали из круглой ленты или проволоки, закрепленные на раме и обладающие хорошей теплоотдачей в окружающую среду (рис. 157, а).

Для кратковременного режима работы применяют резисторы ПЭ (невлаго-

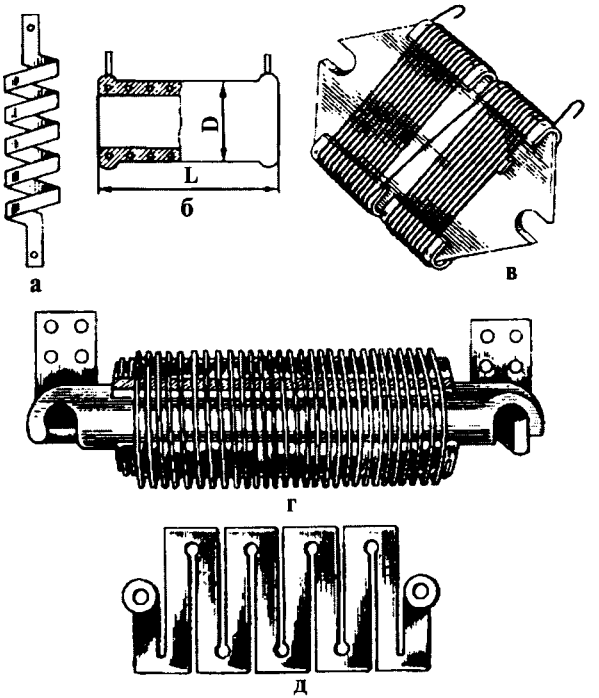


Рис. 157. Резисторы:

а – бескаркасный; *б* – трубчатый; *в* – рамочный; *г* – ленточный; *д* – чугунный литой

стойкие), ПЭВ (влагостойкие нерегулируемые и регулируемые), имеющие теплоемкие каркасы из жаропрочного керамического материала (рис. 157, б). Если проволока тонкая, ее после намотки на цилиндр покрывают слоем стекловидной эмали для защиты от повреждений. Такие трубчатые резисторы рассчитаны на номинальную рассеиваемую мощность 2,5–150 Вт.

Более мощные резисторы выполняют в виде рамочных элементов из константана (рис. 157, в), ленты (рис. 157, г) или чугунных литых элементов (рис. 157, д).

Размещение аппаратов управления и распределительных устройств напряжением до 1000 В

Аппараты управления могут быть встроены непосредственно в технологические механизмы, установлены около них или размещены в отдельных электропомещениях на распределительных щитах или станциях управления.

Многие механизмы выпускают комплектно со встроенной аппаратурой управления и защиты (в частности, металлообрабатывающие

станки). Выбор способа размещения аппаратов управления зависит от ряда обстоятельств, главнейшими из которых являются: условия окружающей среды; система управления технологическими механизмами (местное, централизованное, автоматизированное); системы построения электрической сети (радиальная, магистральная).

При местном управлении в помещениях с нормальной средой аппараты управления целесообразно размещать в непосредственной близости от электроприемников.

В условиях пыльной, влажной и пожароопасной среды целесообразно аппараты управления принять в открытом или защищенном исполнении и разместить их централизованно, в специально выделенных электропомещениях.

В условиях взрывоопасной и химически активной среды установка аппаратов управления в специальных изолированных электропомещениях может оказаться даже необходимой.

Щиты станций управления (ЩСУ), устанавливаемые в электропомещениях, обычно собирают на свободно стоящих каркасах из типовых станций управления (блоков управления) заводского изготовления; они служат для приема электроэнергии, ее распределения между электроприемниками и дистанционного управления этими электроприемниками. От специальных блоков с автоматами или предохранителями, установленных на этих же щитах, осуществляют питание электроприемников, имеющих местное управление. Показанный на рисунке 158 щит станции управления ЩО – открытого исполнения, отдельно стоящий, глубиной 600 мм.

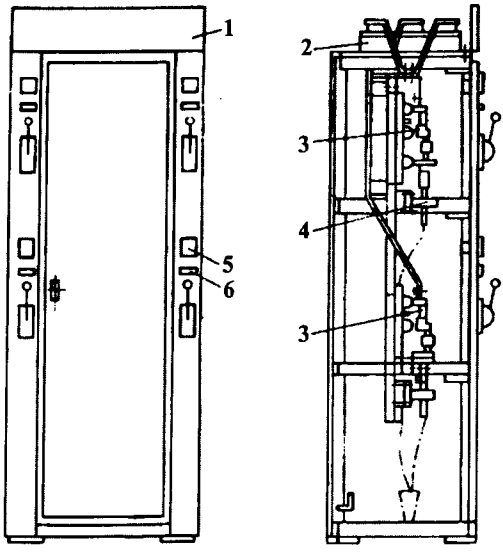


Рис. 158. Щит станций управления

В качестве распределительных устройств, устанавливаемых непосредственно в цехе, применяют *силовые ящики* следующих серий (рис. 159): блочные серии ПРБ, комплектуемые из блоков предохранитель–выключатель БПВ; силовые серии ПР с встроенными в них автоматами, скомплектованными в различных комбинациях; изготавливаются в навесном, навесном утопленном и напольном исполнениях; количество встраиваемых автоматов – от 4 до 30 (рис. 160); силовые распределительные серии СП и СПУ, предназначенные для распределе-

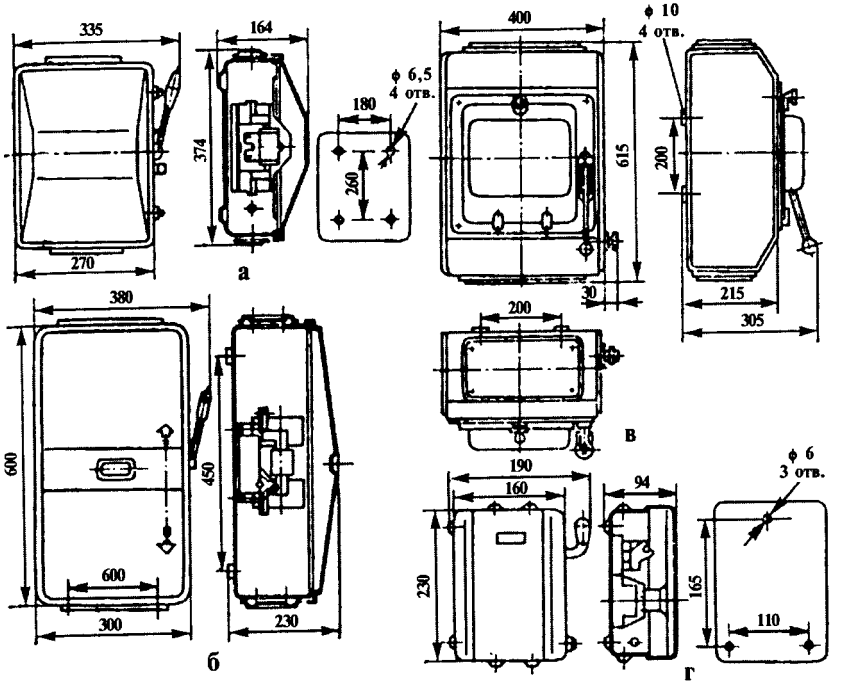


Рис. 159. Силовые ящики:
а – ЯБПВУ-1МУЗ; *б* – ЯБ1-243; *в* – ЯБПВУ-4УЗ; *г* – ЯРП-20УЗ

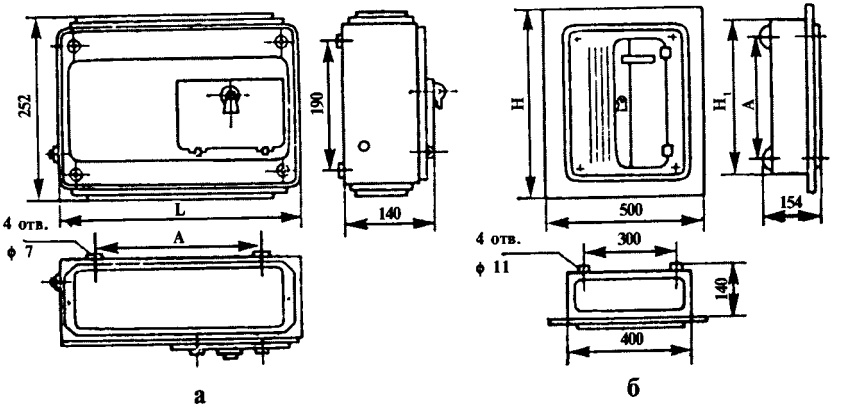


Рис. 160. Щитки для промышленных зданий, устанавливаемые на стене (*а*) и в нише (*б*)

ния электрической энергии и защиты людей. СП – в защищенном, СПУ – в закрытом уплотненном исполнении для установки в пыльных помещениях; комплектуются предохранителями ПН-2 и рубильниками с боковым приводом.

Техническое обслуживание распределительных устройств напряжением до 1000 В

Широкое распространение в настоящее время получили РУ, выполненные из щитов одностороннего обслуживания Щ070 (см. рис. 158). 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 изготавливают 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 напряжением до 1000 В осуществляют не реже одного раза в 3 мес или в сроки, предусмотренные местной инструкцией. При техническом обслуживании осматривают и очищают РУ от грязи и пыли, проверяют соответствие фактических условий работы аппаратов их номинальным техническим параметрам.

Для очистки аппаратов от грязи снимают кожух или крышку и удаляют 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 не-

плотное, то его устраняют подгибанием губки или заменой контактной пружины. При наличии у рубильников мгновенных 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 перекосов 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, сняв крышку, 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 один раз в 6 мес.

При осмотре дугогасительных камер магнитных пускателей и автоматических выключателей копоть удаляют обтирочным материалом, смоченным в уайт-спирите или бензине. 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.

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, 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. 161) 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 (рис. 161, а), а также между двумя фазовыми проводами (рис. 161, б).

При этом 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. 24.

Мегаомметры могут иметь измерения 0–100; 0–1000; 0–10000 МОм. Изготавливаются они соответственно на 500, 1000 и 2500 В. Имеют три

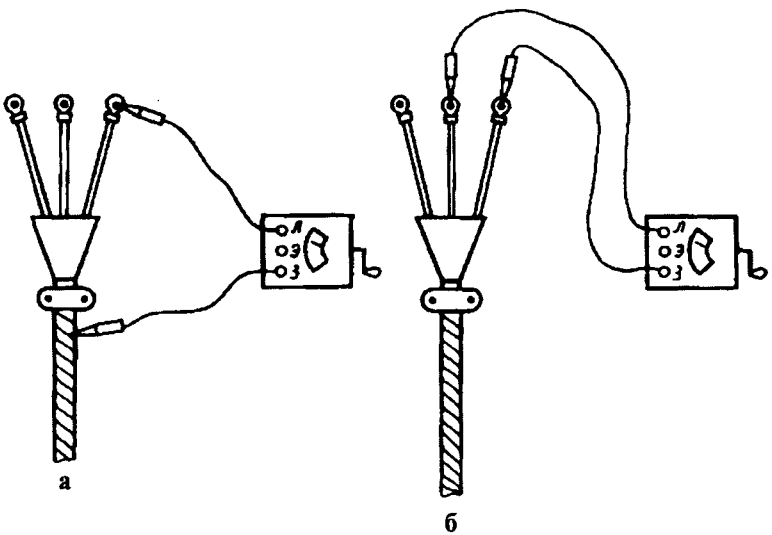


Рис. 161. Схемы измерения сопротивления жил кабеля мегаомметром между фазой и землей (*а*) и между фазами (*б*)

Таблица 24

Сопротивление изоляции электроустановок

Электроустановка	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

зажима: З (земля), Э (экран), Л (линия). Для повышения точности измерения на изоляцию при необходимости накладывают электрод-экран и присоединяют его к зажиму Э.

Для проверки наличия или отсутствия напряжения в РУ, измерения линейного или фазного напряжения, определения нулевого и фазового проводов используют индикатор напряжения ИН-92 (рис. 162, а).

Для обнаружения перегоревшего трубчатого или закрытого предохранителя индикатор следует подключить, как показано на рис. 162, б, а для проверки исправности защитного заземления или зануления – как показано на рис. 162, в. Фазирование проводов с помощью индикатора выполняют, как изображено на рис. 162, г.

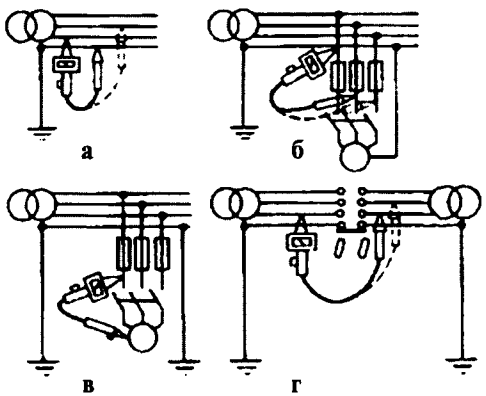


Рис. 162. Схема подключения индикатора напряжения ИН-92:
а – определение напряжения;
б – проверка исправности защитного заземления; *в* – проверка исправности предохранителя;
г – фазирование проводов

Пусковая и защитная аппаратура, размещаемая в РУ до 1000 В, должна удовлетворять следующим требованиям.

1. У предохранителей номинальный ток плавкой вставки $I_в$, служащей для защиты участка сети, должен быть не менее расчетного тока цепи $I_р$, т. е. $I_в > I_р$.

2. Плавкая вставка не должна отключать электродвига-

тель 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.

4. Ответвления к одиночным двигателям при редких пусках и непродолжительном разгоне защищают, соблюдая условие $I_в = I_п/2{,}5$.

5. Защиту линий, питающих РУ при токе $I_р$, осуществляют по расчетному току $I'_р$ (без учета рабочего тока пускаемого двигателя) и пусковому $I'_р$ току того двигателя, у которого он больше, чем у других: $I_в = (I'_р + I'_п)/2{,}5$.

6. Номинальный ток расцепителя выключателей серии А3100 или А3700 не должен быть меньше расчетного тока защищаемой цепи.

Ремонт электрической аппаратуры и установок напряжением до 1000 В

Рубильники и переключатели. 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 расстояний между сухарями и сегментом); для сегментов – 1 мм (во избежание задеваний сухарей за головки винтов).

Реостаты, контроллеры, конечные выключатели, контакторы и магнитные пускатели и 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, а изоляционные поверхности сухой тряпкой; устанавливают провал А 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. Недостаточный провал указывает на слабое нажатие. Нажатие сухарей на сегменты должно быть:

Ширина сухаря, мм	12	15	20	25	30
Нажатие, Н	7–13	10–16	14–22	16–27	20–33

Нажатие проверяют динамометром и бумажкой, проложенной между сухарем и сегментом, и регулируют гайкой и пружиной по наибольшим значениям, с тем чтобы после износа сухарей нажатия они не упали ниже допустимых значений.

При ремонте магнитного пускателя 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 сгоревшую катушку нет паспорта и неизвестны ее заводские данные, то число витков и сечение провода определяют по старой катушке. У многовитковых катушек число витков может быть определено по диаметру проволоки, массе меди и средней длине витка:

$$n = 135g/(d^2 l_в),$$

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 $ПВ_1$ (продолжительность включения), диаметр голого провода d_1 и изолированного D_1, число витков n_1, 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 $n_2 = n_1 U_2 / U_1$.

Расчетный диаметр изолированного провода из условия сохранения коэффициента заполнения катушки (мм) $D_2 = D_1 \sqrt[2]{n_1 / n_2}$. По стандарту находят ближайший меньший диаметр изолированного провода D_2 и соответствующий ему диаметр неизолированного провода d_2.

Сопротивление при 20 °С (Ом)

$$R_2 = \frac{n_2 d_1^2}{n_1 d_2^2} R_1.$$

При ремонте конечных выключателей обеспечивают провал контактного мостика b 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 Q измеряют при разомкнутых контактах, заложив между контактным мостиком и держателем тонкую бумажку. Динамометр в момент, когда бумажку легко вытянуть, показывает начальное нажатие – от 3 до 5 Н, конечное – от 6 до 8 Н.

Конечное нажатие P измеряют при замкнутых контактах, заложив тонкую бумажку между контактами. После износа контактов величина конечного нажатия приближается к начальной.

При ремонте контактора очищают от копоти и грязи контакты и пластины в дугогасительной камере. Малообгоревшие контакты очищают мягкой стальной щеткой. Обращают внимание на состояние гибкой связи, состоящей из медных пластин толщиной 0,2–0,5 мм. Поврежденные пластины заменяют новыми таких же сечений.

О состоянии электромагнитной системы судят по издаваемому при работе шуму. 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 соприкос-

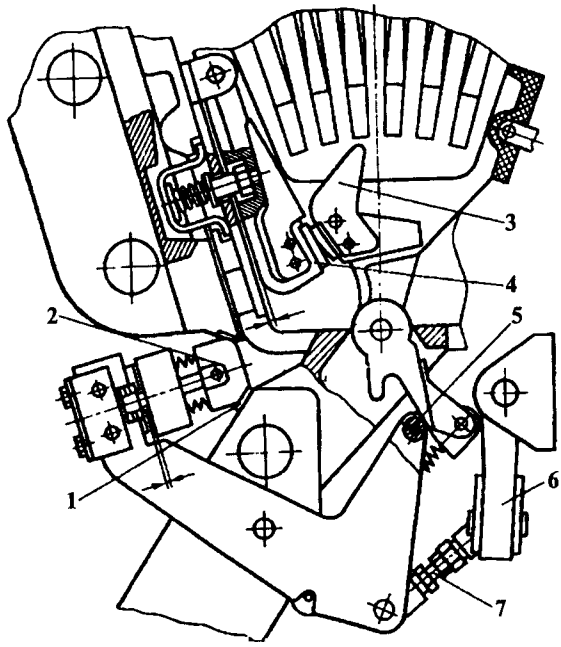


Рис. 163. Контактная группа автомата во включенном положении:
1 – неподвижный главный контакт; *2* – подвижный главный контакт; *3, 4* – неподвижный и подвижный дугогасительный контакты; *5* – ролик; *6* – вал; *7* – тяга

новения 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 при габарите контактора II и III – 0,3 ± 0,05 мм; при IV и V – 0,15 ± 0,05 мм.

Ремонт автоматических выключателей серии А отличается от ремонта магнитных пускателей незначительно.

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 Г и разрывных В контактов (рис. 163). Они должны составлять у главных 3,5 ± 0,5 мм, у разрывных 6 ± 2 мм. Увеличение провала главных

контактов достигается одновременным вывинчиванием регулировочных болтов на равное число оборотов (один оборот болта равен 1 мм); проверяют взведение расцепителей, т. е. упор толкателя должен находиться в зацеплении с кулачком валика.

Контрольные вопросы

1. С помощью каких аппаратов осуществляют включение и отключение электрооборудования?
2. В чем отличие воздушного автомата от магнитного пускателя?
3. Какие операции производят при обслуживании электрических аппаратов распределительных устройств напряжением до 1000 В?
4. Как проверяют наличие или отсутствие напряжения в распределительном устройстве?
5. Как выбирают защитную аппаратуру в сетях напряжением до 1000 В?
6. Какие работы выполняют при ремонте аппаратов РУ до 1000 В?

ГЛАВА 12. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Общие сведения об электрифицированном промышленном оборудовании

Все многообразие электрифицированного оборудования общего промышленного применения можно разделить на машины-двигатели, машины-орудия и транспортирующие машины. Машины-двигатели — это установки, преобразующие электрическую энергию в механическую работу. Машины-орудия — это машины, использующие механическую работу машин-двигателей для выполнения технологических операций (станки, прессы и др.). Транспортирующие машины служат для перемещения различных грузов (элеваторы, транспортеры, краны и др.).

Большинство машин состоит из одних и тех же механизмов, узлов и деталей, только в разных сочетаниях. Наиболее распространенное промышленное оборудование — металлообрабатывающее. По технологическому назначению металлообрабатывающее оборудование разделяют на металлорежущее и оборудование, обрабатывающее давлением.

В промышленности применяют разнообразные по конструкции металлорежущие станки. Назначение токарных станков состоит в удалении с заготовки слоя металла специальным режущим инструментом (резцом) для придания изделию требуемых формы и размеров. Токарные станки предназначены главным образом для обработки деталей, имеющих форму тел вращения. Фрезерные станки получили свое название от многозубого режущего инструмента — фрезы, с помощью которой на этих станках обрабатывают детали. На строгальных станках обрабатывают плоскости резцами; крупные детали — на продольно-строгальных, мелкие — на поперечно-строгальных.

Сверлильные станки позволяют выполнять сверление, зенкование, развертывание отверстий в деталях, а также нарезать резьбы метчиком.

Шлифовальные станки применяют для выполнения чистовых и отделочных операций при металлообработке.

Кузнечно-прессовое оборудование — молоты и прессы — применяют при горячей обработке металлов давлением и при пластической деформации металлов без нагревания. Машины, которые придают обрабатываемой поковке нужную форму посредством падающих частей, называют молотами. На молотах производится либо свободная ковка, либо ковка в специальных приспособлениях — штампах. Прессы — это машины, обрабатывающие заготовку безударным давлением. Из механических прессов наибольшее распространение получили кривошипные.

К подъемно-транспортному оборудованию относят устройства, с помощью которых производят подъем и перемещение тяжелых дета-

лей, узлов оборудования и других грузов. Номенклатура грузоподъемных машин и механизмов очень обширна: это транспортеры и конвейеры, тельферы и краны, элеваторы и рольганги, лифты и др.

Для привода общепромышленных установок широкое применение получили асинхронные электродвигатели и электродвигатели постоянного тока. *Электропривод — это электромеханическая система, состоящая из электродвигательного, преобразовательного и управляющего устройств, предназначенная для приведения в движение органов рабочей машины и управления этим движением.* Электропривод, обеспечивающий главное движение исполнительного органа, называют *главным электроприводом*, а обеспечивающий вспомогательное движение — *вспомогательным*. Электропривод, обеспечивающий движение исполнительных органов нескольких рабочих машин, называют *групповым электроприводом*.

Асинхронные и синхронные электродвигатели

Асинхронной называют машину переменного тока, у которой скорость вращения ротора зависит от нагрузки. Магнитное поле в асинхронной машине создается переменным током обмоток статора и ротора. Скорость вращения ротора отличается от скорости вращения поля.

Асинхронные машины по конструктивным признакам подразделяют на *бесколлекторные* и *коллекторные*. В промышленности наибольшее распространение в качестве двигателей получили бесколлекторные асинхронные машины. Асинхронные коллекторные машины тоже используют (в основном в качестве двигателей), но они имеют ограниченное применение.

Основным типом асинхронной бесколлекторной машины является трехфазный двигатель (рис. 164). Его вы-

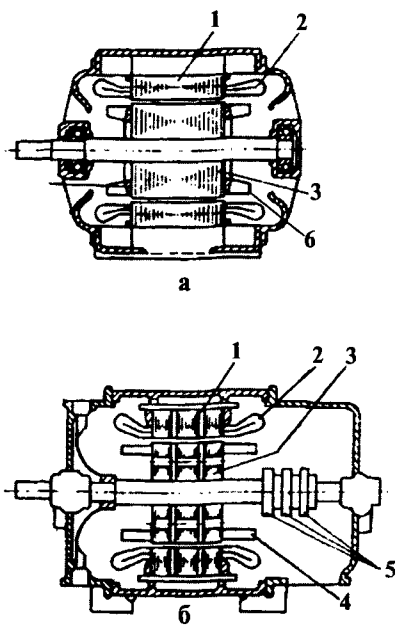


Рис. 164. Трехфазные асинхронные двигатели:

а — с короткозамкнутой обмоткой ротора; *б* — с фазной обмоткой ротора; *1* — сердечник статора; *2* — трехфазная обмотка статора, включаемая в сеть переменного тока; *3* — сердечник ротора; *4* — фазная обмотка ротора; *5* — контактные кольца для соединения с пусковым или регулировочным реостатом; *6* — короткозамкнутая обмотка ротора

пускают в двух главных исполнениях: двигатель с короткозамкнутой обмоткой ротора (рис. 164, а) и двигатель с фазной обмоткой ротора (рис. 164, б).

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. В листах по окружности штампуют пазы, в которые укладывают обмотки. Ротор, насажанный на вал, вращается в подшипниках, установленных в подшипниковых щитах. Трехфазная обмотка статора состоит из симметрично расположенных по окружности статора катушек. Токи в этих катушках имеют одинаковую амплитуду, но сдвинуты по фазе относительно друг друга на одну треть периода.

Асинхронные электродвигатели с фазным ротором (см. рис. 164, б) имеют на роторе обмотку, аналогичную статорной. Концы обмотки ротора через контактные кольца и щетки присоединяют к наружной цепи (например, к пусковому резистору). Обмотку короткозамкнутого ротора выполняют в виде стержней, соединенных между собой кольцами, расположенными на торцах ротора. Обмотки статора асинхронного электродвигателя соединяют в звезду или треугольник.

Проходя по обмоткам трехфазные токи образуют вращающееся магнитное поле. Оно, пересекая проводники обмотки ротора, индуцирует в них электродвижущую силу (эдс); под действием эдс в замкнутой обмотке ротора возникают токи, которые, взаимодействуя с вращающимся магнитным полем, вызывают его вращение. Между частотой вращения магнитного поля n_1, числом пар полюсов p и частотой тока f_1 существует взаимосвязь: $n_1 = 60f_1/p$.

При синхронной частоте вращения ротора момент, развиваемый асинхронным электродвигателем, равен нулю. Двигатель может быть нагружен только при «несинхронной» скорости. Это и определило название электродвигателя – асинхронный.

Разность частот вращения магнитного поля статора n_1 и ротора n_2 электродвигателя характеризуется скольжением, которое выражают в долях единицы или в процентах частоты вращения магнитного поля:

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \text{ или } S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} 100\ \%.$$

При полной нагрузке скольжение у электродвигателей колеблется в пределах от 1 до 7 %. У электродвигателей большой мощности скольжение меньше, чем у электродвигателей малой мощности.

Мощность двигателя определяют по формуле (Вт),

$$P = Mn/9{,}55,$$

где M – вращающий момент, Нм; n – частота вращения, об/мин.

Асинхронная машина может работать в режимах: генераторном, противовключения, динамического торможения и двигательном.

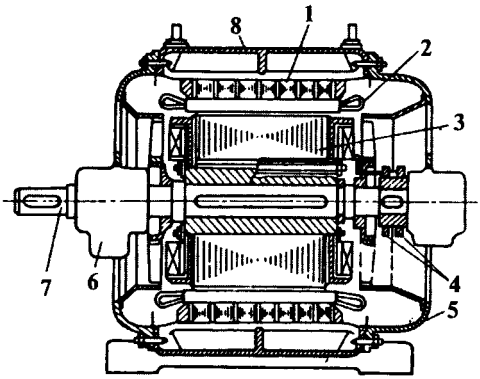


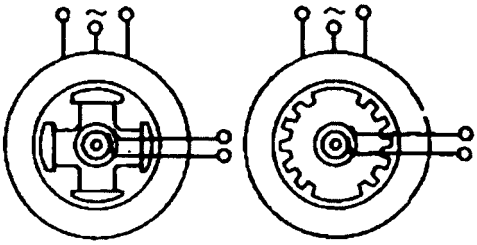
Рис. 165. Синхроиный электродвигатель:

1 – сердечник статора; *2* – обмотка статора; *3* – полюс ротора; *4* – контактные кольца; *5* – подшипниковый щит; *6* – подшипник (корпус); *7* – вал; *8* – станина

Частота вращения *n синхронной* машины (рис. 165) в установившемся режиме не зависит от ее нагрузки. Она определяется частотой тока *f* в обмотке статора и числом пар полюсов машины *p*. При работе машины в качестве двигателя подключают обмотку статора к трехфазной сети. Ротор начинает вращаться и постепенно достигает частоты, близкой к частоте вращения поля статора. Далее подают постоянный ток в обмотку возбуждения. В результате сцепления полей ротора и статора частота вращения ротора становится неизменной и соответствующей частоте тока сети.

Синхронные машины выпускают с двумя модификациями роторов. При частотах вращения до 1500 об/мин применяют *явнополюсные роторы* (рис. 166, а), при больших частотах вращения – *неявнополюсные* (рис. 166, б). В неявнополюсных роторах обмотку возбуждения распределяют по его пазам и надежно закрепляют. Станину статора синхронной машины изготавливают литьем из серого чугуна, силумина, а для крупных машин – из стальных листовых сварных конструкций. Внутри станина имеет продольные ребра, равномерно расположенные по внутренней поверхности. Между этими ребрами запрессован сердечник статора.

Сердечник статора изготавливают шихтовкой колец или сегментов, штампованных из электротехнической стали толщиной 0,5 мм. Кольца и сегменты имеют выступы или впадины для фиксации их в ребрах станины при сборке. По внутренней окружности заготовок сердечников равномерно распределены пазы, в которых после сборки сердечника располагают активные проводники обмотки статора.



а б

Рис. 166. Коиструктивиые схемы роторов синхронных машин:

а – явнополюсного;
б – неявнополюсного

Пазы статоров синхронных машин могут иметь различную форму: полузакрытые, полуоткрытые и открытые.

Сердечник явнополюсного ротора синхронной машины состоит из ярма и полюсов, укрепленных на корпусе. Полюса изготавливают путем набора пластин из листовой стали Ст3 толщиной 1–1,5 мм. Пластины прессуют нажимными щеками с помощью специальных шпилек.

В машинах малой и средней мощности ярмо роторов выполняют массивным. Полюса крепят к ярму радиальными болтами. В машинах большой мощности ярмо выполняют шихтованным из штампованных листов стали Ст3 толщиной до 6 мм или из листов толщиной до 100 мм. Полюса соединяют с ярмом креплением клиньями Т-образных хвостовиков в пазах ярма.

Пуск синхронных двигателей. Для синхронных двигателей применяют асинхронный пуск, аналогичный пуску короткозамкнутого асинхронного двигателя; без нагрузки с помощью разгонного двигателя; частотный пуск, применяемый в специальных установках при питании обмотки статора синхронного двигателя от источника электроэнергии с плавно регулируемой частотой в диапазоне от нуля до номинального значения.

Чаще всего для синхронных двигателей применяют асинхронный пуск, осуществляемый включением статорной обмотки в питающую сеть при номинальном или пониженном напряжении на зажимах двигателя (рис. 167, а).

Если присоединить обмотку статора двигателя к сети трехфазного тока, а его обмотку возбуждения запитать постоянным током, то ротор вращаться не будет. При неподвижном роторе усилие, возникающее в результате взаимодействия магнитных полей статора и ротора, будет изменять свое направление с частотой 100 Гц.

Если ротор синхронного двигателя довести до подсинхронной частоты, то дальше он сам может разогнаться до синхронной частоты вращения.

Для разгона синхронного двигателя до подсинхронной частоты вращения используют *пусковую обмотку*. Она аналогична обмотке ротора асинхронного короткозамкнутого двигателя и представляет собой стержни, заложенные в полюса ротора.

При включении обмотки статора синхронного двигателя в сеть его обмотка возбуждения действует как вторичная обмотка трансформатора, первичной обмоткой которого является обмотка статора. Обмотка возбуждения имеет много витков, поэтому индуцируемое в ней напряжение может оказаться опасным для изоляции.

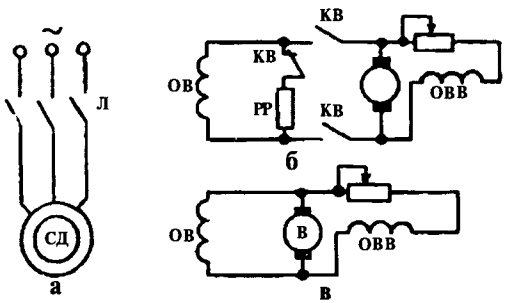


Рис. 167. Схемы цепи возбуждения статора (*а*) синхроиного двигателя с машинным возбудителем при пуске с разрядным резистором (*б*) и с глухоподключеиным возбудителем (*в*)

Часто на период пуска обмотку возбуждения замыкают контактором КВ на разрядный резистор, сопротивление которого должно обеспечить снижение напряжения на обмотке возбуждения до 1000–2000 В, т. е. до значения, безопасного для изоляции (рис. 167, б). Многие синхронные двигатели имеют на своем валу возбудитель В в виде генератора постоянного тока параллельного возбуждения.

В настоящее время применяют и схему пуска синхронного двигателя с наглухо подключенным возбудителем без разрядного резистора (рис. 167, в). В этом случае якорь возбудителя выполняет роль разрядного резистора. В его цепи при пуске проходит переменный ток, который, однако, не причиняет ему вреда. При частоте вращения ротора, равной 60–70 % синхронной, возбудитель возбуждает двигатель, благодаря чему при приближении к синхронной частоте вращения двигатель втягивается в синхронизм. Данная схема обеспечивает надежное втягивание двигателя в синхронизм, если момент сопротивления на валу при подсинхронной частоте вращения не превышает (0,4–0,5) $M_{ном}$. Путем совершенствования пусковой обмотки двигателя можно достичь надежного втягивания в синхронизм и при моменте статического сопротивления, равном номинальному моменту двигателя. При большой потере напряжения в сети и опасности перегрева пусковой обмотки осуществляют реакторный или автотрансформаторный пуск при пониженном напряжении, как и в случае короткозамкнутых асинхронных двигателей.

В некоторых случаях применяют частотный пуск. Двигатель при этом питают от отдельного источника питания и частоту его тока плавно поднимают от нуля. Синхронный двигатель в этом случае приходит в синхронное вращение уже при достаточно малой частоте.

В последние годы внедряют систему возбуждения синхронных двигателей с питанием обмотки возбуждения от сети переменного тока через тиристорные выпрямители.

Синхронные компенсаторы. Синхронную машину, работающую в двигательном режиме без нагрузки на валу, называют *синхронным компенсатором*. В зависимости от тока возбуждения синхронный компенсатор может генерировать реактивную энергию в сеть или потреблять ее из сети. Передача реактивной энергии от электростанции связана с дополнительными потерями в трансформаторах и линиях передачи. Если в центре нагрузок включить синхронный компенсатор, он, генерируя реактивную энергию, необходимую приемникам, позволит разгрузить линии, соединяющие электростанции с нагрузками, от реактивного тока, что улучшит условия работы сети в целом.

Синхронные компенсаторы характеризуются номинальной мощностью, напряжением и током статора, частотой, номинальным током ротора и потерями в номинальном режиме.

Номинальное напряжение синхронного компенсатора в соответствии со стандартом выбирают на 5 или 10 % выше соответствующего номинального напряжения электрической сети. Номинальную мощ-

ность определяют как длительно допустимую нагрузку при номинальном напряжении и номинальных параметрах охлаждающей среды. Она должна соответствовать ряду мощностей согласно ГОСТ 609–75*. Здесь минимальная мощность синхронного компенсатора определена в 10 МВ А, а максимальная – 160 МВ А.

Номинальный ток статора определяют на основании значений номинальной мощности и номинального напряжения. Номинальный ток ротора соответствует наибольшему значению тока, при котором обеспечивается номинальная мощность компенсатора в режиме перевозбуждения при отклонении напряжения в сети в пределах ±5% номинального напряжения.

Синхронные компенсаторы не предназначены для выполнения механической работы и не несут активной нагрузки на валу, поэтому они имеют механически облегченную конструкцию.

Ротор синхронного компенсатора изготавливают явнополюсным.

Современные синхронные компенсаторы имеют асинхронный пуск, аналогичный пуску синхронных двигателей, и чаще всего воздушное или водородное охлаждение.

Синхронные генераторы

Конструкция синхронных генераторов аналогична конструкции синхронных электродвигателей.

Работа синхронных генераторов основана на принципе электромагнитной индукции (рис. 168). Если через неподвижные щетки, скользящие по двум вращающимся кольцам, к обмоткам полюсов подвести постоянный ток $I_в$, то он создаст 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 электродвижущую силу. Так как обмотка статора пересекается магнитным потоком, который изменяет при вращении полюсов свое направление, то индуцируемая эдс будет переменной. Чем больше частота вращения ротора, тем больше эдс.

С увеличением частоты вращения размеры и масса синхронных генераторов уменьшаются. Отечественные заводы выпускают пре-

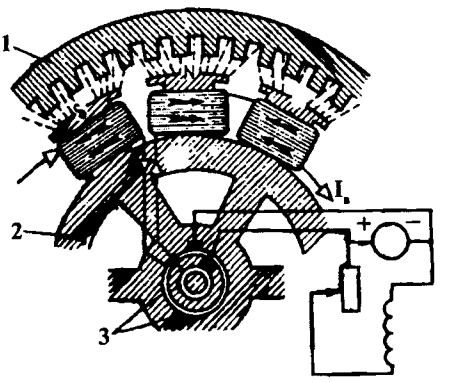


Рис. 168. Схема синхрониого генератора:

1 – статор; *2* – ротор; *3* – контактные кольца; $I_в$ – ток возбуждения

имущественно двухполюсные турбогенераторы на 3000 об/мин, что является наибольшей возможной частотой вращения синхронного генератора при $f = 50$ Гц.

Промышленность выпускает двухполюсные генераторы мощностью 2,5; 4; 6; 12; 30; 50; 60; 100; 150; 200; 300; 500; 800; 1200 МВт.

Номинальные напряжения приняты на 5 % выше номинальных напряжений соответствующих электросетей для компенсации потерь напряжения в сетях при нагрузке и равны: 42, 230, 400, 690, 3150, 6300, 10 500, 21 000 и 24 000 В. Номинальное напряжение генераторов крупных электростанций чаще всего бывает 6,3–24 кВ.

На современных электростанциях, как правило, устанавливают несколько генераторов, включаемых параллельно. Объясняется это тем, что график нагрузки станции колеблется как в различные времена года, так и в течение суток. Существуют два способа включения синхронных генераторов в сеть: способ точной синхронизации и способ самосинхронизации.

Условия параллельного включения синхронных генераторов по способу точной синхронизации следующие:

1. Действующее значение эдс подключаемого генератора и его частота должны быть практически равны действующему значению напряжения сети и ее частоте.

2. Включение должно быть произведено в тот момент времени, когда сумма напряжения первого генератора и электродвижущая сила второго генератора равна нулю.

3. Порядок следования фаз работающего и подключаемого генераторов должен быть один и тот же, например A_I–B_I–C_I первого и A_{II}–B_{II}–C_{II} второго.

Для проверки правильности фазировки применяют фазные лампы, включаемые во все три фазы генератора. При этом может быть использована одна из схем, изображенных на рис. 169.

В первом случае при совпадении фаз все лампы будут загораться и гаснуть одновременно. Рубильник, обеспечивающий подключение второго генератора, следует включать в момент полного погасания ламп. Во втором случае лампы горят с различной яркостью. Включать рубильник следует в тот момент, когда лампа, подключенная между A_I и A_{II}, потухнет. Метод точной синхронизации трудоемок и требует много времени. Поэтому

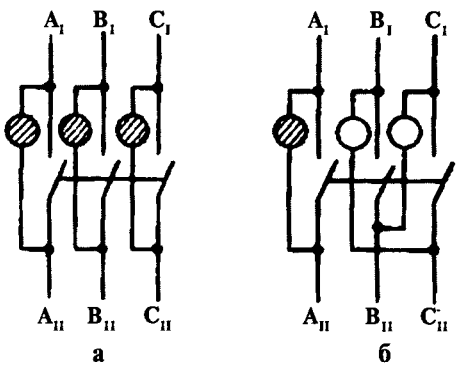


Рис. 169. Схемы включения ламп при синхронизации:
а – на потухание;
б – на вращение света

в последнее время широко применяют метод самосинхронизации. При этом методе генератор приводится во вращение приводным двигателем со скоростью, которая может отличаться от синхронной на ±2 %, и включается в сеть без возбуждения, причем обмотка ротора во избежание перенапряжения в момент включения замыкается накоротко или через небольшое сопротивление. После включения сразу же подается возбуждение и генератор втягивается в синхронизм.

Электрические машины постоянного тока

Основные части машины постоянного тока показаны на рис. 170 Коллектор предназначен для получения на выводах машины постоянного по направлению тока (рис. 171). При вращении якоря в витке его обмотки наводится переменная эдс одного направления. Щетка А примыкает к стороне витка, в которой эдс направлена к коллекторной пластине. Полярность ее будет положительной (+). Полярность щетки В получается отрицательной (−), поскольку на нижней стороне витка, с которой соединена в данный момент щетка В, эдс направлена от коллектора. Если якорь повернется на пол-оборота, то стороны витка поменяются местами. Направление эдс изменится в них на обратное. Таким образом, полярность щетки Л по-прежнему будет положительной, а полярность щетки В − отрицательной.

При вращении якоря виток займет и такое положение, в котором каждая из щеток будет примыкать к обеим коллекторным пластинам одновременно и виток окажется замкнутым накоротко. Сила тока витка зависит от его сопротивления, которое очень мало, как и эдс в этом витке. Для уменьшения силы тока щетки располагают так, чтобы замыкание витка происходило в момент, когда его стороны находятся в зоне минимальных индукций. При этом наводимая в короткозамкнутом витке эдс будет минимальной. Положение этой зоны определяют нейтралью, т. е. линией, проходящей через точки, в которых индукция в воздушном зазоре машины равна нулю. В частности, под *геометрической нейтралью* понимают линию симметрии, разделяющую северный и южный полюса. На этой линии при холостом ходе генератора магнитная индукция равна нулю.

Машины постоянного тока выполняют с независимым возбуждением или с самовозбуждением. Независимое возбуждение в большинстве случаев электромагнитное, т. е. на полюсах имеется обмотка возбуждения, по которой проходит постоянный ток от постороннего источника. В машинах с самовозбуждением ток для обмотки возбуждения поступает с якоря.

Возможны три варианта соединения обмотки возбуждения с обмоткой якоря: параллельное, последовательное, смешанное. В соответствии с этим различаются машины *постоянного тока параллельного, последовательного и смешанного возбуждения.* В последнем случае в машине имеются две обмотки возбуждения. Возможно также

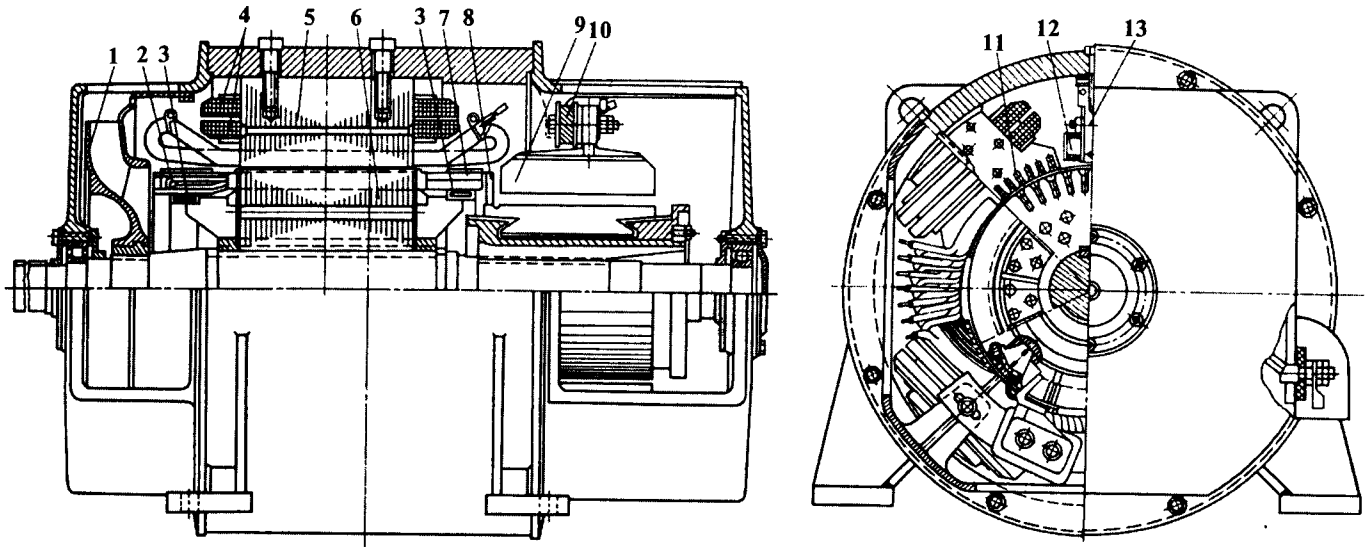
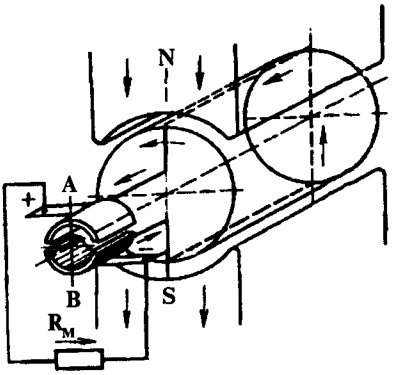


Рис. 170. Двигатель постоянного тока серии П:

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

Рис. 171. Принцип действия машины постоянного тока с коллектором



комбинированное возбуждение, например независимое с параллельным, независимое с последовательным и т. д.

У машины с параллельным возбуждением (рис. 172, а) обмотка возбуждения получает питание от зажимов якоря. Скорость вращения двигателей при постоянном напряжении мало зависит от нагрузки и уменьшается на 2–8% при переходе от холостого хода к номинальному режиму. Скорость вращения двигателей можно изменять в пределах 1:1,5 (1:3) с помощью реостата в цепи обмотки возбуждения. Скорость вращения двигателя при увеличении температуры окружающей среды на 50 °С может возрасти на 5–10%. С целью расширения пределов регулирования скорости вращения двигатель снабжают небольшой последовательной (стабилизирующей) или компенсационной обмоткой.

У машины с последовательным возбуждением (рис. 172, б) обмотка возбуждения включена последовательно с якорем. Ее применяют, главным образом, в качестве двигателей для подъемных устройств и в металлургии.

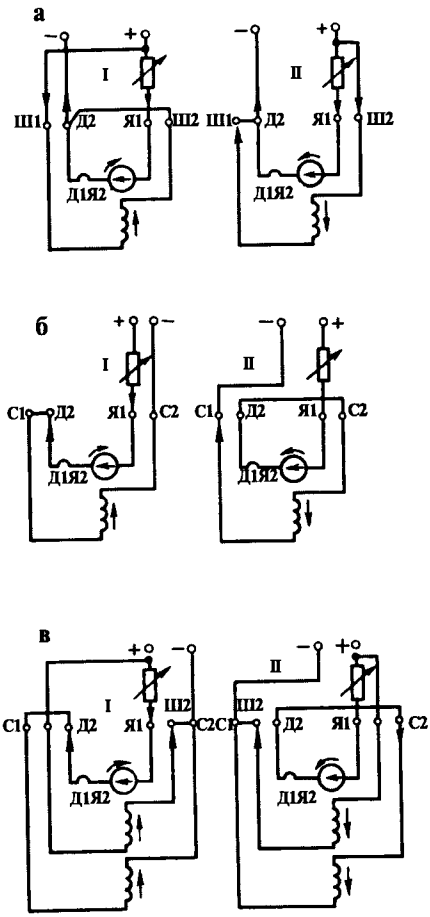


Рис. 172. Схемы соединения выводов электродвигателей постоянного тока:

I – правое вращение; *II* – левое вращение; *а* – с параллельным возбуждением; *б* – с последовательным возбуждением; *в* – со смешанным возбуждением

Машины со смешанным возбуждением (рис. 172, в) имеют параллельную и последовательную обмотки. Обычно одна (основная) обмотка создает бóльшую намагничивающую силу, а вторая (вспомогательная) меньшую. Обмотки возбуждения могут быть включены согласно или встречно и соответственно магнитный поток создается суммой или разностью намагничивающих сил обмоток. Пуск и работа двигателей смешанного возбуждения зависят от того, какая из обмоток играет главную роль.

Электрическая машина постоянного тока является *обратимой*, т. е. она может работать как в режиме двигателя, потребляя электрическую энергию из сети и преобразуя ее в механическую, так и в режиме генератора, получая механическую энергию на вал извне и преобразуя ее в электрическую, которая снимается с зажимов машины. В электроприводе электрическая машина обычно работает в режиме двигателя, однако в ряде случаев возможен и генераторный режим. Механическая энергия получается при этом от приводимого механизма, например вследствие опускающегося груза или запасенной в движущихся частях кинетической энергии, и превращается в электрическую энергию, которая передается в общую сеть или нагревает резисторы. Электрическая машина, работающая в режиме генератора, оказывает на привод тормозящее действие.

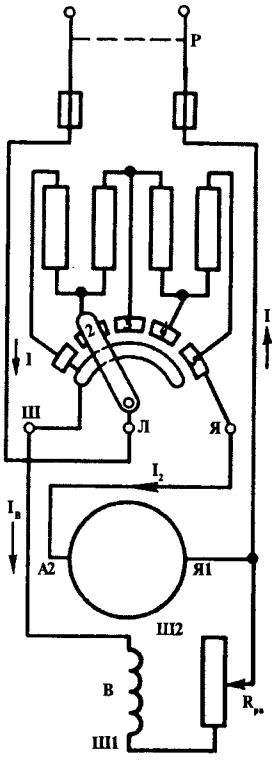


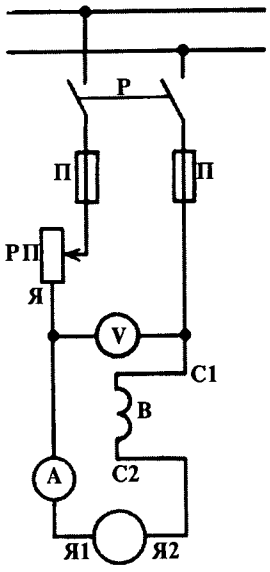
Рис. 173. Трехзажимный пусковой реостат

Пуск двигателей. Пуск и отключение двигателя параллельного возбуждения от сети удобно производить трехзажимным пусковым реостатом, схема которого изображена на рис. 173.

Сопротивление реостата состоит из секций с отводами к неподвижным контактам 1, 2, 3, 4 и 5. Конец четвертой секции соединен с контактом 5 и с зажимом Я. Металлическая дуга С соединена с зажимом Ш. Подвижные контакты укреплены на ручке реостата и соединены с зажимом Л. С помощью этих контактов производят соединение через зажим Л одного из проводов сети с дугой С и переключение секций сопротивления. Перед пуском электродвигателя ручку реостата ставят в положение 0, замыкают рубильник Р и устанавливают ручку реостата в положении 1, включая в сеть цепь обмотки якоря и цепь обмотки возбуждения В. В конце пуска реостат должен быть полностью выведен.

При отключении двигателя от сети, для уменьшения тока в цепи якоря сопротивле-

Рис. 174. Схема пуска двигателя последовательного возбуждения



ние пускового реостата вводят полностью и затем отключают рубильник.

Пуск двигателя последовательного возбуждения (рис. 174) осуществляют путем применения пускового реостата РП или другим способом, понижающим напряжение на зажимах двигателя. Скорость вращения якоря у двигателей последовательного возбуждения изменяется обратно пропорционально току двигателя или корню квадратному из значения вращающего момента.

При малой нагрузке скорость вращения якоря может достичь недопустимо большого значения и поэтому для предупреждения аварии нагрузка у этих двигателей не должна уменьшаться ниже одной четверти номинальной.

Техническое обслуживание электрических машин

Перед пуском в ход вновь установленного электродвигателя или после монтажа установки (агрегата) место, где установлен электродвигатель, очищают от мусора, пыли, грязи, затем тщательно осматривают доступные внутренние части, проверяют, нет ли в машине посторонних предметов, продувают электродвигатель сухим сжатым воздухом при давлении не выше 0,2 МПа.

Измеряют сопротивление изоляции, проверяют состояние наружных болтовых соединений и, если нужно, подтягивают их; осматривают подводящие кабели и затяжку заземляющих болтов; проверяют соответствие напряжения сети напряжению, указанному на щитке электродвигателя, проворачивают ротор вручную; промеряют правильность сопряжения валов электродвигателя и приводимого механизма.

Центровку валов проводят по центровочным скобам (рис. 175). Результаты замера радиальных и осевых (рис. 175, б) зазоров наносят на круговую диаграмму центровки. Замеряют при четырех положениях валов, т. е. из первого положения оба вала одновременно поворачивают на 90, 180, 270° так, чтобы центровочные скобы заняли последовательно левое, нижнее и боковое правое положение. После каждого поворота на 90° валы отжимают вдоль оси в разные стороны до упора галтелей шеек валов в торцы подшипников. После каждого связанного с центровкой перемещения машины фундаментные болты туго затягивают. Центровка проведена правильно,

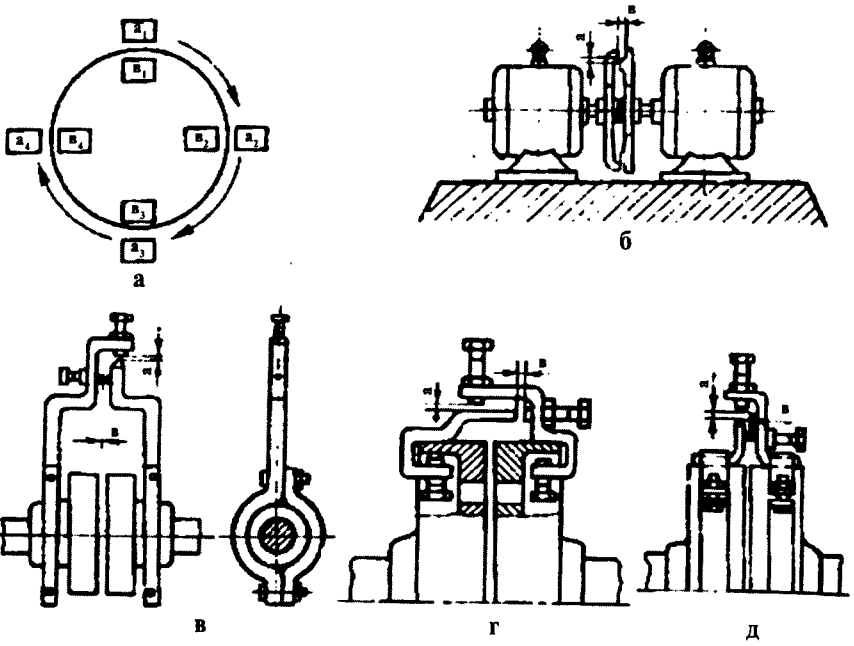


Рис. 175. Круговая диаграмма центровки (*а*) и положение (*б*) при центровке полумуфт с помощью центровочных скоб, закрепленные на втулках полумуфт (*в*), ободе полумуфт (*г*) , хомутами на полумуфтах (*д*)

если $a_1 = a_3$, $a_2 = a_4$; $b_1 = b_3$, $b_2 = b_4$. Разность величин диаметрально противоположных зазоров $(a_1 - a_3)$ или $(b_1 - b_3)$ определяет точность центровки.

Осмотры электродвигателей, находящихся в эксплуатации, систем их управления и защиты проводят по графику, утвержденному главным энергетиком предприятия. Осмотр и проверку целостности заземления проводят ежедневно (при наличии дежурного).

При осмотре электродвигателей напряжением до 10 кВ (синхронных и асинхронных) контролируют температуру подшипников, обмоток, корпусов, нагрузку, вибрацию. Проверяют чистоту машины, помещения, охлаждающей среды, работу подшипников и щеточного аппарата, исправность ограждений.

Измерение температуры подшипников производят методом термометра. У подшипников качения измеряют температуру на внешнем кольце в момент останова машины, у подшипников скольжения – температуру вкладыша или масла, у подшипников скольжения с принудительной смазкой – температуру вкладыша или выходящего масла.

Если электрическая машина имеет со стороны привода общий с присоединенным механизмом подшипник, конструктивно принад-

лежащий этому механизму, то измерение температуры этого подшипника не входит в объем испытаний электрической машины.

Предельная допустимая температура подшипников не должна превышать следующих значений: для подшипников скольжения 80 °С (температура масла при этом не должна быть более 65 °С), для подшипников качения 100 °С. Более высокая температура допускается, если применены специальные подшипники качения или специальные сорта масел при соответствующих вкладышах для подшипников скольжения.

В процессе эксплуатации у отдельных электромашин возникают неисправности. Способы определения и устранения причин, приводящих к ненормальным режимам работы электрических машин, приведены в табл. 25–27. Если при техническом обслуживании обнаруженную неисправность устранить нельзя из-за сложности, то определяют, какому виду ремонта подлежит электрическая машина (текущему или капитальному).

При осмотре у электродвигателей, расположенных на движущихся частях рабочей машины, омметром проверяют, нет ли обрыва заземляющей жилы кабеля.

Состояние соединительной муфты или шкива проверяют, обращая особое внимание на 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 шкуркой, 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. Очищают щеточный механизм сухим обтирочным материалом, а затем осматривают.

При осмотре щеточного механизма проверяют биение коллектора и контактных колец. Биение (мм) не должно превышать следующих величин: для коллекторов диаметром до 250 мм – 0,02, 600 – 0,03–0,05, более 600 мм – 0,06; для контактных колец диаметром до 500 мм – 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

Таблица 25

Неисправности машин постоянного тока и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
1	2	3
Искрение под всеми щетками или частью их, сопровождающееся повышением нагрева как щеток, так и коллектора	Щетки установлены неправильно	Проверить положение щеток по меткам завода-изготовителя на траверсе
	Разное расстояние отдельных бракетов между щетками по окружности коллектора	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
	Неправильно установлены щеткодержатели	Уменьшить расстояние между обоймой щеткодержателя и коллектором, проверить соответствие установки реактивного щеткодержателя направлению вращения коллектора
	Неправильно установлены щетки в щеткодержателе или сами щетки находятся в неудовлетворительном состоянии	Проверить состояние щеток и размеры обойм щеткодержателей, при необходимости заменить
	Вибрирует щеточный бракет	Подтянуть болты, крепящие бракет к траверсе
	Слабо или очень сильно прилегают щетки	Установить требуемое нажатие
	Используются щетки разных сортов	Установить щетки в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя
Плохо возбуждается генератор, двигатель медленно разворачивается или работает с ненормальной частотой вращения, искрят щетки	Замыкания отдельных соседних пластин коллектора заусенцами	Шабером удалить заусенцы, отшлифовать коллектор стеклянной шкуркой
	Замыкания между петушками коллектора	Устранить замыкание
	Межвитковое замыкание в одной или нескольких якорных катушках	Поврежденные якорные катушки заменить новыми или отремонтировать

Продолжение таблицы 25

1	2	3
Генератор отдает или двигатель берет ток больше номинального	Машина перегружена	Увеличить регулировочное сопротивление в параллельной обмотке генераторов
При нормальной нагрузке частота вращения меньше номинальной, обмотка якоря перегревается	Плохая вентиляция машины	Снизить нагрузку или обеспечить повышенную вентиляцию
Генератор плохо возбуждается, двигатель медленно идет в ход	Межвитковое замыкание в одной или нескольких якорных катушках	Неисправные катушки отремонтировать или заменить новыми
	Короткое замыкание обмотки якоря заусенцами через пластины коллектора	Удалить все заусенцы острым шабером, отшлифовать коллектор
	Соединение отдельных петушков или короткое замыкание обмотки	Проверить состояние коллекторных петушков и устранить неисправность
Генератор при номинальной частоте дает высокое напряжение	Поврежден регулятор возбуждения или подобран неправильно, в результате чего ток возбуждения велик	Проверить исправность регулятора возбуждения и при необходимости заменить новым
Двигатель не идет в ход	Перегорели предохранители	Заменить предохранители
	Обрыв в пусковом реостате или проводах	Устранить повреждение
	Обрыв в обмотке якоря	Устранить повреждение. В основном обрыв выявляется в соединениях между коллектором и обмоткой

коллектору деревянный брусок, шлифовку и проточку выполняют на токарных станках.

При необходимости заменяют щетки, устанавливая их в щеткодержателях так: марка щетки должна соответствовать данным завода-изготовителя, типу 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 более 2—4 мм.

Таблица 26

Неисправности асинхронных электродвигателей и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
1	2	3
Щетки искрят, некоторые щетки и их арматура сильно нагреваются и обгорают	Щетки плохо пришлифованы	Пришлифовать щетки
	Щетки не могут свободно двигаться в обойме щеткодержателя – мал зазор	Установить нормальный зазор между щеткой и обоймой 0,2–0,3 мм
	Загрязнены или замаслены контактные кольца и щетки	Очистить бензином кольца и щетки и устранить причины загрязнения
	Контактные кольца имеют неровную поверхность	Обточить или отшлифовать контактные кольца
	Слабо прижаты щетки к контактным кольцам	Отрегулировать нажатие щеток
	Неравномерное распределение тока между щетками	Отрегулировать нажатие щеток, проверить исправность контактов траверс, токопроводов, щеткодержателей
Равномерный перегрев активной стали статора	Напряжение сети выше номинального	Снизить напряжение до номинального; усилить вентиляцию
Повышенный местный нагрев активной стали при холостом ходе и номинальном напряжении	Между отдельными листами активной стали имеются местные замыкания	Удалить заусенцы, устранить замыкание и обработать листы изоляционным лаком
	Нарушено соединение между стяжными болтами и активной сталью	Восстановить изоляцию стяжных болтов
Двигатель с фазным ротором не развивает номинальной частоты вращения с загрузкой	Плохой контакт в пайках ротора	Проверить все пайки ротора. В случае отсутствия неисправностей при наружном осмотре проверку паек проводят методом падения напряжения

Продолжение таблицы 26

1	2	3
	Обмотка ротора имеет плохой контакт с контактными кольцами	Проверить контакты токопроводов в местах соединения их с обмоткой и контактными кольцами
	Плохой контакт в щеточном аппарате. Ослабли контакты механизма для короткого замыкания ротора	Прошлифовать и отрегулировать нажатие щеток
	Плохой контакт в соединениях между пусковым реостатом и контактными кольцами	Проверить исправность контактов в местах присоединения соединительных проводов к выводам ротора и пускового реостата
Двигатель с фазным ротором идет в ход без нагрузки – при разомкнутой цепи ротора, а при пуске в ход с нагрузкой не развивает оборотов	Короткое замыкание между соседними хомутиками лобовых соединений или в обмотке ротора	Устранить касание соседних хомутиков
	Обмотка ротора в двух местах заземлена	После определения короткозамкнутой части обмотки поврежденные катушки заменить новыми
Двигатель с короткозамкнутым ротором не идет в ход	Перегорели предохранители, неисправен автоматический выключатель, сработало тепловое реле	Устранить неисправности
При пуске двигателя происходит перекрытие контактных колец электрической дугой	Контактные кольца и щеточный аппарат загрязнены	Провести очистку
	Повышенная влажность воздуха	Провести дополнительную изоляцию или заменить двигатель другим, соответствующим условиям окружающей среды
	Обрыв в соединениях ротора и в самом реостате	Проверить исправность соединения

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 устанавли-

Таблица 27

Неисправности синхронных машин и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
1	2	3
Неисправен возбудитель Искрение щеток	См. табл. 25 и табл. 26	Аналогично способам, изложенным в табл. 25 и 26
Активная сталь статора равномерно перегрета, хотя нагрузка генератора не превышает номинальной	Повышено напряжение по сравнению с номинальным	Понизить напряжение до номинального
	Генератор вращается с частотой ниже номинальной	Исправить первичный двигатель; установить нормальную частоту колебаний сети
Возбудитель дает очень большой ток при включении цепи возбуждения	Короткое замыкание между проводами, соединяющими возбудитель с контактными кольцами или между контактными кольцами	С помощью мегаомметра или контрольной лампы найти место короткого замыкания и устранить его
Частота вращения генератора ниже номинальной	Неисправность первичного двигателя	Проверить и исправить первичный двигатель
	Низкая частота колебаний сети	Принять меры к восстановлению частоты
Напряжение генератора при номинальных частоте вращения и токе возбуждения меньше номинального	Неверно соединены катушки обмотки возбуждения	Проверить полярность катушек и правильно их соединить
	Межвитковое соединение или заземление в двух местах обмотки возбуждения	Определить место замыкания и устранить его
При исправном возбудителе в обмотке статора имеется напряжение только между двумя фазами	Обрыв в одной фазе обмотки статора при соединении звездой или обрыв в двух фазах обмотки при соединении треугольником	Найти и устранить обрыв

вают на одной прямой, параллельной оси коллектора и ребрам коллекторных пластин. Регулируют механизм подъема щеток асинхронных электродвигателей с фазным 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 каме-

ры 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 висциновым или веретенным маслом. Механизм подачи должен действовать исправно.

При осмотре убеждаются в герметичности стыков, наличии масла, исправности механизма подачи.

Подшипники через 4000 ч работы, но не реже одного 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.

У подшипников электродвигателей вибрация не должна превышать следующих значений:

Частота вращения, об/мин	3000	1500	1000	750
Вибрация, мм	0,05	0,1	0,13	0,16

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 следует: 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.

Замену щеток у электродвигателей с фазным ротором необходимо производить по мере их износа, руководствуясь данными, приведенными в таблице 28.

Для обеспечения нормальной работы электродвигателя необходимо поддерживать напряжение на шинах питающей подстанции в пределах от 100 до 105 % номинального. По производственным причинам допускается работа электродвигателя при отклонении напряжения от -5 до +10% номинального.

При техническом обслуживании асинхронных электродвигателей мощностью 4000 кВт и выше периодически проверяют и контролируют:

затяжку фундаментальных болтов и все механические крепления;

осевой разбег ротора, который должен быть в пределах 1— 4 мм при диаметре шеек до 200 мм и не более 2 % размера диаметра при диаметре более 200 мм;

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 одного раза в 3 мес) 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 двигателя 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.

Таблица 28

Предельные значения износа щеток

Габарит электродвигателя	Размер щетки, мм	Марка щетки	Высота износившейся щетки, мм
4	8 × 12,5 × 25	МГ-4	12
5	10 × 16 × 25	МГ-4	12
6	10 × 20 × 32	МГ-2	18
7	12,5 × 25 × 40	МГ-6	20
8	12,5 × 25 × 40	МГ-4	20
9	12,5 × 25 × 40	МГ-4	20

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 амперметра. Поэтому, если во время осмотра обнаружено такое нарушение в работе, следует проверить 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 просадке фундамента. Вибрация может возникнуть также в результате короткого замыкания внутри статорной обмотки, из-за чего создается асимметрия 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 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. 176, 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 освобождают инерционную массу и производят отсчет показаний. Ширина отклонения стрелки индикатора представляет амплитуду вибрации или двойную амплитуду колебаний.

Если виброметр установить так, что плоскость его циферблата будет перпендикулярна оси вала, а штифт направить горизонтально, то виброметром можно измерить горизонтально-поперечную

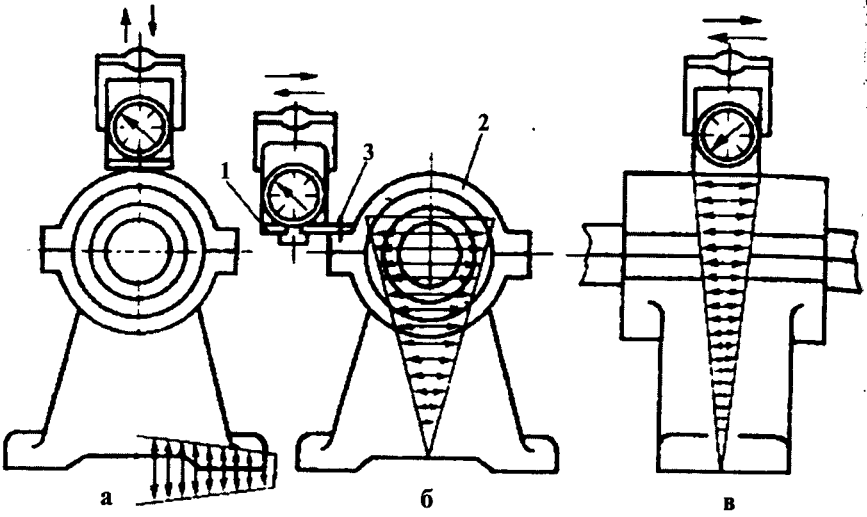


Рис. 176. Измерение вибрации в трех направлениях

вибрацию (рис. 176, б). Если нужно измерить продольную (горизонтально-осевую) вибрацию, то плоскость циферблата индикатора направляют параллельно оси вала, а штифт горизонтально, как показано на рис. 176, в.

Вибрацию измеряют при нескольких значениях нагрузки электрической машины: при холостом ходе 50; 75 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 подшипников и 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 $R_{60''}/R_{15''}$, где $R_{60''}$ и $R_{15''}$ – сопротивления изоляции, отсчитанные спустя 60 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 обеспечиваться перерывами в подаче тока в статор.

Сушку двигателя заканчивают, если коэффициент абсорбции и сопротивление изоляции остаются неизменными в течение 3– 5 ч при постоянной температуре. Обычно сушка двигателя, например АЗ-4500-1500, продолжается от 2 до 4 сут 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 к концу сушки сопротивление изоляции стабилизируется 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:

статоров 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;

якорей машин постоянного тока напряжением до 750 В – 1 МОм на 1 кВ;

роторов асинхронных и синхронных электродвигателей, включая цепь возбуждения, – 1 МОм на 1 кВ, но не менее 0,2–0,5 МОм;

электродвигателей напряжением 3000 В и более: статоров – 1 МОм на 1 кВ, роторов – 0,2 МОм на 1 кВ.

При техническом обслуживании синхронных электродвигателей, например СТМ-4000-2, перед остановкой их 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 галтелями 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 оттисков свинцовой проволоки и зазор между рабочей поверхностью вкладыша и шейкой вала.

Проверяется состояние рабочей поверхности баббита вкладыша, 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 предусмотренных заводом-изготовителем значений.

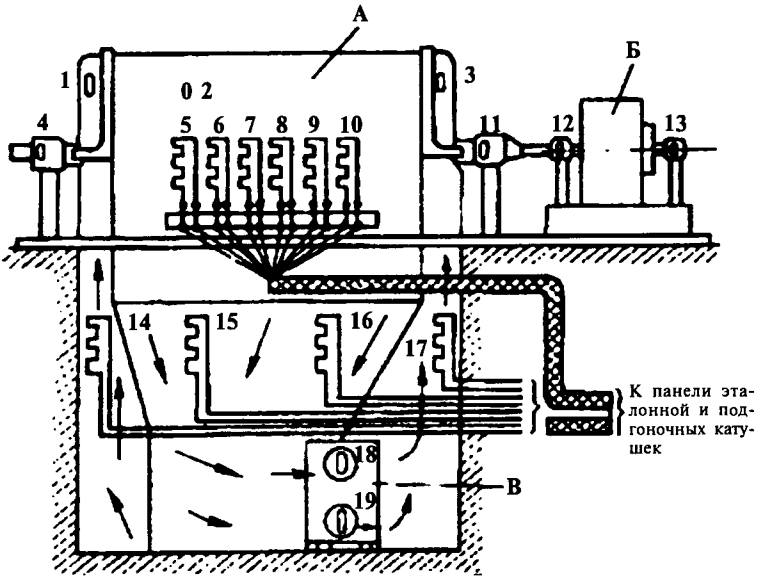


Рис. 177. Схема теплового контроля электродвигателя СТМ-4000-2:
А – электродвигатель; *Б* – возбудитель; *В* – воздухоочиститель; *1, 3, 14, 17* – места измерения температуры холодного воздуха; *2, 15, 16* – горячего воздуха; *4, 11* – подшипники двигателя; *5, 7, 9* – температура «меди»; *6, 8, 10* – температура «стали»; *12, 13* – подшипники возбудителя; *18* – холодная вода; *19* – горячая вода

Тепловой контроль за нагревом отдельных элементов электродвигателя осуществляют с помощью термометров сопротивления, включенных на логометр, и частично ртутными термометрами (рис. 177).

Если цикл охлаждения замкнут, то температура 40 °С входящего в электродвигатель воздуха и 35 °С в возбудитель считаются нормальными.

Если температуры входящего воздуха отличаются от указанных, мощности, при которых следует использовать двигатель, не должны превосходить значений, указанных ниже:

Температура входящего воздуха, °С	55	50	45	40	30
Максимальная мощность, % 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 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 фильтр 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.

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 присоединение проводов, зачистку колец и коллекторов, регулирование и крепление траверсы щеткодержателя, восстановление изоляции и 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 покровным 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, их перезаливку, 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 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.

Оценка состояния деталей и определение вида ремонта. Дефектацию производят до разборки, в процессе разборки и после нее. До разборки производят 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 напряжением, замеряют пофазно силу тока холостого хода, проверяют шумы электродвигателя, работу коллектора, нагрев подшипников, величину вибрации и др.

В контрольно-дефектационные операции, проводимые в процессе разборки, входят: измерение 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; выявление неисправности других деталей.

В процессе разборки нельзя допускать повреждений или поломки разбираемых узлов, 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 специальными инструментом и приспособлениями. Устройство для снятия подшипников с вала ротора размещают вблизи рабочих мест разборщиков.

При разборке электродвигателей с высотой оси вращения более 200 мм можно пользоваться специальной подставкой для ног. Стенд, оснащенный подъемником, поворотным столом и конвейером, обеспечивает полную разборку электродвигателей высотой оси вращения более 100 мм.

Для подъема изделий в сборе, узлов и деталей, масса которых превышает 20 кг, используют подъемно-транспортные механизмы и приспособления.

Подъемно-транспортное оборудование должно иметь плавную скорость подъема и опускания. Захват узлов и деталей за рабочие поверхности не допускается.

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.

Разборку можно производить на специальном месте разборщика или на разборочном стенде. Выбор способа разборки зависит от тех-

нических и организационных возможностей производства. Все операции производят в помещениях с температурой 20 ± 5 °С и относительной влажностью не более 80 %.

При подготовительных операциях устанавливают контейнер 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 подшипниковых 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 подшипниковые крышки, 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 производить вывод подшипникового щита из заточки станины 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.

Допустимая разница воздушных зазоров электрических машин не должна превышать значений, указанных в заводских инструкциях.

Разбег, т. е. осевое смещение вала машины в подшипниках скольжения в одну сторону от центрального положения ротора, не должен превышать 0,5 мм для машин мощностью 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.

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

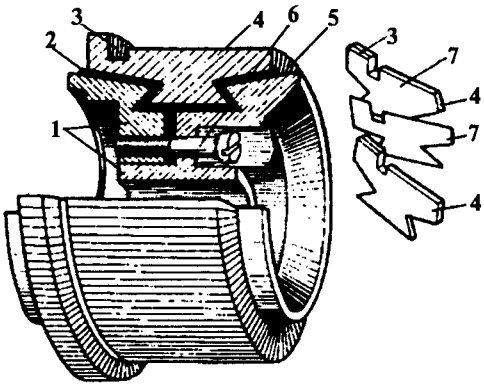


Рис.178. Устройство коллектора:
1 – стальной корпус; *2* – изоляция; *3* – петушки; *4* – коллекторная пластина; *5* – конусная натяжная шайба; *6* – стопорный натяжной винт; *7* – миканитовая прокладка

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. Для большинства электрических коллекторных машин применяют коллектор, показанный на рис. 178. Коллектор 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 приведены в таблице 29.

Ремонт контактных колец. Комплект контактных колец показан на рис. 179. 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. Замену 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.

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 таблице 30.

Таблица 29

Неисправности и способы ремонта коллектора

Неисправность	Причина	Способ ремонта
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 шлиц	Разборка, ремонт или замена пластин
Замыкание между пластинами	Заусенцы на поверхности. Прогар миканитовой 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

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).

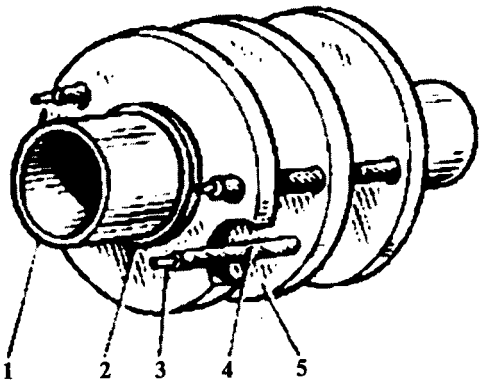


Рис. 179. Кольца контактные в сборе:
1 – втулка; *2* – электрокартон;
3 – шпильки контактные (выводы от колец);
4 – изоляция шпилек;
5 – кольцо контактное

Таблица 30

Неисправности и способы ремонта сердечников статора и ротора

Неисправность	Причина	Способ ремонта
Ослабление прессовки	Выпадение вентиляционных распорок	Ремонт распорок
	Ослабление стяжных болтов. Отлом и выпадение отдельных зубцов	Подтягивание болтов Забивка и укрепление клиньев
Распушение зубцов	Слабые крайние листы или нажимные шайбы	Подпрессовка, усиление 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

Механизм подъема щеток должен быть исправным. На одной машине нельзя применять щетки разных марок. Они должны быть установлены строго на нейтрали. Расстояния 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 1,6 мм –0–0,14 мм.

Допустимые отклонения размеров щеток от номинальных размеров обоймы щеткодержателя могут быть только со знаком минус. Величину 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 16 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 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 удельном нажатии 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 валов. 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 % его диаметра; допустимая конусность 0,003, овальность 0,002 диаметра. Валы, имеющие трещины глубиной более 10–15 % размера диаметра при длине 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, нормальный – 2–3, тяжелый – 1,5–2, очень тяжелый – 1–1,5.

Ремонт подшипников скольжения состоит из следующих операций: выплавки старой заливки, ремонта вкладыша, подготовки его

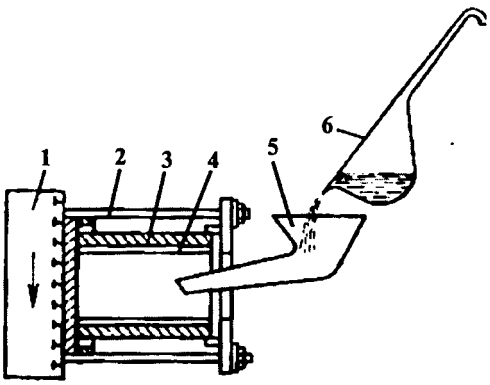


Рис. 180. Заливка вкладыша центробежным способом:
1 – планшайба; *2* – шпилька стяжная; *3* – вкладыш; *4* – граница баббитовой заливки; *5* – воронка; *6* – ковш с баббитом

и сплава к заливке, заливка и охлаждение. Центробежную заливку подшипников производят на токарном станке с помощью специального приспособления (рис. 180).

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°);

поверхности соприкосновения (при проверке на краску) шейки вала и нижнего вкладыша должны иметь не более чем два пятна на 1 см² поверхности на дуге 60–90°;

наличие плотных поясов по концам шейки вала и верхнего вкладыша – одно пятно на 1 см².

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, их заменяют новыми. У электромашин средней мощности срок службы подшипников качения составляет 2–5 лет в зависимости от размера двигателя и режима его работы.

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 устранения сильной утечки смазки внутрь машины на вал насаживают маслоотражательное кольцо с наклонными отражателями для отбрасывания масла в подшипник. При сильной осевой вентиляции следует устанавливать дополнительные уплотнения лабиринтного типа. Ремонт уплотняющих устройств заключается в замене шпилек с поврежденной резьбой, сверлении и нарезке резьбы в новых отверстиях уплотняющих колец.

Балансировка роторов. Для обеспечения работы электрической машины без биений и вибраций после ремонта ротор в сборке со всеми вращающимися частями (вентилятором, кольцами, муфтой, шкивом и т. п.) подвергают балансировке.

Различают статическую и динамическую балансировки. 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 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. 181) Установленный для проверки вращающийся ротор (якорь) при неуравновешенности начинает вибрировать вместе с подшипниками.

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 качений и перемещений по плите. Проверку производят на холостом ходу в режиме двигателя.

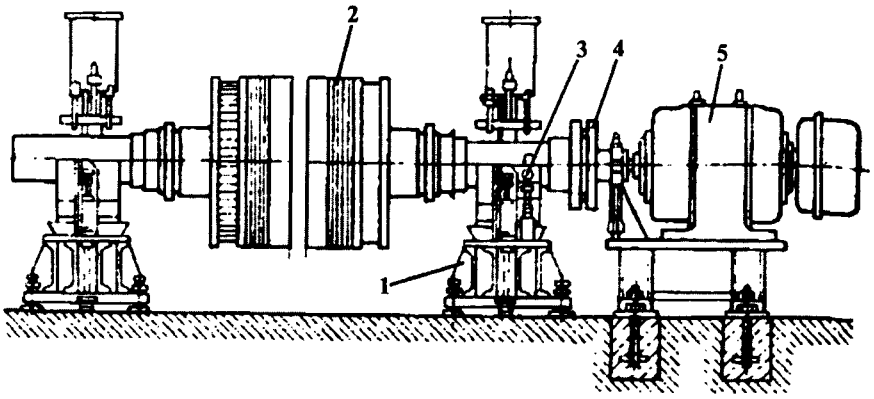


Рис. 181. Станок для динамической балансировки роторов:
1 – стойка; *2* – балансируемый ротор; *3* – индикатор стрелочный; *4* – муфта; *5* – привод

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 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.

Схему 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.

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. 182.

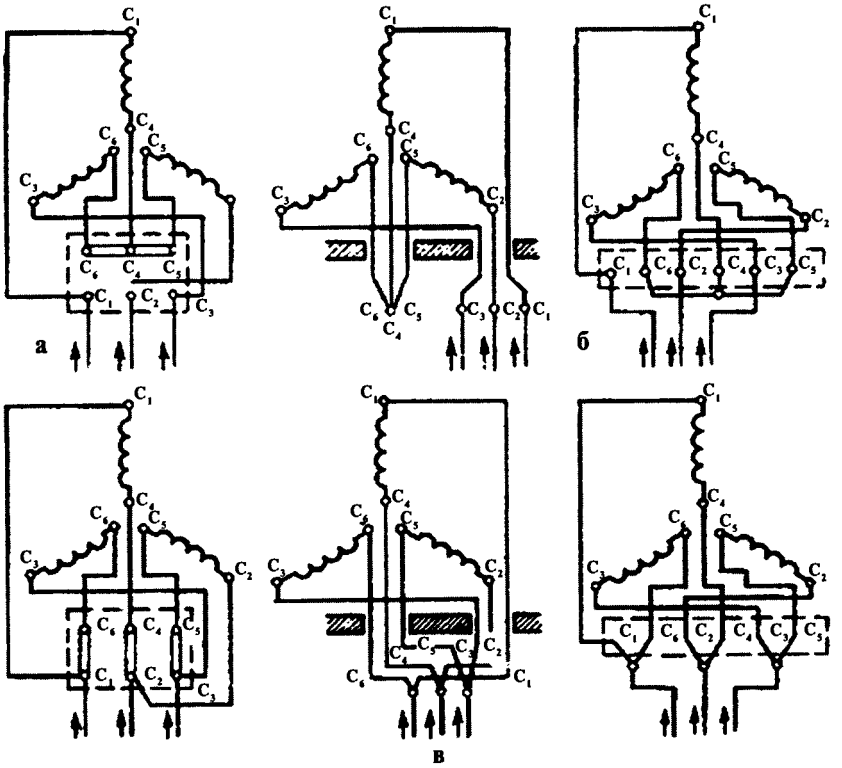


Рис. 182. Схемы соединения обмоток при фазных исполнениях выводов при наличии:

а — у двигателя щитка с зажимами; *б* — двух выводных отверстий; *в* — выводов, расположенных в один ряд

Ремонт статорных обмоток. Для записи обмоточных данных при перемотке используют приведенную ниже форму обмоточной карточки.

Форма 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), мм:
со стороны схемы . . . . . .
с противоположной стороны . . . . . .
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: . . . . . .

Последовательность операций при ремонте статорной обмотки для асинхронного электродвигателя приведена в табл. 31. Приспособление для очистки пазов, укладки катушек, кантователь, пайка изоляции соединений статорных обмоток показаны на рис. 183—185.

Ремонт роторных обмоток. Последовательность операций при ремонте стержневого ротора приведена в табл. 32.

Ремонт обмоток якорей. Часто в поступающем для ремонта якоре бывает трудно найти место замыкания обмотки на корпус. При контроле и выявлении замыкания надо покачивать обмотку в местах выхода из пазов.

Проверка обмотки якоря методом падения напряжения позволяет обнаружить междувитковые замыкания, обрыв, некачественную пайку, неправильное соединение обмоток с коллектором. Этот метод позволяет находить катушку, соединенную с корпусом якоря. Измерение сопротивления обмотки якоря производят у крупных

Таблица 31

Последовательность операций перемотки статора асинхронного электродвигателя

Операция	Ремонтные работы	Оборудование, инструмент, приспособления
1	2	3
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 из прессшпана гильзы, пояски и другой изоляционный материал; устанавливают гильзы и укладывают пояски	Кантователь 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

Продолжение таблицы 31

1	2	3
Сушка и пропитка обмотки статора (ротора, якоря) лаком	Загружают статор (ротор, якорь) в сушильную камеру с помощью 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 потеки лака с активной части магнитопровода растворителем	Сушильная камера
Покрытие лобовых частей обмотки электроэмалью	Покрывают лобовые части обмотки статора (ротора, якоря) электроэмалью	Кисть или пульверизатор

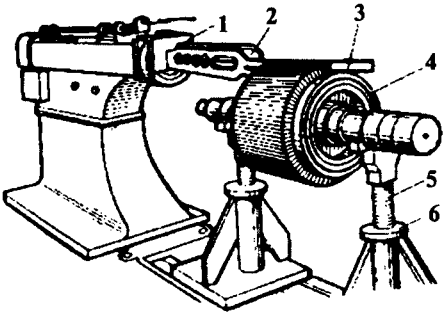


Рис. 183. Приспособление для очистки пазов:
1 – держатель; *2* – оправка; *3* – дорн; *4* – ротор; *5* – винт; *6* – стойка

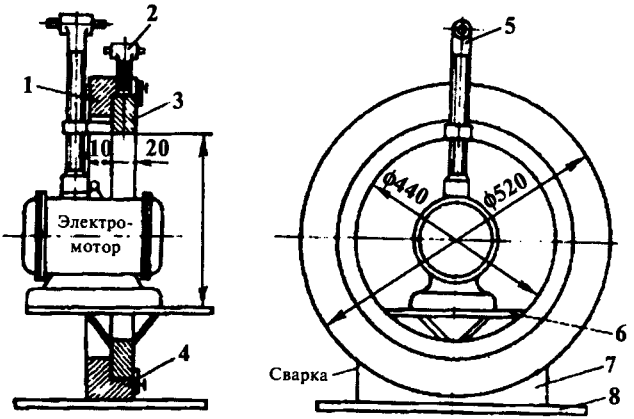


Рис. 184. Кантователь статоров электродвигателей:
1 – кольцо неподвижное; *2* – винт стопорный; *3* – кольцо подвижное; *4* – пластины, удерживающие кольцо от выпадения; *5* – винт для поджатия статора к столу; *6* – площадка; *7* – косынка; *8* – стол

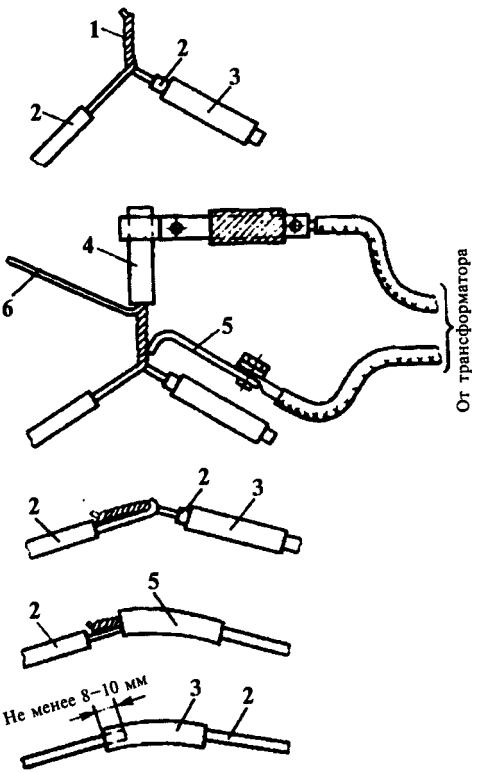


Рис. 185. Технологическая последовательность операций пайки и изоляции трубками межгрупповых соединений статорной обмотки из круглого провода:

1 – скрутка; *2* – трубки для изоляции концов катушечных групп; *3* – трубки для изоляции мест пайки; *4* – электрод угольный; *5* – электрод медный; *6* – палочка медно-фосфористого припоя

машин с числом полюсов больше восьми. ГОСТ 10159–79 разрешает методом амперметра и вольтметра производить измерения сопротивления с наложенными щетками на одних и тех же коллекторных пластинах при одном и том же положении якоря относительно щеток.

Все щетки (рис. 186) накладывают на коллектор и через них к неподвижному якорю подводят ток, равный 10–20 % номинального тока электромашины, питая цепь от независимого источника. Для измерения напряжения применяют двухконтактный игольчатый металлический щуп (рис. 187), соединенный гибкими проводами с милливольтметром или вольтметром. Одну вилку щупа присоединяют к какой-нибудь пластине коллектора, находящегося под щеткой одной полярности, а другую – к соответствующей пластине под щеткой другой полярности. (Рекомендуется производить измерения напряжения между всеми пластинами под щетками обеих полярностей.) Зная измеренное падение напряжения $U_{изм}$ и подводимый через щетки к машине ток $I_п$, можно определить сопротивление якоря:

$$R_я = U_{изм} / I_п$$

Последовательность операции при ремонте якоря приведена в таблице 33.

Ремонт полюсных катушек. Последовательность операции при перемотке обмоток полюсных катушек приведена в таблице 34.

Таблица 32

Последовательность операций при ремонте стержневого (шинного) ротора

Операция	Ремонтные работы	Оборудование, инструмент, приспособления
1	2	3
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	Приспособления 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
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

Продолжение таблицы 32

1	2	3
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, зацепляют полумуфту болтами; регулируют положение ротора на станке; балансируют и снимают ротор (якорь)	Балансировочный станок

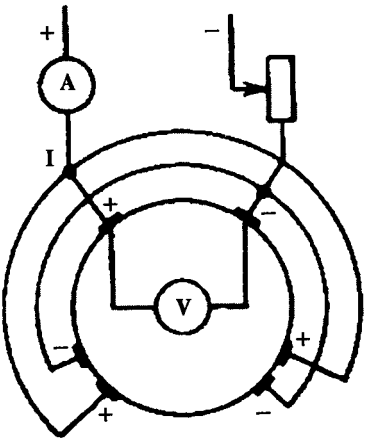


Рис. 186. Схема измерения сопротивления обмотки якоря коллекторного электродвигателя

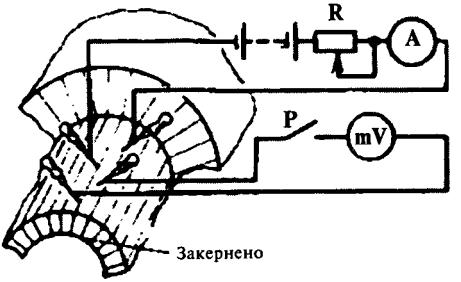


Рис. 187. Схема измерения сопротивления обмотки якоря между смежными коллекторными пластинами

Таблица 33

Последовательность операций при ремонте якоря

Операция	Ремонтные работы	Оборудование, инструмент, приспособления
1	2	3
Отсоединение обмотки от коллектора	Изготавливают и устанавливают клинья между петушками, распаивают петушки, поднимают концы обмотки, зачищают от излишка олова	Электродуговой паяльник

Продолжение таблицы 33

1	2	3
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

Таблица 34

Последовательность операций при перемотке обмоток полюсных катушек

Операция	Ремонтные работы	Оборудование, инструмент, приспособления
1	2	3
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

Продолжение таблицы 34

1	2	3
Установка полюсов с катушками	Очищают выводные концы катушек от лака, устанавливают изоляционные прокладки и катушки на сердечнике. 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

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.

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 две 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 таблицы с рис. 12.25. Число проводников

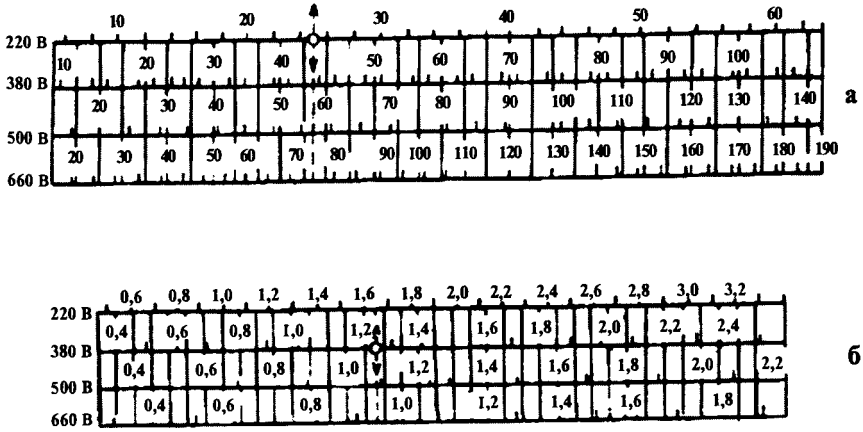


Рис. 188. Определение числа проводников в пазу (*а*) и диаметра провода (*б*) при перемотке на другое напряжение

по нему определяют так. На горизонтальной линии, изображающей старое напряжение, находят старое число проводников и от найденной точки проводят вертикальную линию до пересечения с линией, изображающей новое напряжение.

Точка пересечения дает новое число проводников.

Пример. 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 – 500 В и 75 – при 660 В.

При изменении числа параллельных ветвей полученное число эффективных проводников в пазу надо умножать на отношение нового числа параллельных ветвей к старому. Так, если старое число ветвей равно 3, а новое число ветвей 2, результат, полученный с помощью рис. 188, а, 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 (рис. 188, 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.

Технологические процессы пропитки, сушки и лакировки обмоток. Обмотки пропитывают 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 пяти раз. По окончании пропитки лак удаляют, а обмотки выдерживают до тех пор в котле, пока не стекут все излишки лака. Сведения о пропиточных лаках и рекомендуемых количествах пропиток приведены в таблице 35.

Сушку обмоток после пропитки лаками разделяют на два этапа. На первом этапе (при 60–80 °С) удаляют растворитель, на втором – происходит затвердевание лаковой основы при температуре 120–130 °С в зависимости от марки лака и класса нагревостойкости изоляции.

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

Таблица 35

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, 321Т	2
влагостойкое исполнение	БТ-987, 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)	БТ987, 321Т	2
влагостойкое исполнение (провода ПБД, ПЭЛБО, ПЭВ–2)	БТ-987 321Т	2 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.

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.

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. 36).

Таблица 36

Режимы лакировки и сушки обмоток

Обмотки	Способ лакировки	Тип покровного лака	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 исполнения	То же	БТ-99 ГФ-92ГС	20 80–110	4 и более
Статоров машин переменного тока с влагостойкой изоляцией	Погружение	БТ-99 ГФ-99ХС	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 ПКЭ-14	–	–

Объем и нормы испытаний электрических машин

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 техническом обслуживании (ТО), не связанным с выводом оборудования в ремонт, испытаниям при текущем (Т) и капитальном (К) ремонтах. Электрические машины и аппараты испытывают переменным током частотой 50 Гц путем приложения повышенного напряжения в течение 1 мин (табл. 37) Испытательное напряжение $U_{исп}$ 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.

Таблица 37

Испытательные напряжения 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	–	–	1,5 $U_{ном}$, 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	–	–	1,5 $U_{ном}$, 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	10000	
		10000	16000	
	Менее 40	660 и ниже	1000	Перед вводом электродвигателя в работу производится повторное контрольное испытание мегаомметром на напряжение 1000 В

При испытаниях проверяют сопротивление изоляции между фазами обмотки; сопротивление изоляции между проводниками обмотки и корпусом; сопротивления проводников обмоток постоянному току по фазам в практически холодном состоянии; коэффициент трансформации для двигателей с фазным ротором; потери холостого хода и короткого замыкания; испытывают электрическую прочность изоляции обмоток относительно корпуса, между витками. Результаты испытаний двигателя после ремонта заносят в формуляр.

Контрольные вопросы

1. Какую систему называют электроприводом?
2. Назовите типы асинхронных машин.
3. Как работает синхронный электродвигатель?
4. Как осуществляют включение синхронных генераторов на параллельную работу?
5. Какие применяют варианты исполнения обмоток возбуждения машин постоянного тока?
6. Как осуществляют пуск двигателей параллельного возбуждения?
7. Перечислите основные неисправности машины постоянного тока и расскажите о способах их устранения.
8. Перечислите основные неисправности асинхронных электродвигателей и объясните способы их устранения.
9. Каковы причины вибрации электрических машин и способы ее измерения и устранения?

ГЛАВА 13. ТРАНСФОРМАТОРЫ

Силовые трансформаторы и автотрансформаторы

Трансформатором называют статическое электромагнитное устройство, имеющее две или более индуктивно связанных обмотки и предназначенное для преобразования посредством электромагнитной индукции одной или нескольких систем переменного тока в одну или несколько других систем переменного тока. Трансформаторы, предназначенные для преобразования электрической энергии в электрических сетях и установках, приема и использования электрической энергии, называют *силовыми трансформаторами.* К силовым трансформаторам относятся трех– и многофазные трансформаторы мощностью 6,3 кВ·А и более, однофазные мощностью 5 кВ·А и более.

Трансформатор, у которого первичной обмоткой является обмотка низшего напряжения, называют *повышающим*, а если первичной обмоткой является обмотка высшего напряжения – *понижающим.*

Трансформатор, в магнитной системе которого создается трехфазное магнитное поле, называют *трехфазным*, а у которого создается однофазное магнитное поле – *однофазным.*

Мощность всех установленных в народном хозяйстве трансформаторов в 5–6 раз больше мощности генераторов, вырабатывающих электрическую энергию.

При работе трансформатора электродвижущая сила взаимоиндукции возникает, например, в катушке 2, когда в другой (1) проходит ток, создающий переменный магнитный поток Φ_0 (рис. 189). Силовые линии магнитного поля, возникающие вокруг катушки 1, проникают в другую катушку и пересекают ее витки. При этом в катушке 2 создается электродвижущая сила (эдс) взаимоиндукции.

Если концы катушки 2 соединить с приемником электрической энергии, то эдс взаимоиндукции создает в нем ток, т. е. передает ему некоторую энергию. Эту энергию катушка 2 получает с помощью магнитного поля, созданного током катушки 1, при этом источник тока мгновенно пополнит эту энергию. Следовательно, на основе магнитной связи происходит переход энергии источника из одной катушки в другую.

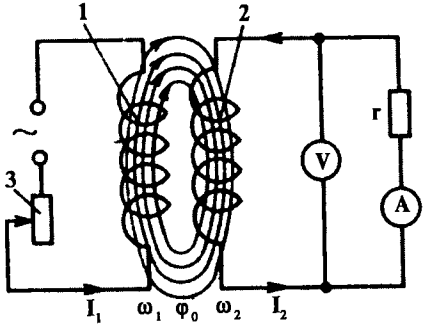


Рис. 189. Магнитная связь двух катушек, обтекаемых переменным током:

1 – катушка (обмотка) первичной цепи; *2* – катушка вторичной цепи; *3* – реостат для изменения тока в первичной цепи

Проходящий в первой катушке и создающий вокруг нее магнитное поле ток называют *возбуждающим* или *первичным* и обозначают I_1. Электрическую цепь, составленную из источника тока, соединительных проводов и катушки 1, называют *первичной*. Магнитное поле пересекает не только витки ω_2 катушки 2, но и витки ω_1 катушки 1. Поэтому эдс возникает и в первичной катушке; ее называют эдс самоиндукции и обозначают e_1.

Электродвижущую силу взаимоиндукции, возникающую в катушке 2, называют вторичной и обозначают e_2 и электрическую цепь, соединенную с этой катушкой, называют вторичной. Ток, проходящий во вторичной цепи, называется вторичным и обозначается I_2. По правилу Ленца этот ток направлен так, что своим магнитным действием препятствует причине, его вызвавшей.

Магнитная индукция, т. е. интенсивность магнитного поля, пропорциональна току и зависит от числа витков первичной обмотки и свойств среды (от магнитной проницаемости), в которой расположены витки. Для стали магнитная проницаемость во много раз больше магнитной проницаемости воздуха. Поэтому для усиления магнитного поля, созданного первичным током, катушки обмотки помещают на сердечник, изготовленный из пластин специальной электротехнической стали. Комплект пластин из электротехнической стали, собранный в такой геометрической форме, которая позволяет сконцентрировать в ней основную часть магнитного поля, составляет *магнитную систему, или магнитопровод*, трансформатора. Часть магнитопровода, на которой располагают катушки обмотки, называют *сердечником*.

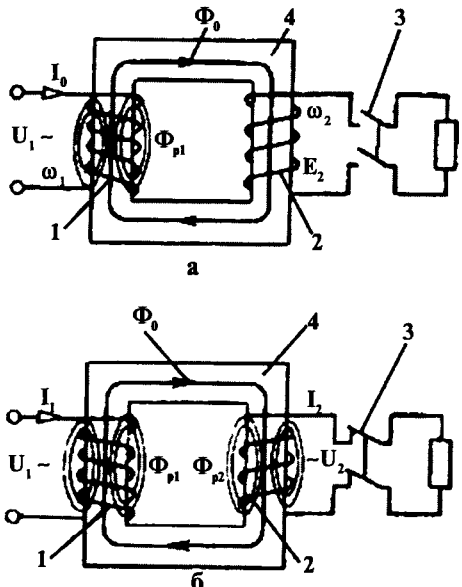


Рис. 190. Первичная и вторичная обмотки на магнитопроводе:

а – режим холостого хода; *б* – режим нагрузки; *1* – первичная обмотка; *2* – вторичная обмотка; *3* – рубильник; *4* – магнитопровод

Режимом холостого хода трансформатора называют режим работы при питании одной из обмоток трансформатора от источника с переменным напряжением и при разомкнутых других обмотках. Работа трансформатора в режиме холостого хода показана на рис. 190. К первичной обмотке 1 подведено переменное напряжение, а вторичная обмотка 2 разомкнута. Такой режим работы бу-

дет у реального трансформатора, если он подключен к сети, а нагрузка, питаемая от его вторичной обмотки, еще не включена. По первичной обмотке трансформатора проходит ток I_0, в то же время во вторичной обмотке тока нет, так как цепь ее разомкнута. Ток I_0, проходя по первичной обмотке, создает в магнитопроводе 4 синусоидально изменяющийся поток Φ_0, который из-за магнитных потерь отстает по фазе от тока на угол потерь δ.

Переменный магнитный поток Φ_0 при своем изменении пересекает обе обмотки трансформатора. В них возникают эдс: в первичной обмотке – эдс самоиндукции e_1, во вторичной обмотке – эдс взаимоиндукции e_2. Величины эдс (В) определяют по формулам:

$$e_1 = 4,44 f \omega_1 \Phi_{0макс} 10^{-8},$$

$$e_2 = 4,44 f \omega_2 \Phi_{0макс} 10^{-8},$$

где ω_1 и ω_2 – числа витков в обмотках; f – частота, Гц; $\Phi_{0макс}$ – максимальное значение магнитного потока. Разделив e_1 на e_2, получим

$$e_1/e_2 = \omega_1/\omega_2.$$

Следовательно, эдс в обмотках трансформатора пропорциональны количеству витков.

Отношение числа витков $\omega_1/\omega_2 = K$ называют *коэффициентом трансформации*. Если необходимо повысить полученное от генератора напряжение в 10 или 1000 раз, то необходимо так подобрать обмотки трансформатора, чтобы число витков ω_2 вторичной обмотки было больше числа витков ω_1 первичной обмотки соответственно в 10 или 1000 раз. В этом случае вторичная обмотка будет обмоткой высшего напряжения (ВН), а первичная – обмоткой низшего напряжения (НН). Если необходимо снизить напряжение, то первичное напряжение подводят к обмотке ВН, а к обмотке НН подключают приемники электрической энергии.

Если включить вторичную обмотку трансформатора (см. рис. 190, б) на внешнюю цепь, замкнув рубильник 3, то трансформатор перейдет из режима холостого хода в режим нагрузки. При включении рубильника в цепи вторичной обмотки появится ток нагрузки I_2. Он создает свой переменный магнитный поток Φ_2. Большая часть потока Φ_2 замыкается по магнитопроводу трансформатора, а меньшая часть $\Phi_{р2}$ – по воздуху вокруг витков вторичной обмотки; она составляет магнитный поток рассеяния.

Ток вторичной обмотки по правилу Ленца противодействует причине, его вызвавшей, т. е. имеет направление, противоположное току I_0, поэтому и его магнитный поток Φ_2 направлен навстречу потоку Φ_0.

Если уменьшить поток Φ_0, то это вызовет уменьшение эдс самоиндукции e_1 в первичной обмотке. Эдс самоиндукции, как известно,

направлена против приложенного напряжения U_1, и ее увеличение или уменьшение соответственно уменьшает или увеличивает первичный ток. При неизменном первичном напряжении U_1 эдс e_1 также остается неизменной, следовательно, и магнитный поток Φ_0 остается практически неизменным при любых нагрузках (токах I_1 и I_2) трансформатора. Итак, в трансформаторе при увеличении вторичного тока от нуля до I_2 происходит автоматическое увеличение первичного тока от I_0 до I_1.

Подобные процессы происходят и при уменьшении вторичного тока.

В режиме холостого хода потребляемая трансформатором активная мощность расходуется только на покрытие потерь в стали магнитопровода и в первичной обмотке от тока холостого хода ($I^2_0 r_1$). Потери, возникающие при этом в магнитопроводе, называют *магнитными* и обозначают $P_м$, а суммарные потери в режиме холостого хода (при номинальных первичном напряжении и частоте) называют *потерями холостого хода* и обозначают P_0:

$$P_0 = P_м + I^2_0 r_1,$$

где r_1 – активное сопротивление первичной обмотки.

Особенностью потерь холостого хода является их постоянство и независимость от режима нагрузки трансформатора.

В трансформаторе различают потери активной мощности, не зависящие от нагрузки (P_0); нагрузочные ($P_{нагр}$) и добавочные ($P_{доб}$) потери, определяемые режимом работы (величиной нагрузки) трансформатора:

$$\Sigma P = P_0 + P_{нагр} + P_{доб}.$$

Мощность P_1, получаемая трансформатором из сети, расходуется на полезную мощность P_2, передаваемую потребителю, и на суммарные потери ΣР:

$$P_1 = P_2 + \Sigma P.$$

Отсюда кпд трансформатора определяют так:

$$\eta\ \% = \frac{P_2}{P_1} 100 = \frac{P_2}{P_2 + \Sigma P} 100.$$

Полезную мощность, передаваемую потребителю, определяют как $P_2 = U_2 I_2 \cos\varphi_2$, где U_2 и I_2 – вторичные напряжения и ток нагрузки, а $\cos\varphi_2$ – коэффициент мощности, зависящий от характера нагрузки (активная, индуктивная, смешанная). При чисто активной нагрузке (например, осветительная электросеть) угол сдвига векторов вторичных тока и напряжения равен нулю, т. е. $\cos\varphi_2 = 1$ и

$P_2 = U_2 I_2$. В табличке паспортных данных трансформатора при выпуске с завода указывают полную (или кажущуюся) мощность трансформатора в киловольт-амперах, т. е.

$$S = U_2 I_2 \cdot 10^{-3},$$

где I_2 и U_2 – указанные в табличке паспортных данных вторичные токи и напряжения трансформатора.

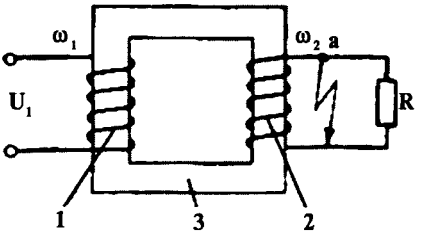


Рис. 191. Короткое замыкание на выводах вторичной обмотки трансформатора:
1 – первичная обмотка;
2 – вторичная обмотка;
3 – магнитопровод

Потребляемую трансформатором мощность можно записать так: $P_1 = U_1 I_1 \cos\varphi_1$, где U_1 и I_1 – номинальные значения первичных напряжения и тока; φ_1 – угол сдвига векторов первичных напряжения и тока, определяемый величиной потребляемой трансформатором реактивной мощности.

Если соединительные провода, идущие от вторичной обмотки, замкнуть в точках а и б, расположенных до приемника энергии (рис. 191), то возникает короткое замыкание вторичной обмотки трансформатора. В этом режиме вторичная обмотка будет продолжать получать энергию из первичной обмотки и отдавать ее во вторичную цепь, которая состоит теперь только из обмотки и части соединительных проводов. Трансформаторы выдерживают, как правило, короткие замыкания в те весьма малые промежутки времени, пока защита не отключит их от сети. За время работы (15–20 лет) трансформатор допускает несколько тяжелых коротких замыканий. Поэтому он должен быть так спроектирован и изготовлен, чтобы они не разрушили его и не привели к аварии. В этом отношении весьма существенную роль играет одна из важнейших характеристик трансформатора – напряжение короткого замыкания. *Напряжением короткого замыкания* $U_к$ называют напряжение, которое следует приложить к одной из обмоток (при другой короткозамкнутой), чтобы в обмотках установились номинальные токи I_1 и I_2. Зная $U_к$, легко определить ток короткого замыкания в обмотке. Ток $I_{1к}$ будет во столько раз больше номинального тока I_1, во сколько первичное напряжение U_1 больше $U_к$, т. е.

$$I_{1к} = I_1 \frac{U_1}{U_к}.$$

Учитывая, что $U_к$ обычно выражают в процентах U_1, получим

$$I_{1к} = I_1 \frac{100}{U_к}.$$

Так, если $U_к$ равно 5 %, то ток $I_{1к}$ в 100/5 = 20 раз больше тока I_1 при нормальной работе трансформатора.

Величины напряжений короткого замыкания в России стандартизованы для всех трансформаторов общего назначения в зависимости от их мощности и класса напряжения. ГОСТ 11920–установил для трансформаторов мощностью 1000–2500 кВ·А величину $U_к$ равную 5,5% для обмоток ВН на 10 кВ, и 6,5% – для обмоток ВН на 35 кВ. Для трансформатора мощностью 6300 кВ·А с обмотками ВН на 35 кВ величина $U_к$ должна быть 7,5%, а для трансформатора мощностью 80000 кВ·А – 9,5%. Некоторые специальные трансформаторы, работающие в режимах частых коротких замыканий, по стандарту должны иметь еще более высокие $U_к$ – до 10 и даже до 14%.

Способы регулирования напряжения. Регулирование напряжения бывает местное и централизованное.

М е с т н о е – это регулирование напряжения непосредственно на месте потребления, т. е. его стабилизация на заданном уровне у каждого отдельного потребителя или сразу для группы потребителей.

Регулирование напряжения может быть автоматическим, без отключения трансформатора от сети. Этот способ называют регулированием под нагрузкой (РПН). Он требует применения сложных и дорогих переключающих устройств. Поэтому для трансформаторов небольшой мощности часто применяют регулирование напряжения без возбуждения, т. е. после отключения всех их обмоток от сети. Этот способ регулирования называют ПБВ (переключение без возбуждения). При этом способе потребителя на какое-то время отключают от сети. Особенно неудобно это там, где нагрузка меняется часто. Зато устройства ПБВ просты по конструкции и относительно дешевы.

В обмотке ВН трансформатора делают ряд ответвлений, каждое из которых соответствует заданному числу последовательно включенных витков обмотки.

Трансформаторы мощностью до 630 кВ · А имеют на обмотке пять ответвлений, из которых среднее соответствует нормальному напряжению сети (в нашем примере 6,3 кВ), а другие– напряжениям, отличающимся от него на ±5% (±2·2,5%). Напряжение регулируется ступенями по 157,5 В. В обмотке ему соответствует 25 последовательно включенных витков.

Регулирование напряжения трансформаторов способом РПН производят так же, как и способом ПБВ, но число ответвлений обмотки, т. е. число регулировочных ступеней, бывает больше, а диапазон регулирования шире. ГОСТ 11920–73 разрешил для трансформаторов мощностью 1000–80000 кВ·А иметь различные диапазоны регулирования: ±9, ±10, ±12%. Более «глубокое» регулирование требуется для некоторых специальных трансформаторов, например электропечных, где отношение пределов регулирования напряжения обмотки НН нередко составляет 1:3 и даже 1:5. Тип трансформатора и систему охлаждения указывают при его маркировке буквами: первая буква это число фаз:

О – однофазный; Т – трехфазный; вторая буква – Р – расщепленная обмотка, а при отсутствии расщепления буква Р отсутствует. На третьем месте стоят одна или две буквы, указывающие способ охлаждения трансформатора: М – масляное, Н – негорючий диэлектрик; или С – воздушное в сухом трансформаторе, Д – с дутьем.

На четвертом месте стоит буква, указывающая число обмоток трансформатора: Т – трехобмоточный, а для двухобмоточных эта буква опускается.

На пятом месте ставится буква Н, если трансформатор имеет устройство регулирования напряжения под нагрузкой (РПН).

После буквы ставятся цифры, в числителе–мощность (кВ·А), в знаменателе – номинальное напряжение обмотки высшего напряжения (кВ). Двумя цифрами указывают год начала выпуска трансформаторов данной конструкции. Например, ТРМН–40 000/110–91: трехфазный трансформатор с расщепленной обмоткой с естественным масляным охлаждением, имеет РПН, мощность трансформатора 40 МВ·А, напряжение (высшее) 110 кВ, конструкция 1991 г. Маркировка автотрансформаторов та же, но на первом месте добавляется буква А.

Нагрев трансформаторов ограничивают допустимым превышением температуры обмотки (65°С), магнитопровода (75°С) и верхних слоев масла (55°С) над температурой охлаждающего воздуха (30°С). В процессе эксплуатации трансформаторов их нагрузка, а следовательно, и нагрев изменяются в значительных пределах. В период разгрузки мощность трансформатора недоиспользуют. Поэтому, сохраняя расчетный срок службы 20 лет, разрешается перегружать трансформаторы, когда это требуется. На каждые 3% недогрузки разрешается на такое же время перегрузка трансформатора на 1%, кроме того, на 1% недогрузки трансформатора летом разрешается 1% перегрузки в зимнее время. Это нормальная систематическая перегрузка, которая в общей сложности не должна превышать 30% на масляных и совтоловых и 20% – на сухих трансформаторах.

В аварийных условиях, когда отключился один из двух трансформаторов, разрешается перегрузка оставшегося в работе трансформатора на 40% выше номинальной мощности продолжительностью до 6 ч ежедневно в течение 5 сут. Поэтому при выборе номинальной мощности трансформатора 35–220/6–10 кВ, на который может быть передана нагрузка другого трансформатора при авариях, руководствуются таким соотношением номинальной $S_{тн}$ мощности и расчетной $S_р$ нагрузки: $S_{тн} \geq S_р/1{,}4$.

Автотрансформатор. Это трансформатор, у которого вторичная обмотка является частью первичной.

На стержень (рис. 192, а) насажена одна обмотка AX с числом витков ω_1. Если к обмотке подведено первичное напряжение U_1, то ток I_1 создает магнитные поток и эдс E_1. В каждом витке обмотки образуется эдс, равная E_1/ω_1; в части витков ω_2 создается эдс, равная

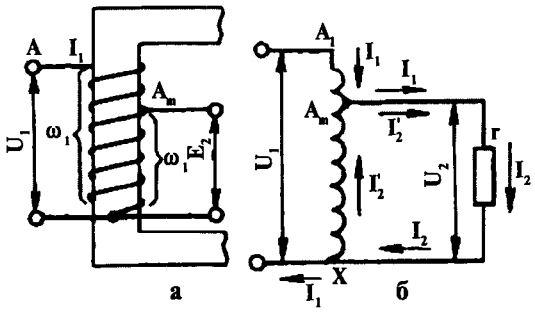


Рис. 192. Схемы работы автотрансформатора:
а – режим холостого хода;
б – режим нагрузки

$$\frac{E_1}{\omega_1}\omega_2 = E_2.$$

Если в точке A_m сделать ответвление с числом витков ω_2, то получим по существу вторичную обмотку с эдс E_2. Подключим к этой обмотке вторичную цепь с нагрузкой r (рис. 192, б). В обмотке AX возникнет ток, который, как индуктированный, должен быть направлен противоположно току I_1. Во вторичной цепи проходит ток I_2, определяемый, как и в трансформаторе, нагрузкой. Этот ток равен сумме первичного тока I_1, и тока I'_2, индуктированного во вторичной обмотке, т.е.

$$I_2 = I_1 + I'_2.$$

Коэффициент трансформации автотрансформатора

$$K = \omega_1/\omega_2 \approx U_1/U_2.$$

Схемы и группы соединения обмоток. Начала и концы первичных и вторичных обмоток трансформаторов согласно ГОСТ обозначают в определенном порядке. У однофазных трансформаторов начала обмоток обозначают буквами *A*, *a*, концы – *X*, *x*. Большие буквы относятся к обмоткам высшего, а малые – к обмоткам низшего напряжений.

В трехфазных трансформаторах начала и концы обмоток обозначают: *A*, *B*, *C*, *X*, *Y*, *Z*– высшее напряжение, A_m, $B_т$, C_m, $X_т$, Y_m, Z_m – среднее напряжение; *a, б, c, x, y, z* – низшее напряжение. В трехфазных трансформаторах с соединением фаз в звезду кроме начала обмоток иногда выводят и нулевую точку, т. е. общую точку соединения концов всех обмоток. Ее обозначают О, O_m и о. На рис. 193, а, б показаны схемы соединения обмоток в звезду и треугольник так, как их изображают для трехфазных трансформаторов.

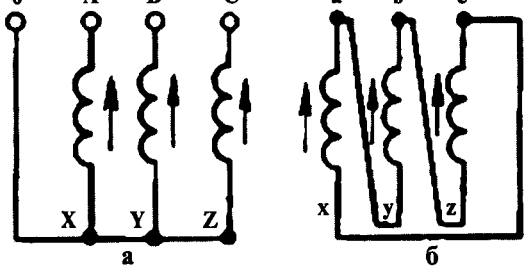


Рис. 193. Схемы соединения обмоток трансформатора:
а – в звезду; *б* – в треугольник

Схему соединения в звезду обозначают знаком Y, а в треугольник – Δ. Если наружу выводят нулевую точку обмоток, то такое соединение обозначают знаком Y. Так, если у трансформатора обмотка высшего напряжения соединена в звезду, а низшего – в треугольник, то такое сочетание обмоток обозначают Y/Δ или Y/Δ.

Понятия «начало» и «конец» обмотки условны, так как при прохождении переменного тока любой конец обмотки можно назвать началом.

В трехфазных трансформаторах, обмотки которых могут соединяться в звезду или треугольник, возможно образование 12 различных групп со сдвигом фаз векторов линейных эдс от 0 до 360° через 30°. Из двенадцати возможных групп соединений в Российской Федерации стандартизованы две группы: 11 и 0 со сдвигом фаз 330 и 0°.

Параллельная работа трансформаторов. Включение трансформаторов, при котором одноименные выводы обмоток ВН и НН подключены к одноименным сборным шинам (фазам) сети, называют параллельным (рис. 194).

Однако не всякие трансформаторы можно включить на параллельную работу. Существуют три условия, соблюдение которых совершенно необходимо для включения трансформаторов на параллельную работу.

Первое состоит в том, чтобы включаемые параллельно трансформаторы имели одинаковый коэффициент трансформации. Для предотвращения ошибки при параллельном включении трансформаторов ГОСТ 721–62 стандартизовал напряжения обмоток ВН и НН, а ГОСТ 11677–65 установил, что коэффициенты трансформации не должны отличаться более чем на ±0,5 %.

Второе условие заключается в том, чтобы все включенные параллельно трансформаторы имели одинаковые напряжения короткого замыкания $U_к$.

Третье условие заключается в наличии у трансформаторов одинаковых групп соединения.

Основные типы обмоток силовых трансформаторов. Обмотки трансформатора состоят из обмоточного провода и изоляционных деталей, предусмотренных конструкцией, которые не только защищают витки от электрического пробоя и препятствуют их смещению под действием электромагнитных сил, но и создают необходимые каналы для охлаждения. Обмотки трансфор-

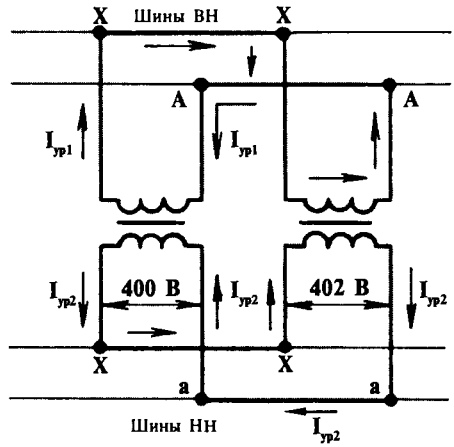


Рис. 194. Схема параллельной работы трансформаторов

маторов различных мощностей и напряжений различаются типом намотки, количеством витков.

Обмотку, состоящую из ряда витков, намотанных по винтовой линии, с каналами между ними называют винтовой. Каждый виток состоит из одного или нескольких одинаковых прямоугольных проводов, располагаемых плашмя вплотную друг к другу в радиальном направлении. Общее число параллельных проводов в винтовых обмотках может достигать 100 и более (в мощных трансформаторах). В зависимости от тока и соответственно числа параллельных проводов винтовую обмотку выполняют одноходовой, как показано на рис. 195, а, или многоходовой, т. е. вся обмотка состоит из двух и более отдельных винтовых обмоток, вмотанных одна в другую в процессе изготовления (рис. 195, б). Каждый такой «ход» может состоять из 4—40 параллельных проводов. Непрерывные обмотки (рис. 195, в) состоят из отдельных катушек (секций), намотанных из прямоугольного провода, причем в каждой катушке может быть несколько витков.

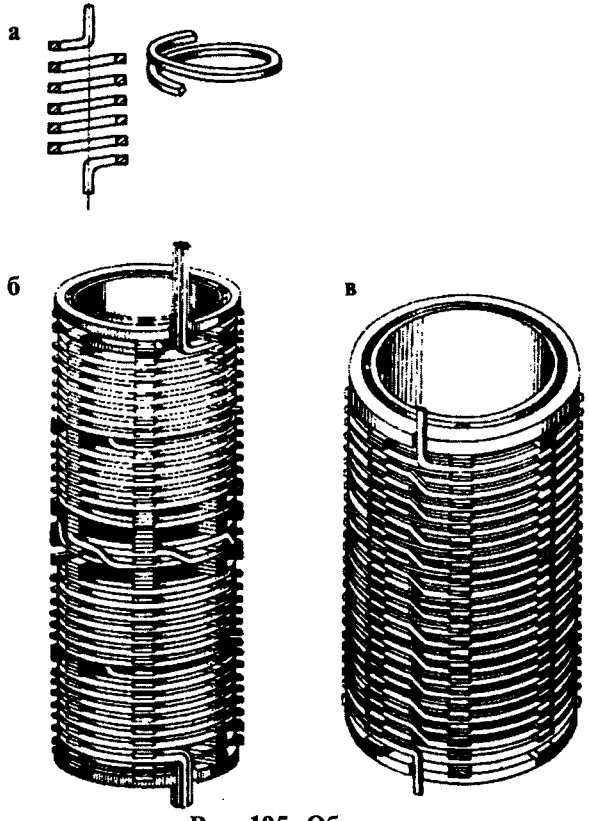


Рис. 195. Обмотки:

а — винтовая из единого провода в витке; *б* — из нескольких параллельных проводов в витке; *в* — непрерывная обмотка

Название обмотка получила потому, что ее наматывают без разрывов, т. е. переход из одной катушки в другую производят непрерывно, без паек. Для этого перекладывают витки каждой второй катушки так, чтобы один переход (из катушки в катушку) был снаружи обмотки, а второй — внутри.

В непрерывной обмотке может быть до четырех и даже шести параллельных проводов в витке. Обмотки трансформатора изолируют от заземленных частей (магнитопровода, бака) и от других обмоток. Эту изоляцию обмоток называют главной. Кроме главной имеется продольная изоляция обмоток. Продольной называют изоляцию между отдельными элементами данной обмотки — витками, катушками, слоями и др.

Техническое обслуживание силовых трансформаторов

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; исправность пробивных предохранителей и сигнализации; состояние сети заземления трансформаторного помещения.

Осмотры без отключения трансформаторов производят:

один раз в сутки в установках с постоянным дежурным персоналом;

не реже одного раза в месяц — в установках без постоянного дежурного персонала;

не реже одного 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 неравномерного шума;

ненормального и постоянно возрастающего нагрева трансформаторов при нормальных нагрузке и охлаждении;

выброса масла из расширителя или разрыва диафрагм 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 кВ·А 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 одного раза в 3 года для трансформаторов, работающих с термосифонными фильтрами (сокращенный анализ);

после капитальных ремонтов трансформаторов и аппаратов;

один раз в год для трансформаторов, работающих без термосифонных фильтров (сокращенный анализ).

Температура верхних слоев масла при номинальной нагрузке трансформатора и максимальной температуре охлаждающей среды (30°С—воздуха, 25°С—воды) не должна превышать, °С:

70 — в трансформаторах с принудительной циркуляцией масла и воды;

75 — в трансформаторах с принудительной циркуляцией масла и воздуха;

95 — 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% номинальной мощности трансформатора.

Анализ масла позволяет 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 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, появления шлака от старения масла. Появление в трансформаторном масле осадков и при-

месей 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 (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 его окисления 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 натра, 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 мм²/с, при 50°С – не более 9,6 мм²/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 называется 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°С его уровень остается неизменным в течение 1 мин. 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 tgδ. Нормы характеризуют степень очистки масла на заводе. При ухудшении изоляционных характеристик трансформаторов нужно проводить измерение tgδ. Его 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: ПСМ 1–3000, СМ 1–3000, адсорбционные цеолитовые, ПСМ 2–4. За один цикл очистки можно поднять электрическую прочность масла

до 5–7 кВ. Для глубокой и качественной очистки трансформаторного масла применяют цеолитовую установку, в которой с помощью цеолита из масла адсорбируется влага.

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 которых увлажняют смоченной ватой. По разности показаний сухого и увлажненного термометров определяют влажность воздуха в процентах, пользуясь психрометрической таблицей.

Осмотр и дефектация. 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 документа-

ции осмотр и дефектацию производят в полном объеме с выполнением необходимых замеров и испытаний. Результаты осмотра и дефектации заносят в специальную ведомость дефектов. Характерные повреждения, последовательность операций разборки, ремонта узлов и сборки силового трансформатора приведены в таблицах 38–42.

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. 196–199.

Таблица 38

Характерные повреждения силовых трансформаторов

Элементы трансформатора	Повреждение	Возможные причины
1	2	3
Обмотки	Междувитковое 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 «Пожар стали»	Ослабление шихтованного пакета магнитопровода Нарушение изоляции между отдельными пластинами стали или изоляции

Продолжение таблицы 38

1	2	3
Бак и арматура	Течь масла из сварных швов, кранов и фланцевых соединений	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 Нарушение сварного шва от механических или температурных воздействий; плохо притерта пробка крана; повреждена прокладка под фланцем

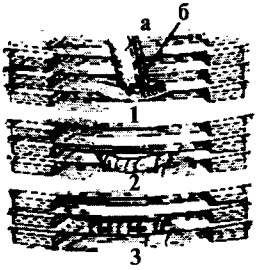


Рис. 196. Восстановление витковой изоляции обмотки:
а – клин; *б* – поврежденная изоляция; *1* – отделение витков от секции с помощью клина; *2* – изолирование поврежденного витка с помощью лакоткани; *3* – наложение общего бандажа из тафтяной ленты

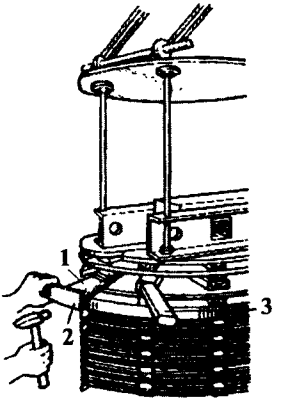


Рис. 197. Подпрессовка обмоток трансформатора:
1 – дополнительная прокладка; *2* – брусок; *3* – клин

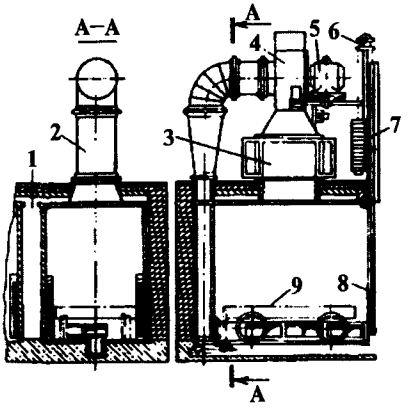


Рис. 198. Сушильная камера с электрообогревом:
1 – теплоизоляция; *2* – соединительный короб; *3* – калорифер; *4* – вентилятор; *5* – электродвигатель; *6* –механизм подъема двери; *7* – дверь камеры; *8* – направляющие; *9* – тележка

Таблица 39

Ремонт обмоток силовых трансформаторов

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
1	2	3
Устранение: поверхностных повреждений небольших участков витковой изоляции	Поврежденную витковую изоляцию восстанавливают путем наложения на оголенный провод витка слоя маслостойкой лакоткани ЛХСМ в полуперекрышу (рис. 196)	Эти дефекты устраняют без демонтажа обмотки
ослабления прессовки обмоток	Обмотки, не имеющие прессующих колец, подпрессовывают	По всей окружности обмотки между уравнительной и ярмовой изоляциями забивают дополнительные прокладки из прессованного электрокартона (рис. 197)
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	Поврежденную изоляцию удаляют обжигом в печи при температуре 450 – 500°С. Витки изолируют кабельной бумагой или тафтяной лентой в два слоя с перекрытием	Изолированной катушке 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 из 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

Продолжение таблицы 39

1	2	3
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
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 порошкообразную буру
Пропитка и сушка обмоток	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 (рис. 198)	Сушка считается законченной, когда лак образует твердую блестящую и эластичную пленку

Таблица 40

Ремонт магнитопровода силового трансформатора

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
1	2	3
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,	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

Продолжение таблицы 40

1	2	3
	продевая кусок проволоки в отверстие для стержня. Демонтируют обмотки	
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
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 пульверизатором. 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» изготоавливают 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	Сопротивление межлистовой изоляции измеряют методом амперметра – вольтметра (рис. 199)	Сопротивление не должно отличаться от заводских данных более чем в 2 раза

Таблица 41

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. 200). Убеждаются в надежности паек отводов к 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

В трансформаторах мощностью 100—1000 кВ·А и напряжением до 10 В применяют трехфазный переключатель ТПСУ—9—120/10 на номинальный ток 120 А (рис. 200). 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, токами нулевой последовательности и др. Каждый из перечисленных способов имеет свои достоинства и недостатки.

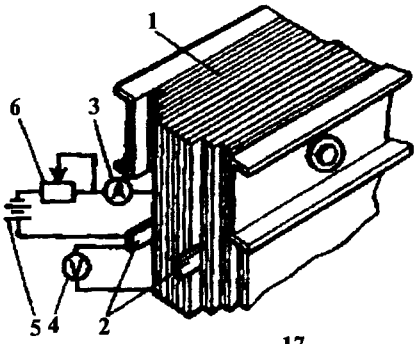


Рис. 199. Измерение сопротивления постоянному току межлистовой изоляции пакета магнитопровода:
1 – магнитопровод; *2* – медные пластины; *3* – амперметр постоянного тока со шкалой на 5 А; *4* – вольтметр постоянного тока со шкалой на 25 В; *5* – аккумуляторная батарея на 24 В; *6* – реостат 50–100 Ом

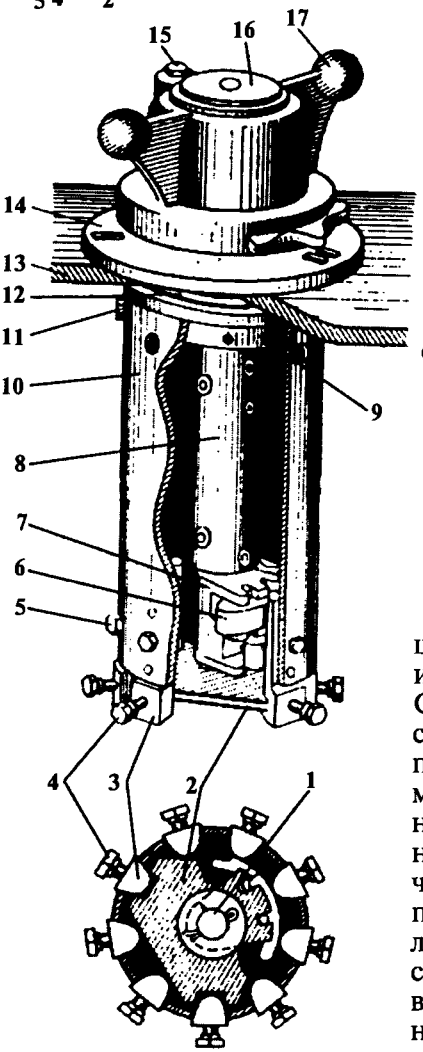


Рис. 200. Трехфазный переключатель ТПСУ-9-120/10:
1 – вал привода; *2* – центрирующая пластина; *3* – неподвижный контакт; *4* – контактный болт; *5, 11* – болты, крепящие цилиндр; *6* – контактный сегмент; *7* – вал коленчатый; *8* – трубка бакелитовая; *9* – фланец; *10* – цилиндр бумажно-бакелитовый; *12* – уплотнение резиновое; *13* – стопорный болт; *14* – фланец колпака; *15* – стопорный болт; *16* – дощечка; *17* – колпак привода

В ремонтной практике наиболее широко применяют сушку методом индукционных потерь в стали бака. 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 42

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, +5, −35°С наносят цинковыми белилами на высоте 0,55; 0,45 и 0,1 Н диаметра расширителя

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, должны иметь 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: двумя вольтметрами; постоянным током (поляриметром); 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 производят 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 Л и С. Ток холостого хода трансформатора I_0 определяют как среднее арифметическое значение токов трех фаз:

$$I_0 = \frac{I_{изм}}{I_{ном}} 100\ \%.$$

Потери холостого хода измеряют с помощью 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.

При проведении капитального ремонта обмоток или изоляции трансформаторов, автотрансформаторов, масляных реакторов и дугогасящих катушек в процессе эксплуатации испытанию повышенным напряжением частотой 50 Гц подвергают обмотки 10 кВ и ниже.

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. При капитальном ремонте без смены обмоток и изоляции или со сменой изоляции, но без смены обмоток испытательное напряжение принимают равным 85% заводского испытательного напряжения.

Контрольные вопросы

1. Какое устройство называют трансформатором?
2. Какие схемы соединения трехфазных двухобмоточных трансформаторов вы знаете?
3. На что обращают первостепенное внимание при осмотре трансформаторов?
4. В чем состоит обслуживание комплектных трансформаторных подстанций?
5. Какова периодичность осмотров трансформаторов, находящихся в эксплуатации?
6. Расскажите о технологии ремонта обмоток силовых трансформаторов.
7. Как определяют потери холостого хода трансформатора?

ГЛАВА 14. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И АППАРАТЫ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1000 В

Оборудование комплектных распределительных устройств внутренней установки

Закрытое распределительное устройство (*ЗРУ*) — это 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 ТП).

Выбор аппаратов, токоведущих частей и изоляторов по динамической 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.

Комплектные РУ серии К-XXVI применяют во всех отраслях народного хозяйства, они имеют разнообразные схемы основных и вспомогательных цепей. Шкафы этой серии изготавливают 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. 201) 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 КРУ2-10Э предназначены для работы в 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 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

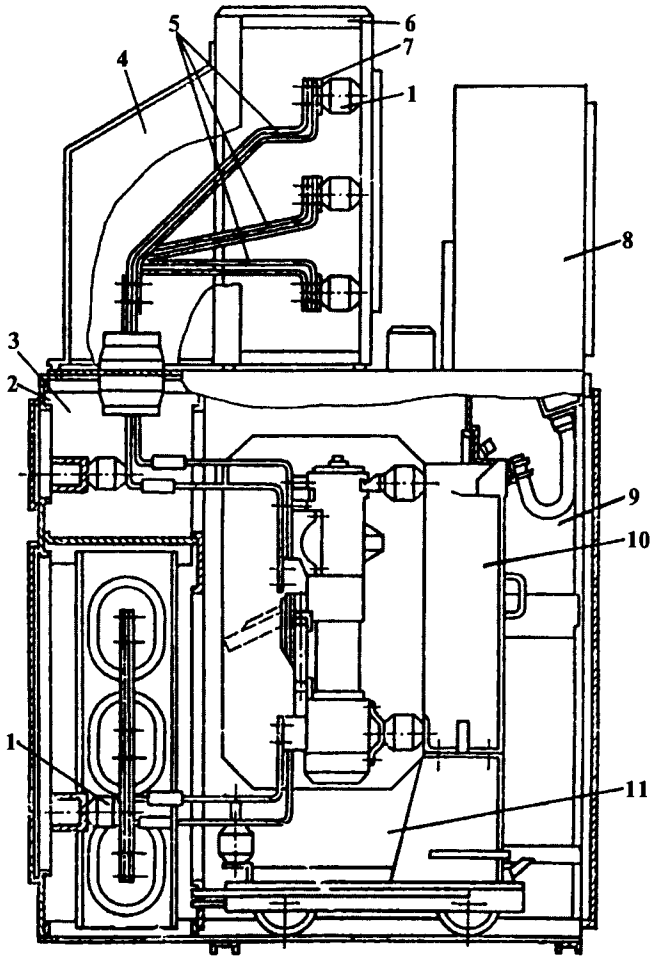


Рис. 201. Шкаф КРУ серии К-XXVII с выключателем ВМПЭ-10:
1 – опорный изолятор; *2* – корпус; *3* – отсек разъемных контактов; *4* – кожух; *5* – отпайка от сборных шин; *6* – отсек сборных шин; *7* – сборные шины; *8* – релейный шкаф; *9* – фасадный отсек; *10* – выдвижной элемент; *11* – отсек выдвижного элемента

3300 мм, а также токопровод для ввода от внутренней стены помещения до вводных шкафов КРУ.

Комплектные 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.

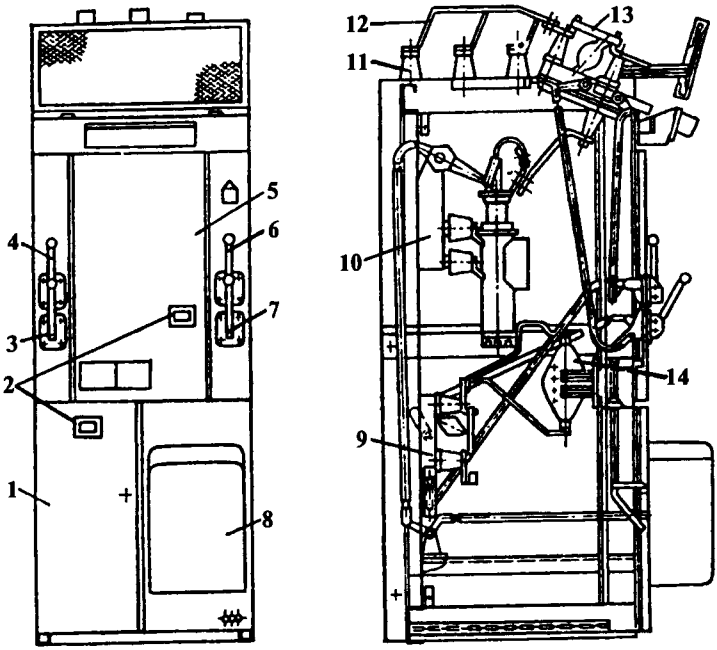


Рис. 202. Сборные камеры одностороннего обслуживания КСО-272:
1, 5 – нижняя и верхняя двери; *2* – смотровые окна; *3, 7* – приводы шинного и линейного разъединителей; *4, 6* – приводы заземляющих ножей шинного и линейного разъединителей; *8* – привод выключателя; *9, 13* – линейный и шинный разъединители; *10* – масляный выключатель; *11* – изолятор; *12* – отпайка от сборных шин; *14* – трансформатор тока

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.

К камерам КСО со стационарным оборудованием относят КСО-272, КСО-366 и др.

Камеры КСО-272 (рис. 202) не стыкуют с другими камерами КСО, а устанавливают в один или два ряда в помещении РУ. По исполнению различают КСО-272 с масляными выключателями, выключателями нагрузки, трансформаторами напряжения, трансформаторами собственных нужд, кабельными сборками, разрядниками и конденсаторами.

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 элементами (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. 203) выпускают с выдвижными элементами (выключателем, трансформаторами на-

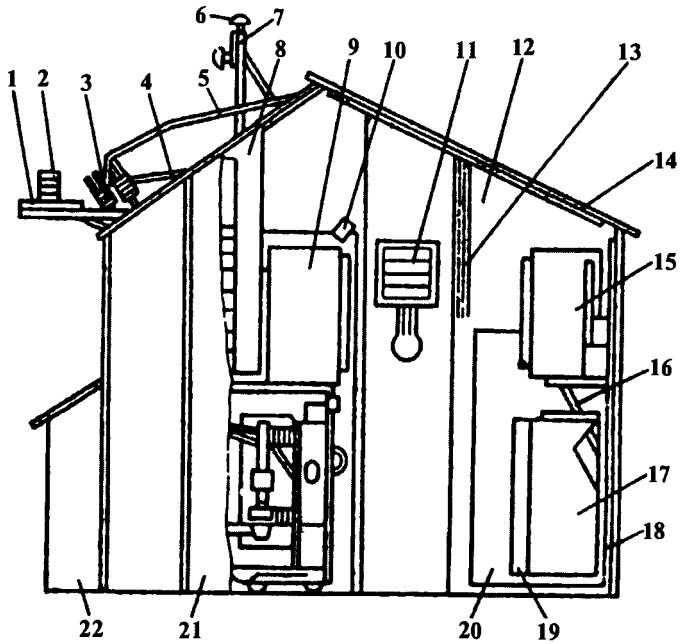


Рис. 203. Комплектное распределительное устройство серии К-37:
1, 4, 7, 10, 16 – кронштейны; *2, 3, 6* – изоляторы; *5* – барьер; *8* – шкаф КРУН; *9* – релейный шкаф КРУ; *11* – вытяжной вентилятор; *12* – коридор; *13* – провода освещения; *14* – крыша; *15* – релейный шкаф защиты трансформатора; *17, 19* – блоки питания; *18* – элемент передней стенки; *20* – дверь; *21* – торцовая стенка; *22* – кабельная приставка

пряжения, разрядниками, силовыми предохранителями) и без выдвижных элементов.

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.

Комплектные РУ серии КРУН-6/10/Л относят к категории индивидуальных шкафов КРУН (без коридора управления), которые применяют в основном на тяговых электростанциях. 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-1Х – с помощью шкафов шириной 1854 мм. Для стыковки шкафов К-37 и К-33 переходные шкафы не требуются.

Технология монтажа комплектных распределительных устройств внутренней установки

Комплектные распределительные устройства монтируют только в помещениях, где полностью закончены строительные работы (рис. 204).

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 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.

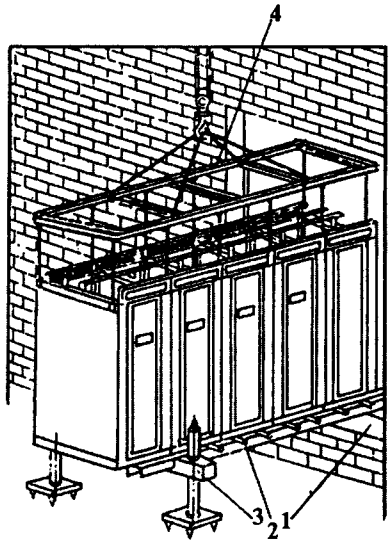


Рис. 204. Монтаж укрупненного блока КРУ:

1 – монтажный проем; *2* – катки; *3* – платформа; *4* – траверса

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 выклю-

чателей, 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. Длина пути неодновременного 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 избежание 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.

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/Л 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.

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 рисунке 205.

Шкафы КРУН к месту монтажа транспортируют в упакованном виде. При выполнении разгрузочных работ строго соблюдают правила и рекомендации. 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. Со-

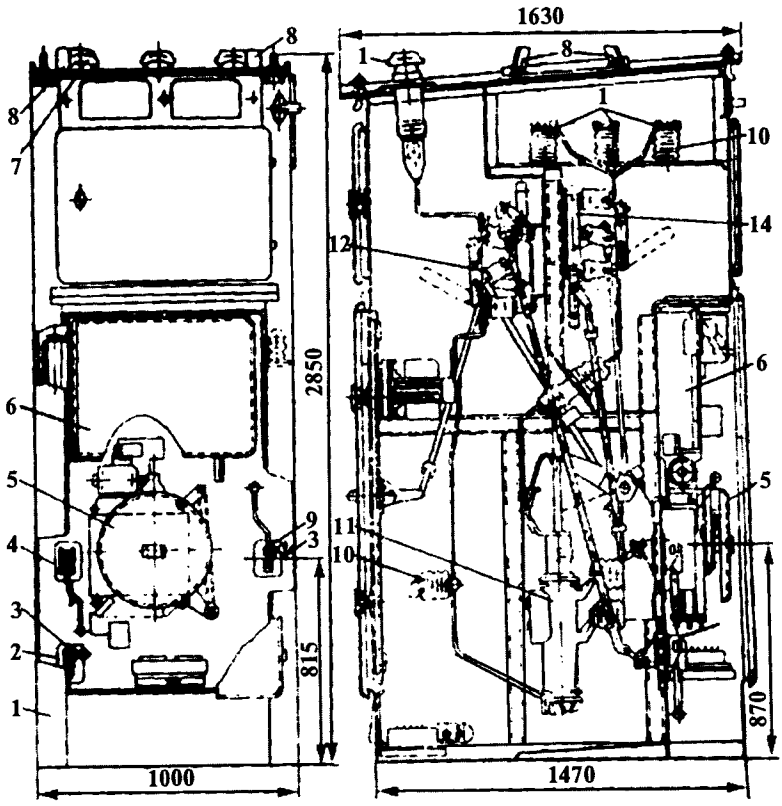


Рис. 205. КРУН стационарного типа серии КРН-III-10:

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

единяя 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.

Технология монтажа вторичных цепей

Вторичные цепи из изолированных проводов при прокладке по панелям объединяют в потоки, которые располагают горизонтально или вертикально (рис. 206). 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.

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.

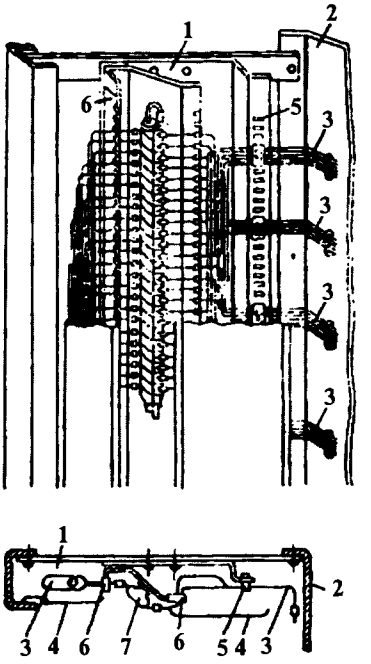


Рис. 206. Вторичные цепи в пластмассовом кожухе:

1 — отсек для проводов; *2* — панель РУ; *3* — поток проводов; *4* — пластмассовая крышка; *5* — перфорированная планка; *6* — гребенка для проводов; *7* — рейка зажимов

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. 207.

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.

Проводники маркируют на обоих концах — у наборных зажимов и у зажимов аппаратов с применением специальных оконцевателей (рис. 208), манжет, трубок.

Однопроволочные провода оконцовывают кольцом или прямым участком провода, многопроволочные — наконечником. Для предотвращения выдавливания провода из-под зажима применяют шайбы-звездочки. 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. 209).

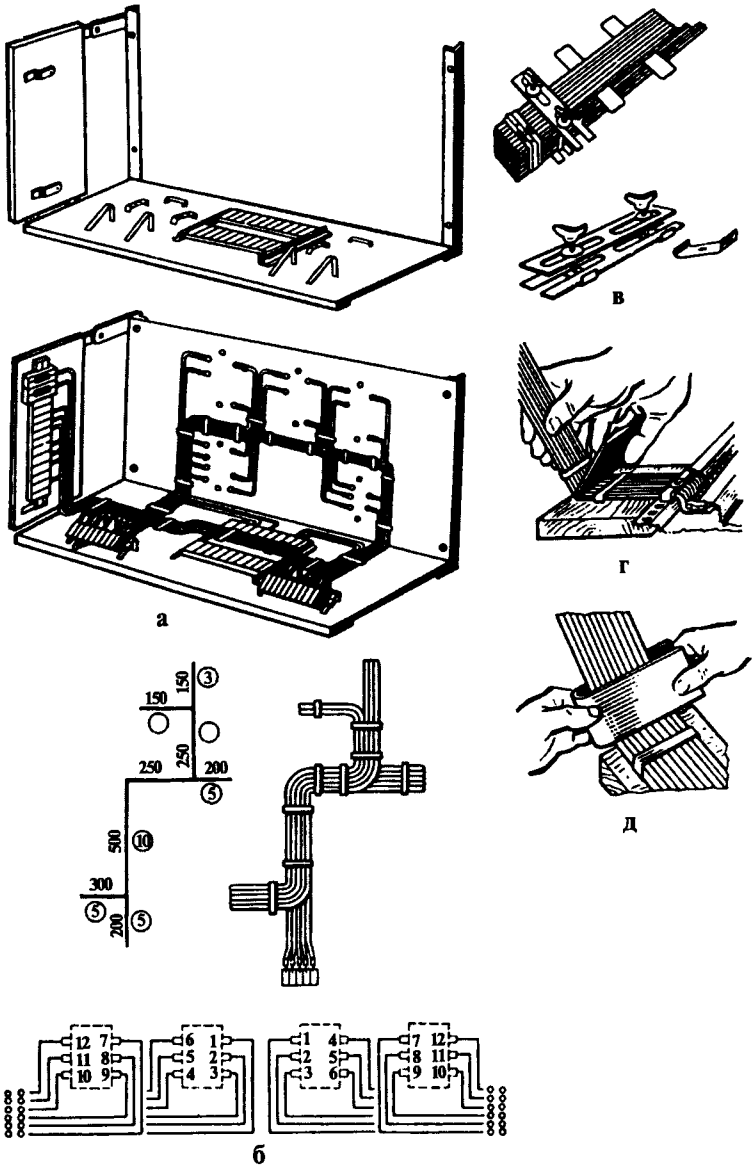


Рис. 207. Технологические приемы монтажа цепей вторичной коммутации:

а – в шаблоне для ячеек КРУ; *б* – по эскизу с технологическими указаниями прокладки проводов; *в* – в пакетах с помощью зажимов и прокладок; *г* – специальной деревянной пластиной; *д* – специальной алюминиевой скобой и сжимом

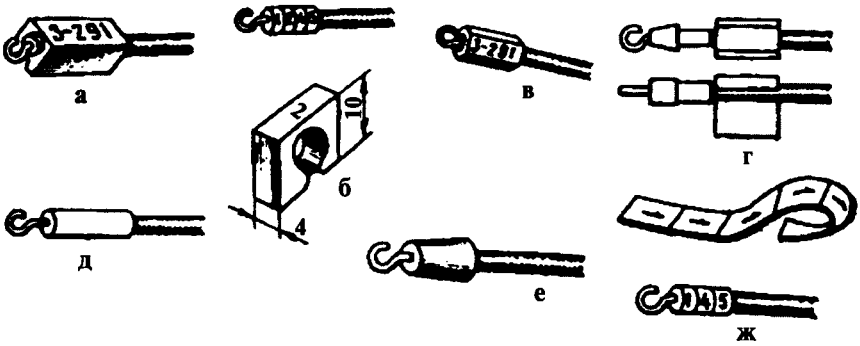


Рис. 208. Маркировочные бирки-оконцеватели:

а – пластмассовый маркировочный оконцеватель У541; *б* – пластмассовый наборный оконцеватель с пружинистым пазом ОН-25; *в* – пластмассовый маркировочный оконцеватель А-267; *г* – комбинированный оконцеватель с маркировочной биркой; *д* – маркировочный оконцеватель из полимерной трубки; *е* – пластмассовый оконцеватель ОП-2,5, У540; *ж* – маркировочная липкая лента с цифровыми и буквенными знаками

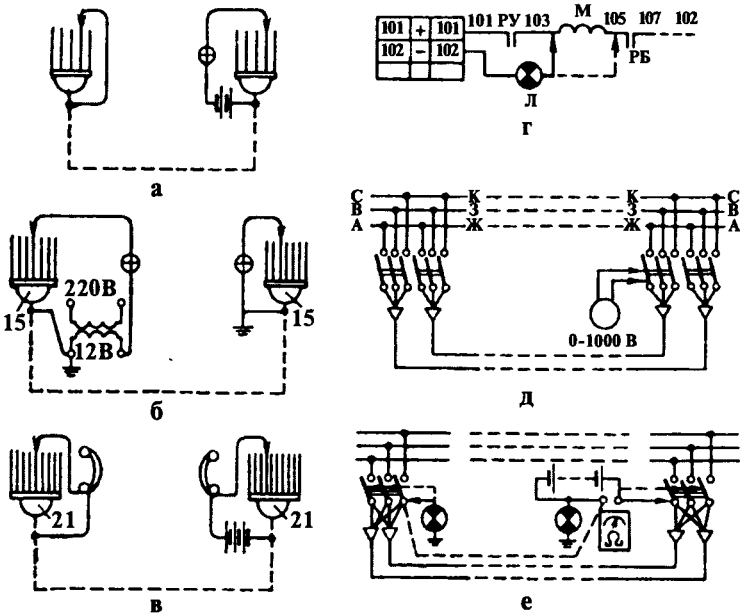


Рис. 209. Схема прозвонки, определения места обрыва и фазировки цепей:

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

Техническое обслуживание распределительных устройств и измерительных трансформаторов

Распределительные устройства 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 следует обращать 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.), ошиновки производят без отключения РУ:

один раз в сутки — на объектах с постоянным дежурным персоналом;

не реже одного раза в месяц — на объектах без постоянного дежурного персонала;

не реже одного раза в 6 месяцев — на РУ, совмещенных с трансформаторными подстанциями.

В выкатных КРУ для проведения работ разъединителями, встроенными в КРУ, заземляют отходящую линию, отключают выключатель, 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 при-

соединения; 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 резъемом, для правильного расположения вставки по отношению к колодке ее устанавливают так, чтобы шпоночное соединение было со стороны фасада шкафа и против него. На вставку и колодку 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.

Измерительные трансформаторы. Обслуживание измерительных трансформаторов состоит в их осмотре, очистке от пыли, проверке надежности соединения с отходящими проводами.

Все операции по обслуживанию измерительных трансформаторов производятся в те же сроки, что и распределительных устройств, в которых они размещены, а испытания — совместно с релейной защитой и автоматикой.

Ремонт электрических аппаратов РУ и установок напряжением выше 1000 В

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.

Ремонт основных аппаратов РУ и установок напряжением выше 1000 В

Перечень технологических операций по ремонту основных аппаратов РУ и установок напряжением выше 1000 В приведен в таблицах 43—45.

Таблица 43

Ремонт разъединителей

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
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 при силе тока разъединителя 600 А—200 Н, 1000 А—400 Н, 2000 А—800 Н	Регулирование проверяют путем 10-кратного включения и отключения разъединителя

Таблица 44

Ремонт выключателей нагрузки

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Осмотр выключателей и замена дефектных деталей	Очищают контактные поверхности от следов оплавления, грязи и копоти. Отвертывают винты, крепящие щеки дугогасительного устройства, осматривают и при необходимости заменяют вкладыши	Если стенки вкладышей выгорели, их заменяют новыми
Проверка пружины 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

Таблица 45

Ремонт масляных выключателей ВМГ-133 и ВМП-10

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	Маслоотделители из цилиндров вынимают, предварительно сняв верхние крышки
	Вынимают распорные бакелитовые цилиндры и дугогасительные камеры	
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 трансформаторным маслом и проверяют плавность хода	Шток и поршень масляного буфера при перемещении от руки должны двигаться плавно, без заеданий
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. 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 рабо-

тать 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. 46).

Таблица 46

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 циклов 15–20. При регулировке лучше пользоваться специальным инструментом

Ремонт высоковольтных предохранителей. Плавкие вставки делают из меди, свинца, сплава свинца с оловом, железа. Наибольшее распространение в электрических сетях до 35 кВ имеют трубчатые предохранители типов 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 для электрического оборудования.

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 шинных устройств. 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.

Неровности и пленки оксида 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 % 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, проходящего в них. Для установок с большой силой тока применяют многополюсные шины.

Шины вследствие нагрева проходящим током изменяют свою длину, поэтому при монтаже применяют 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.

Шины после ремонта должны быть окрашены, кроме мест ответвлений и присоединений к аппаратам, которые после выполнения присоединений покрывают прозрачным глифталевым лаком. Согласно принятым обозначениям фазы шин трехфазного переменного тока обозначают буквами А, В, С.

Ремонт разрядников. При ремонте вилитовых разрядников РПВ проверяют целость крышки, плотность укладки внутренних деталей: они не должны перемещаться. Разрядник вскрывают только при неудовлетворительных результатах испытаний, при этом проверяют целостность 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 характеристики. Герметизацию осуществляют путем установки в нижней части разрядника двух диафрагм из износостойкой резины.

При ремонте трубчатых разрядников проверяют состояние фибробакелитовой трубки, прочность крепления на ней стальных наконечников, 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. 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 остроганных 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 сут в сушильной камере при 90–110°С. Процесс сушки длится 40–50 ч.

Ремонт трансформаторов тока. 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 его 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. 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.

Испытания электроаппаратов распределительных устройств напряжением выше 1000 В

С целью своевременного обнаружения некачественной изоляции коммутационные аппараты и оборудование РУ напряжением выше 1000 В подвергают испытаниям напряжением переменного тока частотой 50 Гц, значения которых приведены в табл. 47. Периодичность проверок измерительных трансформаторов, масляных выключателей приведены в таблицах 48, 49.

Таблица 47

Испытательные напряжения частотой 50 Гц

Номинальное. напряжение, кВ	Заводское испытательное напряжение, кВ, для оборудования с изоляцией			
	Нормальной		Облегченной	
	Изоляторы, испытываемые отдельно	Аппараты	Изоляторы, испытываемые отдельно	Аппараты
3	25	24	14	13
6	32	32	21	21
10	42	42	32	32

Таблица 48

Периодичность проверок и содержание испытаний измерительных трансформаторов в РУ напряжением выше 1000 В

Операция	Переодичность и норма испытаний	Примечания
1	2	3
Полная проверка трансформаторов тока и напряжения	Один раз в 3 года	Проверку производят при ревизии РЗАиТ
Испытание повышенным напряжением частотой 50 Гц изоляции первичных обмоток	Значения испытательных напряжений приведены в табл. 47	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	Продолжительность испытания 1 мин
То же, но изоляции доступных стяжных болтов	1 кВ	Производят только при вскрытии измерительных трансформаторов

Продолжение таблицы 48

1	2	3
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 49

Испытание масляных выключателей при капитальном ремонте

Операция	Норма испытаний	Примечания
1	2	3
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 повышенным напряжением промышленной частоты:	Значения испытательных напряжений приведены в табл. 47.	–
изоляции выключателей (продолжительность 1 мин), изоляции вторичных цепей и обмоток включающей и отключающей катушек (1 мин)	1 кВ	–
Измерение сопротивления постоянному току: контактов масляных выключателей	Предельные значения сопротивлений приведены в табл. 47. Одновременно сопротивление сравнивается с измеренными на аналогичном оборудовании и других фазах	Если сопротивление контактов возросло по отношению к норме в 1,5 раза, контакты должны быть улучшены

Продолжение таблицы 49

1	2	3
шунтующих сопротивлений дугогасительных устройств	Не должно отличаться от заводских данных более чем на 3 %	–
обмоток включающей и отключающей катушек	Принимается согласно заводским данным	–

Контрольные вопросы

1. Как крепят пакеты шин на изоляторах?
2. В каких случаях применяют проходные изоляторы?
3. Как происходит гашение дуги в масляном выключателе?
4. Как работает пружинный привод?
5. Как обслуживают КРУ и КСО?
6. Какие технологические операции выполняют при ремонте основных аппаратов РУ?
7. Какие типы распределительных устройств применяют в схемах электроснабжения напряжением выше 1 кВ?
8. Чем отличаются распределительные устройства внутренней установки от распределительных устройств наружной установки?
9. В чем состоит приемка помещений под монтаж распределительных устройств внутренней установки?
10. Как принимают фундаменты для монтажа оборудования распределительных устройств наружной установки?
11. Как монтируют ячейки камер КСО?
12. Как монтируют шкафы КРУ внутренней установки?
13. Как монтируют шкафы распределительных устройств наружной установки?
14. Какова последовательность операций по монтажу вторичных цепей?

ГЛАВА 15. ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ

Устройство подстанций

Трансформаторной подстанцией называют электроустановку служащую для преобразования и распределения электроэнергии и состоящую из трансформатора, распределительного устройства, приборов управления и вспомогательных сооружений.

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. 210). Шкафы РУ НН изготавливают вводными, секционными и линейными. Они состоят из шинной и коммутационной частей, разделенных металлическими перегородками. В шкафах РУ напряжением до 1 кВ размещена коммутационная и защитная аппаратура: выдвижные универсальные и установочные автоматические выключатели, релейная аппаратура, 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. Различные типы шкафов позволяют комплектовать РУ в зависимости от заказа по различным схемам.

При радиальной схеме питания (когда не требуется шкаф ввода ВН) на баке трансформатора размещают короб в котором монтируют кабельную муфту высокого напряжения.

Для наибольшего приближения к электроприемникам применяются внутренние, встроенные в здания или пристроенные к ним цеховые трансформаторные подстанции. Однако при этом необходимо считаться с эксплуатационными, производственными и архитектурно-строительными требованиями и учитывать конфигурацию производственных помещений, расположение технологического оборудования, категорию производства и характер технологического процесса, условия окружающей среды, требования пожарной безопасности, типы применяемого оборудования, а также принимать во внимание конструктивное выполнение сети вторичного напряжения, материал и способы ее прокладки: кабели, провода, токопроводы.

Размещение цеховых подстанций в пределах периметра производственных зданий дает экономию в электрической части и имеет преимущества в компактности генплана, так как позволяет сократить расстояния между цехами и уменьшить размеры проездов и подъездов и, следовательно, получить экономию в затратах на планировку и на различные подземные и надземные технологические, электрические и транспортные внутризаводские коммуникации.

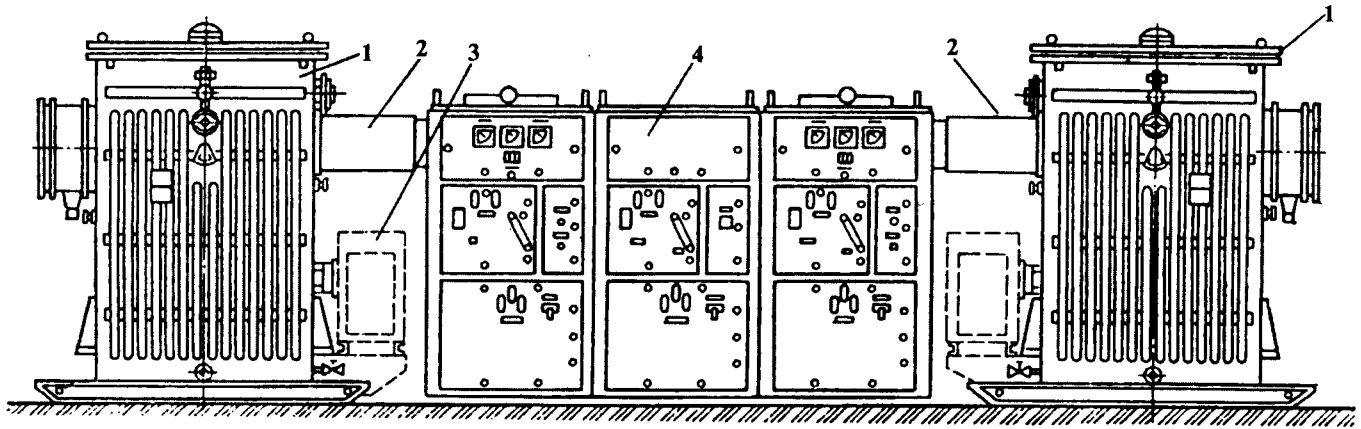


Рис. 210. Комплектная трансформаторная подстанция для внутренней установки:
1 – трансформатор; *2* – соединительный короб; *3* – шкаф предупредительной сигнализации; *4* – шкаф РУ 0,4 кВ

Внутрицеховые подстанции, в том числе и КТП, могут размещаться только в зданиях со степенью огнестойкости I и II и с производствами, отнесенными к категориям Г и Д согласно противопожарным нормам.

Сухие или совтоловые трансформаторы можно устанавливать непосредственно в производственных и других помещениях без ограничения мощности, а также в подвалах и на любом этаже зданий, а масляные нельзя ставить выше 2 этажа и ниже уровня 1 этажа более чем на 1 м. В этом заключается преимущество сухих и совтоловых трансформаторов.

Дополнительным преимуществом сухих трансформаторов является более легкая возможность их размещения в помещениях, на колоннах, кронштейнах, балках, фермах и т. п., так как они не содержат охлаждающей жидкости.

Сухие трансформаторы применяются в административных зданиях, клубах и в других зданиях, где наблюдается большое скопление народа, а также в сухих производственных помещениях, где нецелесообразна установка масляных трансформаторов по условиям пожарной опасности.

К размещению подстанций в пожароопасных и взрывоопасных помещениях и установках предъявляют специальные требования, изложенные в ПУЭ.

Отдельно стоящие цеховые подстанции применяют редко:

при питании от одной подстанции нескольких цехов;

при невозможности размещения подстанций внутри цехов или у наружных стен по соображениям производственного или архитектурного характера;

при наличии в цехах пожароопасных или взрывоопасных производств.

На рис. 211 показана двухрядная компоновка отдельностоящего распределительного пункта на напряжении 6—10 кВ, совмещенного с однотрансформаторной КТП и с комплектной батареей конденсаторов (ККУ).

В ряде случаев целесообразны цеховые подстанции с открытой установкой трансформаторов около наружной стены цеха и с размещением распределительного устройства напряжением до 1 000 В внутри обслуживаемого им здания. Такие подстанции применяют на металлообрабатывающих и других предприятиях. Иногда над трансформатором предусматривают навес, а токопроводы, соединяющие выводы низкого напряжения с комплектным распределительным устройством, заключают в коробы из листовой стали. Такое размещение требует меньше затрат и дает экономию дорогих цеховых площадей. Однако в загрязненных зонах это решение нецелесообразно, так как оно требует специальных уплотненных вводных шкафов высокого напряжения и кожухов для шинных токопроводов низкого напряжения.

К открытой установке трансформаторов около производственных зданий предъявляют строгие противопожарные требования, так как

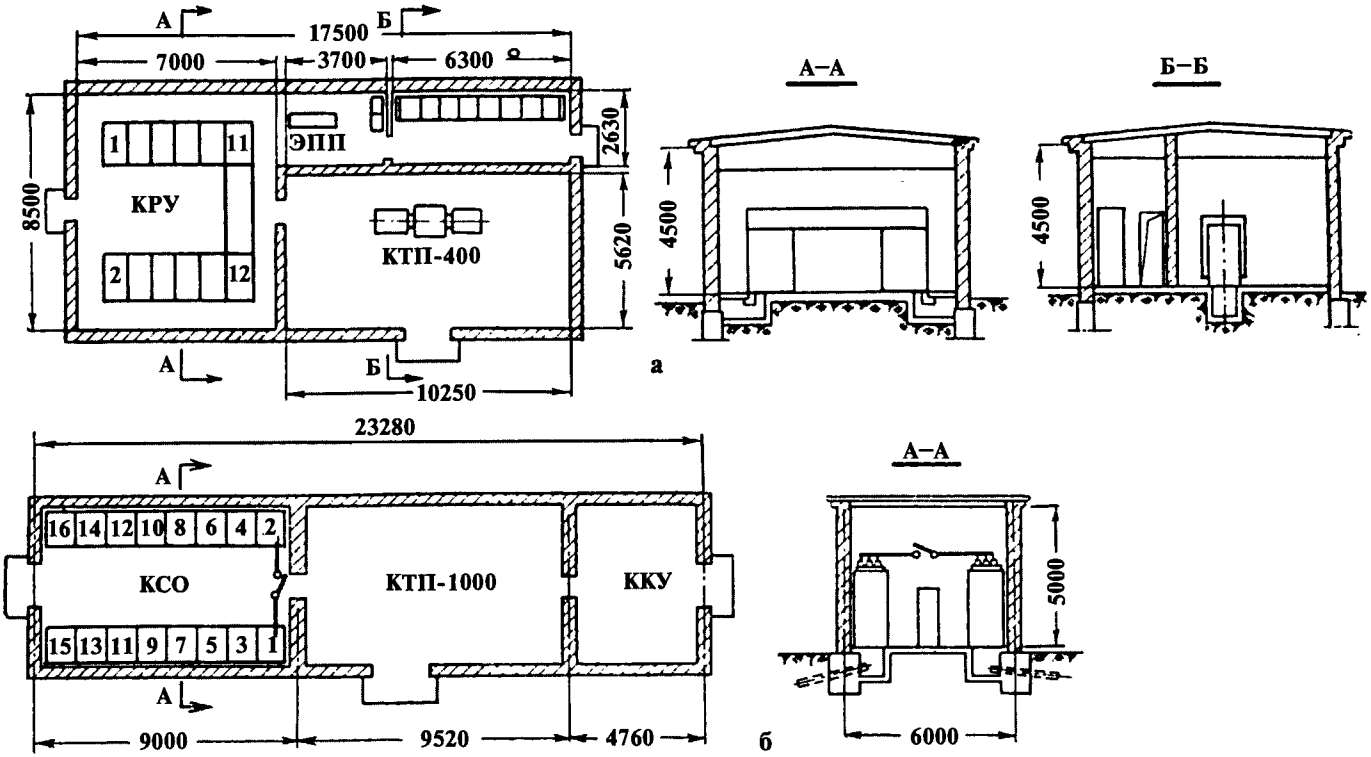


Рис. 211. Отдельностоящий распределительный пункт 6–10 кВ с двухрядным расположением камер, совмещенный с КТП и ККУ:

а – с камерами КРУ; *б* – с камерами КСО

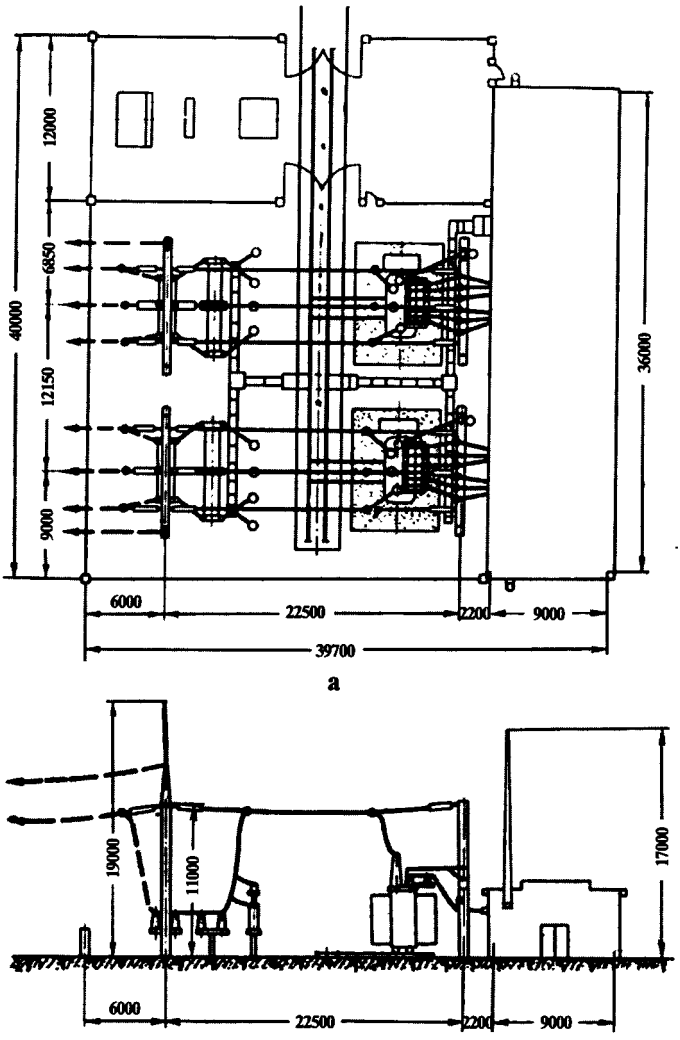


Рис. 212. Подстанции 35 кВ с короткозамыкателями и отделителями:
а – план; *б* – разрез

пожар в одном небольшом цеховом трансформаторе может вывести из работы целый производственный корпус, а иногда и технологически связанные с ним другие смежные производства. Такая установка допускается лишь для производств категории Г и Д на расстоянии от стены здания не менее 0,8 м.

Трансформаторные подстанции *наружной установки* при напряжении 35 кВ в ряде случаев экономически выгодно выполнять закрытыми даже и при нормальной окружающей среде, особенно при небольших

токах к. з. и, следовательно, более дешевой аппаратуре, например при применении горшковых или малых баковых выключателей. Закрытые подстанции компактны. Это очень важно при обычно стесненной площадке предприятия, особенно при расширении и реконструкции, а также при размещении подстанции глубоких вводов вблизи нагрузок.

Трансформаторы во всех случаях устанавливают открыто, а если необходимо, то с усиленной изоляцией.

При глубоких вводах 35 кВ трансформаторы, как и на цеховых подстанциях, устанавливают около наружных стен обслуживаемых ими цехов в непосредственной близости к последним, а распределительные устройства вторичного напряжения 0,38–6–10 кВ встраивают в здания цеха, соединяя с трансформаторами голыми шинами, которые при загрязненной среде заключают в металлические кожухи.

При сравнении вариантов закрытого и открытого исполнения распределительных устройств необходимо учитывать дополнительные эксплуатационные расходы при открытом варианте, связанные с обеспечением надежности работы внешней изоляции, с затратами на ликвидацию последствий отключений и аварий по причине загрязнения изоляции, а также ущерб, наносимый потребителям электроэнергии авариями и отключениями по указанным причинам.

Открытая подстанция 35 кВ представленная на рис. 212, выполнена без выключателей и без сборных шин первичного напряжения с применением короткозамыкателей и отделителей.

Организация сменного и периодического надзора за состоянием и работой электрооборудования подстанций подробно изложена в главе шестой.

Действия персонала при аварийных ситуациях

Загрязнение изоляции или появление в ней трещин с течением времени может вызвать электрический пробой, к этому же приводит вытекание масла из маслонаполненных аппаратов, проникновение влаги в КРУН, недостаточный уровень масла в масляных выключателях и другие дефекты, если их своевременно не выявить и не устранить могут привести к авариям, разрушению оборудования и несчастным случаям. Часто аварии происходят по вине оперативного персонала из-за неправильных оперативных переключений.

Дежурный персонал обязан наряду с мерами по предупреждению аварий, самостоятельно и немедленно, в соответствии с инструкциями данного предприятия, принимать меры по восстановлению нормальной работы, соблюдая следующие требования:

устранять опасность для персонала и оборудования и , если необходимо, отключать оборудование;

не допускать вмешательства в работу автоматических устройств, которые могут усугубить аварийную ситуацию;

обеспечивать нормальную работу неотключенного оборудования, если требуется включать резервное оборудование;

определять на основании показаний приборов контроля, релейной защиты и сигнализации характер и объем повреждения;

немедленно сообщать об аварии начальнику смены и дежурному инженеру или диспетчеру, которые при необходимости вызовут ремонтный персонал.

На крупных предприятиях дежурный персонал участвует в противоаварийных тренировках, организуемых службой главного энергетика и заранее приобретает необходимые навыки по самостоятельному устранению аварийных ситуаций и их последствий (например отключении трансформатора защитой, возникновении пожара в коллекторе и др.).

Техническая документация на подстанциях

Для каждой подстанции составляют технический паспорт, в котором содержатся следующие сведения: технические данные всего объекта, характеристики основного и вспомогательного оборудования; каждой кабельной и воздушной линии (год изготовления, дата включения в эксплуатацию, напряжение, допустимая нагрузка в амперах, длина линии, марка кабеля или провода) и другие данные.

В каждом паспорте делают записи о выявленных во время эксплуатации и испытаний отклонениях от нормальных режимов, о произведенных конструктивных изменениях. На имеющееся на подстанции грузоподъемное оборудование должны быть технический паспорт и шнуровая книга, фиксирующая сведения об исправности такелажных средств и разрешение на допуск к работе. У дежурного подстанции должны быть:

оперативный журнал, в котором отражаются в хронологическом порядке все операции проведенные на оборудовании в текущую смену и все выявленные нарушения нормальной работы;

журнал распоряжений – для записи распоряжений вышестоящего технического персонала;

журнал дефектов – для записи замечаний и неполадок в работе электрооборудования, которые нельзя устранить силами дежурного персонала смены;

суточная оперативная или мнемосхема;

журнал ремонтной защиты, автоматики и телемеханики;

карты установок релейной защиты и автоматики;

журнал отключений выключателей, замыканий на землю и работы защит от перенапряжений;

суточные ведомости показаний контролирующих приборов;

журнал заявок и вывод из работы оборудования.

Особенности технического обслуживания и ремонта комплектных трансформаторных подстанций

При техническом обслуживании и ремонте оборудования трансформаторных подстанций выполняют в основном технологические операции, рассмотренные в разделах обслуживания трансформаторов, распределительных устройств напряжением до и выше 1000 В. При техническом обслуживании комплектных трансформаторных подстанций необходимо учитывать возможность комплектации их трансформаторами сухими, масляными и совтоловыми.

Трансформаторы силовые трехфазные сухие общего назначения, в том числе для КТП, изготавливаются мощностью от 160 до 1600 кВ·А, напряжение обмоток ВН 6; 10; 13,8 и 15,75 кВ. Напряжение обмоток НН 023; 04; 0,69 кВ. Соединение обмоток ВН – в треугольник или в звезду; НН – в звезду с выведенной нулевой точкой. Схема и группа соединения обмоток $Д/У_н-11$ и $У/У_н-0$. В обмотке ВН предусмотрена возможность изменения напряжения в диапазоне $\pm(2\times2{,}5\%)$. Переключения допускается производить только при отключенном трансформаторе со стороны как ВН, так и НН. Зажимы ответвлений обмотки ВН расположены на панели внутри кожуха.

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 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 типов ТНЗ и ТМЗ судят по давлению внутри бака, которое при нормальной нагрузке не должно превышать 50 кПа по показанию мановакуумметра.

Реле давления (рис. 213) устанавливают на внутренней стороне крышки бака трансформатора на специальной пластине 5, к которой реле крепят болтом 6. Ударный механизм реле давления состоит из корпуса 7, сильфонов 9 и 10, бойка 3 с надетой на него рабочей пружиной 4 и защелки 8. Сильфон 10 (устройство, представляющее собой тонкостенную цилиндрическую оболочку с гофрировкой бо-

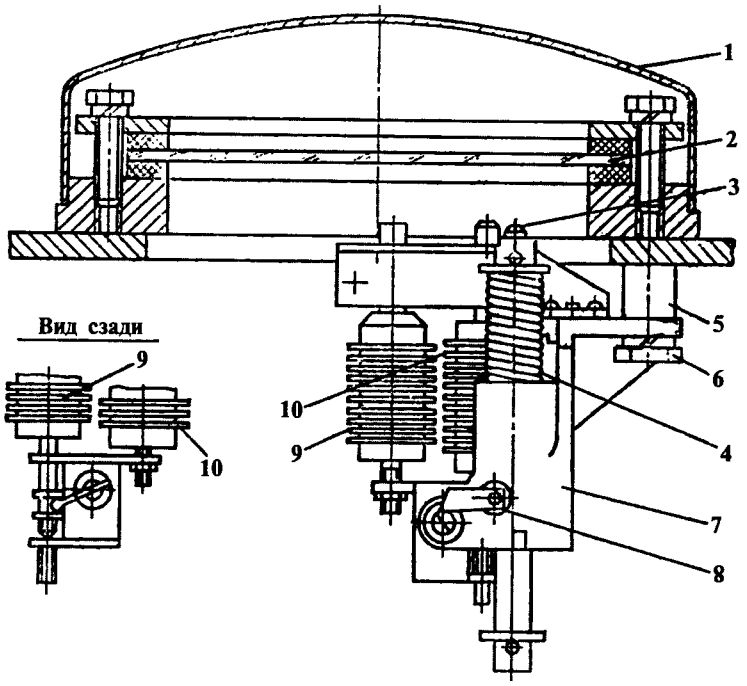


Рис. 213. Реле давления для трансформаторов ТНЗ и ТМЗ

ковой поверхности, расширяющуюся или сжимающуюся вдоль оси под действием разности давления внутри оболочки и снаружи) является компенсатором при колебании температуры среды, окружающей реле. Газ, образующийся в трансформаторе при повреждении изоляции обмоток, давит на сильфон 9, который сжимается и при достижении предельного давления освобождает защелку 8. При этом ударный механизм срабатывает и бойком 3 разбивает диафрагму 2. Выходящие из бака трансформатора газы сбрасывают диафрагму вместе с защитным колпаком 1. На трансформаторах ТНЗ устанавливают защитное приспособление, исключающее разбрызгивание диэлектрика в сторону от трансформатора (по заказу потребителя).

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 герметизиро-

ванных 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 силикагеля. Если большая часть его окрашивается в розовый цвет, весь силикагель осушителя заменяют или восстанавливают нагревом при 450–500 °С в течение 2 ч, индикаторный силикагель — 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 одного раза в год прокручиванием переключателя до 15–20 раз по часовой и против часовой стрелки.

Периодичность осмотров КТП устанавливает служба отдела главного энергетика в зависимости от условий 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 антикоррозионное металлопокрытие.

Контрольные вопросы

1. Какие трансформаторные подстанции называют комплектными?
2. Какие подстанции называют встроенными, пристроенными и отдельно стоящими?
3. Как организован надзор за электрооборудованием подстанций?
4. Что разрешено делать оперативному персоналу?
5. Особенности обслуживания КПП.

ГЛАВА 16. ЗАЩИТНЫЕ МЕРЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

Электротравматизм и его предотвращение

Соблюдение правил техники безопасности является главным условием предупреждения производственного травматизма. Самые совершенные условия труда и новейшие технические мероприятия по технике безопасности не смогут дать желаемые результаты, если рабочий не понимает их назначения. Знание производственных трудовых процессов, применяемого оборудования, приспособлений, инструмента и безопасных способов и приемов в работе создают условия для производительного труда без травматизма. Большое значение для достижения этой цели имеют инструктажи по технике безопасности. По характеру и времени проведения их подразделяют на вводный, первичный на рабочем месте, повторный, внеплановый и текущий.

Действующие в настоящее время «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» являются обязательными для выполнения всеми министерствами и ведомствами, предприятиями промышленности и транспорта, строительными организациями, коммунально-бытовыми, сельскохозяйственными и другими потребителями электроэнергии. Правила распространяются полностью на все электроустановки потребителей, за исключением воздушных линий электропередачи напряжением до 1000 В и выше, на которые Госэнергонадзор считает возможным дополнительно распространить действующие «Правила техники безопасности при эксплуатации распределительных устройств напряжением до 35 кВ» и «Правила техники безопасности при эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше». Кроме того, на синхронные компенсаторы, эксплуатируемые потребителями, также распространяются соответствующие главы ПТЭ и ПТБ при эксплуатации электроустановок электрических станций и подстанций.

Несоблюдение правил безопасности и неосторожное обращение с электротехническим оборудованием может привести к тяжелым поражениям и даже к смертельным исходам. При эксплуатации электрические сети и электрическое оборудование предприятий находятся под наблюдением дежурных электромонтеров и подвергаются периодическому осмотру, профилактическим испытаниям и ремонту. Рабочие других специальностей также проводят некоторые работы в электротехнических установках. При таких условиях возникает вероятность прикосновения человека к неизолированным электрическим сетям или токоведущим частям электрооборудования.

Различают два вида электропоражения – электрический удар и электрическую травму. При *электрическом ударе* ток поражает внутренние органы человека. Он может вызывать паралич нервной системы, прекращение кровообращения и дыхания. При *электрической травме* под действием электрического тока могут возникнуть ожоги

кожи и тканей различных органов, в частности глаз. К электрическим травмам относят также механические повреждения (ушибы, переломы, ранения), которые могут получить пострадавшие при падении, вызванном действием электрического тока.

Основными факторами, влияющими на степень поражения электрическим током, являются: путь тока в теле человека, сила тока, а также время его прохождения. Наиболее опасными направлениями прохождения тока считают «голова–ноги», «рука– рука», «рука–нога», так как при этом ток поражает мозг, сердце и органы дыхания (рис. 214). Силу электрического тока, проходящего через тело человека, можно определить по закону Ома, как отношение приложенного напряжения к сопротивлению тела человека. Сопротивление тела человека существенно зависит от состояния поверхности кожи в месте соприкосновения, общего физиологического и психологического состояния организма и т. д. Оно может изменяться от нескольких сотен до десятков тысяч ом. Если кожа плотная, смочена эмульсией или другими растворами, засорена токопроводящей пылью, то сопротивление резко снижается.

Наиболее опасен ток промышленной частоты (50 Гц). Токи высокой частоты обычно не вызывают электрического шока, но при

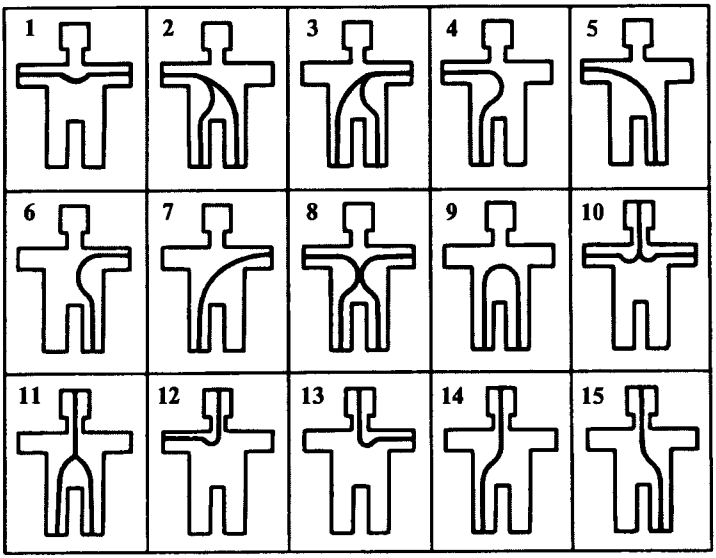


Рис. 214. Пути прохождения тока через тело человека:
1 – рука – рука; *2* – правая рука – ноги; *3* – левая рука – ноги; *4* – правая рука – правая нога; *5* – правая рука – левая нога; *6* – левая рука – левая нога; *7* – левая рука – правая нога; *8* – обе руки – обе ноги; *9* – нога – нога; *10* – голова – руки; *11* – голова – ноги; *12* – голова – правая рука; *13* – голова – левая рука; *14* – голова – правая нога; *15* – голова – левая нога

длительном воздействии могут привести к ожогу отдельных частей тела или их перегреву. Раздражающее действие переменного тока промышленной частоты человек начинает ощущать при значении переменного тока 1–1,5 мА и постоянного тока 5–7 мА. Эти значения называют *ощутимыми* или *пороговыми*. Серьезной опасности для человека они не представляют – человек может самостоятельно отключиться от цепи. Если переменный ток достигает 5–10 мА, то раздражающее усилие становится более ощутимым. Появляется боль в мышцах, которая может привести к судорогам. При переменных токах 10–15 мА и постоянных токах 50–80 мА боль и судороги мышц рук и ног становятся такими сильными, что человек не в состоянии разжать руку, отбросить от себя провод, отойти от места поражения. Эти значения токов называют *пороговым неотпускающим током*, а сами токи – *неотпускающими*.

При переменном токе промышленной частоты 25 мА и выше судорожное сокращение мышц происходит в грудной клетке. Это может привести к параличу дыхания. При токе 50 мА и частоте 50 Гц работа органов дыхания очень затрудняется, а при токе 100 мА и выше и при постоянном токе 300 мА за время 1–2 с поражается мышца сердца, что приводит к его фибрилляции. Точки эти называют *фибрилляционными*. Сердце при фибрилляции как орган перекачки крови не выполняет своих функций, в организм поступает недостаточное количество кислорода и происходит острое кислородное голодание, сопровождающееся остановкой дыхания и наступлением клинической (мнимой) смерти.

Длительность воздействия тока на человека является очень важным фактором, влияющим на исход поражения. При защите поражения электрическим током учитывают данные, приведенные ниже.

Длительный ток, мА, не более	2	5	50	75	100	250
Длительность воздействия, свыше 10	до	10	1,0	0,	7 0,5	0,2

Безопасность работ в электротехнических установках зависит от многих факторов: влажности помещения, его температуры, содержания токопроводящей среды (массы металлов, раствора кислот и солей) и т. д. Поэтому, например, при работе в резервуарах, где имеются большие поверхности хорошо проводящего металла, допустимое по условиям безопасности напряжение переносных ламп принято равным 12 В. В иных случаях, оговариваемых обычно правилами эксплуатации, допускается напряжение 24 В и т. д.

При сооружении электротехнических установок всегда учитываются окружающие условия и предусматриваются мероприятия, предотвращающие возможность поражения электрическим током при эксплуатации электроустановок.

Окружающая среда производственных и бытовых помещений, в которых находятся электрические провода и оборудование, может разрушительно действовать на изоляцию и тем самым увеличивать опасность поражения человека электрическим током.

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 таблицах 50 и 51.

Таблица 50

Классификация помещении 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 51

Классификация помещений по характеру окружающей среды

Класс	Характеристика (признаки)
1	2
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 %

Продолжение таблицы 51

1	2
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

Классификация защитных средств, периодичность их испытаний и осмотров

Персонал, обслуживающий электроустановки, должен быть снабжен всеми необходимыми защитными средствами, обеспечивающими безопасность обслуживания этих электроустановок (рис. 214.).

Защитными средствами называют такие приборы, аппараты и приспособления, которые служат для защиты персонала, работающего вблизи находящихся под напряжением частей электротехнических установок.

Защитные средства делятся на две группы:

1) средства коллективной защиты, которые предназначены для защиты персонала от поражения током высокого напряжения. К ним относят переносные указатели напряжения и токоизмерительные клещи, переносные ограждения и временные защитные заземления;

2) индивидуальные защитные средства, предохраняющие от воздействия дуги, продуктов горения и механических повреждений. К ним относят: защитные очки, брезентовые рукавицы, противогазы.

Электрозащитные средства подразделяют на основные и дополнительные. Основными называют такие защитные средства, изоляция которых надежно выдерживает рабочее напряжение установки. С их помощью можно касаться токоведущих частей, находящихся под напряжением. Дополнительные защитные средства сами по себе не могут при определенном напряжении предохранять от поражения током. Они усиливают действие основного защитного средства и обеспечивают защиту от напряжения прикосновения, шагового, а также

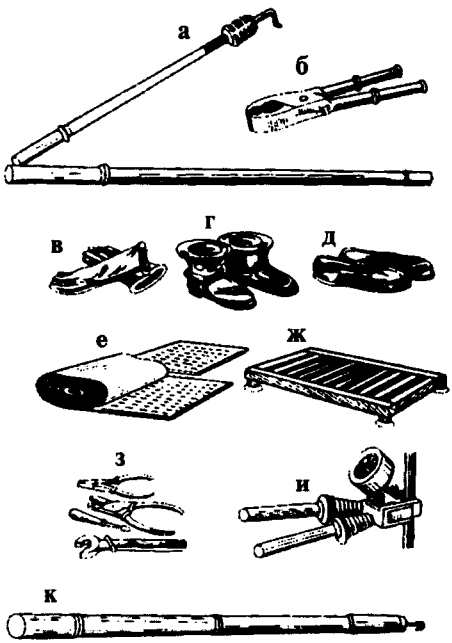


Рис. 215. Защитные средства, применяемые при обслуживании электроустановок:

а – изолирующие штанги; *б* – изолирующие клещи; *в* – диэлектрические перчатки; *г* – диэлектрические боты; *д* – диэлектрические галоши; *е* – резиновые коврики и дорожки; *ж* – изолирующая подставка; *з* – монтерские инструменты с изолирующими ручками; *и* – токоизмерительные клещи; *к* – указатель напряжения

от ожогов электрической дугой. Основные защитные средства применяют при всех операциях совместно с дополнительными.

К основным изолирующим защитным средствам в электроустановках напряжением выше 1000 В относят: оперативные и измерительные штанги; изолирующие и токоизмерительные клещи; указатели напряжения; изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ, как, например, изолирующие лестницы, изолирующие площадки, изолирующие тяги, непосредственно соприкасающиеся с проводом щитовые габаритники, захваты для переноски гирлянд, изолирующие штанги для укрепления зажимов и для установки габаритников, изолирующие звенья телескопических вышек.

Основные защитные средства изготавливают из изоляционных материалов с достаточно устойчивыми диэлектрическими характеристиками (фарфор, бакелит, эбонит, гетинакс, древесно-слоистые пластики, пластические материалы и т. п.). Можно применять дерево, проваренное в льняном или других высыхающих маслах (применение парафина или других аналогичных веществ для пропитки запрещается).

Материалы, поглощающие влагу (бакелит, дерево и др.), должны быть покрыты влагостойким лаком и иметь гладкую поверхность без трещин, отслоений и царапин. В электроустановках до 15 кВ разрешается применение штанг с фарфоровыми изоляторами в качестве изолирующей части и с удлинителями из сухого дерева и других изоляционных материалов.

К дополнительным защитным изолирующим средствам, применяемым в электроустановках напряжением выше 1000 В, относят: диэлектрические перчатки и боты; диэлектрические резиновые коври-

ки; изолирующие подставки, переносные заземления, оградительные устройства, плакаты и знаки безопасности.

К основным защитным изолирующим средствам, применяемым в электроустановках напряжением до 1000 В, относятся: диэлектрические перчатки; инструмент с изолированными рукоятками; изолирующие клещи; указатели напряжения, изолирующие штанги.

Для проверки наличия напряжения в сети или электроустановках применяют специальные указатели и сигнализаторы напряжения.

К дополнительным защитным изолирующим средствам, применяемым в электроустановках напряжением до 1000 В, относят: диэлектрические галоши, диэлектрические резиновые коврики, изолирующие подставки, переносные заземления, плакаты и знаки безопасности.

В распределительном устройстве должен находиться комплект защитных средств, в который входят резиновые перчатки или рукавицы, резиновые боты или изолирующие подставки, резиновые коврики или дорожки, клещи для предохранителей, штанги, индикаторы напряжения, переносные заземления (закоротки), защитные очки.

Выдачу защитных средств в индивидуальное пользование оформляют записью в специальном журнале. В нем указывают дату выдачи, наименование защитных средств и расписывается получатель.

Для хранения защитных средств, закрепленных за распределительным устройством, при входе в него должно быть отведено специальное место. Место хранения оборудуют приспособлениями для размещения защитных средств: крючками для развески штанг, переносных заземлений, предупредительных плакатов и шкафами для размещения перчаток, бот, ковриков, защитных очков, противогазов и указателей напряжения.

Нельзя хранить защитные средства вместе с другими инструментами.

Все защитные средства, как находящиеся в эксплуатации, так и содержащиеся в запасе, должны быть пронумерованы. Защитные средства, находящиеся в эксплуатации, следует испытывать в сроки, приведенные ниже:

Диэлектрические перчатки	1 раз в 6 мес
Диэлектрические боты	1 раз в 3 года
Диэлектрические галоши	1 раз в год
Коврики резиновые диэлектрические	1 раз в 2 года
Изолирующие штанги	1 раз в 2 года
Измерительные штанги	В сезон измерений 1 раз в 3 мес, но не реже 1 раза в год
Изолирующие клещи	1 раз в 2 года
Токоизмерительные клещи	1 раз в год
Указатели напряжения	1 раз в год
Указатели напряжения, работающие по принципу протекания активного тока	1 раз в год
Изолирующие подставки испытываются после изготовления и капитального ремонта	

Правила пользования защитными средствами

Электрозащитные средства нужно использовать по их прямому назначению в электроустановках напряжением не выше того, на которое защитные средства рассчитаны.

Все основные изолирующие защитные средства рассчитаны на применение их в закрытых или открытых распределительных устройствах и на воздушных линиях электропередачи только в сухую погоду. Поэтому использование этих защитных средств на открытом воздухе и в сырую погоду (во время дождя, снега, тумана, измороси) запрещается.

В открытых распределительных устройствах в сырую погоду следует использовать изолирующие средства специальной конструкции, предназначенные для работы в таких условиях.

Перед каждым употреблением защитного средства персонал обязан убедиться в отсутствии внешних повреждений, удалить пыль; резиновые перчатки проверить на отсутствие проколов; проверить, для какого напряжения допустимо применение данного средства и не истек ли срок его периодического испытания. Пользоваться защитными средствами, срок испытания которых истек, запрещается, так как такие средства считаются непригодными.

Для оперативной работы, производства измерений, очистки изоляции от пыли, установки габаритников и разрядников используют изолирующие штанги. Они могут быть универсальными, т. е. имеющими сменные головки, предназначенные для выполнения различных функций.

Изолирующая штанга состоит из двух частей — рабочей изолирующей и ручки-захвата. Рабочая часть имеет наконечники различной формы, в зависимости от назначения штанги. В измерительных штангах прибор для измерения относится к рабочей части штанги. Изолирующей частью штанги является участок от рабочей части до границы захвата.

Штанги при пользовании ими не заземляют, за исключением случаев, когда сам принцип устройства штанги или условия работы требуют ее заземления. При работе с оперативными штангами следует применять диэлектрические перчатки.

При работе со штангой запрещается касаться ее изолирующей части за упорным (ограничительным) кольцом. В случае повреждения лакового покрова штанги или других ее неисправностей работу следует прекратить и штангу отремонтировать и испытать.

Изолирующие клещи применяют для операций с предохранителями, надевания и снятия изолирующих колпаков и других аналогичных работ. Изолирующие клещи состоят из трех основных частей: рабочей части или губок клещей; изолирующей части от губок до упора; ручки-захвата — от упора до конца клещей. В цепях напряжением выше 1000 В при пользовании клещами нужно дополнительно пользоваться диэлектрическими перчатками.

Диэлектрические перчатки предназначены для работы в электроустановках только при условии изготовления их в соответствии с требованиями ГОСТа. Перчатки, предназначенные для других целей (химические и др.), применять как защитное средство при работе в электроустановках не допускается.

Диэлектрические перчатки, выдаваемые для обслуживания электроустановок, выпускаются нескольких размеров. Длина перчатки должна быть не менее 350 мм. Размер диэлектрических перчаток должен позволять надевать под них хлопчатобумажные или шерстяные перчатки для предохранения рук от холода при обслуживании открытых электроустановок.

Диэлектрические боты и галоши, кроме выполнения функции дополнительного защитного средства, являются защитным средством от шагового напряжения в электроустановках любого напряжения. Для применения в электроустановках допускаются только диэлектрические боты и галоши, изготовленные в соответствии с требованиями ГОСТа. Диэлектрические боты и галоши по внешнему виду (цвет, отсутствие лакировки или специальные отличительные знаки) должны отличаться от бот и галош, предназначенных для других целей. Для обслуживания электроустановок должны выдаваться боты и галоши нескольких размеров, предусмотренных ГОСТом.

Диэлектрические коврики применяют в качестве дополнительного защитного средства при работах на закрытых электроустановках любого напряжения, при операциях с приводами разъединителей и выключателей и пускорегулирующей аппаратурой. В электроустановках напряжением до 1000 В диэлектрические коврики для установок напряжением выше 1000 В можно заменять изолирующими подставками. В электроустановках напряжением до 1000 В в качестве диэлектрических ковриков разрешают применять (до выпуска промышленностью специальных диэлектрических ковриков для электроустановок до 1000 В) коврики, изготовленные из недиэлектрической резины, при условии, что они выдерживают испытательное напряжение.

Диэлектрические коврики изготавливают в соответствии с требованиями ГОСТа размером не менее 50×50 см. Верхняя поверхность коврика должна быть рифленой.

Диэлектрические коврики являются изолирующим средством лишь в сухом состоянии.

Изолирующие подставки применяют при проведении операций с предохранителями, пусковыми устройствами электродвигателей, приводами разъединителей и выключателей в закрытых электроустановках любого напряжения.

Изолирующая подставка состоит из настила, укрепленного на опорных изоляторах. Изоляторы могут быть фарфоровыми или из пластических материалов.

Инструмент с изолированными рукоятками применяют в электроустановках напряжением до 1000 В. Рукоятки инструмента должны

иметь покрытие из влагостойкого нехрупкого изоляционного материала, упоры и длину не менее 10 см.

Все изолирующие части инструмента должны иметь гладкую поверхность, не иметь трещин, излома и заусениц. Изоляционное покрытие рукояток должно плотно прилегать к металлическим частям инструмента и полностью изолировать ту его часть, которая во время работы находится в руке работающего.

Токоизмерительные клещи предназначены для измерения переменного тока в одиночных проводниках без нарушения их целостности. Токоизмерительные клещи для электроустановок напряжением выше 1000 В состоят из трех основных частей: рабочей части; изолирующей части – от рабочей части до упора; ручек-захватов – от упора до конца клещей. Рабочая часть клещей состоит из разъемного магнитопровода с обмоткой и съемного или встроенного амперметра, укрепленного на сердечнике.

Токоизмерительные клещи для электроустановок напряжением до 1000 В могут состоять из двух частей: разъемного магнитопровода и изолирующей, являющейся одновременно корпусом прибора и ручкой-захватом. Клещи такой конструкции имеют измерительный прибор, встроенный в изолирующую часть, и одну ручку-захват для удержания клещей при измерении одной рукой.

Упор может быть образован формой корпуса прибора или ручки-захвата и должен предотвращать во время измерения возможность прикосновения рукой к токоведущей части.

Указатели напряжения являются переносными приборами, действие которых основанно на свечении неоновой лампы при протекании через нее емкостного тока. При определении наличия или отсутствия напряжения указатели напряжения не должны заземляться. Исключение составляют указатели на 10 кВ при работах с ними на деревянных опорах. В этих случаях, если конструкция указателя не обеспечивает достаточного свечения при наличии напряжения, указатель необходимо заземлить.

При пользовании указателем напряжения последний следует подносить к токоведущим частям электроустановки на расстояние, необходимое для появления свечения лампы. Прикосновение к токоведущим частям разрешается только в случае, когда проверяемая часть электроустановки находится без напряжения.

Для лучшего наблюдения за свечением лампы указатели напряжения при работе при ярком дневном свете на открытых распределительных устройствах, на воздушных линиях и т. п. должны снабжаться специальными затеняющими колпаками.

Для защиты рук при работах с расплавленным металлом или с расплавленной кабельной массой применяют рукавицы, изготовленные из трудновоспламеняемой ткани (льняного брезента и т.п.). Размеры рукавицы должны позволять натягивать ее на рукав верхней одежды. Рукавицы должны плотно облегать рукав одежды во

избежание затекания расплавленного вещества. Длина рукавиц должна быть не менее 350 мм.

Защитными очками пользуются в следующих случаях:

а) при смене предохранителей;

б) при резке кабелей и вскрытии муфт на кабельных линиях, находящихся в эксплуатации;

в) при пайке, сварке (на проводах, шинах, кабелях и др.), варке и разогревании мастик и заливке ими кабельных муфт, вводов и т. п.;

г) при работе с электролитом и при обслуживании аккумуляторной батареи;

д) при проточке и шлифовке колец и коллекторов;

е) при заточке инструмента и прочих работах, связанных с опасностью повреждения глаз.

Разрешается применять только очки, выполненные в соответствии с требованиями ГОСТа.

Очки должны быть закрытого типа с боковыми стеклами и иметь вентиляционные отверстия. Вентиляционные отверстия должны быть небольших размеров и защищены таким образом, чтобы при сохранении вентиляции брызги жидкости или расплавленных веществ не могли проникать внутрь очковой камеры (вентиляционные отверстия должны быть защищены чешуйками и пр.).

Между оправой и стеклами очков не должно быть щелей. Оправа должна быть металлическая или фибровая и плотно прилегать к лицу, причем для защиты кожи лица от давления и раздражения края оправы должны быть обшиты мягкой кожей или тканью. Переносица очков должна быть эластичной, а для крепления очков на голове должны иметься ленты из плотной тесьмы или кожи с застежками либо резиновая стяжка. Стекла защитных очков должны быть прозрачными и свободными от пороков (пузырьки, выпучивания и т. п.), тугоплавкими и устойчивыми к металлическим воздействиям. При применении очков для продолжительной работы поверхность стекол, обращенных к глазам, нужно предварительно смазывать специальным составом, предохраняющим стекло от потения.

Переносные заземления (рис. 215) являются наиболее надежным защитным средством при работе на отключенном электрооборудовании, на кабельной или воздушной линии электропередачи в случае ошибочной подачи на них напряжения. С помощью специальных проводников и зажимов они замыкают токоведущие части накоротко, одновременно заземляя их. При ошибочном включении такой короткозамкнутой и заземленной линии на напряжение безопасность людей, работающих с токоведущими частями электроустановки, обеспечивается автоматическим отключением электроустановки с помощью выключателя или в результате перегорания плавких вставок предохранителей.

Переносные заземления изготавливают из гибкого медного провода с поперечным сечением жил, рассчитанным на термическую

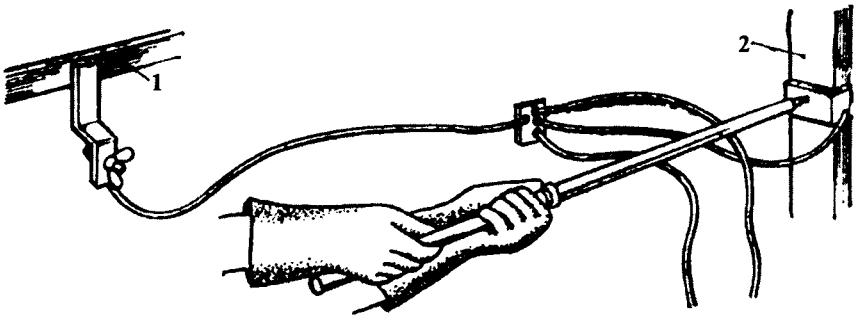


Рис. 216. Временное переносное заземляющее устройство:
1 – шина сети заземления; *2* – токоведущая часть электроустановки

устойчивость при прохождении токов короткого замыкания, но не менее 25 мм^2. Этот провод имеет три специальных зажима в виде струбцин для присоединения их к трем фазам отключенной электроустановки и кабельный наконечник или струбцину для присоединения к шине заземления.

Одним из важнейших условий безопасного выполнения работ является обязательное о г р а ж д е н и е опасной зоны. Опасные зоны могут быть постоянными и временными. К постоянным относят опасные зоны действия некоторых машин и механизмов.

Временными следует считать опасные зоны, возникающие на период продолжительностью до одних суток. К ним относят места подъема или опускания крупных металлоконструкций или оборудования, высоковольтных испытаний и др. Постоянные опасные зоны ограждают инвентарной обноской в виде штакетного барьера, окрашенного в красный цвет. На таких ограждениях через каждые 5–10 м по периметру должны обязательно быть вывешены запрещающие знаки.

Для временных опасных зон применяют легкие переносные ограждения. В качестве временных ограждений применяют щиты (ширмы), изолирующие накладки и колпаки ограждения– клетки, габаритники.

Переносные щиты изготавливают в виде сплошной поверхности из сухого дерева без металлических креплений высотой 1,7 м. Они должны быть устойчивы, прочны и окрашены масляной краской. Решетчатые щиты допускают только для ограждения проходов, входов в камеры и т. п.

Щиты следует устанавливать так, чтобы расстояние от них до токоведущих частей электроустановки было не менее: 0,35 м – в установках до 15 кВ включительно и 0,6 м – в установках от 15 до 35 кВ. При установке щитов вблизи неотключенных токоведущих частей необходимо пользоваться диэлектрическими перчатками и изолирующими клещами.

К защитным средствам относятся специальные плакаты, служащие для предупреждения об опасности приближения к частям, находящимся под напряжением, указания на подготовленность к работе места; напоминания о принятии мер безопасности; запрещения включения данного участка установки под напряжение. Плакаты бывают стационарные и переносные; по назначению различают плакаты: предупреждающие, запрещающие, предписывающие, указательные.

Защитное заземление

Для обеспечения безопасности обслуживания электроустановок их заземляют. *Защитным заземлением* электрической установки называют преднамеренное соединение ее с заземляющим устройством, представляющим собой совокупность заземлителя и заземляющих проводников. *Замыканием на землю* называют случайное электрическое соединение находящихся под напряжением частей электроустановки с неизолированными от земли конструктивными частями или с землей непосредственно. Замыкание, возникающее в машинах, аппаратах, линиях на заземленные конструкции, называют *замыканием на корпус.*

Нейтрали генераторов и трансформаторов можно соединить с заземляющим устройством либо непосредственно, либо через малое сопротивление. Такие нейтрали называют *глухозаземленными.* Нейтрали, не присоединенные к заземляющим устройствам непосредственно или присоединенные к ним через аппараты с большим сопротивлением (например, трансформаторы напряжения), называют *изолированными.*

В электроустановках с глухозаземленной нейтралью при замыканиях на заземленные части должно быть обеспечено надежное автоматическое отключение поврежденных участков сети с наименьшим временем отключения. С этой целью в электроустановках напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью, а также в трехпроводных сетях постоянного тока с глухозаземленной средней точкой обязательна металлическая связь корпусов электрооборудования с заземленной нейтралью электроустановки (рис. 216, а).

В электроустановках с изолированной нейтралью и с компенсацией емкостных токов напряжением выше 1000 В должна быть предусмотрена возможность выявлять и быстро отыскивать замыкания на землю с помощью устройств контроля изоляции, секционирования сети, а в необходимых случаях и посредством селективной сигнализации или защиты для обнаружения или автоматического отключения поврежденных участков. В этих электроустановках осуществляется непосредственная металлическая связь корпусов электрооборудования с землей (рис. 216, б), имеющая целью предельно ограничить разность потенциалов, под которую может попасть человек, одновременно соединенный и с землей, и с корпусом.

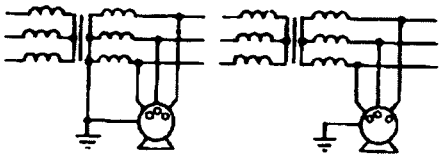


Рис. 216. Схемы заземления в сетях на напряжение до 1000 В

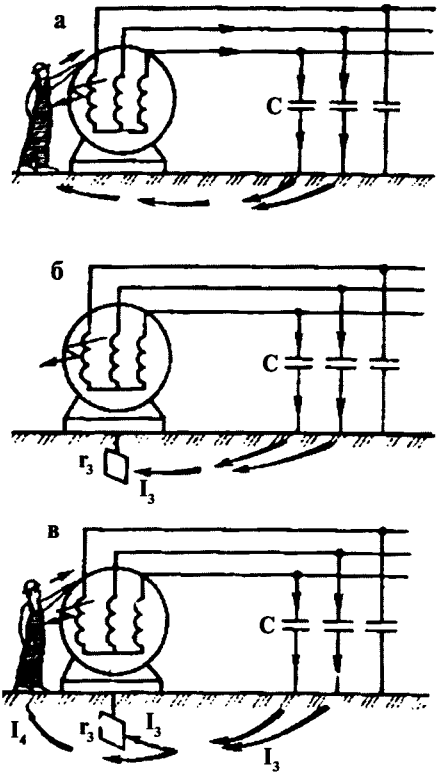


Рис. 217. Схемы к пояснению роли защитного заземления

Электроустановки напряжением до 1000 В допускаются как с глухозаземленной, так и с изолированной нейтралью, а электроустановки постоянного тока – с глухозаземленной или изолированной средней точкой. В четырехпроводных сетях переменного тока или в трехпроводных сетях постоянного тока обязательно глухое заземление нейтрали.

Для пояснения роли защитного заземления рассмотрим схемы (рис. 217). На них буквой С обозначена емкость фаз кабельной или воздушной сети относительно земли. При значительной протяженности сети сила емкостного тока достигает относительно большого значения, значительно превосходящего силу активного тока утечки. Человек, прикоснувшийся к корпусу двигателя в момент, когда произошло замыкание на корпус одной из фаз статорной обмотки при отсутствии заземления, попадает под линейное напряжение (рис 217, а). Тело человека будет включено параллельно емкости С поврежденной фазы. Ток через емкостное сопротивление двух неповрежденных фаз пройдет по телу человека. Для устранения такой опасности корпус двигателя следует надежно заземлить (рис. 217, б). В этом случае при пробое изоляции одной из фаз на корпус двигателя последний оказывается по отношению к земле под напряжением:

$$U_з = I_з r_з$$

Напряжение $U_ч$, под которым окажется тело человека, и ток $I_ч$, проходящий через него (рис. 217, в):

$$U_ч = I r_ч = I_з r_з \text{ и } I_ч = I_з r_з / r_ч,$$

где $I_з$ – сила тока, проходящего через заземляющее устройство; $r_ч$ – сопротивление тела человека; $r_з$ – сопротивление заземляющего устройства.

При выборе заземляющего устройства его сопротивление рассчитывают так, чтобы напряжение $U_ч$ было небольшим, а сила тока $I_ч$ – безопасной для жизни человека.

Чтобы уяснить работу заземляющих устройств, необходимо познакомиться с явлениями, обусловленными растеканием тока с заземлителей. При пробое изоляции токоведущих частей на корпусе заземленного электрооборудования заземляющее устройство получит потенциал $\varphi_{max}=I_з r_з$. По мере удаления от заземляющего устройства потенциал поверхности земли по отношению к точке с нулевым потенциалом снижается. Зависимость потенциала φ от расстояния до поврежденного аппарата определяется типом заземлителя и свойствами грунта, в котором расположен заземлитель. При расстояниях 15–20 м от заземлителя потенциал φ практически равен нулю.

Если к поврежденному аппарату подходит человек, то его ноги находятся под разными потенциалами, вследствие чего через тело человека проходит электрический ток. Человек в этом случае находится под действием напряжения шага, которое увеличивается по мере приближения к заземленному аппарату.

Напряжение шага $U_{шаг}=\varphi_1-\varphi_2$, где φ_1 и φ_2 – потенциалы точек, находящихся на расстоянии 0,8 м друг от друга.

Если человек находясь на расстоянии 0,8 м от поврежденного аппарата прикоснется к его корпусу, то он попадет под разность потенциалов, называемую напряжением прикосновения:

$$U_{прик}=\varphi_{max}-\varphi,$$

где φ – потенциал поверхности земли на расстоянии 0,8 м от заземленного аппарата. Чем меньше $U_{прик}$ и $U_{шаг}$, тем безопаснее обслуживание установки. Напряжение шага считается безопасным, если оно не превышает 40 В. Наибольшее значение потенциала у заземлителя, а при удалении на расстояние более 20 м от замыкания токоведущих частей на землю потенциал снижается весьма значительно. Для защиты от шагового напряжения применяют диэлектрические боты. В случае попадания человека под напряжение шага он должен срочно выйти из опасной зоны малыми шажками или прыжками на одной ноге.

Поражение человека может произойти в результате возникновения заряда статического электричества на различных металлических частях машин и оборудования. Под *статическим электричеством* понимают потенциальный запас электрической энергии, образующейся на оборудовании или конструкциях в результате их трения друг о друга, о металл или в результате индукционного влияния сильных электрических разрядов, например разрядов молнии. Заряды стати-

ческого электричества образуются также при трении (перевозке или перекачке) органических жидкостей (бензин, бензол), являющихся диэлектриками (т. е. непроводниками электричества), о стенки металлических труб и сосудов.

Статические разряды могут образоваться и в помещениях с большим количеством пыли органического происхождения. Заряды статического электричества часто доходят до нескольких десятков тысяч вольт, и искровой разряд такого потенциала может быть причиной взрыва и пожара. Для предотвращения искровых разрядов статического электричества проводят ряд мероприятий, которые снижают электрические потенциалы до безопасных значений (устройство усиленной вентиляции и увлажнение воздуха до 80%) или исключают искрение даже при наличии высоких электрических потенциалов (например, снятие потенциала с ремня передачи путем устройства заземленных металлических щеток или превращение ремня в проводник).

Средствами защиты от статического электричества являются заземляющие устройства, антиэлектростатические покрытия и пропитки, нейтрализаторы.

Отвод статического электричества, накапливающегося на людях (вследствие пользования бельем и одеждой из шелка, шерсти и искусственных волокон, при движении по токонепроводящему покрытию пола), осуществляют путем устройства токопроводящих полов или заземленных зон, выдачи антистатической обуви и спецодежды в виде антиэлектрического халата с антиэлектростатической подушкой. Для извещения персонала о появлении электростатического заряда, а также быстрого снижения его уровня в момент возникновения применяют сигнализаторы статического электричества со световой мигающей и звуковой сигнализацией.

К частям силового электрооборудования, подлежащим заземлению (рис. 218), относят:

корпуса электрических машин, трансформаторов и аппаратов;

провода электрических аппаратов;

вторичные обмотки измерительных трансформаторов;

каркасы распределительных щитов, шкафов и пультов управления;

металлические конструкции распределительных устройств, металлические кабельные конструкции;

металлические корпуса кабельных муфт, металлические оболочки и броня контрольных и силовых кабелей, металлические оболочки проводов, стальные трубы для проводов электросети и другие металлические конструкции, связанные с установкой электрооборудования;

металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников.

Заземлению не подлежит электрооборудование, которое по характеру своего расположения и способу крепления имеет надежный контакт с другими заземленными металлическими частями установки, а именно:

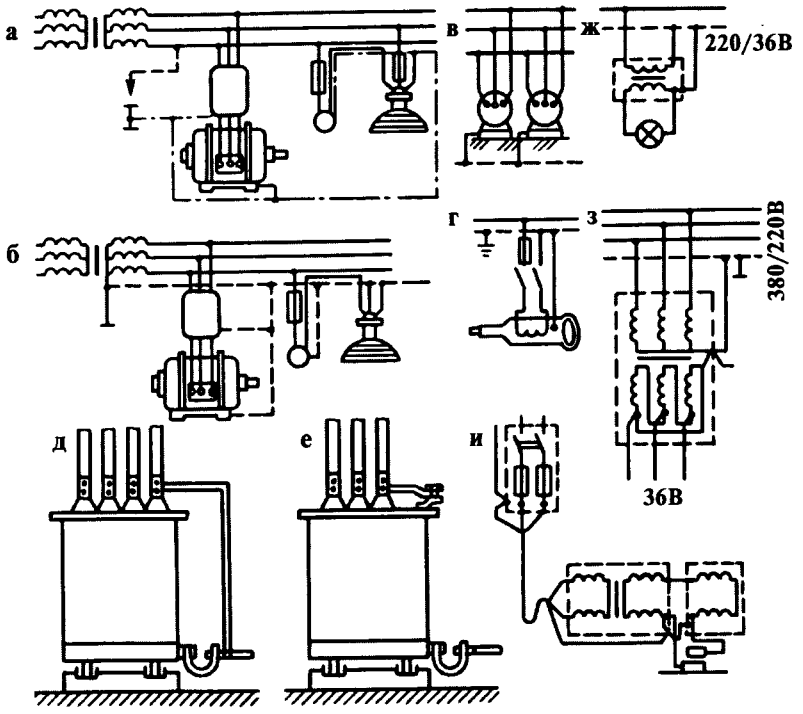


Рис. 218. Устройство сети заземления с изолированной нейтралью (*а*) и заземленной (*б*) и монтаж заземляющих проводников к электрооборудованию (*в*), привода заземления электросверла (*г*), заземления трансформатора с неизолированной (*д*) и изолированной (*е*) нейтралью, зануления однофазного понижающего трансформатора (*ж*), трехфазного (*з*) и заземления сварочного трансформатора (*и*)

оборудование, установленное на заземленных металлических конструкциях (при этом на опорных поверхностях должны быть предусмотрены зачищенные и незакрашенные места);

корпуса электроизмерительных приборов, реле и т. п., установленных на щитах, шкафах и пультах;

съемные или открывающиеся части на металлических заземленных каркасах любых электроконструкций.

Вместо заземления отдельных электродвигателей и аппаратов на станках и других механизмах допускается непосредственное заземление станин станков и механизмов при условии обеспечения надежного контакта между корпусом электрооборудования и станиной.

Если выполнение заземления или защитного отключения, удовлетворяющего всем требованиям ПУЭ, невозможно по условиям технологического процесса (например, в зоне обслуживания электролизных ванн алюминиевых и других заводов) или представляет значи-

тельные трудности по каким-либо причинам, то взамен его допускается обслуживание электрооборудования с изолирующих площадок.

Последние должны быть выполнены так, чтобы прикосновение к представляющим опасность заземленным частям было возможно только с этих площадок. Кроме того, должна быть исключена возможность одновременного прикосновения к незаземленным частям электрооборудования и к частям зданий или оборудования, имеющим соединение с землей.

В качестве естественных заземляющих проводников используют:

нулевые проводники сети;

металлические конструкции зданий (фермы, колонны и т. п.);

металлические конструкции производственного назначения (подкрановые пути, каркасы распределительных устройств, галереи, площадки и т.п.);

стальные трубы электропроводов;

алюминиевые оболочки кабелей;

металлические стационарные открыто проложенные трубопроводы всех назначений, кроме трубопроводов горючих и взрывоопасных смесей, канализации и центрального отопления.

Если естественных заземлителей нет или их использование не дает нужных результатов, то применяют искусственные заземлители в виде стержней из угловой или круглой стали и из газоводопроводных труб. Выбор угловой стали зависит от характера грунта и способа забивки стержней. Газовые трубы для стержней применяют диаметром 2" в твердых и средних грунтах и 1,5" – в мягких; причем в целях экономии используют, как правило, некондиционные трубы. Длину стержней и глубину их заложения от поверхности земли выбирают в зависимости от климатических условий.

В последнее время для всех грунтов, кроме вечномерзлых и скалистых, рекомендуется применять для заземлителей круглую сталь диаметром 12 мм. Освоена технология быстрого погружения в грунт стержней из этой стали длиной до 5 м (с помощью электродрелей и вибрационным способом). Применение таких стержней вместо стержней из угловой стали $50 \times 50 \times 5$ мм длиной 2,5–3 м экономит время и снижает трудоемкость монтажных работ, а также дает значительную экономию металла (благодаря тому, что у стержня из стали диаметром 12 мм и длиной 5 м сопротивление растеканию примерно в два раза меньше, чем у стержня из угловой стали $50 \times 50 \times 5$ мм длиной 3 м).

В качестве искусственных заземляющих проводников применяют круглую сталь диаметром 5 мм (внутри здания) и 6 мм (в земле); полосовую сталь сечением 24 мм^2 (внутри здания) и 48 мм^2 (в земле) при толщине 4 мм.

Сопротивление заземления электрооборудования в электроустановках напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью должно быть не более 4 Ом, а при мощности генераторов и трансформаторов, не пре-

вышающей 100 кВ·А, – не более 10 Ом. Чтобы предотвратить попадание высокого напряжения в сеть низкого напряжения при пробое изоляции обмоток трансформаторов, в этих установках обмотку трансформатора заземляют через пробивной предохранитель. В случае попадания высокого напряжения в сеть низкого напряжения происходит электрический пробой пробивного предохранителя и обмотка низшего напряжения трансформатора оказывается заземленной.

Осмотр и переключения в схемах электроустановок

Лица оперативного персонала, обслуживающие электроустановки единолично, должны иметь квалификационную группу не ниже IV (в электроустановках напряжением выше 1000 В) и III – в установках до 1000 В.

При осмотре электроустановки напряжением выше 1000 В одним лицом нельзя входить за ограждения, в камеры распределительных устройств. Осмотр камер производят с порога или стоя перед барьером. При необходимости осмотр камер закрытых распределительных устройств с входом за ограждение разрешается одному лицу с квалификационной группой не ниже IV при условии, что в проходах расстояние от пола составляет: до нижних фланцев изоляторов – не менее 2 м, а до неогражденных токоведущих частей – не менее 2,75 м при напряжении до 35 кВ и 3,5 м–при напряжении 110 кВ.

Если расстояния менее указанных, то вход за ограждения разрешается только в присутствии второго лица с квалификационной группой не ниже III.

При осмотре не разрешают выполнять какой-либо работы. При осмотре распределительных устройств необходимо дверь в РУ закрывать.

При обнаружении замыкания на землю нельзя приближаться к месту замыкания на расстояние менее 4–5 м в закрытых и менее 8–10 м в открытых распределительных устройствах. Приближение к этому месту на более близкое расстояние допускается только для производства операций с коммутационной аппаратурой при ликвидации замыкания на землю, а также при необходимости оказания первой помощи пострадавшим. В этих случаях следует пользоваться защитными средствами и руководствоваться правилами оказания первой помощи.

При осмотре распределительных устройств, щитов, шинопроводов, троллеев, сборок напряжением до 1000 В не разрешают снимать предупредительные плакаты и ограждения, проникать за них, касаться токоведущих частей и производить их обтирку или чистку, устранять обнаруженные неисправности.

Оперативному персоналу, обслуживающему производственное электрооборудование (электродвигатели, генераторы, электропечи, ванны и пр.) и электротехническую часть различного технологического оборудования напряжением до 1000 В, разрешается единолично

открывать для осмотра дверцы щитов пусковых устройств, пультов управления и пр. При этом следует соблюдать осторожность.

Все переключения в схемах электроустановок напряжением до 1000 В, а также все простые (т. е. переключения в схемах одного присоединения) и сложные переключения в распределительных устройствах 6—10 кВ, полностью оборудованных блокировочными устройствами от неправильных операций с разъединителями, производит оперативно-дежурный персонал единолично без бланков переключений, с записью в оперативный журнал. В схемах электроустановок напряжением выше 1000 В, если распределительные устройства не оборудованы блокировочными устройствами или оборудованы ими не полностью, сложные переключения производит оперативно-дежурный персонал по бланкам переключения; в операции участвуют обязательно два лица.

При выполнении переключения по бланкам лицо, получившее распоряжение о производстве операции, должно заполнить бланк переключения с перечислением операций в порядке очередности их производства; бланк подписывают лицо, производящее операции, и лицо, контролирующее. Бланк берется на место производства переключения.

Перед производством переключений по бланку одним лицом бланк прочитывают по телефону вышестоящему лицу, отдавшему распоряжение о переключении, после чего дежурный записывает фамилию этого лица в графу «лицо контролирующее».

В бланк переключений необходимо записывать коммутационные операции с выключателями и разъединителями, операции с защитой и автоматикой, а также операции по наложению и снятию заземления в порядке точной последовательности их выполнения. Проверочные операции записывать не требуется.

При производстве переключений в электросетях число заданий, выдаваемых одной бригаде, не ограничивается. На каждое задание перед выездом бригады должен быть выписан отдельный бланк переключений. Лицо, производящее переключения, обязано получить по телефону от дежурного по сети разрешение на выполнение задания непосредственно перед началом операции.

Все переключения и операции по установке заземлений, необходимые для подготовки рабочего места в самом РП или ТП, разрешается производить допускающему к работе (согласно наряду) совместно с производителем работ.

Старший по смене (или лицо, ведущее обслуживание электроустановок) должен вести письменный (в оперативном журнале) учет переносных заземлений и перед включением под напряжение — участков, бывших в ремонте, и не только убедиться на месте, сняты ли заземления, но и проверить по записям, числу и номерам оставшихся в распределительном устройстве комплектов, не забыто ли где переносное заземление.

В электроустановках и на подстанциях с постоянным дежурством персонала включение под напряжение оборудования, бывшего в ре-

монте или испытании, может быть произведено только после приемки его дежурным персоналом от ответственного руководителя работы.

В электроустановках без постоянного дежурства персонала и в сетях порядок приемки оборудования после ремонта или испытания устанавливается местными инструкциями с учетом особенностей электроустановки и выполнения Правил техники безопасности.

В случае, когда отключение цехового электрооборудования производилось по устной (или письменной) заявке цехового персонала для производства каких-либо работ, следующее включение этого оборудования может быть произведено только по требованию лица, давшего заявку на отключение или же уполномоченного им и в данный момент его заменяющего.

Перед пуском временно отключенного электрооборудования по заявке цехового персонала оперативный персонал обязан его осмотреть, убедиться в готовности к приему напряжения и предупредить работающий на нем персонал о предстоящем включении.

Порядок оформления заявок на отключение электрооборудования данного предприятия, цеха должен быть утвержден энергетиком предприятия, цеха и согласован с руководителем предприятия, цеха.

Разъединителями допускается отключать и включать:

ток замыкания на землю;

уравнительный ток до 70 А воздушных и кабельных линий напряжением 10 кВ и ниже;

нагрузочный ток линий до 15 А при напряжении 10 кВ и ниже при условии, что операция производится трехполюсными разъединителями с механическим приводом.

Производство работ в действующих электроустановках

В процессе обслуживания электроустановок проводят профилактические ремонты, испытания изоляции электрических машин, аппаратов, кабелей, внутрицеховых электросетей; наладку электроприводов, релейной защиты и т. п. Кроме того, возможны небольшие по объему работы по предупреждению и ликвидации аварий и мелких неполадок.

К находящимся под напряжением токоведущим частям, электроустановкам или частям электроустановок относят и подготовленные к эксплуатации токоведущие части электроустановки или части ее, которые в любой момент могут оказаться под напряжением.

Работы, выполняемые в действующих электроустановках, в отношении мер безопасности разделяют на три категории:

выполняемые со снятием напряжения;

выполняемые без снятия напряжения вблизи и на токоведущих частях, находящихся под напряжением;

выполняемые без снятия напряжения вдали от токоведущих частей, находящихся под напряжением.

Работы, выполняемые со снятием напряжения, производятся в электроустановке (или части ее), где со всех токоведущих частей (в том числе с линейных и кабельных вводов) снято напряжение и где нет незапертого входа в соседнюю электроустановку, находящуюся под напряжением.

Без снятия напряжения вблизи и на токоведущих частях, находящихся под напряжением, выполняют работы, при которых необходимо принятие технических или организационных мер (непрерывный надзор и др.), предотвращающих возможность приближения работающих людей к токоведущим частям на опасные расстояния, а также работы на токоведущих частях, выполняемые с помощью изолирующих защитных средств и приспособлений.

Без снятия напряжения, вдали от токоведущих частей, находящихся под напряжением, можно выполнять работы, при которых исключено случайное приближение работающих людей и используемых ими ремонтной оснастки и инструмента к токоведущим частям на опасное расстояние и не требуется принятия технических или организационных мер (например, непрерывного надзора) для предотвращения такого приближения.

До начала ремонтных или наладочных работ (п. «а», «б») и в процессе их проведения ответственные лица и исполнители должны выполнять технические и организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность персонала. К техническим мероприятиям относят: отключение установки с проведением мероприятий, исключающих ошибочную подачу напряжения к месту работы, установку ограждений с вывешиванием плакатов, проверку отсутствия напряжения и наложение заземления.

К организационным мероприятиям относят: оформление наряда или распоряжения, допуск к работе; надзор во время работы; оформление перерывов в работе, переходов на другое рабочее место, окончание работ.

Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ при частичном или полном снятии напряжения

В электроустановках напряжением выше 1000 В на месте производства работ обязательно должны быть отключены:

а) токоведущие части, на которых производят работы;

б) токоведущие части, к которым во время выполнения работы можно случайно прикоснуться или приблизиться на расстояние менее 0,7 м для установок напряжением до 15 кВ и 1 м — для установок напряжением 35 кВ.

Если перечисленные в п. «б» токоведущие части не могут быть отключены, то они должны быть ограждены. Ограждения должны быть выполнены из изолирующих материалов. Расстояние между ограждениями и токоведущими частями должно быть не менее 0,35 м

при номинальном напряжении до 15 кВ включительно, 0,6 м – при номинальном напряжении выше 15 кВ до 35 кВ включительно.

Отключение электроустановок напряжением выше 1000 В с помощью коммутационных аппаратов в распределительных пунктах и трансформаторных подстанциях производят в определенном порядке.

Так, например, силовые трансформаторы отключают в последовательности, зависящей от способа их подсоединения к сети высшего напряжения. Если присоединение трансформатора выполнено с помощью высоковольтного выключателя, то последовательность отключения следующая: высоковольтный выключатель, шинные разъединители, линейные разъединители, рубильник (предохранители) со стороны низшего напряжения силового трансформатора. В случае присоединения силового трансформатора с помощью выключателя нагрузки с предохранителями со стороны высшего напряжения отключают: выключатель нагрузки, шинные разъединители, рубильник (предохранители) со стороны низшего напряжения силового трансформатора.

При присоединении силового трансформатора к сети высшего напряжения с помощью разъединителей для его отключения необходимо сначала снять всю нагрузку отключением рубильников со стороны низшего напряжения; затем отключить разъединители со стороны высшего напряжения и высоковольтные предохранители.

Приводы разъединителей, отделителей, выключателей нагрузки, которыми может быть подано напряжение к месту работы, должны быть механически заперты в отключенном положении (висячим замком, блокировочным замком и т. п.) для исключения их ошибочного или самопроизвольного включения. Если приводы этих аппаратов имеют дистанционное управление, то они должны быть заперты механически, и, кроме того, в силовых и оперативных цепях этих приводов нужно снять предохранители на всех полюсах. Сетчатые ограждения, препятствующие выполнению оперативных переключений разъединителями, управляемыми оперативной штангой, следует запереть механически.

В установках напряжением до 1000 В отключение нужно производить так, чтобы выделенная для выполнения работы часть электроустановки или электрооборудование были со всех сторон отделены от токоведущих частей, находящихся под напряжением, коммутационными аппаратами или снятием предохранителей.

Отключение можно выполнить с помощью коммутационных аппаратов с ручным управлением, положение контактов которых видно с лицевой стороны или определяется осмотром панелей с задней стороны, открытием щитков, дверец кожухов или снятием самих кожухов, если конструктивное исполнение последних позволяет выполнить эту операцию без опасности замыкания ими токоведущих частей или прикосновения к токоведущим частям лиц, выполняющих операции. Если имеется полная уверенность в том, что у комму-

тационных аппаратов с закрытыми контактами положение рукоятки или указателя соответствует положению контактов, можно не снимать кожухи для проверки отключения, но убедиться в этом необходимо путем проверки отсутствия напряжения; контакторами или другими коммутационными аппаратами с автоматическим приводом и дистанционным управлением с доступными осмотру контактами после принятия мер, устраняющих возможность ошибочного включения (снятие предохранителей оперативного тока, отсоединение концов включающей катушки).

В установках напряжением до 1000 В для предотвращения подачи напряжения к месту работы вследствие трансформации нужно отключить все связанные с подготавливаемым к ремонту электрооборудованием силовые, измерительные и различные специальные трансформаторы со стороны как высшего, так и низшего напряжения. Токоведущие части, на которых должна производиться работа, а также и те, которые могут быть доступны прикосновению при производстве работы, должны быть отключены. Токоведущие части, доступные прикосновению, можно и не отключать, если возможно их оградить изолирующими накладками из изолирующих материалов.

Если работа выполняется без применения переносных заземлений, необходимо принять дополнительные меры, препятствующие ошибочной подаче напряжения к месту работы: снятие предохранителей, механическое запирание приводов отключенных аппаратов, применение изолирующих накладок в рубильниках, автоматах и т. п. Эти меры должны быть указаны в. местной инструкции. Если дополнительные меры применять нельзя, то нужно отсоединить концы питающей линии на щите, сборке или непосредственно на месте работы.

Вывешивание предупредительных плакатов и ограждение места работы. На приводах разъединителей, отделителей, выключателей нагрузок и ключах управления, а также на основаниях предохранителей, при помощи которых может быть подано напряжение к месту работ, вывешивают плакаты «Не включать! Работают люди».

В схемах с однополюсными разъединителями плакаты вывешивают на приводе каждого из них. С разъединителями, управляемыми оперативной штангой, плакаты вывешивают на ограждения.

При работе на линии на приводе линейного разъединителя вывешивают (независимо от числа работающих бригад) один плакат «Не включать! Работа на линии». Этот плакат вывешивают и снимают только по распоряжению диспетчера (дежурного электросети).

При одновременных работах на линии и линейном разъединителе в той электроустановке, к которой принадлежит линейный разъединитель, плакаты «Не включать! Работа на линии» вывешивают на приводах ближайших по схеме разъединителей, которыми может быть подано напряжение на линейный разъединитель.

Диспетчер, дающий разрешение непосредственно линейному персоналу приступить к работе на линии электропередачи, должен ве-

сти учет количества работающих на линии бригад по оперативной (мнемонической) схеме.

Все неотключенные токоведущие части, доступные случайному прикосновению, должны быть на время работы ограждены. Временными ограждениями могут служить сухие, хорошо укрепленные изолирующие накладки из дерева, миканита, гетинакса, текстолита, резины и т. п.

На временных ограждениях должны быть вывешены плакаты или нанесены предупредительные надписи «Стой! Напряжение». Можно применять специальные передвижные ограждения – клетки, наклонные щиты и т. п., конструкция которых обеспечивает безопасность их установки и устойчивое, надежное закрепление.

В электроустановках напряжением 15 кВ и ниже в случаях особой необходимости по условиям работ ограждение может касаться частей, находящихся под напряжением. Используемые в таких случаях ограждения (накладки, колпаки) должны удовлетворять требованиям «Правил пользования и испытания защитных средств, применяемых в электроустановках».

Установку и снятие таких ограждений следует производить с максимальной осторожностью с помощью изолирующих клещей или штанги, пользуясь диэлектрическими перчатками и очками, в присутствии второго лица, имеющего квалификационную группу V (для установки до 1000 В – IV).

Перед установкой ограждений с них должна быть тщательно стерта пыль.

В закрытых электроустановках на сетчатых или сплошных ограждениях ячеек, соседних с местом работы и расположенных напротив, вывешивают плакаты «Стой! Напряжение».

Соседние ячейки и ячейки, расположенные напротив места работы, не имеющие указанных ограждений, а также проходы, куда персоналу не следует входить, должны быть ограждены переносными щитами (ширмами) с такими же плакатами на них. Переносные щиты устанавливают с таким расчетом, чтобы они не препятствовали выходу персонала из помещения в случае возникновения опасности.

Проверка отсутствия напряжения. В электроустановках перед началом всех видов работ со снятием напряжения проверяют отсутствие напряжения на участке работы. Проверку отсутствия напряжения между всеми фазами и каждой фазы по отношению к земле и нулевому проводу на отключенной для производства работ части электроустановки проводит допускающий после вывешивания предупредительных плакатов.

Проверку отсутствия напряжения в электроустановках напряжением до 110 кВ включительно производят с помощью указателя напряжения.

Перед применением указателя напряжения его исправность проверяют путем приближения к токоведущим частям, расположенным

вблизи и заведомо находящимся под напряжением. Исправность указателя напряжения может быть проверена также с помощью специального прибора. Если проверенный указатель напряжения был уронен или подвергся толчкам и ударам, то применять его без повторной проверки нельзя.

У отключенного оборудования отсутствие напряжения нужно проверять на всех фазах, а у выключателя и разъединителя – на всех шести вводах, зажимах.

Проверку исправности указателя и проверку отсутствия напряжения производят в диэлектрических перчатках. Постоянные ограждения снимают или открывают непосредственно перед проверкой отсутствия напряжения.

В распределительных устройствах напряжением 35–220 кВ при отсутствии специального указателя напряжения можно проверить отсутствие напряжения изолирующей штангой, пригодной для использования в электроустановках указанного напряжения, приближая ее рабочую часть к токоведущим частям. Об отсутствии напряжения судят по отсутствию потрескивания и искр.

В открытых распределительных устройствах напряжением до 220 кВ проверку отсутствия напряжения указателем напряжения или штангой допускают только в сухую погоду; в сырую погоду проверку можно производить тщательным прослеживанием схемы в натуре, при этом отсутствие напряжения на отходящей линии должен подтвердить диспетчер.

Если при проверке схемы будет замечено коронирование на ошиновке или оборудовании, свидетельствующее о наличии на них напряжения, или будут замечены искры между контактами линейного разъединителя при его отключении, свидетельствующие о наличии напряжения на линии, то схему нужно проверить повторно, а свои замечания о состоянии линии сообщить диспетчеру.

Проверку отсутствия напряжения путем прослеживания схемы в натуре допускают в сырую погоду также у КТП и КРУН всех напряжений при отсутствии специального указателя, предназначенного для использования им в любую погоду.

Заземление указателей напряжения не допускается, за исключением случаев проверки отсутствия напряжения, производимой с деревянных опор или с лестниц, когда без заземления эти приборы могут не действовать, несмотря на наличие напряжения.

Проверка отсутствия напряжения до 1000 В производится указателем напряжения или переносным вольтметром.

Наложение и снятие заземления. Для защиты работающего от возможного поражения током, в случае ошибочной подачи напряжения на токоведущие части всех фаз отключенной для производства работы электроустановки, со всех сторон, откуда может быть подано напряжение, в том числе и вследствие обратной трансформации, накладывают заземления. От токоведущих частей или оборудования,

на которых непосредственно выполняют работы, заземления могут быть отделены отключенными разъединителями, отделителями или выключателями, снятыми предохранителями, рубильниками и автоматами. Места установки переносных заземлений должны находиться на таком расстоянии от токоведущих частей, остающихся под напряжением, чтобы наложение заземлений было безопасным.

При работе на сборных шинах на них должно быть наложено заземление (одно или более).

Переносные заземления в закрытых распределительных устройствах накладывают на токоведущие части в установленных для этого местах. Эти места должны быть очищены от краски и окаймлены черными полосами.

В закрытых и открытых распределительных устройствах места присоединения переносных заземлений к заземляющей проводке должны быть очищены от краски и приспособлены для закрепления струбцины переносного заземления либо на этой проводке должны иметься зажимы (барашки).

В электроустановках, конструкция которых такова, что наложение заземления опасно или невозможно (например, в некоторых распределительных ящиках, КРУ отдельных типов и т. п.), при подготовке рабочего места следует принять дополнительные меры безопасности, как то: запирание привода разъединителя на замок, ограждение ножей или верхних контактов разъединителей резиновыми колпаками или жесткими накладками из изоляционного материала. Список таких электроустановок должен быть определен и утвержден лицом, ответственным за электрохозяйство предприятия, участка, цеха.

Наложение заземлений не требуется при работе на оборудовании, если от него со всех сторон отсоединены шины, провода и кабели, по которым может быть подано напряжение, если на него не может быть подано напряжение путем обратной трансформации или от постороннего источника и при условии, что на этом оборудовании не находится напряжение. Концы отсоединенного кабеля при этом должны быть замкнуты накоротко и заземлены.

Наложение и снятие переносных заземлений в установках напряжением выше 1000 В должно производиться двумя лицами. Один из них должен быть из числа оперативного персонала с квалификационной группой не ниже IV, второй — с квалификационной группой не ниже III может быть из числа неоперативного электротехнического персонала, при этом он должен пройти инструктаж и быть ознакомлен со схемой электроустановки.

При оперативном обслуживании электроустановки разрешается одному лицу:

производить наложение и снятие переносных заземлений в установках напряжением до 1000 В;

производить включение и отключение заземляющих ножей;

накладывать в открытых распределительных установках переносные заземления на выводы отключенных воздушных линий напряжением 20 и 35 кВ, линейные разъединители которых не имеют заземляющих ножей.

Наложение переносных заземлений в этом случае должно производиться с земли при условии применения специальной изолирующей штанги, которой можно не только накладывать, но и закреплять эти заземления. Наложение заземления следует производить непосредственно после проверки отсутствия напряжения.

При пользовании переносными заземлениями комплекты их перед проверкой отсутствия напряжения должны находиться у мест наложения заземлений и быть присоединены к зажиму «земля».

Зажимы переносного заземления накладываются на заземленные токоведущие части при помощи штанги из изоляционного материала с применением диэлектрических перчаток.

Организационные мероприятия

Работы в электроустановках производят по письменному наряду, распоряжению, в порядке текущей эксплуатации.

Наряд это письменное распоряжение на работу в электроустановках, определяющее место, время начала и окончания работы, условия ее безопасного проведения, состав бригады и лиц, ответственных за безопасность работ.

По наряду производят:

а) работы, выполняемые со снятием напряжения;

б) работы, выполняемые без снятия напряжения вблизи и на токоведущих частях, находящихся под напряжением;

в) работы, выполняемые без снятия напряжения, вдали от токоведущих частей, находящихся под напряжением.

Ответственными за безопасность работ являются лица, выдающие наряд: ответственный руководитель работ – лицо оперативного персонала, допускающее к работе; производитель работ; наблюдающий; рабочие, входящие в состав бригады.

Право выдачи нарядов на производство работ в электроустановках предоставляется лицам электротехнического персонала предприятия (начальник электроцеха, начальник службы эксплуатации, мастер), уполномоченным на выдачу нарядов распоряжением главного энергетика. Эти лица должны иметь квалификационную группу V (в установках напряжением до 1 кВ – не ниже IV).

Лицо, выдающее наряд на производство работ в электроустановках, отвечает за необходимость данной работы и возможность ее безопасного выполнения, достаточность квалификации ответственного руководителя, производителя работ.

Полное окончание работы с указанием даты и времени оформляется в конце наряда подписью производителя работ.

Допускающий к работе совместно с ответственным руководителем и производителем работ (или наблюдающим) проверяет правильность подготовки рабочего места и состав бригады. Затем допускающий указывает место работы и доказывает сначала подключением указателя напряжения, а затем в установках до 35 кВ касанием руки отсутствие напряжения на токоведущих частях. При этом допускающий дает необходимый инструктаж об особенностях данной электроустановки в отношении безопасности работы и вручает производителю работ один экземпляр оформленного наряда.

Надзор во время работы осуществляет производитель работ (или наблюдающий), который не должен отлучаться из бригады. Но разрешается на месте работ оставаться одному лицу, в том числе и производителю работ.

По окончании всех работ, зафиксированных в наряде, рабочее место должно быть убрано ремонтной бригадой и осмотрено ответственным руководителем, который после ухода бригады расписывается в наряде и сдает его оперативному персоналу.

Если ко времени полного окончания работ ответственного руководителя нет на месте, производитель работ с его разрешения и с разрешения оперативного персонала может, расписавшись в таблице наряда о выводе бригады и сдаче наряда, оставить его в папке действующих нарядов для последующего осмотра рабочего места ответственным руководителем. В этом случае ответственный руководитель по прибытии на электроустановку обязан до закрытия наряда оперативным персоналом осмотреть рабочее место и расписаться в наряде об окончании работы.

Наряд может быть закрыт оперативным персоналом лишь после осмотра оборудования и мест работы, проверку отсутствия людей, посторонних предметов, инструментов и при надлежащей чистоте места, где производились работы.

Закрытие наряда производят после того, как будут последовательно выполнены:

а) снятие заземлений с проверкой в соответствии с принятым порядком учета; с

б) удаление временных ограждений и плакатов «Работать здесь», «Влезать здесь»;

в) установка на место постоянных ограждений и снятие всех прочих вывешенных до начала работы плакатов.

Проверку изоляции отремонтированного оборудования непосредственно перед включением производят, если в этом есть необходимость, до удаления временных ограждений и плакатов, тотчас же после снятия переносных заземлений.

Включение оборудования может быть произведено только после закрытия наряда. Если на отключенном присоединении работы производились по нескольким нарядам, то включение его в работу может быть произведено только после закрытия всех нарядов.

Контроль за правильностью оформления нарядов должен производиться лицами, выдавшими наряды, а также лицами руководящего электротехнического персонала периодически, путем выборочной проверки.

Все экземпляры закрытых нарядов хранятся в течение 30 дней, после чего могут быть уничтожены,

Выполнение работ по распоряжению и в порядке текущей эксплуатации. Все работы, проводимые в электроустановках без наряда, выполняют: по распоряжению лиц, уполномоченных на это, с оформлением в оперативном журнале; в порядке текущей эксплуатации с последующей записью в оперативном журнале.

Распоряжение на производство работ имеет разовый характер и выдается только на одну работу. Распоряжение действует в течение одной смены. Если меняются условия проведения работы, распоряжение отдается заново и снова оформляется в оперативном журнале.

По распоряжению выполняют следующие работы:

без снятия напряжения влаги от токоведущих частей, находящихся под напряжением, продолжительностью не более одной смены;

внеплановые работы, вызванные производственной необходимостью, продолжительностью до 1 ч;

работы со снятием напряжения с электроустановок напряжением до 1000 В продолжительностью не более одной смены.

Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ по распоряжению в электроустановках, те же, что и при работах по наряду. Работы, производство которых предусмотрено по распоряжению, могут выполняться и по наряду. Лицо, отдающее распоряжение, назначает производителя работ (наблюдающего), определяет возможность безопасного проведения работ и указывает необходимые для этого технические и организационные мероприятия.

Устное распоряжение передается непосредственно или с помощью средств связи и записывается принимающим распоряжением в оперативный журнал. При этом должно быть указано, кем отдано распоряжение, место и наименование работы, срок ее выполнения, фамилия, инициалы, квалификационная группа производителя работы и членов бригады. В журнале также делается отметка об окончании работы.

Оперативный персонал в случае производственной необходимости может производить небольшие по объему кратковременные (продолжительностью до 1 ч) работы со снятием напряжения, выполняемые с наложением заземлений. Это работы по присоединению или отсоединению кабелей от электродвигателей, переключению ответвлений на силовом трансформаторе, подтяжке и зачистке единичных контактов на шинах и оборудовании, доливке масла в маслонаполненные вводы и устранение течи масла из них, доливка масла в отдельные аппараты без снятия напряжения вблизи и на токоведущих частях, находящихся под напряжением, не требующие установки заземлений. К таким работам относятся: чистка и мелкий ремонт арма-

туры кожуха, маслоуказательных стекол, определение штангой места вибрации шин, фазировка, смена предохранителей, единичные операции по контролю изоляторов и соединительных зажимов штангой и т. п. Такие работы выполняют два лица, включая лицо оперативного персонала с квалификационной группой не ниже IV, который осуществляет постоянный контроль за работающим.

В порядке текущей эксплуатации могут производиться:

работы без снятия напряжения вдали от токоведущих частей, находящихся под напряжением;

работы со снятием напряжения в электроустановках напряжением до 1000 В.

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ в порядке текущей эксплуатации в электроустановках, являются:

составление лицом, ответственным за электрохозяйство, перечня работ;

определение производителем работ необходимости и возможности безопасного проведения работы.

Опыт эксплуатации электротехнического оборудования на предприятиях страны показывает, что целесообразно составлять единый перечень работ, выполняемых в электрохозяйстве данного конкретного предприятия. В перечне указывают категории работ, кем и по каким разрешениям они должны выполняться. Такие перечни существенно помогают в организации безопасного проведения работы в электрохозяйстве предприятия.

Контрольные вопросы

1. Расскажите о факторах, влияющих на исход поражения электрическим током.
2. Каково назначение каждого вида защитных средств?
3. Какие существуют защитные средства от поражения статическим электричеством?
4. Как производят осмотр электроустановок?
5. Какие работы выполняют по распоряжению и в порядке текущей эксплуатации?

ГЛАВА 17. ОХРАНА ТРУДА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Общие сведения об охране труда и производственной санитарии

Современный научно-технический прогресс вносит принципиальные новшества во все сферы материального производства. Автоматизация и электроника, полимеры и физика твердого тела с ее воздействием на структуру вещества, химизация и микробиология, кибернетика и ЭВМ, блочное строительство — все это в корне преобразовывает энергетику, орудия и предметы труда, технологию, методы обработки информации и управления, меняет условия труда.

В большинстве отраслей промышленности научно-технический прогресс сопровождается улучшением условий труда, ликвидацией на многих производствах тяжелого ручного труда, широким внедрением новых эффективных средств обеспечения безопасности. Происходит значительное развитие научно-исследовательских и конструкторских работ в области охраны труда.

В то же время недостаточное использование возможностей научно-технического прогресса, отсутствие рационального управления им приводят в ряде случаев к ухудшению условий труда. Известное положение о том, что механизация и автоматизация трудовых процессов облегчают физическую тяжесть труда, сейчас нуждается в некотором уточнении. Безусловно, если оценивать тяжесть труда только по значению энергозатрат, то труд человека, обслуживающего современные машины, сложные технические комплексы, различные виды транспорта, можно считать легким. Но высокомеханизированный труд совершается в условиях ограниченной подвижности, связан с длительным мышечным статическим напряжением, а это является самой утомительной формой мышечной деятельности.

Труд человека, протекающий в условиях чрезмерного нервного напряжения и длительной статической нагрузки с ограниченной подвижностью, приводит к возникновению неврозов, нервно-психических и сердечно-сосудистых заболеваний.

В охране труда большое значение придается нормативно-технической документации, требования которой должны воплощаться при проектировании и строительстве производственных предприятий, зданий и сооружений; организации производства и труда; конструкциях производственного оборудования; создании и применении средств защиты работающих от опасных и вредных производственных факторов.

Наибольшее значение среди всех этих документов имеют стандарты безопасности труда.

Система стандартов безопасности труда (ССБТ) представляет собой комплекс взаимосвязанных стандартов, содержащих требования, нормы и правила, направленные на обеспечение безопасности, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Она устанавливает требования к организации работ по обеспечению безопасности труда и организационно-методические основы стандартизации в области безопасности труда; требования и нормы по видам опасных и вредных производственных факторов; требования безопасности к производственному оборудованию и к производственным процессам, к зданиям и сооружениям; требования и средства защиты работающих.

В ССБТ входят подсистемы, приведенные в таблице 52.

Таблица 52

Подсистемы стандартов безопасности труда

Шифр	Наименование
0	Организационно-методические стандарты
1	Стандарты требований и норм по видам опасных и вредных производственных факторов
2	Стандарты требований безопасности к производственному оборудованию
3	Стандарты требований безопасности к производственным процессам
4	Стандарты требований к средствам защиты работающих
5	Стандарты требований безопасности к зданиям и сооружениям
6–9	Резерв

В целом ССБТ направлена на решение двух основных задач охраны труда – стандартизации требований, а также средств обеспечения безопасности труда и включения требований обеспечения безопасности труда в стандарты на производственное оборудование и процессы.

Большое влияние на организм человека при производстве работ наряду с производственными факторами оказывают метеорологические условия, или микроклимат.

Метеорологические условия при добыче нефти в основном определяются сочетанием таких факторов, как температура, осадки (дождь, снег) и скорость движения воздуха.

На открытых площадках эти факторы нерегулируемы и зависят от природных условий и района добычи нефти.

В производственных помещениях микроклимат зависит от отопления (мощности источников тепловыделения и теплопоглощения), расположения рабочего места, движения воздуха, запыленности и загазованности помещения. Все эти факторы в помещениях являются регулируемыми.

Важным фактором условий труда является подвижность воздуха, которая в зависимости от внешних условий может составлять 0,2–1 м/с. Движение воздуха улучшает теплообмен между телом человека и окружающей средой, но излишняя подвижность (сквозняки, ветер) создает опасность простудных заболеваний.

Оптимальная относительная влажность заключена в пределах 40–60%, а допустимая – 75%.

Повышенная влажность затрудняет теплообмен между организмом человека и окружающей средой, так как не испаряется пот, а низкая влажность вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей.

Защиту от теплового излучения осуществляют применением теплоизоляционных экранов (из теплоизоляционных материалов, водяных завес и душирования рабочих мест).

Защиту от сквозняков осуществляют путем плотного закрытия окон, дверей и других проемов, а также устройством тепловых завес на дверях.

Защиту от пониженной температуры осуществляют использованием утепленной спецодежды, а от осадков – применением плащей и резиновых сапог.

Оптимальные и допустимые метеорологические условия на рабочих местах нормируются в зависимости от времени года, категории работ по тяжести и характеристики помещения по теплоизбыткам.

Оптимальными считаются такие условия труда, при которых проявляются наибольшая работоспособность и хорошее самочувствие. Допустимые микроклиматические условия предполагают возможность дискомфортных ощущений, но не выходящих за пределы возможностей организма.

Для обеспечения нормальных метеорологических условий на рабочем месте рассмотренные параметры должны быть взаимосвязаны. При низкой температуре окружающего воздуха его подвижность должна быть минимальной, так как большая подвижность его создает ощущение еще большего холода, а недостаточная подвижность воздуха при высокой температуре – ощущение жары.

Оптимальное для организма человека сочетание температуры, влажности, скорости движения воздуха составляет комфортность рабочей зоны.

Параметры микроклимата измеряют комплектом приборов: температуру – термометром или термографом, влажность – гигрографом, аспирационным психрометром, гигрометром; скорость движения воздуха – крыльчатым или чашечным анемометром и кататермометром.

Основными мероприятиями для обеспечения нормальной метеорологической среды в рабочей зоне должны быть: механизация тяжелых ручных работ, защита от источников теплового излучения, перерывы в работе для отдыха.

Первая помощь при поражении электрическим током

При поражении человека электрическим током необходимо применять срочные меры для быстрейшего освобождения его от дей-

ствия тока и немедленного оказания ему медицинской помощи. Малейшее промедление влечет за собой тяжелые, а порой непоправимые последствия.

Чтобы быстро освободить человека от действия электрического тока, необходимо отключить ток ближайшим выключателем (рис. 219) или разорвать цепь (перекусить провода инструментом с изолированными рукоятками). Если это невозможно, пострадавшего следует отделить от токоведущих частей способами, показанными на рис. 220.

Если поражение человека произошло на высоте (когда он повис на проводах или на столбе), перед отключением тока принимают самые эффективные меры безопасности против падения и возможных ушибов пострадавшего. При небольшой высоте надо принять человека на руки или натянуть брезент или какую-нибудь ткань, или же положить на место предполагаемого падения мягкий материал.

Для освобождения пострадавшего от токоведущих частей при напряжении до 1000 В используют сухие предметы: шест, доску, одежду, канат или другие непроводники, причем оказывающий помощь должен применять электрозащитные средства (коврик, диэлектрические перчатки) и браться только за одежду пострадавшего, если она сухая (см. рис. 220). При напряжении выше 1000 В для освобождения от действия тока нужно пользоваться штангой или изолирующими клещами, при этом спасающий должен надеть диэлектрические боты и перчатки.

Если пострадавший находится в бессознательном состоянии, но с сохраняющимися устойчивыми дыханием и пульсом, его следует ровно и удобно уложить, расстегнуть одежду, создать приток свежего воздуха, давать нюхать нашатырный спирт, обрызгивать его водой и обеспечить полный покой. Одновременно необходимо срочно вызвать врача. Если пострадавший плохо дышит — очень редко и судо-



Рис. 219. Освобождение пострадавшего от действия тока путем отключения электроустановки

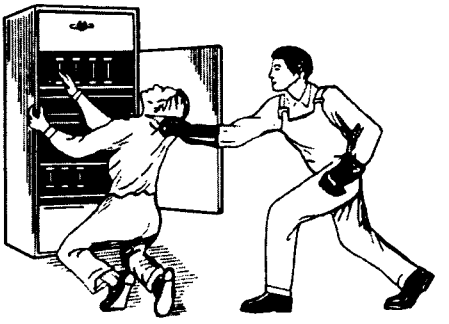


Рис. 220. Отделение пострадавшего от токоведущих частей, находящихся под напряжением до 1000 В

рожно (как умирающий), ему следует делать искусственное дыхание и наружный массаж сердца.

При отсутствии у пострадавшего признаков жизни (дыхания и пульса) нельзя считать его мертвым. В таком состоянии пострадавшему следует делать искусственное дыхание и наружный массаж сердца. Искусственное дыхание необходимо производить непрерывно до прибытия врача. Вопрос о целесообразности или бесцельности дальнейшего проведения искусственного дыхания решается врачом.

Способ искусственного дыхания «рот в рот» или «изо рта в нос» заключается в том, что оказывающий помощь производит выдох из своих легких в легкие пострадавшего.

Сравнительно новым является способ подачи воздуха через специальное приспособление, изображенное на рис. 221. Количество воздуха, поступающего в легкие пострадавшего за один вдох, при таком способе в 4 раза больше, чем при старых способах искусственного дыхания; обеспечивается возможность контроля поступления воздуха в легкие пострадавшего по отчетливо видимому расширению грудной клетки после каждого вдувания воздуха и последующему спаданию грудной клетки после прекращения вдувания в результате пассивного выдоха воздуха через дыхательные пути наружу.

Приспособление для проведения искусственного дыхания состоит из двух отрезков резиновой или гибкой пластмассовой трубки 1 и 4 диаметром 8–12 мм, длиной 1 60 и 100 мм, натянутых на металлическую или твердую пластмассовую трубку 3 длиной 1 40 мм, и овального фланца 2, вырезанного из плотной резины. Фланец натягивают на стык отрезков трубок 1 и 4, плотно зажимая место их соединения.

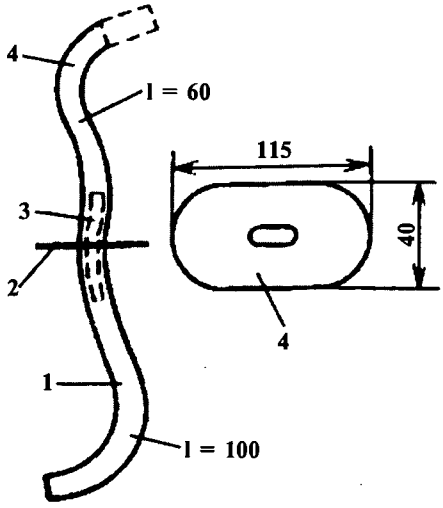


Рис. 221. Приспособление для проведения искусственного дыхания

Для осуществления искусственного дыхания пострадавшего следует уложить на спину, раскрыть ему рот и после удаления изо рта посторонних предметов и слизи (платком или концом рубашки) вложить в него трубку: взрослому – длинным концом 1, а ребенку (подростку) – коротким концом 4. При этом необходимо следить, чтобы язык пострадавшего не запал назад и не закрыл дыхательный путь и чтобы вставленная в рот трубка попала в дыхательное горло, а

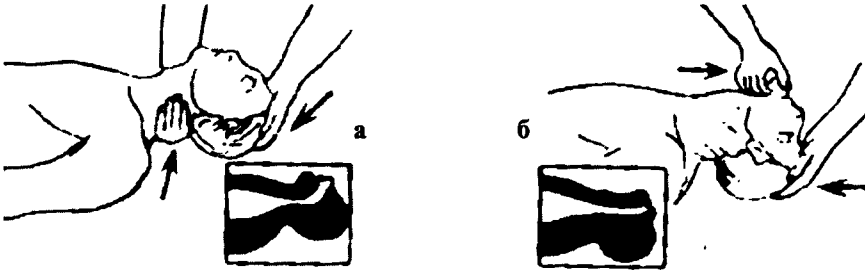


Рис. 222. Положение пострадавшего перед проведением искусственного дыхания «рот в рот» или «нос в нос»

не в пищевод. Для предотвращения западания языка нижняя челюсть пострадавшего должна быть слегка выдвинута вперед.

Для раскрытия гортани следует запрокинуть голову пострадавшему назад, подложив под затылок одну руку, а второй рукой надавить на лоб пострадавшего (рис. 222, а) так, чтобы подбородок оказался на одной линии с шеей (рис. 222, б). При таком положении головы просвет глотки и верхних дыхательных путей значительно расширяется и обеспечивается их полная проходимость, что является основным условием успеха искусственного дыхания по этому методу.

Чтобы трубку направить в дыхательное горло, следует также слегка подвинуть вверх и вниз нижнюю челюсть пострадавшего.

Затем, встав на колени над головой пострадавшего (рис. 223), следует плотно прижать к его губам фланец 2 (см. рис. 221), а большими пальцами обеих рук зажать пострадавшему нос, с тем чтобы вдуваемый через приспособление воздух не выходил обратно, минуя легкие. Сразу после этого оказывающий помощь делает в трубку несколько сильных выдохов и продолжает их со скоростью около 10–12 выдохов в минуту (каждые 5–6 с) до полного восстановления дыхания пострадавшего или до прибытия врача.

Для обеспечения возможности свободного выхода воздуха из легких пострадавшего оказывающий помощь после каждого вдувания должен освободить рот и нос пострадавшего (не вынимая при этом изо рта пострадавшего трубки).

При каждом вдувании грудная клетка пострадавшего должна расширяться, а после освобождения рта и носа самостоятельно опускаться. Для обеспечения более глубокого выдоха можно легким нажимом на грудную клетку помочь выходу воздуха из легких пострадавшего.



Рис. 223. Искусственное дыхание с применением приспособления

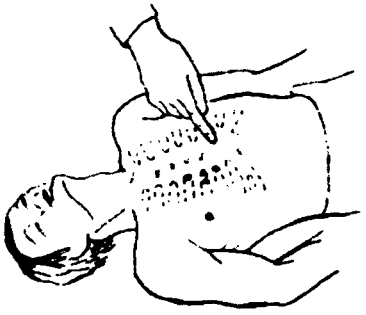


Рис. 224. Месторасположение рук при проведении наружного массажа сердца

Когда у пострадавшего появляются признаки самостоятельного вдоха, оказывающий помощь должен согласовывать свой вдох со вдохом пострадавшего.

Если у пострадавшего не работает сердце (отсутствует пульс), одновременно с искусственным дыханием ему делают наружный массаж сердца (рис. 224).

Для проведения массажа требуется достаточное усилие, поэтому оказывающий помощь делает массаж двумя руками, согнувшись (рис. 225). Он надавливает

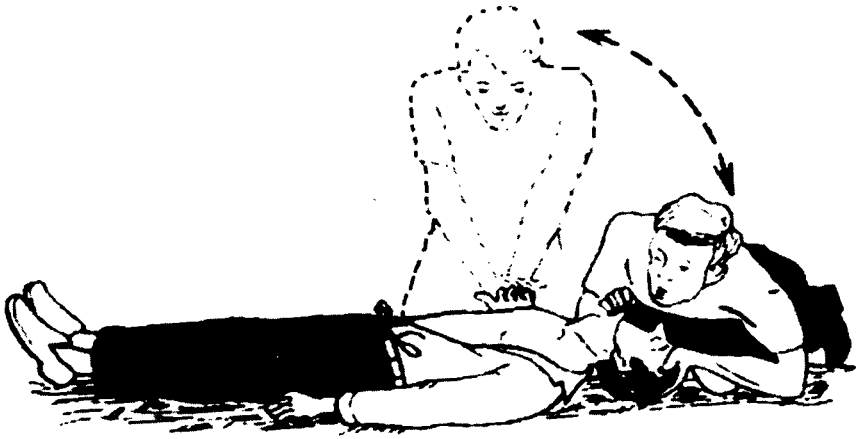


Рис. 225. Проведение искусственного дыхания и наружного массажа сердца одним лицом

на грудь толчками (примерно один раз в секунду) и после каждого надавливания быстро отнимает руки от грудной клетки, чтобы не мешать ее свободному выпрямлению. После трех-четырех надавливаний делают перерыв. Во время этого перерыва оказывающий помощь делает вдувание «изо рта в рот». В процессе вдувания нельзя надавливать на грудь.

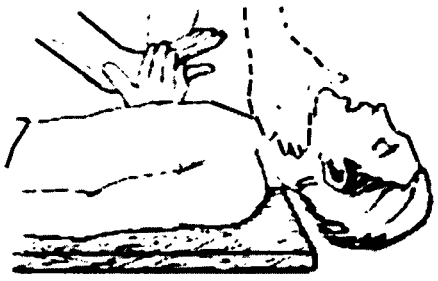


Рис. 226. Положение рук при проведении наружного массажа сердца и определение пульса на сонной артерии (пунктир)

Во время оказания помощи пострадавший должен лежать на телогрейке, фанере, коврике или другом материале, препятствующем охлаждению. Появление пульса у пострадавшего проверяют на сонной артерии, как показано на рисунке 226.

Общие сведения об окружающей среде

Биосфера (окружающая среда) – это область распространения жизни на Земле, включающая в себя верхнюю часть земной коры, воды рек, озер, водохранилищ, морей и океанов и нижнюю часть атмосферы. Биосфера представляет собой равновесную систему, в которой процессы обмена веществ и энергии происходят главным образом за счет жизнедеятельности организмов. Однако поступающие в окружающую среду загрязнения от естественных источников (вулканы, лесные пожары и др.) и загрязнения, например, от промышленных объектов и средств транспорта нарушают равновесие протекающих процессов. Окружающая среда под действием загрязнений постепенно разрушается – отравляются воздух и водоемы, уничтожаются фауна и флора. Проблема осложняется ростом народонаселения планеты и его концентрацией в городах.

Самыми распространенными вредными веществами, загрязняющими атмосферу, являются оксид углерода, диоксид серы, оксиды азота, углеводороды и пыль. В выбросах многих промышленных предприятий содержатся пары ртути, аммиак и др.

На долю США, население которого составляет 6% населения земного шара, приходится 40% мировых отходов, выбрасываемых в атмосферу (табл. 53).

Примерно такое же соотношение выбросов в атмосферу существует в большинстве промышленно развитых стран.

В сточных водах промышленных предприятий могут содержаться механические примеси, нефтепродукты, эмульсии, фенолы и другие вещества. Сточные воды литейных цехов загрязнены глиной, песком, частицами стержневой смеси. В механических цехах сточные воды

Таблица 53

Ежегодный выброс в атмосферу отходов, производимый США

Источник	Всего		По видам, млн т				Твердых частиц, млн т
	млн. т	%	CO_2	SO_2	CO	NO_2	
Автомобили	86	60	66	1	12	6	1
Промышленность	23	17	7	9	4	2	6
Электростанции	20	14	1	12	1	3	3
Отопление	8	6	2	3	1	1	1
Мусоросжигание	5	3	1	1	1	1	1

содержат металлическую и абразивную пыль, эмульсии, масла. Сточные воды гальванических цехов загрязнены химическими веществами (кислоты, щелочи). В остальных цехах (сварочных, лакокрасочных и др.) сточные воды содержат механические примеси, маслопродукты, кислоты и т.п. Кроме того, в состав сточных вод предприятия входят бытовые сточные воды (от раковин, душевых, санитарных узлов и т.п.) и атмосферные сточные воды, образующиеся в результате смывания дождевыми, снеговыми и поливочными водами загрязнений, имеющихся на территории предприятий, крышах и т.п. Промышленные предприятия Российской Федерации потребляют ежегодно около 12 млрд $м^3$ воды, при этом 90% этого количества возвращается обратно в водоемы с различной степенью загрязнения.

В процессе производства образуется большое количество отходов в виде лома, стружки, опилок, шлаков, золы, шламов, пылей и др. Все промышленные отходы делятся на твердые и жидкие. К твердым отходам относятся отходы металлов, дерева, пластмасс и других материалов, пыли от очистных сооружений в системах очистки газовых выбросов, а также промышленный мусор, состоящий из резины, бумаги, тканей, песка, шлака и т.п. К жидким отходам относятся осадки сточных вод после их обработки, а также шламы пылей из систем мокрой очистки газов. В небольшом количестве в жидких отходах может содержаться ртуть.

В отдельных случаях возможно «загрязнение» окружающей среды шумами, вибрациями, тепловыми выбросами, электромагнитными полями и т.п.

Выбросы промышленных предприятий, энергетических систем и транспорта в атмосферу, водоемы и недра на современном этапе достигли таких размеров, что в ряде районов земного шара, особенно в крупных промышленных центрах, уровни загрязнений существенно превышают допустимые санитарные нормы.

В современном обществе резко возросли роль и задачи экологии. На основе оценки степени вреда, приносимого природе индустриализацией производства, совершенствуются инженерно-технические средства защиты окружающей среды, всемерно развиваются замкнутые безотходные технологические производства.

Важное место отводится воспитанию всех членов общества в духе бережного отношения к окружающей среде. На современном этапе развития общества любое техническое решение должно приниматься с учетом не только технологических и экономических требований, но и экологических аспектов.

Влияние энергетики на биосферу

Любая деятельность человека, требующая производства энергии и превращения ее в формы, пригодные для конечного использования, оказывает сопутствующие воздействия, которые при достижении оп-

ределенного уровня наносят ущерб окружающей среде. Воздействия такого рода возникают как на тепловых электростанциях, преобразующих энергию различных видов органического топлива в электрическую, так и на гидравлических электростанциях, у которых в отличие от тепловых нет никаких вредных выбросов в атмосферу.

Величины загрязнений тепловыми электростанциями окружающей среды зависят от типа и мощности станций. Выбросы диоксида серы, оксида азота, оксида углерода, а также золы имеют место на всех тепловых станциях (за исключением атомных), разница заключается только в объеме этих выбросов.

В окружающую среду рассеивается и более 60% исходной энергии топлива в виде подогретой воды и горячих газов. Это является характерным показателем используемых в настоящее время термодинамических циклов. Указанные потери тепла не могут быть радикально снижены при дальнейшем совершенствовании существующей технологии паротурбинных электростанций, если не учитывать комбинированное производство тепла и электроэнергии, доля которого в общем производстве энергии ограничена. Необходимо также учитывать, что выработанная энергия в процессе ее передачи и потребления также в значительной мере превращается в тепло и рассеивается в окружающую среду – природные водоемы и атмосферу.

При подборе места сооружения тепловых электростанций нужно уделять особое внимание выбору площадей для золоотвалов, имеющих внушительные размеры: так, для первой очереди Рязанской ГРЭС отвал шлаков занял площадь более 150 га.

Если раньше гидроэлектростанции считались чистыми и безвредными предприятиями по выработке электроэнергии, то в последнее время их подвергают критике из-за затопления обширных территорий.

Замедление течения рек из-за сооружения плотин электростанций ведет к загрязнению воды, появлению вредных синезеленых водорослей, способствующих размножению бактерий, несущих эпидемии; искусственно созданные водохранилища преимущественно низконапорных электростанций обладают большой площадью, что ведет к размыву и переформированию берегов; не последнюю роль играют и нарушение режима рыбного хозяйства и изменение микроклимата, что иногда ведет к природному комфорту, а иногда и к дискомфорту (туманы, повышенная влажность и т.д.).

Строительство гидротехнических сооружений оказывает влияние на окружающую среду, характер которой во многом зависит от правильности инженерных решений, от глубины комплексного изучения разнообразных сторон взаимодействия гидротехнических объектов с окружающей средой.

Высокогорные водохранилища, как правило, не оказывают отрицательного влияния на окружающую среду; водохранилища, созданные на равнинных реках и в районах предгорий, оказывают поло-

жительное влияние на окружающую среду, хотя выдвигают некоторые серьезные проблемы.

Таким образом водохранилища оцениваются как элемент обогащения ландшафта, за исключением кратковременных периодов срабатывания и заполнения.

Как показала Чернобыльская авария, атомные электростанции могут оказать вредное влияние на биосферу.

За рубежом в отношении безопасности работы атомных станций и хранения отходов имеются весьма пессимистические высказывания. Ряд зарубежных авторитетов считают, что развитие ядерной энергетики создает потенциальную опасность для жизни всего человечества.

Передача электроэнергии на расстояние связана с сооружением ЛЭП и созданием значительных полос земли, отведенных под них. ЛЭП создают электромагнитные поля, вызывающие не только помехи в системах связи, но и неблагоприятно влияют на человека, на все живые организмы. В настоящее время это влияние еще плохо изучено; проблема приобретет особую остроту при переходе к Единой энергетической системе на 500—750 кВ и внедрении сверхвысоких напряжений 1150, 1500 и 3000 кВ.

Уже сейчас в Правилах техники безопасности при эксплуатации электроустановок сказано: «В ОРУ и на ВЛ 400—750 кВ, когда напряженность электрического поля на рабочем месте превышает 5 кВ/м, необходимо ограничить время пребывания людей в этих условиях или принимать меры защиты».

Работы, ведущиеся в настоящее время, по компенсации электромагнитных полей от высоковольтных ЛЭП (в частности, путем расщепления фаз и создания в этих фазах сдвига максимумов) дают обнадеживающие прогнозы.

Охрана окружающей среды в России

В интересах настоящего и будущих поколений в России принимаются необходимые меры для охраны и научно обоснованного рационального использования земли и ее недр, водных ресурсов, растительного и животного мира, для сохранения в чистоте воздуха и воды, обеспечения воспроизводства природных богатств и улучшения окружающей среды. Эти положения нашли свое отражение в Конституции России.

В настоящее время поставлены задачи по совершенствованию технологических процессов с целью сокращения выбросов вредных веществ в окружающую среду и улучшения очистки отходящих газов от вредных примесей, увеличения выпуска высокоэффективных газопылеулавливающих аппаратов, водоочистного оборудования, а также приборов и автоматических станций контроля за состоянием окружающей среды и др.

Использование природных ресурсов следует осуществлять при соблюдении правил, выработанных научно-техническими исследованиями:

охрану природы нужно строить на научной основе;

местные интересы должны подчиняться общенародным;

интересы текущего момента – интересам будущего;

проводить немедленно в жизнь регламентирующие указания по использованию природных ресурсов.

Мероприятия по борьбе с загрязнением атмосферы электрическими станциями, транспортом и промышленностью сводятся к следующему:

увеличение высоты труб на электростанциях и металлургических производствах с целью обеспечения нормы выбросов для сернистых отходов и рассеяния оксидов азота до требуемых норм;

применение ротоклонов, электрофильтров и механических золоуловителей, обеспечивающих улавливание до 99–99,5%;

удаление оксидов серы из дымовых газов;

улучшение сжигания топлива;

удаление серы из топлива;

переход на малосернистое топливо;

переход в городах на централизованное теплоснабжение, чтобы избегать загрязнения воздуха от мелких котельных;

переход в больших городах на электрификацию быта, включая отопление;

внедрение безотходных технологий в промышленности и транспорте;

строгое соблюдение санитарных норм для всех источников, загрязняющих атмосферу.

На Земле водой занято около 3/4 всей поверхности. Основным ресурсом для промышленности и быта является пресная вода, распределенная неравномерно.

В России большое количество воды течет в малонаселенных местах и уходит в Северный Ледовитый океан с малым использованием для народного хозяйства. Самым большим хранилищем пресной воды самого высокого качества является озеро Байкал, в котором заключено 10% мирового запаса пресной воды.

Много воды расходуется на нужды быта, еще больше требуется промышленности. Большое количество воды потребляют тепловые электростанции. При использовании проточных рек происходит повышение температуры воды, что пагубно отражается на рыбном хозяйстве, так как губит икру и низшие организмы.

Основными мероприятиями по борьбе с загрязнением воды являются:

внедрение оборотных систем водоснабжения;

создание надежных очистных сооружений;

создание и внедрение новых безотходных технологий;

разработка и применение новых санитарных норм.

Охрана почвы и ландшафта является важным звеном комплексной проблемы охраны окружающей среды.

Мероприятия по борьбе с убыванием полезной территории и ухудшением ландшафта неукоснительно базируются на соблюдении «Основ земельного законодательства России», где говорится, что предприятия, организации и учреждения, разрабатывающие месторождения полезных ископаемых открытым или подземным способом, производящие геологоразведочные, строительные или иные работы на предоставленных во временное пользование сельскохозяйственных землях или лесных угодьях, обязаны за свой счет приводить эти земельные участки в состояние, пригодное для использования в сельском, лесном или рыбном хозяйстве.

На основании этого постановления производится рекультивация земель. В целях борьбы с эрозией почвы сажают лесозащитные полосы, строят пруды; используют кабельные линии, ведут разработки сверхпроводящих и криогенных ЛЭП для уменьшения расхода плодородной земли под полосы «отчуждения».

Открытые распределительные устройства, занимающие большие территории в городах, в будущем будут сооружаться закрытыми, наполненными изолирующим газом и расположенными под землей.

Для уменьшения загрязнения окрестностей ТЭС твердыми отходами предпринимают меры к поставке на электростанции топлива с меньшим содержанием породы, а также всемерно увеличивают масштабы использования золы и шлака для строительства.

Пожарная безопасность

Пожарная безопасность в электроцехах, мастерских, в складских помещениях на объектах электрохозяйства, открытых площадках обеспечивается путем реализации противопожарных мероприятий предусматривающих как предупреждение пожара, так и технику их тушения. В производственных и санитарно-бытовых помещениях для курения выделяют специальные места, устанавливают и периодически проверяют исправность противопожарного инвентаря и огнегасящих средств: огнетушителей (пенных, порошковых, углекислотных, бромэтиловых), пеногонов, кранов с резиновыми шлангами или брезентовыми рукавами, электробезопасных брандспойтов, пожарных лестниц, багров, топоров и др. Применение при тушении пожара неизолированных брандспойтов может привести к поражению людей электрическим током. Огнетушители, вырабатывающие токопроводящую пену, для электропомещений использовать не разрешается. В электромастерских, электроремонтных цехах, производственных и складских помещениях пожарную опасность часто создают *внутренние источники*; это горючие вещества, легковоспламеняющиеся материалы, спецодежда и др.

В табл. 54 приведены категории производств по пожарной опасности.

Таблица 54

Категории производств по пожарной опасности и минимальные огнестойкости зданий и сооружений энергетического хозяйства предприятия

Наименование зданий, сооружений и помещений	Категория производства по пожарной опасности	Минимальная степень огнестойкости
Электроремонтные цехи, мастерские без кузнечных и сварочных отделений	Д	IV
Литейные, сварочные и кузнечные цехи и отделения	Г	III
Автогаражи	Г	III
Склады баллонов с горючими газами, бензином	А	II
Помещения высоковольтных лабораторий	Г	II
Помещения для ремонта трансформаторов	В	III
Материальные склады	В	III
Компрессорные станции для сжатого воздуха	Д	IV
Открытые склады площадки	Не нормируют	

К *внешним источникам* пожарной опасности относят:

открытое пламя при разогревании битумов и других масс (мусора, остатков стройматериалов); искры, образующиеся при трении или рубке металлов; разряды атмосферного электричества; раскаленные куски металла при электро или газовой резке и сварке; выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания; нарушение правил эксплуатации электрооборудования и сетей промышленных предприятий.

Для предупреждения пожара необходимо свести к минимуму возможность проявления внешних источников пожарной опасности, особенно статического электричества. Следует помнить, что образующаяся разность потенциалов при электризации диэлектриков может воспламенить бензин при 1 кВ, горючие газы – 3 кВ, горючие пыли – 5 кВ. Поэтому защиту от статического электричества нужно осуществить путем:

отвода зарядов статического электричества через заземляющие устройства;

увеличить влажность воздуха до 70% и более в пыльных помещениях;

добавить в электризующую среду материалы повышающие проводимость.

Основными огнегасительными средствами являются: вода, водные растворы, пены, инертные газы, водяной пар, песок, земля и др. Эффект тушения пожара во многом зависит от своевременности и интенсивности подачи огнегасительных средств в очаг воспламенения.

К первичным средствам пожаротушения относят: химическую пену, воду из бочек, песок из ящиков, войлок или кожу (размер 2 × 2 м) находящиеся вблизи зданий объектов или внутри их.

Характер противопожарного оборудования устанавливают по согласованию с местными органами Госпожнадзора в зависимости от степени пожарной опасности объекта. К простейшим средствам для тушения пожара относят: бочки с водой, ящики и мешки с песком, инвентарные ведра, багры, лопаты, лома и топоры.

Весь пожарный инвентарь должен быть выкрашен в красный цвет и собран на специальных щитах с легким доступом к ним.

Контрольные вопросы:

1. Что подразумевается под системой стандартов безопасности труда?
2. Как оказать первую помощь при поражении электрическим током?
3. Какими вредными веществами в основном загрязняется биосфера?
4. Как влияет развитие энергетики на биосферу?
5. Как осуществляется охрана окружающей среды в России?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник технолога-машиностроителя. М.: Машиностроение, 1985 г. 1 и 2.

2. *Дружинин Н. С. и др.* Черчение. М.: Высшая школа, 1982.

3. *Солдаткин В. В. и др.* Наладка электроустановок. кн. 4. М.: Высшая школа, 1990.

4. *Таран В.П. и др.* Справочник по эксплуатации электрооборудования. Киев.: «Техніка», 1985.

5. *Бредихин А.Н. и др.* Охрана труда. М.: Высшая школа, 1990.

6. *Соколов Б.А. и др.* Монтаж электрических установок. М.: Энергоатомиздат, 1991.

7. *Корнилович О.П.* Техника безопасности при электромонтажных и наладочных работах. М.: Энергоатомиздат, 1987.

8. *Сибикин Ю.Д.* и др. Технология электромонтажных работ. М. Высшая школа 1999.

9. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М.: Энергоиздат, 1988.

10. *Сибикин Ю.Д.* Обслуживание электроустановок промышленных предприятий. М.: Высшая школа, 1989 г.

11. *Сибикин Ю.Д.* Справочник молодого рабочего по эксплуатации электроустановок промышленных предприятий. изд.3-е. М.: Высшая школа, 1992 г.

12. *Нефедов Н.А. и др.* Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. М.: «Машиностроение», 1984 г.

13. Правила безопасности при работе с инструментами и приспособлениями. М.: Энергоатомиздат, 1986 г.

14. *Ктиторов А.Ф.* Производственное обучение электромонтажников по освещению, осветительным и силовым сетям и электрооборудованию». М.: Высшая школа, 1976 г.

15. *Каминский М.Л.* Электрические машины. М.: Высшая школа, 1990 г.

16. *Бредихин А.Н. и др.* Справочник молодого электромонтажника распределительных устройств и подстанций. М.: Высшая школа, 1989 г.

17. *Новоселов Ю.Б. и др.* Обслуживание нефтепромысловых и буровых электроустановок. М.: Недра, 1978 г.

18. *Живов М.С.* Справочник молодого электромонтажника. М.: Высшая школа, 1990.

19. *Макиенко Н.И.* «Общий курс слесарного дела». М.: Высшая школа, 1998.

20. *Лукянов Т.П. и др.* «Техническая эксплуатация электроустановок промышленных предприятий». М.: Энергоиздат, 1985.

Учебное издание

Сибикин Юрий Дмитриевич,
Сибикин Михаил Юрьевич

Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий

Учебник

Редактор *В.Г.Селуянова*
Художник *А.В.Родкин*
Корректор *Н.В.Маркина*
Компьютерная верстка: *П.Ю.Бизяев*

Диапозитивы предоставлены издательством

Изд. № А-628-I/2. Подписано в печать 03.06.2004. Формат 60×90/16.
Бумага тип. № 2. Гарнитура «Таймс». Печать офсетная. Усл. печ. л. 27,0.
Тираж 30 000 экз. (2-й завод 10 001 – 20 000 экз.). Заказ №13488.

Лицензия ИД № 02025 от 13.06.2000. Издательский центр «Академия».
Санитарно-эпидемиологическое заключение № 77.99.02.953.Д.003903.06.03 от 05.06.2003.
117342, Москва, ул. Бутлерова, 17-Б, к. 328. Тел./факс: (095)330-1092, 334-8337.

Отпечатано на Саратовском полиграфическом комбинате.
410004. г. Саратов, ул. Чернышевского, 59.