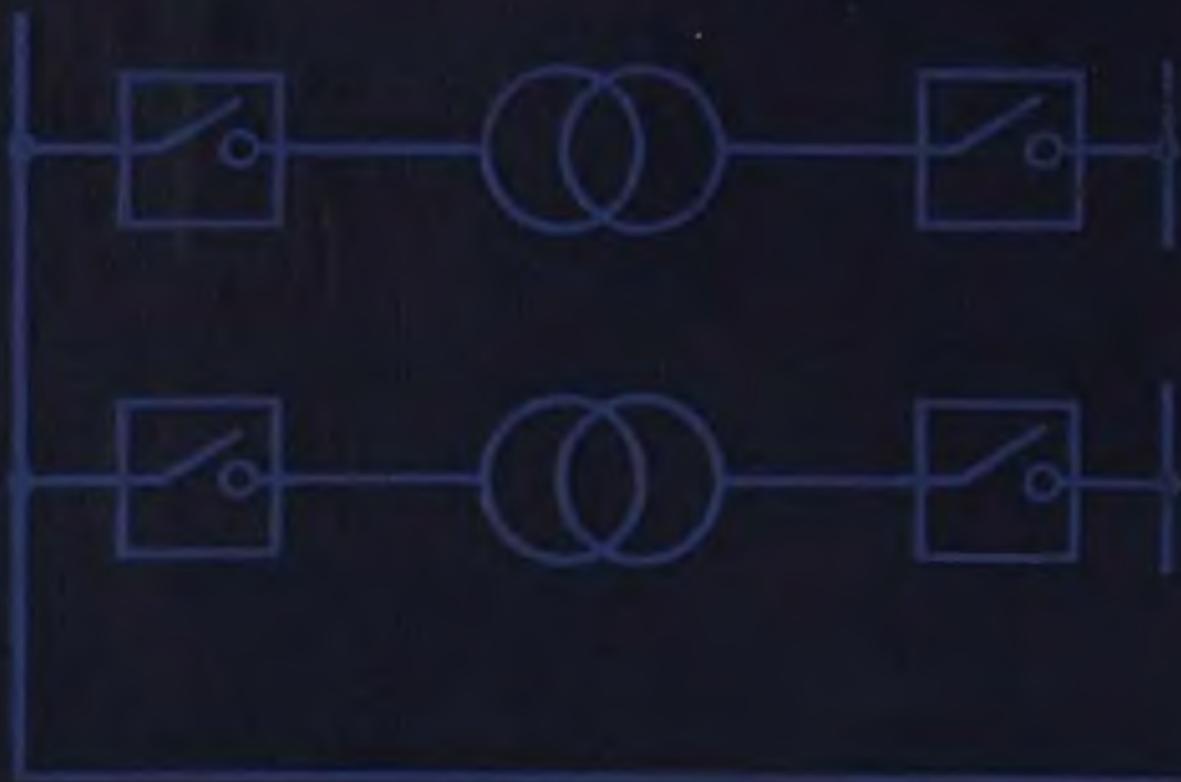


В.И.КРЮКОВ

ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ

электрооборудования
подстанций
и распределительных
устройств



ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	6
<i>Глава первая. Основные сведения об электроустановках</i>	<i>9</i>
§ 1. Характеристики электроустановок	9
§ 2. Классификация электропомещений и электроустановок	13
§ 3. Схемы распределительных пунктов и трансформаторных подстанций	18
<i>Глава вторая. Основы электромонтажных работ</i>	<i>24</i>
§ 4. Организация, документация и планирование электромонтажных работ	24
§ 5. Электромонтажные материалы и изделия	26
§ 6. Монтаж электропроводок	42
§ 7. Монтаж электрооборудования распределительных устройств	57
§ 8. Конструкции и монтаж комплектных распределительных устройств	62
§ 9. Электромонтажные механизмы, инструменты и приспособления	73
§ 10. Основные меры безопасности при электромонтажных работах	77
<i>Глава третья. Аппараты распределительных устройств и трансформаторных подстанций</i>	<i>81</i>
§ 11. Общие сведения	81
§ 12. Навтоматические аппараты	83
§ 13. Автоматические аппараты	85
§ 14. Предохранители напряжением до 1000 В	94
§ 15. Обслуживание и ремонт электрических аппаратов напряжением до 1000 В	98
§ 16. Шины и безмасляные отключающие аппараты	105
§ 17. Маслонаполненные отключающие аппараты	115
§ 18. Токоограничивающие аппараты и аппараты защиты от перенапряжений	127
§ 19. Трансформаторы	139
§ 20. Обслуживание электрических аппаратов напряжением выше 1000 В	153
§ 21. Защитное заземление	158

<i>Глава четвертая. Распределительные устройства и линейные сооружения</i>	167
§ 22. Конструкция распределительных устройств и их классификация	167
§ 23. Система и содержание осмотров электрооборудования в действующих распределительных устройствах	175
§ 24. Воздушные и кабельные линии электропередачи	179
§ 25. Обслуживание и ремонт воздушных и кабельных линий	190
§ 26. Охрана труда и безопасные приемы работ при обслуживании воздушных и кабельных линий	204
<i>Глава пятая. Релейная защита</i>	209
§ 27. Общие сведения	209
§ 28. Максимальная токовая защита	215
§ 29. Дифференциальная защита	222
§ 30. Газовая защита	225
§ 31. Устройства автоматического включения	227
§ 32. Эксплуатация и ремонт релейной защиты	230
§ 33. Устройство и схемы источников оперативного тока	234
<i>Глава шестая. Ремонт электрооборудования распределительных устройств и подстанций</i>	240
§ 34. Организация и планирование ремонтных работ	240
§ 35. Ремонт токоведущих контактных частей распределительных устройств	250
§ 36. Ремонт отключающих аппаратов	257
§ 37. Ремонт силовых трансформаторов	272
§ 38. Ремонт измерительных трансформаторов	290
§ 39. Ремонт токоограничивающих и защитных аппаратов	295
§ 40. Сроки и нормы испытаний электрооборудования	301
§ 41. Основы такелажных работ	311
§ 42. Организация и производство такелажных работ	318
§ 43. Правила техники безопасности электромонтера по обслуживанию подстанций и электрослесаря по ремонту оборудования распределительных устройств	320
<i>Глава седьмая. Оперативное обслуживание электроустановок</i>	332
§ 44. Основные требования правил технической эксплуатации и безопасного производства работ	332
§ 45. Оперативное обслуживание действующих электроустановок	346
§ 46. Противопожарные мероприятия на производстве	354
Приложения	358
Рекомендуемая литература	365



В.И. КРЮКОВ

ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ электрооборудования подстанций и распределительных устройств

Издание второе,
переработанное и дополненное

Допущено
Государственным комитетом СССР
по народному образованию
в качестве учебного пособия
для профессионально-технических училищ



Москва «Высшая школа» 1989

ББК 31.277
К85
УДК 621.311

Рецензент — инж. М. Б. Зевин (ВНИИпроектэлектромонтаж)

Крюков В. И.

К85 Обслуживание и ремонт электрооборудования подстанций и распределительных устройств: Учеб. пособие для ПТУ.—2-е изд., перераб. и доп.— М.: Высш. шк., 1989.—367 с., ил.

ISBN 5-06-000288-8

В книге описано обслуживание и технология ремонта электрооборудования распределительных устройств.

Второе издание (1-е изд.— в 1983 г.) дополнено сведениями по монтажу электроаппаратов. Более подробно рассмотрены комплектные распределительные устройства и ремонт электрооборудования.

Учебное пособие также может быть использовано при профессиональном обучении рабочих на производстве.

К 2202080000 (4307060000)—230 41—89
052(01)—89

ББК 31.277
6П2.11

ISBN 5-06-000288-8

© Издательство «Высшая школа», 1983

© Издательство «Высшая школа», 1989, с изменениями

ПРЕДИСЛОВИЕ

Основные направления экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года, утвержденные XXVII съездом КПСС, предусматривают дальнейшее совершенствование структуры энергетических мощностей и увеличение выработки электрической энергии.

Новые рубежи развития энергетики нашей страны повысят роль электрической энергии во всех сферах народного хозяйства.

Рост производительности труда и снижение себестоимости продукции являются необходимыми условиями экономического прогресса общества, динамичного и пропорционального развития единого народнохозяйственного комплекса страны. Одно из главных средств выполнения этого условия — механизация и автоматизация технологических процессов, осуществляемых на основе энерговооруженности производства, которая возрастает за счет совершенствования и внедрения электрооборудования.

Намечено строительство линий электропередачи напряжением 500, 750 и 1150 кВ переменного тока и 1500 кВ постоянного тока.

Для управления мощной энергосистемой Советского Союза созданы Объединенные энергетические системы (ОЭС) и Единая энергетическая система СССР (ЕЭС СССР), в которых осуществляется постоянное диспетчерское управление непрерывным процессом производства и распределения электроэнергии, согласованной работой электростанций и сетей, перераспределением электрических нагрузок и т. д.

довых и материальных ресурсов. Персонал предприятий электрических сетей специализируется: по эксплуатации и ремонту средств релейной защиты, автоматики и электроизмерений; обслуживанию и ремонту диспетчерского технологического оборудования; проведению высоковольтных испытаний оборудования; капитальному ремонту электрооборудования; эксплуатации и ремонту кабельных линий и др. Ремонтные, реконструктивные и наладочные работы, а также работы по ликвидации возникающих повреждений выполняются, как правило, силами основных специализированных бригад.

Таким образом, исправное состояние электрооборудования подстанций и распределительных устройств обеспечивается проведением осмотров, текущего и капитального ремонтов, а также профилактических испытаний изоляции оборудования.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

§ 1. Характеристики электроустановок

Производство, передача и потребление электроэнергии представляют собой неразрывный процесс, особенностью которого является совпадение во времени выработки электроэнергии с ее потреблением. Поэтому электрические станции, передающие сети и электроприемники потребителей объединяют в электроэнергетические системы, связанные в одно целое общностью режима.

Электрическая станция — это промышленное предприятие по производству электрической энергии в результате использования или преобразования различных видов энергий.

Наибольшее количество электрической энергии производится на тепловых и гидравлических станциях. С каждым годом увеличивается выработка энергии на атомных электростанциях.

На тепловых электростанциях (ТЭЦ) используют теплоту сгораемого топлива (уголь, нефть или газ) для нагрева находящейся в котлах воды и превращения ее в пар. Пар вращает роторы паровых турбин и соединенные с ними роторы генераторов, механическая энергия которых преобразуется в электрическую.

На гидроэлектростанциях вода, падающая с высоты, обусловленной разностью верхнего и нижнего уровней плотины, вращает рабочее колесо гидротурбины, в результате чего энергия воды преобразуется в электроэнергию.

Энергией для атомных станций служит теплота, выделяющаяся при распаде радиоактивных элементов и их изотопов, которая используется для нагрева теплоносителя — воды. В дальнейшем процесс аналогичен процессам в тепловых электростанциях.

Существуют и другие виды небольших по мощности электростанций, на которых, используя энергию ветра, теплоту солнечных лучей, энергию морских приливов, вырабатывают электрическую энергию. По виду использованной энергии эти электростанции называются ветроэлектростанциями, гелиоэлектростанциями, приливными.

Важнейшими элементами энергетических и электрических систем, объединяющих ряд электростанций для лучшего использования их мощности, являются передающие электрические сети, распределительные устройства и подстанции.

Передающая электрическая сеть состоит из воздушных или кабельных линий электропередачи, по которым электроэнергия поступает от ее источника (электростанций) к потребителю.

Распределительное устройство (РУ) — это электроустановка, служащая для приема и распределения электроэнергии и содержащая коммутационные аппараты, сборные и соединительные шины, вспомогательные устройства, измерительные приборы, а также устройства защиты и автоматики.

Распределительные устройства бывают открытыми или закрытыми. Распределительное устройство, все или основное оборудование которого расположено на открытом воздухе, называют открытым (ОРУ), а оборудование которого смонтировано в здании — закрытым (ЗРУ).

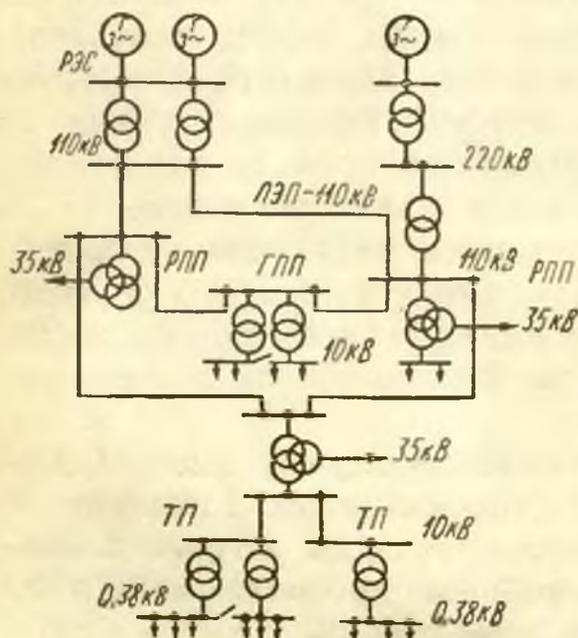


Рис. 1. Схема электроснабжения района:

РЭС — районная электрическая станция, РПП — районная повысительная подстанция, ГПП — главная повысительная подстанция предприятия, ТП — трансформаторная повысительная подстанция, ЛЭП — линия электропередачи

Подстанция — это электроустановка, служащая для преобразования и распределения электроэнергии и состоящая из трансформаторов, распределительных устройств, устройств управления и вспомогательных сооружений.

Распределительное устройство, предназначенное для приема и распределения электроэнергии на одном напряжении (без трансформации), не входящее в состав подстанции, называют *распределительным пунктом (РП)*.

Схема электроснабжения района (примерная) показана на рис. 1. Нормальная работа энергетических систем обеспечивается требуемым качеством изготовления, монтажа и обслуживания используемых электротехнических устройств.

Способность электротехнических устройств выполнять определенные заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в нужных пределах в течение требуемого времени, определяется их *надежностью*. Надежность подразумевает безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость электротехнических устройств.

Безотказность электротехнического устройства — это свойство непрерывно сохранять работоспособность в течение определенного времени, измеряемого часами (распределительные устройства, двигатели), числом циклов или переключений (реле, переключатели).

Долговечность электротехнического устройства — это свойство сохранять работоспособность при соблюдении перерывов для технического обслуживания и ремонтов до определенного состояния, после чего дальнейшая эксплуатация устройства невозможна из-за недопустимого снижения эффективности или нарушения требований безопасности.

Ремонтпригодность электротехнического устройства — это свойство, которое позволяет предупредить и обнаружить причины возникновения повреждений или отказов в работе и устранить их проведением ремонтов или технических обслуживаний.

Сохраняемость электротехнического устройства — свойство непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние в течение и после хранения и (или) транспортирования.

Надежность электротехнических устройств, их элементов и аппаратов предусматривается при проектиро-

вании, обеспечивается в период их производства и монтажа, поддерживается в процессе эксплуатации. Для обеспечения высокой надежности электротехнических устройств при эксплуатации необходимы рациональная организация и технология обслуживания и ремонта, применение материалов требуемого качества, правильная методика выявления неисправностей и их своевременное и качественное устранение.

Надежность электротехнических устройств в значительной степени зависит от условий эксплуатации. Удары, вибрация, перегрузки, резкие перепады температур, повышенная влажность, электрические и магнитные поля, солнечная радиация, песок, плесень, вызывающие коррозию, жидкость и газы — все влияет на работу электроустройства. Поэтому особенно важно, чтобы обслуживающий персонал хорошо знал уровень, продолжительность, характер воздействия каждого из этих факторов и степень их влияния на надежность работы электротехнических устройств: от этого зависит срок службы электроустановок. Срок службы электротехнического устройства и его технический ресурс определяют исходя из того, что за период эксплуатации оно подвергается необходимому ремонту. Кроме того, существует гарантийный срок электротехнического устройства — период, в течение которого изготовитель гарантирует безотказную работу этого устройства при условии соблюдения потребителем правил эксплуатации, в том числе правил хранения и транспортирования.

Любое электротехническое устройство состоит из отдельных элементов, взаимодействие которых обеспечивает выполнение определенных функций, для которых оно предназначено. При эксплуатации каждое такое устройство может находиться в различных состояниях: в *исправном* — при котором оно соответствует требованиям нормативно-технической документации; в *неисправном* — при котором оно не соответствует хотя бы одному из требований этой документации; в *поврежденном* — при котором нарушена исправность устройства или его элемента под влиянием внешних воздействий, значительно превышающих значения, установленные нормативно-технической документацией на это устройство; в *дефектном* — при котором не происходит потери работоспособности устройства.

§ 2. Классификация электропомещений и электроустановок

Электроустановки классифицируют по напряжению, назначению, месту расположения, конструктивному исполнению и другим признакам.

По напряжению различают электроустановки до 1000 В и выше 1000 В, по конструктивному исполнению — комплектные или индивидуального исполнения.

По месту расположения электроустановки (распределительные устройства, подстанции, распределительные пункты и др.) бывают отдельно стоящие, пристроенные и встроенные в здания или сооружения.

Помещения и их отгороженные части, в которых установлено электрооборудование, находящееся в эксплуатации и предназначенное для производства, преобразования и распределения электроэнергии, вход куда разрешен только обслуживающему персоналу, называют электропомещениями. Их классифицируют по степени взрывоопасности и пожароопасности, а также по степени опасности поражения людей электрическим током.

Взрывоопасная зона — это помещение или ограниченное пространство в нем либо наружной установки, в которой имеются или могут появляться взрывоопасные смеси. Взрывоопасные зоны подразделяют на шесть классов.

К классу В-I относят зоны помещений, в которых выделяемые горючие газы или пары могут образовывать вместе с воздухом или другими окислителями взрывоопасные смеси при нормальных недлительных режимах работы, к классу В-Ia — зоны помещений, в которых взрывоопасные смеси появляются только в аварийных случаях. Если горючие газы обладают высоким нижним пределом взрываемости и резким запахом при максимально допустимых концентрациях или образуют лишь местную взрывоопасную концентрацию, а также если количество горючих газов и легко воспламеняющихся жидкостей в помещении невелико и не составляет общей взрывоопасной концентрации, такие помещения относят к классу В-Iб. Если работу в помещениях класса В-Iб выполняют в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами, эти зоны не относят к взрывоопасным.

Наружные установки, в которых взрывоопасные смеси возможны только в результате аварий или неисправностей, относят к классу В-Iг.

К классу В-II относят зоны помещений, в которых выделяются горючие пыль и волокна, переходящие во взвешенное состояние и обладающие свойствами образовывать взрывоопасные смеси с воздухом или другими окислителями при нормальных недлительных режимах работы. Если эти состояния возможны только при аварии или неисправности, такие зоны помещений относят к классу В-IIа.

Пожароопасная зона — это пространство внутри и вне помещений, в пределах которого постоянно или периодически находятся горючие (сгораемые) вещества при нормальном технологическом процессе или его нарушениях. По степени пожароопасности зоны помещений подразделяют на четыре класса.

К классу П-I относят зоны помещений, в которых используют или хранят горючие жидкости, имеющие температуру вспышки паров выше 61°C (установки по регенерации минеральных, трансформаторных масел, склады этих масел и т. д.), к классу П-II — зоны помещений, в которых во время работы выделяется горючая пыль или волокна (нижний концентрационный предел воспламенения более 65 г/м^3 к объему воздуха), к классу П-IIа — зоны помещений, в которых содержатся твердые или волокнистые горючие вещества. К классу П-III — зоны вне помещений, в которых находятся горючие жидкости, имеющие температуру вспышки паров более 61°C , и твердые горючие вещества (открытые или размещенные под навесом склады с минеральными маслами, углем, торфом, деревом).

Класс взрыво- и пожароопасности зон помещений и наружных установок определяет проектная организация с участием электротехнического эксплуатационного персонала, так как от степени пожароопасности этих зон зависит выбор марки проводов, кабелей, двигателей, арматуры и способы прокладки и монтажа проводок и электрооборудования.

По степени возгораемости различают строительные материалы несгораемые, трудносгораемые и сгораемые.

Несгораемые материалы под воздействием высокой температуры или огня не воспламеняются, не обугливаются и не тлеют (например, неорганические материалы и металлы).

Трудносгораемые материалы под воздействием огня или высокой температуры воспламеняются с трудом, тлеют или обугливаются; продолжают гореть только при наличии источника огня (гипсовые и бетонные детали с органическим заполнителем, асфальтобетон, цементный фибролит, пропитанная антипиренами древесина, вымоченный в глиняном растворе войлок).

Сгораемые материалы под воздействием огня или высокой температуры тлеют или воспламеняются и продолжают тлеть или гореть даже после удаления источника огня (органические материалы без глубокой пропитки антипиренами). Чтобы защитить конструкции из сгораемых материалов от огня, их облицовывают штукатуркой или другими несгораемыми материалами, после чего они становятся трудносгораемыми. При защите сгораемых конструкций плитами из несгораемых материалов швы между плитами заполняют строительным цементным раствором.

Классификация электроустановок по степени защиты и надежности электроснабжения. По степени защиты при эксплуатации от действия неблагоприятных факторов электроустановки согласно ПУЭ разделяют на открытые, защищенные, каплезащищенные, брызгозащищенные, пыленепроницаемые, обдуваемые.

Электроустановки, не имеющие специальных приспособлений для предохранения от случайного прикосновения к вращающимся и токоведущим частям, а также исключающие возможность попадания внутрь установок посторонних тел, называют **открытыми**, а электроустановки, имеющие такие приспособления, — **защищенными**.

Электроустановки с приспособлениями для предохранения внутренних частей (обмотки, изоляция) от попадания капель влаги, падающих отвесно, называют **каплезащищенными**, а с приспособлениями, предохраняющими от попадания внутрь водяных капель, падающих отвесно и под углом 45° к вертикали с любой стороны, но не защищающими от проникновения внутрь пыли и волокон, — **брызгозащищенными**.

Электроустановки, у которых внутренняя полость отделена от внешней среды оболочкой, защищающей их внутренние части от проникновения пыли, относят к **пыленепроницаемым**. Если эти электроустановки имеют вентиляционное устройство для обдувания наружной части, их называют **обдуваемыми**.

Аппараты, у которых все нормально искрящиеся части погружены в масло, а неискрящиеся заключены в закрытую или пыленепроницаемую оболочку, называются **маслонаполненными**.

По степени требуемой надежности электроснабжения (в соответствии с ПУЭ) все потребители электроэнергии разделяют на три категории:

I категория — электроприемники, нарушение электроснабжения которых грозит опасностью для жизни людей, приносит значительный ущерб народному хозяйству, вызывает повреждение оборудования, массовый брак продукции, нарушает технологический процесс или работу особо важных элементов народного хозяйства. Потребители этой категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания; перерыв в их электроснабжении допускается только на время автоматического ввода резервного питания;

II категория — электроприемники, перерыв в электроснабжении которых связан с массовым недоотпуском продукции, простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушением нормальной деятельности значительного количества населения. Для потребителей этой категории допускается перерыв в электроснабжении на время, необходимое для включения резервного питания дежурным персоналом, в том числе выездными бригадами;

III категория — все остальные электроприемники, которые не подлежат под определения I и II категорий, перерыв в электроснабжении которых не наносит существенного ущерба потребителям в течение времени, необходимого для ремонта или замены вышедшего из строя электрооборудования, но не более одних суток.

Используемые в электроустановках электрооборудование, аппараты, измерительные приборы, кабели, масло и материалы должны соответствовать требованиям ГОСТа или технических условий (ТУ). Конструкцию, вид исполнения, способ установки и класс изоляции применяемого электрооборудования и материалов выбирают согласно номинальному напряжению сети или электроустановки, учитывая условия окружающей среды и требования ПУЭ. Применение электрооборудования и материалов на более высокое напряжение недопустимо, так как возможна авария или выход из строя

участка электроустановки. Технические данные, предусмотренные ГОСТами или ТУ, имеются на табличках, прикрепленных к электрооборудованию.

От воздействия окружающей среды электрооборудование и связанные с ним конструкции, а также шинопроводы защищены покрытиями, стойкими к коррозии.

Классификация помещений по степени опасности поражения людей электрическим током. Все помещения или их отгороженные части, в которых установлено электрооборудование, предназначенное для производства, преобразования или распределения электроэнергии, различают по степени влажности, запыленности и наличию химически активных веществ.

Помещения, в которых относительная влажность воздуха не превышает 60%, называют сухими. Если в таких помещениях не бывает пыли, которая может оседать на оборудовании, аппаратах, проводах, проникать внутрь машин, а также химических паров и отложений и температура не превышает 35° С, их называют нормальными.

Помещения, в которых пары или конденсирующаяся влага выделяются лишь временно в небольших количествах при относительной влажности от 60 до 75%, называют влажными, при влажности выше 75% — сырыми, а около 100% — особо сырими.

Если температура в отдельных помещениях длительное время держится на уровне выше 35° С, их считают жаркими.

Помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль, оседающая на проводах и проникающая в машины и аппараты, называют пыльными. Технологическая пыль может быть токопроводящей или нетокопроводящей. При наличии токопроводящей пыли необходимо принимать соответствующие меры безопасности или устраивать специальную вентиляцию.

В помещениях с химически активной средой по условиям производства постоянно или длительно содержатся пары или образуются отложения, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

По степени поражения людей электрическим током в соответствии с ПУЭ различают помещения: особо опасные, с повышенной опасностью, без повышенной опасности.

К *особо опасным* относят такие помещения, в которых относительная влажность воздуха близка к 100% (очень сырые — потолок, стены, пол, оборудование в помещении покрыты влагой), а также помещения с едкими парами и газами, разрушающими изоляцию электропроводок и электрооборудования. В таких помещениях можно применять электроинструмент на напряжение не выше 42 В с заземленным корпусом, лампочку переносного освещения напряжением 12 В.

К помещениям с *повышенной опасностью* относят: сырые с относительной влажностью более 75%; с токопроводящими полами (металлические, железобетонные, земляные); с температурой воздуха выше 35° С, когда обслуживающий персонал может одновременно задеть металлические заземленные части с одной стороны и коснуться металлического корпуса действующего электрооборудования с другой. В этих помещениях допускается использовать переносной заземленный электроинструмент на напряжение не выше 42 В.

При наличии двух и более указанных выше признаков помещения называют *особо опасными*.

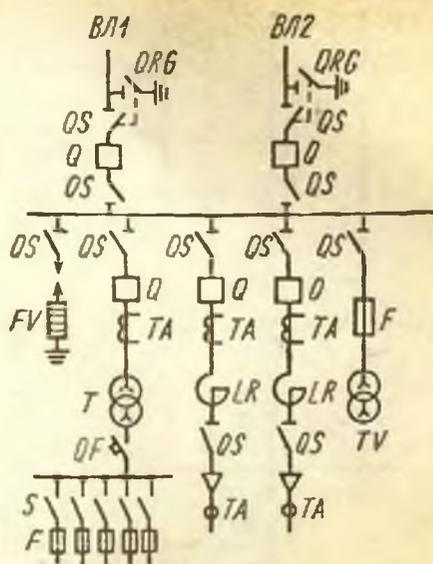
Без повышенной опасности считают сухие, отапливаемые помещения с температурой воздуха не выше 35° С, непыльные и с токонепроводящими полами. Кроме того, в таких помещениях должна быть исключена возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, машин и механизмов, соединенным с землей, с одной стороны, и к металлическому корпусу действующих электроустановок — с другой. При работах в помещениях без повышенной опасности допускается использовать переносной электроинструмент на напряжение не выше 220 В.

§ 3. Схемы распределительных пунктов и трансформаторных подстанций

Распределительный пункт (РП) представляет собой разделенную на секции электроустановку, которая состоит из сборных шин, определенного количества ячеек и коридора управления. Ячейки служат для размещения в них выключателей, трансформаторов тока, линейных и секционных разъединителей, предохранителей, трансформаторов напряжения, приборов защиты и другого электрооборудования.

Рис. 2. Схема распределительного пункта на семь ячеек:

Q — масляный выключатель, QS — выключатель нагрузки (разъединитель), QF — автоматический выключатель, S — рубильник, F — предохранитель, QRG — заземляющий разъединитель



Сборные шины располагают в верхней части РП горизонтально на расстоянии не менее 500 мм от его верхнего перекрытия. Расстояние между сборными шинами различных фаз должно быть не менее 100 мм при напряжении 1 кВ и 130 мм при напряжении 10 кВ. Шины крепят к опорным изоляторам, установленным на металлических конструкциях или бетонных перегородках. Смонтированные в РП секционные разъединители и масляные выключатели служат для отключения секций РП как при профилактических ремонтах, так и при повреждении сборных шин.

Распределительные пункты выполняют с П-образной или кольцевой системой сборных шин, с кабельными или воздушными вводами, одно- и двухрядным расположением ячеек (камер). На рис. 2 показана принципиальная схема распределительного пункта на семь ячеек, две из которых — питающие линии ВЛ, одна с разрядником FV , другая с силовым трансформатором T и силовой сборкой 0,4 кВ, две — отходящие кабельные линии с разъединителями и масляными выключателями Q , одна — с измерительным трансформатором напряжения TV для цепей релейной защиты и автоматики.

Разрядник FV срабатывает при возникновении атмосферных перенапряжений и отводит волны перенапряжения, поступающие с воздушных линий, в землю, обеспечивая защиту оборудования распределительного устройства.

Реактор LR представляет собой индуктивную катушку, включенную последовательно в электрическую

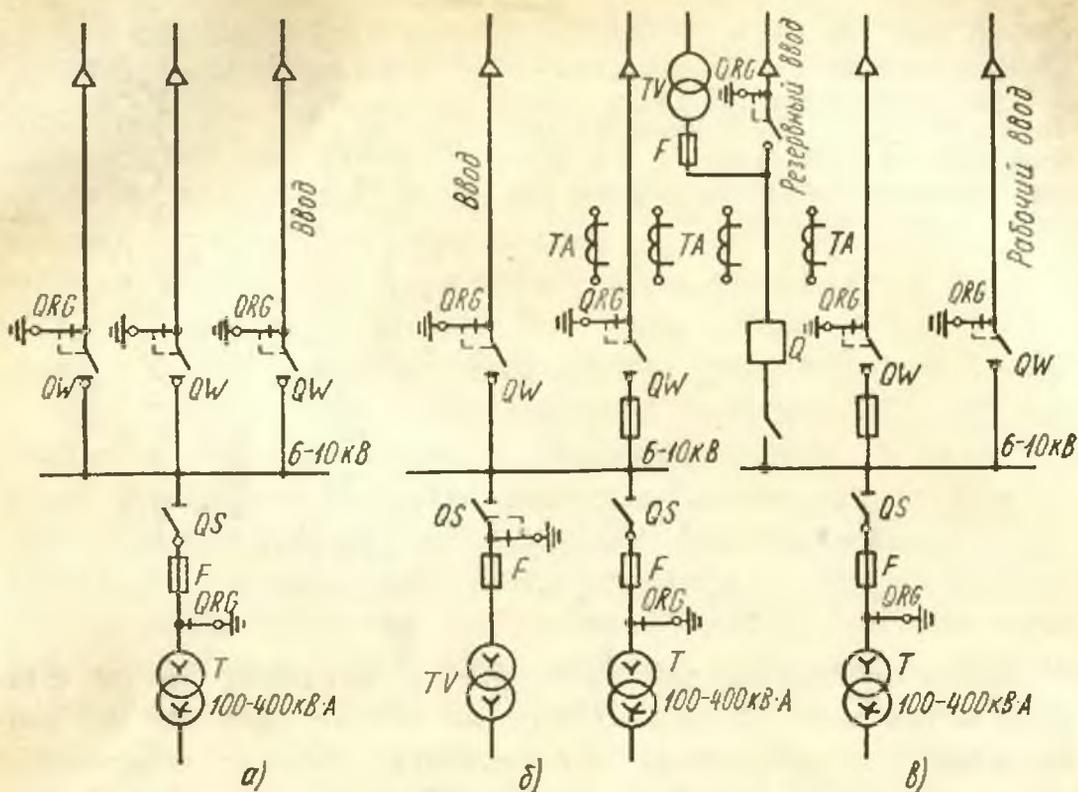


Рис. 3. Схемы коммутации напряжением 6—10 кВ распределительных устройств ТП:

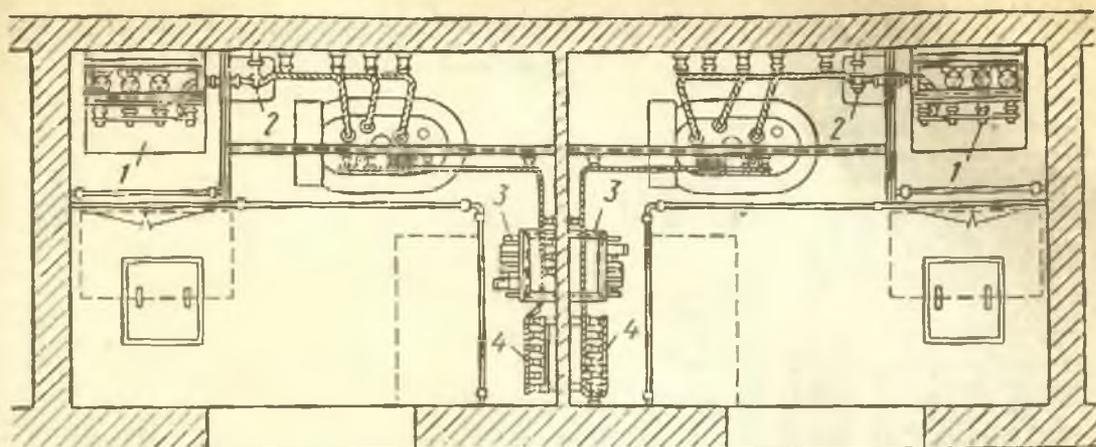
а — при петлевой сети питания, б — для радиальной линии снабжения, в — с устройством АВР на напряжении 6—10 кВ; TV — трансформатор напряжения, QW — выключатель нагрузки с заземляющими ножами

цепь для увеличения ее сопротивления и служит для ограничения тока при коротком замыкании.

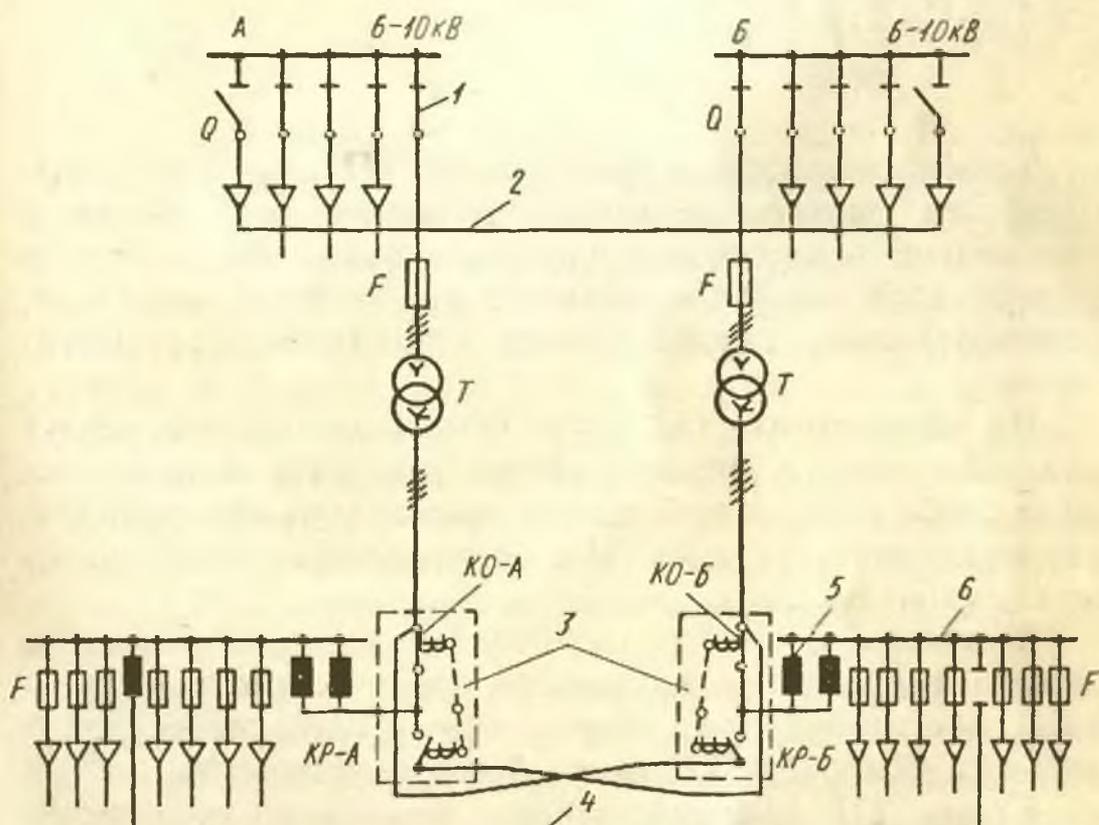
Силовой трансформатор *T* мощностью 630 кВ·А используется для электроснабжения потребителей, расположенных вблизи распределительного устройства.

Ячейки в РП имеют различные схемы заполнения оборудованием. Так, в водных и линейных ячейках смонтированы шинные с заземляющими ножами (РВФЗ) и кабельные (РВЗ) разъединители с приводами ПР-10, а также масляные выключатели с приводами ПП-67, трансформаторы тока ТПЛ и трансформаторы нулевой последовательности ТЗРЛ. В ячейках трансформаторов напряжения установлены разъединители, предохранители ПКТ и трансформаторы напряжения.

Во избежание ошибочных операций с разъединителями между приводами трехполюсных разъединителей и выключателя в каждой ячейке имеется блокировка, допускающая отключение разъединителей только при отключенном выключателе. Блокировку выполняют с помощью специальных замков, устанавливаемых на приводах выключателей и разъединителей, или системы



а)



б)

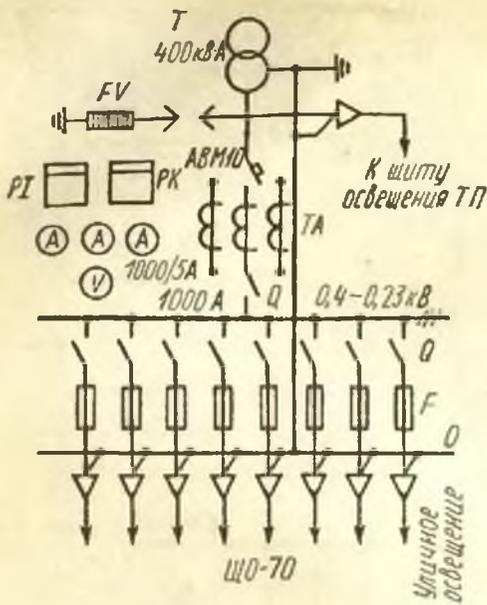
Рис. 4. Автоматизированная ТП с двумя трансформаторами и совместным размещением оборудования до 1000 В и выше 1000 В:

а — план, б — двухлучевая схема; 1 — разъединитель, 2 — нормально отключенная перемычка между сборками 6–10 кВ лучей А и Б, 3 — станция управления ПЭЛ-8701, 4 — нормально отключенная перемычка между сборками ниже 1000 В, 5 — медные шинки, 6 — сборка напряжением ниже 1000 В; КО-А, КО-Б и КР-А, КР-Б — контакторы основного и резервного питания

рычагов, не позволяющих отключать приводы разъединителей при включенном выключателе.

В распределительном пункте имеются также реле защиты, измерительные приборы, устройства автоматики, заземляющие устройства и освещение.

Рис. 5. Схема коммутации щита низкого напряжения ТП



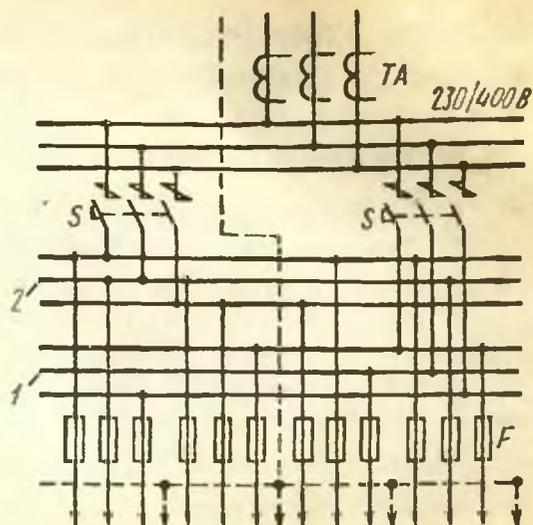
Трансформаторные подстанции (ТП), предназначенные для электроснабжения потребителей, отвечают условиям безопасности и удобного обслуживания электрооборудования. Их выполняют по типовым чертежам, разработанным специальными проектными организациями.

По исполнению ТП могут быть с одним или двумя вводами, одно- и двухтрансформаторными. Для надежного снабжения потребителей применяют, как правило, двухтрансформаторные ТП с автоматизированной системой управления.

В зависимости от требований, предъявляемых к данной ТП, а также количества вводных линий и силовых трансформаторов схемы коммутации распределительных устройств ТП могут быть различными.

Схема ТП с одним вводом и двумя отходящими линиями, оборудованными выключателями нагрузки (рис. 3, а), предназначена для петлевых сетей 6—10 кВ. На ТП установлен один трансформатор T мощностью до 400 кВ·А. Схема ТП, питающаяся по радиальной линии снабжения 6—10 кВ, показана на рис. 3, б. Отходящая линия 6—10 кВ предназначена для питания самостоятельного потребителя. Для защиты отходящей линии используют предохранители ПК на напряжение 6—10 кВ в комплекте с выключателями нагрузки. Трансформаторы тока TA и напряжения TV служат для учета электроэнергии на отходящей линии. На схеме, показанной на рис. 3, в, предусмотрено автоматическое включение резерва (АВР) с помощью масляного выключателя ВМП-10 с пружинным приво-

Рис. 6. Схема коммутации панели наружного освещения



дом, смонтированного на резервном вводе. На линии основного (рабочего) ввода установлен выключатель нагрузки. Отходящие линии присоединены к шинам РУ 6—10 кВ через выключатели нагрузки QW .

Автоматизированная ТП с двумя трансформаторами и совместным размещением оборудования напряжением до 1000 В и выше 1000 В показана на рис. 4, а, б. Ее особенностью является наличие двухлучевой схемы и автоматики на стороне низшего напряжения. Такие ТП обеспечивают бесперебойное электроснабжение потребителей первой и второй категорий. Двухлучевая схема ТП с контакторами на стороне 0,23/0,4 кВ показана на рис. 4, б.

В типовых ТП распределительные устройства 0,23/0,4 кВ предусматриваются в отдельных помещениях. Электрическая схема щита низкого напряжения типа ЩО-70 показана на рис. 5. Силовой трансформатор T подсоединяется к щиту через вводный рубильник Q . Щиты ЩО-70 комплектуют из панелей одностороннего обслуживания на четыре отходящие линии. Защиту линий осуществляют с помощью предохранителей ПН-2. Отпускаемая потребителям электроэнергия учитывается на стороне РУ 0,23/0,4 кВ трехфазными электросчетчиками через трансформаторы тока TA .

В помещении щита низкого напряжения ТП устанавливают панель питания наружного освещения, электрическая схема которой показана на рис. 6. Панель состоит из сборных шин вечернего 1 и ночного 2 освещения, что позволяет менять режим освещения улиц в зависимости от времени суток с помощью контакторов. Управление наружным освещением осуществ-

вляется автоматически с диспетчерского пункта с помощью различных автоматических аппаратов.

Контрольные вопросы

1. Какие распределительные устройства вы знаете?
2. Для чего служит трансформаторная подстанция?
3. Какие помещения могут быть отнесены к электропомещениям?
4. Как классифицируются электропомещения в зависимости от характера окружающей среды?
5. Как отличают помещения по степени опасности поражения людей электрическим током?

ГЛАВА ВТОРАЯ

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ

§ 4. Организация, документация и планирование электромонтажных работ

Организация электромонтажных работ — это комплекс мероприятий, обеспечивающих рациональное использование рабочих, машин и механизмов, оборудования и материалов, в результате чего повышается производительность труда, экономятся трудовые и материальные ресурсы, сокращается время производства работ.

Для крупных объектов организация электромонтажных работ проводится по специально разрабатываемым проектам производства электромонтажных работ (ППЭР).

Проект производства электромонтажных работ для крупных распределительных устройств и подстанций обычно состоит из трех основных разделов: пояснительной записки; описания методов и порядка организации производства работ; ведомости электромонтажных материалов и изделий, графического материала.

Ведомости, перечни и спецификации составляют отдельно на изделия, поставляемые заводами, и на продукцию мастерских электромонтажных заготовок (МЭЗ). К перечисленным документам прилагаются чертежи строительной части распределительных устройств и подстанций с указанием расположения шинных конструкций, закладных частей, каналов и борозд. В процессе монтажа составляют также и другие доку-

менты: протоколы и акты на скрытые работы и ревизию электрооборудования, монтаж заземляющих устройств, прокладку в земле кабелей и др.

До начала электромонтажных работ осуществляют приемку строительной части зданий и сооружений «под монтаж», при которой проверяют:

состояние и соответствие проекту имеющихся каналов, борозд, ниш и отверстий, предназначенных для прокладки кабелей, монтажа энергетических устройств и др.;

наличие законченных оштукатуренных поверхностей в помещениях, где проектом предусмотрена открытая прокладка шин и кабелей;

возможность нормального и безопасного ведения электромонтажных работ;

обеспечение сохранности смонтированного электрооборудования и его защиты от атмосферных осадков и возможных повреждений.

Прием зданий или сооружений под монтаж оформляют актом.

Одно из основных направлений организации электромонтажных работ — их индустриализация. Для этого на территории монтажных баз и в цехах специализированных заводов выполняют наиболее массовые и трудоемкие работы по сборке оборудования и монтажу отдельных блоков (собирают силовые шкафы и сборки, распределительные устройства, комплектуют блоки шинных конструкций, проводят ревизию крупного оборудования). Индустриализация электромонтажа позволяет сократить сроки работ, более полно и рационально использовать монтажные механизмы, инструменты и приспособления, выполнять работы в более приспособленных помещениях, полнее использовать материальные ресурсы электромонтажной организации и добиться снижения стоимости работ.

Используя крупноблочные комплекты электрооборудования, которые заранее собирают на заводах, получают наибольший экономический эффект. В этом случае на монтажную площадку поступают блоки, детали, щиты, сборные шины и шины вторичной коммутации в защищенном и упакованном виде. Для предохранения от окисления контактные поверхности сборных шин покрывают на заводе защитными сплавами, благодаря чему при монтаже они не требуют дополнительной обработки. Монтаж блочных устройств состоит из уста-

новки деталей и оборудования и присоединений к устройствам питающих и отходящих линий.

При индустриализации монтажного производства используют монтажно-заготовительные участки для комплектации конструкций, электропроводок и изделий с высокой степенью готовности. При этом методе работ важная роль отводится группе комплектации и обеспечения производства, которая занимается комплектацией оборудования, деталей и материалов, контролем за качеством и комплектностью изделий, а также техническим приемом оборудования, отдельных блоков и материалов от заказчиков по специальным ведомостям.

Для согласования работ всех подразделений, занятых на монтаже, предварительно разрабатывают сетевые графики электромонтажного производства. Сетевой график представляет собой модель, т. е. схему, отображающую технологическую связь и последовательность операций всего производственного процесса.

Сетевые графики являются одним из основных элементов системы организации и планирования электромонтажного производства. Они особенно эффективны при ведении работ индустриальными методами.

§ 5. Электромонтажные материалы и изделия

При монтаже электроустановок используют различные электротехнические материалы и изделия, от которых в значительной степени зависит надежность работы установленного оборудования. Выбор материалов и изделий определяется условиями эксплуатации электроустановок.

К электротехническим материалам и изделиям относят провода и кабели для электропроводок и линий электропередачи, электроизоляционные материалы, применяемые при монтаже, установочные и крепежные изделия, заливочные массы, лаки, эмали, клеи, припой и т. д.

Провода. В качестве проводников электрического тока применяют металлические провода, имеющие одну или несколько токопроводящих жил. Каждая жила может состоять из одной или нескольких скрученных вместе проволок. Провод с одной токопроводящей проволокой называют однопроволочным, а с несколькими — многопроволочным. Многопроволочный провод обладает

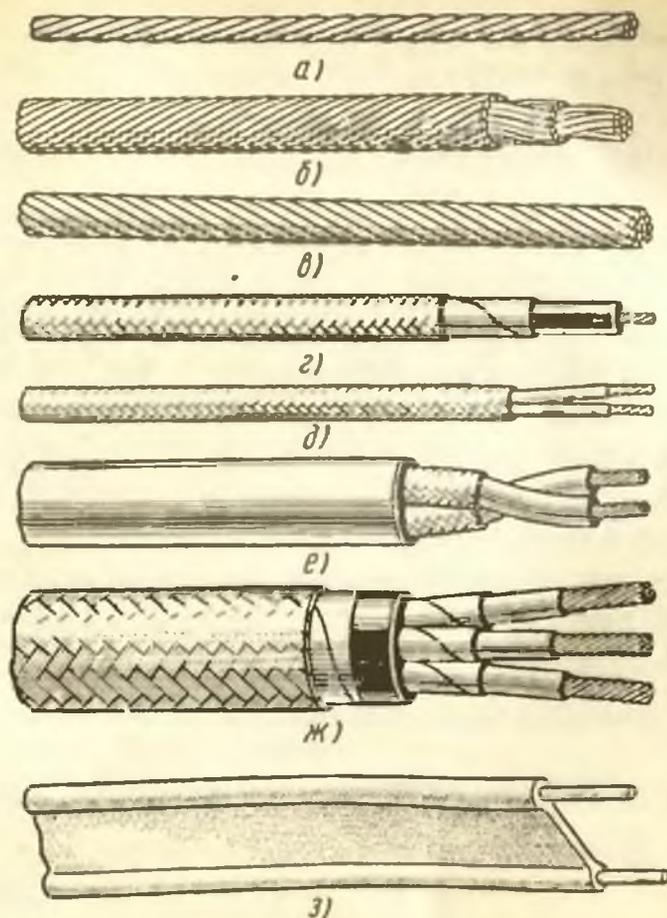


Рис. 7. Электрические провода:

а — алюминиевый А, б — сталеалюминиевый АС и АСУ, в — медный М, г — з — изолированные ПРГ, ДПРГ, ТПРФ, ПРШП и ППВ, АППВ

значительно большей гибкостью при той же изоляции, чем однопроволочный.

Токопроводящие жилы изготавливают из меди, алюминия и стали. Жилы многожильного провода должны быть надежно изолированы друг от друга.

При монтаже применяют как неизолированные (голые), так и изолированные провода. В зависимости от изолирующей оболочки и металла проволоки провода имеют различную маркировку. В обозначении проводов буквы означают: первая — материал токопроводящей жилы (А — алюминий, С — сталь; отсутствие буквы — медь); вторая — провод (П); третья — материал изоляции (Р — резина, В — поливинилхлорид, П — полиэтилен). Для предохранения от воздействий внешней среды и механических повреждений изоляцию некоторых проводов покрывают снаружи специальной хлопчатобумажной оплеткой, пропитанной противогнилостным составом. В этом случае в обозначение проводов вводят букву О (оплетка). Провода, которые предназначены

для прокладки на вибрирующих механизмах или станках, а также в местах, где они в большей степени подвержены механическим повреждениям, защищают дополнительно оплеткой из стальной оцинкованной проволоки.

Провода различают по количеству жил — от одной до четырех, их сечению — от 0,5 до 1000 мм² (0,5; 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 400; 500; 625; 800 и 1000 мм² и номинальному напряжению — 380, 660, 3000 В переменного тока. Выбор сечения проводов зависит от допустимых потерь напряжения, температуры нагрева проводов током нагрузки и условий механической прочности.

Наиболее распространенные изолированные провода показаны на рис. 7, а — з, а их марки, характеристики, область применения и способы прокладки — в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Характеристики неизолированных и изолированных проводов

Марка	Конструкция	Диапазон сечения токопроводящих жил, мм ²
А	Неизолированный, алюминиевый, многопроволочный	16—625
АС	Неизолированный, алюминиевый, многопроволочный со стальным сердечником из оцинкованной проволоки	16—400
АСУ	То же, усиленный	120—400
М	Неизолированный, медный сечением 4, 6 и 10 мм ² , однопроволочный и многопроволочный сечением 16 мм ² и выше	4—400
ПР	С медной жилой и резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом, на напряжение 660 В	0,75—400
ПРГ	То же, гибкий	0,75—400
АПР	С алюминиевой жилой и резиновой изоляцией, в пропитанной хлопчатобумажной оплетке, на напряжение 660 В	2,5—400
ДПРГ	Гибкий, двухжильный, с резиновой изоляцией, в общей пропитанной оплетке из хлопчатобумажной пряжи	0,5—10
ПРФ	Медный, с одной, двумя или тремя изолированными резиной жилами, обмотанными прорезиненной тканью, с металлической оболочкой	1—4
ПГВ	Гибкий, с медной жилой и поливинилхлоридной изоляцией	0,5—95

Марка	Конструкция	Диапазон сечения токопроводящих жил, мм ²
АПРВ	С алюминиевой жилой и резиновой изоляцией, с поливинилхлоридной оболочкой	2,5—16
АППР	Плоский с алюминиевой жилой и резиновой изоляцией, не распространяющей горения	2,5—10
АПП	С алюминиевой жилой и изоляцией из самозатухающего полиэтилена	2,5—120
ПП	То же, с медной жилой	0,5—95
ППП	С медной жилой и изоляцией из самозатухающего полиэтилена	0,75—4
АППП	То же, с алюминиевой жилой	2,5—6
АПВ	Алюминиевый с поливинилхлоридной изоляцией	2,5—120
ПРТО	Медный с резиновой изоляцией, в пропитанной оплетке из хлопчатобумажной пряжи	1—120
АПРТО	То же, алюминиевый	2,5—400
ПВ	С медной жилой и поливинилхлоридной изоляцией	0,75—95
АВТ-1	С алюминиевой жилой и поливинилхлоридной изоляцией	2,5—4
АВТ-2	То же, с усиленным несущим тросом	2,5—4

Таблица 2. Области применения и способы прокладки неизолированных голых и изолированных проводов

Марка	Область применения	Способ прокладки
М, А, АС, АСУ	Воздушные линии электропередачи	На изоляторах, укрепленных на опорах или стальных конструкциях
ПР, АПР	Осветительные и силовые сети внутри помещений и вне зданий, в пожароопасных помещениях	В изоляционных трубках, на изоляторах и клицах, по металлическим и бетонным поверхностям с прокладкой под проводами изолирующих материалов
ПРГ	Присоединение электрических машин, аппаратов и приборов внутри и вне зданий при необходимости повышенной гибкости	В металлических рукавах
ПВ, АПВ	Осветительные и силовые сети внутри помещений (сухих, сырых, особо сырых, с парами минеральных кислот и щелочей) при температуре окружающей	В трубках, на изоляторах и клицах, по металлическим и бетонным поверхностям с прокладкой под прово-

Марка	Область применения	Способ прокладки
ДПРГ	среды не выше 40° С, осветительные щиты, пусковые ящики, закрытые шкафы для вторичных цепей Зарядка осветительных арматур вне зданий и в сырых помещениях при напряжении до 220 В в том случае, если провода должны быть гибкими	дами изолирующих материалов Внутри осветительных арматур
ППВ, АППВ	Осветительные проводки внутри сухих и сырых помещений по стенам и потолкам в сетях напряжением до 500 В	Открыто с закреплением гвоздями или скобами
АПРН, ПРН, ПРГН	Проводка в сухих и сырых помещениях в трубах, пустотных каналах несгораемых конструкций, а также вне помещений	На изоляторах, тресе
АПРВ, ПРВ	Во всех категориях помещений, кроме пыльных и жарких, для неподвижной прокладки	На изоляторах, непосредственно по основанию, в коробках и на лотках, в стальных трубах
АРТ	В сухих и влажных помещениях	На собственном тресе
АВТ-1, АВТ-2	Наружная проводка для ввода в жилые и хозяйственные помещения	Перекидка в здания на изоляторах
ППВС	В замкнутых каналах строительных конструкций, сухих и влажных помещениях	Скрытая прокладка под штукатурку, в трубках и пустотных каналах
ППП, АППП	В сухих и пыльных помещениях для неподвижной открытой прокладки	На гвоздях, скобах, приклеиванием
ПРТО, АПРТО	Осветительные и силовые сети	В стальных трубах и металлических рукавах

В зависимости от вида изоляции, способа прокладки и сечения жил проводов плотность электрического тока алюминиевых жил составляет от 1,6 до 10 А/мм², а медных — от 2 до 17 А/мм². Наибольшая плотность тока допускается для малых сечений проводов (1,5 — 4 мм²).

Длительно допустимые токовые нагрузки для неизолированных медных, алюминиевых и сталеалюминиевых проводов приведены в табл. 3.

Таблица 3. Длительно допустимые токовые нагрузки для неизолированных медных, алюминиевых и сталеалюминиевых проводов

Сечение, мм ²	Токовые нагрузки для проводов, А					
	медных		алюминиевых		сталеалюминиевых	
	вне помеще- ний	внутри помеще- ний	вне помеще- ний	внутри помеще- ний	вне помеще- ний	внутри помеще- ний
4	50	25	—	32	—	—
6	70	35	—	39	—	—
10	95	60	—	55	84	53
16	133	102	105	75	111	79
25	183	137	136	106	142	109
35	223	173	170	130	175	135
50	275	219	215	165	210	165
70	337	268	265	210	265	210
95	422	341	320	255	330	260
120	485	395	375	300	390	313

Примечание. Токовые нагрузки даны при температуре воздуха +25° С.

Кабели. Конструктивно кабель представляет собой изделие, состоящее из одного или нескольких (алюминиевых или медных) проводников, изолированных один от другого и заключенных в герметическую защитную оболочку из алюминия, пластмассы, резины или свинца. Для защиты от механических повреждений кабели сверху обматывают стальными лентами, плоской или круглой проволокой и называют бронированными. Иногда такие кабели снаружи покрывают еще джутовой пряжей, пропитанной противогнилостным составом, и используют для прокладки в земле. Кабели, у которых отсутствует покров на броне, называют голыми и прокладывают внутри помещений или в каналах.

Обозначение кабелей зависит от материала жил и конструкции покрытия. Буквы в марке кабелей означают: первая — материал жилы (А — алюминий; ее отсутствие — медь; О — при заключении каждой жилы в отдельную свинцовую защитную оболочку), вторая — материал оболочки (С — свинец, А — алюминий, В — поливинилхлорид, Н — негорючая резина) или изоляцию жил (Р — резина, П — первая или вторая буква в начале марки — полиэтилен, В — поливинил-

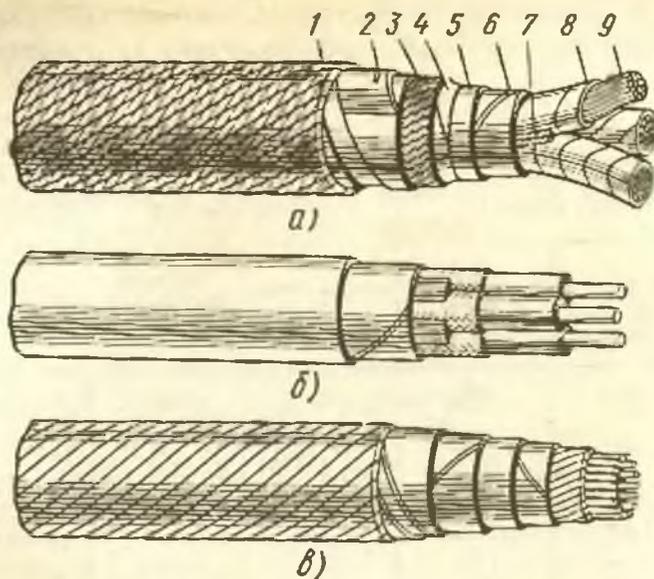


Рис. 8. Кабели:

а — силовой бронированный с бумажной изоляцией, *б* — силовой небронированный с резиновой изоляцией, *в* — контрольный бронированный; 1 — джутовый покров, 2 — броня из стальных лент, 3 — кабельная пряжа, 4 — бумажная прослойка, 5 — оболочка, 6, 8 — поясная и бумажная изоляции, 7 — наполнитель, 9 — токопроводящая жила

хлоридный пластикат), третья — защитное покрытие (А — асфальтированный, Б — бронированный стальными лентами, Г — голый, К — бронированный круглыми проволоками, П — бронированный плоскими проволоками, Бн — бронированный двумя стальными лентами с негорючим наружным покровом, Бл, Бв — бронированный двумя стальными лентами с различной подушкой, Шв — в виде шланга из поливинилхлоридного пластиката, В в конце марки — с обедненной пропитанной изоляцией для вертикальных прокладок).

Силовой кабель с бумажной изоляцией состоит из токопроводящих медных (алюминиевых) жил 9 (рис. 8, *а*) секторной, круглой или сегментной формы, жильной бумажной изоляции 8, наполнителя 7 из жгутов сульфатной бумаги, проложенных между жилами, поясной изоляции 6 из бумаги, пропитанной маслосанифольным составом, герметизирующей свинцовой или алюминиевой оболочки 5, бумажной прослойки 4, пропитанной битумным составом, кабельной пряжи 3, пропитанной противогнилостным составом, брони 2 из стальных лент, джутового покрова 1, покрытого сверху слоем мела.

Кабели различают по количеству жил, их сечению

(стандартные сечения жил кабелей такие же, как у проводов) и номинальному напряжению (660, 1000, 3000, 6000 В; 6, 10, 35, 110, 220 кВ). При длительной ра-

Таблица 4. Области применения и условия прокладки силовых кабелей с бумажной пропитанной изоляцией

Марка	Область применения	Способы или условия прокладки
АСБ, СБ, ААБв, ААБл	В земле (в траншее) и по стенам вне зданий при возможности механических повреждений	При отсутствии значительных растягивающих усилий
АСП, СП	То же	При наличии значительных растягивающих усилий (например, большие уклоны, овраги)
АСБГ, СБГ, ААБлГ, ААБвГ	В помещениях с нормальной средой, а также в сухих и сырых каналах и туннелях, лежащих выше и ниже уровня грунтовых вод, и при возможности попадания в них грунтовых вод	При отсутствии значительных растягивающих усилий и опасности механических повреждений
АСБГ, ААГ, ААБлГ	В помещениях и туннелях с нормальной средой	Открыто по стенам и потолкам, а также станкам и неподвижным механизмам, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
АСГ, СГ, СБГ	В сырых помещениях, туннелях, но при отсутствии паров, газов и кислот, разрушающих оболочку, а также опасности взрыва	Открыто по стенам, потолкам, на конструкциях и т. д.
ААБвГ, ОАБ2лГ, АОАБ2лГ	В помещениях и туннелях при наличии едких паров, газов и кислот, разрушающих свинцовую оболочку	Открыто по стенам и потолкам, в каналах, по стенкам и вибрирующим механизмам
СГ (при длине участка кабеля до 50 м)	В блочных канализациях	Затянутыми в блоки из асбестоцементных труб или в многоканальные блочные плиты
АСБ-В, СБ-В, АОСБ, АОСБГ, ОСБ	На вертикальных и крутонаклонных участках трассы кабеля	При разности уровней до 50 м и промежуточных креплениях кабелей
ААШп, ААШв	Внутри помещения, в туннелях, каналах и ограничено в земле ниже и выше грунтовых вод	При отсутствии растягивающих усилий

боте кабелей температура их жил не должна превышать 80°C при номинальном напряжении до 3000 В, 65°C — при 6000 В и 60°C — при 10 000 В.

Кабели с бумажной изоляцией могут иметь от одной до четырех жил сечением от 2,5 до 800 мм². Марки, области применения и условия прокладки наиболее распространенных силовых кабелей с бумажной пропитанной изоляцией приведены в табл. 4.

Силовые кабели с резиновой изоляцией изготавливают со свинцовой оболочкой без брони или бронированные с наружным покровом, сечением жил до 500 мм², их применяют для неподвижной прокладки в установках напряжением до 6000 В переменного и до 1000 В постоянного тока. Марки, области применения и условия прокладки силовых кабелей с резиновой изоляцией приведены в табл. 5.

Силовые и контрольные кабели (рис. 8, б, в) имеют изоляцию из пропитанной бумаги, пластмассы или резины. Их герметическую оболочку изготавливают из свинца, алюминия или поливинилхлорида, а для защиты от механических повреждений применяют броню из стальных лент или стальных оцинкованных проволок круглого или прямоугольного сечения. Стальная броня контрольных кабелей КАБ, КСБ, КВРБ покрыта джутовой пряжей.

Контрольные кабели используют для прокладки в земле (в траншеях), туннелях, каналах, помещениях с различной агрессивной средой, шахтах и под водой.

Электроизоляционные материалы и изделия. Электроизоляционные материалы служат для изоляции токоведущих частей друг от друга и от заземленных элементов электроустановки. Электроизоляционные изделия одновременно являются поддерживающими или опорными конструкциями (фарфоровые изоляторы, тяги из изоляционного материала и т. д.).

Область применения электроизоляционных материалов в электрооборудовании, электрических аппаратах и электроустановках определяется их основными техническими данными: электроизоляционными характеристиками, нагревостойкостью и механической прочностью.

Жидкие электроизоляционные материалы (например, трансформаторное масло) служат не только для изоляции токоведущих частей, но и для отвода теплоты от них и гашения дуги в отключающих аппаратах.

Таблица 5. Области применения и условия прокладки силовых кабелей с резиновой и пластмассовой изоляцией

Марка	Область применения	Способ или условие прокладки
ВРГ, ВРБГ, НРГ	В закрытых помещениях с нормальной средой	Открыто в сухих и сырых каналах, туннелях, по стенам и потолкам, по станкам и неподвижным механизмам
АВВГ	Во влажных, сырых и особо сырых помещениях	На тросах и струнах, в туннелях и каналах
ВВБ, АВВБ, ПВБ, АПВБ	В сухих, сырых и других помещениях (прямые участки кабеля длиной до 40 м)	В трубах; вводы в здания и устройства
ВВГ, АВВГ, АВВБГ	В сухих, сырых и пыльных помещениях	На скобках и полосках, на струне
ВВГ, АВВГ	То же	В кабельных блоках
ВРГ, АВРГ	Во влажных, сырых и пыльных помещениях	На скобках и полосках, а также в коробах и лотках
ВВБ, АВВБ, ААШп, ПВБ, АПВБ, ВРБ, АВРБ	В траншеях (в земле)	Защита кабелей в земле от механических повреждений кирпичами или железобетонными плитами
СРБГ, ВРБГ, АСРГ, СРПГ, ВРГ, АНРГ, НРГ	В сырых и особо сырых помещениях	Открыто в наружных каналах, по стенам и потолкам, в каналах внутри помещений
АСРГ, СРГ, СРВ, СРБГ, ВРГ, ВРБГ, НРГ	В помещениях с едкими парами и газами	Открыто по стенам и потолкам, в каналах, по станкам и неподвижным механизмам
СРГ, СРБГ, АСРГ, ВРГ, ВРБГ	В пожароопасных помещениях, в помещениях с большим скоплением людей (театры, клубы, кино); в сооружениях, где хранятся ценности	То же
СРБГ, ВРБГ	Во взрывоопасных помещениях, в которых разрешается установка электрооборудования	»

При электромонтажных работах в электроустановках чаще всего применяют электроизоляционные материалы, краткие характеристики которых приведены в табл. 6—8.

Таблица 6. Электроизоляционный картон

Марка	Толщина, мм	Линейная плотность, г/см ²	Электрическая прочность, кВ/мм	Область применения
ЭВС	0,2—0,4	1,25	11	
ЭВТ	0,1—0,5	1,15	12	
ЭВЦ	0,5—3	0,9	12	Изоляция токоведущих частей маслonaполненных аппаратов
ЭМГ	1—3	0,9	11	

Примечания: 1. Картон толщиной до 0,5 мм выпускают в рулонах и листах, выше 0,5 мм — только в листах. 2. Размеры листов картона 900×900, 900×1000 и 1000×1000 мм.

Таблица 7. Электротехнический листовой гетинакс

Марка	Толщина, мм	Электрическая прочность, кВ/мм, при толщине, мм			Область применения
		1	2	3	
		I и II	0,2—50	20	
III	5—50	22	18	13	Для работы при относительной влажности до 95%, температуре $(20 \pm 5)^\circ \text{C}$, токе частотой 50 Гц и напряжении до 1000 В
V-1 и V-2	5—50	28	24	20	Для работы в трансформаторном масле при токе частотой 50 Гц и напряжении выше 1000 В или на воздухе в нормальных климатических условиях

Примечания: 1. Гетинакс марки I толщиной до 0,5 мм выпускают в листах и рулонах, выше 0,5 — только в листах. 2. Размеры листов гетинакса I—III — 550×700, 650×700, 650×930, 700×930, 930×1030, 930×1430 мм. 3. Гетинакс марки IV применяется ограниченно.

Наиболее распространенными являются твердые электроизоляционные изделия, в частности фарфор, миканит, асбест и др.

Таблица 8. Изоляционные ленты

Наименование	Размеры, мм		Длина в одном ролике или рулоне, м	Область применения
	толщина	ширина		
Прорезиненная	0,2; 0,3	10, 15, 20, 25, 50	55—75 (односторонняя) 65—85 (двусторонняя)	Изоляция соединений при монтаже проводов и кабелей осветительных и силовых электроустановок
Смоляная	0,6; 0,8; 1	30, 50, 60, 75	20	Уплотнения мест ввода кабелей и проводов в соединительные муфты и коробки. Подмотка изолированных проводов в местах наложения проволоочной вязки
Поливинилхлоридная (ПХЛ)	0,2; 0,3; 0,4; 0,45	15, 20, 30, 50	100—250	Сращивание пластмассовых оболочек кабелей, восстановление и повышение уровня изоляции проводов

Электротехнический фарфор имеет высокую электрическую прочность и теплостойкость. В состав смеси, из которой формуют фарфоровые изделия, входит каолин, огнеупорная глина, кварц и полевой шпат. При изготовлении изоляторов фарфор обжигают и покрывают стекловидной глазурью для придания механической прочности и влагостойкости.

В качестве электроизоляционного материала часто применяется миканит, который представляет собой отдельные слои (листочки) слюды, склеенные один с другим. Слюда имеет очень высокую электрическую прочность, в то же время обладает высокой нагревостойкостью и влагостойкостью.

Асбест — природный волокнистый материал, используемый для изготовления ткани, шнуров, картона. Он обладает высокой теплостойкостью и при 400° С не меняет своих свойств. Благодаря этому качеству асбест широко применяют для изоляции в электрических машинах и аппаратах. Асбестовый картон марки КАЭ выпускают толщиной до 10 мм листами и используют в качестве нагревостойких прокладок в электрооборудовании.

Если асбестовые волокна спрессовывают холодным способом цементом, получается высокотеплостойкий,

прочный и негорючий материал — асбестоцемент. Асбестоцементные обработанные плиты, выпускаемые толщиной от 10 до 40 мм и размером 700×1200 мм, применяют для изготовления деталей электрооборудования, подвергающихся воздействию высоких температур и электрической дуги, а также в качестве электроизоляционного материала для изготовления панелей щитов, сборок и оснований электрических аппаратов.

В электротехнике широко применяют электроизолирующую бумагу, получаемую в результате специальной обработки древесины. Эту бумагу используют в качестве электроизоляционного материала для изготовления конденсаторов, кабелей, гетинакса, бакелита, для изоляции листов электротехнической стали и т. д.

Гетинакс — прессованная бумага, пропитанная бакелитовым лаком, выпускается в виде плит толщиной от 2 до 50 мм и применяется для изготовления деталей и панелей щитков, панелей и каркасов для работы в трансформаторном масле.

Бакелит — смолистое, искусственно получаемое вещество, которое размягчается при температуре около 80° С, растворяется в спирте и ацетоне и применяется для получения пластических масс.

Текстолит — материал, изготовленный прессованием нескольких слоев ткани, пропитанной бакелитовым лаком. Он выпускается марок А, Г и Б в виде листов толщиной до 50 мм и применяется в качестве электроизоляционного материала в трансформаторном масле и на воздухе в виде готовых изделий, а также для изготовления прокладок, панелей, колодочек. Текстолит марок А и Г обладает повышенной электрической прочностью, марки Б — более высокой механической прочностью, а изготовленный на основе стеклянной ткани (стеклотекстолит) — высокими электроизоляционными свойствами.

В электрических машинах в качестве изолирующих прокладок и каркасов широко применяют электротехнический картон (пресс-шпан) с лакированной поверхностью, выпускаемый толщиной 0,1—3 мм в рулонах и листах двух марок: ЭВ — для использования на воздухе и ЭМ — для использования в маслonaполненных аппаратах при температуре до 95° С.

Для изготовления изоляционных прокладок, пазовых клиньев в электрических машинах, изолирующих оснований, а также деталей электрических аппаратов,

каркасов катушек применяют фибру — материал, изготовленный при обработке пористой бумаги раствором хлористого цинка. Фибра хорошо поддается механической обработке и выпускается в виде листов толщиной до 12 мм.

В низковольтных установках для различных электроизоляционных изделий служит эбонит — твердая резина, полученная добавлением 25—50% серы к каучуку. Он выпускается в виде плит, стержней и трубок, хорошо поддается механической обработке, но обладает невысокими электроизоляционными качествами.

Электроизоляционный материал лакоткань получают пропиткой различных тканей лаками. Так, при пропитке хлопчатобумажной ткани получают лакоткань марки ЛХ, шелковой ткани — ЛШ, капроновой ткани — ЛК. В обозначение лакотканей может добавляться буква С (светлая), Ч (черная) или М (маслостойкая). Лакоткани выпускают толщиной до 0,24 мм и используют в виде прокладок, оберток и лент для работающих на воздухе или в масле изоляции электрических машин и аппаратов. Они обладают высокими электроизоляционными свойствами, механической прочностью, большой гибкостью и эластичностью. Лакоткань ЛХСМ, кроме того, не поддается действию трансформаторного масла и значительно повышает электрическую прочность изоляции.

При ремонте электрооборудования, а также при электромонтажных работах применяют разнообразные лаки, краски и эмали, которые могут быть электроизоляционными или общего назначения.

Лаки и эмали служат для создания пленок, повышающих электрическую прочность покрываемых ими изделий или предохраняющих их от коррозии и проникновения влаги. Лакокрасочные покрытия наносят на тщательно очищенные пескоструйным аппаратом или стальными щетками и обезжиренные поверхности. При работе окрашиваемого оборудования в зонах, содержащих значительные промышленные агрессивные загрязнения, для повышения службы покрытий рекомендуется увеличить количество слоев покраски и на верхний слой нанести дополнительно слой петролатума.

По составу различают электроизоляционные лаки масляные, асфальтобитумные, смоляные, целлюлозные и другие, а по назначению — пропиточные, покровные или клеящие. Покровные лаки, в состав которых введены размельченные неорганические вещества — пиг-

менты, называют эмалями. Пигменты придают лаковой пленке большую плотность, твердость, механическую прочность и необходимый цвет, а также улучшают ее теплопроводность.

Масляные лаки содержат льняное масло, пленка которого обладает высокой электрической прочностью, эластичностью и теплостойкостью. Асфальтобитумные лаки имеют высокую электрическую прочность, теплостойкость и маслостойчивость. Смоляные лаки получают из искусственных и естественных смол с добавлением растворителей. В качестве естественных смол чаще всего используют шеллак и канифоль, из искусственных — поливинилхлоридные смолы. Целлюлозные лаки являются растворами в эфирах целлюлозы и нитроцеллюлозы. Лаки, изготовленные на основе нитроцеллюлозы, называют нитролаками.

При ремонтных и монтажных работах в электроустановках применяют смешанные масляно-битумные пропиточные лаки № 317, 458Л-1100, 447Л-1100, 460Л-2110, битумно-покровный лак БТ-299, глифталево-масляный ГФ-95, защитно-покровные лаки «Кузбасский» А и Б, перхлорвиниловые эмали и др.

Кроме лаков и эмалей используют различные масляные краски на связующей основе — олифах, которые могут быть натуральными (из льняного или конопляного масла) и искусственными (из растительного масла с добавлением 50% растворителей).

Лакокрасочные покрытия наносят вручную или с помощью краскораспылителей. При работе с лаками и нитроэмалями необходимо соблюдать противопожарные меры (запрещается курить, а в помещении, где с ними работают, не разрешается пользоваться паяльными лампами, электрогазосваркой).

В трансформаторах и маслonaполненных аппаратах в качестве электрической изоляции используют трансформаторное масло (продукт ступенчатой перегонки нефти), которое служит не только как изоляционный материал, но и для отвода теплоты. В масляных выключателях оно является дугогасящей средой. Трансформаторное масло обладает очень хорошими электроизоляционными свойствами, однако имеет высокую гигроскопичность, что требует особых условий для его хранения, транспортировки и специальной подготовки (сушки, фильтрации) перед заливкой в аппараты и оборудование.

Установочные и крепежные изделия. При выполне-

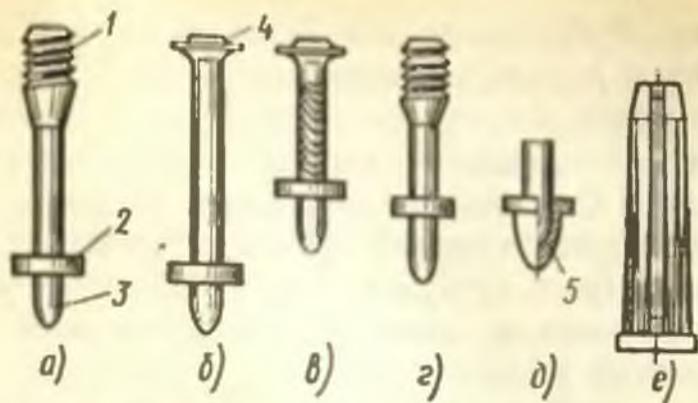


Рис. 9. Дюбели:

a — дюбель-винт (ДВП), *б* — дюбель-гвоздь (ДПП), *в* — дюбель-гвоздь для металла (ДГПМ), *г* — дюбель-винт для металла (ДВПМ), *д* — дюбель с полистиленовым наконечником, *е* — капроновый дюбель; 1, 4 — винтовая и дисковая головки, 2 — шайба, 3 — жало, 5 — полистиленовый наконечник

нии работ по монтажу силовых и осветительных сетей применяют различные клицы, зажимы, протяжные, соединительные и ответвительные коробки, воронки и втулки, а также изделия, предназначенные для крепления деталей, проводов и опорных конструкций к строительным элементам.

Для затягивания проводов в стальные трубы большой протяженности, проложенные по поверхности строительных конструкций, устанавливают протяжные и ответвительные коробки.

В помещениях с нормальной средой открыто проложенные трубы электропроводок соединяют муфтами с контргайками, в остальных помещениях скрыто и открыто проложенные трубы — на резьбе с уплотнением мест соединения.

В настоящее время выпускаются разнообразные коробки для скрытых и открытых проводок, пластмассовые держатели проводов, втулки для оконцевания труб, осветительные зажимы в пластмассовых корпусах.

Для крепления проводов, кабелей, приборов, коробок при ремонте электропроводок используют скобы, стальные полосы с пряжкой, ленты с кнопкой и перфорированные полосы. Электроконструкции, опорные и крепежные детали крепят к строительным элементам зданий и сооружений дюбелями. Дюбели выпускают длиной 25—80 мм двух типов: с наружной резьбой М6, М8 и М10 (рис. 9, *a*, *г*), предназначенные для съемных креплений, и гвоздеобразные (рис. 9, *б*, *в*) —

для глухих креплений, не подверженных вибрации конструкций и деталей электропроводок на кирпичных, бетонных, железобетонных и стальных поверхностях зданий и сооружений. К строительным поверхностям дюбеля крепят с помощью пистолета ПЦ.

В последние годы широко распространены пластмассовые дюбеля (рис. 9, *д*, *е*), которые имеют наружный диаметр 7—20 мм и длину 25—100 мм для шурупов, винтов и болтов диаметром 3,5—14 мм. Для использования таких дюбелей в строительных конструкциях предварительно готовят соответствующие их диаметру и длине отверстия (гнезда), в которых они прочно удерживаются при ввинчивании в дюбеля болта, винта или шурупа.

Припой, паяльные мази и флюсы. Пайку и сварку проводов и кабелей при монтаже электропроводок осуществляют с помощью припоев, паяльных мазей и флюсов, которые применяют также во время монтажа и ремонта соединительных муфт кабелей при присоединении заземляющих проводников к свинцовым и алюминиевым оболочкам кабелей.

§ 6. Монтаж электропроводок

Общие сведения. По способу прокладки проводов различают два вида электропроводок — открытую и скрытую.

Электропроводки, прокладываемые по поверхностям строительных конструкций (стен, потолков, колонн, ферм и др.) непосредственно на изолирующих опорах или в трубах (стальных, пластмассовых), называют открытыми. К ним относят и тросовые проводки, у которых провода крепят к подвешенному тросу.

Электропроводки, прокладываемые под штукатуркой и в замкнутых каналах строительных конструкций, а также замоноличенные в строительных конструкциях при их изготовлении, называют скрытыми.

Монтаж электроустановок начинают с разметки мест установки электрооборудования и трасс электропроводок. Цель разметки — расположение в натуре элементов электроустановки (аппаратов, щитов, трасс) и определение их места положения в точном соответствии с проектной документацией и отметкой чистого пола в помещениях. Отметку чистого пола в виде чер-

ной полосы шириной 10 мм и длиной 100—150 мм наносят на побеленный участок стены.

При разметке мест установки опорных конструкций на стене помещений наносят основные оси, проходящие через крепежные отверстия оснований электрооборудования и аппаратов для точного определения мест анкерных креплений. Места монтажа пусковых аппаратов и щитов с выключателями размечают на стенах на высоте 1,4—1,7 м, а щитов без выключателей — на высоте 2,5 м от отметки чистого пола.

Разметку выполняют с помощью стальных рулеток, а линии наносят с помощью окрашенного охрой и синькой шнура, которым отбивают на строительной поверхности.

При прокладке нескольких параллельных проводок (кабелей, труб, проводов) по обе стороны от вертикальных и ниже горизонтальных осей нанесенных разметок проводят дополнительные линии, определяющие размеры потоков проводок по ширине трассы.

Вдоль трассы размечают места ответвлений, установки ответвительных и протяжных коробок и ящиков, проходов через стены и перекрытия, а также поворотов трасс, соблюдая нормализованные углы поворотов и допускаемые радиусы изгибов проводов, кабелей и труб.

Рассмотрим порядок выполнения наиболее распространенных электропроводок.

Монтаж открытых электропроводок по поверхностям строительных конструкций. Достоинствами открытых электропроводок являются: доступность для осмотра; возможность быстро обнаружить неисправность (нарушение изоляции, обрыв провода, механическое повреждение изоляторов или проводов), а также устранить обнаруженный дефект. Однако применение некоторых видов открытых проводок в помещениях ограничено из-за опасности механических повреждений и значительно большей, чем у скрытых электропроводок, пожароопасности.

Открытые электропроводки выполняют, прокладывая провода одним из следующих способов:

прибивают плоские провода гвоздями к стенам и потолкам или прикрепляют крепежными изделиями, приклеенными к поверхности строительных конструкций;

привязывают провода к изоляторам, насаженным на крюки, штыри или якоря, закрепленные в строительных основаниях или на опорах;

затягивают провода в стальные или пластмассовые трубы, открыто проложенные по поверхностям строительных элементов и прикрепленные к ним скобами.

При выборе и разметке трассы плоских проводов отдают горизонтальные участки проложенных проводов на 50—100 мм от карнизов и балок, на 150 мм от потолка и на 150—200 мм от плинтусов, вертикально проложенные участки проводов — не менее чем на 100 мм от углов помещения, а также от дверных и оконных проемов; соблюдают расстояние не менее 3 мм между параллельно расположенными проводами. Остальные размеры для разметки трасс открытых электропроводок приведены в табл. 9.

Таблица 9. Нормирование расстояния для разметки трасс открытых электропроводок из плоских проводов

Характеристика	Сечение жил проводов, мм ²	Нормированное расстояние, м
Наименьшие расстояния:		
между осями изоляторов	До 25	0,07
	» 50	0,1
	70—120	0,15
от проводов до поверхности стен	Все сечения	Не менее 0,01
Высота прокладки от уровня пола по стенам:		
в помещении без повышенной опасности	То же	» 2,0
в помещениях с повышенной опасностью	»	» 2,5
При пересечении незащищенных проводов с защищенными	»	» 0,01
Защита спусков проводов от механических повреждений (от уровня пола или площадки обслуживания)	»	» 1,5
От смежных стен до изоляторов при переходе проводов с одной поверхности на другую (на углах)	»	1,5—2-кратная высота изолятора
Расстояние концевых изоляторов от проходов через стены	»	То же

Открытая прокладка плоских проводов марок ППВ и АППВ допускается непосредственно по поверхности стен и потолков, выполненных из негорюемых материалов или покрытых сухой либо мокрой штукатуркой в сухих помещениях при напряжении до 380 В включи-

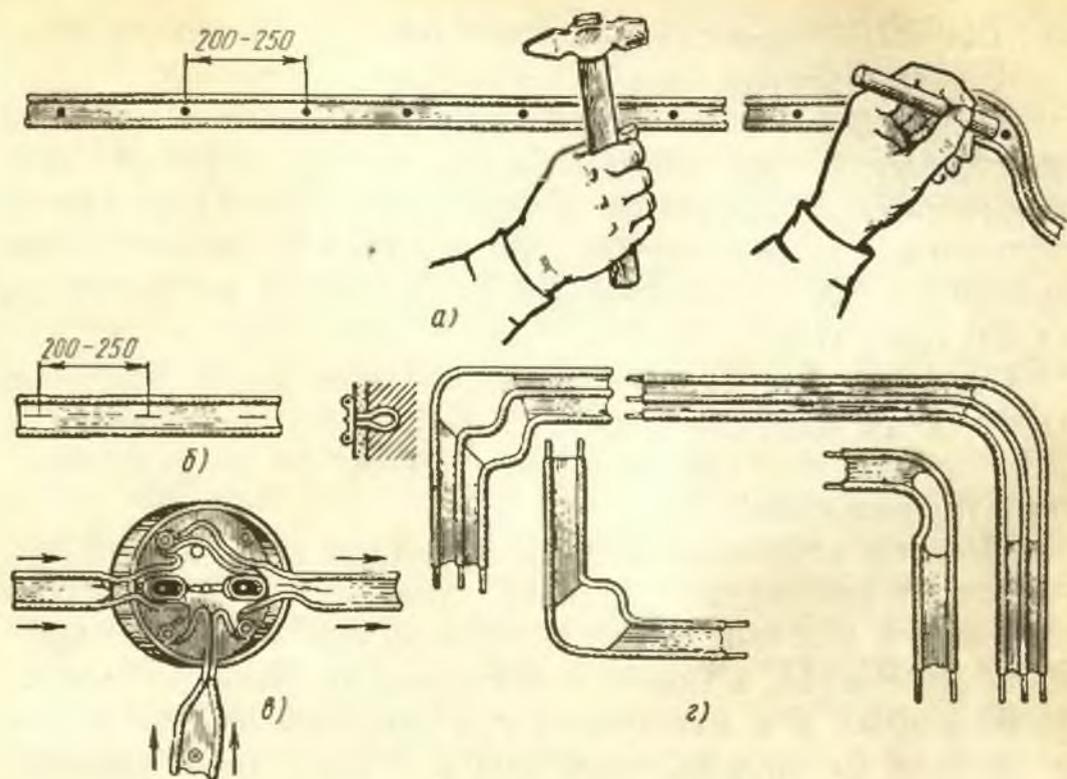


Рис. 10. Монтаж открытой электропроводки плоскими проводами:
 а, б — крепление гвоздями и полосками с пружкой, в — ввод в коробку,
 г — способы изгибания проводов

тельно. При прокладке по деревянным конструкциям эти провода через каждые 200—250 мм на прямых участках трассы крепят гвоздями (рис. 10, а), подкладывая под них полосу листового асбеста толщиной не менее 3 мм и шириной, превышающей ширину проводов с обеих сторон не менее чем на 3—5 мм. Если их прокладывают по бетонным и железобетонным конструкциям, крепление осуществляют полосками с пружками (рис. 10, б). При креплении проводов используют гвозди длиной 20—25 мм и специальное приспособление (оправку) для их забивания в бетонную стенку. Оправка предохраняет провода от повреждения при забивании гвоздей молотком. Гвоздь необходимо забить точно по середине разделительной пленки провода, поэтому его сначала забивают на $\frac{3}{4}$ длины, а затем с помощью оправки до конца.

На бетонных и кирпичных стенах препятствия на трассе электропроводки (балки, конструкции) обходят, укладывая провода в открытые бороздки, которые затем оштукатуривают строительным раствором. При пересечении проводов на деревянных поверхностях изоляцию

монтируемых проводов на участке пересечения усиливают несколькими слоями изоляционной ленты.

Изгибание плоских проводов при вводе в распределительную, переходную коробку (рис. 10, в) или в выключатель, розетку, а также в углах (рис. 10, г) осуществляют, предварительно вырезав разделительную пленку между проводами на длине 40—50 мм и отведя их внутрь угла.

Переход открытой электропроводки через этажные перекрытия выполняют в стальной трубе (не менее 2 м от пола или перекрытия) для защиты ее от механических повреждений.

Монтаж открытых электропроводок в трубах. Электрические проводки в трубах применяют в местах, где возможны механические повреждения изоляции проводов и кабелей, а также в помещениях взрывоопасных, особо сырых и с химически агрессивной средой. В зависимости от окружающей среды и характера помещений электропроводки в трубах можно выполнять уплотненными или неуплотненными. Уплотнение, т. е. герметизация мест резьбового соединения труб друг с другом, с коробками и в месте ввода трубы в аппарат для присоединения проводов осуществляется наматыванием волокна пеньки, пропитанного суриком или белилами. Такие уплотненные электропроводки монтируют во взрывоопасных, особо сырых и с химически активной средой помещениях для защиты проводов, а также их изоляции от разрушения средой помещения. Уплотнения трубопроводов должны выдерживать установленные нормами испытательные давления, которые определяются характером помещения. Герметизированные открытые электропроводки во взрывоопасных помещениях выполняют в стальных водогазопроводных трубах.

В сухих, влажных, жарких, пыльных и пожароопасных помещениях, как правило, электропроводки выполняют в стальных тонкостенных трубах, а в сырых и особо сырых, а также в помещениях с химически активной средой — в пластмассовых трубах. Тип проводки и способ прокладки труб зависит от характера помещения и окружающей среды.

В сухих непыльных помещениях, где отсутствуют пары и газы, отрицательно воздействующие на изоляцию и оболочку проводов и кабелей, допускается соединение труб без уплотнений.

При монтаже электропроводок предусматривается индустриальная заготовка труб, трубных пакетов и блоков, во время которой трубы чистят, изгибают под необходимым углом, обрабатывают их концы для выполнения соединения, предусмотренного проектом, красят и собирают в пакеты и блоки.

Монтаж открытой сменяемой электропроводки в стальных трубах выполняют в таком порядке:

осматривают внутреннюю поверхность труб и при необходимости очищают ее от грязи и окалины;

устанавливают пакеты или блоки на место и соединяют трубы между собой и с коробками с помощью манжет, обойм или царпающих гаек, при этом соблюдают расстояния (зависящие от количества изгибов трубопровода) между соседними коробками: на прямом участке — 50 м, на участке с одним изгибом — 45 м, с двумя изгибами — 40 м, с тремя изгибами — 20 м, с четырьмя изгибами — 10 м;

создают непрерывную электрическую цепь из труб электропроводки, используемых в качестве заземляющих проводников. Приваривают к трубам с каждой стороны в двух-трех точках металлические коробки или соединительные муфты (эти соединения можно осуществлять приваркой металлических перемычек достаточной проводимости из круглой стали диаметром не менее 5 мм). Все сварочные работы на трубной прокладке выполняют до затягивания проводов в трубы;

проталкивают в трубу между двумя соседними коробками стальную проволоку, с помощью которой затягивают в нее поочередно необходимое количество проводов, оставив концы достаточной длины для соединения или ответвления в коробках;

выполняют соединение или ответвление в коробках опрессовкой, сваркой или пайкой и изолируют места соединений проводов;

присоединяют провода электропроводки к распределительным устройствам, светильникам, аппаратам и оборудованию;

красят трубы и крепежные детали черным лаком или эмалевой краской под цвет стен для предохранения труб от коррозии.

Расстояние между точками крепления открыто проложенных стальных труб диаметром до 26 мм должно быть 2,3—2,5 м, диаметром от 32 до 40 мм — 2,8—3 м, диаметром более 50 мм — 3,5—4 м. Количество

соединительных, ответвительных и протяжных коробок и ящиков зависит от длины и сложности трассы трубной электропроводки. Стальные трубы соединяют между собой и с коробками различными способами. Допускается соединять стальные трубы манжетами без уплотнения в сухих и непьющих помещениях, а также в помещениях без агрессивных газов по отношению к изоляции проводов.

Трубы прокладывают так, чтобы в них не скапливалась влага от конденсации паров, содержащихся в воздухе, т. е. с уклоном в сторону протяжных и ответвительных коробок. В сырых и особо сырых помещениях ответвительные и протяжные коробки должны иметь специальные влагосборные трубки с устройством для слива скапливающейся влаги. Муфты на влагосборниках устанавливают на пакле, пропитанной суриком.

Для создания прочного соединения трубы с трубой или с коробкой на конец трубы навинчивают заземляющие (царапающие) гайки, чтобы они плотно прилегали к очищенной стенке металлической коробки. С аппаратами и оборудованием трубы соединяют контргайками, навинчиваемыми на их концы, вводимые в аппарат.

Монтаж щитов, сборок и пусковой аппаратуры. Панели распределительных щитов и щитов управления и защиты устанавливают строго вертикально на заранее подготовленном основании (рама из уголка, швеллерной стали). Распаковывают, чистят и монтируют измерительные приборы и аппараты, проверяют исправность контактной системы и подключают к ним провода коммутации. Устанавливают сборные шины, предварительно проверяя их контактные поверхности для присоединений. Магнитные пускатели, контакторы и другие аппараты вместе с кнопочными станциями ставят в вертикальном положении на заранее заготовленные крепежные устройства на высоте 1500—1700 мм. Контроллер или командоаппарат устанавливают на опорную поверхность строго горизонтально, чтобы высота штурвала над уровнем пола была не более 1100 мм, а высота маховика пускового реостата — 700—800 мм.

Металлические конструкции для крепления пусковой аппаратуры, кожухи магнитных пускателей, кнопок управления и контакторов заземляют с помощью заземляющих проводников.

Монтаж кабельных линий. Перед прокладкой кабеля

проверяют его состояние на барабане наружным осмотром. К каждому кабелю на барабане должен быть приложен протокол заводских испытаний. При его отсутствии кабель испытывают повышенным напряжением.

В случае обнаружения внешних неисправностей кабеля (вмятины, проколы, трещины в капшах, т. е. в запаянных концах кабеля) вырезают поврежденные места, проверяют изоляцию на влажность и напаявают новые капши на его концы. После выполнения этих работ кабель можно использовать для монтажа.

При всех способах прокладки радиусы внутренней кривой изгиба кабелей допускаются не менее следующих кратностей по отношению к их наружному диаметру:

Для силовых многожильных кабелей с бумажной пропитанной изоляцией в общей свинцовой или алюминиевой оболочке, а также с поливинилхлоридной изоляцией и оболочкой, бронированных и небронированных 15

Для силовых многожильных кабелей с бумажной изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке для каждой жилы, а также с поливинилхлоридной изоляцией и в поливинилхлоридной оболочке поверх каждой жилы, бронированных и небронированных 25

Для контрольных кабелей с бумажной пропитанной изоляцией в свинцовой оболочке, бронированных и небронированных 15

Для свинцовых и контрольных кабелей с резиновой изоляцией в свинцовой или поливинилхлоридной оболочке, бронированных 10

То же, небронированных 6

При прокладке кабелей с бумажной изоляцией установлена регламентированная разность уровней на вертикальных и крутонаклонных трассах. Кабели на напряжение 6 кВ с бумажной изоляцией, обедненной пропиткой в алюминиевой оболочке, имеющие специальные устройства в виде стопорных муфт, а также кабели с пластмассовой и резиновой изоляцией прокладывают без ограничения уровней.

Для кабелей в свинцовой оболочке с бумажной изоляцией на напряжение 6—10 кВ с вязкой пропиткой, бронированных и небронированных разность уровней на трассах может достигать 15 м, а для кабелей в алюминиевой оболочке на напряжение 6 кВ—20 м, на напряжение 10 кВ—15 м. Такие требования обусловлены недопустимостью стекания значительного количества пропиточного состава к низшей точке прокладки

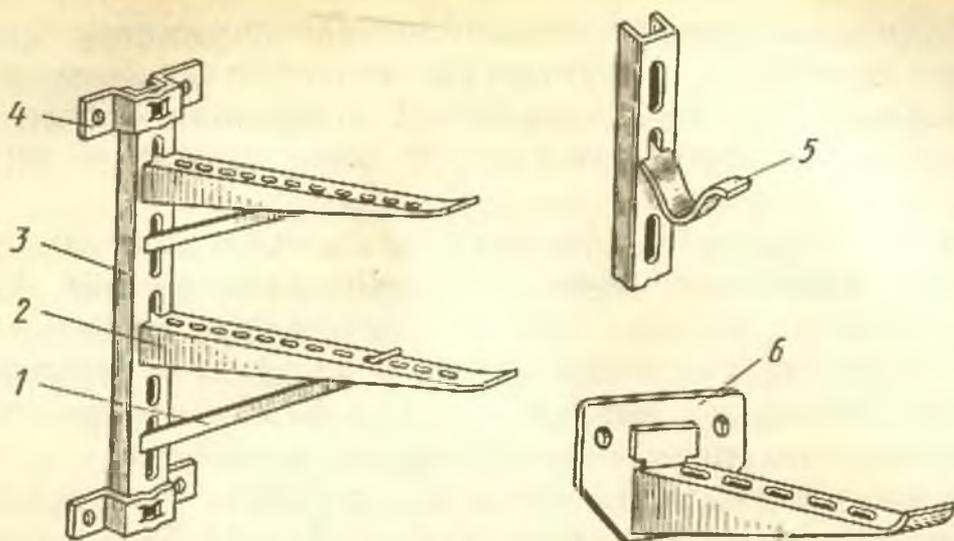


Рис. 11. Опорные конструкции для прокладки кабелей:
 1 — подкос, 2 — полка, 3 — стойка, 4 — хомут для крепления стойки, 5 — кабельная скоба, 6 — плита

кабеля и осушения изоляции его верхней части. Срок службы осушенной бумажной изоляции сокращается, а избыточное количество пропиточного состава под действием собственной массы может дать течь у концевой заделки.

Для прокладки внутри помещений применяют небронированные и бронированные кабели без наружного покрова. При прокладке по конструкциям небронированных кабелей с алюминиевой или свинцовой оболочкой под места крепления устанавливают мягкие прокладки из пергамина, рубероида и других материалов толщиной 2 мм.

Прокладка кабелей в полу или междуэтажных перекрытиях с заделкой наглухо в строительные конструкции не разрешается. Кабели следует прокладывать в трубах или каналах по кабельным конструкциям (рис. 11), расстояние между которыми на горизонтальных участках трассы должно составлять 0,8—1 м, вертикальное расстояние в свету между конструкциями должно быть не менее 150 мм, а вертикальное и горизонтальное в свету между рядом лежащими кабелями — 35 мм, но не менее диаметра большего кабеля.

Взаиморезервируемые кабели, питающие потребителей I категории, прокладывают на разных сторонах канала и отделяют от других кабелей горизонтальными перегородками из асбестоцементной плиты. Для потребителей II категории допускается прокладка кабелей по одной стороне канала, но на разных полках и с

устройствами горизонтальной перегородки из асбестоцементной плиты. По дну канала кабели можно прокладывать только при глубине его не более 0,9 м, при этом запрещается засыпка канала песком во всех помещениях, кроме взрывоопасных.

В нормальных, жарких и других производственных помещениях пучки проводов и кабелей прокладывают на специальных перфорированных и сварных лотках при соответствии марки прокладываемых проводов и кабелей условиям окружающей среды. По кирпичным и бетонным стенам цехов лотки монтируют на высоте не менее 2 м от пола или площадки обслуживания. В электропомещениях высота прокладки не нормируется.

На лотках без разделительных перегородок прокладывают кабели одного назначения, а также силовые и контрольные кабели нескольких назначений, связанных технологическим процессом, при этом расстояния в свету между ними должны быть 20 мм. Совместная прокладка кабелей силовых, осветительных и контрольных цепей с кабелями или проводами других назначений (сигнализации, дистанционного управления, контроля) допускается только при устройстве стальных разделителей.

Провода на лотках прокладывают пучками, закрепленными обоймой или бандажом. В пучке должно быть не более 12 проводов, расстояние между пучками не менее 20 мм. При прокладке на лотках небронированных кабелей сечением выше 16 мм² расстояние между ними должно составлять не менее диаметра прокладываемого кабеля (не меньше 35 мм).

Соединительные муфты кабелей устанавливают на специальных лотках, которые заземляют не менее чем в двух наиболее удаленных друг от друга местах, а конец каждого лоткового ответвления еще и дополнительно. Части лотков в помещениях, где требуется заземление оборудования, должны быть соединены так, чтобы образовалась непрерывная электрическая цепь.

При прокладке кабельных линий непосредственно в земле кабели укладывают в траншеях и выполняют снизу подсыпку, а сверху засыпку слоем мелкой земли. Кабели напряжением ниже 35 кВ защищают от механических повреждений на всем протяжении железобетонными плитами толщиной не менее 50 мм или кирпичом в один слой поперек трассы. Не допускается применять силикатный, пустотелый или дырчатый

кирпич. Глубина заложения кабельных линий составляет 0,7 м при их напряжении до 20 кВ и 1 м — при 35 кВ.

При параллельной прокладке кабелей расстояние в свету между ними должно быть не менее 100 мм при напряжении до 10 кВ, 250 мм — при 20—35 кВ и 500 мм между кабелями, эксплуатируемыми различными организациями, а также между силовыми и кабелями связи. Расстояние между контрольными кабелями не нормируется.

При прокладке кабелей в траншеях их раскатку выполняют с помощью машин и механизмов и редко вручную (при небольшой протяженности кабелей). Наилучшим способом является раскатка кабеля с механизма, который свободно передвигается вдоль вырытой траншеи. Рабочие, передвигаясь по дну и бровке траншеи, принимают сходящий с барабана кабель и укладывают его на дно.

При невозможности раскатки с движущегося механизма барабан с кабелем устанавливают на домкратах на одном конце трассы и кабель тянут по роликам тросом с помощью автомобиля, трактора или лебедки.

Как правило, кабель с бумажной изоляцией прокладывают при положительной температуре окружающего воздуха, поскольку при низких температурах пропиточный состав становится более вязким, в результате чего он склеивает слои бумаги, препятствуя их скольжению, и приводит к разрыву и снижению электрической прочности изоляции кабелей.

У кабелей с пластмассовой и резиновой изоляцией при низких температурах снижается механическая прочность изоляции, что также может вызвать при прокладке механические повреждения и, следовательно, пробой в самом начале эксплуатации.

Кабель напряжением 3 кВ и выше с нормальной, нестекающей и обедненной пропитанной бумажной или пластмассовой изоляцией и оболочкой при температуре ниже 0° С прокладывают только после предварительного подогрева (в тепляке или с помощью специального трансформатора). Температура прогрева зависит от его конструкции. Так, жилы кабеля напряжением 10 кВ с бумажной пропитанной изоляцией прогревают с помощью специального трансформатора при 60° С, а с поливинилхлоридной или резиновой изоляцией напряжением 6 кВ — при 65° С.

Температура на поверхности верхних витков кабеля на барабане отличается от температуры жил на $15\text{--}20^\circ\text{C}$, поэтому его прекращают прогревать при достижении $40\text{--}45^\circ\text{C}$. После прогрева кабель прокладывают в самые короткие сроки (не более): 1 ч при температуре от 0 до -10°C , 40 мин от -10 до -20°C , 30 мин от -20°C и ниже. Если прокладка занимает большее время, кабель необходимо постоянно подогревать. Допускается прокладывать с перерывами, во время которых кабель дополнительно подогревают. При температуре окружающего воздуха ниже -40°C не допускается прокладка даже подогретых кабелей.

В случае прокладки кабеля при низких температурах особенно тщательно следят за тем, чтобы не изгибать его по радиусу меньше допустимого и укладывать в траншею «змейкой» с большим по сравнению с нормальным запасом по длине ($3\text{--}4\%$ вместо $1\text{--}3\%$), так как при охлаждении кабель укорачивается, натягивается и может быть поврежден.

Соединение алюминиевых и медных жил проводов и кабелей. Соединение, ответвление и окончание алюминиевых и медных жил проводов и кабелей осуществляют сваркой, опрессовкой, пайкой или с помощью специальных механических сжимов. Однопроволочные жилы медных проводов и кабелей сечением

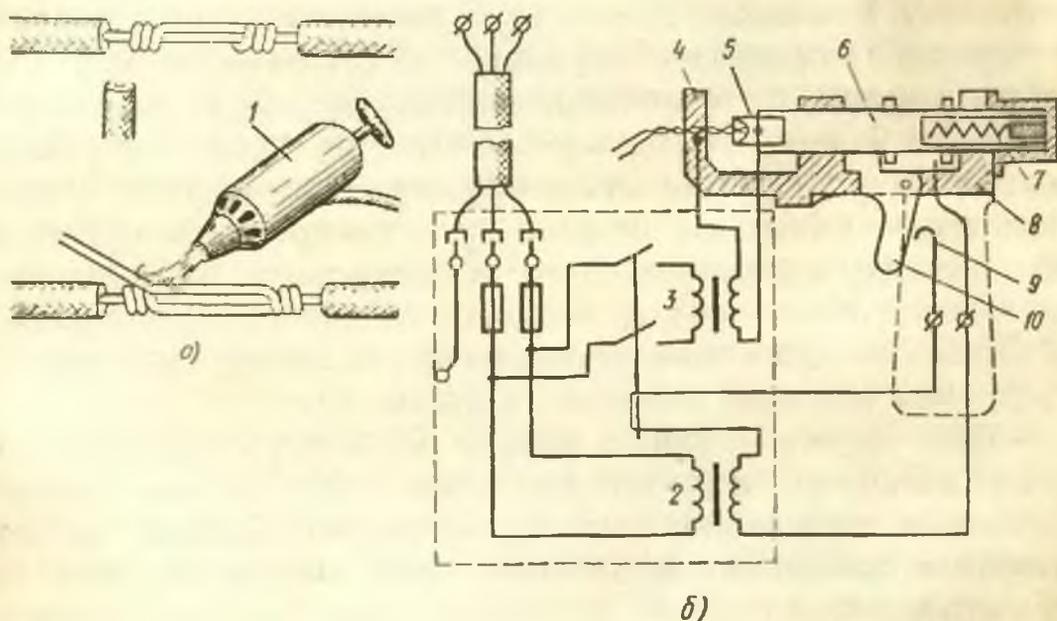


Рис. 12. Соединение алюминиевых жил сечением до 10 мм^2 :

a — пайкой, *b* — сваркой; 1 — горелка, 2, 3 — вспомогательный и сварочный трансформаторы, 4 — раздвижные губки, 5 — электрод, 6 — полый стержень, 7 — пружина, 8 — корпус сварочной головки, 9 — контакт, 10 — спусковой рычаг

2,5—10 мм² рекомендуется паять или сваривать, а алюминиевые жилы кабелей на напряжение до 1000 В — опрессовывать.

Алюминиевые жилы проводов и кабелей сечением 16—35 мм² опрессовывают в гильзах или наконечниках пресс-клещами ПК-4 или ранее выпускавшимся ПК-1М, при этом используют кварцевазелиновую или цинковазелиновую пасту.

Для пайки алюминиевых проводов применяют припой марки А. Перед пайкой концы проводов тщательно зачищают стальной щеткой и соединяют двойной скруткой внахлест, чтобы образовался желоб (рис. 12, а). Провода нагревают паяльной лампой или газовой горелкой 1 до температуры, близкой к плавлению алюминия, и натирают палочкой припоя участок соединения, заполняя плавящимся припоем желобок между проводами. По окончании пайки соединение протирают чистой тряпкой, смоченной бензином, и покрывают лаком.

Электрическая сварка (рис. 12, б) предварительно скрученных алюминиевых проводов сечением 2,5—6 мм² без флюса осуществляется с помощью электросварочного трансформатора ВКЗ-1, основными элементами которого являются сварочный трансформатор 3 на напряжение 220/10 В, вспомогательный трансформатор 2 на напряжение 220/36 В и корпус 8 сварочной головки. Свариваемые провода помещают в раздвижные губки 4. Угольный электрод 5 зажат на конце полого стержня 6, имеющего пружину 7. При нажатии спускового рычага 10 стержень перемещается и замыкает контакт 9 цепи управления. Стержень подается рукой назад до упора, при этом пружина сжимается. Затем нажатием большого пальца руки раскрывают губки 4 и вставляют скрученные вместе концы жил, зачищенные на длину 35—40 мм, в коническую выточку электрода. Сварка, выполняемая автоматически, начинается после того, как пальцем нажали на рычаг 10.

При другом способе сварки используют флюс. Он отличается от первого тем, что свариваемые концы проводов скручивают вместе, покрывают флюсом и без обоймы сплавляют в пламени дуги между угольными электродами.

Непосредственное присоединение проводов и кабелей с алюминиевыми жилами к аппаратам, приборам, осветительной арматуре допускается при наличии у последних специально предназначенных для этого

контактов. Однопроволочные алюминиевые жилы проводов кабелей должны поверх кольца жилы иметь ограничительную («звездочку») и пружинную шайбы.

Жилы кабеля соединяют в два приема: вначале разделяют концы кабелей, освобождая от брони, оболочки и изоляции, затем соединяют их пайкой, опрессовкой или сваркой.

Токопроводящие жилы кабеля соединяют опрессовкой в гильзе, внутреннюю часть которой предварительно зачищают стальной щеткой до блеска, а затем освобождают конец кабеля от остатков пропиточного состава, протирая его тряпкой, смоченной растворителем, после чего зачищают до блеска стальной щеткой и смазывают кварцевазелиновой пастой. Подготовленные концы жил кабеля вставляют в гильзу так, чтобы они расположились на ее середине, затем гильзу помещают между пуансонами и матрицей опрессовочного приспособления и сдавливают. При опрессовке благодаря значительному усилию, с которым стенка гильзы вдавливается в жилу, создается надежный контакт между гильзой и токопроводящими жилами.

Соединительные муфты служат для герметизации участков соединения токопроводящих жил кабелей и защиты их от механических воздействий.

Маркировка кабелей цепей управления, защиты и автоматики может быть трех видов: прямая (на бирку наносят номер зажима, прибора, аппарата, к которому подводится данная жила кабеля); обратная (наносят номер зажима, от которого отходит жила кабеля); прямая и обратная (обозначают сразу два адреса). По окончании монтажа каждую жилу кабельной линии испытывают на электрическую прочность шестикратным напряжением выпрямленного тока в течение 10 мин при заземлении двух других жил. Силовые кабели напряжением до 1000 В испытывают мегаомметром на 1000—2500 В в течение 1 мин, контрольные кабели — сначала мегаомметром на 1000 В (для цепей до 24 В мегаомметром на 500 В), затем повышенным напряжением 1000 В переменного тока.

Монтаж шинопроводов. Устройство для передачи и распределения электроэнергии, состоящее из неизолированных и изолированных жестких проводников (шин) и относящихся к ним изоляторов, защитных оболочек, ответвительных устройств, поддерживающих и опорных конструкций, называют шинопроводом.

По назначению различают шинопроводы магистральные, распределительные, троллейные и осветительные, по способу защиты от соприкосновения между собой и от воздействия окружающей среды — закрытые, защищенные и открытые.

Шинопроводы устанавливают по фермам, колоннам, стенам, на напольных стойках, а также подвешивают на тросах. Их монтаж выполняют индустриальными методами: на заводах или в МЭЗ их собирают по проектным чертежам в укрупненные транспортабельные секции. После полной комплектации шинопровод передают на монтажную площадку.

На первой стадии монтажа соединяют секции и части шинопровода между собой на месте установки, поднимают и закрепляют укрупненные блоки на заранее установленные опорные конструкции, на второй стадии осуществляют предусмотренные проектом присоединения.

Сравнительно небольшие высота установки (до 9—12 м) и масса секции (1 м около 13 кг) позволяют поднимать каждую секцию в отдельности на опорные конструкции для сборки их в блоки с помощью простейших грузоподъемных механизмов (легких лебедок, автопогрузчика и подъемных площадок).

Ответственной операцией монтажа шинопроводов является соединение секций, которое может быть болтовым или сварным. Болтовое соединение магистральных шинопроводов серии ШМА68Н на ток 2,5 кА выполняют одним сквозным болтовым сжимом с тарельчатыми пружинами.

Сварные соединения производят на постоянном токе в среде аргона или же угольным электродом с присадкой из алюминия под слоем флюса ВАМИ как на постоянном, так и переменном токе.

По окончании монтажа проводят контрольные испытания и проверки шинопроводов. Сопротивление изоляции шин по отношению к защитному кожуху испытывают повышенным напряжением (1 кВ промышленной частоты) с помощью мегаомметра на 1000 В. Проверяют затяжку болтов во всех местах подсоединения шин и выборочно качество сварки шинных соединений.

§ 7. Монтаж электрооборудования распределительных устройств

Разъединители. Монтаж разъединителей состоит: из осмотра и проверки элементов, подъема на опорные конструкции и крепления, крепления привода на панели, проверки и регулировки основных и сигнальных контактов, проверки смонтированных разъединителя и привода в работе, пробных включений и отключений.

При осмотре разъединителей перед установкой проверяют: состояние фарфоровых деталей (отсутствие трещин, сколов, прочность армировки и повреждение глазури), исправность контактной системы (отсутствие раковин, коррозии, вмятин и погнутости ножей, наличие пружин), качество крепления деталей и отдельных частей.

Обнаруженные дефекты устраняют опиливанием и пришлифовкой (раковины и ржавчину на ножах и губках); болтовые соединения подтягивают, трущиеся части смазывают тонким слоем технического вазелина, а поврежденные фарфоровые детали заменяют новыми.

Разъединитель поднимают на опорную конструкцию за раму вручную с помощью переносного штатива или тали, не допуская при этом строповки за ножи или изоляторы. Монтаж привода разъединителя состоит в креплении его к стене, панели или конструкции по уровню и отвесу. Болты должны иметь полную резьбу (при завернутой гайке должен оставаться свободный конец болта, имеющий не более 2—3 ниток резьбы).

Для регулировки положения разъединителя и привода используют подкладки из листовой стали с отверстием для прохода крепежных болтов, при этом особое внимание обращают на строгую горизонтальность разъединителя и его привода. После окончательной выверки взаимного положения их закрепляют, затягивая болты и гайки, а также контрящие приспособления (пружинящие шайбы, контргайки). Заканчивают сборку установкой рычагов на разъединитель и диск привода, на оба конца тяги навинчивают вилки, а тягу закрепляют шпильками со шплинтами. Для поддержания тяги при поломке или расцеплении устанавливают тягоуловитель.

После тщательной выверки соосности и регулировки длин сопрягаемых частей для соединения их коническими штифтами просверливают отверстия обычным

(цилиндрическим) сверлом и развертывают конической разверткой под крепящие штифты соответствующего размера. Также выполняют штифтование подвижного упора на валу привода и рычагов на валах разъединителя и привода. При регулировке проверяют соблюдение и выполнение условий, обеспечивающих нормальную работу разъединителя и привода.

Подвижные ножи разъединителя располагают без перекосов и соосно по отношению к неподвижным контактам. Взаимное положение ножа и неподвижного контакта регулируют смещением изолятора по отношению к раме или его поворотом вокруг оси либо смещением неподвижного контакта по отношению к изолятору, на котором он установлен. После регулировки ножа и неподвижного контакта все болтовые соединения окончательно затягивают. Усилие вытягивания ножа из неподвижного контакта (проверка контактного давления) проверяют динамометром при несмазанных контактных поверхностях.

При регулировке добиваются, чтобы включенное положение разъединителя соответствовало верхнему, а отключенное — нижнему положениям рукоятки привода. В обоих крайних положениях рукоятки привод автоматически запирается защелкой.

Одновременность замыкания контактов проверяют медленным включением ножа до момента его соприкосновения с неподвижным контактом и в этом положении измеряют зазоры между неподвижными контактами и ножами двух других полюсов. Эти зазоры не должны превышать 3 мм для разъединителей напряжением до 10 кВ.

Угол поворота ножей регулируют изменением длины тяги. Для разъединителя РВ-10/400 он должен быть 65° , допустимое отклонение от нормы не более $\pm 3^\circ$.

Сигнальные контакты КСА регулируют изменением положения рычагов на их валике и приводе разъединителя. Поскольку этих контактов может быть от 2 до 12 для присоединения различных цепей, при сборке КСА поворотные контактные шайбы размещают на валике так, чтобы контакты на замыкание и размыкание чередовались. При необходимости другого расположения поворотных контактных шайб проводят соответствующую переборку КСА. Эти контакты регулируют так, чтобы сигнал об отключении разъединителя начал действовать после прохождения ножом 75% полного

его хода, а сигнал о включении — не ранее момента касания ножом неподвижных контактов.

Работу по монтажу разъединителя считают законченной, если вся система «разъединитель — привод» работает четко, без заеданий, а ножи входят в неподвижный контакт без ударов и перекосов, не доходя до упора на 3—5 мм.

Окончательно отрегулированный разъединитель проверяют несколькими включениями и отключениями, выполненными одним движением привода без рывков с соблюдением заданных углов поворота подвижных контактов и рычагов. После этого контактные части смазывают техническим вазелином.

Выключатели нагрузки. Основные операции по установке выключателя нагрузки те же, что и при установке разъединителей, а дополнительной является осмотр дугогасительной камеры предохранителей и механизма автоматического отключения. Выключатели нагрузки устанавливают на металлических конструкциях в распределительных устройствах или в камерах сборных распределительных устройств в вертикальном положении.

Раму выключателя сначала подвешивают на двух болтах и выверяют по уровню и отвесу, определяя места для прокладок и их толщину. После этого приступают к попеременной затяжке болтов, следя за правильным вхождением ножей в пазы дугогасительных камер. Окончательно убеждаются в правильном вхождении ножей в камеры и затягивают болты.

Далее устанавливают привод сзади или спереди выключателя. Трубчатую тягу с вилками на концах соединяют с рычагом на валу выключателя и секторным рычагом привода. Положение ножей регулируют поворотом изоляторов осевых контактов. Ход ножей в камерах регулируют изменением длины тяги (он не должен превышать 160 мм). По окончании регулировки выполняют 25 включений и отключений выключателя, при этом не должно быть нарушений его работы с приводом.

Реакторы. Перед установкой бетонный реактор освобождают от упаковки, очищают и внимательно осматривают, выявляя трещины и сколы у изоляторов, нарушение их армировки и лакового покрова, неисправность изоляции обмоток и их деформацию. При установке реактора соблюдают правила монтажа и нормативные расстояния. Между реактором и стальными

конструкциями в камере расстояние должно быть не менее половины его диаметра. Для контактных соединений применяют болты из латуни и маломагнитной стали. При креплении реактора по вертикали под изоляторы ставят прокладки из твердого картона.

Фазы реактора поднимают с помощью тали. Опустив на фундаментные штыри, выверяют фазы по уровню и отвесу и затягивают крепежные болты.

Монтаж бетонных реакторов при вертикальном расположении фаз выполняют в таком порядке: устанавливают на фундамент верхнюю (В) фазу и поднимают ее на высоту, достаточную для установки по ней средней (С) фазы; устанавливают фазу С и на эластичных прокладках ее бетонных колонок укрепляют опорные изоляторы; опускают на фазу С фазу В и соединяют их болтами; поднимают соединенные фазы В и С для установки на фундамент нижней фазы (Н), на который аналогично закрепляют изоляторы с эластичными прокладками; опускают эти фазы на фазу Н и соединяют их болтами. Все три фазы выверяют по уровню и отвесу и окончательно затягивают крепежные болты. После этого реактор заземляют через фланцы опорных изоляторов и испытывают перед пуском.

Масляные выключатели. Собранные и отрегулированные масляные выключатели устанавливают в такой последовательности: подвеска и крепление рамы болтами к основанию, выверка ее вертикальности, проверка вертикальности цилиндров и их осмотр, соединение выключателя с приводом и их регулировка. Раму выключателя подвешивают за два верхних болта с навертыванием (без затягивания) гаек. Проверяют по отвесу вертикальность подвески рамы и плотность ее прилегания к основанию. Затягивают все гайки так, чтобы они произвольно не отвертывались. Проверяют легкость вращения вала проворачиванием его от руки. После установки рамы монтируют цилиндры, проверяя их вертикальность также по отвесу и измеряя расстояния между осями (отклонения от заводских размеров допускаются в пределах ± 1 мм). Регулировку цилиндров и расстояний между ними осуществляют их перемещением вместе с опорными изоляторами относительно рамы.

Насаживают рычаг на вал выключателя, соединяют последний с приводом и выполняют регулировку, не допуская при этом каких-либо переделок механизма

выключателя и привода, подпиливания упоров, собачек, а также изменения силы натяжения пружин.

Зачищают контактные выводы ветошью, смоченной растворителем, смазывают техническим вазелином и присоединяют с помощью полос (шин) к токопроводящим шинам распределительного устройства. Заливают выключатель чистым сухим трансформаторным маслом до уровня по меткам, нанесенным на маслоуказателе.

Привод масляного выключателя крепят на конструкциях, панелях без перекосов, прочно укрепляя его на месте, соединяют с выключателем и проверяют их совместную работу. После этого устанавливают на валу выключателя и привода рычаги, закрепляют их болтами и монтируют соединительную тягу, регулируя ее длину так, чтобы включенному положению привода соответствовало включенное положение выключателя.

Работу механизма свободного расцепления проверяют при полностью включенном выключателе и в двух или трех его промежуточных положениях. Доводят включающее устройство привода до некоторого промежуточного положения, вручную подают импульс на отключение, включают привод и выключатель до отказа и проверяют заход включающего устройства привода за конечное положение. Проверяют работу запирающей защелки, удерживая выключатель в данном положении. После этого выполняют постоянное жесткое крепление всех рычагов и вилок на соединительных тягах, для чего просверливают в рычагах вместе с валами отверстия под конические штифты и разворачивают их конической разверткой.

Тщательно регулируют сигнальные контакты. Контакты цепи включения необходимо сдвинуть на угол 90° по отношению к сигнальным контактам цепи отключения, поэтому их регулируют так, чтобы они разрывали цепь промежуточного контактора в конце включения (когда выключатель полностью включится). При этом сигнальные контакты цепи отключения должны замыкаться раньше главных контактов выключателя или одновременно с ними.

По окончании регулировки совместной работы привода и выключателя проверяют их работу при ручном управлении, а затем действие выключателя от привода с электрическим или механическим управлением.

Разрядники. Разрядники поступают в собранном виде, поэтому при монтаже их не вскрывают, а только

тщательно осматривают. На фарфоровом чехле не должно быть трещин, раковин или сколов. Проверяют специальным изогнутым щупом уплотняющие резиновые прокладки под крышкой. Они должны быть упругими и достаточно зажатыми, т. е. не продавливаться щупом.

Разрядники устанавливают в камере во избежание случайного прикосновения к ним, так как все части включенных в работу разрядников находятся под напряжением (кроме заземленного цоколя). Для предотвращения возможных опасных тяжений при соединении разрядников к шинам используют компенсирующее устройство. После установки разрядников все металлические части и швы армировки окрашивают влагостойкой краской.

Предохранители. Перед монтажом предохранители осматривают, обращая внимание на состояние контактных деталей, фарфоровых патронов и изоляторов, целостность плавкой вставки и надежность контакта между губками и патронами.

Предохранители монтируют на стальной раме или непосредственно на стене. Раму устанавливают строго вертикально, выверяя оси каждой фазы между собой и осями распределительного устройства, и закрепляют на болтах. Патроны регулируют так, чтобы при нажатии рукой они мягко входили в губки без перекосов, ограничители фиксировали правильное положение патронов в губках и удерживали их от продольных перемещений, а замки — от выпадания патронов при вибрации. Указатели срабатывания патронов предохранителей должны быть обращены вниз и хорошо видны обслуживающему персоналу при их осмотре.

Предохранители заземляют, присоединяя заземляющую шину к фланцам опорных изоляторов, раме или металлической конструкции.

§ 8. Конструкции и монтаж

комплектных распределительных устройств

Распределительное устройство, все основные элементы которого изготовлены и испытаны на заводе и поставляются комплектно вместе с оборудованием и аппаратурой в собранном или полностью подготовленном для сборки виде, называется комплектным распределительным устройством (КРУ).

Комплектные распределительные устройства служат

для приема и распределения электроэнергии и выполняются из шкафов со встроенными в них аппаратами для коммутации, управления, измерения, защиты и регулирования. Шкафы КРУ представляют собой жесткую металлическую конструкцию, которая защищает персонал от случайного соприкосновения с токопроводящими и подвижными частями, заключенными в оболочки, и оборудование от попадания твердых инородных тел.

Комплектные распределительные устройства различают по назначению, конструктивному исполнению, типу основного коммутационного аппарата, условиям обслуживания и эксплуатации, защищенности токоведущих частей, роду оперативного тока, условиям окружающей среды и климатическим.

По назначению комплектные устройства разделяют на КРУ, комплектные трансформаторные подстанции КТП и комплектные токопроводы.

По конструктивному исполнению КРУ бывают подвижные (выкатные) и стационарные; по условиям обслуживания — одностороннего и двустороннего обслуживания, по защищенности токоведущих частей — защищенного и открытого исполнения.

Монтаж КРУ сводится к сборке готовых элементов, подключению силовых кабелей или воздушных линий и контрольных кабелей. При использовании КРУ значительно уменьшаются объемы строительно-монтажных работ и сокращаются сроки их выполнения при расширении или реконструкции; экономятся затраты труда; сокращаются эксплуатационные расходы. Применение комплектных электротехнических устройств является основой индустриализации строительно-монтажных работ при сооружении распределительных устройств и подстанций.

Комплектные РУ напряжением до 1 кВ выпускаются в обычном, объемном и контейнерном исполнении. Комплектные РУ в обычном исполнении размещают в промышленных зданиях обычного типа, в объемном исполнении — в отапливаемых, вентилируемых и освещенных помещениях облегченного типа, в контейнерном исполнении — в специальных контейнерах.

Комплектные распределительные устройства в обычном исполнении состоят из панелей, шкафов и блоков, которые при монтаже объединяют в щиты. В зависимости от назначения щиты могут быть распределительные, управления, защитные и сигнализации.

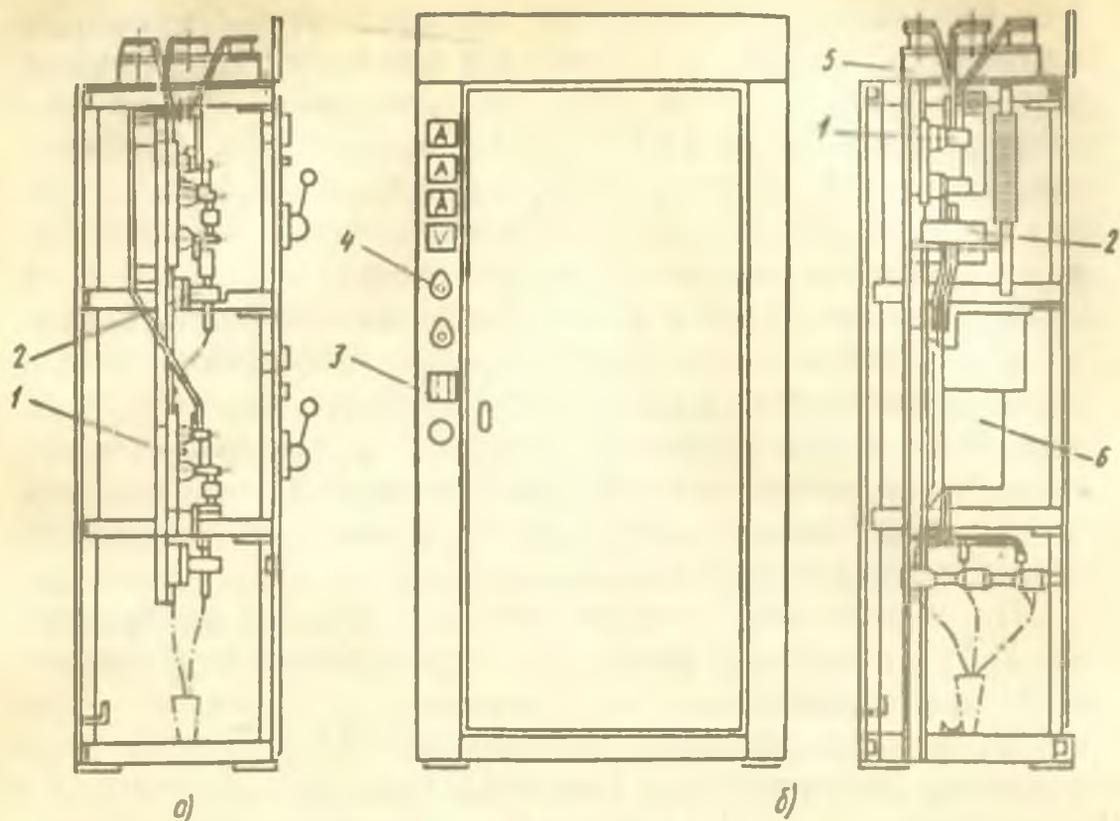


Рис. 13. Линейная (а) и вводная (б) панели и их схемы (в, г):

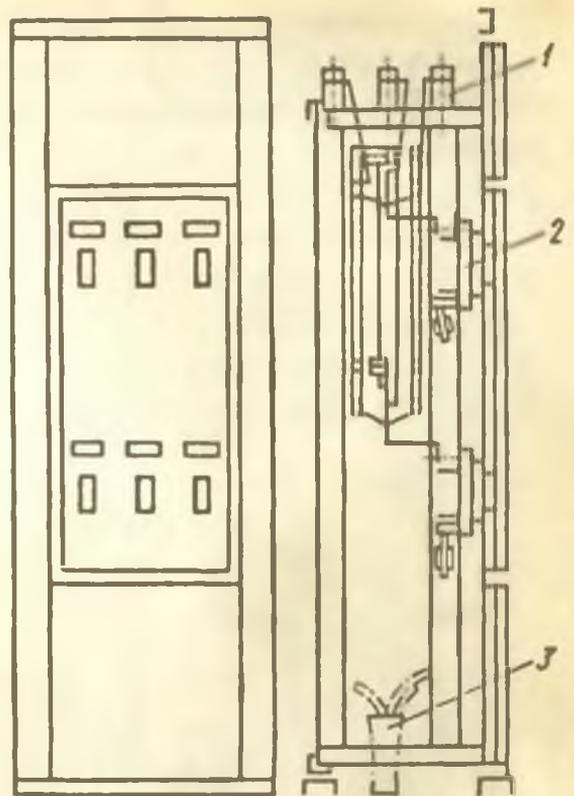
1 — рубильник с предохранителями, 2 — трансформаторы тока, 3 — переключатель, 4 — сигнальная лампа, 5 — траверса с изоляторами, 6 — выключатель АВМ

Распределительные устройства напряжением 0,4 кВ типовых подстанций комплектуют унифицированными щитами одностороннего обслуживания серии ЩО, которые собирают из типовых панелей — линейных, вводных (рис.13, а, б), секционных. В настоящее время применяют щиты ЩО-70, панели и шкафы которых имеют различные схемы (рис.13, в, г) и комплектуются рубильниками Q с предохранителями F или автоматами SF . Шины распределительных устройств 0,4 кВ секционируют воздушным автоматом или рубильником.

Кроме панелей ЩО-70 выпускают силовые пункты с предохранителями СП и СПУ, распределительные пункты с автоматическими выключателями серии ПР-21 и ПР-9000, силовые шкафы ШС, щиты ПРС (рис. 14),

Рис. 14. Панель ПРС:

1 — траверса с изоляторами, 2 — выключатель АВВ, 3 — кабельная заделка



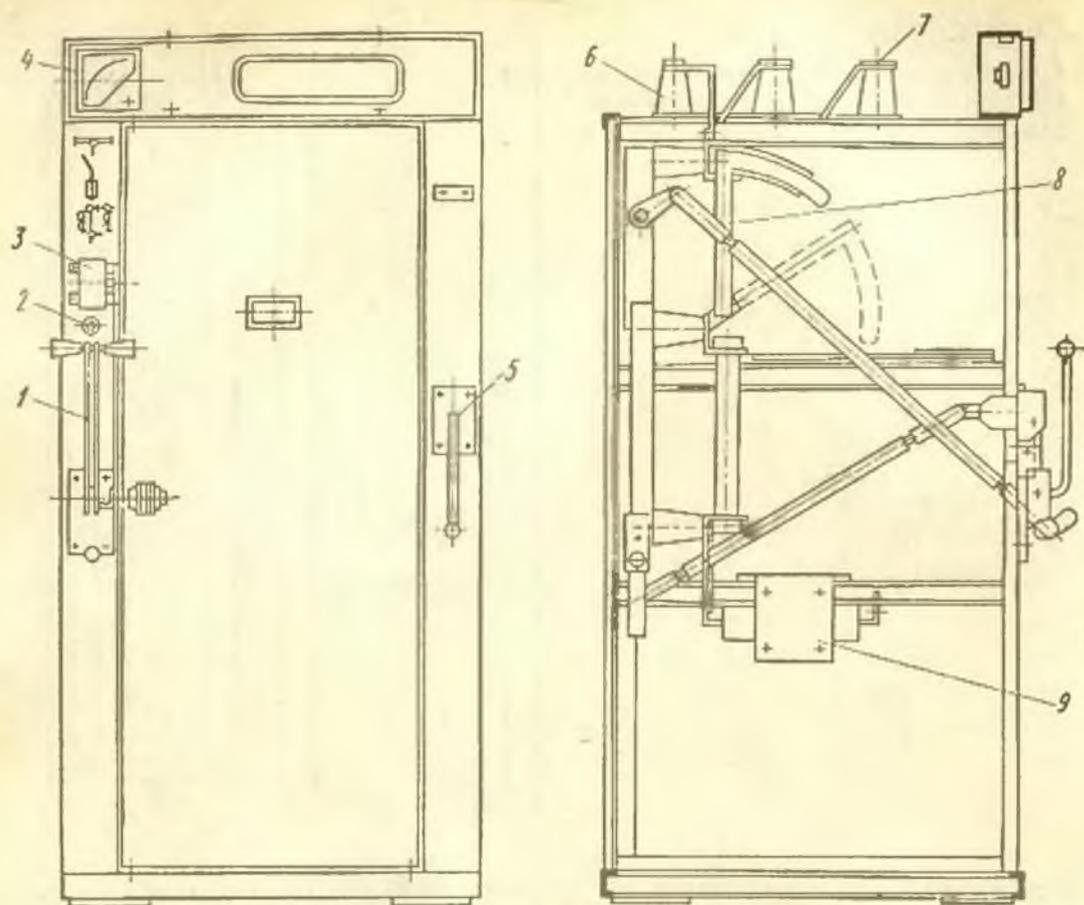
релейные шкафы ШР и другие унифицированные комплектные РУ как для силовых установок, так и для установок освещения, автоматики, управления и диспетчеризации.

Комплектные распределительные устройства напряжением 6—10 кВ по способу установки в них аппаратов и приборов разделяют на два типа: стационарные КСО и выкатные КРУ:

Стационарные КРУ типа КСО (сборная камера одностороннего обслуживания) выпускаются серий КСО-366 и КСО-272. Эти камеры комплектуют электрооборудованием, установленным стационарно без выкатных элементов.

Камера КСО-366 (рис.15, а) состоит из сварного корпуса и передней сетчатой двери. Размеры камеры в основании 1000×1000 мм, а высота — 2080 мм. В камере устанавливают разъединитель или выключатель нагрузки с предохранителями при номинальных токах до 600 А. На рис.15, б — ж показаны схемы коммутаций камеры КСО-366.

Камера КСО-272 (рис. 16, а) рассчитана на номинальный ток до 1000 А и комплектуется масляным выключателем 7. На ее лицевой стороне имеется панель для приборов защиты и измерений, приводов разъединителей 1—4 и масляного выключателя 7. Камера делит-



а)

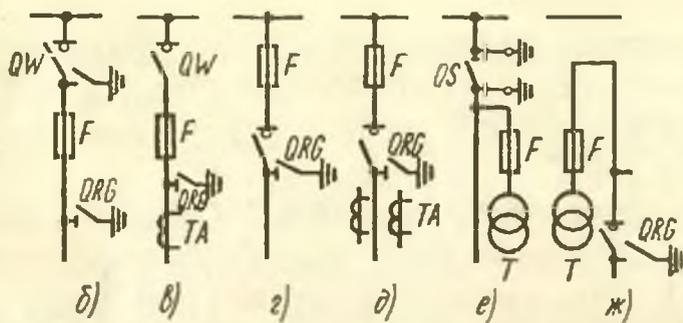


Рис. 15. Общий вид (а) и схемы коммутации камеры КСО-366 (б — с ВНЗ-16 и заземляющими ножами, в — с ВН-16 и заземляющими ножами, г, д — с ВНП-17, е — с трансформатором напряжения, ж — с АВР на напряжении 6—10 кВ):

1 — привод ПР-17, 2 — сигнальная лампа, 3 — сигнальные контакты КСА, 4 — измерительный прибор, 5 — привод разъединителя заземления, 6 — опорный изолятор, 7 — шины, 8 — выключатель нагрузки, 9 — трансформаторы тока ТПЛ

ся листовой сталью или асбестоцементными плитами на три отсека. В верхнем отсеке размещены сборные шины 8 и шинный разъединитель 9, в среднем — выключатель 7 и трансформаторы тока, в нижнем — линейный разъединитель 6 и кабельные заделки. Камеры КСО-272 изготовляют по схеме с двумя заземляющими

ножами на шинных и линейных разъединителях. Аппаратура измерения и защиты находится на верхней двери, за которой установлено сетчатое ограждение для осмотров оборудования без отключения напряжения. Выпускают камеры длиной по фронту 1000 мм, шириной 1200 мм и высотой 2870 мм. Схемы коммутации камер КСО-272 показаны на рис. 16, б — ж.

В шкафах КРУ для внутренней установки встраивают выключатели, штепсельные разъединители, трансформаторы тока или напряжения, предохранители 6 или 10 кВ,

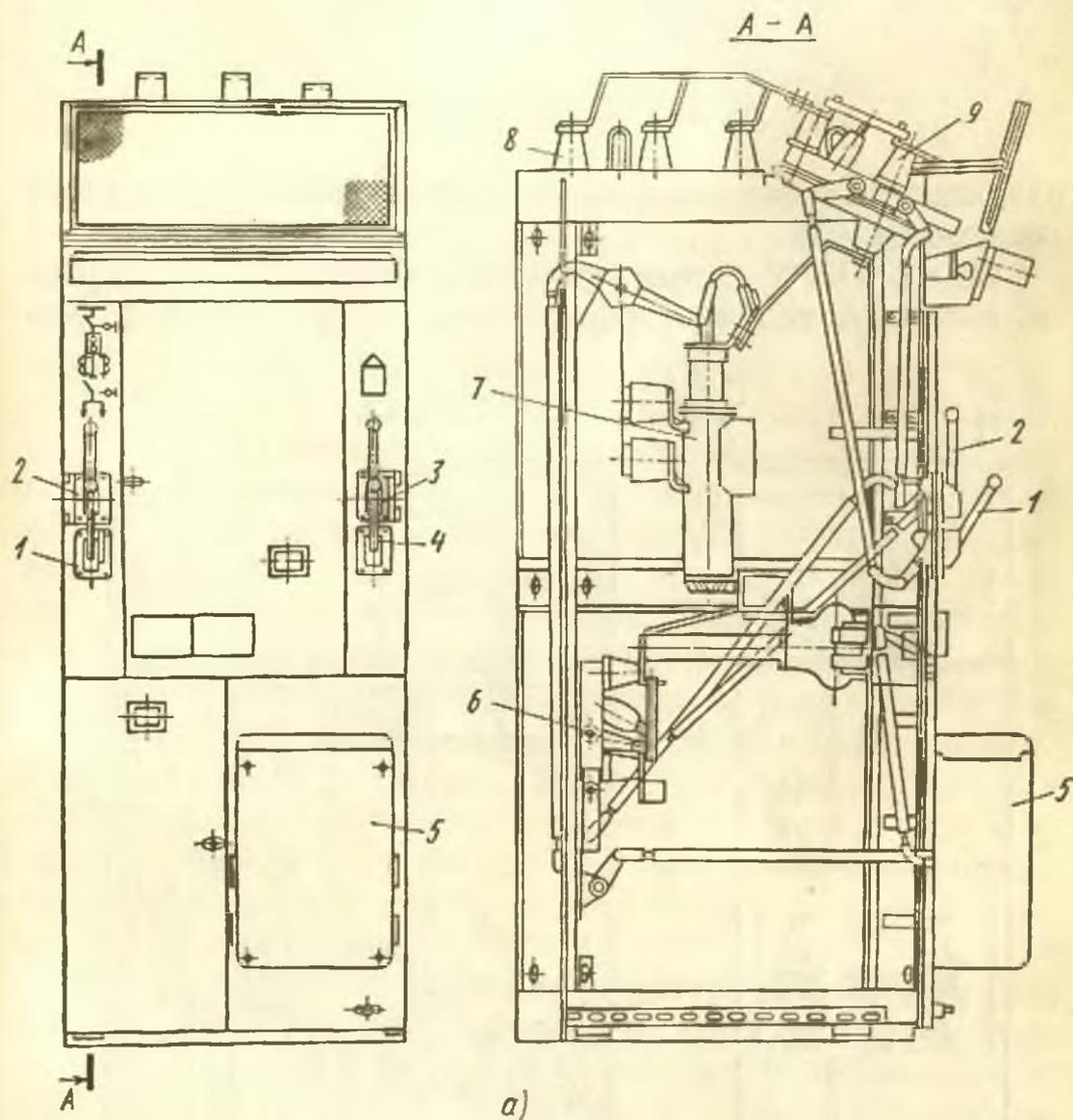


Рис. 16. Общий вид (а) и схемы коммутации камеры КСО-272 (б — отходящей линии, в и е — секционного выключателя, г — силового трансформатора, д — трансформатора с заземлением сборных шин, ж — двух секционных разъединителей):

1 — привод шинного разъединителя, 2 — привод заземляющих ножей шинного разъединителя, 3 — привод заземляющих ножей линейного разъединителя, 4 — привод линейных разъединителей, 5 — пружинный привод ШИ-67, 6, 9 — линейный и шинные разъединители, 7 — масляный выключатель, 8 — сборные шины

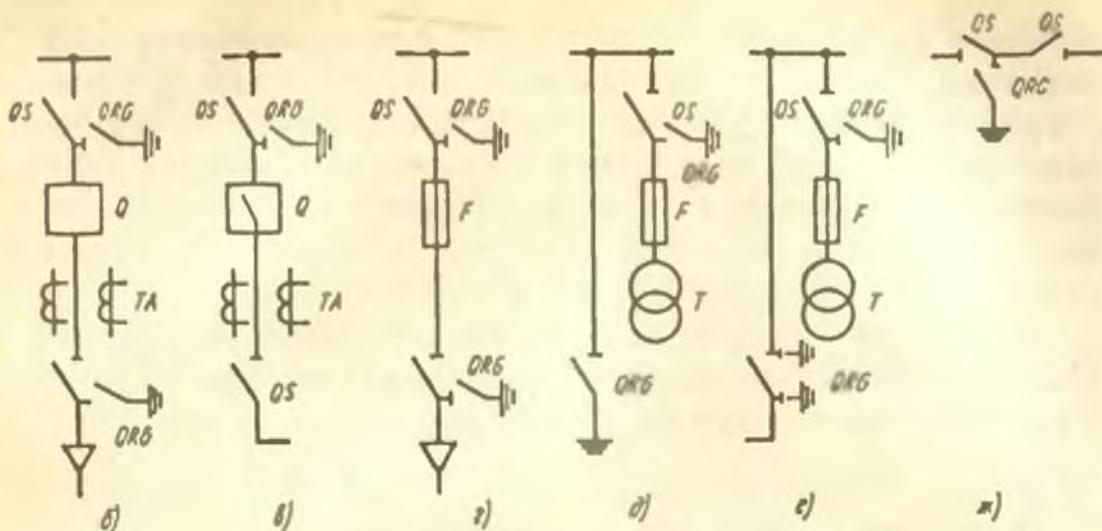


Рис. 16. Продолжение

разрядники, аппараты релейной защиты и приборы учета электроэнергии.

Камеры КРУ состоят из трех основных частей: корпуса, выкатной тележки и релейного шкафа (рис.17). Ка-

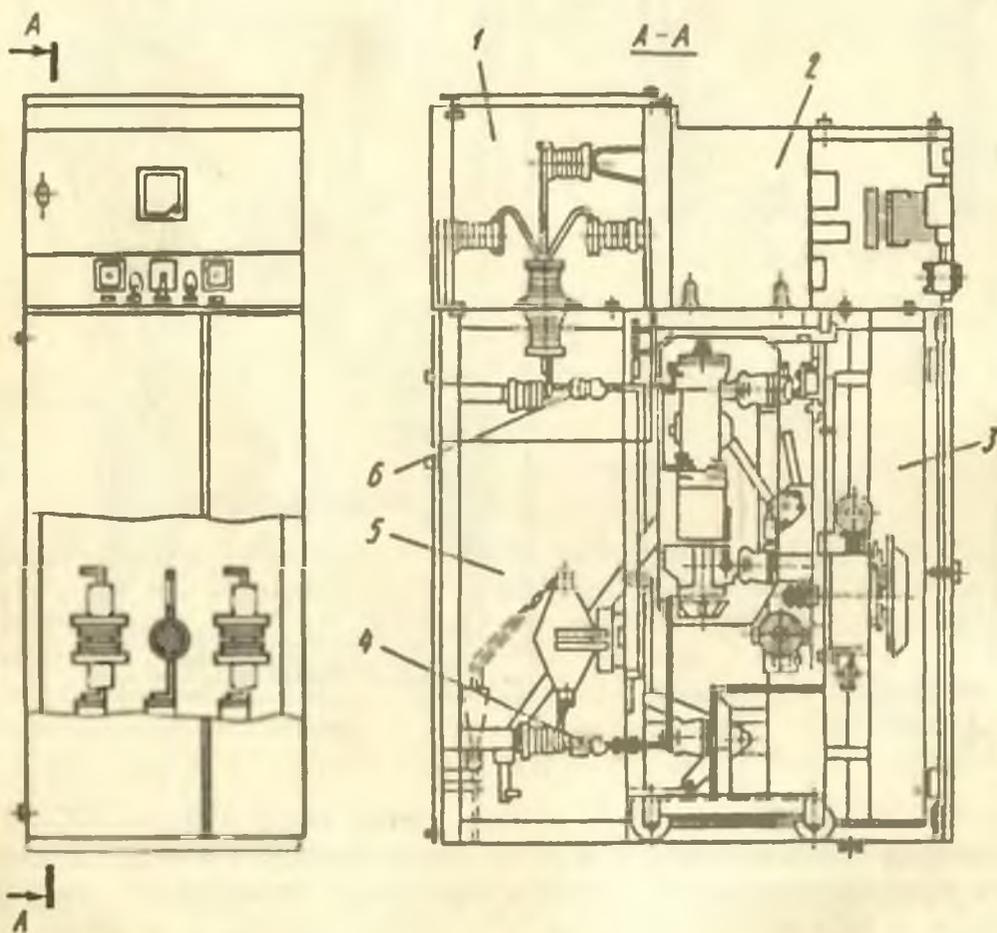


Рис. 17. Шкаф КРУ:

1 — отсек сборных шин, 2 — отсек приборов, 3 — отсек выкатной тележки, 4, 6 — линейные и шинные размыкающие контакты, 5 — отсек трансформаторов тока с кабельными заделками

Испытательное положение Рабочее положение

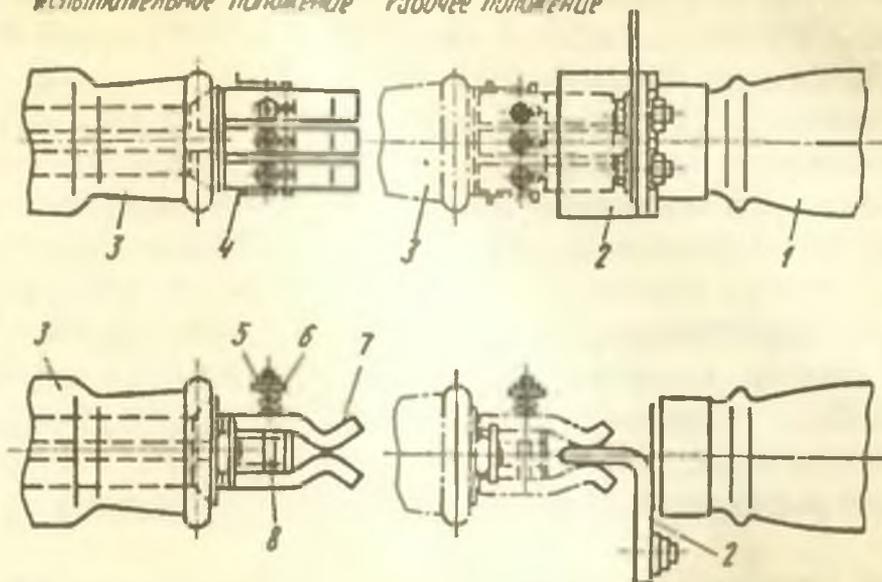


Рис. 18. Штепсельные контакты первичных цепей КРУ:

1, 3 — опорный и проходной изоляторы, 2 — неподвижный контакт, 4 — фиксирующая прокладка, 5 — натяжная гайка, 6 — пружина, 7 — контактная пластина, 8 — шпилька

мера разделена стальными перегородками на отсеки 1, 2, 3 и 5 (приборов, шинный, выкатной тележки и трансформаторов тока с кабельными заделками). Выкатная часть представляет собой тележку, на которой установлено основное оборудование (выключатель, трансформатор напряжения, привод, подвижный контакт разъединителя). Роль разъединителей выполняют специальные штепсельные контакты (рис. 18), неподвижная часть которых находится в корпусе шкафа. Для осмотра и ремонта основного оборудования тележку выкатывают из шкафа. Отсек трансформаторов тока с концевыми заделками отделен от отсека тележки съемной крышкой и шторкой безопасности, открывающейся при вкатывании тележки в шкаф и закрывающейся при ее выкатывании.

Выкатная тележка может занимать три положения: рабочее, контрольное (испытательное) и ремонтное.

В рабочем положении тележки цепи первичных и вторичных соединений включены в схему, заземление тележки осуществляется через скользящие контакты на корпус шкафа. Тележка в этом режиме жестко закреплена фиксаторами механизма вкатывания. В контрольном положении тележки цепи первичных соединений остаются разомкнутыми, а цепи вторичных соединений включены в схему и обеспечивают возможность опробования действий цепей защиты, сигнализации и

управления. В ремонтном положении тележка находится вне корпуса шкафа и контакты цепей первичных и вторичных соединений разомкнуты.

Выкатывание тележки из шкафа и вкатывание ее из ремонтного в контрольное положение осуществляются вручную, а вкатывание из контрольного положения в рабочее и выкатывание обратно — с помощью рычажного механизма доводки. Шкафы снабжают блокировочными устройствами, исключающими вкатывание или выкатывание тележки при включенном выключателе. В шкафах с заземляющими ножами предусмотрены дополнительные блокировочные устройства, не допускающие включения ножей в рабочем положении тележки.

Все части оборудования, нормально не находящиеся под напряжением, но могущие оказаться под напряжением из-за нарушения изоляции, надежно заземляют на корпус шкафа, который соединяют сваркой с закладным швеллером, присоединенным к контуру заземления. Для осмотра оборудования без снятия напряжения в шкафу имеется сетчатая дверь, расположенная за двухстворчатой дверью.

Комплектные распределительные устройства для наружной установки (КРУН) выпускают стационарные, выкатные и объемные.

Стационарные КРУН изготавливают без штепсельных разъединителей и комплектуют выключателями, предохранителями ПК-10 и разъединителями с приводами РВ-10. Шкафы снабжают механической блокировкой от неправильных действий при оперировании выключателем и разъединителями.

Выкатные КРУН изготавливают нормального и малогабаритных размеров. Их компоновка такая же, как и соответствующих КРУ внутренней установки.

Объемные КРУН выполняют нормального и малых габаритных размеров с двурядным расположением ячеек, между фасадами которых образуется коридор обслуживания шириной около 2 м. Малогабаритные объемные КРУН изготавливают только с двурядным расположением ячеек. В них используют выключатели ВММ-10 и предусматривают более плотный монтаж оборудования. Шкафы КРУН объемного исполнения монтируют в собственном помещении из стальных листовых панелей.

Комплектные трансформаторные подстанции внутренней (КТП) и наружной (КТПН) установок выпуска-

ют с одним или двумя трансформаторами мощностью от 250 до 2500 кВ·А (в КТП) и до 1000 кВ·А (в КТПН) при напряжении 6—10 кВ; 630—16 000 кВ·А (в КТПН) при напряжении 35 кВ. Эти подстанции комплектуются защитной коммутационной аппаратурой, приборами измерений, сигнализации и учета электроэнергии и состоят из блока ввода высокого напряжения, силового трансформатора и РУ 0,4 кВ.

Блок ввода высокого напряжения представляет собой короб со съемной дверью на лицевой стороне или шкаф из листовой стали с сетчатой дверью. Между выключателем и сетчатой дверью имеется блокировка, позволяющая включать и выключать выключатель при открытой двери.

Питание обмоток токовых измерительных приборов, реле, а также цепей для измерения токов, мощности и учета электроэнергии осуществляется от трансформаторов тока. Для питания цепей напряжения измерительных приборов, релейной защиты от замыкания на землю, цепей автоматики и сигнализации используют трансформатор напряжения НОСК. Для совместного питания цепей измерения, защиты автоматики и контроля изоляции на подстанции служат трансформаторы напряжения НТМИ (пятистержневые) с дополнительной обмоткой, соединенной по схеме разомкнутого треугольника.

В серийно выпускаемых КТП-250, КТП-400, КТП-630 со стороны напряжения 10 кВ трансформатор оборудуют вводным шкафом с выключателем нагрузки ВНП-17, а со стороны 0,4 кВ — распределительным устройством, состоящим из шкафов с автоматическими выключателями.

Для питания сетей от КТП, как правило, применяют комплектные магистральные серии ШМА и распределительные серии ШРА шинопроводы на токи 250, 400 и 630 А при большом количестве электроприемников.

Монтаж комплектных распределительных устройств напряжением до 1 кВ. Щиты поставляют на объект монтажа отдельными блоками длиной до 4 м со всеми деталями для их соединения, а сборные шины, измерительные приборы, реле и аппаратуру — в отдельных упаковках. В мастерских электромонтажных заготовок комплектные РУ собирают в упакованные блоки по несколько панелей с полностью законченной ошиновкой, подсоединением цепей вторичных соединений, предварительной наладкой и маркировкой в местах разъема блоков и связей вторич-

ных цепей. После этого блоки доставляют на место монтажа.

Установку блоков и сборку панелей щитов осуществляют на заранее подготовленные фундаментные рамы или закладные металлоконструкции. После установки первого монтажного блока на раму выверяют его положение в пространстве и крепят к фундаментной раме. Затем устанавливают другие блоки, также выверяя, прикрепляя и соединяя их между собой, выполняют монтаж сборных шин в соответствии с маркировкой, монтируют и крепят приборы и аппараты. Перед установкой осматривают (без разборки) реле, приборы и аппараты и, убедившись в исправности, размещают их на панелях, соединяя концы проводов в соответствии со схемой присоединения. Одновременно выполняют работы по прокладке и разделке кабелей, монтаж концевых заделок для подсоединения их к панелям. Опорную часть каждой панели приваривают в нескольких точках к заземленной раме. Осуществляют наладку смонтированного оборудования.

При проверке и регулировке аппаратов подгоняют контактные поверхности губок предохранителей и рубильников так, чтобы при включении ножи легко, плотно и без перекосов входили в губки по всей поверхности контакта. Плотность прилегания проверяют щупом толщиной 0,05 мм и шириной 10 мм, который должен с трудом проходить между ножом и губкой. Фиксаторы положения приводов должны работать четко, не допуская самопроизвольного отключения рубильника.

Сопротивление изоляции всех вторичных цепей вместе с приборами и аппаратами измеряют мегаомметром 500—1000 В (оно должно быть не менее 0,5 МОм). Механическую прочность крепления рубильников и переключателей проверяют 30-кратными включениями и отключениями.

Монтаж комплектных распределительных устройств напряжением 6—10 кВ. Монтаж комплектных РУ состоит из следующих этапов: доставка на место установки укрупненных блоков или камер; распаковка; проверка комплектности и исправности аппаратов и приборов; установка на заранее подготовленные фундаментные рамы панелей и камер и выверка в пространстве их положения; крепление к основанию и между собой отдельных блоков и камер; установка сборных шин; подключение кабелей и приводов.

При монтаже шкафов КРУ в помещении ширина про-

хода с фасадной стороны для однорядной установки должна быть равной длине выкатной тележки плюс 0,8 м, а для двухрядной — длине выкатной тележки плюс 1 м.

После установки камер КСО и КРУ в щиты соединяют болтами корпуса блоков, начиная с крайнего, и в первую очередь затягивают нижние болты, а затем верхние. Далее проверяют по шнуру прямолинейность верхней части щита и при необходимости регулируют с помощью стальных подкладок.

Правильность установки шкафов проверяют медленным вкатыванием тележки, добиваясь совпадения подвижных и неподвижных частей разъединяющих и заземляющих контактов при четкой фиксации положения тележки роликами. Выверенные камеры КСО прикрепляют сварочным швом длиной 60—70 мм к направляющим в четырех углах, а камеры КРУ — опорными швеллерами к раме не менее чем в двух точках каждый.

На панелях камер КСО и релейных шкафах камер КРУ устанавливают измерительные приборы, реле защиты, сигнализации и управления, заземляют вторичные обмотки трансформаторов тока, а неиспользованные вторичные обмотки закорачивают перемычками непосредственно на их выводах.

Смонтированные шкафы и камеры очищают от пыли, грязи и приступают к ревизии оборудования. Проверяют уровни масла в маслonaполненных аппаратах и при необходимости доливают. Осматривают все элементы, подтягивают крепежные болтовые соединения. Измеряют мегаомметром сопротивление изоляции вторичных обмоток измерительных трансформаторов. Проверяют регулировку масляных выключателей, сигнальных контактов, работу механизма доводки вкатывания тележки, блокировку и действие разъединяющих контактов. Затем присоединяют питающие и отходящие кабели, а также кабели и провода цепей вторичных соединений.

После установки камер КСО и КРУ все металлические конструкции, на которых они смонтированы, присоединяют к сети заземления.

§ 9. Электромонтажные механизмы, инструменты и приспособления

Электромонтажные работы выполняют с помощью различных механизмов, инструментов и приспособлений, что позволяет повысить производительность труда элект-

ромонтажников и сократить сроки выполнения электро-монтажных работ.

При монтаже электроустановок применяют бороздофрезы, механизмы для обработки труб и затяжки проводов, электромонтажные прессы, различные клещи и пиротехнические механизмы и монтажные пистолеты, инвентарные приспособления.

Бороздофреза представляет собой режущий механизм, используемый для образования борозд в строительных конструкциях при необходимости прокладки в них проводов и кабелей. Ее производительность составляет от 3 до 5 м/мин в зависимости от материала (кирпич, бетон) обрабатываемой строительной и стеновой конструкции.

Для обработки труб служат трубогибы и труборезы. Ручной трубогиб используют для изгибания труб диаметром до 25 мм в МЭЗ и на монтажных объектах с небольшим объемом трубогибочных работ, а гидравлический трубогиб — для изгибания труб диаметром до 50 мм в МЭЗ с большим объемом трубозаготовительных работ.

Электромонтажные прессы (рис. 19, а — в) служат для соединения в гильзах и оконцевания наконечниками жил проводов и кабелей опрессованием. Их разделяют на ручные, гидравлические и электрогидравлические и широко применяют для соединения и оконцевания жил проводов и кабелей сечением 16—240 мм².

Для опрессования наконечников на токопроводящих жилах проводов и кабелей, а также для соединения их в гильзах используют ручные пресс-клещи ПК-3У и ПК-4.

Электромонтажные универсальные клещи КУ-1 (рис. 20, а) применяют для снятия изоляции, откусывания и выкусывания разделяющих перемычек, зачистки оголенных жил сечением 1,5—4 мм² и изготовления колец для присоединения проводов и жил кабеля диаметром 3—6 мм, клещи КСИ-1 — для снятия изоляции с круглых проводов и шнуров сечением до 2,5 мм², а также для их откусывания, КСИ-2М (рис. 20, б) — для надрезания и снятия жильной изоляции с концов жил проводов и кабелей, а клещи ТК-1 (рис. 20, в) — для снятия пластмассовой изоляции с токопроводящих жил проводов и кабелей. Действие клещей ТК-1 основано на одновременном механическом и термическом воздействии на удаляемую изоляцию. Основными частями этих клещей являются режущая головка б с ножами и

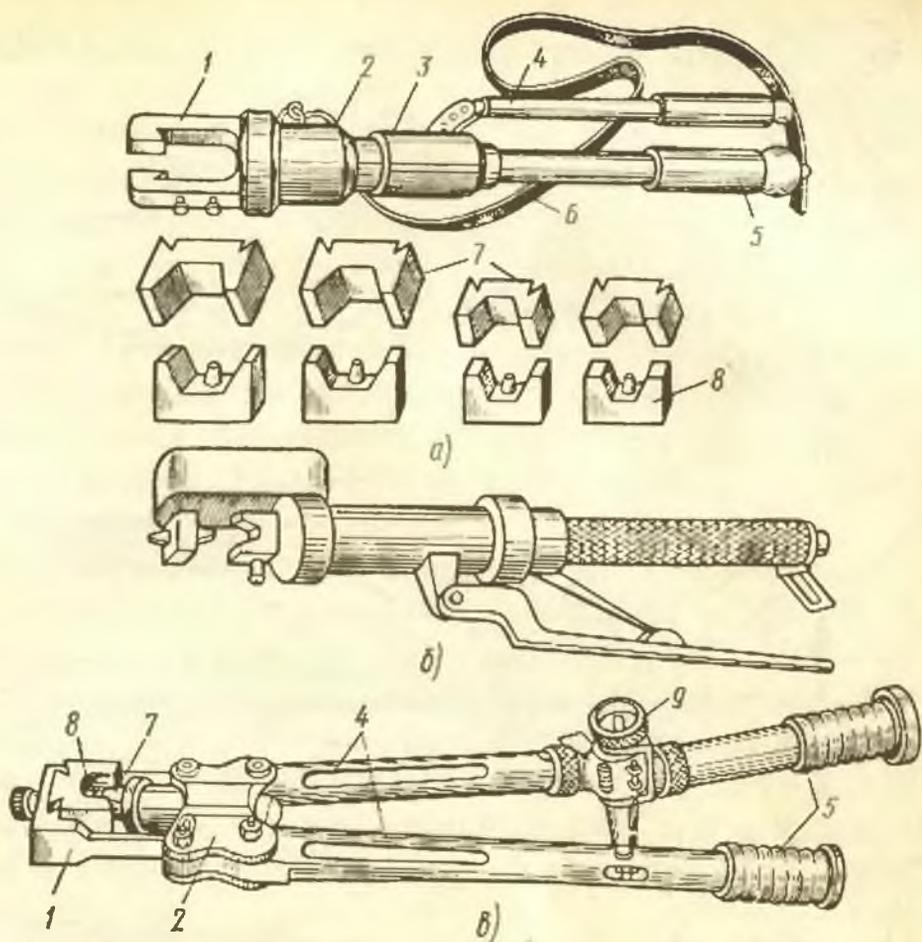


Рис. 19. Электромонтажные прессы:

а — ручной гидравлический ПГР-20, б — ручные гидравлические клещи ГКМ, в — ручной механический РМП-7М; 1 — скоба (рабочий орган), 2 — корпус, 3 — масляный насос, 4 — рычаг, 5 — рукоятки, 6 — ремень для переноски пресса, 7 — шуансоны, 8 — матрицы, 9 — барабан с тросом

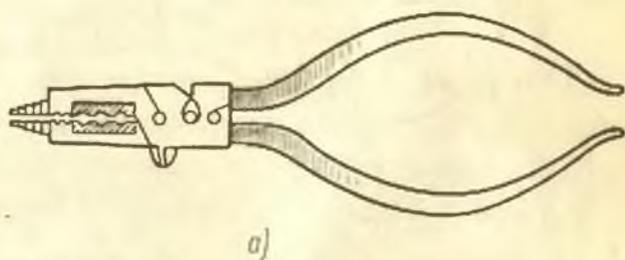
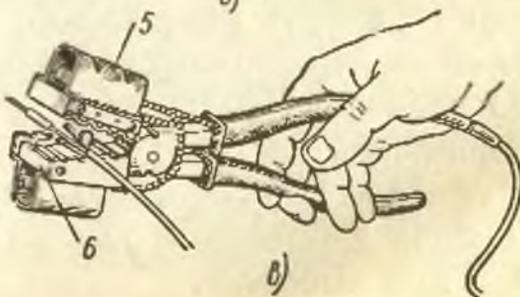
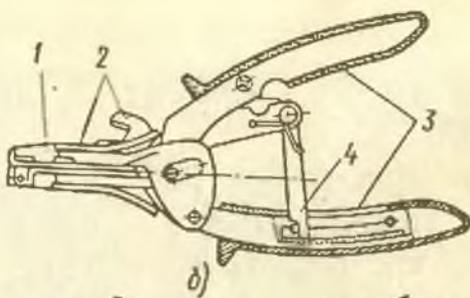


Рис. 20. Электромонтажные клещи:

а — универсальные КУ-1, б — КСИ-2М, в — термоклещи ТК-1; 1 — нож для надрезания изоляции, 2 — ножи для перекусывания провода, 3 — рукоятки, 4 — упор, 5 — нагревательный элемент, 6 — режущая головка



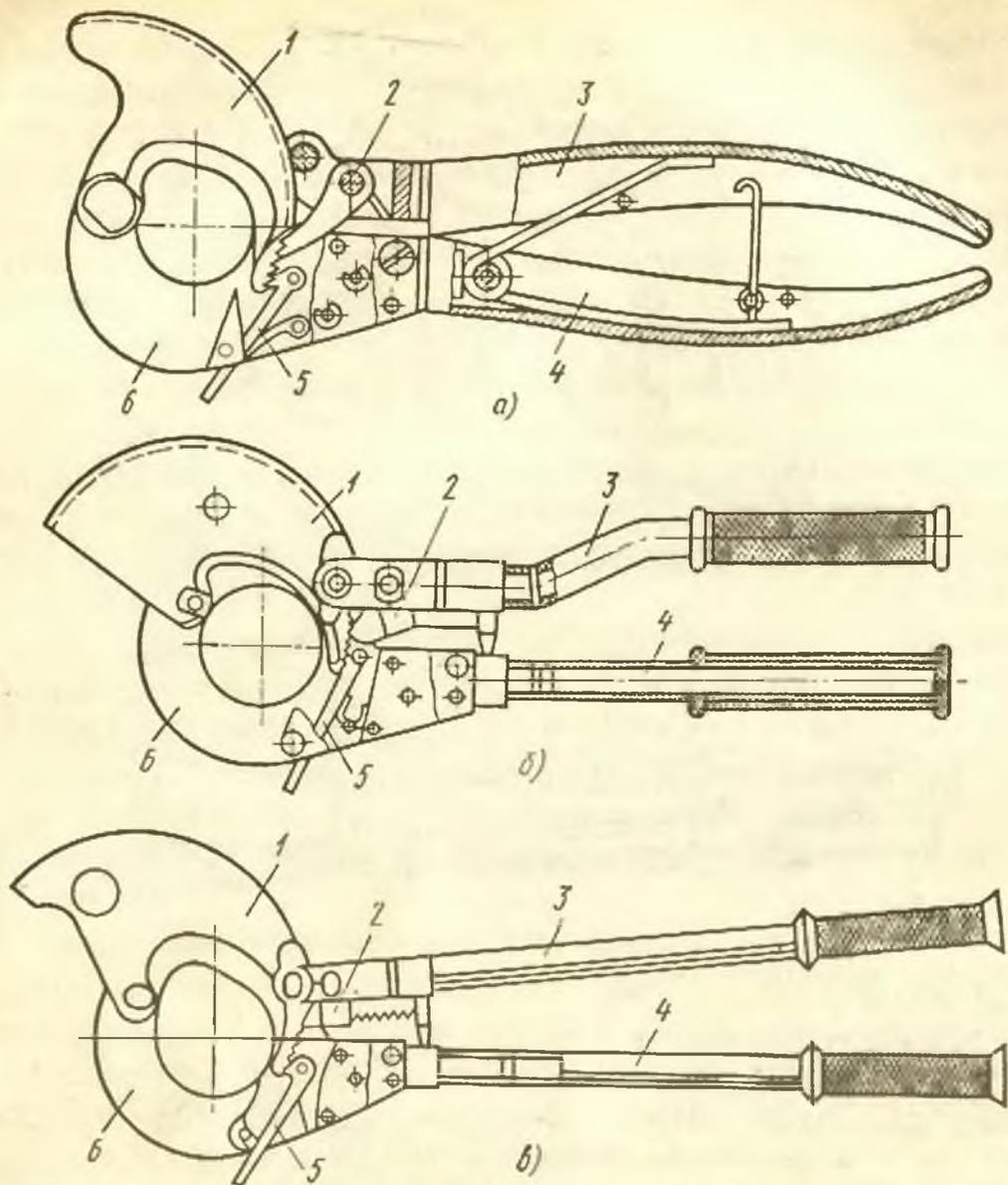


Рис. 21. Секторные ручные ножницы:

а — НС-1, б — НС-2, в — НС-3; 1, 6 — подвижный и неподвижный ножи, 2, 5 — подающая и фиксирующая собачки, 3, 4 — подвижная и неподвижная рукоятки

нагревательный элемент 5, подогревающий ножи до $180\text{--}200^\circ\text{C}$.

При пробивных работах в строительных конструкциях (перекрытиях) помещений и сооружений используют пиротехническую колонку, которую устанавливают на полу вертикально и приводят в действие нажатием на ударно-спусковой механизм.

Для забивания различных дюбелей служит монтажный поршневой пистолет ПЦ-84, принцип действия которого основан на использовании энергии пороховых газов. Дюбеля забиваются ударом поршня, разгоняемого в стволе при выстреле.

Секторные ручные ножницы применяют для перерезания кабелей и проводов. Ножницы НС-1 (рис. 21, а) предназначены для перерезания небронированных кабелей с медными и с алюминиевыми жилами сечением соответственно до 50 и 70 мм², ножницы НС-2 (рис. 21, б) — сечением соответственно 150 и 240 мм², а ножницы НС-3 (рис. 21 в) — бронированных кабелей сечением соответственно 3×150 и 3×240 мм².

При выполнении крепежных и дыропробивных работ в помещениях применяют стойку-треногу и стремянку, которые имеют устройства для установки в них электрифицированного инструмента.

Для выполнения работ на высоте до 4,5 м используют инвентарные лестницы с площадкой (500×600 мм), имеющей ограждение. Стойки лестницы сварные из алюминиевых листов. Ее грузоподъемность 100 кг. С этой же целью применяют лестницу-стремянку, которая выполнена сваркой из алюминиевого листа и состоит из двух звеньев. Ее можно использовать в качестве приставной (длина 3280 мм) или стремянки (высота 2120 мм).

§ 10. Основные меры безопасности при электромонтажных работах

Электромонтажные работы в распределительных устройствах, на подстанциях и линиях электропередачи, как правило, выполняются специализированными организациями, а при небольших объемах — ремонтно-монтажными бригадами.

Для защиты от механических травм рабочим-монтажникам выдают необходимую спецодежду, индивидуальные защитные средства, приспособления и приборы. Все рабочие должны быть проинструктированы по безопасным методам ведения работ.

При производстве такелажных работ рабочих обеспечивают необходимыми механизмами и приспособлениями, облегчающими операции по поднятию и перемещению тяжестей. При ручной погрузке предельный груз для мужчин не должен превышать 50 кг, а для женщин — не более 20 кг. Перенос грузов на носилках вдвоем разрешается в исключительных случаях при наибольшей массе груза 80 кг для мужчин и 50 кг для женщин. Запрещается переноска тяжестей на носилках по лестницам и сходням.

Подростки до 18 лет к погрузочно-разгрузочным работам, перемещениям тяжестей, а также к управлению грузоподъемными машинами не допускаются.

При прокладке кабелей основные меры безопасности сводятся к предупреждению ушибов и ранений. Если кабель прокладывают вручную, нагрузка каждого рабочего не должна превышать 35 кг для мужчин и 20 кг для женщин и подростков до 18 лет. Прокладка кабелей на высоте разрешается только с подмостей, имеющих ограждения в виде перил и бортовых досок.

При разделке кабеля в муфте или воронке применяют разогретую до 120—130° С кабельную массу. Этот процесс опасен, так как возможны ожоги людей при выплескивании разогретой массы или ее воспламенении. Кабельную массу разогревают на жаровне или электронагревателе, но не на открытом огне. Нельзя доводить массу до кипения во избежание вспышки паров мастики.

Во время работы с клеем БМК-5К следует помнить, что он токсичен (ядовит) и огнеопасен, поэтому при приклеивании им деталей и изделий электропроводов и кабелей необходимо соблюдать следующие меры по охране труда и пожарной безопасности:

работать в эластичных резиновых перчатках;

использовать защитные очки;

избегать попадания клея на незащищенные участки кожи, лица и тела;

не принимать пищу в помещении, где хранится клей;

не курить во время работы с клеем;

не работать с клеем вблизи открытого огня.

При монтаже воздушных линий работающим запрещается находиться под опорой или телескопической вышкой. Инструменты и другие материалы для работающих наверху подают с помощью веревки. Во время опускания нижнего конца опоры в котлован никто из рабочих не должен оставаться в нем во избежание увечья; не допускается оставлять котлованы открытыми на обеденный перерыв или до следующего дня.

При натяжке проводов с автовышки запрещается привязывать к корзине полиспасты, блоки, провода. Спуск и подъем инструментов и предметов работающему в корзине автовышки разрешается только с помощью веревки. Запрещается подбрасывать инструмент, предметы в корзину автовышки с земли. В корзине автовышки допускается подъем не более двух человек с

инструментом и материалами массой до 10 кг. При работе монтеров на поднятой автовышке монтер-шофер должен непрерывно наблюдать за работающими.

Во время ремонта линии при установке и замене пасынков одностоечная опора или «нога» П-образной опоры, на которую ставится пасынок, должна поддерживаться ухватами или закрепляться растяжками, либо используют иные способы, исключающие возможность падения или смещения опоры. Пасынки следует устанавливать поочередно: сначала на одной «ноге» опоры с полным окончанием работ, включая замену, закрепление бандажей и утрамбовку земли вокруг пасынка, затем на другой «ноге» опоры. При вытаскивании заменяемого пасынка из котлована, а также при опускании нового запрещается кому-либо находиться в котловане.

Работу по подъему и валке опор воздушных линий выполняют с помощью подъемных или тяговых механизмов и приспособлений. Чтобы опора не отклонилась в сторону, обеспечивают соответствующую регулировку положения ее оттяжками. Работы по установке и демонтажу опор воздушных линий являются особенно опасными, так как можно получить механические травмы. Поэтому производитель работ вначале инструктирует рабочих, знакомит еще раз с условными сигналами и командами при подъеме и валке опор. Перед подъемом, опусканием или валкой опоры производитель работ проверяет надежность закрепления якорей для крепления лебедок, расчалок и тормозных устройств и следит, чтобы люди не находились под поднимаемым или опускаемым грузом (опоры, пасынки, траверсы), натягиваемыми проводами, тросами и расчалками.

Если опора поднята и поставлена в котлован, разрешается снимать поддерживающие приспособления только после надежного закрепления опоры в грунте. Перед валкой старой опоры тяговые тросы и расчалки закрепляют на опоре до освобождения ее основания. Если гнивание опоры превышает допустимые нормы, оттяжки и тросы на ней крепят с телескопической автовышки.

Перед подъемом рабочего на опору производитель работ убеждается в прочности ее основания. Подъем на деревянную или железобетонную опору разрешается только с помощью телескопических вышек, лазов, когтей и других приспособлений и механизмов, используемых специально для подъема людей. При работе на

опоре монтер должен закрепиться предохранительным поясом.

При смене подгнивших опор развязывают провода, начиная с верхнего. Эти работы выполняют с телескопической вышки или с опоры, предварительно усиленной вспомогательной стойкой или оттяжками. Если загнивание опоры выше нормы, категорически запрещается подъем на нее без дополнительных мер по ее укреплению.

При ремонтных работах на воздушных линиях запрещается оставаться людям в котловане при подъеме и опускании опоры; пользоваться лопатами, колыями, досками и другими предметами вместо багров и ухватов при установке опор; влезать на опору, не закрепленную в грунте; оставлять опору в незасыпанном и неутрамбованном котловане.

Раскатанный, предварительно заземленный провод или трос перед подвеской тщательно осматривают. Обнаруженные дефекты, которые могут служить причиной разрыва, устраняют до начала подъема проводов или троса на опору. Для защиты рук от ранения при раскате проводов пользуются брезентовыми рукавицами.

Провода под линией электропередачи можно натягивать только после отключения напряжения и заземления ее на месте работ и с разрешения организации, эксплуатирующей эту линию. Если это сделать невозможно, натягиваемый провод заземляют с обеих сторон у места соприкосновения с ним людей и прихватывают с двух сторон веревками, которые не позволяют концу провода в случае его обрыва нахлестнуться на линию электропередачи.

При работе в месте пересечения с проводами наружного освещения, трамвайными, телефонными и другими необходимо избегать соприкосновения монтируемых проводов строящейся линии с существующими линиями. Для обеспечения безопасного производства работ отключают пересекаемую линию или устанавливают временные опоры и ограждения.

Контрольные вопросы

1. Какие документы необходимы для производства электромонтажных работ?
2. Какие применяют электроизоляционные материалы?
3. Какие виды электропроводок вы знаете и как их выполняют?

4. Какими способами соединяют токопроводящие жилы проводов?
5. Какие механизмы применяют при монтаже электропроводок?
6. Из каких защитных и изолирующих элементов состоит силовой кабель?
7. Для чего служат контрольные кабели?
8. Каково назначение электроизоляционных материалов?
9. Для чего и как применяют дюбеля?
10. Какие необходимо соблюдать правила при работе с клеем БМК-5К?

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

У АППАРАТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

§ 11. Общие сведения

Устройства, служащие для управления электрическими сетями и машинами, называют электрическими аппаратами.

Электрические аппараты выпускаются в открытом и защищенном исполнении для работы на постоянном и переменном токе. По напряжению различают аппараты до 1000 В и выше 1000 В, по назначению — включающие (для включения и отключения электрических цепей), пускорегулирующие (для пуска и регулирования частоты вращения, тока и напряжения электрических машин), защитные (отключающие электрические цепи и машины при возникновении токов перегрузки, коротких замыканиях, изменении напряжения) и контролирующие (для наблюдения за параметрами электрической цепи; при их нарушении подается импульс на сигнальные приборы или отключающие аппараты).

Кроме того, электрические аппараты разделяют на однополюсные и трехполюсные, с гашением электрической дуги в масле, деионной решетке или газовой среде, а по способу действия на электромагнитные, индукционные и тепловые.

В электрических сетях используют как контактные аппараты, которые замыканием или размыканием подвижных контактных систем воздействуют на управляемую электрическую цепь, так и бесконтактные, с чьей помощью управление присоединенными к ним электри-

ческими цепями осуществляется за счет изменения электрических параметров этих аппаратов (индуктивности, емкости, сопротивления и т. д.).

Качество контактных соединений аппаратов, реле и приборов является важным фактором, поскольку от него в значительной степени зависит надежность электрической установки в целом.

При прохождении электрического тока в месте соприкосновения двух проводников возникает переходное сопротивление, которое зависит от физических свойств их состояния, силы сжатия в месте контакта, площади соприкосновения, температуры нагрева и др.

Поверхности проводников даже после тщательной обработки не бывают идеально гладкими и в начальный момент соприкасаются микровыступами. Однако при увеличении давления происходит пластическая деформация микровыступов и площадь контакта поверхностей увеличивается.

Практически идеально чистых контактных поверхностей также не бывает. На поверхности всех металлов под действием кислорода образуются оксидные пленки. Так, медь покрывается видимой пленкой, плохо проводящей электрический ток, а на поверхности олова появляется тонкая легко разрушаемая при механических воздействиях оксидная пленка. Поэтому медные контакты часто предварительно покрывают слоем олова (лужение).

Особенно сложно получить соединение хорошего качества при использовании проводников из алюминия. Очищенная поверхность из алюминия уже через несколько секунд пребывания на воздухе покрывается тонкой, твердой и тугоплавкой оксидной пленкой, обладающей высоким электрическим сопротивлением. Температура плавления пленки составляет 2000°C , а алюминия 660°C .

Между тем плохо обработанные или имеющие оксидные пленки контакты обладают большим переходным сопротивлением, по которому судят о качестве контактов в электроаппаратах. Поэтому при монтаже и эксплуатационных работах особое внимание обращают на качество обработки соприкасающихся поверхностей. Медные контакты обрабатывают напильником для создания шероховатости, при которой увеличивается поверхность контакта. Алюминиевые проводники в месте контакта зачищают наждачной шкуркой или металли-

ческой щеткой под тонким слоем кварцевазелиновой или цинковазелиновой пасты.

Контакты многих электрических аппаратов покрыты металлокерамикой, благодаря чему они обладают очень хорошими эксплуатационными качествами — высокой термической устойчивостью и большой механической прочностью. Такие контакты промывают ацетоном и не обрабатывают напильником. Детали электрических аппаратов и сами аппараты должны отвечать следующим требованиям:

контакты — включать и отключать токи рабочих режимов, а при необходимости и токи аварийных режимов;

контактные части и механизмы — без нарушения регулировки отработать гарантированное заводом-изготовителем количество циклов включений и отключений;

токопроводящие части — выдерживать нагрев до определенной температуры, вызванный длительным протеканием через них номинального тока или кратковременным действием токов перегрузки и сквозного тока короткого замыкания;

изоляция — обеспечивать надежную и безопасную работу аппарата как при заданных значениях напряжения, так и кратковременных допустимых перенапряжениях.

Перечисленные требования обусловлены назначением электрических аппаратов и воздействием окружающей среды.

Включение и отключение электрических цепей осуществляются неавтоматическими и автоматическими аппаратами. К неавтоматическим аппаратам управления относят рубильники, ящики с рубильниками, переключатели, пакетные выключатели, барабанные выключатели и контроллеры. Для защиты сетей от токов короткого замыкания и перегрузок используют автоматические аппараты (например, магнитные пускатели, автоматические выключатели, контакторы).

§ 12. Неавтоматические аппараты

Для ручного включения и отключения электрических цепей при номинальных токах и напряжениях служат *рубильники* (рис. 22, а). При оперативных действиях без нагрузки их используют в качестве разъединителей.

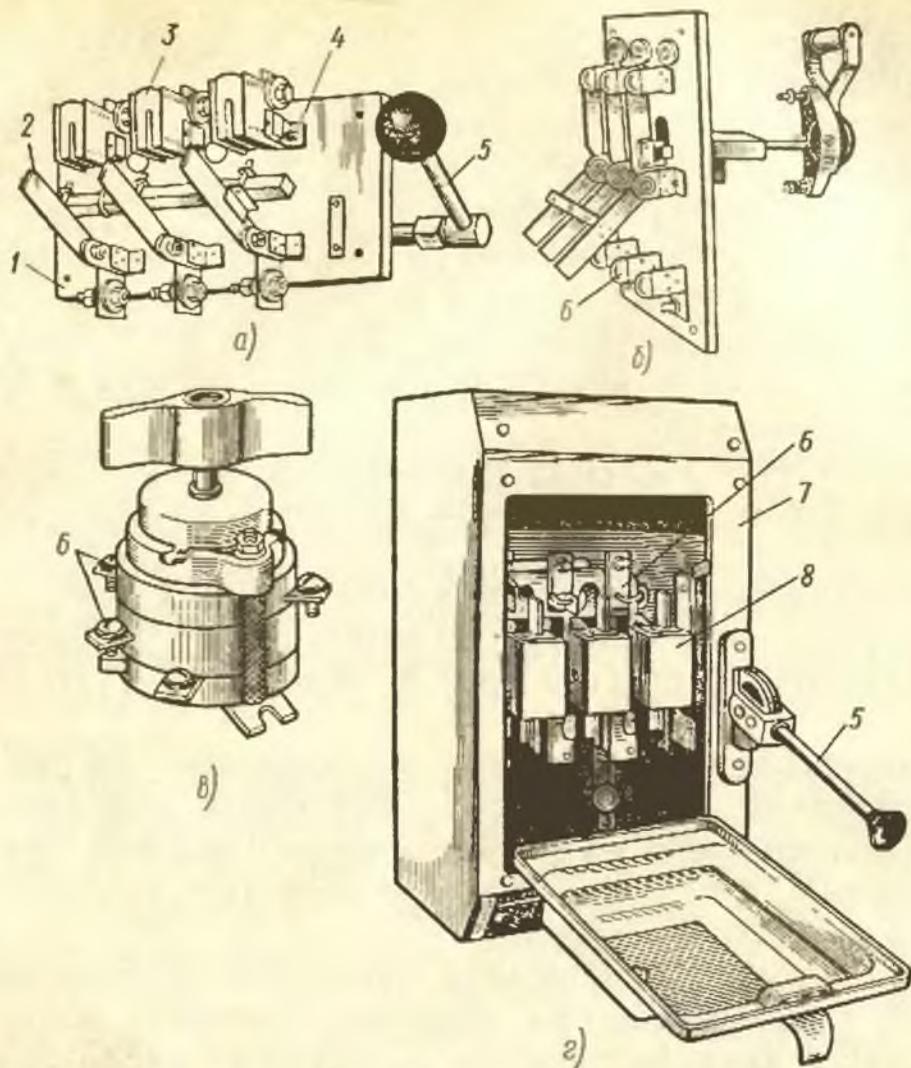


Рис. 22. Аппараты ручного управления электрическими цепями:

а — трехполюсный рубильник, *б* — переключатель, *в* — пакетный выключатель, *г* — пусковой ящик; *1* — изолирующая плита, *2* — контактный нож, *3* — дугогасительная камера, *4* — контактная стойка, *5* — рукоятка, *6* — контакты, *7* — корпус ящика, *8* — предохранитель

Рубильники выпускают с центральной или боковой рукояткой. Электрическую предварительно обесточенную цепь разъединяют рубильниками с центральной рукояткой.

Обозначение рубильника состоит из букв и цифр, которые означают: Р — рубильник, П — переключатель с боковой рукояткой управления, Ц — с центральным рычажным приводом; первая цифра — количество полюсов, вторая — номинальный ток. Например, Р-12 — рубильник однополюсный, номинальный ток 200 А.

Переключатель (рис. 22, б) применяют в основном для коммутации электрических цепей на напряжения 220 и 380 В. *Пакетный выключатель* (рис. 22, в) служит

для замыкания и размыкания электрических цепей напряжением до 380 В и состоит из набора пластмассовых однополюсных колец, внутри которых расположены отдельные для каждого полюса контактные и искрогасительные устройства.

Силовые ящики БПВ (блок предохранитель — выключатель, рис. 21, г) применяют в качестве включающих, отключающих и защитных аппаратов в установках трехфазного переменного тока, не требующих частого включения. Включение и отключение цепи осуществляются рычажным приводом с помощью патронов предохранителей ПН-2. Силовые ящики имеют механическую блокировку, исключающую открытие дверцы при включенном положении предохранителей. Ящики БПВ выпускают на номинальные токи 100, 250, 400 и 600 А.

§ 13. Автоматические аппараты

Для автоматического включения и отключения электрических цепей, а также управления ими существует несколько видов аппаратов. Рассмотрим некоторые из них.

Трехполюсный контактор КТ переменного тока служит для дистанционного и автоматического управления электрическими цепями. В контакторе имеется три пары главных подвижных 4 и неподвижных 5 контактов (рис. 23, а, в), разрывающих электрическую цепь двигателя, а также вспомогательные контакты 3 и 11. Главные контакты трехполюсного контактора закрыты дугогасительной камерой 6, состоящей из двух соединенных вместе асбестоцементных щек, внутри которых помещена решетка из стальных, покрытых медью пластин 14. Пластины расположены перпендикулярно стволу электрической дуги, которая при появлении разбивается в решетке на несколько коротких дуг. Эти дуги в свою очередь охлаждаются при соприкосновении с поверхностью пластин и быстро гаснут.

Электромагнит (рис. 23, б) состоит из ярма 13 с сердечником 7, якоря 8, укрепленного на плите 10, катушки 9, короткозамкнутого витка 12 и крепежных деталей и служит для включения и отключения главных контактов.

Контактор работает таким образом. При подаче напряжения в цепь катушки 9 сердечник 7 притягивает якорь 8, который, поворачиваясь вместе с валом 2,

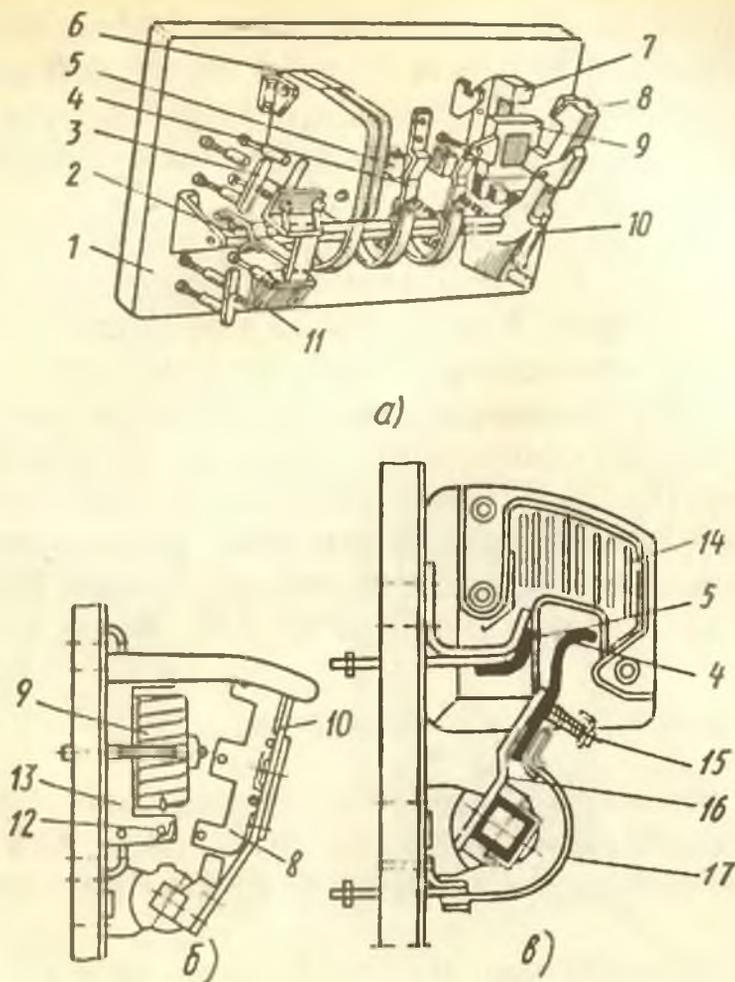


Рис. 23. Трехполюсный контактор;

а — общий вид (оставлена одна дугогасительная камера), *б* — электромагнит, *в* — контакты и дугогасительная камера; 1 — изолирующая плита (панель), 2 — вал подвижных контактов и якоря, 3, 11 — замыкающиеся и размыкающиеся вспомогательные контакты, 4, 5 — подвижный и неподвижный главные контакты, 6 — дугогасительная камера, 7, 9 — сердечник и катушка электромагнита, 8 — якорь, 10 — плита крепления (держатель) якоря, 12 — короткозамкнутый виток, 13 — ярмо сердечника, 14 — пластины дугогасительной камеры, 15 — контактная пружина, 16 — держатель подвижного контакта, 17 — гибкая связь

прижимает находящиеся на одном валу с ним подвижные контакты к неподвижным и прочно удерживает их в этом положении. Для устранения вибрации и произвольного отключения контактора при переходе через нулевое значение тока, питающего катушку, служит короткозамкнутый медный виток 12, вмонтированный в желобок на торце якоря. В этом витке создается ток, сдвинутый по фазе относительно тока в катушке, который создает магнитный поток через якорь. Благодаря этому якорь в момент прохождения тока через нулевое значение не отпадает.

При отключении напряжения в цепи катушки ее сердечник размагничивается и перестает удерживать

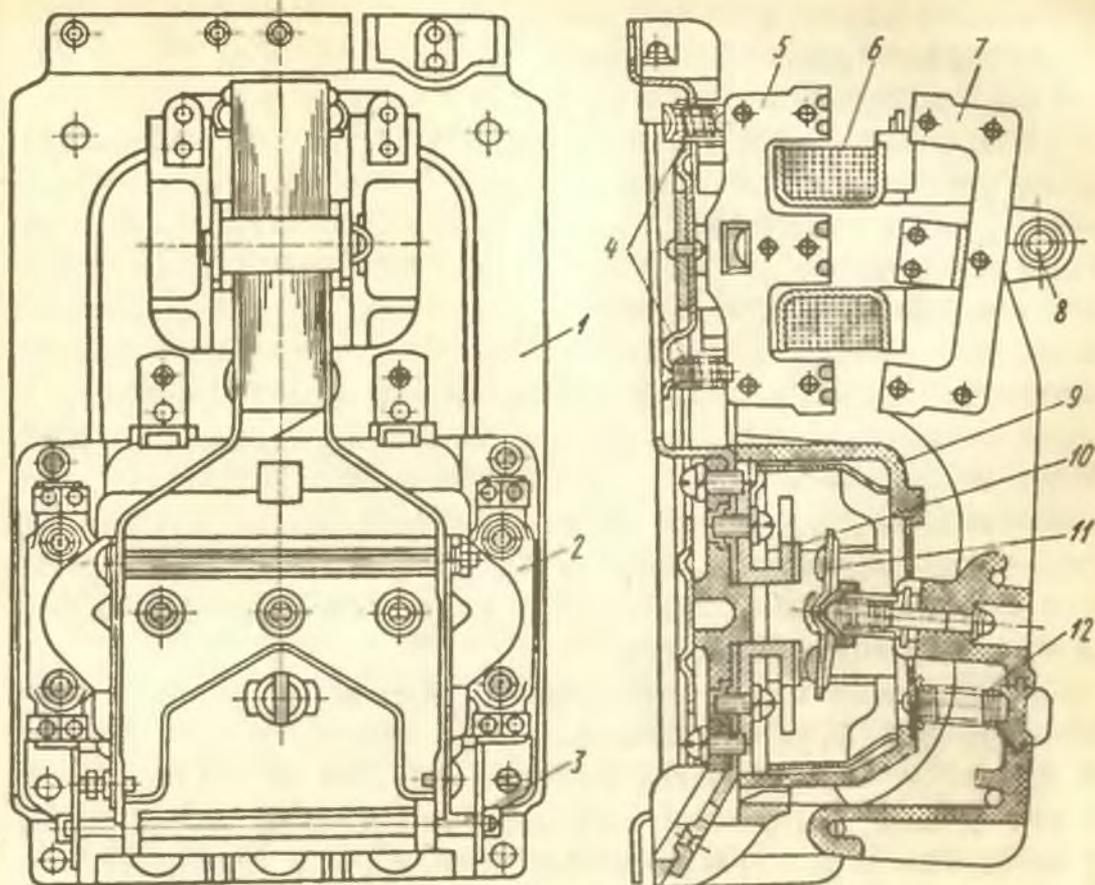


Рис. 24. Контактёр магнитного пускателя:

1 — основание, 2 — вспомогательные контакты, 3, 12 — ось и пружина возврата якоря, 4 — амортизирующие пружины, 5 — сердечник, 6 — катушка, 7 — якорь, 8 — упор, 9 — изоляционная камера, 10, 11 — неподвижный и подвижный контакты

якорь, вследствие чего подвижные контакты под действием собственной массы и массы якоря отпадают, разрывая цепь питания.

Каждый контактор имеет технический паспорт, в котором приведена схема и даны отдельные указания по его монтажу, наладке и эксплуатации.

✓ *Магнитный пускатель* — электрический аппарат, в котором контактор дополнен тепловыми реле. В магнитных пускателях применяют контакторы ПА (рис. 24), состоящие из основания 1, на котором укреплены сердечник 5 с катушкой 6, изоляционная камера 9 с неподвижными контактами 10, упор 8, подвижная система с якорем 7 и подвижными контактами 11. Сердечник опирается на амортизирующие пружины 4, смягчающие удары якоря по сердечнику в момент включения контактора. С помощью пружины 12 якорь возвращается в отключенное положение. Движение якоря, вращающегося на оси 3, ограничивается упором. При притяжении якоря к сердечнику подвижные контакты прижимаются

к неподвижным и замыкают вспомогательные контакты 2, которые шунтируют кнопку «Пуск», чтобы после запуска электродвигателя ее можно было отпустить.

Тепловое реле магнитного пускателя защищает электрические сети от перегрузок. Биметаллические элементы реле нагреваются при прохождении через них тока перегрузки и сильно изгибаются из-за неодинакового коэффициента линейного расширения составляющих его пластин. В результате этого пластины нажимают на защелку пускового механизма, что приводит к размыканию контактов реле в цепи катушки пускателя. Катушка обесточивается и подвижные контакты под действием собственной массы и пружины 12 отпадают, отключая контактор. После остывания теплового реле его контакты возвращаются в исходное положение нажатием кнопки возврата.

Магнитные пускатели серии ПАЕ, выпускаемые взамен серии ПА, предназначены для работы в сетях переменного тока при напряжении до 500 В. Они могут быть реверсивными и нереверсивными, с тепловыми реле и без них. При наличии встроенных тепловых токовых реле эти пускатели защищают управляемый электродвигатель от перегрузок недопустимой продолжительности. Пускатели ПАЕ третьей величины (ПАЕ300) рассчитаны на управление электродвигателями с короткозамкнутым ротором мощностью до 75 кВт. Номинальный ток пускателей 40 А, максимальный отключаемый ток 280 А.

Автоматические выключатели (автоматы), применяемые в электрических сетях, относят к защитным аппаратам многократного действия, которые могут быть: с независимым расцепителем для дистанционного управления (автоматические выключатели А-3100); с расцепителем минимального напряжения (А-3120); с электродвигательным приводом для включения (АВМ); селективные с часовым механизмом (АВ); с температурной компенсацией (АЕ, А-3700).

Различают расцепители тепловые, электромагнитные и комбинированные.

В тепловых расцепителях используют биметаллические пластинки. При перегрузке в защищаемой сети один конец биметаллической пластинки изгибается, в результате чего срабатывает механизм расцепителя, отключающий автомат. Электромагнитный расцепитель имеет в каждой фазе электромагнитное реле макси-

мального тока. Если ток в защищаемой цепи превышает определенное значение, равное току уставки автомата, сердечник реле втягивается и через расцепитель отключает автомат. Комбинированный расцепитель состоит из теплового и электромагнитного расцепителей.

В тепловых расцепителях, как и предохранителях, защитная характеристика обратно пропорциональна току. Продолжительность срабатывания электромагнитных расцепителей мала и практически не зависит от тока (если ток в цепи больше тока уставки расцепителя).

Автоматические выключатели бывают нерегулируемые и регулируемые и характеризуются номинальным напряжением и током, а их тепловые расцепители — номинальным током и током уставки.

К нерегулируемым относят автоматические выключатели А-3100, АЕ-1000, АЕ-2000, АК-63, а к регулируемым — АП-50, А-3700, АВ, АВМ, имеющие регулировочные устройства, с помощью которых изменяется ток уставки.

При длительных токах перегрузки, незначительно превышающих номинальные токи расцепителей, время отключения всех автоматических выключателей возрастает. В таких случаях целесообразна установка дополнительной, более чувствительной защиты от перегрузки.

Автоматы А-3100 изготавливают одно-, двух- и трехполюсные с электромагнитными, тепловыми и комбинированными расцепителями, а некоторые из них — с дистанционными расцепителями и вспомогательными контактами. Их выпускают на токи 50—600 А.

Автоматические выключатели АЕ-1000 — однополюсные, рассчитаны на номинальный ток 25 А, с тепловым, комбинированным и электромагнитным расцепителями на номинальный ток 6, 10, 16 и 25 А. Их применяют в однофазных электрических сетях при номинальном напряжении 220 В.

Автоматические выключатели АЕ-2000 выпускают на номинальный ток 10, 25, 63 и 100 А, с электромагнитными расцепителями или без них. Расцепители изготавливают на номинальный ток 1,6; 2,5; 4; 6,4; 10; 16; 25; 40; 50 А.

Автоматические выключатели АК-63 изготавливают двух- и трехполюсные на номинальный ток 63 А, с электромагнитными либо электромагнитными с гидравлическим замедлителем отключения, расцепителями или

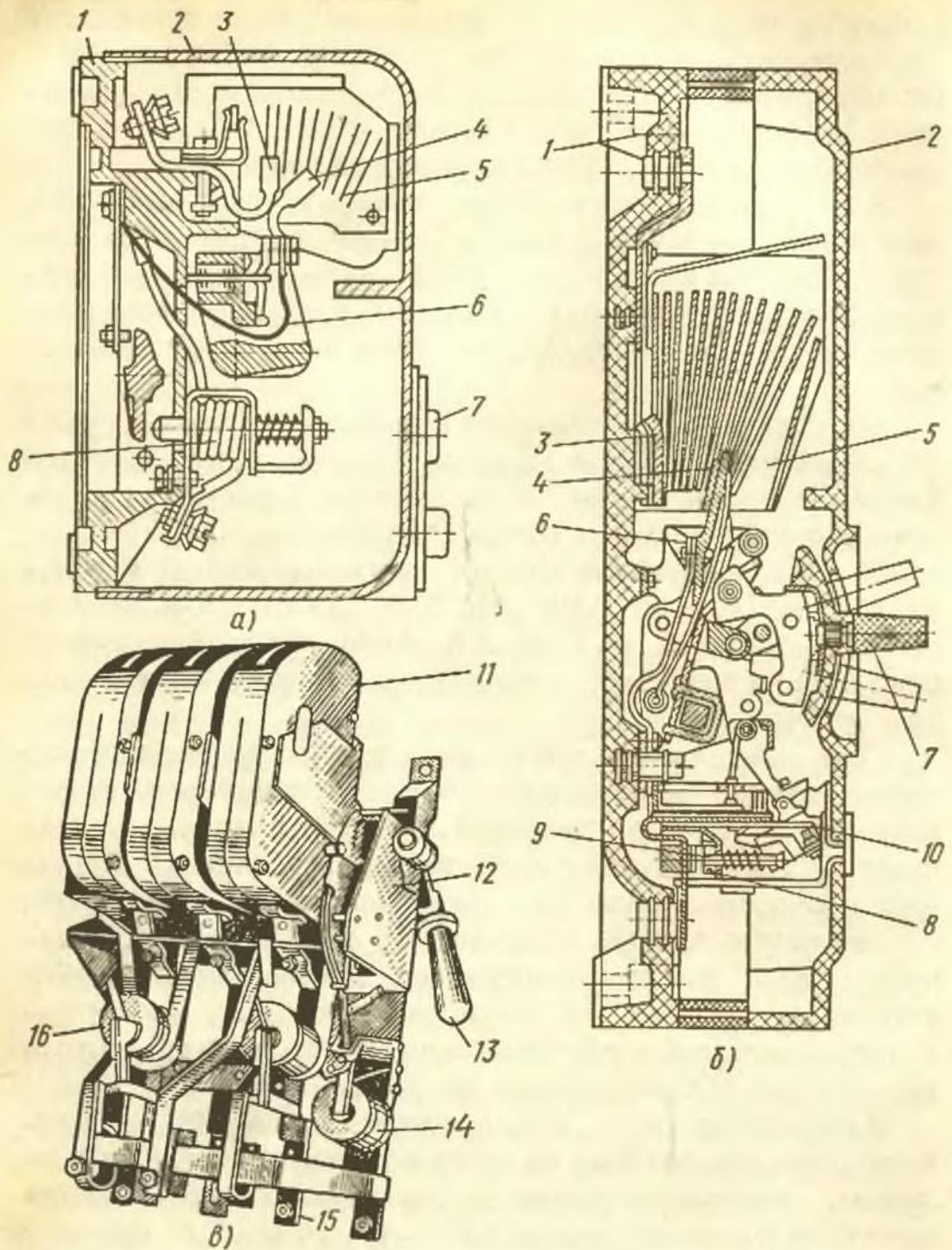
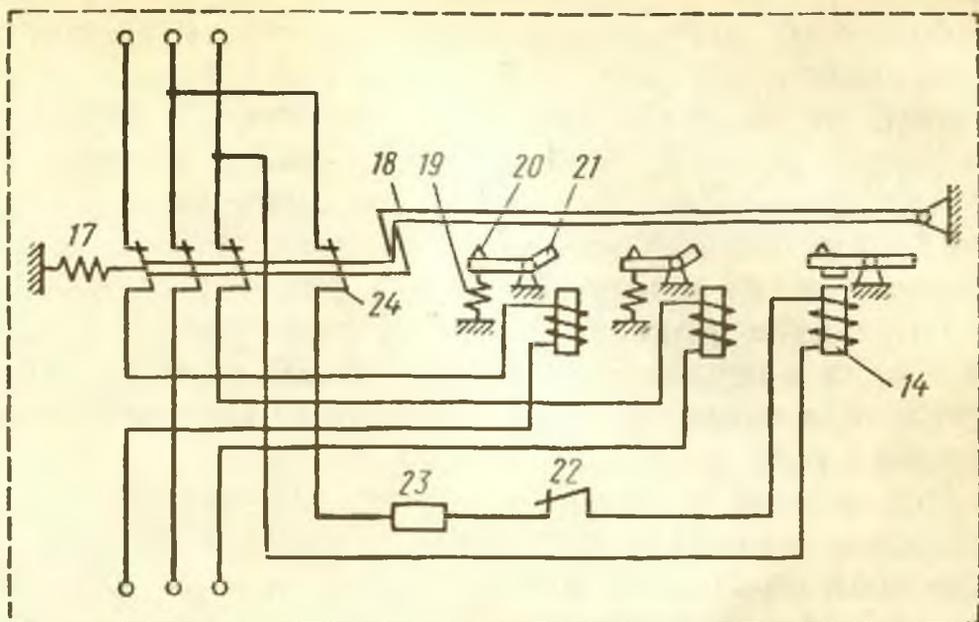


Рис. 25. Трехполюсные автоматы АП-50(а), А-3100(б), А-2000(в) и схема последнего (г):

1 — основание, 2 — крышка, 3, 4 — неподвижный и подвижный контакты, 5 — пластины дугогасительной камеры, 6 — гибкая связь, 7 — кнопка (рукоятка), 8, 9 — электромагнитный и тепловой расцепители, 10 — пружина электромагнитного расцепителя, 11 — дугогасительная камера, 12 — механизм свободного расцепления, 13 — рукоятка управления, 14 — катушка реле минимального напряжения, 15 — зажимы, 16 — катушка реле максимального тока, 17 — отключающая пружина, 18 — защелка, 19, 21 — пружина и якорь реле, 20 — ударник, 22 — кнопка дистанционного отключения, 23 — резистор, 24 — вспомогательные контакты



г)

Рис. 25. Продолжение

без них. Такие выключатели обладают коммутационной способностью до 500 А при напряжении $380\sqrt{2}$ переменного тока.

Автоматические выключатели АП-50 (рис. 25, а) имеют два корпуса — пластмассовый и пыленепроницаемый металлический. Их изготовляют двух- и трехполюсными, с тепловыми, электромагнитными и комбинированными расцепителями на ток 1,6—50 А, расцепителями номинального напряжения и по току в нулевом проводе. Электромагнитные расцепители имеют устройство со шкалой для регулирования тока мгновенного срабатывания выключателя. Уставку тепловых расцепителей можно регулировать в пределах 0,6—1 номинального тока с помощью рычага по специальной шкале. Продолжительность мгновенного срабатывания автомата АП-50 составляет 0,017—0,02 с.

Расцепители автоматов настраиваются заводом-изготовителем на определенный ток. Не разрешается снимать крышку расцепителей, нарушать их регулировку или использовать автоматы на другой рабочий ток, так как в этих случаях они не обеспечат должной защиты.

Наиболее часто применяемые автоматы А-3100 (рис. 25, б) имеют пластмассовую крышку 2, которая закрывает токопроводящие части. Их контактная система состоит из подвижных 4 и неподвижных 3 контактов с напайками из металлокерамики. Подвижные контакты гибкими связями 6 соединены с шинами электромагнитного 8 и теплового 9 расцепителей.

Механизм управления обеспечивает замыкание и размыкание контактов с постоянной скоростью, не зависящей от скорости движения рукоятки 7 автомата. При перегрузках и коротких замыканиях отключение автомата происходит независимо от положения рукоятки 13. Чем больше нагрузка, тем быстрее отключает автомат. Так, на перегрузку до 10% автомат не реагирует, а при перегрузке 30—40% он срабатывает в течение 1 ч, при перегрузке 200% — от 20 до 100 с. Повторные включения автомата возможны после остывания теплового реле (через 3—4 мин).

Для защиты от токов короткого замыкания служит электромагнитный расцепитель, состоящий из якоря с возвратной пружиной и сердечника, внутри которого расположена шина рабочего тока. Ток короткого замыкания создает в сердечнике сильное магнитное поле, под действием которого якорь перемещается и поворачивает отключающую рейку, при этом автомат отключается мгновенно.

Автоматы А-2000 (рис. 25, в) имеют два электромагнитных расцепителя максимального тока и расцепитель минимального напряжения. После срабатывания расцепителя автомат отключается через определенный промежуток времени. Это необходимо для того, чтобы автомат не отключался при токах кратковременных перегрузок.

В положении «Включено» автомат удерживается защелкой 18 (рис. 25, г). При перегрузках или коротких замыканиях катушка токового реле электромагнитных расцепителей максимального тока преодолевает противодействие пружины 19 реле и притягивает якорь 21. Ударник 20 выбивает защелку 18, пружина 17 замыкает контакты автомата, и аппарат отключается. При уменьшении напряжения на катушке 14 реле ниже допустимого якорь под действием пружины отойдет от сердечника катушки и ударником освободит защелку 18, автомат отключится. Цепь катушки 14 замыкается через вспомогательный контакт 24 на валу выключателя, резистор 23 и кнопку 22 дистанционного отключения.

Автомат может включаться вручную рукояткой или рычажным приводом либо дистанционно с помощью электромагнитного или электродвигательного привода.

Автоматические выключатели «Электрон» используют в цепях постоянного и переменного тока для

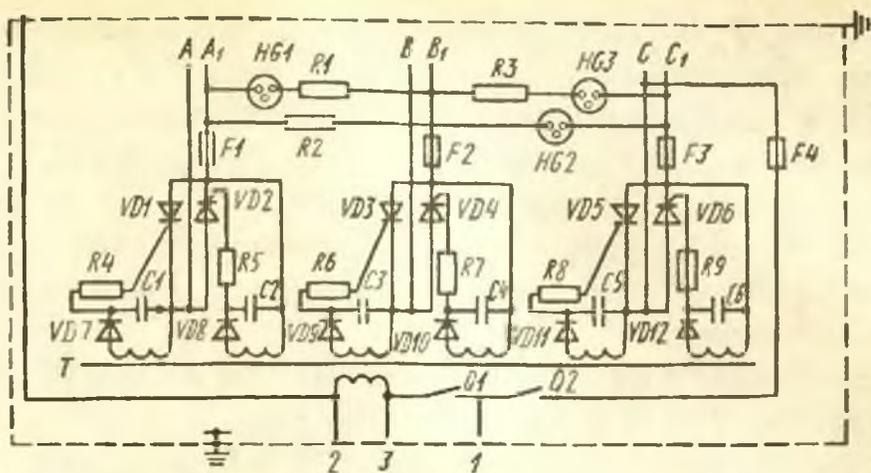


Рис. 26. Схема трехфазного тиристорного пускателя:

1—3 — фазы, подходящие к аппарату

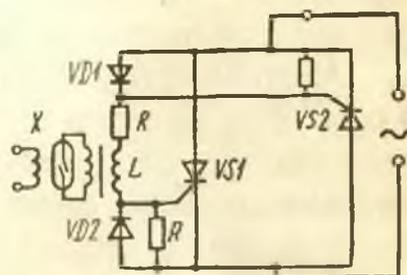


Рис. 27. Схема тиристорного контактора переменного тока

защиты при перегрузках и коротких замыканиях, а также для редких (до 5 раз в сутки) отключений и включений электрических цепей. Их выпускают с ручным и электродвигательным приводами на 600 (Э06), 1600 (Э16), 2500 (Э25) и 4000 А (Э40).

В процессе эксплуатации за контакторами и автоматическими выключателями необходим надзор, их ремонт выполняют в соответствии с заранее составленным планом.

Тиристорный пускатель — полупроводниковый аппарат, предназначенный для двухпозиционной ручной или автоматической бесконтактной коммутации силовой трехфазной сети с активной или активно-индуктивной нагрузкой.

На рис. 26 показана схема тиристорного пускателя СБ-160, где в качестве силовых элементов служат кремниевые управляемые диоды — тиристоры $VD1—VD6$, включаемые встречно-параллельно.

Каждая пара тиристоров по фазе защищена от перегрузок и коротких замыканий предохранителями $F1—F3$. Управляет тиристором соответствующий однополупериодный выпрямитель (диод) $VD7—VD12$ со сглаживающей емкостью конденсаторов $C1—C6$ через резисторы $R4—R9$. Каждый диод группы $VD7—VD12$ питается от одной из шести вторичных обмоток транс-

форматора T , первичная обмотка которого включена на фазное напряжение через выключатели (тумблеры) $Q1, Q2$ и предохранитель $F4$. Для сигнализации о работе блока служат неоновые лампы $HG1—HG3$.

При включенной нагрузке (тиристоры не проводят ток) лампы не горят, а при ее выключении загораются. Блок СБ-160 допускает неограниченное число включений и отключений.

Тиристорные пускатели изготовляют на номинальное напряжение 380 В и токи до 100 А.

Тиристорный контактор (рис. 27) переменного тока выполнен по схеме усилителя. Тиристоры усилителя управляются через дроссель насыщения L герконами X (магнитоуправляемые контакты). При замыкании контактов геркона X контактор срабатывает. В положительный полупериод ток управления идет через полупроводниковый диод $VD1$, резистор R , дроссель L и управляемый тиристор $VS1$, в отрицательный полупериод — через диод $VD2$, дроссель L , резистор R и тиристор $VS2$. В каждый полупериод тиристоры включаются с задержкой примерно $1/120$ периода. Контакторы, используемые в такой схеме, выпускают на напряжение 127—380 В и токи 2,2—55 А.

§ 14. Предохранители напряжением до 1000 В

В распределительных устройствах и различных аппаратах предохранители служат для защиты электрических цепей и отдельных частей электроустановок от недопустимых перегрузок и токов короткого замыкания и состоят из контактов, патрона и расположенного в нем токопроводящего элемента — плавкой вставки. При прохождении через нее токов короткого замыкания или перегрузки она перегорает (плавится), благодаря чему электрическая цепь разрывается.

Предохранители и их плавкие вставки характеризуются номинальными токами. Номинальным током плавкой вставки $I_{ном}$ называется ток, на который она рассчитана для длительной работы. В патроне предохранителя могут быть установлены плавкие вставки на разные номинальные токи. Однако номинальный ток предохранителя определяют по наибольшему номинальному току плавкой вставки, которую допускается применять в данной конструкции предохранителя.

Предохранители характеризуются и предельным

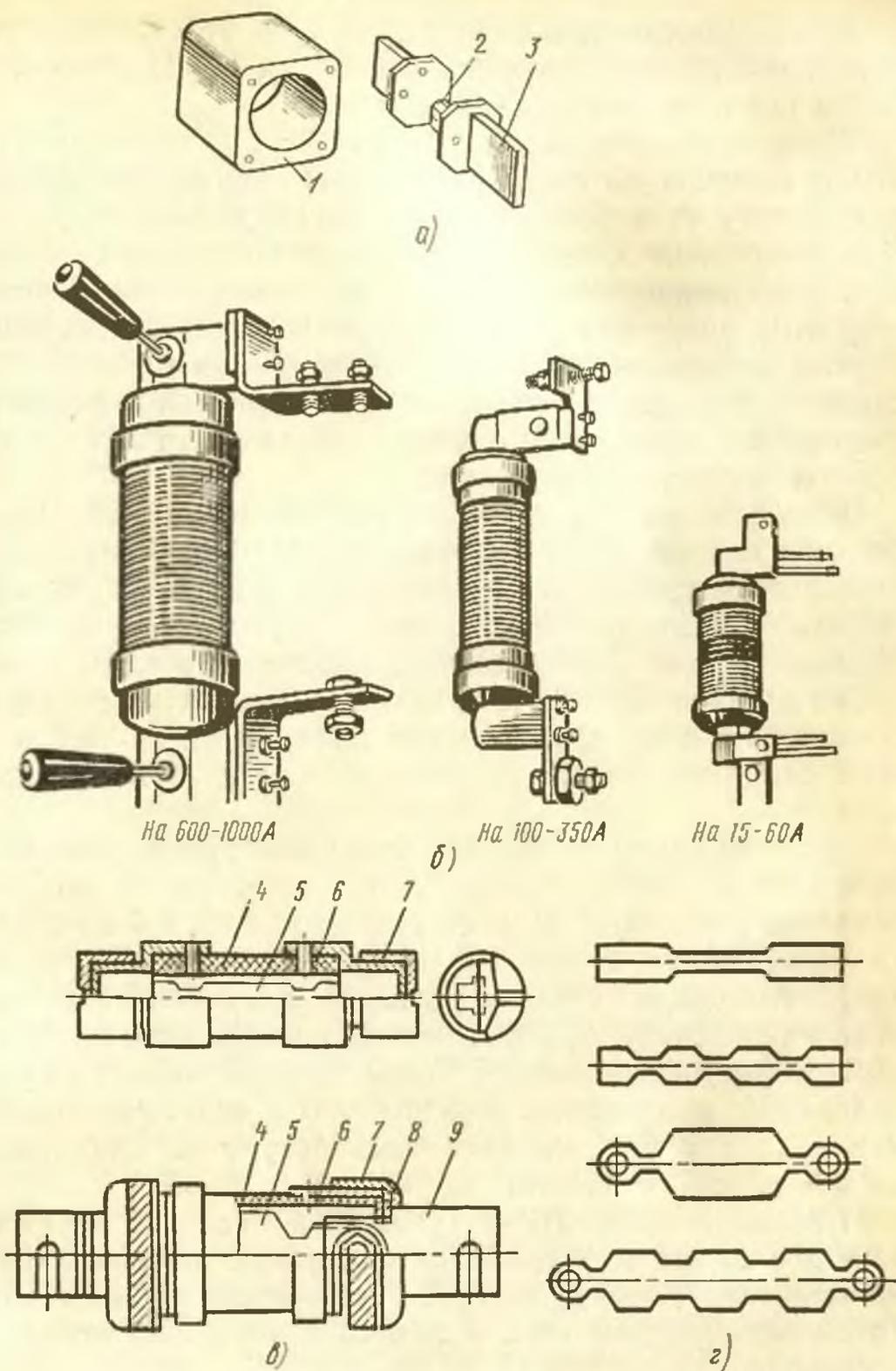


Рис. 28. Предохранители ПН-2 (а) и ПР-2 (б — общий вид, в — патроны на 15—60 и 100—1000 А, г — конструкция плавких вставок); 1, 4 — фарфоровая и фибровая трубки, 2, 5 — плавкие вставки, 3, 9 — медные контактные ножи, 6 — латунная втулка, 7 — латунные колпачки, 8 — фиксирующая шайба

током отключения, за который принимают наибольший ток, отключаемый предохранителями без каких-либо повреждений, препятствующих их дальнейшей работе.

В распределительных устройствах и подстанциях на щитах 0,4 кВ широко распространены предохранители ПН и ПР с закрытыми патронами.

Предохранитель ПН-2 (рис. 28, а) представляет собой квадратную снаружи, круглую внутри фарфоровую трубку 1, в которой установлена плавкая вставка 2, приваренная к шайбам врубных контактных выводов. Выступающие из трубки контактные ножи 3 фиксируются прорезью в крышке, прикрепленной к торцам трубки четырьмя винтами. Патрон заполнен чистым и сухим кварцевым песком. Для предохранения песка в патроне от увлажнения служит прокладка из листового асбеста толщиной 0,8—1 мм.

Плавкая вставка выполняется из одной или нескольких медных пластин толщиной 0,15—0,35 мм и шириной до 4 мм с просечками длиной не менее 6 мм, уменьшающими сечение вставки в 2 раза. При использовании тонких параллельных пластин снижается сечение плавкой вставки для данного номинального тока, а следовательно, и количество металлических паров в дуге при перегорании вставки, что облегчает гашение дуги.

Для снижения температуры нагрева предохранителя при малых перегрузках на ленточки плавкой вставки напаяны оловянные шарики диаметром от 0,5 до 2 мм (в зависимости от номинальных токов плавких вставок), благодаря чему используется так называемый металлургический эффект: при нагреве вставки оловянный шарик, обладающий более низкой температурой плавления, расплавляется раньше, чем она, и, проникая в металл вставки, снижает температуру ее плавления (в месте, где он напаян) до 475° С.

Предохранитель ПР-2 (рис. 28, б) состоит из контактных стоек и закрытого разборного патрона (без наполнителя), внутри которого размещены одна или две (в зависимости от тока в защищаемой цепи) плавкие вставки 5.

Стойки представляют собой комплекты токоведущих частей с врубными контактами и крепежными деталями. Во избежание выпадания предохранителя при электродинамических усилиях, вызванных токами короткого замыкания, в контактах предусмотрены необходимые контактные нажатия, создаваемые за счет пружинящих свойств материала скобы контактных стоек (в предохранителях на 15—60 А), стальной кольце-

вой или пластинчатой пружиной (в предохранителях на 100—350 А), винтом с рукояткой на контактной стойке.

Патрон ПР-2 (рис. 28, в) представляет собой фибровую трубку 4, внутри которой закреплена плавкая вставка 5. На концы трубки накручены латунные втулки 6, имеющие прорезь для плавкой вставки. На втулки надеты латунные колпачки 7, являющиеся контактными частями патрона предохранителей до 60 А. Контактными частями предохранителей от 100 до 1000 А служат медные ножи 9. В предохранителе имеется фиксирующая шайба 8 с пазом для ножа, предотвращающая его поворот.

Плавкие вставки (рис. 28, г) — это пластинки с одним или несколькими участками сужения, на одном из которых при перегрузках они обычно перегорают. При коротких замыканиях вставки перегорают в нескольких местах сужения одновременно. Плавкие вставки изготовляют штамповкой из листового цинка марки Ц0 или Ц1. При их плавлении пары цинка ускоряют процесс рекомбинации ионов, благодаря чему улучшаются условия деионизации дугового пространства, способствующие гашению электрической дуги в патроне. Патрон предохранителей ПР-2 не имеет заполнения, поэтому условия гашения дуги в нем значительно хуже, чем в патроне предохранителей ПН-2.

Предохранители ПР и ПН обладают токоограничивающим действием, так как в них плавкие вставки перегорают раньше, чем ток короткого замыкания достигает установившегося значения.

В настоящее время для защиты от коротких замыканий в широко применяемых схемах автоматического управления и выпрямительных установках выпускают быстродействующие предохранители, плавкая вставка которых выполнена из серебра и имеет перешеек с минимальным сечением и хорошо охлаждается кварцевым наполнителем (предохранители серии ПНБ, разработанные на базе ПН). Быстродействующие предохранители ПНБ-3 изготовляют на переменное и постоянное напряжения до 660 В и номинальные токи от 40 до 630 А.

За предохранителями необходим постоянный контроль, замена перегоревших плавких вставок, своевременный ремонт. От исправности предохранителей и правильного подбора вставок зависит надежная и безо-

пасная работа электроустановок. Следует применять только калиброванные плавкие вставки. При использовании случайных проволок для вставок возможны аварии и пожары. Для ускорения подбора и замены перегоревшей вставки на каждом предохранителе должна быть четкая цифра, указывающая номинальный ток.

§ 15. Обслуживание и ремонт электрических аппаратов напряжением до 1000 В

Техническое обслуживание. Техническое обслуживание электрических аппаратов состоит из осмотров и чистки, которые проводят не реже одного раза в 3 мес, а также из проверок их состояния и мелкого ремонта, выполняемых по графику или по мере необходимости.

Большая часть отказов коммутационных аппаратов происходит из-за контактов, а также вследствие уменьшения сопротивления изоляции обмоток и замыкания последних на корпус. Отказы аппаратов могут быть внезапными и постепенными.

Внезапные отказы аппаратов возникают из-за поломок контактов и попадания между ними токопроводящих тел, механической перегрузки контактов в результате ударов и вибраций, их сваривания и заклинивания. *Постепенные отказы* аппаратов происходят в результате износа и старения отдельных узлов и деталей аппарата (изменение геометрической формы или окисление поверхностей контактов, уменьшение усилий пружин, износ контактов). Наиболее распространенные неисправности электромагнитных аппаратов, их причины и способы устранения приведены в табл. 10.

При техническом обслуживании электроаппаратов напряжением до 1000 В выполняют следующие работы:

чистку, наружный и внутренний осмотр, устранение обнаруженных дефектов и затяжку крепежных резьб;

контроль температуры нагрева контактов, катушек и других токопроводящих элементов;

зачистку контактов от загрязнений, окислов, подплавлений и регулировку одновременности их замыкания и размыкания;

контроль температуры и уровня масла в маслonaполненных аппаратах (при необходимости доливку масла);

замену плавких вставок и неисправных предохранителей;

Таблица 10. Неисправности электромагнитных коммутационных аппаратов и способы их устранения

Неисправность	Причина	Способ устранения
Подгорание, глубокая коррозия контактов по линии их первоначального касания	Недостаточное нажатие контактов, их вибрация в момент замыкания	Увеличить начальное нажатие контактов (установка новой контактной пружины или регулировка старой)
Затяжное гашение дуги	Несоответствие разрывной мощности контактов характеру и току нагрузки или неправильное включение дугогасительной катушки	Проверить соответствие мощности контактов току нагрузки и правильность включения дугогасительной катушки
Повышение температуры нагрева контактов	Несоответствие контактов режиму работы; недостаточное конечное нажатие, вследствие чего увеличивается переходное сопротивление контактов; ухудшение состояния контактной поверхности	Зачистить оплавление контактной поверхности напильником; увеличить конечное нажатие контактов; заменить контакты в соответствии с характером нагрузки
Вибрация магнитопровода коммутационных аппаратов переменного тока	Неисправность магнитной системы	Проверить наличие и целостность короткозамкнутого витка; зачистить плоскости прилегания якоря к сердечнику электромагнита; проверить плотность прилегания поверхностей
Неодновременное включение контактов в многополосных аппаратах	Регулировка контактов	Отрегулировать контакты

проверку целостности пломб на реле, наличие надписей, указывающих назначение, на аппаратах и щитках; контроль работы устройств сигнализации; проверку исправности электропроводки, заземляющих устройств, кожухов, рукояток и т. п.

Во время осмотра обращают внимание на состояние рабочих контактов и дугогасительных устройств пусковой аппаратуры, гибких связей подвижных контактов, на соответствие токов уставки отключения автомата номинальным токам, наличие короткозамкнутого витка на магнитопроводе, а также на исправность защитных кожухов, в которых находятся пусковые аппараты. При нарушении уплотнений в аппарат может попасть пыль

или грязь, вызывающая увеличение сопротивления контактных поверхностей и их нагрев, ухудшающая состояние изоляции, что может привести к ее старению, пробоем и авариям.

Периодически проверяют правильность срабатывания реле и отключения автоматов от тепловых и электромагнитных расцепителей автоматических выключателей.

Контакты осматривают не реже одного раза в 2—3 мес, одновременно их чистят и устраняют неисправности. Перед осмотром снимают напряжение и принимают меры для исключения его появления на входе и вспомогательных контактах. При осмотре проверяют чистоту изоляционных поверхностей, вытирая их сухой салфеткой. Контактные поверхности должны быть постоянно чистыми и хорошо закрепленными, для чего соединения зачищают стальной щеткой, протирают салфеткой, смоченной растворителем, смазывают техническим вазелином и туго затягивают винты.

Сила нажатия контактов должна соответствовать заводским данным, так как ослабленное нажатие вызывает повышение температуры нагрева, увеличивает износ контактов, а чрезмерное нажатие повышает вибрацию и гудение контактора.

При износе контактов 70% первоначальной толщины их заменяют, при равномерном износе — меняют местами.

Автоматические выключатели необходимо содержать в чистоте и осматривать не реже одного раза в год или через 2000 включений, а также после каждого отключения.

Перед снятием крышки автомата следует исключить возможность появления напряжения на входе и вспомогательных контактах. Нагар, копоть с внутренней стороны выключателя удаляют салфеткой, смоченной растворителем, смазывают шарниры, проверяют затяжку винтов, целостность пружин и состояние контактов.

При осмотре электромагнитных коммутационных аппаратов особое внимание обращают на состояние контактной системы. Контакты, имеющие приваренные серебряные пластины или покрытия из сплавов серебра, нельзя заменять медными, поэтому вместо таких износившихся контактов ставят новые. После зачистки или замены контактов измеряют динамометром их конечное нажатие при включенном контакторе, причем между

подвижными и неподвижными контактами прокладывают полосу бумаги. Конечное нажатие отмечают динамометром в тот момент, когда бумагу можно свободно вытянуть из замкнутых контактов.

Начальное нажатие, создаваемое пружиной контактора в точке начального соприкосновения контактов, измеряют при отключенной катушке. Его определяют так же, как и конечное.

Регулируют нажатие контактов натяжением или ослаблением контактной пружины, которую нельзя доводить до положения, при котором между ее витками не будет зазоров. Если регулировкой не удастся получить нужного нажатия, пружину меняют.

Сердечник должен плотно прилегать к якорю, иначе будет слышен дребезжащий звук, а включающая катушка начнет перегреваться. При необходимости поверхность соприкосновения сердечника и якоря подшабривают, при этом плотность соприкосновения проверяют замыканием контактов вручную, проложив предварительно между ними сложенные вместе листки копировальной и папиросной бумаги. Если полученный отпечаток составит не менее 70% площади поперечного сечения стержня, плотность прилегания считают удовлетворительной.

При повреждении короткозамкнутого витка его заменяют новым, причем изменение его длины, сечения и материала недопустимо, поскольку приводит к повышенному гудению контактора и сильному перегреву витка.

Основными причинами выхода из строя катушек (обрыв, витковое замыкание) являются механические воздействия, тепловые и электрические нагрузки (они приводят к обрыву выводов и повреждению обмоточного провода), а также переходные электрические процессы, длительное протекание тока выше нормального (это вызывает пробой изоляции и появление в обмотке короткозамкнутых витков). При обнаружении обрыва или виткового замыкания в катушке ее заменяют новой, которую перед установкой проверяют на целость и отсутствие короткозамкнутых витков.

Ремонт электрических аппаратов. При *ремонте рубильников* очищают ножи от копоти и оплавлений с помощью стальной щетки и шлифовки абразивной шкуркой. Проверяют целостность пружин, стягивающих подвижные контакты и пружины механизма фиксации

ножей, при этом поврежденные и ослабленные заменяют новыми.

Поврежденные ножи рубильников выравнивают рихтовкой, после чего проверяют щупом изгиб, который по всей длине ножа не более 0,2 мм.

При *ремонте контакторов* снимают дугогасительные камеры, очищают дугогасительную решетку от нагара и частиц оплавленного металла стальной щеткой и протирают растворителем. Небольшие сколы на асбестоцементных перегородках камер ремонтируют, заполняя смесью асбестового порошка и цемента, разведенных водой. Поверхности главных контактов зачищают щеткой или шкуркой, промывают растворителем и покрывают тонким слоем технического вазелина. Точность соприкосновения контактных поверхностей должна быть не менее 70%. Соосности и совпадения контактов добиваются боковым смещением или поворотом неподвижных контактов вокруг оси контактодержателей на основании или подвижных на валу контактора.

В контактных системах с электромагнитными приводами вспомогательные контакты срабатывают позже, а возвращаются раньше главных контактов. Их линейное отставание при включении должно составлять 0,5—1 мм. Последовательность действия контактов регулируют теми же способами, что и раствор (кратчайшее расстояние между неподвижным и подвижным контактами в разомкнутом положении) или провал (расстояние, на которое может сместиться место касания подвижного контакта с неподвижным из положения полного замыкания, если неподвижный контакт будет удален).

Неровности стыка торцов магнитопровода в воздушном зазоре приводят к увеличению тока, повышению температуры нагрева, шума и вибрации при работе контактора. Допускаются неровности в стыке, при которых общая площадь прилегания якоря к сердечнику составляет не менее 70% площади поперечного сечения стыка. Эту площадь определяют с помощью краски, нанесенной на торец якоря, и листа бумаги, который вводят в зазор и сжимают между сердечником и окрашенным якорем. Можно использовать сложенные вместе листы копировальной и чистой белой бумаги. Если площадь отпечатка составляет менее 70% площади поперечного сечения якоря, не примыкающие друг к другу участки

магнитопровода пришабривают, направляя усилия вдоль торцов листов.

Для замены лопнувшего короткозамкнутого витка отгибают стальные пластины, приклепанные к крайним стяжным листам пакета сердечника, и вынимают поврежденный виток. Размеры нового витка, изготовленного из латуни, должны соответствовать размерам поврежденного. Его устанавливают в желобок сердечника.

При нарушении изоляции вала подвижных контактов ее заменяют новой, изготовленной из равноценного материала.

По окончании ремонта контактора проверяют динамометром начальное и конечное нажатия главных контактов. Начальное нажатие определяют при разомкнутом контакте (оно создается пружиной контактора в момент первоначального касания его контактов), конечное нажатие — при включенном контакторе (его значение покажет динамометр в момент освобождения бумаги).

После ремонта проводят испытания контактора: измеряют сопротивления изоляции и обмотки катушки электромагнита, определяют четкость срабатывания контактора при пониженном напряжении. Сопротивление изоляции, измеренное мегаомметром напряжением 500 В, должно быть не менее 0,5 МОм; омическое сопротивление катушки электромагнита не должно отличаться от заводских данных на $\pm 10\%$ при 20°C ; контактор должен включаться при снижении напряжения до 85% номинального.

Операции ремонта *контакторов магнитного пускателя* аналогичны операциям ремонта контакторов.

При ремонте *магнитных пускателей с тепловыми реле* обращают внимание на их состояние и целостность нагревательных элементов. При необходимости замены используют элементы реле только заводского изготовления. Регулировку провалов и одновременности касания контактов разных полюсов проводят с помощью регулировочных шайб, которые прокладывают между обоймой контактов и траверсой.

Воздействие всех деталей, отрегулированных в период ремонта, проверяют включением магнитного пускателя несколько раз вручную. Результаты показаний послеремонтных испытаний не должны отличаться более чем на $\pm 10\%$ от данных заводских испытаний.

Ремонт воздушных автоматических выключателей начинают с осторожного снятия дугогасительных камер во избежание повреждения пластин решетки дугогасительного устройства, находящихся внутри камер. Стальные омедненные пластины очищают от нагара деревянной палочкой или мягкой стальной щеткой, промывают в растворителе ветошью и протирают чистыми тряпками. Поломки и трещины дугогасительных камер и деионных решеток склеивают клеем БФ-2, а щели с наружной стороны дугогасительных камер — тонким электрокартоном. Неисправные деионные решетки заменяют новыми.

Дугогасительные контакты автоматов промывают, опиливают напильником, снимая наименьшее количество меди; при сильном повреждении (более 30% размера контактов) контакты заменяют новыми. Для одновременного касания главных, а затем промежуточных и дугогасительных контактов регулируют контактную систему: при касании дугогасительных контактов необходим зазор не менее 5 мм между подвижным и неподвижным промежуточными контактами, при касании промежуточных контактов — не менее 2,5 мм между подвижным и неподвижным главными контактами. Во включенном положении автомата должен быть не менее 2 мм провал главных контактов, в отключенном положении — не менее 65 мм раствор дугогасительных контактов.

От качества регулировки одновременного замыкания контактов зависит электрический износ контактных поверхностей. Регулировкой достигают такого положения, чтобы при отключении больших пусковых токов или токов короткого замыкания быстродействующие выключатели отключались одновременно во всех фазах.

Контактное нажатие регулируют изменением усилия пружин с помощью регулировочных винтов или гаек, при этом проверяют начальное и конечное нажатия контактной системы. Начальным нажатием является усилие, создаваемое контактной пружиной в точке первоначального касания (оно должно быть от 50 до 60 кН; при недостаточном нажатии возможно приваривание контактов, а при чрезмерном — нарушение четкости срабатывания аппарата), а конечным — усилие, создаваемое контактной пружиной в точке конечного касания при полностью включенном автомате (оно должно быть от 90 до 110 кН).

Контактные нажатия у автоматов измеряют динамометром, оттягивая с помощью петли контакт от контактодержателя. За начало деформации пружины принимают перемещение полоски тонкой бумаги, предварительно заложенной между контактом и контактодержателем.

При ремонте автомата проверяют правильность расположения рычагов на отключенном валике и зазор между рычагом валика и бойком расцепителя (он должен быть 2—3 мм), а после ремонта — легкость хода подвижных контактов, отсутствие касания подвижными контактами стенок дугогасительных камер. Автомат 10—15 раз медленно включают и отключают вручную, а затем еще 5—10 раз под напряжением (без нагрузки). После этого проверяют и устанавливают требуемые токи уставок максимальных расцепителей и испытывают автомат при номинальной нагрузке по нормам, рекомендованным заводом-изготовителем.

§ 16. Шины и безмасляные отключающие аппараты

Шины. В закрытых подстанциях напряжением 6 и 10 кВ в качестве шин используют полосы из алюминия, меди или стали. Медные шины применяют редко, в частности при наличии в окружающей среде веществ, вредно действующих на алюминий.

Для крепления шин и других токоведущих частей, а также для изоляции их друг от друга и частей электроустановки, не находящихся под напряжением, служат изоляторы.

Фарфоровые изоляторы имеют буквенные обозначения: прописные буквы указывают на их назначение (О — опорный, П — проходной, М — малогабаритный) или группу по допустимой механической нагрузке (А — 3,75; Б — 7,5; В — 12,5; Г — 20; Д — 30 кН), а строчные — на форму исполнения фланца (кр — круглый, ов — овальный, кв — квадратный). Цифры, стоящие после букв, означают в числителе номинальное напряжение, а в знаменателе — номинальный ток, на которые рассчитан проходной изолятор. Например, изолятор ОБкр-10/600 — опорный, группы В, с круглым фланцем, на напряжение 10 кВ, ток 600 А; ОМА-6 — опорный, малогабаритный, группы А, на напряжение 6 кВ.

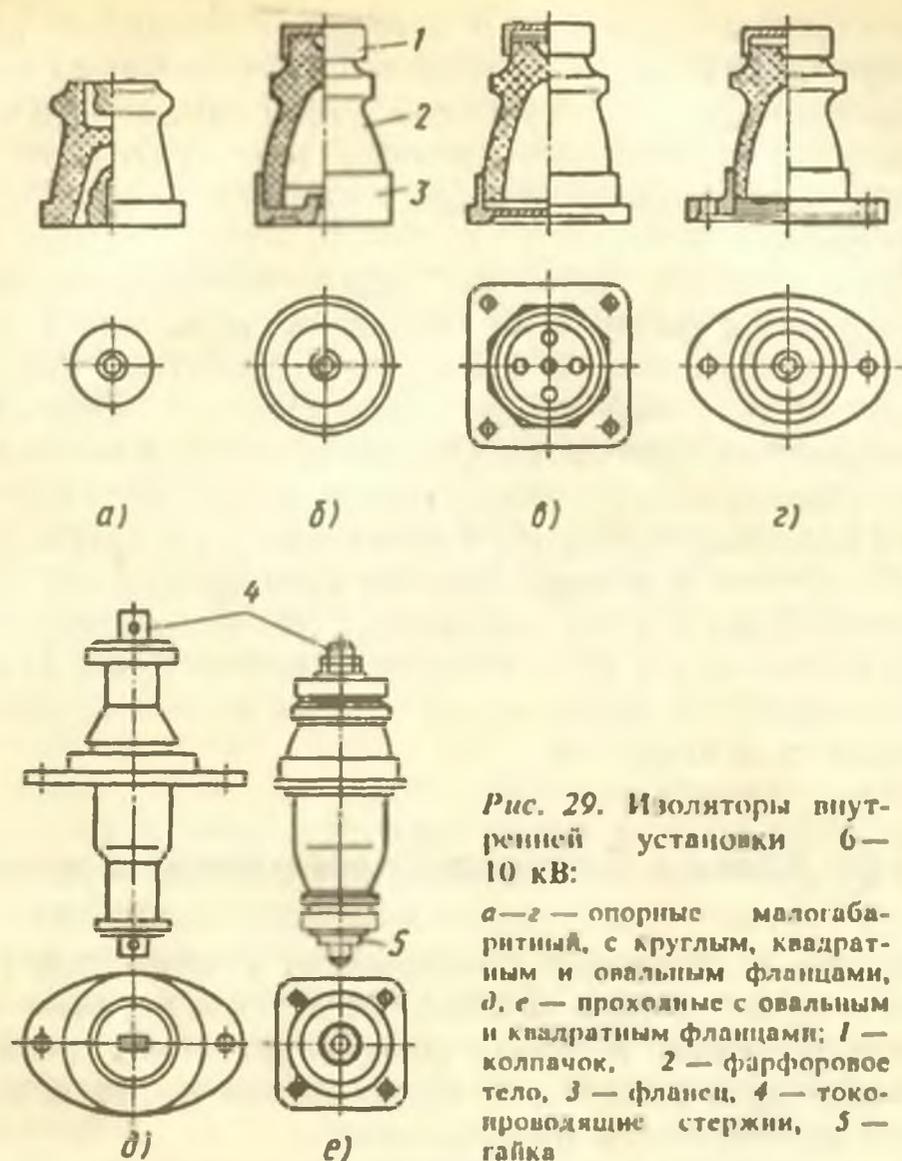


Рис. 29. Изоляторы внутренней установки 6—10 кВ:

a—г — опорные малогабаритный, с круглым, квадратным и овальным фланцами, *д, е* — проходные с овальным и квадратным фланцами; *1* — колпачок, *2* — фарфоровое тело, *3* — фланец, *4* — токопроводящие стержни, *5* — гайка

В распределительных устройствах закрытых подстанций применяют гладкие опорные и проходные изоляторы внутренней установки.

Изолирующей деталью опорного подстанционного изолятора (рис. 29, *a — г*) является фарфоровое тело 2. Чугунный колпачок 1, укрепленный на фарфоровом теле, имеет резьбовые отверстия для болтового крепления к ним шин или шинодержателя, а в чугунном фланце 3 круглой, овальной или квадратной формы расположены одно, два или четыре отверстия для крепления изолятора болтами и конструкции.

Проходные изоляторы (рис. 29, *д, е*) также имеют фланцы и колпачки. Через фарфоровое тело изолятора проходит плоский или круглый токопроводящий стержень 4, к которому болтами или гайками 5 присоединяют шину РУ.

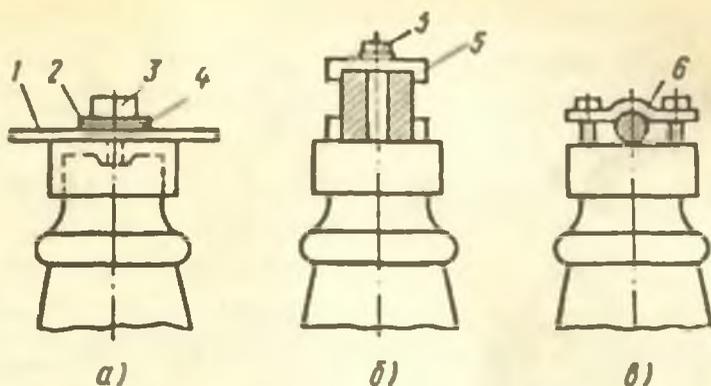


Рис. 30. Крепления шин распределительных устройств:

а, б — однополосных плоских болтом и болтом с планкой, *в* — круглых на головке изолятора скобой; *1* — шина, *2, 4* — пружинящая и стальная шайбы, *3* — болт, *5* — шинодержатель (планка), *6* — стальная скоба

Малогабаритные изоляторы без колпачков и фланцев применяются в комплектных ячейках подстанций. В изоляторах с обеих сторон закреплена арматура в виде штыря с резьбой на концах. К верхней части изолятора крепят токоведущую шину.

Изоляторы перед монтажом тщательно вытирают и осматривают. Если обнаружены трещины, повреждения глазури в нескольких местах или большие сколы фарфора, их бракуют.

Шины распределительных устройств и подстанций крепят к изоляторам несколькими способами: непосредственно болтом на колпачке изолятора (рис. 30, *а*), с помощью планок (рис. 30, *б*) или скоб (рис. 30, *в*).

Учитывая, что при прохождении электрического тока шины нагреваются и, следовательно, могут значительно увеличиваться, а при охлаждении уменьшаться, отверстие в шине под болт для ее крепления на колпачке изолятора делают в виде эллипса, большая ось которого расположена вдоль шины, что обеспечивает ее смещение по длине. Исходя из этих соображений болт на головке изолятора затягивают нетуго.

Отсутствие возможности компенсации шин может привести к нарушению контактных соединений и разрушению изоляторов. Поэтому при длине прямого участка более 20 м применяют компенсирующие устройства, которые воспринимают деформации шин.

Для однополосных шин размером до 50×5 мм компенсатором служит их отрезок, изгибаемый лирообраз-

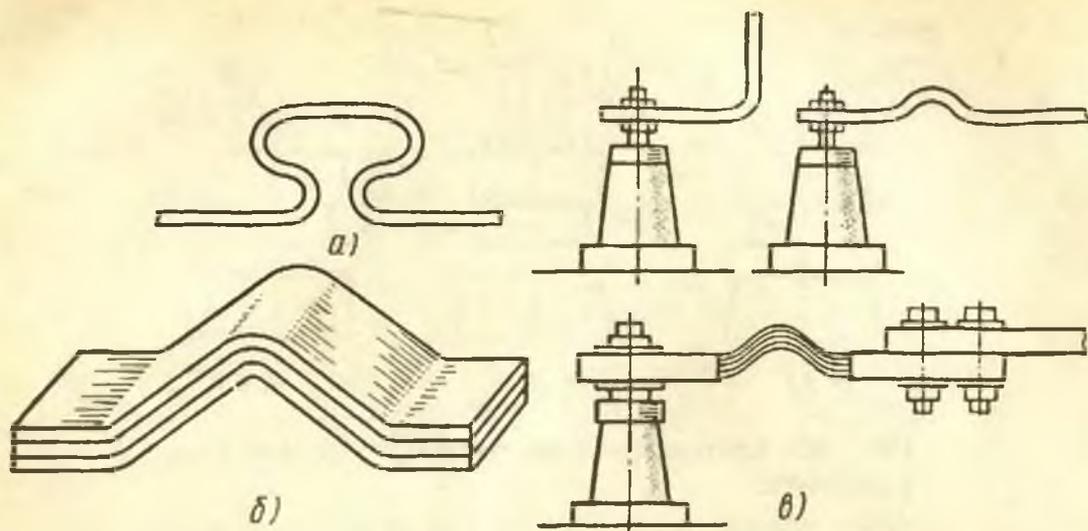


Рис. 31. Компенсаторы (а — лирообразный, б — пластинчатый) и способы их присоединения к выводам аппаратов (в)

но (рис. 31, а), а при больших размерах пакет тонких пластин из фольги толщиной 0,3—0,5 мм (рис. 31, б) с общим сечением, превышающим на 10—15% сечение шин. Способы присоединения компенсаторов на ответвлениях к выводам аппаратов показаны на рис. 31, в.

По окончании монтажа или ремонта шины окрашивают в стандартные цвета: первая фаза А — желтая (Ж), вторая фаза В — зеленая (З), третья фаза С — красная (К); нулевая рабочая N — голубая, эта же шина, используемая в качестве нулевой защитной, — продольные полосы желтого и зеленого цвета. Во всех случаях шина фазы В, окрашенная в зеленый цвет, должна быть расположена посередине.

В открытых распределительных устройствах подстанции наряду с плоскими применяют круглые многопроволочные гибкие шины из меди, алюминия или стали. Для их соединения и ответвления служат специальные зажимы.

В распределительных устройствах и подстанциях напряжением выше 1000 В применяют преимущественно безмасляные отключающие аппараты — разъединители и выключатели нагрузки.

Разъединители. Эти аппараты предназначены для отделения отключенных частей электрической цепи, а также для отключения и включения холостого хода трансформаторов, переключения цепей в распределительных устройствах и т. п. Наличие воздушного промежутка между подвижными и неподвижными контактами разъединителей позволяет убедиться в разрыве

цепи и обеспечивает безопасность производства работ на отключенном участке электроустановки.

Наиболее распространены разъединители РВО, РВ, РВЗ, РВФ, РВФЗ, РЛН и РЛНД. В их обозначениях буквы означают: Р — разъединитель, В — внутренней установки, О — однополюсный, Ф — с фигурным исполнением (верхние, нижние или все изоляторы — проходные), З — с заземляющими ножами, Н — наружной установки, Д — двухколонковый, Л — с линейным контуром тока. Цифры после букв указывают на номинальное напряжение (числитель дроби) и ток (знаменатель дроби). Например, РВ-6/600 — трехполюсный разъединитель внутренней установки на номинальное напряжение 6 кВ и ток 600 А.

По конструкции разъединители разделяют на *рубящие* (РВ) — с движением ножей в плоскости осей изоляторов для установок напряжением 6—10 кВ; *поворотные* — с вращением ножей в горизонтальной плоскости, перпендикулярной осям изоляторов для установок напряжением 35 кВ; *вертикально-рубящие* (РЛН) — с ножами, перемещающимися в плоскости осей изоляторов и вращающимися при движении вокруг своей оси. Разъединители могут быть *однополюсные* (один нож) и *трехполюсные* (три ножа). Наиболее распространены трехполюсные разъединители с общим управлением полюсами. Кроме того, их выпускают как для наружной, так и внутренней установки.

На рис. 32, а показан однополюсный разъединитель внутренней установки (РВО). Он состоит из цоколя 1, на котором крепятся два фарфоровых изолятора 2 с чугунными круглыми фланцами и чугунным колпачком на верхней части. На колпачке одного изолятора установлен неподвижный контакт 3 с осью 4 для подвижного ножа 6, а на колпачке другого — неподвижный рабочий контакт, в который входит нож 11. На этом ноже имеется ушко 7 для включения и отключения подвижного ножа 6 штангой.

На рис. 32, б показан трехполюсный разъединитель внутренней установки (РВ), на раме 8 которого установлены три полюса, связанных конструктивно общим валом 9 для включения или выключения ножей. Угол поворота вала регулируется и определяется в положении упора 10. Ножи 11 соединены с валом фарфоровыми тягами 12 и имеют контактные пружины и электромагнитные замки, которые создают необходи-

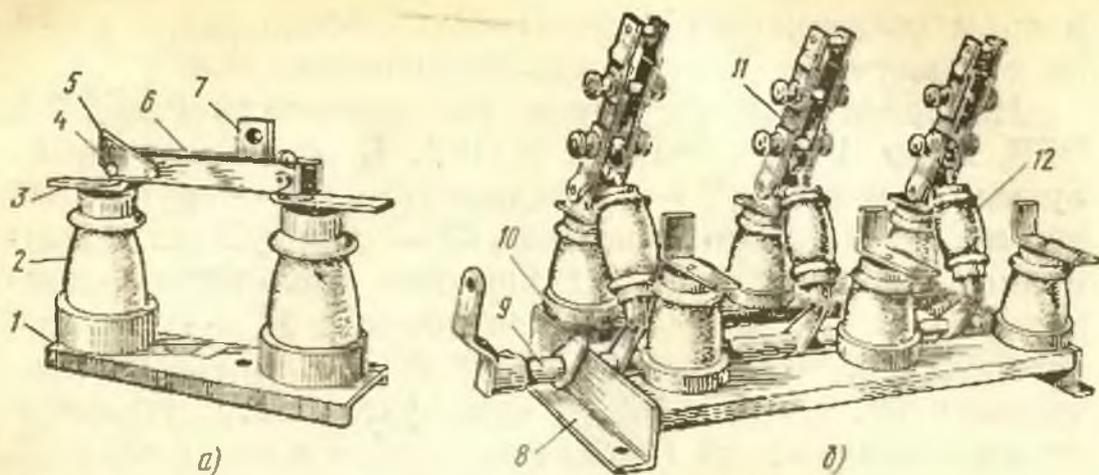


Рис. 32. Высоковольтные разъединители внутренней установки:

a — однополюсный на 6 кВ, *б* — трехполюсный на 10 кВ; 1 — цоколь, 2 — опорный изолятор, 3 — неподвижный контакт, 4 — ось, 5 — скоба упора, 6 — подвижный контактный нож, 7 — ушко для управления разъединителем, 8 — рама, 9 — вал, 10 — упор, 11 — нож с контактными пружинами, 12 — фарфоровая тяга

мое давление в контактах и исключают возможность произвольного отключения разъединителя при прохождении через него токов короткого замыкания. Нож разъединителя РВ на номинальный ток до 1000 А состоит из двух медных полос. При больших токах количество полос увеличивается. Давление в контакте создается за счет стальных пружин.

Разъединители РВЗ выпускают двух вариантов: с одним или двумя валами с заземляющими ножами, закрепленными на раме. Заземляющие ножи имеют дополнительные заземляющие контакты, которые расположены под основными неподвижными контактами. Во избежание ошибочных операций в разъединителях предусмотрена блокировка между валами основных и заземляющих ножей. Управление разъединителями РВЗ осуществляется двумя приводами одинаковой конструкции (одного для основных и другого для заземляющих ножей). Эти разъединители не требуют переносных заземлений, создают лучшие условия безопасного производства работ.

Разъединители РВФ и РВФЗ применяют в тех устройствах, где требуется изолированный переход из одного помещения (или отсека) в другое. Для этого в их конструкции предусмотрены проходные изоляторы.

Включение и отключение указанных разъединителей производят с помощью ручных рычажных (ПР, ПРТ, ПРН, ПРНЗ) и ручных червячных (ПЧ, ПНЧ и ПЧНЗ) приводов. Управление разъединителями на токи выше

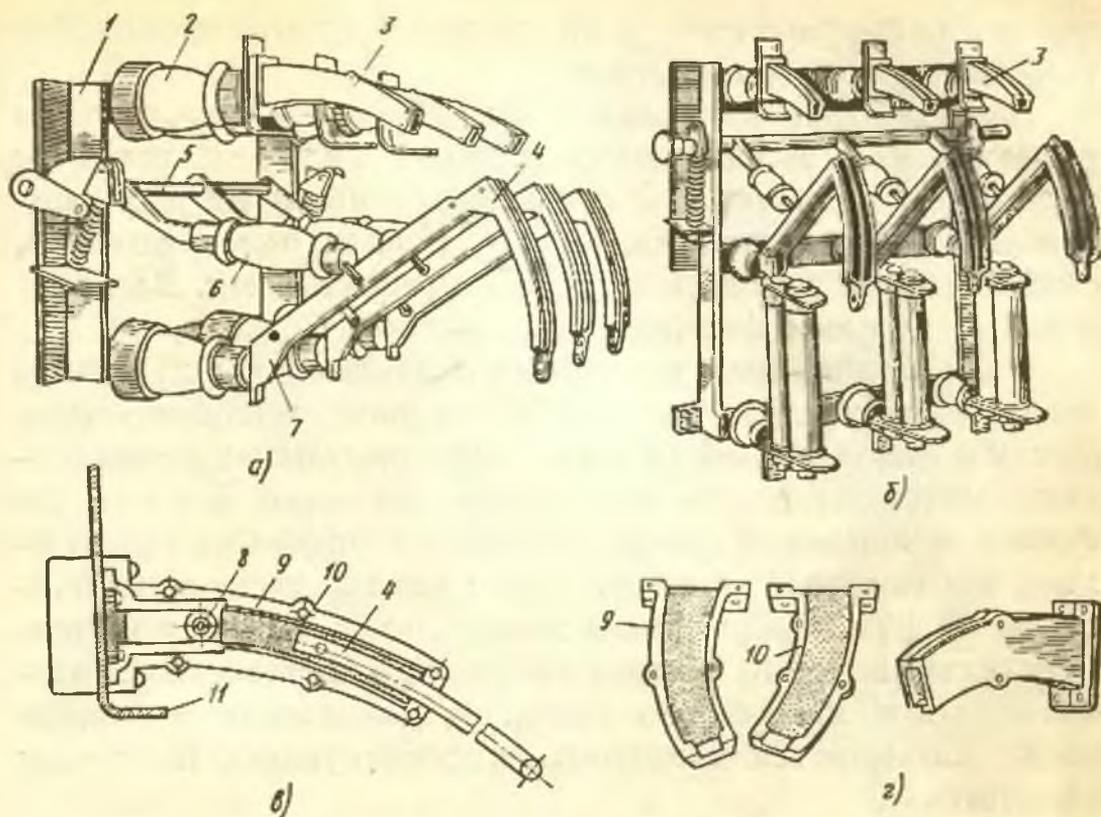


Рис. 33. Выключатели нагрузки на 6 и 10 кВ:

а — ВН-16 (без предохранителей), *б* — ВНП-16 (с предохранителями), *в* — дугогасительная камера со снятой щеккой, *г* — щеки и собранная камера; 1 — рама, 2 — опорный изолятор, 3 — дугогасительная камера, 4 — подвижный контактный нож, 5 — пал, 6 — тяга, 7 — подвижный контакт, 8, 11 — неподвижные дугогасительный и рабочий контакты, 9 — щека, 10 — вкладыш

3000 А осуществляют электродвигательными червячными приводами.

✓ **Выключатели нагрузки.** Эти аппараты служат для отключения всей или части электроустановки при наличии в ней токов небольших мощностей. Так, выключатели нагрузки на напряжение 6 кВ могут отключать токи до 400 А, а на напряжение 10 кВ — токи 200 А.

Выключатели нагрузки могут быть с предохранителями или без них. Выключатели нагрузки с предохранителями имеют рычажные устройства, действующие на отключающий механизм при перегорании плавкой вставки любого из трех предохранителей. Поэтому при коротком замыкании на линии перегорает плавкая вставка предохранителя и одновременно отключается выключатель нагрузки.

В некоторых выключателях нагрузки предусмотрены заземляющие устройства для безопасного производства работ. Заземляющие ножи располагают с любой сторо-

ны, а предохранители — на стороне, противоположной той, где установлены ножи.

Выключатель нагрузки (рис. 33, *a — г*) состоит из рамы 1, на которой смонтированы вал 5 с рычагом и опорные изоляторы 2 с установленными на них подвижными 4 и неподвижными 8 контактными ножами, снабженными дугогасительными устройствами. Вал соединен с ножами фарфоровыми тягами 6.

На неподвижных контактах 8 закреплены дугогасительные камеры 3, состоящие из двух пластмассовых щек 9 с вкладышами 10 из газогенерирующих органических материалов. Во вкладышах имеются вырезы, по форме и кривизне соответствующие профилю подвижного контактного ножа 4. При разрыве цепи выключателем нагрузки образуется электрическая дуга, под воздействием которой с поверхности вкладышей выделяется большое количество газов. В результате в камере резко повышается давление, способствующее быстрому гашению.

Управление выключателями нагрузки осуществляется ручным приводом ПР-17, ручными автоматическими приводами ПРА-12, ПРАМ-10, ПРА-17 и др. С помощью этих приводов можно управлять выключателями не только вручную, но и выполнять дистанционное и автоматическое отключение.

Приводы для разъединителей и выключателей нагрузки. Ручной привод ПР-2 для включения и отключения разъединителей (рис. 34, *a*) состоит из переднего 5 и заднего 9 подшипников, рукоятки 6, сидящей на оси 7. Подшипники соединяются друг с другом четырьмя шпильками 8. К сектору 3 присоединяется с помощью рычага 1 и тяги рычаг управления разъединителя. Рукоятка 6 шарнирно связана через рычаг с сектором 3, вращающимся на валу 4, который закреплен в заднем подшипнике. На секторе привода имеется шесть отверстий диаметром 8 мм для присоединения рычага 1. Оси O_1 , O_2 , O_3 в приводе расположены так, что исключается возможность произвольного отключения разъединителя. Для фиксированного состояния рукоятки во включенном или отключенном положении в корпусе привода имеется два отверстия для пальца фиксатора. В рукоятке также выполнены два отверстия, одно из которых совпадает с отверстием в корпусе при включенном, а другое — при отключенном положении фиксатора. При совпадении отверстий палец фиксатора

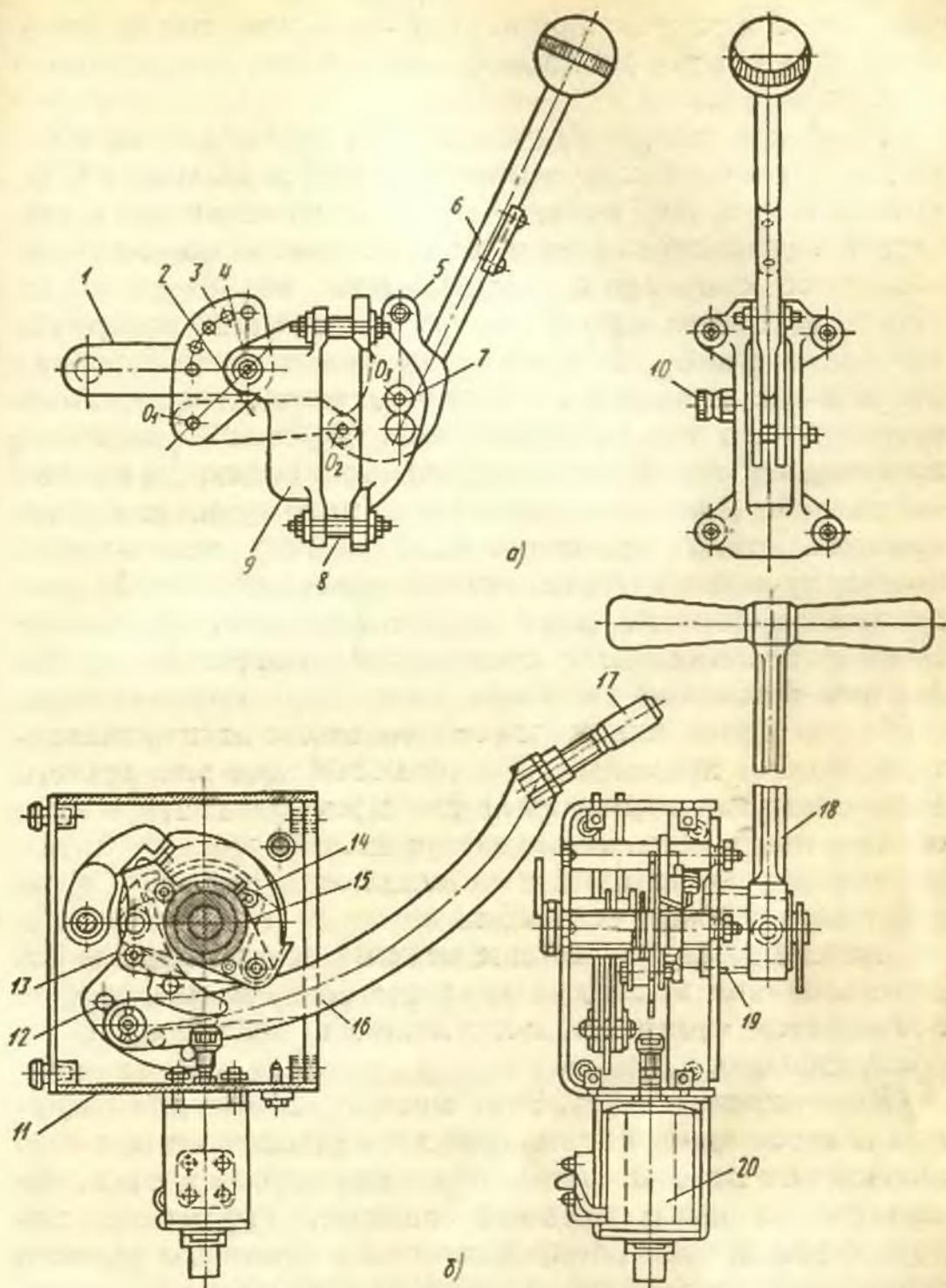


Рис. 34. Приводы ПР-2 разъединителей внутренней установки (а) и ПРА-12 выключателей нагрузки (б):

1, 2, 12, 13, 18 — рычаги, 3 — сектор, 4, 15 — валы, 5, 9 — передний и задний подшипники, 6 — рукоятка, 7 — ось, 8 — шпилька, 10 — фиксатор, 11 — корпус ПРА-12, 14 — механизм свободного расцепления, 16 — вилка, 17 — приводная тяга, 19 — муфта, 20 — отключающий электромагнит

под действием пружины входит в отверстие рукоятки и запирает ее. При включении (отключении) разъединителя рукой оттягивают фиксатор за головку и поворачивают рычаг привода на угол, при котором фиксатор

уже не может «запереть» разъединитель, после этого доводят рукоятку до полного включения (отключения) разъединителя.

Наиболее распространенным приводом для включения выключателя нагрузки является ПРА-12 (рис. 34, б), который состоит из корпуса 11, включающего рычага 18, установленного в муфте и соединенного с механизмом свободного расцепления 14 рычагом 13, закрепленным на валу 15. Слева от рычага 13 находится секторный рычаг 12, к которому прикреплена тяга для соединения механизма привода с валом выключателя нагрузки. На одном конце вала укреплен указатель, по которому определяют, включен или отключен выключатель, на другом — рычаг для присоединения тяги вспомогательных контактов КСА, монтируемых отдельно над приводом. Отключающий электромагнит 20 расположен в нижней части корпуса привода. Приводная тяга 17 соединяется с секторным рычагом 12 вилкой 16, навинчиваемой на палец тяги. Наличие механизма свободного расцепления и отключающего электромагнита позволяет применять приводы ПРА как для ручного включения, так и дистанционного или автоматического отключения выключателя нагрузки.

Короткозамыкатели и отделители применяют в городских подстанциях напряжением 10 кВ для защиты силовых трансформаторов и линий электропередачи без использования масляных выключателей, из-за которых повышается стоимость подстанций и усложняется их обслуживание.

✓ **Короткозамыкатель.** Этот аппарат служит для создания искусственного металлического замыкания при возникновении повреждений в трансформаторе и отключения его из цепи релейной защитой. Управление короткозамыкателем осуществляется с помощью ручного автоматического привода. Включается короткозамыкатель автоматически под действием пружинного механизма при получении соответствующего импульса тока от устройств релейной защиты, а отключается вручную. Короткозамыкатели работают синхронно с отсоединяющими разъединителями (отделителями).

✓ **Отделители.** На напряжение 10 кВ отделители представляют собой трехполюсные аппараты, напоминающие по внешнему виду и конструкции разъединители наружной установки. Они отключаются только после исчезновения в цепи тока, но на очень непродолжитель-

ное время (не более 0,5 с), что позволяет выключателю быстро включиться вновь и максимально сократить перерыв в подаче электроэнергии потребителям.

Трехполюсные отделители ОД-10с/100 на 10 кВ и 100 А устанавливаются в разветвленных электрических сетях напряжением 10 или 6 кВ для секционирования линии и автоматического отключения участка линии в бестоковую паузу (при исчезновении в цепи тока) после первого отключения выключателя на питающем конце линии до повторного его включения от схемы АПВ. Все три полюса отделителя смонтированы на общей сварной раме. Каждый полюс имеет четыре изолятора — два поворотных, на которых установлены токопроводящие полуножи, и два опорных с токоприемными контактами. Полуножи соединены с токоприемными контактами гибкими связями. На двух соседних полюсах, снабженных первичными токовыми реле, вместо одного из опорных изоляторов установлен проходной, через который проходит изоляционная тяга, связывающая реле с механизмом привода.

Вал ведущего полюса соединен муфтой с валом привода. Во включенном положении отделитель и привод удерживаются защелкой с упором, установленным на валу привода. Полюс отключается с помощью пружин отделителя при расцеплении защелки с упором после прекращения второго импульса тока, вызванного коротким замыканием.

§ 17. Маслонаполненные отключающие аппараты

Выключатели. Для включения и отключения высоковольтных электрических цепей при наличии в них токов нагрузки или короткого замыкания служат маслонаполненные аппараты — высоковольтные масляные выключатели. С их помощью осуществляется изменение схем первичной коммутации распределительных устройств и защита оборудования подстанций или части ее электроустановок при возникновении повреждений или нарушений нормального режима работы. Наличие масляных выключателей повышает надежность работы электроустановок и безопасность их обслуживания. Они позволяют осуществлять дистанционное, автоматическое и ручное управление электроустановками.

Надежность и продолжительность работы масляных выключателей зависят от состояния контактов, которые

при отключении токов нагрузки или короткого замыкания работают в очень тяжелых условиях.

Ток с одной контактной поверхности на другую переходит в точках соприкосновения, и чем меньше их поперечное сечение, тем больше электрическое сопротивление (переходное сопротивление в местах контакта). Переходное сопротивление зависит в основном от температуры нагрева, силы, которая приложена к контактными частям, и состояния контактных поверхностей. При большем давлении площадь контактных поверхностей увеличивается, улучшаются условия перехода тока и, следовательно, качество контакта. Переходное сопротивление будет тем меньше, чем больше количество и площадь точек соприкосновения между контактными поверхностями. Однако интенсивность образования новых точек при увеличении давления в контактах замедляется с ростом площадей соприкосновения, так как удельное давление в этих точках контактов уменьшается.

Переходное сопротивление — основной показатель качества всякого контакта. Плохо обработанные и окислившиеся контактные поверхности дают высокое переходное сопротивление. Качество контакта зависит также от свойств контактных материалов — механической прочности металла и его теплостойкости.

Из материалов с низкой механической прочностью или недостаточной теплостойкостью нельзя создать надежного контакта на длительное время, так как они быстрее разрушаются под действием механических нагрузок или перепадов температуры. Поэтому материалы контактных соединений должны обладать механической прочностью (способность выдерживать определенные механические усилия, возникающие в контактах в процессе работы), тугоплавкостью (способность не оплавляться при действии высоких температур), электропроводностью (способность проводить электрический ток с малым сопротивлением, например медь, алюминий), неокисляемостью, или коррозионной стойкостью (способность противостоять окислению на воздухе).

В качестве тугоплавких материалов применяют металлокерамику (смесь вольфрама или молибдена с медью или серебром). Прочность деталей из металлокерамики очень высока, так как их штампуют из порошков металла под высоким давлением и подвергают тер-

мической обработке. Молибден или вольфрам придают деталям повышенную механическую прочность и температурную стойкость, а медь или серебро — высокую электропроводность.

Разрывные контакты, применяемые в малообъемных масляных выключателях, выполняют в виде розеток. Розеточный контакт состоит из вложенных в кольцо трапециевидных пластин (ламелей) с вырезами, образующими в центре круглое отверстие. Во включенном положении пластины благодаря наличию пружин плотно охватывают круглый стержень и создают с ним надежный контакт. Основными достоинствами розеточных контактов являются: самоочищаемость при включении и отключении, небольшое переходное сопротивление, простота конструкции и легкость замены поврежденных ламелей.

При частых включениях и отключениях контакты масляных выключателей повреждаются, что объясняется воздействием на них высокой температуры электрической дуги, возникающей в пространстве между расходящимися контактами при разрыве электрической цепи.

Максимальное сокращение длительности горения электрической дуги, температура которой достигает до $10\,000\text{--}12\,000^\circ\text{C}$, и успешное ее гашение в масляном выключателе являются одним из основных условий, обеспечивающих сохранность аппаратов и их нормальную работу, а также надежность электроустановки в целом.

Для быстрого гашения электрической дуги и во избежание ее возникновения масляные выключатели оборудуют специальными дугогасительными устройствами, облегчающими и ускоряющими процесс разрыва и гашения в масляной среде. Принцип действия дугогасительных устройств основан на гашении дуги парами или газами под большим давлением, создаваемым вследствие разложения масла в камере под воздействием высокой температуры электрической дуги.

В электроустановках напряжением 6 и 10 кВ чаще всего применяют горшковые высоковольтные отключающие аппараты ВМП-10 (выключатель масляный подвесной на напряжение 10 кВ) общепромышленного назначения, а также ВМП-10П — со встроенным приводом; ВМП-10Т — для работы в тропических климатических условиях; ВМП-10К — для малогабаритных комплектных устройств.

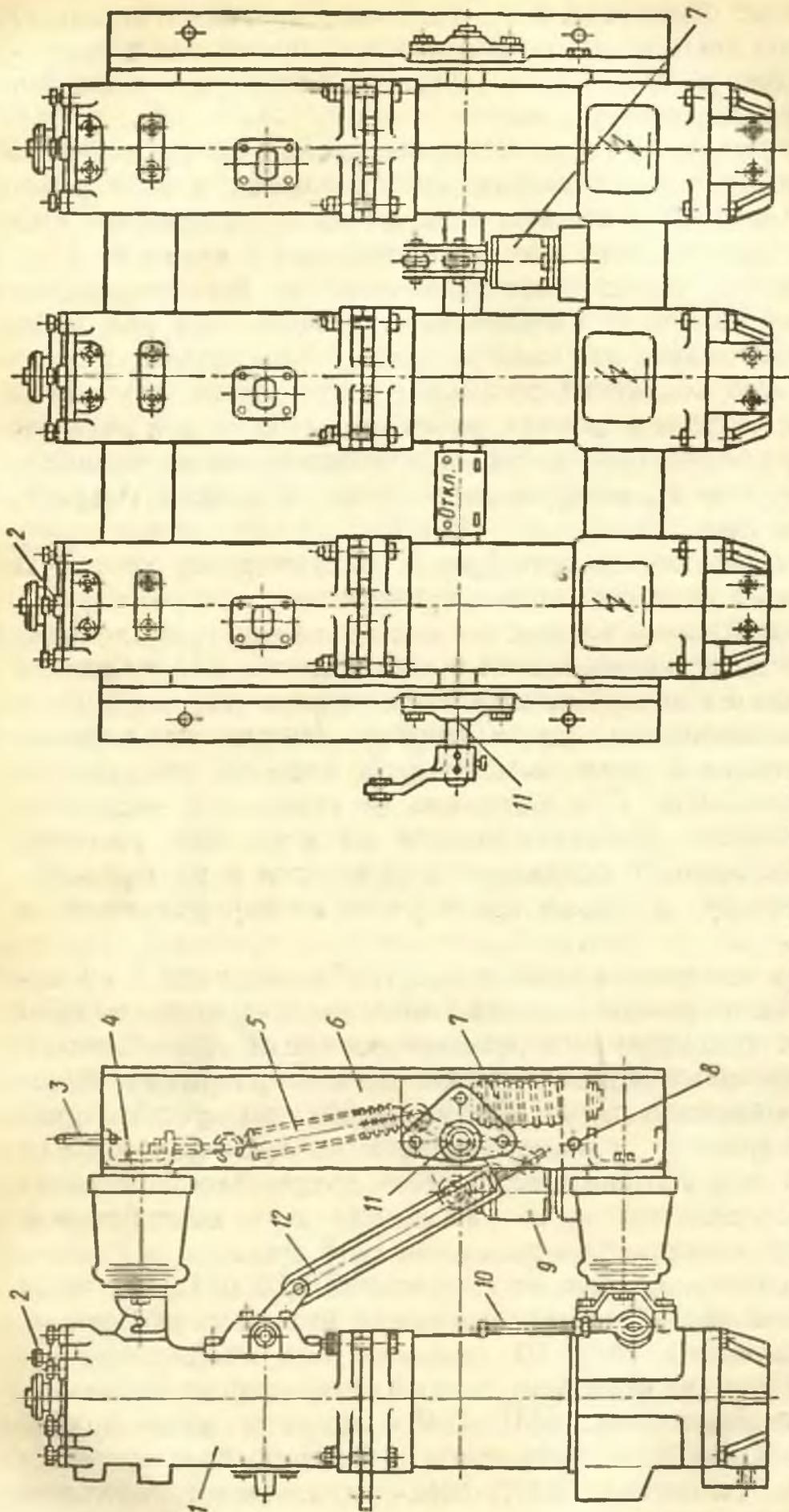


Рис. 35. Масляный подвесной выключатель ВМП-10 на 10 кВ:

1 — полюс выключателя, 2 — пробка маслянистого отверстия, 3 — подъемная скоба, 4 — опорный изолятор, 5 — отключающая пружина, 6 — рама, 7, 9 — пружинный и масляный буферы, 8 — болт заземления, 10 — указатель уровня масла, 11 — главный вал, 12 — изоляционная тяга

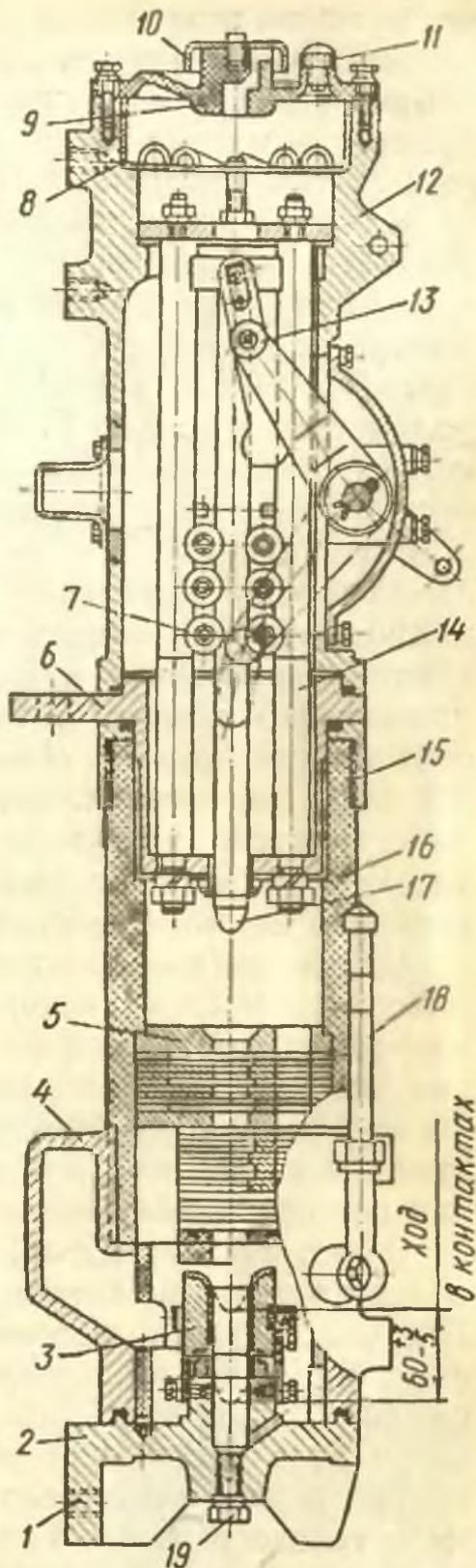
Рис. 36. Полюс выключателя на токи 600 и 1000 А:

1, 6 — нижний и средний контактные выводы, 2, 10 — нижняя и верхняя крышки, 3, 17 — неподвижный и подвижный контакты, 4, 15 — нижний и верхний фланцы, 5 — дугогасительная камера, 7 — роликовый токосъем, 8, 16 — верхний и нижний цилиндры, 9 — маслоотделитель, 11, 19 — пробки маслоналивного и маслоспускного отверстий, 12 — корпус, 13 — рычаг, 14 — направляющие стержни, 18 — указатель уровня масла

Выключатели ВМП-10 имеют специальное устройство для гашения электрической дуги, надежный отключающий механизм и хорошие эксплуатационные показатели. Из-за небольшого количества масла в горшках (до 5 кг) выключатели ВМП не взрываются и не горят, поэтому их можно устанавливать в камерах распределительных устройств любого типа. Поскольку контактные выводы ВМП-10 выполнены из алюминиевого сплава с антикоррозионным покрытием, к ним непосредственно присоединяют алюминиевые шины.

Монтаж, проверку и наладку выключателя выполняют пооперационно, в соответствии с указаниями в заводской инструкции.

Выключатель ВМП-10 (рис. 35) состоит из полюсов 1, укрепленных на опорных изоляторах 4 и смонтированных на одной общей раме 6, буферов 7 и 9, отключающих пружин 5, главного вала 11, изоляционной тяги 12 и рычагов. Необходимые усилия для отключения контактов создают пружины 5 через передаточный механизм, главный вал 11 которого связан с тягой 12,



приводящей в движение контактную систему для срабатывания выключателя. Для смягчения ударов во время работы выключателя предусмотрены встроенные в раму буферы — масляный 9 (при включении) и пружинный 7 (при отключении).

Каждый полюс выключателя (рис. 36) состоит из верхнего металлического 8 и нижнего изоляционного (стеклоэпоксидного) 16 цилиндров, залитых трансформаторным маслом. В цилиндрах размещены неподвижный розеточный контакт 3 дугогасительной камеры 5, роликовый токосъем 7, маслоотделитель 9, подвижный контакт 17, а также передаточный механизм полюса — рычаг 13 и направляющие стержни 14. Розеточный контакт состоит из шести снабженных пружинами ламелей или сегментов с вырезами, которые образуют цилиндрическое отверстие. В это отверстие при включении выключателя входит токопроводящий стержень подвижного контакта, плотно обжатый ламелями за счет усилия пружин. Ламели имеют металлокерамическое покрытие для увеличения срока службы контактных поверхностей. Подвижный контакт состоит из круглого медного стержня, на нижнем конце которого на резьбе укреплен съемный медный наконечник.

Цилиндры выключателя заливают чистым трансформаторным маслом, которое служит газогенерирующим материалом. Дугогасительная камера состоит из пластин, выполненных из электроизоляционных материалов (гетинакса, фибры, электрокартона), образующих щели, отверстия и каналы для гашения дуги, и располагается над неподвижным контактом.

Электрическая дуга возникает между неподвижным и подвижным контактами при отключении выключателя. Под воздействием высокой температуры масло разлагается, образуя газы, которые создают давление в камере гашения. По мере движения контактного стержня вверх дуга растягивается и разложение масла усиливается, в результате чего увеличивается давление в камере газового дутья. Газы, двигаясь вслед за контактным стержнем, попадают в щели и отверстия камеры, обдувают и гасят дугу, а затем выходят через зигзагообразный канал в верхней крышке 10 полюса в атмосферу. Во избежание выброса масла при гашении дуги в верхней части металлического (верхнего) цилиндра 8 установлен маслоотделитель 9.

Электромагнитные выключатели (ВЭМ) гасят дугу в

воздушной среде. Основанием для контактной системы выключателя служат проходные изоляторы 9 (рис. 37, а) и диэлектрическая стойка 20. Контактная система

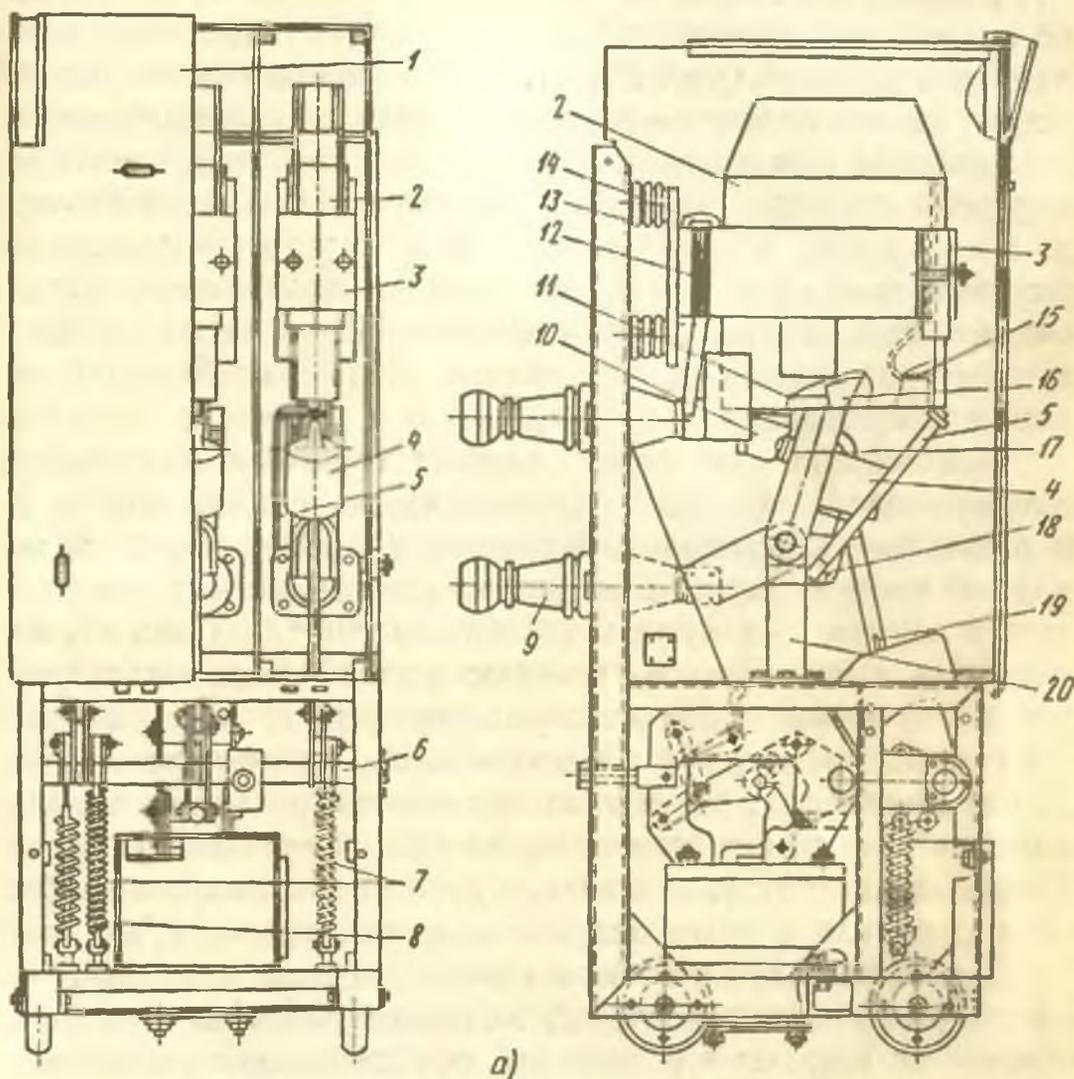
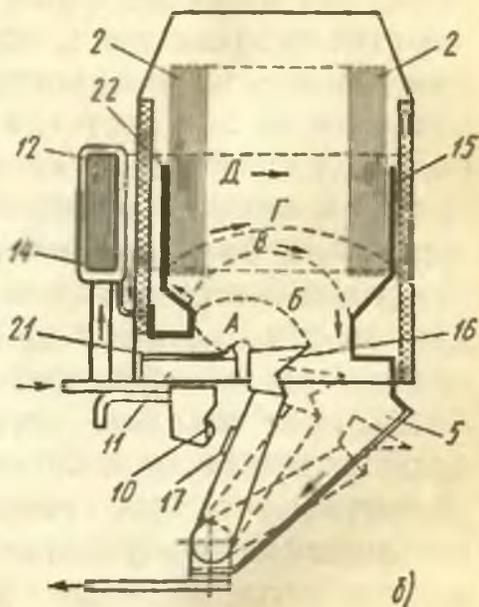


Рис. 37. Компонка на выкатной тележке КРУ электромагнитного выключателя ВЭМ (а) и устройство дугогасительной камеры (б):

1 — дверца, 2 — решетки, 3 — диамангнитная накладка, 4 — цилиндр воздушного дутья, 5 — шина, 6 — вал, 7, 8 — отключающая и буферная пружины, 9, 13 — проходной и опорный изоляторы, 10, 17 — главные контакты, 11, 16 — дугогасительные контакты, 12 — сердечник, 14 — катушка, 15, 22 — дугогасительные рога, 18 — шток, 19 — изолирующая тяга, 20 — диэлектрическая стойка, 21 — фторопластовое покрытие



полюса выключателя состоит из главных 10, 17 и дугогасительных 11, 16 контактов. Неподвижный дугогасительный контакт 11 покрыт фторопластом 21 (рис. 37, б) для фиксации конца дуги. На контактном рычаге подвижных контактов жестко укреплен цилиндр воздушного дутья 4 (рис. 37, а). В нем находится поршень, шток 18 которого шарнирно связан с изоляционным основанием оси рычага. При отключении выключателя поршень сжимает воздух в цилиндре, выбрасывая его в зону дуги, в результате чего она перемещается внутрь решетки 2 с узкими щелями при малых токах отключения, когда электродинамические силы, действующие на дугу, недостаточны. Это способствует ее надежному гашению.

Подвижные контакты связаны с валом 6 привода изолирующей тягой 19. Привод имеет отключающие 7 и буферные 8 пружины. Катушка 14 магнитного дутья одним концом присоединена к неподвижным контактам, а другим — к дугогасительному рогу 22 (рис. 37, б) так, что в нормальном режиме работы через катушку ток не протекает. Дугогасительный рог 15 (рис. 37, а) постоянно присоединен к подвижным контактам шиной 5. Сердечник 12, полюсные наконечники катушки магнитного дутья 14 и замыкающая диамагнитная накладка 3 охватывают и удерживают дугогасительную камеру. Они крепятся к раме опорными изоляторами 13.

Дугогасительная камера (рис. 37, б) состоит из тонких керамических пластин, которые собраны в пакет. Фигурные вырезы в пластинах обеспечивают удлинение дуги, а также искривление ее ствола. Сопротивление такой дуги во много раз превышает сопротивление цепи короткого замыкания, поэтому снижается ток короткого замыкания и уменьшается угол сдвига фаз между источником эдс системы и током в момент гашения дуги, что способствует ее эффективному гашению.

В начальный момент гашения дуга занимает положение А. Электродинамические силы контура тока и воздушная струя поршневого устройства выталкивают дугу вверх, которая в виде петли касается рога 22, распадаясь на нижнюю и верхнюю ветви (положение Б). Длина нижней ветви, определяемая положением фторопластового покрытия 21, шунтирована катушкой магнитного дутья, сопротивление которой невелико. Напряжение на участке дуги (положение Б) оказывается недостаточным для ее существования, и она

гаснет. Весь ток дуги переходит в катушку, которая создает сильное поперечное магнитное поле между дугогасительными рогами 15 и 22. Взаимодействие поля с током дуги создает силу, отбрасывающую дугу к решетке со скоростью около 100 м/с. При проходе подвижного контакта мимо рога 15 дуга перебрасывается на него (положение В) и по обоим рогам поднимается вверх, углубляясь в решетку (положение Г). Там она гаснет при первом проходе тока через нулевое значение (положение Д).

Достоинствами электромагнитных выключателей являются большое количество отключений, взрыво- и пожаробезопасность, отсутствие потребности в сжатом воздухе и масле, а недостатками — большие габариты дугогасительного устройства.

Выпускаются серийно электромагнитные выключатели ВЭМ-6 и ВЭМ-10 на номинальные токи до 3200 А и токи отключения до 40 кА; их работоспособность составляет до 10 000 рабочих циклов.

Надежность электромагнитных выключателей при большой частоте рабочих циклов обуславливает их широкое применение в электропечных и шахтных установках. В распределительных устройствах эти выключатели монтируют на тележке с катками и втычными разъединителями, при этом токоведущие части закрывают дверцами 1 (см. рис. 37, а).

Приводы для управления выключателями. Для управления масляными выключателями применяют приводы, которые служат для их включения, удержания во включенном положении и отключения. По способу управления приводы подразделяют на управляемые вручную и автоматические, с помощью которых осуществляется автоматическое и дистанционное управление масляными выключателями.

Для дистанционного отключения используют специальный отключающий электромагнит, встроенный в привод. Электрическое питание к приводу подается командным аппаратом при замыкании цепи оперативного тока. Автоматическое отключение происходит в результате действия реле защиты, встроенного в привод (реле прямого действия), или установленного отдельно от привода (реле косвенного действия). От встроенного реле защиты сигнал непосредственно поступает на механизм отключения привода, а от реле косвенного действия — на отключающий электромагнит, который в свою оче-

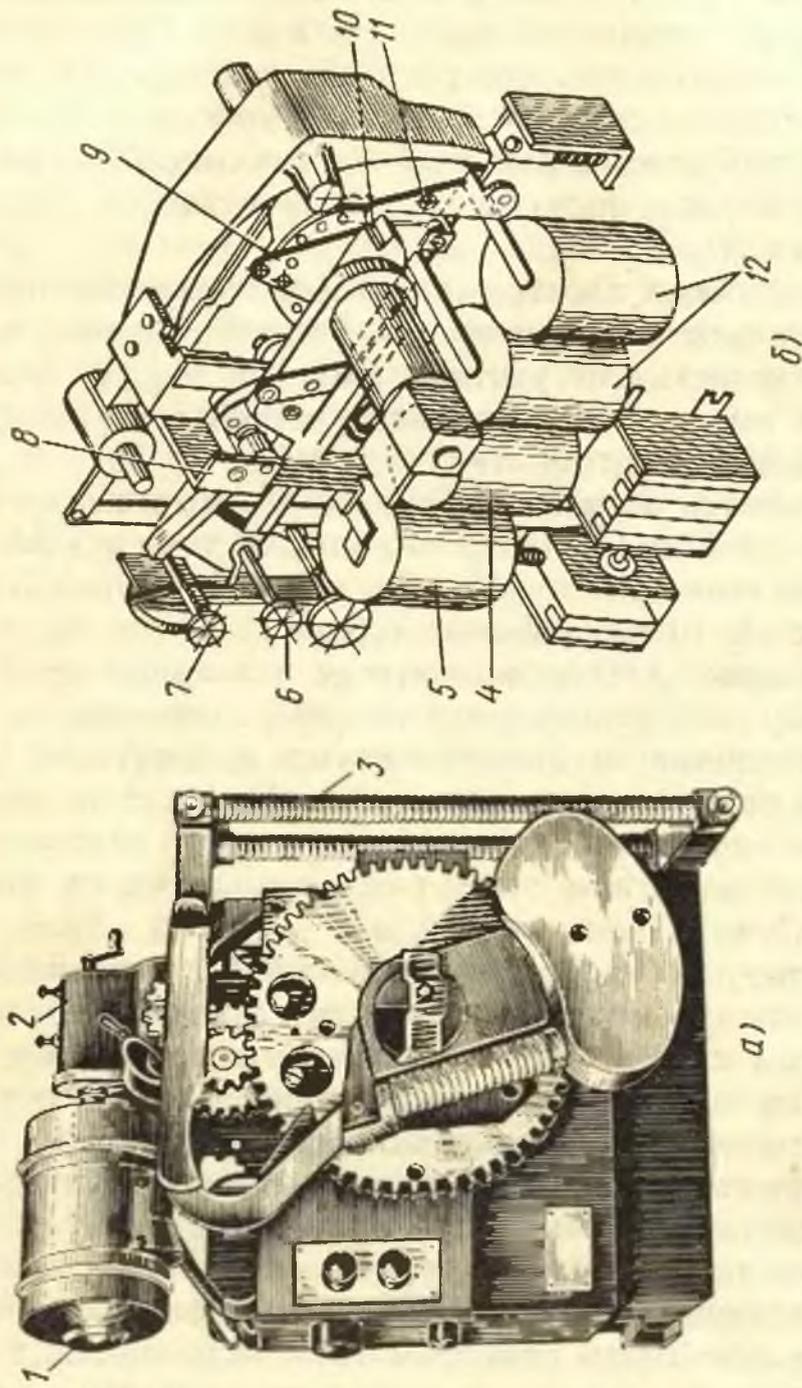


Рис. 38. Универсальный пружинно-грузовой привод УПП:
 а — общий вид, б — кинематическая схема; 1 — электродвигатель, 2 — редуктор, 3 — пружина,
 4, 5 — электромагниты дистанционного управления, 6, 7 — кнопки отключения и включения,
 8—11 — рычаги привода, 12 — электромагниты для релейной защиты

редь действует на механизм отключения привода масляного выключателя.

Приводы с ручным управлением применяют для выключателей внутренней или наружной установки на номинальное напряжение до 35 кВ (ПРБА, ППМ, УПГП, ППР-21).

Масляные выключатели ВМП-10 работают от пружинных, грузовых, пружинно-грузовых и электромагнитных приводов.

Универсальный пружинно-грузовой привод УПГП (рис. 38, а) приводится в действие усилием, создаваемым механически связанными между собой пружинами и грузом. Привод служит для автоматического и дистанционного управления масляными выключателями напряжением 6, 10 и 35 кВ. Его кинематическая схема показана на рис. 37, б.

При ручном управлении выключатель включается нажатием кнопки 7, а отключается кнопкой 6, которые установлены на лицевой стороне привода. На пружину 3 нажимают вручную с помощью съемной раздвижной ручки.

Для дистанционного включения и отключения масляного выключателя в привод встроены электромагниты 4 и 5. В этом случае нажатие на пружину 3 осуществляется с помощью встроенных в привод электродвигателя 1 и редуктора 2.

Устройство привода УПГП предусматривает автоматическое отключение выключателя (мгновенно или с выдержкой времени) импульсом от релейной защиты (без автоматического повторного включения АПВ или с механическим АПВ), отключение выключателя электромагнитами с помощью импульса от релейной защиты с электрическим повторным включением с помощью АПВ (в этом случае механическое АПВ снимается). Автоматическое включение резерва (АВР) осуществляется рычагами 8—11 (механическим способом) или с помощью электромагнитов включения и отключения (электрическим способом).

Наряду с пружинными и грузовыми приводами для дистанционного управления выключателями применяют электромагнитные. В приводах этой конструкции включающий и отключающий механизмы приводятся в действие электромагнитами, которые называют соответственно включающим (ЭВ) и отключающим (ЭО) электромагнитами. Такие приводы могут работать на

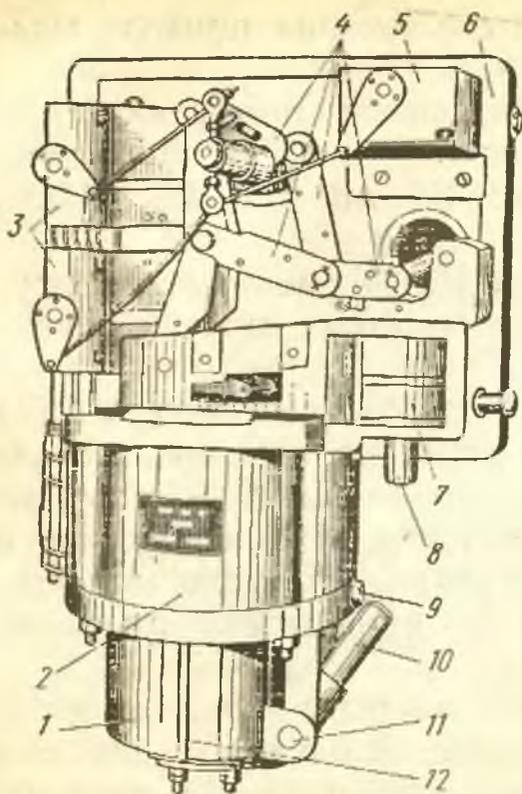


Рис. 39. Электромагнитный привод ПС-10 (кожух снят):

1 — буферный фланец, 2 — стальной цилиндр, 3, 5 — сигнально-блокировочные контакты, 4 — рычажная система механизма привода, 6 — кронштейн (шлита), 7 — отключающий электромагнит, 8 — шток сердечника отключающего электромагнита, 9 — болт заземления, 10 — рычаг ручного управления приводом, 11 — ось (вал), 12 — стяжная шпилька

переменном оперативном и постоянном токе. В последнем случае источником тока служат аккумуляторные батареи.

Движущим органом электромагнитных приводов является электромагнитная катушка с сердечником. При протекании оперативного тока по обмотке катушки сердечник втягивается, создавая необходимое тяговое усилие для включения выключателя.

Промышленностью выпускаются электромагнитные приводы ПС и ПЭ для выключателей внутренней установки и ШПЭ — для наружной.

Привод ПС-10 (рис. 39) состоит из магнитной системы с подвижной частью, механизма и буферного фланца.

В средней части привода между кронштейнами 6 и буферным фланцем 1 смонтирована в стальном цилиндре 2 магнитная система привода. Нижняя часть литого кронштейна служит верхней частью магнитопровода, а верхняя часть буферного фланца — нижней частью магнитопровода. Обмотки включающих электромагнитов имеют одну или две секции с выводами концов на номинальные напряжения 110 и 220 В. Цилиндр, в котором помещена магнитная система, одновременно является кожухом, предохраняющим обмотку включающего электромагнита от механических повреждений, с окном для указания положения выключателя.

Подвижная часть магнитной системы представляет собой стальной цилиндрический сердечник с ввернутым в него штоком 8, который, проходя через отверстие в нижней части кронштейна, воздействует на ролик включающего механизма привода. Для возвращения сердечника в исходное положение на шток надета отжимающая пружина. Электромагнит включения привода соединен с силовой электрической цепью, которая включается и отключается контактором постоянного тока соответствующей мощности. Слева и справа от электромагнита смонтированы сигнальные контакты 3 и 5 с зажимами.

Чугунный буферный фланец 1 с помощью четырех стяжных шпилек 12 вместе с цилиндрическим кожухом магнитной системы притянут к кронштейну привода. Для смягчения ударов сердечника, падающего после включения выключателя, служат резиновые прокладки, расположенные внутри буферного фланца под сердечником. Ось 11 рычага 10 ручного включения вращается в подшипниках, запрессованных в нижней части буферного фланца. Для удобства обслуживания положение рычага можно регулировать, поворачивая этот фланец на 90° . Присоединение привода к выключателю осуществляется соединительной вилкой, расположенной на конце вала механизма привода.

Наиболее совершенный механизм управления имеет электромагнитный привод ПЭ-11, в котором специальные вспомогательные контакты предотвращают явление «прыгания» при включенном выключателе, если в электрической сети происходит короткое замыкание. Это наиболее важная особенность его конструкции, которая упрощает передаточный механизм, облегчает регулировку механизма выключателя с механизмом привода при монтаже и ремонте. Привод ПЭ-11 потребляет на 35—40% меньше энергии по сравнению с приводом ПС-10.

§ 18. Токоограничивающие аппараты и аппараты защиты от перенапряжений

В электроустановках напряжением выше 1000 В в качестве токоограничивающих аппаратов применяют предохранители и реакторы, а в качестве аппаратов защиты от опасных перенапряжений — разрядники.

Предохранители. Эти аппараты используют для

защиты электрооборудования электрических сетей напряжением выше 1000 В от токов короткого замыкания и перегрузок.

Основными техническими характеристиками предохранителей являются номинальное напряжение, номинальный длительный ток, зависимость времени плавления вставки от тока. Их отключающая способность характеризуется номинальным отключаемым током, предельно отключаемым током и разрывной мощностью. Защитным элементом предохранителей является плавкая вставка, включенная последовательно в электрическую цепь защищаемой сети.

Предохранители, обладающие способностью резко уменьшать ток в цепи при коротком замыкании, называют токоограничивающими. Действие предохранителей основано на том, что при прохождении через плавкую вставку токов короткого замыкания или длительного тока перегрузки она чрезмерно перегревается и плавится, переходя сначала в жидкое, а затем в газообразное состояние, в результате чего между контактами образуется электрическая дуга. Длительность горения и скорость ее гашения внутри предохранителей зависят от их конструкции и правильности выбора плавкой вставки. После гашения дуги электрическая цепь полностью разрывается.

Время перегорания плавкой вставки зависит от проходящего через нее тока и называется защитной или токовременной ее характеристикой, которая служит для определения выдержки времени отключения аварийных токов, осуществляя при этом селективную работу предохранителей и релейной защиты электроустановки.

Ток, плавящий вставку, определяется конструкцией предохранителей, физическими данными плавкой вставки (материалом, формой, длиной и поперечным сечением) и температурой окружающего воздуха.

На токовременную характеристику предохранителей влияет также состояние плавкой вставки. Если использовать вставку с оксидной пленкой, у которой из-за этого уменьшилось сечение плавящегося элемента, то ее характеристики окажутся измененными. Плавкая вставка может работать длительное время, если через нее проходит номинальный или меньший электрический ток. При прохождении через предохранители рабочего тока вставка нагревается, но структура ме-

талла не меняется. Ток, который плавкая вставка способна выдержать, не расплавляясь и не перегорая длительное время, называют номинальным током плавкой вставки, а ток, на который рассчитаны токоведущие части предохранителя, — номинальным током предохранителя. Эти токи указывают на токоведущих частях предохранителя и контактных частях плавких вставок.

Наибольший ток, который способен отключить предохранитель при перегорании его плавкой вставки, называют предельно отключаемым током предохранителя. Предельно отключаемый ток плавкой вставки должен быть равен или больше максимального расчетного тока короткого замыкания в цепи, защищаемой предохранителем. Если предохранитель выбран неправильно, длительность горения дуги при перегорании плавкой вставки увеличивается и может привести к разрушению его патрона.

Наибольшая мощность короткого замыкания, которую способен отключить предохранитель при перегорании плавкой вставки без разрушения его патрона, называют разрывной мощностью предохранителя.

Важными показателями предохранителей являются их надежность, стабильность и избирательность, т. е. плавкая вставка предохранителей должна длительное время работать при протекании по ней номинального тока, не перегорать при кратковременных перегрузках, надежно отключать предельный ток без разрушения предохранителей и только тот участок электрической цепи при возникновении в любой ее точке короткого замыкания, который защищает данный предохранитель. В этом случае сработать должен тот предохранитель, который расположен ближе к месту замыкания.

Защищаемые электрические цепи укомплектовывают предохранителями на соответствующие электроустановкам номинальные напряжения и токи. При использовании предохранителей на меньшее номинальное напряжение возможны короткое замыкание и их разрушение. Если использовать предохранители на большее номинальное напряжение и ток, они не обеспечат необходимой защиты и нарушат селективную работу аппаратов и реле защиты, так как имеют характеристики, отличные от защищаемой цепи. Для надежной

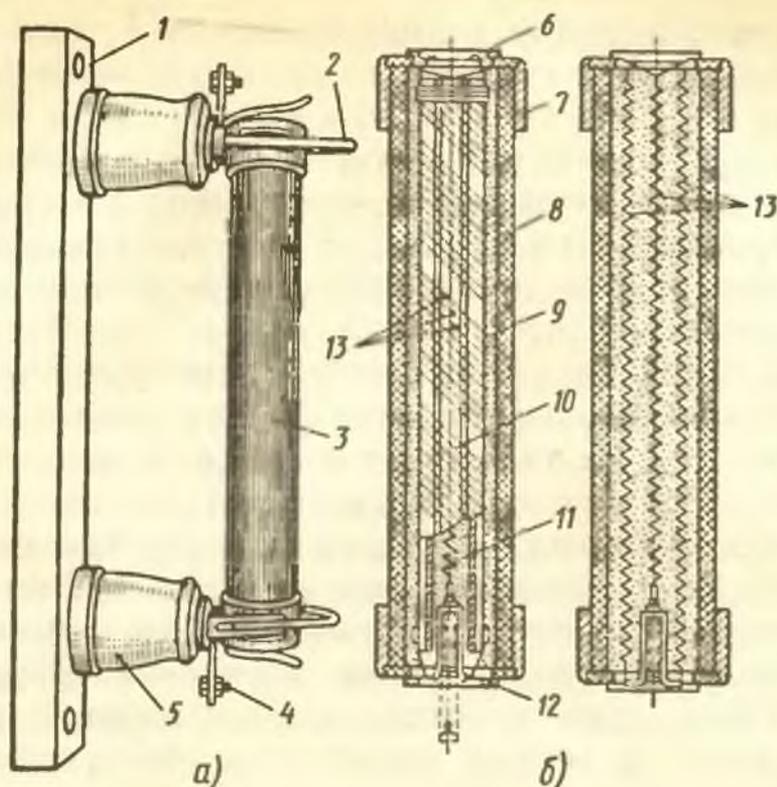


Рис. 40. Высоковольтный предохранитель:

а — общий вид, *б* — патроны предохранителя на керамическом стержне (слева) и без стержня (справа); 1 — плита, 2 — контакт с замком, 3 — патрон, 4 — хвостовик контакта, 5 — опорный изолятор, 6 — крышка, 7 — латунный колпачок, 8 — фарфоровая трубка (кожух), 9 — стержень, 10 — плавкая вставка, 11 — указательная проволока, 12 — указатель срабатывания, 13 — оловянные шарики

работы предохранителей необходимо, чтобы токовременная характеристика их плавкой вставки была несколько ниже характеристики защищаемого объекта.

В закрытых распределительных устройствах напряжением 6 и 10 кВ применяют предохранители ПК и ПКТ.

Для защиты силовых цепей используют предохранитель ПК (рис. 40, *а*), который относится к токоограничивающим аппаратам и представляет собой патрон (рис. 40, *б*) — фарфоровую трубку 8, заполненную кварцевым песком, внутри которой помещена плавкая вставка 10. На концах фарфоровой трубки 8 закреплены латунные колпачки 7 (контакты) с крышками 6. Контакты 7 патронов расположены на двух опорных изоляторах 5, закрепленных на стальной плите 1. Контакты 2 снабжены замками, удерживающими патрон от выпадания при электродинамических усилиях, возникающих при прохождении токов короткого замыкания. Для присоединения шин распределительного

устройства к предохранителю служит хвостовик 4 контакта 2.

Плавкая вставка 10 на номинальный ток до 7,5 А состоит из медных посеребренных проволок, намотанных на керамический сердечник (стержень) 9. При токах выше 7,5 А медные проволоки выполнены в виде спиралей, помещенных непосредственно внутрь фарфоровой трубки. Проволока плавкой вставки на номинальные токи до 7,5 А по всей длине имеет один диаметр, а на токи выше 7,5 А — разные диаметры, т. е. в этом случае используется проволока ступенчатого сечения, что существенно улучшает характеристики предохранителей. При срабатывании предохранителей плавление и испарение таких вставок под действием больших токов происходят одновременно: сначала плавится участок вставки с проволокой меньшего сечения, а затем — с проволокой большего сечения. Вследствие этого уменьшается длина разрываемого участка и снижается перенапряжение, возникающее при перегорании плавкой вставки. Такая конструкция плавкой вставки предохранителей ПК позволяет ограничить перенапряжение до 2,5-кратного значения рабочего напряжения.

При использовании плавких вставок из нескольких параллельных проволок увеличивается не только теплоотдача и уменьшается общее сечение вставок, но и улучшаются условия охлаждения и гашения дуги, возникающей в нескольких параллельных каналах при плавлении и испарении проволок, что ведет к разрыву электрической цепи.

Патроны предохранителей ПК необходимо заполнять сухим, чистым мелкозернистым песком с содержанием кварца около 99%, что обеспечивает быструю деионизацию электрической дуги в пространстве между зернами кварца и проникновение паров металла вставки в песок. Предохранители допускают многократную перезарядку дугогасящего патрона после его срабатывания, при этом спекшийся кварцевый наполнитель заменяют. При замене плавкой вставки следует точно соблюдать длину проволоки, соответствующую данному типу предохранителя, а также расстояние между отдельными проволоками и стенками патрона. Несоблюдение длины проволоки и расстояний приводит к разрушению предохранителя. Трубки с плавкими предохранителями герметически запаивают.

Предохранители для внутренней установки снабжены указателем срабатывания 12, который состоит из металлической втулки, пружины, указательной проволоки 11 и головки с крючком. Втулка со вставленной в нее пружиной закреплена на крышке патрона. Один конец пружины прикреплен к головке указателя крючком, а другой присоединен к втулке. В нормальном рабочем состоянии пружина сжата. Указательная проволока перегорает вслед за плавкой вставкой, освобождает пружину, которая выбрасывается вместе с головкой, сигнализируя о перегорании вставки предохранителя.

Предохранители ПК рассчитаны на наибольшую отключаемую мощность 300 МВ·А и номинальный ток 2; 3,5; 7,5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300 А.

Конструктивно предохранители, изготовленные на разные номинальные напряжения, отличаются длиной патронов, а на разные номинальные токи — еще и диаметрами патронов и колпачков. Предохранители на токи выше 75 А при напряжении 6 кВ и выше 50 А при 10 кВ имеют спаренные патроны, а на токи выше 200 А при напряжении 6 кВ и выше 150 А при 10 кВ — по четыре патрона на каждую фазу.

Для защиты измерительных трансформаторов напряжения применяют предохранители ПКТ и ПКТУ на номинальные напряжения 6, 10, 20 и 35 кВ и наибольшей отключаемой мощностью 1000 МВ·А.

Плавкие вставки предохранителей ПКТ состоят из константановых проволок, намотанных на ребристый стержень. Время отключения их при коротком замыкании составляет тысячные доли секунды. Предохранители ПКТ не имеют указателей срабатывания. Для определения целостности вставок пользуются индуктором или проверяют их включением в цепь напряжения безопасности 6—12 В.

Реакторы. Эти аппараты применяют в электроустановках для ограничения токов короткого замыкания. Они представляют собой многовитковые катушки без сердечника, обладающие большим индуктивным и малым активным сопротивлением. При коротких замыканиях реактор ограничивает ток короткого замыкания в цепи из-за своего значительного индуктивного сопротивления и этим облегчает условия работы электрооборудования и аппаратов подстанции или распределительного устройства. Таким образом, размещаемые за реактором аппараты (трансформаторы тока, разве-

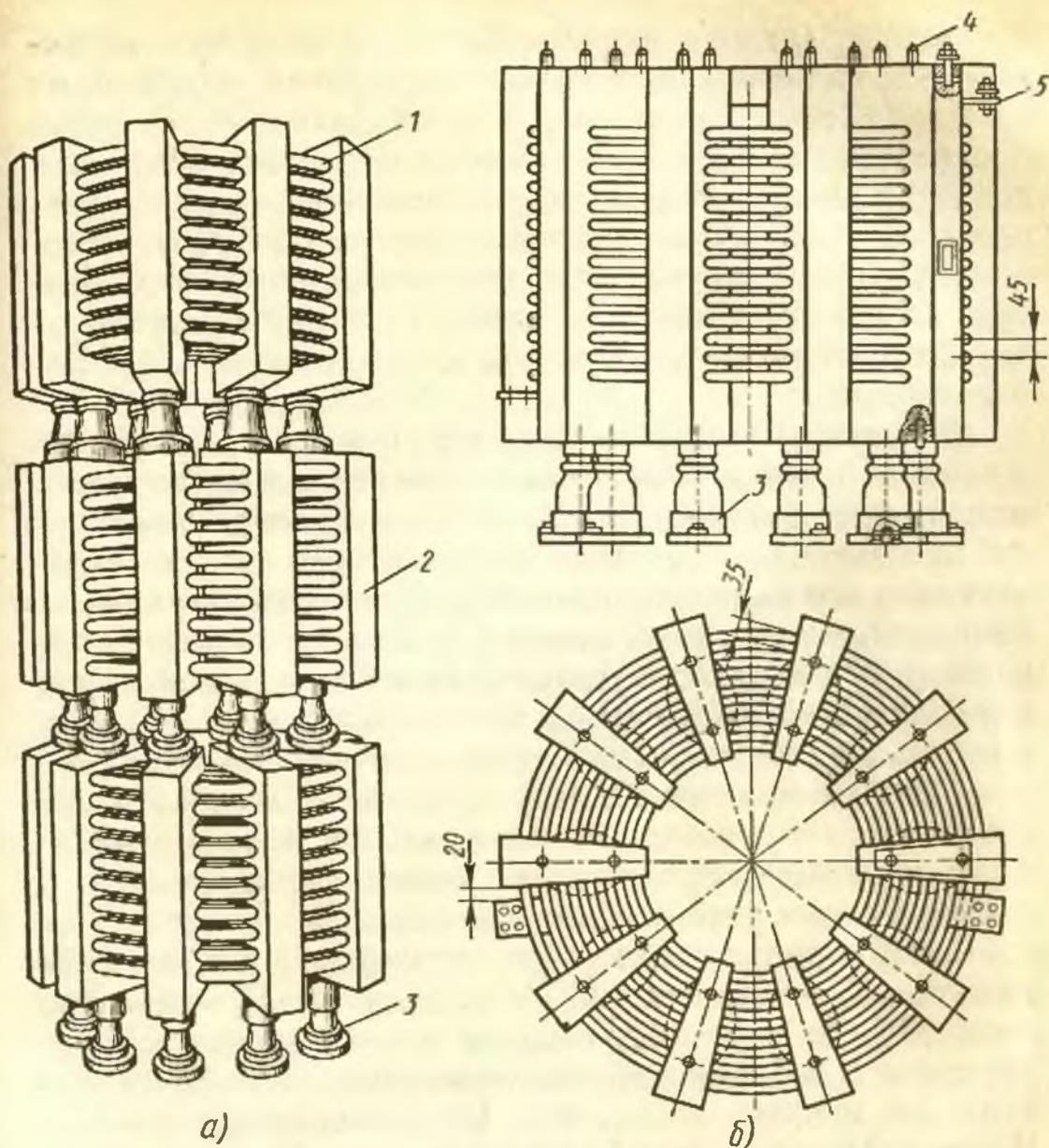


Рис. 41. Бетонный реактор РБ-10 на 10 кВ с вертикальным расположением фаз:

а — общий вид, б — фаза реактора

динители, выключатели) могут иметь характеристики, рассчитанные на меньшие термические и динамические действия токов короткого замыкания. Установка реактора значительно упрощает конструктивное исполнение электрического оборудования и аппаратов распределительных устройств и, кроме того, снижает их стоимость.

Воздушные реакторы применяют на напряжение 6 и 10 кВ с медными (РБ) и алюминиевыми (РБА) обмотками.

Сухой реактор с воздушным охлаждением РБ (рис. 41, а, б) устанавливают на опорные фарфоровые

изоляторы. Он состоит из обмоток 1 и десяти вертикальных радиально расположенных колонок 2, в каждую из которых вставлено по два сквозных стержня 4 с резьбой на концах. К верхним концам стержней крепят фланцы изоляторов вышележащей фазы, а нижние концы ввернуты в головки изоляторов 3. Обмотка с концентрическими витками закреплена в бетонных колонках. Начало и конец обмотки присоединены к контактным зажимам 5, которые заделаны в колонки.

По исполнению реакторы могут быть сухие (сухая изоляция и воздушное охлаждение) и масляные (масляная изоляция и масляное охлаждение обмоток), по назначению — шинные (включаемые между секциями шин и ограничивающие общий ток короткого замыкания всей электроустановки) и линейные (ограничивающие ток короткого замыкания в защищаемой линии и поддерживающие напряжение на определенном уровне в частях электроустановки, расположенных до реактора).

Основными показателями реакторов являются индуктивное сопротивление, номинальное напряжение на фазу, номинальная проходная мощность, динамическая и термическая устойчивость.

Реактор имеет заводскую маркировку фаз по вертикали: В — верхняя, С — средняя и Н — нижняя. Подведенные к реактору шины присоединяют в соответствии с заводскими обозначениями: А1, В1, С1 — входные зажимы и А2, В2, С2 — выходные зажимы. Направления витков обмотки средней фазы и витков обмоток верхней и нижней фаз должны быть противоположными, при этом электродинамическое усилие будет уравновешено.

Учитывая, что реактор создает мощное магнитное поле в помещении, где его устанавливают, предусматривают следующие меры безопасности: расстояние от края реактора до стальных конструкций в камере должно быть не менее половины его диаметра; стальные конструкции и проводники не должны создавать замкнутый контур; опорные изоляторы следует армировать немагнитными материалами, а болты для контактных соединений изготавливать из немагнитной стали или латуни.

Разрядники. Для защиты оборудования распределительных устройств от набегающих по линии волн, а также от перенапряжений, возникающих при изме-

нении схем коммутации электроустановки, применяют вентильные разрядники.

Коммутационные (внутренние) перенапряжения возникают при изменении режима работы электроустановок, например при отключении цепей с большой индуктивностью или емкостью, в момент отключения сети при коротком замыкании, при замыкании на землю одной фазы сети через дугу и т. д. Эти перенапряжения достигают иногда 3—4-кратного значения амплитуды рабочего напряжения установки. Они не превышают испытательных напряжений изоляции электрического оборудования и обычно кратковременны (за исключением дуговых замыканий на землю), а поэтому не очень опасны для оборудования электроустановок.

Атмосферные (внешние) перенапряжения — следствие воздействия на установку прямых грозовых разрядов или напряжений, индуктированных в элементах установки при грозовых разрядах вблизи нее. Они возникают в воздушных линиях электропередачи и поэтому опасны для изоляции всех элементов электроустановки, связанных с воздушными сетями.

Электрооборудование подстанций защищают от атмосферных перенапряжений с помощью разрядников РВП и РВС, которые отводят энергию перенапряжения в землю. Защитное действие разрядников состоит в том, что они снижают амплитуду волны перенапряжения до значения, безопасного для целостности изоляции электроустановки.

Вилитовый (вентильный) разрядник РВП (рис. 42, а) состоит из колонки вилитовых дисков 5, помещенных в фарфоровый корпус 6, а также блока искровых промежутков 4, представляющего собой несколько последовательно соединенных единичных воздушных промежутков, в каждый из которых входят две фигурные шайбы с зажатым между ними кольцом из миканита.

Вилитовые диски, имеющие незначительное удельное сопротивление, изготовляют из зерен карборунда и покрывают очень тонкой пленкой оксида кремния. Колонка вилитовых дисков служит в качестве рабочего сопротивления разрядника. При увеличении приложенного напряжения сопротивление дисков уменьшается. Количество дисков в колонке зависит от номинального напряжения разрядника.

Блок искровых промежутков 4 прижат пружиной 3

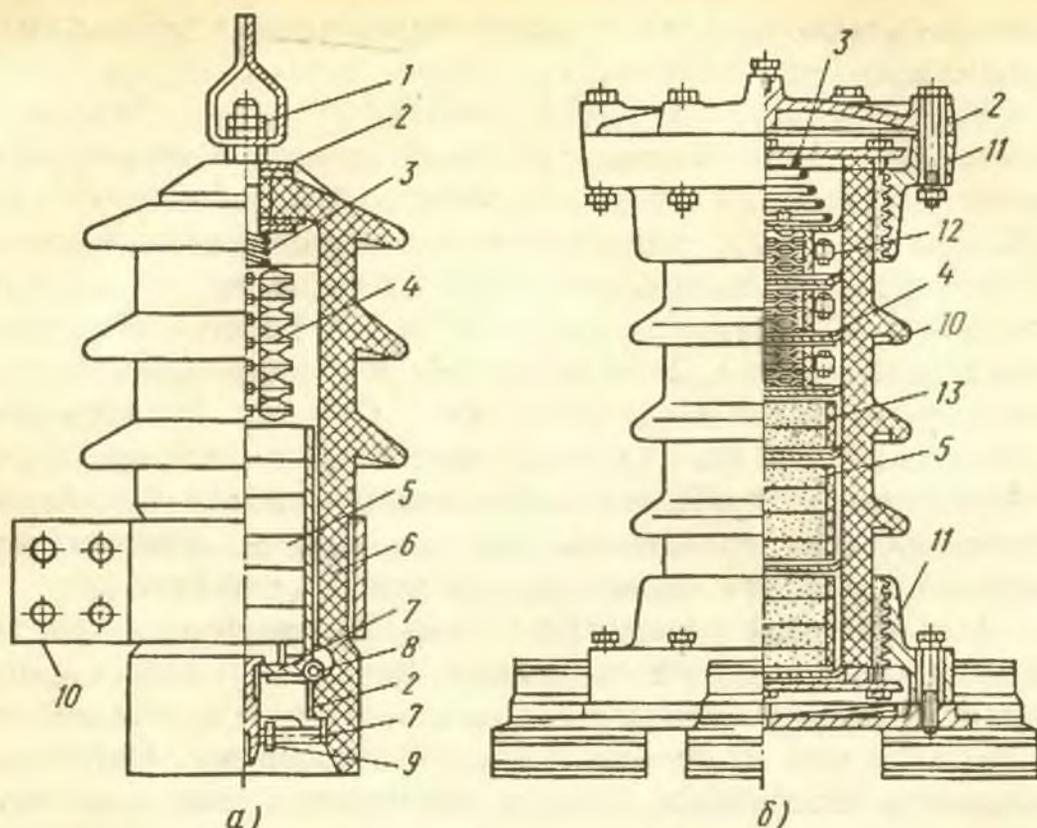


Рис. 42. Подстанционные вентильные разрядники на 10 кВ:

а — РВП, б — РВС; 1 — ввод, 2 — прокладка из резины, 3 — пружина, 4 — искровые промежутки, 5 — вилитовые диски, 6 — фарфоровый корпус (покрышка), 7 — диафрагма, 8 — упор, 9 — заземляющий зажим, 10 — хомут крепления разрядника, 11 — фланцы, 12 — шунтирующие сопротивления, 13 — керамическая обмазка

к верхней части корпуса разрядника. Количество искровых промежутков в блоке зависит от номинального напряжения разрядника.

Защитные свойства вентильных разрядников определяются их вольт-амперной и вольт-секундной характеристиками. Пробивное напряжение разрядников при импульсных напряжениях зависит от вольт-секундной характеристики. Вольт-амперной характеристикой выражается взаимосвязь между импульсным током, проходящим через вентильный разрядник, и остающимся на нем напряжением. Обе характеристики должны быть ниже испытательных напряжений защищаемой изоляции оборудования.

При перенапряжении в сети происходит пробой искрового промежутка. При этом все напряжение будет приложено к колонке вилитовых дисков, сопротивление которых резко уменьшится, и через разрядник пойдет электрический ток, в результате чего линия оказывается заземленной, а напряжение снижается до рабочего (срезается волна перенапряжения). В этот момент

сопротивление возрастает и цепь тока прерывается, а возникшая электрическая дуга гасится в искровом промежутке.

При пробое искрового промежутка за импульсным током волны через него под действием рабочего напряжения проходит так называемый «сопровождающий» ток нормальной частоты, который не только поддерживает горение дуги в разряднике, но и нагревает вилтовые диски до опасных температур, а также может привести к разрушению искровых промежутков и выходу его из строя. Наличие же искрового промежутка прерывает этот ток за один полупериод.

Разрядники РВП не имеют шунтирующих сопротивлений, поэтому их токи утечки очень незначительны и напряжение между искровыми промежутками распределяются неравномерно из-за разности емкостей. Эта неравномерность облегчает пробой разрядника, но отрицательно влияет на его работу при напряжении нормальной (промышленной) частоты, коммутационных перенапряжениях и восстановлении напряжения при разрыве дуги.

Более равномерное распределение напряжения между отдельными искровыми промежутками достигается их шунтированием нелинейными омическими сопротивлениями, хотя в этом случае неравномерным остается распределение импульсных напряжений.

Разрядники РВС (рис. 42, б) отличаются от РВП улучшенной характеристикой за счет омических шунтирующих сопротивлений 12, которые выравнивают распределение напряжения вдоль искровых промежутков. Омические сопротивления изготавливаются из керамики и имеют форму подковы. Небольшие группы искровых промежутков охватываются снаружи этими сопротивлениями.

Разрядники РВС также являются вентильными, поэтому при импульсных токах их сопротивления резко снижаются, в результате чего при малом падении напряжения на сопротивлении через него протекает большой ток.

Разрядники РВП и РВС герметически защищают наружные фарфоровые кожухи с помощью прокладок 2 из озоностойкой резины, диафрагмы 7 и армированных фланцев 11 от проникновения в них атмосферной влаги и пыли, которые значительно ухудшают рабочие характеристики разрядников.

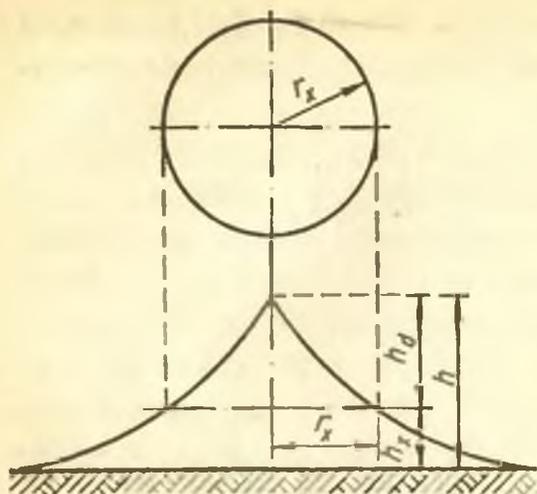


Рис. 43. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода:

h — высота молниеотвода, h_x — высота уровня защиты объекта, h_d — активная высота молниеотвода, r_x — радиус защиты

Для разрядников РВП разрядное напряжение при промышленной частоте и номинальном напряжении 6 кВ составляет 15—21 кВ, при 10 кВ — 23—31 кВ.

Молниеотводы. Защита оборудования распределительных устройств от прямых ударов молнии осуществляется с помощью стержневых молниеотводов, зона защиты которых характеризуется пространством вокруг них. Грозовые разряды возникают по направлению наибольших напряженностей поля между молнией и самыми высокими объектами. Учитывая это, молниеотводы располагают выше сооружений, находящихся вблизи, и практически все разряды молнии в этом случае попадают в их стержни.

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода показана на рис. 43. Для стержневых молниеотводов (их высота h меньше или равна 30 м) отношение высоты ориентировки молнии (в метрах) к высоте молниеотвода H/h является постоянным и равно 20; если $h > 30$ м, то H принимают 600 м.

Стержневые молниеотводы должны иметь надежное заземление с низким сопротивлением. Их устанавливают как отдельно, так и на конструкциях подстанций. Опоры отдельно стоящих молниеотводов изготавливают: в виде стоек из стальных труб одного диаметра; стоек из труб разного диаметра, собранных в виде телескопической конструкции; мачт решетчатой конструкции в сочетании с трубчатыми стойками.

Молниеприемники тросовых молниеотводов выполняют из стального многопроволочного оцинкованного троса сечением не менее 35 мм^2 . Для соединения молниеприемников (стержневых и тросовых) с заземлителями используют токопроводы из полосовой $40 \times 4 \text{ мм}$

или круглой диаметром 6—8 мм стали. Соединение молниеприемников с токопроводами выполняют сваркой или на болтах. Для проверки сопротивления заземлителей растеканию тока на токопроводах на высоте 1—1,5 м от земли делают разъемное соединение.

При эксплуатации необходимо периодически проверять сопротивление заземления молниеотводов и окрашивать их. Сопротивление заземляющего устройства в месте присоединения к нему молниеотвода, установленного на трансформаторном портале, должно быть не более 40 Ом в зоне с радиусом 20 м при грунтах с удельным сопротивлением менее $5 \cdot 10^4$ Ом·см и 30 Ом — при грунтах с большим сопротивлением.

Стойки конструкций, на которых установлены молниеотводы, должны быть присоединены к заземляющему устройству подстанции, причем в месте присоединения путь тока молнии должен быть направлен по четырем лучам к заземляющему контуру, а также созданы дополнительные пути с помощью двух-трех сосредоточенных заземлителей.

Заземлители отдельно стоящих молниеотводов открытых распределительных устройств подстанций можно присоединять к их заземляющему контуру при условии, что расстояние по воздуху от них до токоведущих частей составляет не менее 5 м.

§ 19. Трансформаторы

На электростанциях и подстанциях применяют повышающие и понижающие, двух- и трехобмоточные, трехфазные и однофазные трансформаторы. Чаще всего используют трехфазные трансформаторы на стандартные уровни напряжений и номинальные мощности до нескольких тысяч киловольт-ампер (кВ·А).

Выпускаются трансформаторы мощностью до 7500 кВ·А с естественным масляным охлаждением, а более крупные — мощностью 10 000 кВ·А и выше с естественным масляным и форсированным воздушным охлаждением — с обдуванием масляного бака вентиляторами. Реже применяют трансформаторы большей мощности с принудительной циркуляцией и водяным охлаждением масла или с принудительной циркуляцией масла через воздушные охладители. Изготавливаются также сухие трансформаторы (без масла) напряжением до 13,8 кВ с естественным воздушным охлаждением, ко-

торые мощностью до 750 кВ·А выпускаются для работы в закрытых помещениях на трансформаторных подстанциях промышленных предприятий, в установках для собственных нужд электростанций и подстанций.

Достоинством сухих трансформаторов является их пожаробезопасность.

При установке трансформатора с естественным масляным охлаждением в закрытом помещении предусматривают непрерывную вентиляцию, обеспечивающую отвод нагретого и доступ холодного воздуха. Разность температур входящего и выходящего воздуха не должна превышать 15°C при номинальной загрузке трансформатора.

Температуру масла в трансформаторах мощностью до 1000 кВ·А обычно измеряют ртутным термометром, который устанавливают на их крышках в гильзе (кармане) со стороны выводов низкого напряжения. Гильзу заливают трансформаторным маслом для уменьшения перепада температур.

На трансформаторах мощностью выше 1000 кВ·А закрепляют два термометра: ртутный и манометрический, расположенный на уровне 1,5 м от земли. На трансформаторах большей мощности кроме указанных имеются термометры сопротивления для дистанционного измерения температуры масла непосредственно со щита управления. При измерении температуры масла следует учитывать, что в трансформаторах с естественным охлаждением масла и трансформаторах с дутьем при номинальных нагрузках средняя температура обмотки выше температуры верхних слоев масла на $10\text{—}15^{\circ}\text{C}$, а в трансформаторах с принудительной циркуляцией масла — на $20\text{—}30^{\circ}\text{C}$. На разных уровнях температура масла в одном и том же трансформаторе также неодинакова. Так, если в верхних слоях она достигает 80°C , в нижних составляет $30\text{—}35$, а в средних — $65\text{—}70^{\circ}\text{C}$.

Во время работы трансформатора теплота, выделяемая обмотками и магнитопроводом, при естественном масляном охлаждении нагревает масло, а далее через стенки бака, радиаторы и крышку передается окружающему воздуху.

При естественном охлаждении нагретое масло внутри трансформатора как более легкое поднимается вверх, а охлажденное в радиаторах и у стенок опускается вниз. При принудительном охлаждении нагре-

тое масло забирается из верхней части трансформатора, прогоняется насосом через водяной охладитель и поступает в нижнюю часть трансформатора. Систему охлаждения в трансформаторах с масловодяным охлаждением тщательно уплотняют во избежание подсоса воздуха и попадания его в них. При отключении системы охлаждения температура трансформаторов быстро повышается, поэтому их оборудуют специальной сигнализацией, срабатывающей при возникновении каких-либо повреждений в системе принудительного охлаждения.

Основные параметры трансформаторов — номинальные напряжения их обмоток и мощность.

Силовые трансформаторы имеют обозначения, состоящие из букв и цифр. Первая буква указывает на число фаз (О — однофазный, Т — трехфазный), вторая — на вид охлаждения (М — масляное естественное, Д — масляное с дутьевым охлаждением и естественной циркуляцией масла, ДЦ — масляное с дутьевым охлаждением и принудительной циркуляцией масла, МВ — масловодяное охлаждение с естественной циркуляцией, Ц — масловодяное охлаждение с принудительной циркуляцией масла, С, СЗ, СГ — естественное воздушное охлаждение соответственно при открытом, закрытом и герметизированном исполнениях, Н — естественное охлаждение негорючим жидким диэлектриком у трансформаторов с заполнением негорючими диэлектриками, НД — охлаждение негорючим жидким диэлектриком с принудительным дутьем), третья — на количество обмоток (Т — трехобмоточный, при двух обмотках буква отсутствует), четвертая — на выполнение одной из обмоток с устройством регулирования напряжения под нагрузкой (РПН). Цифры в обозначении трансформаторов дают в виде дроби, в числителе которой приведена номинальная мощность (кВ·А), а в знаменателе — высшее напряжение обмоток (кВ). Например, число 10 000/35 обозначает, что номинальная мощность трансформатора 10 000 кВ·А и обмотка высшего напряжения рассчитана на напряжение 35 кВ.

Таким образом, обозначение ТМ-100/6 расшифровывается так: трехфазный, с естественным масляным охлаждением, номинальной мощностью 100 кВ·А и напряжением обмотки высшего напряжения 6 кВ; ТДТН-15000/35 — трехфазный, с дутьевым охлаждением, трехобмоточный с регулировкой напряжения под

нагрузкой, мощностью 15 000 кВ·А и напряжением 35 кВ.

В зависимости от мощности и класса изоляции обмоток высокого напряжения трансформаторы изготовляют шести габаритов: *I габарит* — мощностью от 0,5 до 100 кВ·А на напряжение до 35 кВ; *II габарит* — мощностью от 160 до 630 кВ·А на напряжение до 35 кВ; *III габарит* — мощностью от 1000 до 6300 кВ·А на напряжение до 35 кВ, *IV габарит* — мощностью 10 000 кВ·А и выше на напряжение до 35 кВ, а также мощностью до 100 000 кВ·А на напряжение от 35 до 110 кВ; *V габарит* — мощностью более 100 000 кВ·А на напряжение от 35 до 110 кВ, а также на напряжение 150—330 кВ независимо от мощности; *VI габарит* — на напряжение 400 кВ и выше независимо от мощности. Выпускаются трансформаторы стандартных мощностей 10, 16, 25, 40, 63 кВ·А с увеличением каждого из этих значений в 10, 100, 1000 и 10 000 раз.

Силовой двухобмоточный трансформатор с естественным масляным охлаждением (рис. 44) представляет собой статический, т. е. не имеющий вращающихся частей, аппарат, с помощью которого переменный ток одного напряжения преобразуется в переменный ток более высокого или более низкого напряжения.

Основными частями этого трансформатора являются остов магнитопровода 6, обмотка 3, бак 1 и крышка 11 с установленными на ней арматурой и приборами.

Остов магнитопровода трансформатора набирают из пластин (они выполнены из специальной электротехнической стали) толщиной 0,35 или 0,5 мм. Части остова собирают в жесткую конструкцию из трех вертикальных стержней с верхним 5 и нижним 2 ярмами с помощью стяжных шпилек и прессующих консолей, образуя замкнутый контур. Листы стали изолируют тонкой бумагой, лаком или теплостойким покрытием на основе жидкого стекла или окаины, которая образуется при отжиге холоднокатаной стали. С помощью шпилек и ярмовых балок из швеллеров пластины остова магнитопровода плотно спрессовывают, а для снижения потерь в стали и устранения местных нагревов магнитопровода шпильки и балки изолируют.

Трансформаторы новых серий собирают по прогрессивной бесшпильечной технологии, что позволяет избежать увеличения местного нагрева и потерь в стали. Шихтовку остова магнитопровода в этом случае выпол-

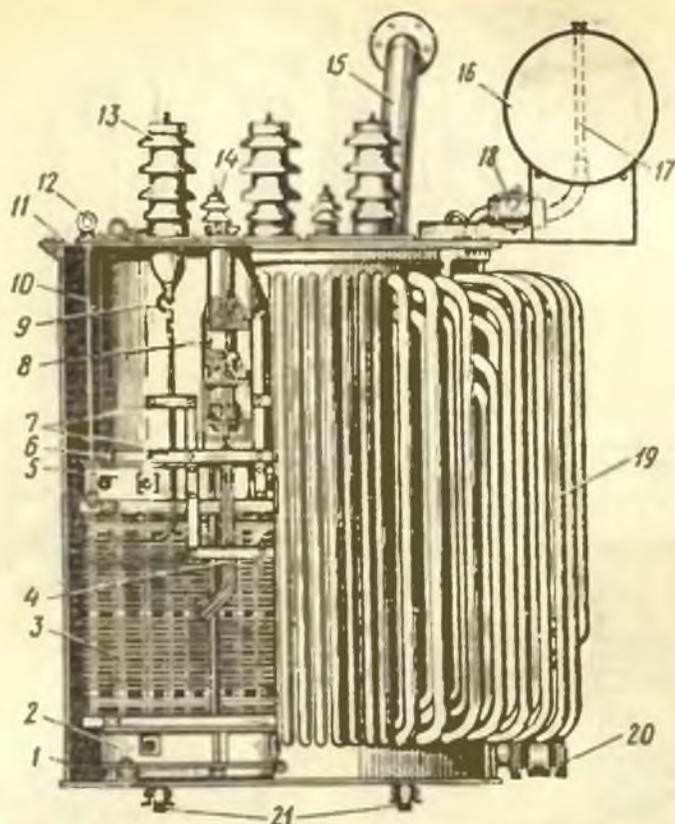


Рис. 44. Силовой трехфазный трансформатор мощностью 1000 кВ·А с масляным охлаждением:

1 — бак, 2, 5 — нижняя и верхняя ярмовые балки магнитопровода, 3 — обмотка высокого напряжения, 4 — регулировочные отводы к переключателю, 6 — магнитопровод, 7 — деревянные планки, 8 — переключатель, 9 — отвод от обмотки высокого напряжения, 10 — подъемная шпилька, 11 — крышка бака, 12 — подъемное кольцо (рым), 13, 14 — вводы высокого и низкого напряжения, 15, 19 — выхлопная и циркуляционные трубы, 16 — расширитель (консерватор), 17 — маслоуказатель, 18 — газовое реле, 20 — маслоспускной кран, 21 — катки

няют с учетом меньшего магнитного сопротивления цепи потока. Стыки пластин текстурованной стали делают косыми (рис. 45, а) для использования направленности ее магнитных полей. Площадь поперечного сечения косого стыка больше, а индукция в зазоре меньше, чем в прямом стыке, в результате чего уменьшается ток холостого хода, который пропорционален индукции в зазоре.

Прессовку магнитопровода осуществляют с помощью внешних (не проходящих в пакете стали) шпилек 5 (рис. 45, б) и нажимных винтов 7 для стягивания ярмовых балок. При этом используют стальные ленточные бандажи с пряжками для прессовки стержней 3 остова (рис. 45, в) магнитопровода. Для более плотной компоновки остова магнитопровода с обмотками его сечение выполняют в виде многоступенчатого многоугольника, приближая к круглому.

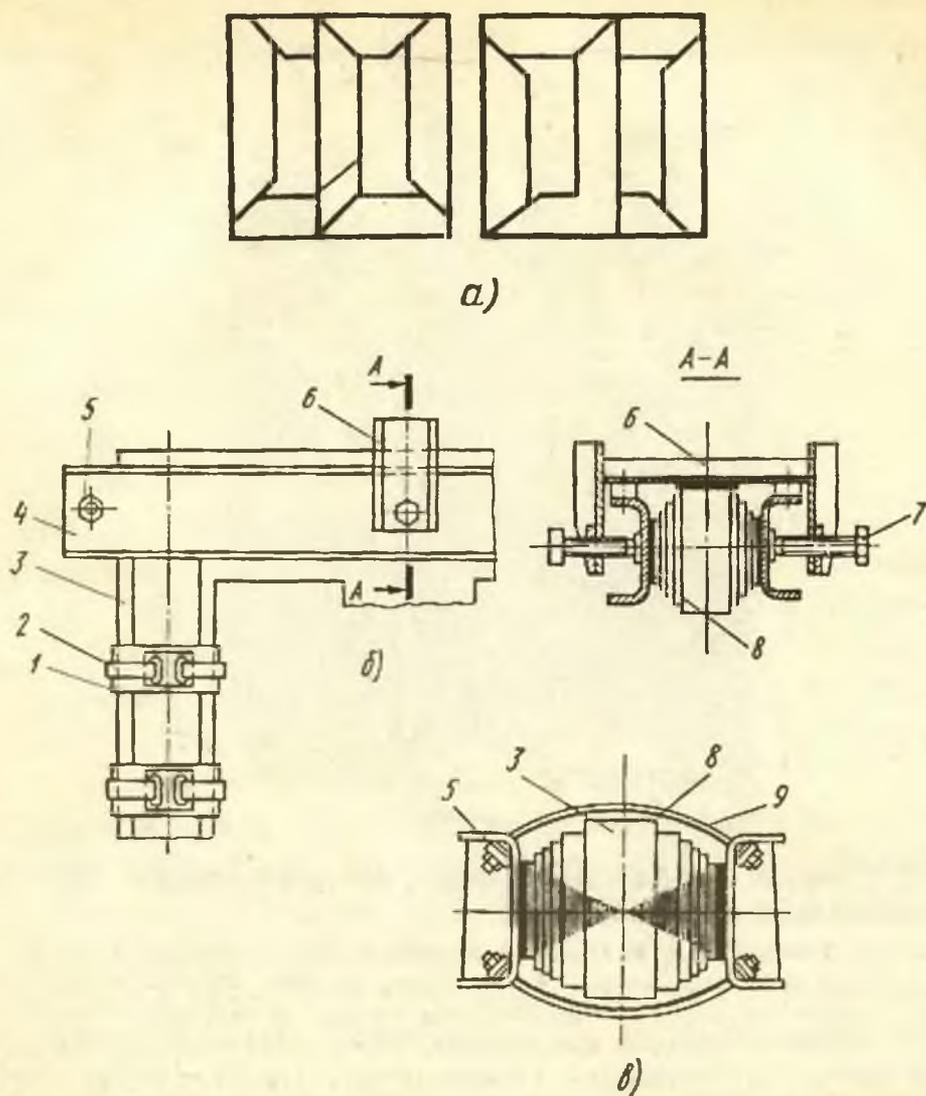


Рис. 45. Прессовка бесшпильчатого магнитопровода трансформатора: а — схема шихтовки, б — способ прессовки ярма, в — устройство прессовки стержней; 1 — подмотка из электрокартона, 2 — стальной бандаж с пружинкой, 3 — стержень, 4 — ярмо, 5 — внешняя стяжная шпилька, 6 — прессовочная скоба, 7 — нажимной винт, 8 — электрокартонная прокладка, 9 — стальной ленточный полубандаж

Магнитопровод, являясь активной частью трансформатора, помещается в металлический бак, который предохраняет его обмотки и другие детали от повреждений. Бак служит также резервуаром для трансформаторного масла и образует поверхность охлаждения для отвода теплоты от обмоток и стали магнитопровода.

Обмотки трансформаторов изготовляют из электротехнической меди или алюминия прямоугольного или круглого сечения. Трансформаторы с алюминиевыми обмотками имеют большую высоту магнитопровода и соответственно несколько большую массу, чем трансформаторы с обмотками из меди. Обмотки бывают цилиндрические и дисковые и отделяются от остова

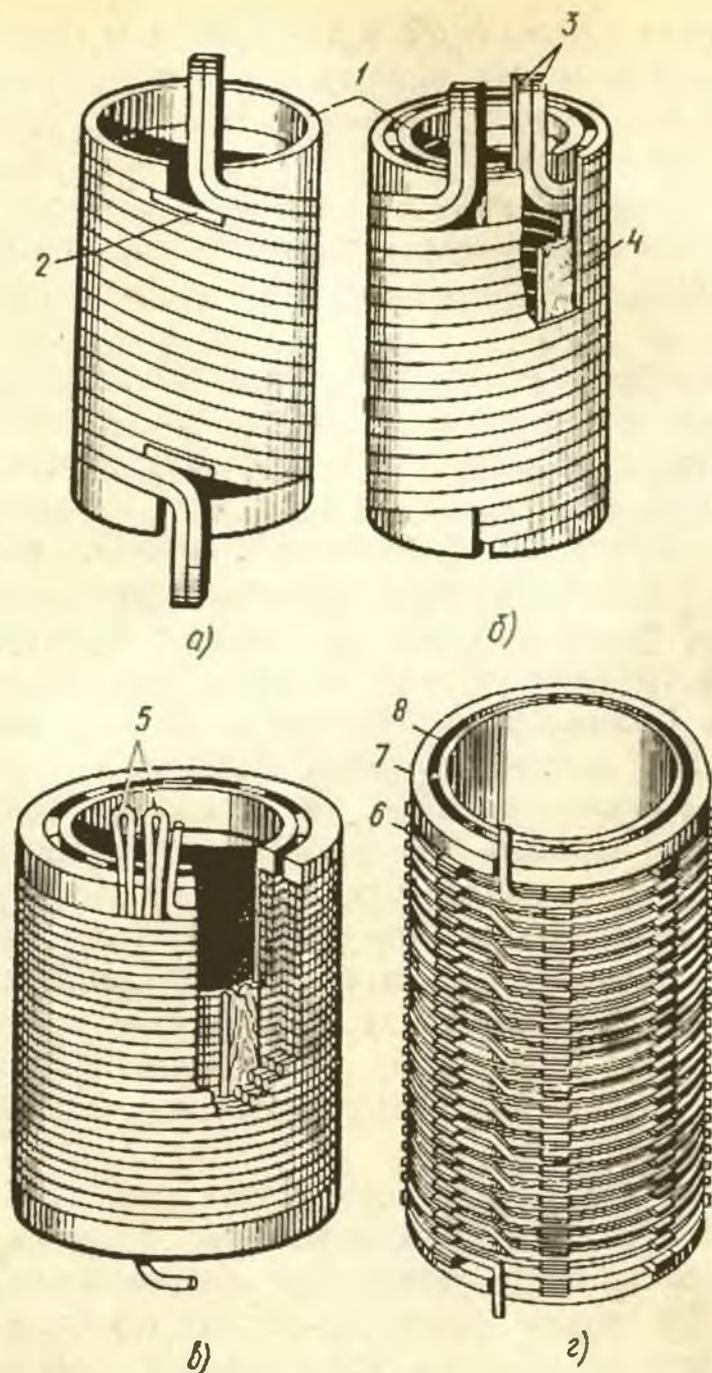


Рис. 46. Цилиндрические обмотки силовых трансформаторов:
a — однослойная, *б* — двухслойная, *в* — многослойная, *г* — непрерывная;
 1, 8 — выравнивающие и опорное изоляционное кольца, 2, 6 — коробочка
 и прокладки из электрокартона, 3 — конец первого слоя обмотки, 4 — планка
 из бука, 5 — отводы для регулирования напряжения, 7 — бумажно-
 бакелитовый цилиндр

магнитопровода, друг от друга и стенок бака с помощью цилиндров из изолирующего материала.

Наиболее распространенными в трансформаторах являются цилиндрические обмотки, выполняемые из круглых или прямоугольных проводов с изоляцией из хлопчатобумажной пряжи.

Однослойная цилиндрическая обмотка (рис. 46, *a*)

наматывается в один слой, а двухслойная (рис. 46, б) — в два слоя одним или несколькими проводами по винтовой линии. Концы проводов обмотки располагают на ее противоположных торцах. Одно- и двухслойные обмотки применяются в качестве обмоток низкого напряжения в трансформаторах мощностью до 630 кВ·А и могут иметь в каждом витке до четырех параллельных проводов.

Многослойную цилиндрическую обмотку (рис. 46, в) изготавливают из круглого провода, намотанного на бумажно-бакелитовый цилиндр. При большом количестве слоев обмотку выполняют в виде двух катушек, между которыми имеется вертикальный канал, образуемый планками из буковой или дубовой древесины или из нескольких слоев полосок склеенного электрокартона. Такая конструкция обеспечивает хороший отвод теплоты для охлаждения обмоток. Между их слоями прокладывают листы кабельной бумаги.

Многослойная обмотка не обладает достаточной механической прочностью к осевым усилиям, но зато проста в изготовлении. Для придания большей механической прочности обмотку обматывают лентой (киперной или тафтяной), затем пропитывают глифталевым лаком и запекают при температуре около 100° С. Такие обмотки применяют в качестве обмоток высокого напряжения в трансформаторах мощностью до 630 кВ·А.

В трансформаторах мощностью выше 1000 кВ·А чаще всего используют непрерывные обмотки без разрывов и паяк из последовательно соединенных секций — катушек. Для таких обмоток служат плоские провода.

Непрерывная обмотка представляет собой плоские провода, намотанные на рейки, которые уложены по периметру бумажно-бакелитового цилиндра 7 на некотором расстоянии друг от друга. Эти промежутки между рейками образуют вертикальные каналы охлаждения, а горизонтальные каналы создаются с помощью пакетов из нанизанного на проваренные в масле деревянные планки электротехнического картона 6 (рис. 46, г). Обмотки имеют жесткий каркас, обладают большой механической прочностью и применяются в качестве обмоток низкого и высокого напряжения в силовых трансформаторах.

Баки для масляных силовых трансформаторов обычно изготавливают из листовой стали овальной (реже прямо-

угольной) формы, гладкими, ребристыми, трубчатыми и с радиаторами. Для удобства перемещения в пределах подстанции их устанавливают на катки. Трансформаторы мощностью до 50 кВ·А имеют баки овальной формы с гладкими стенами, так как количество теплоты, которое надо отвести, очень мало. Баки трансформаторов мощностью выше 50 кВ·А снабжают циркуляционными трубками круглого или овального сечения, чтобы увеличить отвод теплоты и улучшить охлаждение трансформатора, а более мощных трансформаторов — патрубками и фланцами для присоединения радиаторов, которые принудительно охлаждаются с помощью вентиляторов.

Бак закрывают съемной крышкой, которую притягивают болтами. Между крышкой и баком установлена герметическая прокладка из маслоупорной резины, а на крышке бака размещены вводные изоляторы, термометр, пробивной предохранитель, переключатель отводов обмотки для регулирования напряжения, расширитель, газовые реле и предохранительная труба.

В трансформаторах мощностью до 1000 кВ·А применяют стеклянный термометр со шкалой от -20 до $+100^{\circ}\text{C}$, а мощностью выше 1000 кВ·А — термометрический сигнализатор ТС-100, который служит не только для измерения температуры масла, но и при повышении ее сверх допустимой посылает импульс тока на звуковое сигнальное устройство для предупреждения обслуживающего персонала или на устройство, отключающее трансформатор.

В качестве вводных изоляторов на трансформаторах служат армированные проходные фарфоровые изоляторы, через которые с помощью медных штырей присоединяют обмотку к аппаратам распределительного устройства.

Пробивной предохранитель применяют для безопасного обслуживания трансформаторов, а также защиты электрических низковольтных аппаратов от высокого напряжения при случайном соединении обмоток высокого и низкого напряжения из-за пробоя изоляции между ними или их отводами. При появлении высокого потенциала на обмотках низкого напряжения воздушные промежутки такого предохранителя пробиваются и обмотка низкого напряжения заземляется.

Переключатели отводов обмотки, регулирующие напряжение, служат для изменения соотношения вит-

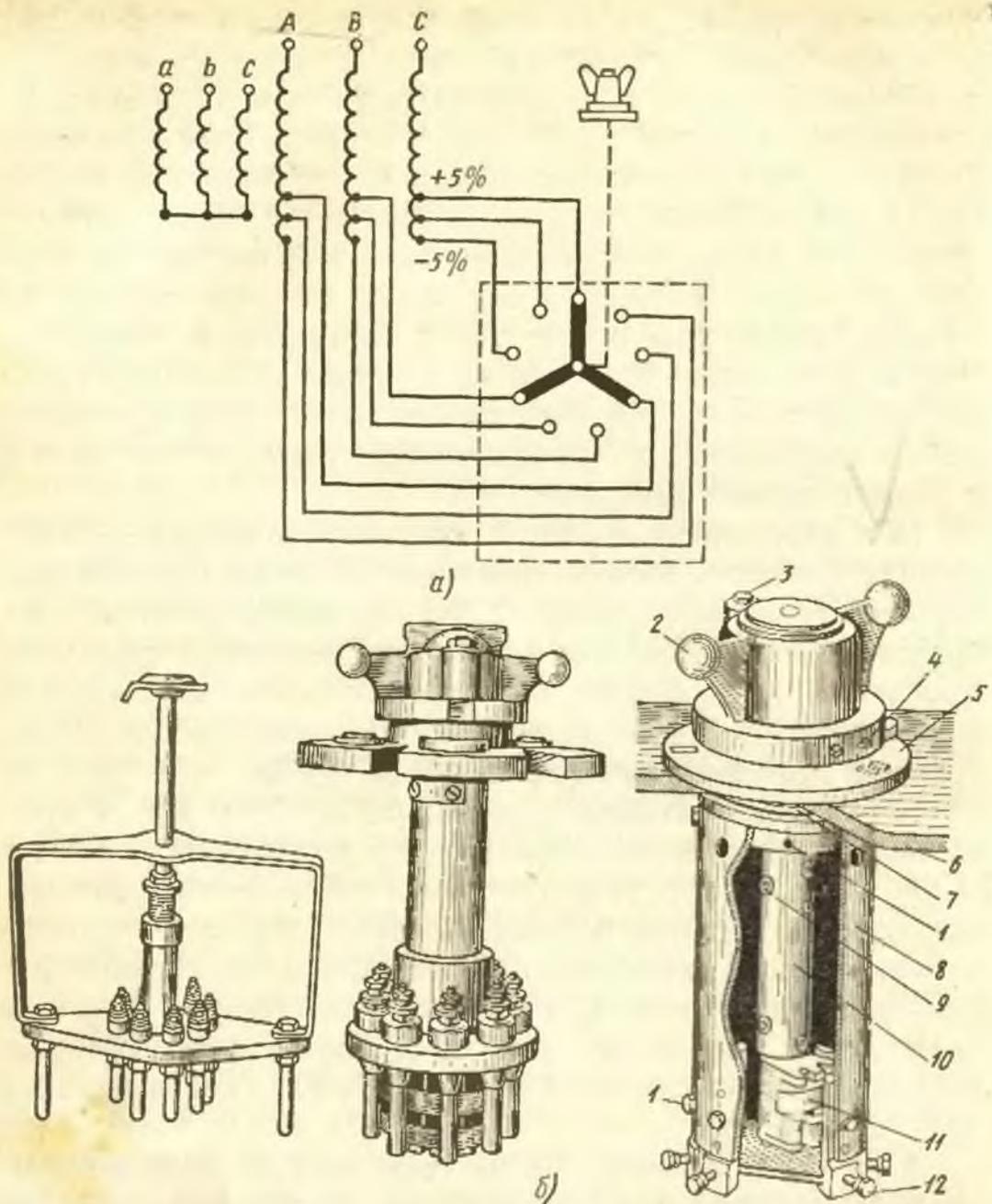


Рис. 47. Переключатели отводов обмоток трансформаторов:

а — схема, б — конструкция переключателей серии ТПСУ; 1, 9 — болты крепления цилиндра и трубки, 2 — колпак привода, 3 — стопорный болт, 4 — указатель положения, 5 — фланец, 6 — крышка трансформатора, 7 — резиновое уплотнение, 8 — бумажно-бакелитовый цилиндр, 10 — бумажно-бакелитовая трубка, 11 — сегментный контакт, 12 — неподвижный контакт с болтом

ков обмоток высокого и низкого напряжения (т. е. коэффициента трансформации) в пределах $\pm 5\%$ и позволяют поддерживать на определенном уровне напряжение при его отклонении.

Переключатель напряжения (рис. 47, а, б) состоит из бумажно-бакелитового цилиндра 8, в котором закреплены неподвижные контакты 12 и бумажно-бакели-

товая трубка 10 с установленными на ней подвижными сегментными контактами 11. Конец трубки 10 выведен за пределы крышки 6 трансформатора и соединен с колпаком 2, снабженным указателем положения 4 переключателя, стопорным фиксирующим болтом 3. Для переключения в другое положение необходимо вывернуть этот болт и повернуть колпак на 120° .

В трансформаторах применяют и другие переключатели напряжения, но их действие основано на одном принципе, а отличаются они друг от друга только конструкцией отдельных деталей.

Расширитель служит для постоянного заполнения бака трансформатора маслом при колебаниях внешних температур и защищает его от увлажнения и окисления.

Газовое реле применяют для подачи сигнала дежурному персоналу или отключения трансформатора при внутренних повреждениях, вызывающих местный перегрев стали или обмоток.

При серьезных повреждениях трансформатора образовавшееся большое количество газов отводится в атмосферу с помощью предохранительной трубы, один конец которой крепится болтами к крышке бака трансформатора, а другой закрыт мембраной из стекла или фольги. Под действием давления образовавшихся газов масло прорывает мембрану и выбрасывается наружу, предотвращая взрыв бака.

На щитке, установленном на каждом трансформаторе, указаны технические данные последнего: тип, мощность, напряжения (номинальные, ответвлений обмоток, короткого замыкания), число фаз, схема и группа соединения обмоток, частота тока, режим работы (длительный или кратковременный), способ охлаждения, род установки (внутренняя, наружная), масса, а также год выпуска трансформатора, его заводской номер, завод-изготовитель. Заводской номер выбит на баке под щитком, на крышке трансформатора у фазы А обмотки высокого напряжения и на верхней полке прессующей балки магнитопровода.

✓ *Измерительные трансформаторы* тока и напряжения изолируют электрические приборы от напряжения электроустановки и обеспечивают безопасное производство работ при соприкосновении персонала с измерительными приборами. При наличии измерительных трансформаторов можно устанавливать измерительные и контрольные приборы на значительном расстоянии от пер-

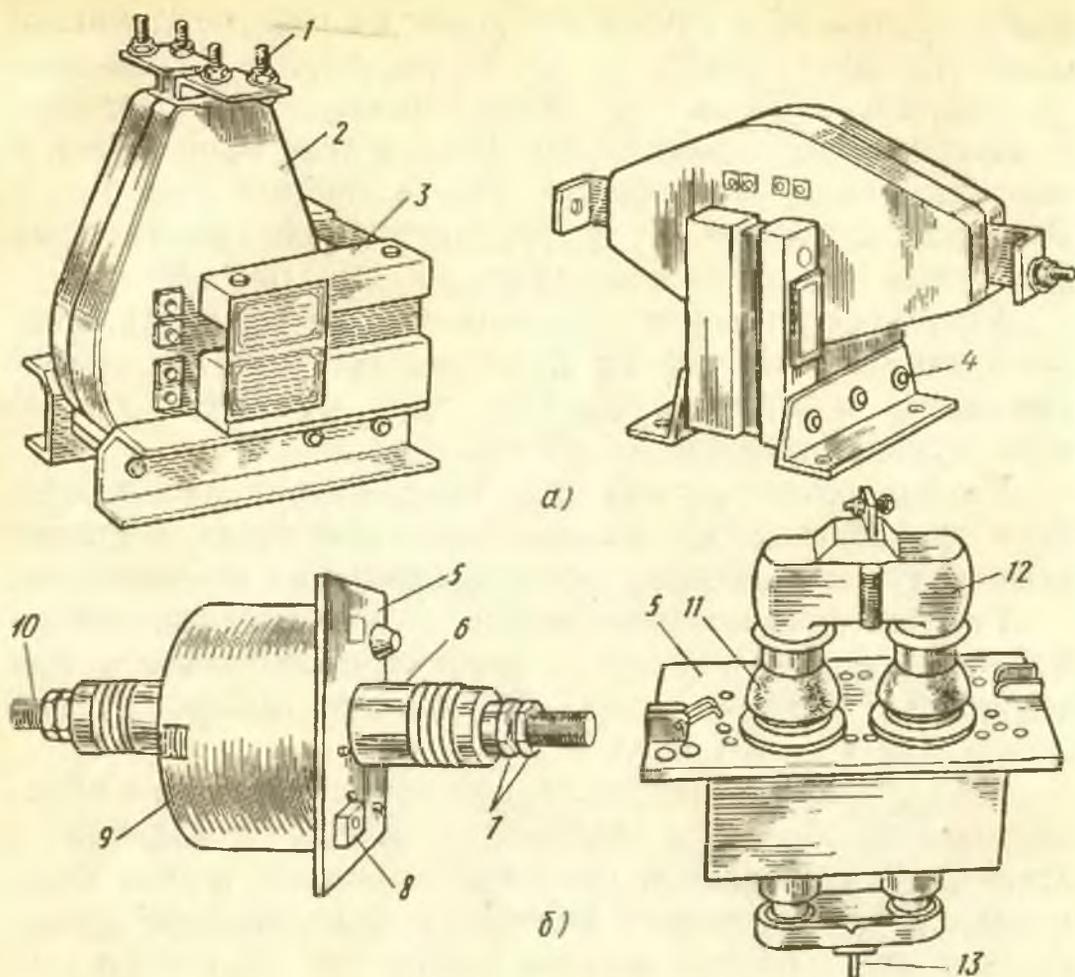


Рис. 48. Трансформаторы тока напряжением 10 кВ:

a — опорные ТКЛ и ТПЛ с литой защитной изоляцией, *б* — проходные одновитковый ТПОФ и многовитковый ТПФМ; *1, 13* — высоковольтные выводы, *2* — литая изоляция, *3* — сердечник, *4* — болт заземления, *5* — фланец, *6* — фарфоровая втулка, *7* — гайка для присоединения шин, *8* — выводы вторичной обмотки, *9* — кожух, *10* — токопроводящий стержень, *11* — изолятор, *12* — концевая коробка

вичных электрических цепей и монтировать их в одном месте (на щите, пульте управления), что создает удобства для наблюдения и контроля.

Трансформаторы тока применяют в установках переменного тока для обеспечения питания последовательно включенных в цепь катушек измерительных приборов и реле защиты. Вторичные обмотки трансформаторов тока понижают ток первичной цепи до значений, которые можно непосредственно измерять с помощью приборов, имеющих обычную изоляцию.

Трансформаторы тока подразделяют на пять классов точности (от 0,2 до 10). Трансформаторы тока класса точности 0,2 применяют только для лабораторных измерений, класса 0,5 — для присоединения электросчетчиков, классов 1 и 3 — для щитовых измерительных

приборов, классов 0,5; 1; 3 и 10 — для приборов релейной защиты. Класс точности характеризует погрешность трансформаторов тока при номинальных токах. Трансформаторы тока изготавливают на номинальные первичные токи от 5 до 10 000 А и вторичные — 1 и 5 А.

Запрещается включать трансформаторы тока с разомкнутой вторичной цепью, так как при размыкании вторичной обмотки намагничивающая сила ее равна нулю. В связи с этим результирующая намагничивающая сила резко увеличивается, поскольку она равна намагничивающей силе первичной обмотки, и напряжение на зажимах вторичной обмотки может достигать нескольких тысяч вольт, что опасно для обслуживающего персонала и изоляции аппарата.

Трансформатор тока (рис. 48, а, б) состоит из замкнутого сердечника, выполненного из тонких листов электротехнической стали, и двух обмоток — первичной и вторичной. Первичную обмотку трансформатора тока включают последовательно в контролируемую электрическую цепь, а к вторичной обмотке присоединяют токовые катушки контрольных и измерительных приборов.

По признаку устройства первичной обмотки трансформаторы тока подразделяют на одновитковые (стержневые, шинные, встроенные) и катушечные, которые изготавливают с изоляцией из фарфора, эпоксидной смолы и бумаги, пропитанной маслом. Трансформаторы тока выполняют электродинамически и термически устойчивыми.

В обозначение трансформаторов тока входят буквы и цифры, которые означают: Т — трансформатор тока, П — проходной (при отсутствии буквы — опорный), О — одновитковый, М — многovitковый, Л — с литой, Ф — с фарфоровой изоляцией, цифры после букв — номинальное напряжение.

На паспортной табличке трансформатора тока указывается: завод-изготовитель, тип, год выпуска и заводской номер, номинальное напряжение и частота, номинальный коэффициент трансформации, для каждого сердечника — класс точности или исполнение для релейной защиты и вторичная нагрузка для данного класса точности, кратность термической устойчивости или динамическая устойчивость.

Трансформаторы напряжения выполняют одно- и трехфазными (рис. 49, а, б), сухими и масляными. Трехфазные трансформаторы бывают трех- и пятистержневые.

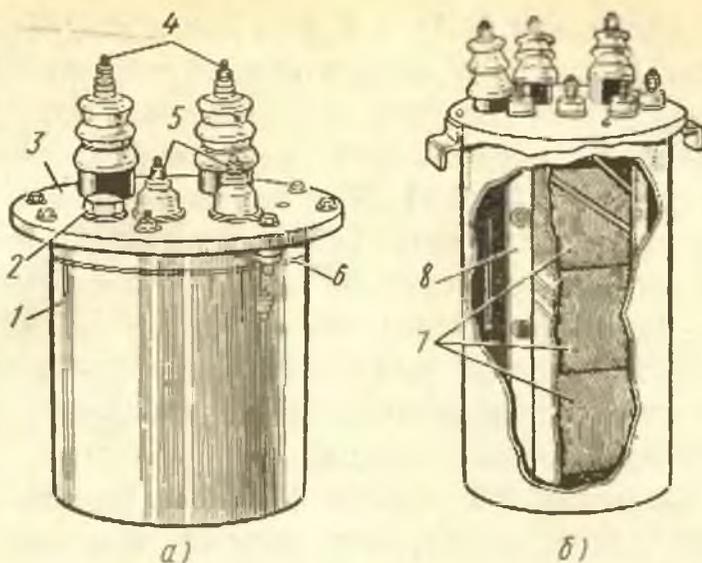


Рис. 49. Трансформаторы напряжения:

a — однофазный, *б* — трехфазный; 1 — бак, 2 — пробка маслоналивного отверстия, 3 — крышка, 4, 5 — выводы первичной и вторичной обмоток, 6 — болт заземления, 7 — обмотки, 8 — магнитопровод

вые. Выбор схем включения однофазных и трехфазных трансформаторов напряжения зависит от их исполнения и назначения в данной электроустановке. Номинальное напряжение их вторичной обмотки составляет 100 В.

Класс точности характеризует погрешности трансформаторов напряжения. Класс 0,2 имеет наибольшую погрешность в напряжении $\pm 0,2\%$ с наибольшей угловой погрешностью ± 10 мин; класс 0,5 — соответственно $\pm 0,5\%$ и ± 20 мин; класс 1 — $\pm 1\%$ и 40 мин; класс 3 — $\pm 3\%$ с нормируемой угловой погрешностью.

Трансформаторы напряжения класса точности 0,2 применяют в качестве образцовых, а также для точных лабораторных измерений, класса 0,5 — для присоединения электросчетчиков, классов 1 и 3 — щитовых измерительных приборов, классов 0,5; 1 и 3 — цепей релейной защиты.

Трехфазные трансформаторы напряжения изготовляют на номинальные напряжения не более 20 кВ.

Пятистержневые трансформаторы напряжения предназначены для измерения напряжений проводов по отношению к земле, линейных, а также напряжений нулевой последовательности с помощью вспомогательных обмоток, соединенных по схеме «разомкнутый треугольник».

Первичные обмотки трансформаторов напряжения включают в сеть параллельно; измерительные приборы и реле во вторичную цепь трансформатора напряжения включают также параллельно. Шкалы приборов должны быть отградуированы в соответствии с номинальным напряжением первичной обмотки.

Выбор трансформаторов напряжения для присоединения к трехфазной сети зависит от их назначения. Для номинального напряжения 6 кВ и выше используют трансформаторы напряжения с бумажной изоляцией, пропитанной маслом (НОМ, НТМК, НТМИ). Однофазные (0,38—6 кВ) и трехфазные (0,38—0,5 кВ) трансформаторы напряжения изготавливают сухими (НОС, НОСК, с компенсирующей обмоткой, НТС). В распределительных устройствах подстанции напряжением 10 кВ преимущественно используют трансформаторы напряжения НОМ-10, НТМИ-10 и НТМК-10.

Для трансформаторов напряжения применяют следующие буквенные обозначения: Н — трансформатор напряжения, О — однофазный, М — масляный, С — сухой, К — залитый компаундом или с компенсирующей обмоткой, И — пятистержневой со схемой соединения разомкнутого треугольника для включения приборов контроля изоляции, Т — трехфазный. Цифры после букв указывают номинальное напряжение обмотки высокого напряжения.

§ 20. Обслуживание электрических аппаратов напряжением выше 1000 В

Техническое обслуживание электрических аппаратов проводят в соответствии с инструкцией, утвержденной ответственным за эксплуатацию электрохозяйства.

В объем технического обслуживания электроаппаратов входят:

осмотры по графику, определяемому местными условиями, но не реже одного раза в месяц; для основного оборудования, а также при работе в условиях повышенной влажности и агрессивной среды — не реже 2 раз в месяц;

ежесуточные осмотры в установках с постоянным дежурством;

повседневный контроль за режимами работы электроаппаратов;

мелкий ремонт, не требующий специальных отключений и осуществляемый при перерывах в работе технологических установок.

При осмотрах электрических аппаратов особое внимание обращают: на температуру нагрева контактов, контактных соединений и токопроводящих частей, уровень масла в маслонаполненных аппаратах и отсутствие его течи; состояние изоляторов, ошиновки, кабелей, сети заземления и мест для наложения заземлений; исправность устройств сигнализации; наличие и исправность постоянных ограждений, предупредительных плакатов и надписей, защитных средств и сроки их периодических испытаний; соблюдение правил хранения и учета переносных заземлений и противопожарных средств.

Все неисправности и замечания, выявленные в период осмотров, записывают в журнал дефектов и неполадок, доводят до сведения руководителей энергопредприятия и принимают соответствующие меры для их устранения.

При наружном осмотре приводов проверяют состояние включающего и отключающего механизмов, обращают внимание на сигнализацию положения масляных выключателей, а также целость их цепей включения и особенно цепей отключения. Одновременно контролируют состояние всех шарнирных соединений, шплинтов, ограничителей и положение указателей. Осматривают сцепление движущихся частей привода, целость его пружин, исправность контактов, состояние механизма отключения и положение электромагнита. При обнаружении неисправности устраняют и проверяют действие привода включением и отключением выключателя со щита или пульта управления при разобранной схеме присоединения. Такой проверкой определяют четкость работы механизма включения и отключения, правильность соединения приводного механизма с выключателем.

Сборные шины РУ 6—10 кВ. При обслуживании сборных шин контролируют состояние изоляции и температуру нагрева контактных соединений. Допустимые температуры нагрева токоведущих частей аппаратов при длительном прохождении номинальных токов приведены в табл. 11. Шины в РУ 6—10 кВ допускается нагревать не выше 70°С при 25°С окружающего воздуха.

Опорные фарфоровые изоляторы испытывают повышенным напряжением промышленной частоты 32 кВ в течение 1 мин для изоляторов номинальным напряжением 6 кВ и 42 кВ для изоляторов 10 кВ.

Для контроля за температурой контактных соединений используют термические индикаторы в виде пленок, которые наклеивают на возможные места нагрева. Цвет индикатора зависит от уровня температуры. Так, в обычном состоянии пленки имеют ярко-красный цвет, а при температуре, превышающей допустимую, меняют свой цвет на темно-красный, затем на вишневый и, наконец, черный. Это является признаком недопустимого нагрева контактного соединения.

Качество болтовых или опрессованных контактных соединений сборных шин проверяют измерением переходного сопротивления, которое не должно превышать сопротивление цельной шины такой же длины более чем на 20 %.

Безмасляные отключающие аппараты. При осмотре разъединителей, выключателей нагрузки, отделителей и короткозамыкателей проверяют состояние токоведущих частей и контактных соединений. Внешними признаками неисправностей аппаратов могут быть потемнение поверхности, отсутствие снега на одних зажимах при наличии его на других, испарение влаги (от дождя) с поверхности контактов, свечение или искрение контактов (это особенно заметно при выключенном освещении), а также изменение цвета термопленки.

Таблица 11. Допустимые температуры нагрева токоведущих частей аппаратов

Части аппарата	Наибольшая температура нагрева, °С		Превышение температуры над температурой окружающего воздуха, °С	
	в воздухе	в масле	в воздухе	в масле
Токоведущие и нетоковедущие металлические части:				
неизолированные и не соприкасающиеся с изоляционными материалами	120	—	85	—
соприкасающиеся с трансформаторным маслом	—	90	—	55
Контактные соединения из меди, алюминия или их сплавов:				
без покрытия	80	80	45	45
с покрытием оловом	90	90	55	55
с гальваническим покрытием серебром	105	90	70	55

Основными повреждениями разъединителей являются подгорание и приваривание контактной системы, неисправности изоляторов, привода и др. При обнаружении следов подгорания контакты зачищают или заменяют, удаляют старую смазку с трущихся поверхностей, подтягивают болты и гайки на приводе и в других местах крепления.

При регулировании трехполюсных разъединителей проверяют одновременность включения ножей, для чего изменяют длину тяги или хода ограничителей и упорных шайб. Иногда изменяют положение изолятора на цоколе или губке изолятора. При правильно отрегулированном разъединителе нож не должен доходить до упора контактной площадки на 3—5 мм. Усилие вытягивания ножа из неподвижного контакта должно составлять 200 Н для разъединителей на номинальные токи 400—600 А и 400 Н — на 1000—2000 А.

Трущиеся части разъединителя покрывают незамерзающей смазкой, а контактные поверхности — нейтральным вазелином с примесью графита.

Масляные выключатели. При осмотрах масляных выключателей проверяют: состояние поверхности фарфоровых крышек вводов, изоляторов, тяг; целостность мембран предохранительных клапанов; отсутствие выброса масла на газоотводах и его течи; уровень масла в баках и вводах; цвет термопленок, наклеенных на контактные соединения.

Уровень масла в баках должен быть в пределах его допустимых изменений по шкале указателя уровня. Недопустимы как повышенный, так и пониженный уровень масла из-за отрицательного влияния на процесс гашения электрической дуги и охлаждение газов, образующихся в результате ее горения.

Качество состояния контактов считается удовлетворительным, если их переходное сопротивление соответствует данным завода-изготовителя. Перед измерением несколько раз включают и отключают электрический аппарат для самоочистки контактов. Разновременность их включения должна составлять не более 0,5—3% хода траверсы.

При осмотрах малообъемных выключателей обращают внимание на состояние наконечников контактных стержней, целостность гибких медных компенсаторов, фарфоровых тяг. При обрыве одной или нескольких тяг выключателя ВМГ его немедленно выводят из работы.

Ненормальная температура нагрева дугогасительных контактов вызывает потемнение масла, подъем его уровня и характерный запах. Если температура бачка выключателя превышает 70°C , его выводят в ремонт.

Наиболее повреждаемым элементом выключателей являются их приводы, отказы которых могут быть из-за неисправности цепей управления, разрегулирования запирающего механизма, неисправности в подвижных частях, пробоев изоляции катушек.

Реакторы. При осмотрах реакторов проверяют отсутствие повреждений бетонных колонок и опорных изоляторов, неисправность изоляции и отсутствие деформаций витков обмотки.

Силовые трансформаторы. Силовые трансформаторы осматривают в соответствии с организацией дежурства. Если на данной трансформаторной установке организовано постоянное дежурство, то главные трансформаторы осматривают один раз в сутки; при отсутствии постоянного дежурства трансформаторы осматривают один раз в месяц, а трансформаторные пункты — один раз в 6 мес. Трансформаторы осматривают также при действии сигнализации о нарушении их режима, систем охлаждения, срабатывании средств релейной защиты или автоматики.

При осмотре проверяют: внешнее состояние трансформаторов, их фарфоровых и маслonaполненных вводов, систем охлаждения, устройств регулирования напряжения под нагрузкой, уплотнений кранов и фланцев; отсутствие течи масла и его уровень и цвет в расширителе; исправность приборов — термометров, манометров, газовых реле, маслоуказателей, мембран выхлопных труб. Кроме того, обращают внимание на исправность заземления бака трансформаторов, наличие и исправность средств пожаротушения, маслоприемных ям и дренажей, состояние надписей и окраски.

При осмотре РПН сверяют показания указателей положения переключателей на щите управления и приводах РПН; проверяют однозначность положения переключателей РПН всех параллельно работающих трансформаторов. Наличие масла в баке контактора контролируют по маслоуказателю. Снижение его уровня недопустимо, поскольку увеличивается время горения дуги на контактах.

Обслуживание систем охлаждения состоит в наблюдении за работой и уходе за их оборудованием. При

осмотре систем охлаждения проверяют: отсутствие течи масла, нагрева, шума, вибрации маслоперекачивающих насосов; действие адсорбционных фильтров и вентиляторов; состояние крепления маслопроводов, насосов и вентиляторов. При уходе за оборудованием систем охлаждения заменяют износившиеся лопатки, подшипники, крыльчатки, чистят охладители и вентиляторы, смазывают подшипники.

При осмотре силовых трансформаторов контролируют загрузку и температуру верхних слоев масла, которая не должна превышать 95°C при максимальной допустимой температуре воздуха 35°C ; превышение над температурой окружающего воздуха не должно быть более 60°C . Проверяют состояние строительной части (двери, проемы, замки, кровлю), освещение помещений. Силовые трансформаторы осматривают перед барьером, не заходя в помещение (камеру).

§ 21. Защитное заземление

Систему, состоящую из заземлителей и заземляющих проводников, называют заземляющим устройством, которое служит для защиты людей от поражения электрическим током при прикосновении их к элементам электроустановок, нормально изолированным от токоведущих частей, но из-за различных неисправностей оказавшихся под напряжением. Такое заземление называют защитным. Заземляющее устройство, обеспечивающее нормальную работу оборудования электроустановок, является рабочим.

Металлический проводник или группа проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей, называют заземлителем. В качестве заземлителей применяют угловую или круглую сталь, некондиционные и маломерные трубы, стальные конструкции сооружений, свинцовые оболочки кабелей, арматуру железобетонных фундаментов и стен, водопроводные и другие металлические трубопроводы, проложенные в земле, обсадные трубы артезианских скважин. Причем в этом случае заземлитель должен быть связан с заземляющими магистралями электроустановок не менее чем двумя проводниками, присоединенными в разных местах.

Не допускается использовать в качестве заземлителей трубопроводы горючих или взрывчатых газов, трубы,

покрытые изоляцией для защиты от коррозии, алюминиевые оболочки кабелей и голые алюминиевые провода. В грунтах, где усиленную коррозию металла могут вызвать агрессивные грунтовые воды, применяют оцинкованные или омедненные заземлители.

Отдельные заземлители заглубляют в землю на 2,5—3 м. Если грунты обладают высоким удельным сопротивлением, то для уменьшения количества электродов их заглубляют на 5—6 м и более. Все заземлители размещаются в траншее глубиной 0,7—0,8 м; после забивки они должны выступать над ее дном на 0,2 м. Как правило, электроды заземления забивают в грунт механизированным способом, используя передвижные копры, вибраторы с закрепленными на них электродами, приспособления (к сверлилке) для

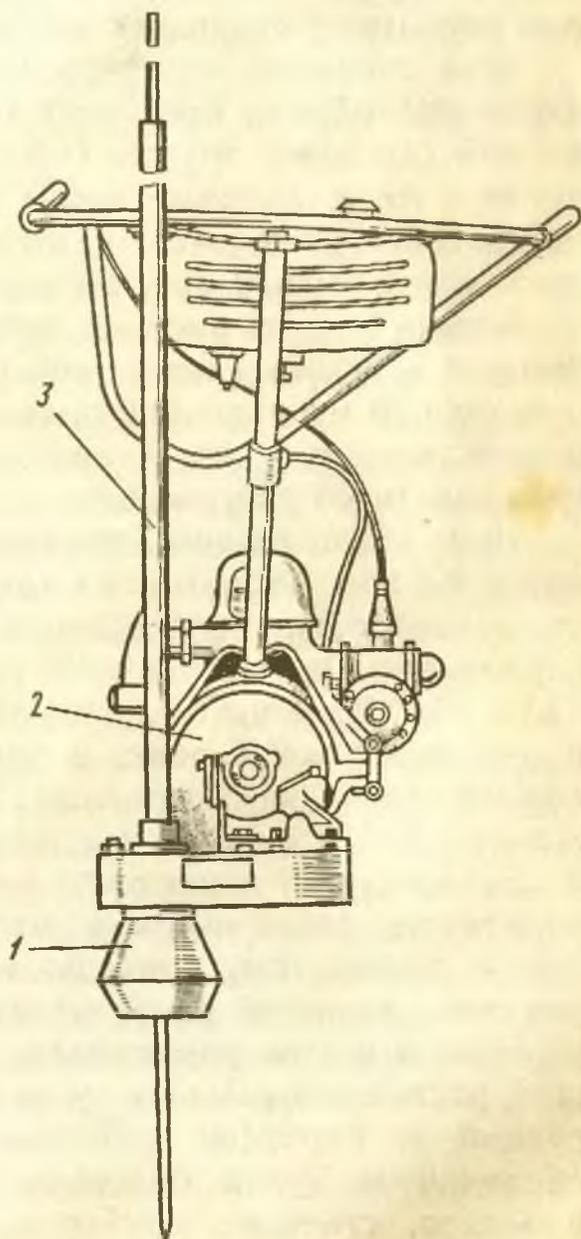


Рис. 50. Приспособление для ввертывания электродов заземления ПЗД-12:

1 — патрон, 2 — двигатель внутреннего сгорания, 3 — шпindelь

ввертывания в грунт стержневых электродов и электродов заземления (рис.50).

Металлические проводники, соединяющие заземлители с заземляемыми частями электроустановки, называются заземляющими проводниками, в качестве которых могут служить стальные конструкции зданий, стальные трубы электропроводок при толщине их стенок не менее 1,5 мм, каркасы распределительных устройств при условии, что они надежно соединены с заземляющим устройством или нулевым проводом в помещениях, где используют заземление.

Стальные магистральные проводники прокладывают в сухих помещениях открыто, вплотную к стене. В сырых и особо сырых помещениях заземляющие шины укладывают на расстоянии не менее 10 мм от стен. Заземляющие проводники крепят к стене дюбелями или скобами с помощью дюбелей.

При проходах через стены и перекрытия заземляющие проводники прокладывают в открытых отверстиях или стальных трубах (обоймах). При этом присоединяют их к металлическим оболочкам кабелей медными гибкими проводниками внахлестку, а сверху делают проволочный бандаж с пропайкой.

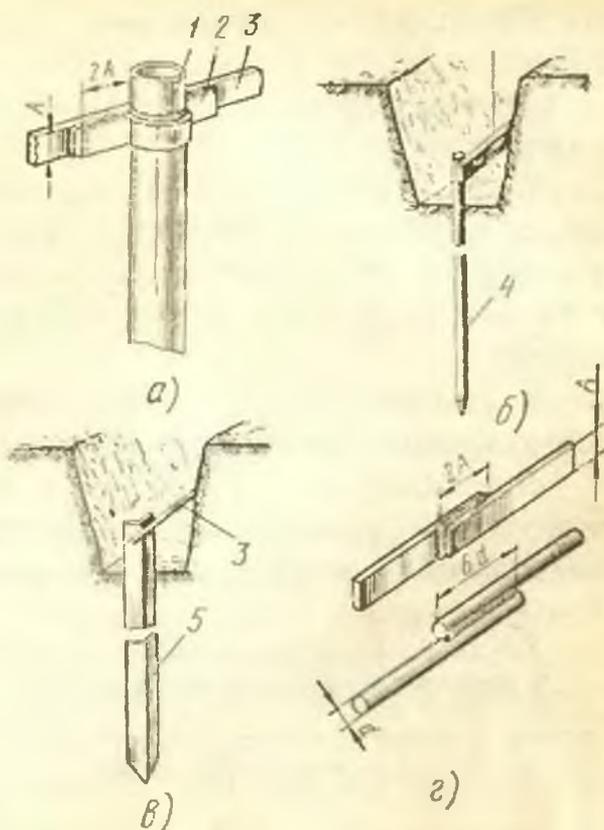
Каждый заземляемый элемент установки присоединяют к заземлителю или заземляющей магистрали с помощью ответвления проводника. Последовательное подсоединение к заземляющему проводнику нескольких элементов запрещается.

При номинальном напряжении переменного тока ниже 42 В и постоянного тока ниже 110 В не требуется заземления электроустановок. При напряжении переменного и постоянного тока соответственно выше 42 и 110 В защитное заземление применяют только в наружных установках, в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных. Электроустановки напряжением 500 В и выше заземляют во всех случаях.

Заземлению подлежат: корпуса трансформаторов, аппаратов, электрических машин, светильников, пусковой аппаратуры, приводы выключателей и разъединителей, каркасы распределительных щитов, щитков, шкафов и щитов управления, металлические конструкции распределительных устройств, кабельных конструкций и корпусов кабельных муфт, металлические оболочки и броня силовых, контрольных кабелей и проводов, стальные трубы электропроводок, арматура

Рис. 51. Соединение сваркой полос связи с заземлителями и между собой:

a — трубчатых, *б* — из круглой стали, *в* — из угловой стали, *г* — из плоских и круглых полос; 1, 4, 5 — электроды из трубы, стального стержня и угловой стали, 2 — накладка, 3 — подоса связи; *A* — ширина полосы, *d* — диаметр



железобетонных опор воздушных линий, вторичные обмотки измерительных трансформаторов.

Заземлению не подлежат: арматура подвесных и штыри опорных изоляторов, кронштейны и осветительная арматура при установке их на деревянных конструкциях, корпуса электроизмерительных приборов, реле на щитах, шкафах и стенах камер РУ, съемные или открывающиеся части металлических заземленных каркасов ограждений, шкафов, дверей РУ, оборудование, установленное на заземленных металлических конструкциях.

Присоединение заземляющих магистралей полос связи к заземлителям из труб, стержней и угловой стали следует выполнять сваркой (рис. 51, *a* — *в*). Полосы связи и магистрали заземления сваривают внахлестку, длина которой должна быть не менее двойной ширины полосы при прямоугольном сечении проводников и шести диаметров — при круглом сечении (рис. 51, *г*). Сварочный шов накладывают в два слоя по всем сторонам соединения. Прочность сварки проверяют сильными ударами молотка массой 1,5—2 кг по сварным швам.

Расположенные в земле заземлители и заземляющие проводники не окрашивают.

Открыто проложенные заземляющие проводники окрашиваются в черный цвет. Сечения заземлителей и заземляющих проводников должны быть не менее указанных в табл. 12.

Если в качестве заземляющих проводников используют трубную электропроводку, необходимо надежно выполнять металлические соединения труб друг с другом и с корпусом электрооборудования, в которые их вводят.

В соответствии с правилами в каждом вновь смонтированном заземляющем устройстве проверяют:

состояние находящихся в земле его элементов выборочным осмотром со вскрытием грунта, других элементов — в пределах доступности осмотра;

Таблица 12. Минимально допустимые размеры заземляющих и нулевых защитных проводников

Защитные проводники	Сечение, мм ²	Толщина, мм
Неизолированные провода:		
медные	4	—
алюминиевые	6	—
Изолированные провода:		
медные	1,5	—
алюминиевые	2,5	—
Заземляющие и нулевые жилы кабелей и многожильные провода в общей защитной оболочке с фазными жилами:		
медные	1	—
алюминиевые	2,5	—
Угловая сталь:		
в зданиях	—	2
в наружных установках	—	2,5
в земле	—	4
Полосовая сталь:		
в зданиях	24	3
в наружных установках	48	4
в земле	48	4
Водогазопроводные трубы:		
в зданиях	—	2,5
в наружных установках	—	2,5
в земле	—	3,5
Тонкостенные трубы:		
в зданиях	—	1,5
в наружных установках	—	2,5
в земле	Не допускается	

Примечание. Круглые стальные неизолированные провода используют диаметром 5 (в зданиях), 6 (в наружных установках) и 10 мм (в земле).

наличие цепи между заземлителями и заземляющими проводниками;

состояние пробивных предохранителей в установках напряжением до 1000 В;

полное сопротивление петли «фаза — нуль» в установках напряжением до 1000 В с глухим заземлением нейтрали;

соответствие нормам сопротивления заземляющих устройств (табл. 13);

соответствие сечений заземляющих проводников проекту и требованиям Правил устройств электроустановок.

При ремонте оборудования подстанции одновременно ремонтируют заземляющую сеть. Ремонт заземления состоит в проверке сварных швов, соединяющих ее отдельные участки. Для этого молотком массой 600—800 г ударяют по сварным стыкам. При обнаружении дефекта сварной шов вырубает зубилом и заваривают вновь электрической, автогенной или термитной сваркой.

Перед началом ремонта заземляющей сети проверяют сопротивление заземлителя растеканию тока, и если оно не соответствует норме, принимают меры к его снижению, в частности увеличивают количество электродов заземлителя или обрабатывают землю вокруг электродов солью. В радиусе 250—300 мм поочередно насыпают слой соли и слой земли толщиной 10—15 мм, поливая каждый слой соли водой. Такую обработку проводят на глубину $\frac{1}{3}$ длины электрода. Необходимость повторной обработки земли определяют по результатам очередных испытаний заземления.

Сопротивление заземляющих устройств в соответствии с «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей и правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» измеряют сразу после монтажа, после одного года эксплуатации и далее не реже одного раза в 3 года.

В электроустановках напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью в процессе эксплуатации один раз в 5 лет измеряют полное сопротивление петли «фаза — нуль» наиболее удаленных и мощных электроприемников (не менее 10% от их общего количества).

Сопротивление заземлителей, а также удельное сопротивление грунта измеряют, как правило, в пери-

оды наименьшей проводимости почвы: летом — при наибольшем просыхании, зимой — при наибольшем промерзании почвы.

Применяют два основных метода измерения со-

Таблица 13. Максимально допустимые сопротивления заземляющих устройств и устройств грозозащиты

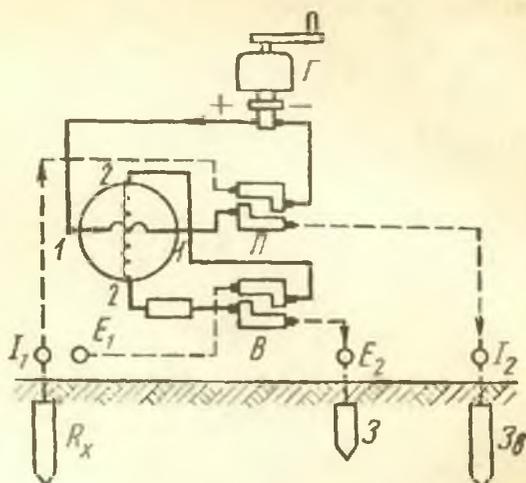
Характеристика установки	Допустимое сопротивление, Ом
Установки напряжением до 1000 В: генераторы и трансформаторы мощностью до 1000 кВ·А	10
остальное оборудование	4
Установки напряжением выше 1000 В: с токами замыкания на землю свыше 500 А с токами замыкания на землю менее 500 А то же, при использовании заземляющего устройства одновременно и для установок напряжением до 1000 В	0,5 250/ <i>I</i> 125/ <i>I</i> (где <i>I</i> — расчетный ток замыкания на землю, А)
Заземлитель отдельно стоящего молниеотвода в электроустановках напряжением выше 1000 В	25
Каждый из повторных заземлений нулевого провода электроустановок напряжением до 1000 В с глухим заземлением нейтрали	10*
Заземляющее устройство металлических и железобетонных опор воздушных линий электропередачи: напряжением выше 1000 В при удельном сопротивлении земли, Ом·см: до 10^4 $10^4 - 5 \cdot 10^4$ $5 \cdot 10^4 - 10 \cdot 10^4$ более $10 \cdot 10^4$	До 10 » 15 » 20 » 30
напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью **	50
Заземлитель трубчатых разрядников: устанавливаемых в местах пересечения линий напряжением 20 кВ и в местах с ослабленной изоляцией	15
устанавливаемых на подходах к линиям и подстанциям, с шинами которых электрически связаны вращающиеся машины	5

* В сетях, для которых сопротивление заземляющих устройств генераторов и трансформаторов составляет 10 Ом, сопротивление заземляющих устройств каждого из повторных заземлений должно быть не более 30 Ом при их количестве не менее трех.

** В сетях с заземленной нейтралью металлические опоры и арматура должны быть соединены с нулевым заземленным проводом.

Рис. 52. Схема измерения сопротивления заземления прибором МС-07:

Γ — генератор, Π — прерыватель, \mathcal{Z} — зонд, R_x — сопротивление измеряемого заземлителя, $\mathcal{Z}_в$ — вспомогательный заземлитель, I_1 и I_2 , E_1 и E_2 — зажимы прибора, B — выпрямитель



противления заземляющих устройств: измерителем заземления или амперметром и вольтметром.

Наиболее простым и удобным является метод измерения переносным прибором МС-07 (рис. 52). Одна магнитоэлектрическая рамка прибора включена как амперметр, другая — как вольтметр между измеряемым заземлителем R_x и зондом \mathcal{Z} . Показания прибора в такой схеме пропорциональны сопротивлениям измеряемого заземлителя. Через рамку 1-1 проходит постоянный ток, а между измеряемым заземлителем R_x и вспомогательным заземлителем $\mathcal{Z}_в$ — переменный, который создается прерывателем Π . На рамку 2-2 подается выпрямленное напряжение выпрямителем B . Расстояние между измеряемым одиночным заземлителем R_x и зондом \mathcal{Z} принимают 20 м, а для сложных заземлителей, состоящих из нескольких соединенных между собой заземлителей, — $5D$ (D — длина наибольшей диагонали между одиночными заземлителями, входящими в сложное заземляющее устройство) (рис. 53). Расстояние от зонда \mathcal{Z} до вспомогательного заземлителя $\mathcal{Z}_в$ должно быть не менее 40 м при одиночных и $5D$ — при сложных заземлителях.

Вспомогательный заземлитель имеет ту же конструкцию, что и измеряемый. В качестве зонда применяют заостренный металлический стержень длиной 1,2—1,5 м, забиваемый в землю. Прибор МС-07 (в пластмассовом корпусе МС-08) подключают к заземлителям и зонду с помощью гибких проводов сечением 1,5—2,5 мм² с влагостойкой изоляцией.

Измерение сопротивления заземляющих устройств методом амперметра и вольтметра выполняют по схеме, показанной на рис. 54. Через измеряемый заземлитель R_x и вспомогательный заземлитель $\mathcal{Z}_в$ проходит

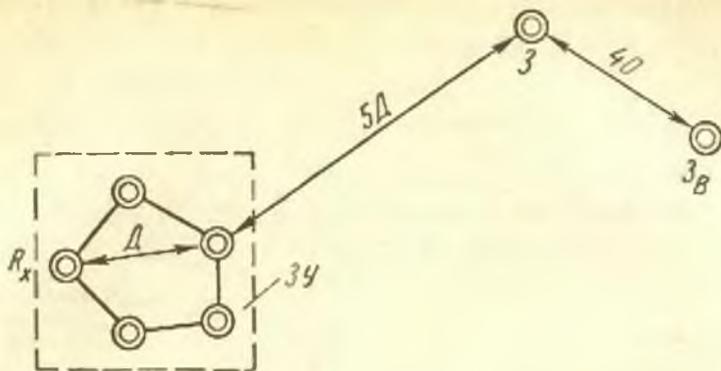


Рис. 53. Схема размещения заземлителей при измерении:

ЗУ — заземляющее устройство, З_в — вспомогательный заземлитель

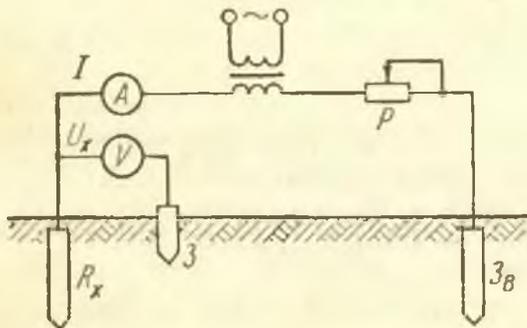


Рис. 54. Схема измерения сопротивления заземляющего устройства методом амперметра и вольтметра

переменный ток I . Замеряя падение напряжения U между заземлителем R_x и зондом $З$, определяют сопротивление заземлителя, пользуясь законом Ома: $R_x = U_x / I$. Расстояния между измеряемым заземлителем R_x , зондом $З$ и вспомогательным заземлителем $З_в$ принимают те же, что и при методе измерения прибором МС-07.

Измерительная цепь получает питание от сварочного или понижительного трансформатора напряжением соответственно 65 или 36 В с регулировкой тока реостатом P .

Каждое находящееся в эксплуатации заземляющее устройство должно иметь паспорт, в котором указаны его схема заземления, основные технические данные, результаты проверки состояния, характер произведенных ремонтов и изменения, внесенные в эти устройства. Формы паспорта заземляющего устройства и протокола замера сопротивления контуров заземления приведены в приложениях 1 и 2.

Контрольные вопросы

1. Каково устройство и назначение предохранителей?
2. Как управляется контактор?
3. Что вы знаете о принципе действия теплового реле?
4. Как устроены разъединители и выключатели нагрузки?
5. Каков принцип действия короткозамыкателя и отделителя?
6. Как устроен выключатель ВМП-10?

7. Какие конструкции приводов для масляных выключателей вы знаете?
8. Для чего служит реактор и каков принцип его действия?
9. Как устроен разрядник РВП?
10. Какие основные части силового трансформатора вы знаете?
11. В чем состоит принцип действия трансформатора?
12. Какие конструкции обмоток вы знаете?
13. Из каких элементов состоит защитное заземление?
14. Какие применяют методы измерений сопротивления заземления?

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И ЛИНЕЙНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

§ 22. Конструкция распределительных устройств и их классификация

Распределительные устройства (РУ) состоят из коммутационных аппаратов, устройств защиты, автоматики, электроизмерительных приборов. Различают распределительные устройства до 1000 В и выше 1000 В.

В *распределительных устройствах напряжением до 1000 В* провода, шины, аппараты, приборы и конструкции выбирают как по нормальным условиям работы (напряжению, току, классу точности), так и по термическим и динамическим воздействиям токов короткого замыкания или предельно допустимой отключаемой мощности. Необходимо, чтобы вибрация, появляющаяся во время работы аппаратов, а также сотрясения от внешних воздействий не влияли на работу распределительных устройств, не нарушали контактных соединений и не вызывали нарушения регулировки аппаратов и приборов. Неподвижно установленные аппараты следует монтировать на расстоянии не менее 20 мм по поверхности изоляции и 12 мм по воздуху от неизолированных токоведущих частей разных фаз, а также от неизолированных нетокведущих металлических частей. Не допускается применение гигроскопических изолированных материалов (асбестоцемент, картон, мрамор и др.) в открытых установках и устройствах, устанавливаемых в сырых и особо сырых помещениях.

В *распределительных устройствах и подстанциях напряжением выше 1000 В* расстояния между электро-

оборудованием, аппаратами, токоведущими частями, изоляторами, ограждениями, конструкциями устанавливаются так, чтобы при нормальном режиме работы электроустановки возникающие физические явления (температура нагрева, электрическая дуга, искрение, выброс газов и др.) не могли привести к повреждению оборудования и короткому замыканию.

При нахождении РУ и подстанции в местах, где в окружающей атмосфере возможны вещества, ухудшающие работу изоляции или способствующие разрушению оборудования и шин, принимают меры, обеспечивающие надежную работу электроустановки. К ним относят: применение шин из материала, стойкого к воздействию окружающей среды, нанесение защитного покрытия, использование усиленной изоляции и т. д.

Металлические конструкции, подземные части металлических и железобетонных конструкций защищают от коррозии. Электропроводку цепей защиты, измерений, сигнализации, автоматики, освещения, проложенную по электротехническим устройствам с масляным наполнением, выполняют проводами и кабелями с маслостойкой изоляцией и покрытием.

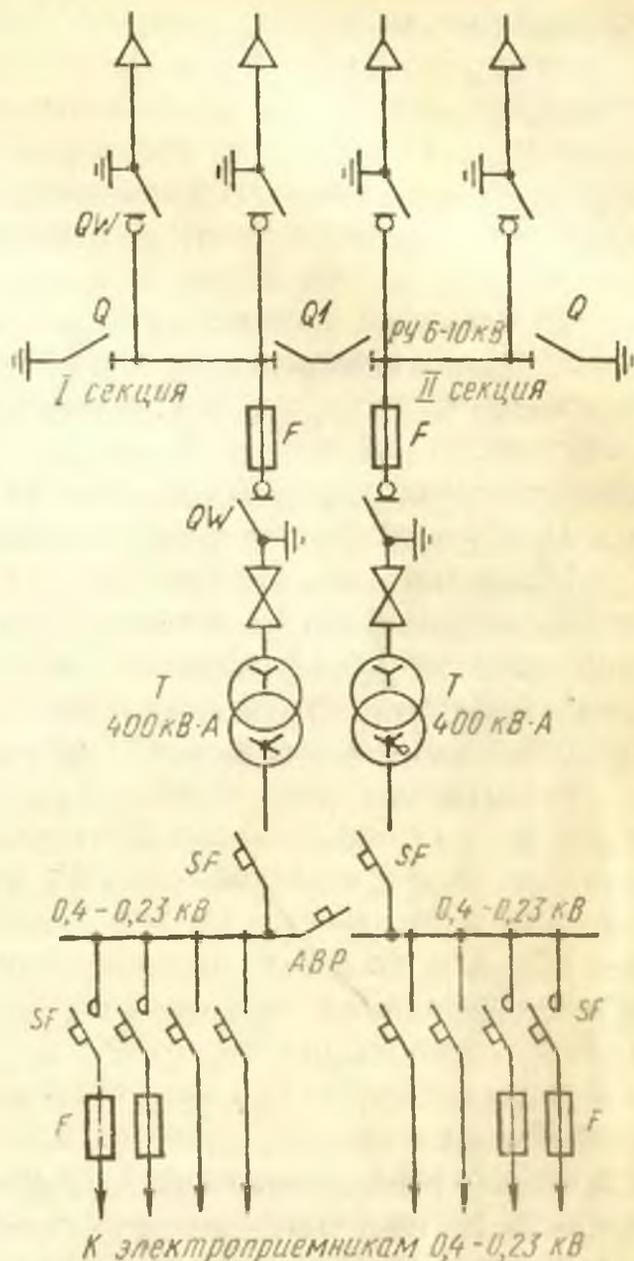
Помещения, в которых используют кислотные аккумуляторные батареи с зарядкой их на напряжение более 2,3 В на элемент, относят к взрывоопасным класса В-Ia. Учитывая это, электронагревательные устройства, светильники и электродвигатели для вентиляции выбирают так же, как для помещений со взрывоопасной средой.

Распределительные устройства напряжением 3 кВ и выше необходимо оборудовать блокировкой, предохраняющей оперативный персонал от ошибочного отключения и включения отделителями и разъединителями тока нагрузки, а также подсоединения заземляющих ножей к шинам, находящимся под напряжением.

На заземляющих ножах линейных разъединителей допускается установка только механической блокировки с приводом разъединителя и приспособлением для запираания ножей замками в отключенном положении. Для РУ с простыми схемами электрических соединений рекомендуется применять механическую оперативную блокировку, а во всех остальных случаях — электромагнитную.

При расположении основного оборудования на открытом воздухе распределительные устройства

Рис. 55. Схема трансформаторной подстанции по типовому проекту К-42-400М2



называют открытыми (ОРУ), а при его размещении в здании — закрытыми (ЗРУ).

При установке электрооборудования распределительных устройств на открытом воздухе в шкафах предусматривается местный подогрев для обеспечения нормальной работы аппаратов, оборудования, реле и измерительных приборов. Все аппараты устройства располагаются на спланированной площадке на высоте не менее 0,2 м от уровня пола.

Открытые распределительные устройства значительно дешевле закрытых, так как не требуют строительства специальных помещений для аппаратов, приборов и т. д. Однако оборудование, аппараты и конструкции ОРУ, постоянно находящиеся на воздухе и подвергающиеся

атмосферным воздействиям, работают в более тяжелых условиях, требуют более частого осмотра и большего внимания при эксплуатации. Кроме того, в этом случае устанавливается более дорогое оборудование — каплезащищенное или со специальным кожухом, исключающим попадание внутрь водяных брызг от дождя и снега.

Рассмотрим для примера компоновки оборудования схему закрытой типовой подстанции 6—10/0,4—0,23 кВ с двумя трансформаторами 400 кВ·А (рис. 55). Эта подстанция является электроустановкой с закрытым распределительным устройством с двумя секциями шин 6—10 кВ и щитовым помещением низкого напряжения.

Оборудование внутри подстанции монтируют так, чтобы обеспечить удобное и безопасное обслуживание всех элементов. Помещение имеет естественную вентиляцию. Размер камер предусматривает установку трансформаторов мощностью 400 кВ·А.

Подстанция имеет РУ напряжением 6—10 кВ, состоящее из сборных шин, секционированных разъединителями. К шинам секций РУ напряжением 6—10 кВ можно подключить четыре линии напряжением 6—10 кВ, два ввода и два отходящих фидера. Это распределительное устройство состоит из камер комплектной сборки одностороннего обслуживания КСО с выключателями нагрузки QW . Каждую секцию шин при выполнении на ней ревизии или ремонта заземляют с помощью разъединителей Q . Трансформаторы подключены к шинам напряжением 6—10 кВ через выключатели нагрузки QW с предохранителями F .

Схема предусматривает нормальный режим работы при выключенных секционных разъединителях на шинах напряжением 6—10 кВ и отключенном секционном автомате или рубильнике на шинах напряжением 0,4 кВ.

К трансформаторным камерам примыкает распределительное устройство напряжением до 1000 В, которое представляет собой распределительный щит напряжением 0,4 кВ. Трансформаторы на стороне напряжением 0,4 кВ подключены к шинам распределительного щита на панели с рубильниками и предохранителями или воздушными автоматами. Шины напряжением 0,4 кВ секционированы воздушным автоматом или рубильником. Распределительный щит имеет на отходящих фидерах рубильники с предохранителями или установочные автоматы в зависимости от назначения электроприем-

ников, а также присоединение для питания сети наружного освещения.

Типовой проект подстанции К-42-400М2 имеет различные модификации. Например, вместо выключателей нагрузки на вводных линиях могут быть масляные выключатели с разъединителями, вместо секционных разъединителей напряжением 6—10 кВ — секционный масляный выключатель, вместо автоматического включения резерва АВР на щите низкого напряжения — рубильник и вместо установочных автоматов — рубильники на отходящих фидерах.

По принципиальной схеме легко проследить взаимодействие всех элементов установки. При исчезновении напряжения на одной секции шин напряжением 6—10 кВ трансформатор автоматически отключается на стороне напряжением 0,4 кВ. Включается автомат АВР и обе секции распределительного щита получают питание от одного из трансформаторов. Отпущенная потребителям электроэнергия при необходимости может учитываться и на стороне напряжения 0,4—0,23 кВ трехфазным счетчиком, включенным через трансформаторы тока.

На предприятиях различных отраслей промышленности для внутрицеховой передачи и распределения энергии переменного тока широко распространены магистральные и распределительные токопроводы.

Для питания сетей от КТП применяют магистральные шинопроводы ШМА на токи 1600, 2500 и 4000 А в зависимости от мощности трансформатора (1000, 1600 или 2500 кВ·А соответственно). Для распределительных сетей используют распределительные шинопроводы ШРА на токи 250, 400 и 630 А, позволяющие присоединять к ним большое количество электроприемников, для групповых сетей освещения — осветительные шинопроводы ШОС на токи 25 и 63 А.

Благодаря приближению источников питания к потребителю электроэнергии сокращается протяженность сетей низкого напряжения.

При использовании в сетях токопроводов из шин обеспечивается высокая надежность при сравнительно небольших эксплуатационных расходах и универсальность, т. е. возможность изменять конфигурацию сети с минимальными затратами труда, времени и материалов. Это является значительным преимуществом шинопроводов перед кабельными сетями, перекладка которых при

изменении мощности или месторасположения приемников требует больших затрат.

Все шире применяют *распределительные устройства 6—10 кВ*, выполняемые из комплектных камер. Комплектное РУ состоит из металлического шкафа, в котором размещены необходимые аппараты, измерительные и защитные приборы и вспомогательные устройства со всеми внутренними соединениями главных и вторичных электрических цепей.

Закрытые КРУ преимущественно выполняют в простейших одноэтажных зданиях зального типа, а открытые — на сборных железобетонных и стальных опорных конструкциях.

Принципиальные схемы первичных соединений камер КСО-366 были показаны на рис. 15, б—ж. В камерах установлены дополнительные заземляющие ножи, а в некоторых — устройства автоматического включения резерва АВР на напряжение 6—10 кВ (см. рис. 15, ж).

Выключатели нагрузки и разъединители со стационарными заземляющими ножами снабжены механической блокировкой, не позволяющей включать ножи при включенных разъединителях или выключателях нагрузки или разъединители и выключатели нагрузки при включенных заземляющих ножах.

Принципиальные первичные схемы камер КСО-272 были показаны на рис. 16, а—ж. В этих камерах предусмотрена блокировка, которая не позволяет отключать шинный или линейный разъединитель при включенном масляном выключателе, включать заземляющие ножи при включенном положении разъединителей, а также включать разъединители при включенных ножах заземления.

Комплектные шкафы КРУ предусматривают, как правило, двустороннее обслуживание. Например, отсек трансформаторов тока и кабельных заделок можно осмотреть с задней стороны шкафа после отвертывания болтов съемного листа и с передней стороны после выкатки тележки в ремонтное положение. Коридор управления шкафов КРУ между их фасадами, установленными в два ряда, должен быть 2700, 2200 и 1700 мм, а при однорядном расположении — 1700 мм: ширина коридора с задней стороны предусмотрена не менее 800 мм.

Камеры КРУ по сравнению с камерами КСО имеют некоторые преимущества: более свободный доступ к основному оборудованию (в том числе и к масляному

выключателю), которое можно ремонтировать вне помещения РУ, более безопасные условия для обслуживания персонала.

В шкафах КРУ применяют маломасляные подвесные (ВМПП-10, ВМПЭ-10, ВМГ-10, ВМП-10), опорные (МГГ-10) и колонковые (ВК-10, ВКЭ-10) выключатели, а в последние годы электромагнитные (ВЭМ-6, ВЭ-10) и вакуумные (ВВ-10, ВВЭ-10, ВВВ-10). Большая часть конструкций КРУ, использующая масляные, электромагнитные и вакуумные выключатели, имеет свои особенности, преимущества и недостатки.

Преимуществами КРУ с масляными выключателями являются простота конструкции, малое количество масла, возможность применения для внутренней и наружной установок, а их недостатками — взрыво- и пожароопасность, непригодность для работы с частыми коммутациями, трудность в эксплуатации при доливке или замене масла, большой износ дугогасительных контактов.

Преимуществами КРУ с электромагнитными выключателями являются взрыво- и пожаробезопасность, малый износ дугогасительных контактов, высокая отключающая способность, возможность работы при частых отключениях, а недостатками — сложная конструкция дугогасительного устройства с системой магнитного дутья, малая пригодность для наружной установки.

К преимуществам КРУ с вакуумными выключателями относят полную взрыво- и пожаробезопасность, малые массу и габариты, простоту эксплуатации, возможность сверхбыстродействия, а к их недостаткам — высокую стоимость, возможные коммутационные перенапряжения при отключении индуктивных токов.

Корпус шкафа КРУ разделен металлическими перегородками (вертикальными и горизонтальными шторками) на три отсека: выдвижного элемента, верхних шинных разъемных контактов главной цепи, трансформаторов тока и кабельных заделок. Эта конструкция обеспечивает локализационную способность этого шкафа в целом, так как при коротком замыкании в любом из отсеков электрическая дуга не может проникнуть в отсек сборных шин.

Блок сборных шин во всех шкафах КРУ имеет проемы сверху, с фасада и задней стороны для удобства монтажа и обслуживания шин и отпаек. Эти проемы при нормальной работе камер закрыты съемными крышками. Шины камер, выполненные из меди или твердого алю-

миниевого сплава, закреплены на опорных изоляторах, а отпайки от них проходят через проходные изоляторы в отсек верхних неподвижных разъемных контактов.

Комплектные РУ серии К-XXVI с масляными выключателями ВМПП-10 на переменном и ВМПЭ-10 на постоянном оперативном токе широко применяют на системных и промышленных подстанциях, комплектные РУ серии К-XXV с электромагнитными выключателями — в установках с частыми операциями включения и отключения. Эти шкафы имеют одностороннее обслуживание, поэтому запрещается находиться с задней стороны шкафа даже при наличии там свободного места. Все три отсека с задней стороны закрыты съемными листами.

Комплектные РУ серии КЭ-10 с выключателями ВЭ-10 предназначены для общепромышленных установок с частыми коммутационными операциями. Шкафы этой серии отличаются от других КРУ тем, что их шинный разъемный контакт главной цепи расположен внизу, а линейные контакты сверху при размещении там же сборных шин.

Шкафы КРУ серии К-101, комплектуемые вакуумными выключателями ВВ-10 с дугогасительными камерами КДВ-10, имеют сборно-сварную конструкцию и состоят из трех блоков: корпуса, выдвижного элемента и релейного шкафа. Шкафы КРУ серии К-104 рассчитаны на установку маломасляных выключателей ВК-10 и ВКЭ-10 или вакуумного выключателя ВВЭ-10 со встроенным электромагнитным приводом.

Комплектное РУ 0,4 кВ состоит из панелей ЩО-70, которые могут быть вводными по числу трансформаторов, секционными и линейными. Тип вводной панели зависит от мощности трансформатора. Панель комплектуется рубильником РПС и автоматом АВМ на 600 или 1000 А, трансформаторами тока ТШ-20, тремя амперметрами и одним вольтметром. Линейные панели имеют четыре присоединения с рубильниками РПС и предохранителями ПН-2 на номинальные токи 100 и 250 А.

Панель ЩО-70 прислонного типа обслуживают с одной, передней стороны. На ее фасад выведены все приводы рубильников. Аппаратуру панели закрывает металлическая дверь.

§ 23. Система и содержание осмотров электрооборудования в действующих распределительных устройствах

Постоянно работающее энергетическое оборудование требует планомерного систематического осмотра квалифицированным персоналом. Осмотры проводят по графику и в соответствии с инструкцией, утвержденной ответственными за эксплуатацию электрохозяйства.

Во время осмотров распределительных устройств РУ все замечания записывают в журнал дефектов и неполадок, доводят до сведения руководителей энергопредприятия, которые принимают соответствующие меры по устранению выявленных нарушений в кратчайшие сроки.

Распределительные устройства без отключения оборудования регулярно осматривают: *на объектах с постоянным дежурным* — не реже одного раза в 3 сут, а также не реже одного раза в месяц в темноте для проверки наличия разрядов и коронирования; *на объектах без постоянного дежурного* — не реже одного раза в месяц; *в трансформаторных подстанциях и распределительных пунктах* — не реже одного раза в 6 мес; после отключения короткого замыкания.

Осмотр РУ осуществляют одновременно с ремонтом оборудования как при снятии напряжения, так и при его наличии. В последнем случае запрещается проникать за ограждения или заходить в камеры РУ.

При осмотрах РУ обращают внимание: на состояние контактных поверхностей; наличие исправных переносных заземлений, средств по оказанию помощи пострадавшим от несчастного случая, противопожарных и вспомогательных средств (песок, фонари, огнетушители); состояние и работоспособность вентиляции общего и аварийного назначения; исправность отопления и сети освещения. Температура воздуха внутри помещений не должна превышать $+45^{\circ}\text{C}$ и отличаться от температуры наружного воздуха более чем на 15°C . Кровля помещений должна быть в исправном состоянии, а проемы в наружных стенах должны закрываться сетками.

При осмотрах РУ напряжением до 1000 В убирают помещения, меняют перегоревшие лампы и плавкие вставки предохранителей при снятом напряжении. Эти работы выполняют без наряда.

Кроме плановых проводят так называемые внеочередные осмотры после каждого короткого замыкания. В за-

висимости от местных условий (сильные загрязнения, пыль, химические воздействия) инструкции устанавливают сроки дополнительных осмотров.

При осмотрах оборудования распределительных устройств особое внимание обращают на наличие средств безопасности (изолирующие штанги, подставки или боты, предупредительные плакаты, переносные заземления), исправность сети заземления, уровень и температуру масла в аппаратах, состояние изоляторов (трещины, разряды, пыль), исправность сигнализации, целостность пломб электросчетчиков и реле. Кроме того, проверяют исправность дверей, окон, замков, отопления, вентиляции, освещения, отсутствие течи в кровле и перекрытиях и т. п.

Периодичность осмотра и чистки оборудования РУ напряжением до 1 кВ (щитки, сборки и другие аппараты) от пыли и загрязнений устанавливается местными инструкциями (но не реже одного раза в 3 мес). Спуск воды из воздухоотборников и водомаслоуказателей проводят не реже одного раза в 3 сут при постоянном дежурстве.

Капитальный ремонт РУ напряжением до 1000 В производят не реже одного раза в 3 года, текущий — не реже одного раза в год. При этом испытывают напряжением 1 кВ в течение 1 мин или мегаомметром на 2,5 кВ изоляцию элементов приводов выключателей, рубильников, разъединителей, вторичных цепей аппаратуры, силовых и осветительных проводов.

Распределительные устройства напряжением выше 1000 В эксплуатируют в соответствии с «Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей». Согласно требованиям техники безопасности в РУ должны быть постоянно переносные заземления, защитные средства, средства по оказанию первой помощи и противопожарный инвентарь.

Сроки проверки дугогасительных камер выключателей нагрузки и дугогасительных контактов устанавливаются местной инструкцией. Профилактические испытания аппаратуры РУ проводят в сроки, указанные в «Правилах технической эксплуатации электрических станций и сетей» (обычно они совмещаются со сроками капитального ремонта).

Во время эксплуатации вентильные и трубчатые разрядники подлежат профилактическим испытаниям не реже одного раза в 3 года. Вентильные разрядники для

защиты вращающихся машин испытывают ежегодно.

Кроме общих очередных осмотров после каждой грозы проверяют все разрядники. Ежегодно перед началом грозового сезона проверяют схемы грозозащиты в соответствии со сложившейся схемой электрических сетей к этому периоду.

Осмотры КРУ проводят по графику: при постоянном дежурстве — не реже одного раза в 3 сут, а при отсутствии постоянного дежурства — не реже одного раза в месяц. При этом проверяют состояние выключателей, их приводов, разъединителей, первичных разъединяющих контактов, блокировочных устройств, степень загрязнения и состояние изоляторов, состояние вторичных цепей.

Наблюдают за оборудованием и уровнем масла в выключателях через смотровые окна и сетчатые ограждения, а за состоянием сборных шин через смотровые люки, закрытые защитной сеткой. На трущихся частях механизмов проверяют наличие смазки. Одновременно контролируют работу освещения, отопления и вентиляции помещения и шкафов КРУ. Основные неисправности оборудования в шкафах КРУ приведены в табл. 14.

Таблица 14. Характерные неисправности оборудования в шкафах КРУ и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Во время вкатывания тележки из контрольного положения в рабочее подвижные разъемные контакты задевают защитные шторки	Неправильно отрегулированы шторки	Отрегулировать шторки по инструкции
Выдвижная тележка не фиксируется в контрольном или рабочем положении	Заедание штоков фиксаторов в отверстиях швеллеров корпуса	Подпилить (до 2 мм) отверстие в полосе швеллера, следя за нормальным заходом подвижного контакта главной цепи
При вкатывании тележки в рабочее положение требуется прикладывать большое усилие к рычагу доводки	Отсутствие смазки на разъемных контактах главной цепи или контактах заземления тележки. Несоосность главных контактов	Смазать контакты главной цепи или заземляющие контакты. Отрегулировать неподвижные контакты главной цепи

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Не устанавливается рычаг доводки при вкатывании тележки в корпус шкафа	Тележка недостаточно вкачена в шкаф	Довести вручную тележку в корпус шкафа до упора
Отсутствует плавное перемещение шторок	Отсутствие смазки	Смазать все трущиеся части
Слабое нажатие ламелей подвижных контактов на неподвижный главный цепи или шину подвижного контакта	Ослаблены пружины разъемных контактов	Заменить пружины
Подвижные контакты заземляющего разъединителя не доходят полностью до включенного положения	Плохо отрегулированы контакты	Отрегулировать неподвижный контакт заземляющего разъединителя по инструкции
При включении заземляющего разъединителя требуется прикладывать большое усилие	Отсутствие смазки на разъемных контактах заземляющего разъединителя	Смазать подвижные и неподвижные контакты
При включении заземляющего разъединителя не требуется прикладывать усилий	Ослабли пружины или нарушено сцепление приводного устройства	Заменить пружины, восстановить соединение элементов приводного устройства
При вкатывании тележки шторки не закрываются	Деформирована установка рычага, открывающего шторки под действием ролика тележки	Устранить деформацию
Окислились или обгорели контактные поверхности ошиновки или выводов электрооборудования	Неплотность контакта	Протереть чистой тряпкой контактные поверхности, промыть их растворителем и смазать техническим вазелином. Зачистить обгоревшие контакты. Затянуть и законтрить крепеж
Не горит лампа освещения или сигнализации	Перегорела лампа Обрыв электрической цепи	Заменить лампу Устранить обрыв цепи

При техническом обслуживании КРУ наружной установки во избежание перекрытий изоляции при увлажнении поверхности изоляторов во время перепадов температуры окружающего воздуха систематически очищают изоляцию от пыли и загрязнений, а также

обмазывают поверхности изоляторов гидрофобными пастами.

Периодические осмотры конденсаторных установок всех напряжений производят: при мощности менее 500 квар — не реже одного раза в месяц, при мощности выше 500 квар — не реже одного раза в декаду. При этом обращают внимание на исправность ограждений и запоров, разрядных устройств, блокировок безопасности, наличие и качество защитных средств (разрядные штанги, боты, галоши) и средств тушения пожаров. Во время осмотра выявляют трещины на изоляторах, вспучивание стенок конденсаторных корпусов и следы вытекания пропитывающей жидкости (масла, совола и др.), проверяют целостность вставок предохранителей (внешним осмотром), ток и равномерность нагрузки по фазам, напряжение на шинах конденсаторной установки или сборных шинах ближайшего РУ.

Осмотры и проверки электропроводок освещения в соответствии с «Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей» устанавливают в следующие сроки: один раз в 3 мес (состояние аварийного освещения); один раз в год (соответствие расцепителей автоматов и плавких вставок предохранителей номинальным токам сети).

Стекла световых проемов для помещений с незначительным выделением пыли, дыма, копоти чистят не реже 2 раз в год, а со значительными загрязнениями — не реже 4 раз в год.

Смену и чистку светильников, смену перегоревших ламп и плавких вставок, ремонт сети выполняет электротехнический персонал при снятом напряжении.

§ 24. Воздушные и кабельные линии электропередачи

Воздушные линии электропередачи. Устройство, служащее для передачи электрической энергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным с помощью изоляторов и арматуры к опорам, называют электрической воздушной линией электропередачи ВЛ. Различают воздушные линии электропередачи напряжением до 1000 В и выше 1000 В.

При строительстве ВЛ объем земляных работ незначителен. Кроме того, они отличаются простотой эксплу-

атации и ремонта и меньшей стоимостью (например, сооружение воздушной линии на 25—30% дешевле, чем кабельной линии такой же протяженности).

Воздушные линии делятся на три класса:

класс I — линии номинальным эксплуатационным напряжением 35 кВ при потребителях 1-й и 2-й категорий и выше 35 кВ независимо от категорий потребителей;

класс II — линии номинальным эксплуатационным напряжением от 1 до 20 кВ при потребителях 1-й и 2-й категорий, а также 35 кВ при потребителях 3-й категории;

класс III — линии номинальным эксплуатационным напряжением 1 кВ и ниже. Характерная особенность воздушной линии напряжением до 1000 В — использование опор для одновременного крепления на них проводов радиосети, наружного освещения, телеуправления, сигнализации.

Основными элементами воздушной линии являются опоры, изоляторы и провода.

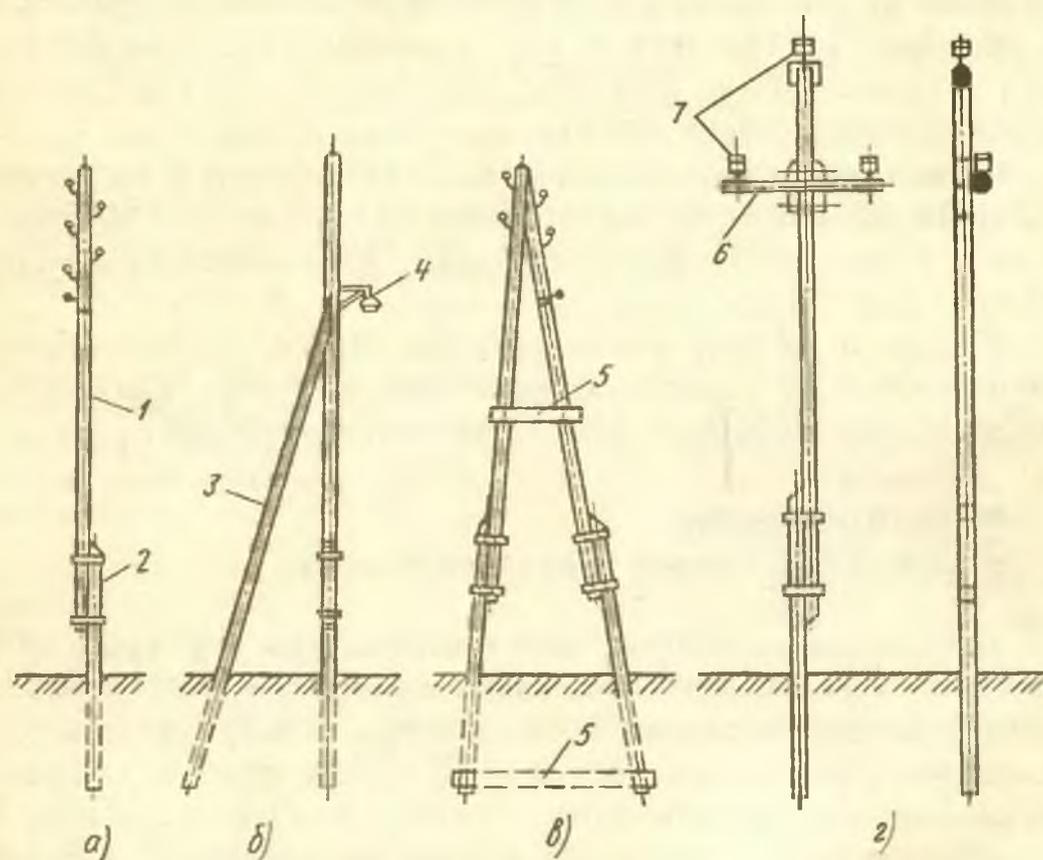


Рис. 56. Деревянные опоры ВЛ:

а — промежуточная до 1 кВ, *б* — угловая до 1 кВ, *в* — анкерная А-образная до 1 кВ, *г* — промежуточная на 6—10 кВ; 1 — стойка, 2 — приставка, 3 — подкос, 4 — светильник, 5 — верхний и нижний ригели, 6 — траверса, 7 — изоляторы

Для линий напряжением 1 кВ применяют опоры двух видов: деревянные с железобетонными приставками и железобетонные. Для деревянных опор используют бревна, пропитанные антисептиком, из леса II сорта — сосны, ели, лиственницы, пихты. Бревна можно не пропитывать при изготовлении опор из леса лиственничных пород зимней рубки. Диаметр бревен в верхнем отрубе должен составлять не менее 15 см для одностоечных и 14 см для двойных и А-образных опор. На ответвлениях, идущих к вводам в здания и сооружения, допускается диаметр бревен в верхнем отрубе не менее 12 см.

В зависимости от назначения и конструкции различают опоры промежуточные, угловые, ответвительные, перекрестные и концевые.

На линии преимущественно используют промежуточные опоры (рис. 56, а, г), так как они служат для поддержания проводов на высоте и не рассчитаны на усилия, которые создаются вдоль линии в случае обрыва проводов. Для восприятия этой нагрузки устанавливают анкерные промежуточные опоры, располагая их «ноги» вдоль оси линии, для восприятия усилий, перпендикулярных линии, — анкерные промежуточные опоры, располагая их «ноги» поперек линии. В местах изменения направления трассы воздушной линии монтируют угловые опоры (рис. 56, б).

Анкерные опоры (рис. 56, в) имеют более сложную конструкцию и повышенную прочность. Они также бывают угловые, ответвительные и концевые, которые повышают общую прочность и устойчивость линии. Расстояние между двумя анкерными опорами называется анкерным пролетом, а расстояние между промежуточными опорами — их шагом.

Для электроснабжения потребителей, находящихся на некотором расстоянии от магистральной воздушной линии, используют ответвительные опоры, на которых закрепляются провода, подсоединенные к воздушной линии и вводу потребителя электроэнергии. Концевые опоры устанавливают в начале и конце воздушной линии специально для восприятия односторонних осевых усилий.

При проектировании воздушной линии количество и тип опор зависят от конфигурации трассы, сечения проводов, климатических условий района, степени населенности местности, рельефности трассы и других условий.

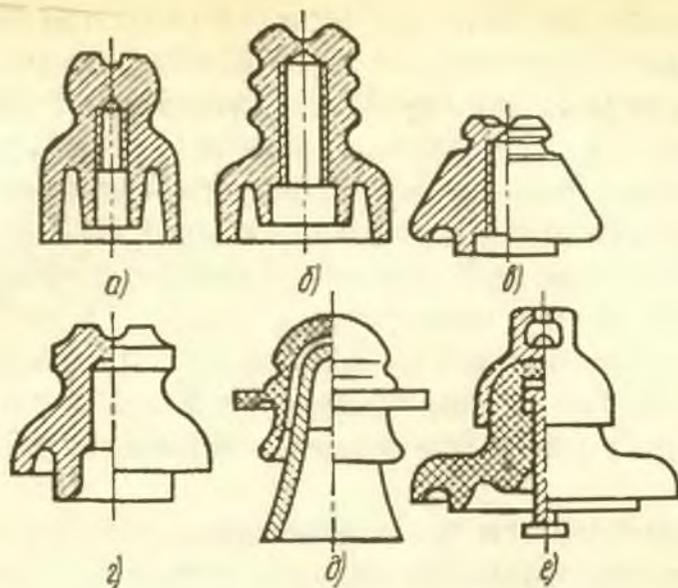


Рис. 57. Изоляторы воздушных линий:

а — ТФ и ШН, б — ШО,
в — УШЛ, г — АИК и ШЛ,
д — ШД, е — П

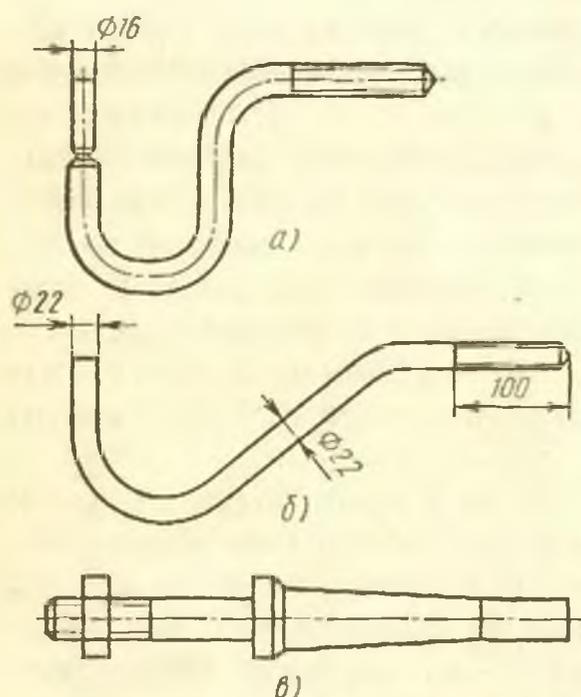


Рис. 58. Арматура для крепления изоляторов:

а, б — крюки КИ-16 и КВ-22,
в — штырь ШН

Для сооружений ВЛ напряжением выше 1 кВ применяют преимущественно железобетонные и деревянные антисептированные опоры на железобетонных приставках. Их конструкции унифицированы. Металлические опоры используют преимущественно в качестве анкерных на воздушных линиях напряжением выше 1 кВ.

На опорах ВЛ расположение проводов может быть любым, только нулевой провод в линиях до 1 кВ размещают ниже фазных. При подвеске на опорах провода наружного освещения располагают ниже нулевого провода. Провода ВЛ напряжением до 1 кВ следует подвешивать на высоте не менее 6 м от земли с учетом стрелы провеса. Расстояние по вертикали от земли до

точки наибольшего провисания провода называют габаритом провода ВЛ над землей.

Провода воздушной линии могут сближаться по трассе с другими линиями, пересекаться с ними и проходить на расстоянии от объектов. Допустимое наименьшее расстояние от проводов линии до объектов (зданий, сооружений), расположенных параллельно трассе ВЛ, называют габаритом сближения проводов ВЛ, а кратчайшее расстояние по вертикали от пересекемого объекта, расположенного под линией, до провода ВЛ — их габаритом пересечения.

Провода воздушной линии крепят на опорах с помощью изоляторов (рис. 57, *a—e*), насаживаемых на крюки и штыри (рис. 58, *a—в*). Для воздушных линий напряжением 1000 В и ниже используют изоляторы ТФ-12, ТФ-16, ТФ-20, НС-16, НС-18, АИК-4, а для ответвлений — ШО-12 при сечении проводов до 4 мм², ТФ-3, АИК-3 и ШО-16 при сечении до 16 мм², ТФ-2, АИК-2, ШО-70 и ШН-1 при сечении до 50 мм², ТФ-1 и АИК-1 при сечении до 95 мм². Для крепления проводов воздушных линий напряжением выше 1000 В применяют изоляторы ШС, ШД, УШЛ, ШФ6-А и ШФ10-А и подвесные. Все изоляторы, кроме подвесных, плотно наворачивают на крюки и штыри, на которые предварительно надевают специальные пластмассовые колпачки.

Для ВЛ напряжением до 1000 В применяют крюки КН-16, а выше 1000 В — КВ-22, изготовленные из круглой стали диаметром соответственно 16 и 22 мм. На траверсах опор тех же воздушных линий при креплении проводов используют штыри ШТ-Д (для деревянных) и ШТ-С (для стальных). При напряжении ВЛ более 1000 В на траверсах опор монтируют штыри ШУ-22 и ШУ-24.

По условиям механической прочности для воздушных линий напряжением до 1000 В используют одно- и многопроволочные провода сечением не менее, мм²: 16 (алюминиевые), 10 (сталеалюминиевые и биметаллические), 25 (стальные многопроволочные), 13 (стальные однопроволочные \varnothing 4 мм). Для воздушных линий напряжением выше 1000 В применяют только многопроволочные медные провода сечением не менее 10 мм² и алюминиевые — сечением не менее 16 мм².

Провода ВЛ соединяют друг с другом скруткой, соединительными или плашечными зажимами (рис. 59,

а—в), а крепят к изолятору вязальной проволокой одним из способов, показанных на рис. 60. Стальные провода привязывают мягкой стальной оцинкованной проволокой $\varnothing 1,5—2$ мм, а алюминиевые и сталалюминиевые — алюминиевой проволокой $\varnothing 2,5—3,5$ мм (можно использовать проволоку многопроволочных проводов). Во избежание повреждений алюминиевые и сталалюминиевые провода в местах крепления предварительно обматывают алюминиевой лентой.

На промежуточных опорах провод крепят преимущественно на головке изолятора, а на угловых опорах — на шейке, располагая его с внешней стороны угла, образуемого проводами линии. Провода на головке изолятора закрепляют (рис. 60, а) двумя отрезками вязальной проволоки, которую закручивают так, чтобы ее концы разной длины находились с обеих сторон шейки изолятора, а затем два коротких конца обматывают

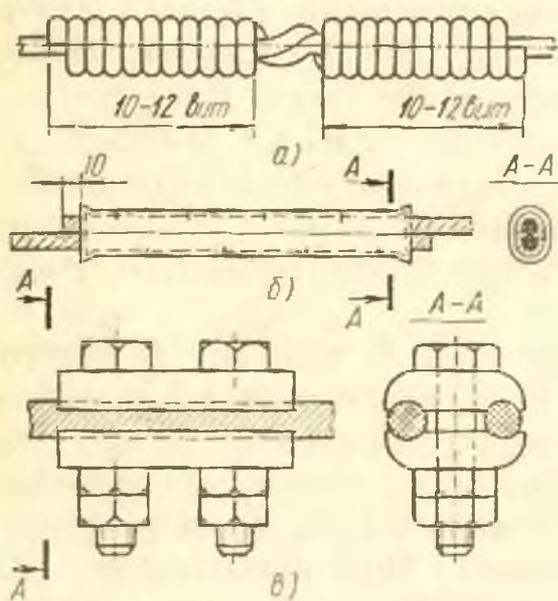


Рис. 59. Способы соединения проводов воздушных линий: а — скруткой, б — соединительным зажимом, в — пластинным зажимом

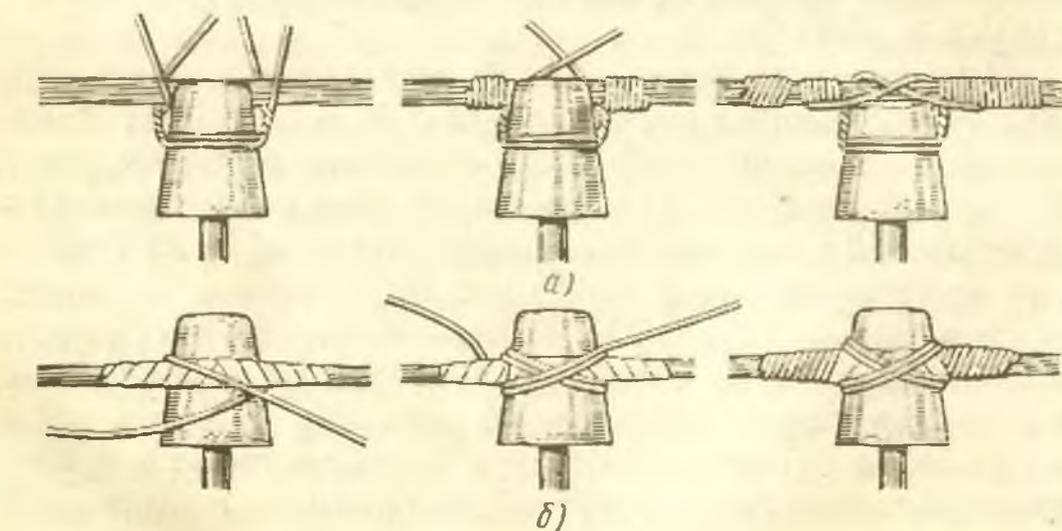


Рис. 60. Крепления проводов к изоляторам вязкой: а — головной, б — боковой

вают 4—5 раз вокруг провода, а два длинных — переносят через головку изолятора и тоже несколько раз обматывают вокруг провода.

При креплении провода на шейке изолятора (рис. 60, б) вязальная проволока охватывает петлей провод и шейку, а затем один конец вязальной проволоки обматывают вокруг провода в одном (сверху вниз), а другой конец — в противоположном (снизу вверх) направлениях.

На анкерных и концевых опорах провод крепят заглушкой на шейке изолятора. В местах перехода ВЛ через железные дороги и трамвайные пути, а также на пересечениях с другими силовыми линиями и линиями связи применяют двойное крепление проводов.

Все деревянные детали при сборке опор плотно подгоняют друг к другу. При этом зазор в местах врубок и стыков не должен превышать 4 мм. Стойки и приставки к опорам воздушных линий выполняют так, чтобы древесина в месте сопряжения не имела сучков и трещин, а стык был совершенно плотным, без просветов. Рабочие поверхности врубок должны быть сплошного пропила (без долбежки древесины). Отверстия в бревнах просверливают. Запрещается прожигание отверстий нагретыми стержнями.

Бандажи для сопряжения приставок с опорой изготовляют из мягкой стальной проволоки \varnothing 4—5 мм. Все витки бандажа должны быть равномерно натянуты и плотно прилегать друг к другу. При обрыве одного витка весь бандаж заменяют новым.

Допускается соединение проводов и тросов ВЛ напряжением выше 1000 В в каждом пролете не более одного. При соединении проводов сваркой не должно быть пережога проволок наружного повива или нарушения сварки при перегибе соединенных проводов.

Кабельные линии электропередачи. Линия для передачи электрической энергии или отдельных импульсов, состоящая из одного или нескольких параллельных кабелей с соединительными и концевыми муфтами (заделками) и крепежными деталями, называется кабельной.

Над подземными кабельными линиями устанавливают охранные зоны, размеры которых зависят от их напряжения. Так, для кабельных линий напряжением до 1000 В охранный зона имеет площадки по 1 м с каждой стороны от крайних кабелей. В городах под

тротуарами линия должна проходить на расстоянии 0,6 м от зданий и сооружений и 1 м от проезжей части. Для кабельных линий напряжением выше 1000 В охранная зона имеет площадки по 1 м с каждой стороны от крайних кабелей. Охранная зона подводных кабельных линий напряжением до 1000 В и выше определяется параллельными прямыми на расстоянии 100 м от крайних кабелей.

Трассу кабеля выбирают с учетом наименьшего его расхода и обеспечения сохранности от механических повреждений, коррозии, вибрации, температуры перегрева и возможности повреждений соседних кабелей при возникновении короткого замыкания на одном из них.

При прокладке кабелей соблюдают предельно допустимые радиусы их изгиба, занижение которых приводит к нарушению целостности изоляции жил. Кабели укладывают «змейкой» с запасом (1—3% его длины) во избежание возникновения опасных механических напряжений при смещениях почвы и температурных деформациях. Запрещается укладывать запас кабеля в виде колец.

Количество соединительных муфт на кабеле должно быть наименьшим, поэтому его прокладывают полными строительными длинами. На 1 км кабельных линий может приходиться не более четырех муфт для трехжильных кабелей напряжением до 10 кВ сечением до $3 \times 95 \text{ мм}^2$ и пяти муфт для сечений от 3×120 до $3 \times 240 \text{ мм}^2$. Для одножильных кабелей допускается не более двух муфт на 1 км кабельных линий.

Для соединений или оконцеваний кабеля выполняют разделку его концов, т. е. ступенчатое удаление защитных и изоляционных материалов. Размеры разделки определяются конструкцией муфты, которую будут

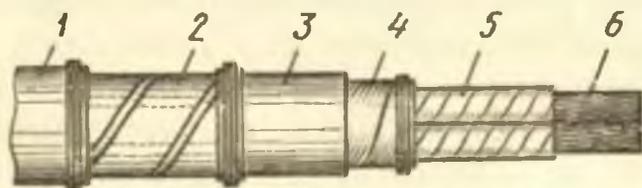


Рис. 61. Готовая разделка конца трехжильного кабеля с бумажной изоляцией:

1 — наружный джутовый покров, 2 — броня (свинцовая или алюминиевая), 3 — оболочка, 4 — поясная изоляция, 5 — изоляция жил, 6 — токопроводящая жила

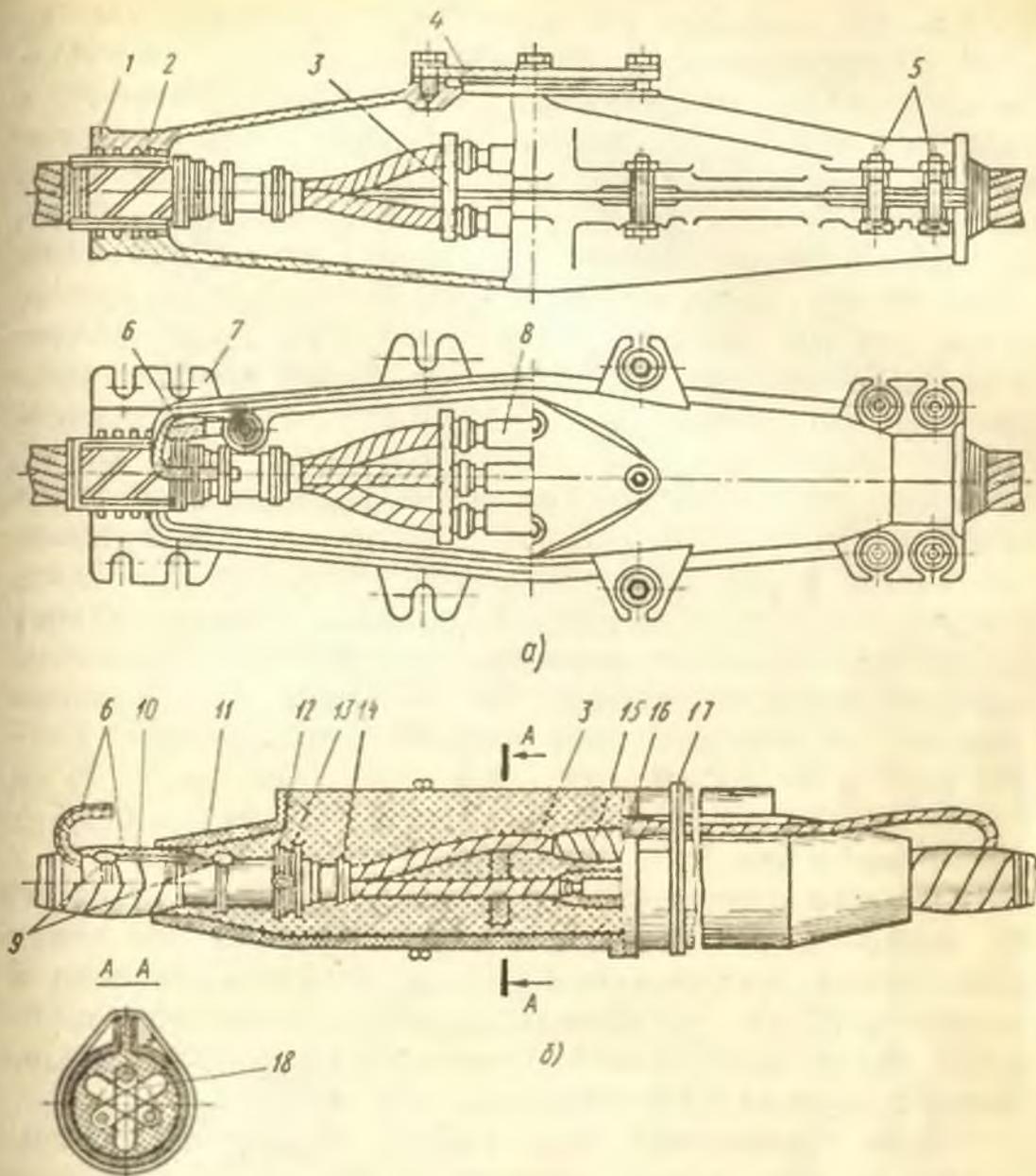


Рис. 62. Соединительные муфты:

a — чугунная, *б* — эпоксидная СЭпу; 1 — верхняя муфта, 2 — подмотка из смоляной ленты, 3 — распорка, 4 — крышка, 5 — стягивающий болт, 6 — провод заземления, 7 — нижняя полумуфта, 8 — соединительная гильза, 9 — место пайки провода заземления, 10 — герметизирующая подмотка, 11 — корпус, 12 — резиновое уплотнительное кольцо, 13 — металлический бандаж, 14 — компаунд, 15 — подмотка жилы, 16 — место соединения жил, 17, 18 — бандажи из проволоки и полистирольной нити

использовать для соединения кабеля, его напряжением и сечением токопроводящих жил. Готовая разделка конца трехжильного кабеля с бумажной изоляцией показана на рис. 61.

Соединение концов кабеля напряжением до 1000 В осуществляется в чугунных (рис. 62, *a*) или эпоксидных, а напряжением 6 и 10 кВ — в эпоксидных (рис. 62, *б*) или свинцовых муфтах.

Токопроводящие жилы кабеля напряжением до 1000 В соединяют опрессовкой в гильзе, для чего подбирают по их сечению гильзу, пуансон и матрицу, а также механизм для опрессовки (пресс-клещи, гидропресс). Зачищают до металлического блеска внутреннюю поверхность гильзы стальным ершом (рис. 63, а), а соединяемые жилы — щеткой из кардоленты (рис. 63, б). Скругляют многопроволочные секторные жилы кабеля универсальными плоскогубцами. Вводят жилы в гильзу (рис. 63, в) так, чтобы их торцы соприкасались и располагались в середине гильзы. Устанавливают заподлицо в ложе матрицы гильзу (рис. 63, г), а затем опрессовывают ее двумя вдавливаниями на каждую жилу (рис. 63, д). Вдавливание выполняют так, чтобы шайба пуансона в конце процесса упиралась в торец (плечики) матрицы. Остаточную толщину H (мм) кабеля проверяют с помощью специального штангенциркуля или кронциркуля (рис. 64, а, б). Эта толщина зависит от сечения жил кабеля: при сечении 16—50 мм² она составляет $(4,5 \pm 0,2)$ мм, при 70 и 95 мм² — $(8,2 \pm 0,2)$ мм, при 120 и 150 мм² — $(12,5 \pm 0,2)$ мм и при 185, 240 мм² — $(14,4 \pm 0,2)$ мм.

Качество опрессованных контактов кабеля проверяют внешним осмотром, обращая внимание на лунки вдавливания, которые должны располагаться соосно и симметрично относительно середины гильзы или трубчатой части наконечника. В местах вдавливания пуансона не должно быть надрывов или трещин.

После соединения жил кабеля снимают металлический поясok между первым и вторым кольцевыми надрезами оболочки и на край находившейся под ней поясной изоляции накладывают бандаж из 5—6 витков суровых ниток, после чего устанавливают между жилами распорные пластины, чтобы жилы кабеля удерживались на определенном расстоянии друг от друга и от корпуса муфты.

Укладывают концы кабеля в муфту, предварительно намотав на него в местах входа и выхода из муфты 5—7 слоев смоляной ленты, а затем скрепляют обе ее половинки болтами. Заземляющий проводник, припаянный к броне и оболочке кабеля, заводят под крепежные болты и таким образом прочно закрепляют на муфте.

Операции разделки концов кабелей напряжением 6 и 10 кВ в свинцовой муфте мало чем отличаются от

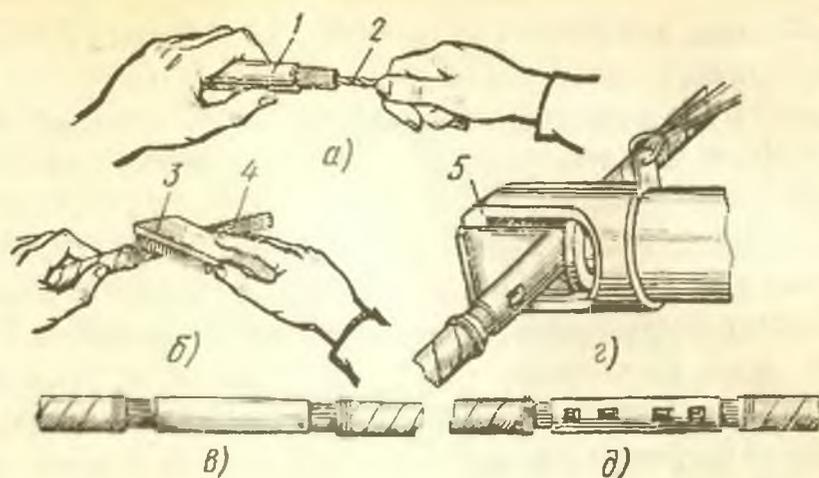


Рис. 63. Соединение медных жил кабеля опрессовкой:

а — зачистка внутренней поверхности гильзы стальным проволочным ершом, *б* — зачистка жилы щеткой из кардоленты, *в* — установка гильзы на соединяемых жилах, *г* — опрессовка гильзы в прессе, *д* — готовое соединение; 1 — медная гильза, 2 — ерш, 3 — щетка, 4 — жила, 5 — пресс

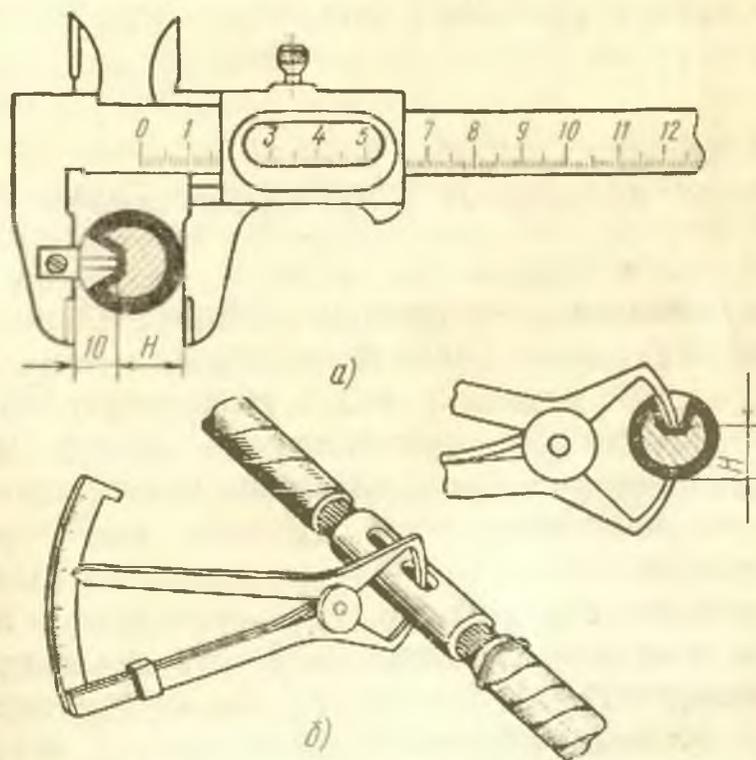


Рис. 64. Измерение остаточной толщины кабеля после соединения жил опрессовкой:

а — штангенциркулем с насадкой, *б* — специальным измерителем

аналогичных операций соединения их в чугунной муфте.

Кабельные линии могут быть надежными и долговечными при условии соблюдения технологии монтажных работ и всех требований правил технической эксплуатации. Качество и надежность смонтированных кабельных муфт и заделок можно повысить, если при монтаже применять комплект необходимого инструмента и приспособлений для разделки кабелей и соединения их жил, разогрева кабельной массы и т. п. Большое значение для повышения качества выполняемых работ имеет квалификация персонала.

Для кабельных соединений используют комплекты бумажных роликов, рулонов и бобин хлопчатобумажной пряжи, но они должны быть без складок, надорванных и измятых мест, загрязнений. Такие комплекты поставляют в банках по номерам в зависимости от размера муфт. Банка на месте монтажа перед употреблением должна быть открыта и разогрета до $70-80^{\circ}\text{C}$. Разогретые ролики и рулоны проверяют на отсутствие влаги, погружая бумажные ленты в разогретый до 150°C парафин. При этом не должно быть потрескивания и выделения пены. При обнаружении влаги комплект роликов и рулонов бракуют.

§ 25. Обслуживание и ремонт воздушных и кабельных линий

Обслуживание воздушных линий. Периодические осмотры *ВЛ выше 1000 В* электромонтеры проводят не реже одного раза в 6 мес, а инженерно-технические работники — не реже одного раза в год. При этом могут быть обнаружены следующие неисправности: набросы проволок на провода, обрывы или перегорания отдельных жил, нарушение регулировки проводов и изменение их стрел провеса; повреждения и загрязненность изоляторов; перекрытия и отклонения поддерживающих гирлянд изоляторов; неудовлетворительное крепление разрядников, загрязнение, повреждение лаковой поверхности и отсутствие указателей срабатывания; трещины и оседания фундаментов и опор; повреждения и ослабления оттяжек опор, а также загнивание, обгорание и расщепление их деталей; нарушения в охранной зоне ВЛ (складирование материалов,

проезд негабаритных механизмов, наличие деревьев на краю просек).

При осмотрах воздушных линий выше 1000 В проверяют: состояние опор, на металлических опорах — наличие всех креплений; целостность бандажей и заземляющих спусков на деревянных опорах; состояние разрядников, аппаратуры и кабельных муфт; наличие и состояние предостерегающих плакатов, развешиваемых на опорах.

Трасса воздушной линии должна быть чистой, т. е. ей не должны угрожать при падении деревья, строения или другие посторонние предметы. Необходим постоянный контроль за охранной зоной, чтобы в ней без согласования не проводились строительные работы. Все выявленные дефекты отмечают в листке обхода (донесении), а дефекты, которые могут вызвать аварию, срочно устраняют.

Внеочередные осмотры ВЛ проводят при появлении гололеда, во время ледохода и разлива рек, при лесных и степных пожарах и в других экстремальных ситуациях, после автоматического отключения ВЛ даже при ее успешном повторном включении, а верховые осмотры с выборочной проверкой состояния проводов и тросов в зажимах и дистанционных распорках — по графикам, но не реже одного раза в 6 лет.

Эксплуатация *ВЛ напряжением до 1000 В* заключается в периодических осмотрах, проверках и измерениях отдельных элементов линии. Эти работы выполняют в следующие сроки: осмотры электромонтером — один раз в месяц; проверка наличия трещин на железобетонных опорах и выборочное вскрытие грунта в зоне переменной влажности — один раз в 6 лет, начиная с четвертого года эксплуатации; определение степени загнивания деталей деревянных опор — один раз в 3 года; измерение стрел провеса и габаритных расстояний ВЛ — во всех случаях, когда возникают сомнения при осмотрах; измерение сопротивления заземления — один раз в первый год эксплуатации и один раз в 3 года в дальнейшем; проверка и перетяжка всех креплений — ежегодно в первые 2 года эксплуатации и по мере надобности в дальнейшем.

Внеочередные осмотры ВЛ проводят при наступлении гололеда, тумана, ледохода и разлива рек, после каждого автоматического отключения, а ночные осмотры без отключения напряжения — не реже одного раза

в год с целью выявления перегреваемых токопроводящих частей, возможного искрения в местах слабых контактов.

На линиях уличного освещения и общего пользования ежегодно в период максимальных нагрузок измеряют напряжения в начале и конце линии, а также на основных ответвлениях к потребителям. Ток по фазам измеряют 2 раза в год, а также после каждого изменения схемы для определения асимметрии нагрузок.

При обнаружении на проводе обрыва нескольких проволок (общим сечением до 17% сечения провода) это место перекрывают ремонтной муфтой или бандажом. Такую муфту на сталеалюминиевом проводе устанавливают при обрыве до 34% алюминиевых проволок. Если оборвано большее количество жил, провод разрезают и соединяют с помощью соединительного зажима. Стрелы провеса проводов не должны отличаться от проектных данных более чем на +5%.

Поврежденные изоляторы обнаруживают как при осмотрах, так и при ревизиях и контроле электрической прочности подвесных изоляторов, проводимом один раз в 6 лет. Изолятор считается дефектным, если его напряжение меньше 50% напряжения исправного.

Изоляторы могут иметь пробой, ожоги глазури, оплавление металлических частей и даже разрушение фарфора, что является следствием их пробоя электрической дугой, а также ухудшения электрических характеристик в результате старения при эксплуатации. Часто пробой изоляторов могут быть из-за сильного загрязнения их поверхности и при напряжениях, превышающих рабочее.

Контроль загнивания деталей деревянных опор осуществляют не реже одного раза в 3 года и перед каждым подъемом на опору. Степень загнивания измеряют специальным щупом на глубине 0,3—0,5 м от уровня земли. Опора считается непригодной для дальнейшей эксплуатации, если глубина ее загнивания по радиусу более 3 см при диаметре 25 см и более.

Перед началом грозового сезона проверяют размеры внутренних и внешних искровых промежутков между электродами разрядников, длина которых зависит от конструкции последних. Так, для разрядника РТВ-6-10/2-2 длина внутреннего промежутка составляет 60 мм, для РТФ-6/1,5-10—80 мм, для РТФ-10/0,5-7—130 мм. При регулировке внутренних промежутков

допускаются отклонения не более ± 2 мм. Разрядник должен быть установлен с углом наклона к горизонтали $10-15^\circ$, а его открытый конец обращен вниз, в противоположную сторону от опоры.

Металлические опоры и металлические детали железобетонных и деревянных опор необходимо периодически покрывать устойчивыми против атмосферных воздействий красителями, а подножки — кузбасским лаком и битумом.

Ремонт воздушных линий. В объем текущего ремонта ВЛ входят работы, выполняемые при осмотрах, техническом обслуживании и верховых осмотрах. При ремонте проверяют состояние резьбовых контактных зажимов и их подтяжку, выправляют промежуточные опоры, заменяют отдельные опоры и их детали, проверяют и регулируют стрелы провеса и габариты линии, осуществляют перетяжку проводов, замену отдельных изоляторов и приставок опор, подтягивают, очищают, заменяют и окрашивают бандажи, проверяют трубчатые разрядники и измеряют сопротивление заземления.

В объем капитального ремонта ВЛ входят все работы текущего, а также верховые осмотры с выемкой проводов из зажимов, проверкой и заменой дефектных проводов, изоляторов и линейной арматуры; полная перетяжка линии; измерение переходного сопротивления контактных соединений проводов, а также их ремонт, выправка положения или замена опор; проверка наличия трещин в железобетонных приставках; контроль состояния заземления опор; послеремонтные испытания.

Рассмотрим наиболее типичные работы по ремонту ВЛ — замену опоры на железобетонной приставке и проводов на ВЛ 6—10 кВ.

Для замены опоры необходимы следующие инструменты, приспособления и материалы: монтерские когти (2 пары), предохранительные пояса (2 шт.), прессклеши ПК-3 или ПК-1, бурав, ключ для заворачивания крюков, стальной метр, топор, лом, плоскогубцы, бандажные ножницы, гаечный ключ 17×19 (2 шт.), отвес, молоток, бандажный хомут, кисть, кузбасский лак, каски, рукавицы, механизм — бур-столбостав БКГМ-66, стропы, стойка деревянной опоры, крюки с изоляторами, провод для вязки проводов ВЛ.

Операцию выполняют в такой последовательности: размечают и просверливают отверстия на вершине

опоры под крюки, ввертывают крюки с изоляторами и обрабатывают плоскость для припасовки;

устанавливают механизм БКГМ, поднимаются на опору, строят стойку, демонтируют вязки проводов, начиная с верхнего крюка, и устанавливают растяжки на провода;

спускаются с опоры, срезают бандаж, отгибают провода растяжками, опускают старую опору на землю с помощью бура-столбостава, снимают строп и демонтируют крюки с изоляторами;

застропив новую стойку, поднимают ее, выверяют по вертикали, устанавливают бандажные хомуты и освобождают трос бура-столбостава;

поднимаются на опору и монтируют вязки проводов; спускаются с опоры, закрепляют номерной знак, плакат по технике безопасности и окрашивают бандажные хомуты;

собирают инструмент, приспособления и приводят в порядок рабочее место.

При замене проводов ВЛ 6—10 кВ необходим следующий набор инструмента и приспособлений: разъемный барабан, раскаточные козлы, лом, молоток, монтерские когти (2 компл.), предохранительные пояса (2 шт.), плоскогубцы, пеньковый канат, гаечные ключи 17×19 (2 шт.), плашечные зажимы (не менее 6 шт.), полиспаг, строп, вязальная проволока (2—3 м на опору), прибор для измерения стрелы провеса.

Эту операцию выполняют таким образом:

устанавливают разъемный барабан на раскаточные козлы;

раскрепляют анкерные опоры, демонтируют вязки проводов на промежуточных опорах, сбрасывают провода, разрезают шлейфы, сбрасывают провода с анкерных опор в начале и конце ремонтируемого участка;

сматывают демонтированный провод;

устанавливают барабан с проводом на раскаточные козлы, раскатывают провода и закрепляют их на анкерных опорах;

набрасывают провода на промежуточные опоры; поднимают и закрепляют провода на анкерной опоре в конце линии (участка) и соединяют их в шлейфах;

поднимают и устанавливают на опоре полиспаг для натягивания верхнего провода, предварительно вручную вытягивают провода; натягивая верхний провод, закрепляют его в зажиме и соединяют в шлейфе;

монтируют вязку; снимают полиспаст и закрепляют его на траверсе;

вытягивают провод вручную; натягивают нижний провод, закрепляют его в зажиме и соединяют в шлейфе; снимают полиспаст и закрепляют его на другом конце траверсы; вытягивают вручную третий провод, закрепляют его в зажиме и соединяют в шлейфе; снимают и опускают полиспаст;

регулируют стрелу провеса;

монтируют вязки проводов на промежуточных опорах;

собирают инструмент, приспособления, снимают барабан с козел и убирают рабочее место.

Остальные операции (навертывание изоляторов на крюки, соединение проводов, определение мест сверления отверстий для крюков и т. д.) идентичны операциям при производстве электромонтажных работ (см. вторую главу).

Кабельные линии. Эксплуатационный персонал должен постоянно следить за техническим состоянием кабелей и трасс кабельных линий. Надежность кабельных линий при эксплуатации обеспечивается выполнением мероприятий, в которые входят контроль за температурой нагрева кабеля, осмотры, ремонты, профилактические испытания.

Для продолжительности срока службы кабельной линии необходимо следить за температурой жил кабеля, так как перегрев изоляции ускоряет его старение. Максимально допустимая температура токопроводящих жил кабеля определяется его конструкцией. Так, для кабелей напряжением 10 кВ с бумажной изоляцией и вязкой нестекающей пропиткой допускается температура не более 60°C ; для кабелей 0,66—6 кВ с резиновой изоляцией и вязкой нестекающей пропиткой — 65°C ; для кабелей до 6 кВ с пластмассовой (из полиэтилена, самозатухающего полиэтилена и поливинилхлоридного пластиката) изоляцией — 70°C ; для кабелей 6 кВ с бумажной изоляцией и обедненной пропиткой — 75°C , а с пластмассовой (из самозатухающего полиэтилена) или бумажной изоляцией и вязкой или обедненной пропиткой — 80°C .

Длительно допустимые токовые нагрузки на кабели с изоляцией из пропитанной бумаги, резины и пластмассы выбирают по действующим ГОСТам. Кабельные линии напряжением 6—10 кВ, несущие нагрузки мень-

ше номинальных, могут быть кратковременно перегруженными на значение, которое зависит от вида прокладки. Так, например, кабель, проложенный в земле и имеющий коэффициент предварительной нагрузки 0,6, может быть перегружен на 35% в течение получаса, на 30% — 1 ч и на 15% — 3 ч, а при коэффициенте предварительной нагрузки 0,8 — на 20% в течение получаса, на 15% — 1 ч и на 10% — 3 ч. Для кабельных линий, находящихся в эксплуатации более 15 лет, перегрузка снижается на 10%.

Осмотры кабельных линий до 35 кВ проводят в следующие сроки: трассы кабелей, проложенных в земле, по эстакадам, в туннелях, блоках, каналах, галереях и по стенам зданий — не реже одного раза в 3 мес; концевые муфты на линиях до 1000 В — один раз в год, а выше 1000 В — один раз в 6 мес (кабельные муфты, расположенные в ТП, РУ и подстанциях, осматривают одновременно с другим оборудованием); кабельные колодцы — 2 раза в год; коллекторы, шахты и каналы на подстанциях с постоянным оперативным обслуживанием — не реже одного раза в месяц. Внеочередные обходы осуществляют в периоды паводков и после ливней.

При осмотре кабелей внутри помещений, в туннелях, шахтах, кабельных полуэтажах проверяют: исправность освещения, вентиляции, сигнализации о появлении дыма; наличие средств пожаротушения; состояние несгораемых перегородок и дверей между отсеками и помещениями; температуру воздуха и металлических оболочек кабелей; состояние опорных конструкций, соединительных и концевых муфт, металлических оболочек и антикоррозионных покрытий брони; наличие маркировки; отсутствие горючих предметов и материалов.

Большую опасность для целостности кабелей представляют земляные работы, выполняемые на трассах или вблизи них. Поэтому необходимо обеспечить постоянный надзор за кабелями на все время работы.

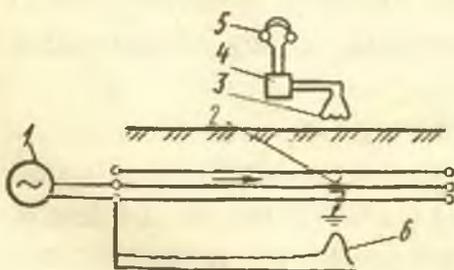


Рис. 65. Схема определения места повреждения кабеля индукционным методом:

1 — генератор звуковой частоты, 2 — место повреждения, 3 — приемная рамка, 4 — усилитель, 5 — телефон, 6 — электромагнитные колебания вдоль кабельной трассы

Места производства земляных работ по степени опасности повреждения кабелей делятся на две зоны: первая — участок земли, расположенный на трассе кабеля или на расстоянии до 1 м от крайнего кабеля напряжением выше 1000 В; вторая — участок земли, расположенный от крайнего кабеля на расстоянии свыше 1 м.

При работе в первой зоне запрещается: применять экскаваторы и другие землеройные машины; использовать ударные механизмы (клин-бабы, шар-бабы и др.) на расстоянии ближе 5 м; применять механизмы для раскопки грунта (отбойные молотки, электромолотки) на глубину выше 0,4 м при нормальной глубине заложения кабеля (0,7—1 м); выполнять земляные работы в зимнее время без предварительного отогрева грунта; осуществлять работы без надзора представителем организации, эксплуатирующей кабельную линию.

Чтобы своевременно выявить дефекты изоляции кабеля, соединительных и концевых муфт и предупредить внезапный выход его из строя или разрушение токами коротких замыканий, проводят профилактические испытания кабельных линий повышенным напряжением постоянного тока.

При повреждении кабеля прежде всего определяют с помощью мегаомметра 2500 В характер неисправности. Измеряют сопротивление изоляции токопроводящих жил кабеля относительно земли и между собой каждой пары жил и проверяют на отсутствие их обрыва. Зону повреждения обнаруживают несколькими методами, но чаще всего индукционным (для определения мест замыкания между жилами кабеля). По двум замкнутым между собой жилам кабеля (рис. 65) пропускают ток 10—20 А звуковой частоты (800—1000 Гц) от специального генератора 1. При этом вокруг кабеля до места замыкания возникают электромагнитные колебания, распространяющиеся и над поверхностью земли. Эти колебания улавливают прибором с приемной рамкой 3, усилителем 4 и телефоном 5. Оператор, проходя с этим прибором по трассе, прослушивает звуки наведенных электромагнитных волн. Звук при приближении к месту повреждения сначала усиливается, а затем прекращается на расстоянии от него около 1 м.

Особое внимание уделяют кабелям, проложенным в районах прохождения электрифицированного тран-

спорта. В такой кабельной линии следует измерять не менее 2 раз в течение первого года эксплуатации уровни потенциалов и блуждающих токов. Если уровень приблизился к опасной черте, принимают меры, устраняющие это явление.

Каждая линия должна иметь свой единый диспетчерский номер или наименование для удобства оперативных переключений. Открыто проложенные кабели и все кабельные муфты снабжают бирками с обозначениями марки, сечения, номера или наименования линии. На бирках соединительных муфт указывают номер муфты и дату монтажа.

Ремонт кабелей. Для ремонта кабелей сначала определяют места их повреждения и земляных работ по раскопке котлована, затем раскапывают кабель, разрезают его в месте повреждения и проверяют на отсутствие влаги в бумажной изоляции. При ее обнаружении вырезают участок кабеля в обе стороны от разреза и снова проверяют влажность изоляции, после чего выбирают кусок кабеля, равный вырезанному, и ставят две соединительные муфты. При отсутствии влаги в изоляции на месте разреза кабеля устанавливают одну соединительную муфту. При выходе из строя ранее смонтированной муфты ее вскрывают и устанавливают новую.

Для соединения кабелей напряжением до 1000 В используют чугунные или эпоксидные муфты, а для кабелей напряжением 6—10 кВ — свинцовые или эпоксидные.

При вскрытии *чугунной муфты* подкладывают под нее с обеих сторон кирпичи или доски; отвертывают гайки и удаляют болты, скрепляющие половины корпуса муфты; прогревают паяльной лампой корпус муфты, отжимают ее на края рукояткой молотка, отделяя от кабельного состава сначала одну, а затем и другую половины; после проверки отсутствия напряжения срезают ножом изолирующую массу до токопроводящих жил и очищают зажимы от кабельной массы.

При вскрытии *свинцовой муфты* отвертывают болты, скрепляющие обе половины кожуха; снимают кожух, а затем свинцовую трубу; срезают ножом изоляцию жил до зажимов и очищают жилы кабеля от кабельного состава; увеличивают разделку жил кабеля и устанавливают на этом месте новую муфту большего раз-

мера при выходе из строя кабеля вследствие электрического пробоя изоляции и неповрежденных токопроводящих жилах. При серьезных повреждениях жил и изоляции кабеля муфту удаляют, вырезав ее вместе с кусками кабеля 150—200 мм, и монтируют одну или две новые муфты.

Для соединения кабелей напряжением до 1000 В используют чугунные муфты СЧо обычного исполнения и СЧм — малогабаритные. При монтаже чугунную муфту очищают от грязи и ржавчины, устанавливают ее нижнюю половину под участком соединения, отмечают участки расположения горловин муфты, а затем наматывают на эти участки столько слоев смоляной ленты, чтобы диаметр намотки был на 4—5 см больше диаметра горловин. Далее нижнюю половину муфты накрывают верхней и прочно скрепляют болтами, после чего подогревают муфту до 50—60° С и вливают в нее непрерывной струей заливочную массу, нагретую до 120—130° С, заполняя сначала $\frac{3}{4}$, а затем всю внутреннюю полость муфты. После полного остывания муфты и усадки заливочной массы в нее дополнительно вливают столько массы, чтобы заполнить всю муфту.

Оболочка и броня соединяемых кабелей должны быть надежно заземлены, для чего к ним пайкой и проволочным бандажом присоединяют гибкий медный проводник сечением не менее 6 мм², а на свободный конец напрессовывают наконечник, который присоединяют к болту чугунной муфты.

Для ответвления трехжильных (сечением до 240 мм²) и четырехжильных (сечением до 185 мм²) кабелей применяют ответвительные чугунные муфты О и эпоксидные ОЭ. На месте ремонта заделки в съемную жесткую форму из металла или пластмассы заливают эпоксидный компаунд, состоящий из эпоксидной смолы, в которую добавлены пластификатор и отвердитель, повышающие термостойкость, эластичность и механическую прочность компаунда.

Свинцовые муфты применяют для соединения кабелей напряжением 6, 10 кВ и выше. Они имеют буквенные и цифровые обозначения: СС (соединительные свинцовые) и 60, 70, 80, 90, 100 и 110 (диаметр свинцовой трубы). Свинцовую трубу нужного диаметра надевают на один из соединяемых кабелей, а затем соединяют токопроводящие жилы и изолируют участок соединения. Деревянным вальком обколачи-

вают концы трубы, придавая им сферическую форму, чтобы шейки образовавшейся муфты соприкасались с оболочками соединяемых кабелей. Места стыкования концов муфты с оболочками кабелей пропаивают. В свинцовой муфте (ближе к ее концам) вырубает два отверстия, через одно из которых заполняют муфту заливочной массой, а другое служит для выхода воздуха. После заполнения муфты и остывания в ней массы отверстия закрывают и запаивают. Основные операции монтажа свинцовой муфты показаны на рис. 66, а — е, а готовое соединение с одним общим заземленным проводником — на рис. 66, ж. Для защиты от механических повреждений муфту помещают в защитный кожух, выполненный из чугуна, стальных труб или стеклопластика.

При эксплуатации кабеля часто выходят из строя кабельные линии из-за повреждений соединительных муфт и концевых заделок, обычно вызванных низким

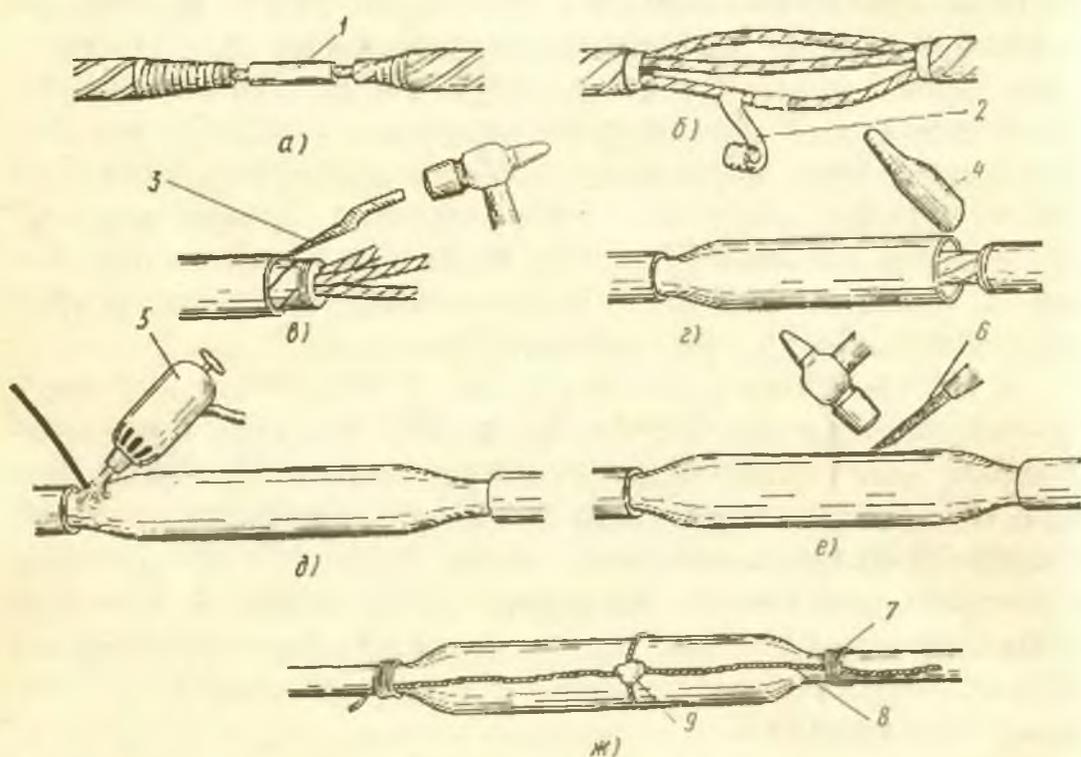


Рис. 66. Основные операции монтажа свинцовой соединительной кабельной муфты:

а — разделка кабеля, б — изоляция соединений бумажной лентой, в — разбортовка оболочки кабеля, г — обколачивание конца муфты для придания ей сферической формы, д — соединение пайкой оболочки кабеля с муфтой, е — вырезание заливочного отверстия, ж — заземление муфты; 1 — гильза, 2 — бумажная лента шириной 10 мм, 3 — разбортовка, 4 — деревянный валец, 5 — газовая горелка, 6 — нож, 7 — бандаж крепления заземляющего провода, 8 — заземляющий провод, 9 — место припайки заземляющего провода к муфте

качеством контактных соединений и оконцевания жил, в частности наличием заусенцев и острых кромок разделки, неудаленной литниковой прибыли, глубоких пор в заливочной массе, выгоревших или выкушенных проволок жилы, плохой пропайки мест соединения муфты с оболочкой кабеля, трещин в муфте и т. д.

Выход из строя эпоксидных соединительных муфт связан с несимметричным расположением жил кабеля внутри эпоксидного корпуса, а также наличием пор, свищей и трещин, отсутствием необходимой герметизации муфты и др.

Отказы в работе свинцовых муфт происходят из-за плохого качества присоединения свинцового корпуса к оболочке кабеля, образования пустот в кабельной массе, недолива массы при монтаже муфты, отсутствия контроля за температурой заливочных и прощпарочных масс, кристаллизации заливочной массы с течением времени при эксплуатации кабельной линии и др.

Концы прокладываемых кабелей заделывают так называемой «концевой заделкой», которая предохраняет изоляцию кабеля от проникновения в нее влаги, содержащейся в окружающем воздухе, а также предотвращает вытекание из кабеля изоляционного состава при недопустимой (для данной марки кабелей) разности между высшей и низшей точками расположения его концов.

Для концевой заделки конец кабеля разделяют так же, как и при его соединении, а затем монтируют на нем концевую воронку из эпоксидного компаунда, из стали, в резиновых перчатках и т. д. Для заливки компаунда используют съемные формы из листовой стали или пластмассы, которые после отверждения смеси снимают.

Концевые эпоксидные заделки КВЭ (кабельная воронка эпоксидная) отличаются простотой исполнения, высокой электрической и механической прочностью, герметичностью и химической стойкостью. Заделки КВЭ с эпоксидным корпусом конической формы могут быть исполнены с трубками из найритовой резины на жилах (КВЭн) для сухих помещений, с трубками в два слоя из поливинилхлорида и полиэтилена на жилах (КВЭд) для сырых помещений.

Широко распространены из-за простоты исполнения концевые заделки КВБ со стальными воронками. Они могут быть с малогабаритной воронкой на напряжение

до 1 кВ, со стальной круглой воронкой КВБк и КВБо на напряжение до 10 кВ с расположением жил соответственно по вершинам равностороннего треугольника и в один ряд.

Воронку, установленную на конец разделанного кабеля, подогревают до 50° С пламенем паяльной лампы и заливают кабельным составом так, чтобы после усадки его уровень был на 10 мм ниже верхней кромки воронки.

Концевые заделки наружной установки для кабелей на напряжение 6—10 кВ выпускают двух типов: КНЭ 10-I и КНЭ 10-II для жил сечением 16—120 и 150—240 мм² соответственно. Комплектно с муфтой поставляют эпоксидные проходные изоляторы и весь необходимый для ее монтажа набор материалов вместе с компаундом. Муфта представляет собой чугунный литой корпус с фланцами, к которым на прокладках крепят фарфоровые изоляторы.

Концевые заделки в резиновых перчатках имеют широкое применение. К их достоинствам относят компактность и быстроту монтажа за счет сокращения времени на обмотку жил кабеля лентами и покрытие их лаками. Эти заделки применяют в сухих нормальных помещениях для кабелей напряжением до 6 кВ и при разности уровней концов кабеля до 10 м.

Монтаж концевой заделки в резиновых перчатках КВР начинают с обмотки жил кабеля липкой поливинилхлоридной лентой вразбежку для предохранения бумажной изоляции жил от повреждений при надевании перчатки. Затем надевают перчатку с трубками на жилы кабеля, отворачивают ее корпус на 25—30 мм, придают перчатке шероховатость драчевым напильником и протирают ее бензином. Оболочку кабеля зачищают до блеска и протирают бензином. Для приклеивания перчатки к кабелю покрывают тонким слоем клея 88-Н отогнутую ее часть и участок оболочки кабеля, а затем через 5—7 мин отгибают корпус перчатки на оболочку и уплотняют хомутом или двумя бандажами из четырех витков медной или оцинкованной проволоки диаметром 1 мм. Концы трубок на жилах кабеля отворачивают на длину цилиндрической части наконечника, прибавив еще 8 мм.

Напрессовывают, напаяют или приваривают наконечники на концы токопроводящих жил, протирают их цилиндрическую часть бензином, придают им шеро-

ховатость драчевым напильником и наносят клей 88-Н на наконечники и отвернутую часть трубок. После подсыхания клея отворачивают трубку на цилиндрическую часть наконечника и уплотняют ее с помощью приклеиваемого отрезка трубки длиной, равной приклеиваемой части наконечника с заходом ее на трубку перчатки на расстояние, равное двум ее диаметрам. На поверхности резиновых трубок у наконечника накладывают бандаж из полоски пряжи или медной проволоки диаметром 1 мм.

Концевые заделки в стальных воронках заливают кабельной массой равномерно без образования раковин. Недостаток таких заделок — малая герметичность, из-за чего их не применяют в сырых помещениях.

Ремонтируют эти заделки в таком порядке: пламенем паяльной лампы или газовой горелки нагревают воронку до 90—100° С, сливают заливочный состав, распаивают и отсоединяют заземляющий проводник и сдвигают воронку по кабелю вниз. Очищают жилы, оболочку и броню от остатков старого заливочного состава и подмоток, определяют причины и характер дефекта. Устраняют их и восстанавливают изоляцию. Разделяют кабель ниже корешка прежней разделки на 100—150 мм. Проверяют отсутствие увлажненности бумажной изоляции. Восстановленную и вновь наложенную изоляцию прошпаривают составом МП-1, нагретым до 120—130° С, и подматывают липкой лентой ПВХ в три слоя. Вновь бандажируют проволокой и припаивают заземляющий проводник. Выполняют герметизирующие подмотки под горловину воронки и фарфоровые втулки на жилах, надвигают воронку на уплотняющие подмотки. После этого воронку бандажируют по горловине и укрепляют хомутом на опорной конструкции, выверяя положение жил относительно контактных зажимов аппарата. Воронку заливают кабельным составом.

В концевых заделках из эпоксидного компаунда может нарушиться герметичность и вытечь пропиточный состав в их нижней или верхней части. Во избежание его вытекания внизу участок кабеля ниже разделки на 40—50 мм обезжиривают. Низ заделки и прилегающую к нему свинцовую или алюминиевую оболочку на расстоянии 15—20 мм обматывают двумя слоями хлопчатобумажной ленты, смазанной эпок-

сидным компаундом, устанавливают на кабель ремонтную форму и заполняют ее эпоксидным компаундом. Во избежание вытекания состава в верхней части воронки устанавливают (выше ее на 20—30 мм) ремонтную форму, обезжиривают поверхность воронки и заливают форму эпоксидным компаундом.

§ 26. Охрана труда и безопасные приемы работ при обслуживании воздушных и кабельных линий

Обходы и осмотры воздушных линий выполняет без наряда один человек, имеющий квалификационную группу не ниже II. Во время обхода следует считать, что линия находится под напряжением. Поэтому запрещается влезать на опоры или конструкции и касаться проводов обходчику при осмотре ВЛ в любых случаях. Линию осматривают с земли, пользуясь биноклем. При ночном осмотре обходчик должен идти по краю трассы линии.

При обнаружении оборвавшегося и лежащего на земле или провисающего провода ВЛ обходчик должен принять меры для предупреждения возможного приближения к проводу проходящих людей. Обходчику также запрещается приближаться к проводу на расстояние менее 5 м для линий напряжением до 20 кВ и 8 м при напряжении выше 20 кВ. В населенной местности или вблизи нее около оборванного или провисшего провода следует установить охрану из местных жителей, объяснить им опасность не только прикосновения к проводу, но и приближения к нему на расстояние менее указанного и запретить пропускать кого-либо к месту обрыва. Если охрану установить невозможно или провод оборвался в ненаселенной местности, снимают с ближайших опор два-три плаката по технике безопасности и укрепляют их на палки вблизи обрыва с нескольких сторон. Сразу же после устройства ограждения немедленно сообщают в сетевой район эксплуатирующей линию организации о месте обрыва и ожидают прибытия бригады. Лежащий на земле или провисший провод линии напряжением до 1000 В допускается убирать только с помощью изолирующих средств (диэлектрических перчаток).

Во избежание увечий или ушибов от случайно упавших сверху инструментов или деталей запрещается



Рис. 67. Прокол кабеля специальным приспособлением

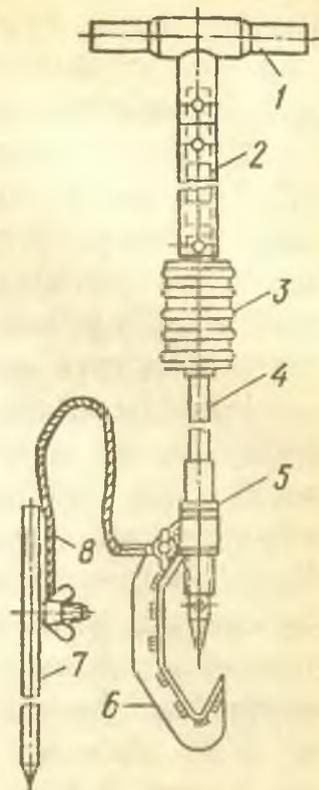


Рис. 68. Приспособление для прокола кабеля:

1 — рукоятка, 2 — бакелитовая трубка, 3 — фарфоровый изолятор, 4 — стальной стержень, 5 — гайка с резьбой, 6 — скоба, 7 — заземляющий стержень, 8 — заземляющий проводник

стоять рядом с опорой, на которой работают люди, а также находиться под монтируемыми проводами. Запрещается также влезать на опору и работать на ней с той стороны, в которую натягивается провод. Влезать на угловые опоры и работать на них разрешается только со стороны внешнего угла воздушной линии. Запрещается работать во время грозы даже на отключенной линии, а также на ее участках, не законченных монтажом.

При эксплуатации и ремонтах на кабельных линиях необходимо выполнять все организационные и технические мероприятия, обеспечивающие полную безопасность работающих. Обнаруженные при земляных раскопках открытые кабели заделывают в деревянные (из досок) короба, длина которых должна быть несколько больше ширины траншеи, и оба конца заложены в стенки траншеи во избежание механического повреждения кабеля. Открытые муфты укрепляют на прочной доске, подвешенной с помощью проволоки

или троса к перекинутым через траншею брусьям. На коробах с кабелем или муфте, укрепленной на доске, вывешивают предупредительные плакаты.

Кабель, подлежащий ремонту, должен быть отключен от питающей сети, а его концы заземлены или изолированы резиновыми колпаками, когда наложение переносных заземлений опасно или невозможно. На рукоятках выключателей вывешивают плакат «Не включать — работают люди».

Иногда в одной траншее прокладывают несколько кабелей, из которых необходимо выбрать поврежденный. Для этого используют кабелеискатель. При обнаружении поврежденного кабеля его разрезают. Если повреждение определено в муфте, ее вскрывают. Операции выполняют только в присутствии ответственного руководителя работ. Перед резкой в траншее оставляют непосредственных исполнителей, забивают вблизи кабеля металлический стержень на глубину не менее 0,5 м, кладут его на подкладку и стальной иглой прокалывают броню до токопроводящих жил с одновременным их заземлением (рис. 67). Человек, делающий прокол, должен предварительно надеть диэлектрические перчатки, предохранительные очки и встать на изолирующее основание. Рукоятку приспособления для прокола (рис. 68) отделяют от прокалывающей иглы вставкой из изолирующего материала, а металлическую часть приспособления перед проколом заземляют.

После прокола приступают к резке кабеля, стоя на сухом изолирующем основании в защитных очках и диэлектрических перчатках. Под кабель подкладывают кирпич, чтобы кабельная муфта оказалась на весу. Вначале снимают чугунный кожух, потом свинцовую трубу. После этого с помощью указателя напряжения еще раз убеждаются в отсутствии напряжения на кабеле. Затем осторожно срезают ножом изоляцию до зажимов, замыкают их накоротко и на землю. Лишь после этого работают без диэлектрических перчаток и предохранительных очков.

Чугунные муфты до 1000 В вскрывают в диэлектрических перчатках и предохранительных очках, стоя на изолирующем основании. После отвертывания гаек и удаления болтов отделяют одну половину муфты, а другую аккуратно снимают по окончании прогрева поверхности муфты паяльной лампой.

Убедившись с помощью токоискателя в отсутствии напряжения, изолирующую массу срезают подогретым ножом и еще раз вольтметром проверяют отсутствие напряжения. Очистив зажимы от массы, замыкают их накоротко и на землю. После этого работают без диэлектрических перчаток и предохранительных очков.

Перемещают или сдвигают кабели, а также переносят муфты только после отключения напряжения. Кабель, перемещаемый зимой, должен иметь температуру не ниже $+5^{\circ}\text{C}$, так как переноска замерзшего кабеля может привести к повреждению его изоляции или оболочки в результате изгиба. Рабочие, перемещающие кабель, должны надеть диэлектрические перчатки, а поверх них для защиты от механических повреждений — брезентовые, которые по размеру несколько меньше диэлектрических. При раскатке и прокладке кабеля рабочие должны работать в брезентовых рукавицах.

Чтобы уменьшить усилие при раскатке и предохранить кабель от механических повреждений, на трассе устанавливают специальные ролики, а на поворотах — угловые. Во время раскатки категорически запрещается оттягивать руками кабель на углах поворота во избежание получения травм. При ручной прокладке кабеля количество рабочих зависит от его массы (на мужчину должно приходиться не более 35 кг, а на женщину — не более 20 кг). При прокладке кабелей рабочие должны находиться от него на одной стороне, а в местах его поворота в траншее, каналах и туннелях — только с внешней стороны изгибаемого кабеля. При протаскивании кабеля через отверстия в стенах следует остерегаться, чтобы вместе с ним не были втянуты в отверстия руки.

При работе с кабельной массой необходимо соблюдать особую осторожность, так как выплескивание и разбрызгивание разогретой массы на кожу может вызвать ожоги.

Для заливки в соединительные и концевые муфты или воронки при разделке кабеля кабельную массу разогревают до $120\text{--}130^{\circ}\text{C}$ в специальной железной кастрюле с крышкой и носиком. Запрещается разогревать ее в закрытых банках. В холодное время кабельную массу откалывают зубилом из банок, а куски закладывают в кастрюлю. В жаркое время, когда масса становится вязкой, ее слегка подогревают в банке с

открытой крышкой до жидкого состояния и осторожно переливают в кастрюлю.

В качестве топлива для разогрева кабельной массы на жаровне вне помещения используют древесный уголь или электронагреватель. Разогреваемую массу нельзя доводить до кипения, так как возможны вспышка паров и возгорание. Для перемешивания разогретой массы пользуются стальным, предварительно прогретым прутом или ложкой, но не деревянной палкой, которая может оказаться влажной. Попадание даже незначительного количества влаги в расплавленную массу может вызвать ее разбрызгивание.

Кабельную массу следует переливать из кастрюли в муфты или воронки в брезентовых рукавицах и предохранительных очках. Муфту или воронку предварительно тщательно просушивают, чтобы при заливке избежать выплескивания горячей массы образовавшимся от влаги паром. Передавать кастрюлю с горячей кабельной массой непосредственно из рук в руки опасно, поэтому ее ставят на землю или пол, после чего другой человек может взять кастрюлю.

Все перечисленные меры предосторожности соблюдают и при расплавлении припоя для пайки жил кабеля или кабельных наконечников. Для расплавления припоя и при пайке жил кабеля применяют паяльную лампу, газовую горелку и т. п. К работе с паяльной лампой допускаются только обученные и имеющие навык лица.

Перед использованием паяльной лампы проверяют, исправна ли она и правильно ли запаян предохранитель. Резервуар паяльной лампы заполняют горючим не более чем на $\frac{3}{4}$ его объема, а пробка, закрывающая наливное отверстие резервуара, должна завинчиваться не менее чем на четыре нитки резьбы. Во избежание взрыва запрещается чрезмерно накачивать воздух в паяльную лампу. Запрещается также заливать или выливать горючее и разбирать лампу вблизи огня. Давление воздуха из резервуара лампы можно спускать через наливное отверстие только после того, как лампа потушена и ее горелка полностью остыла. Запрещается снимать горелку до спуска давления. В керосиновую паяльную лампу запрещается наливать бензин.

Паяльную лампу не реже одного раза в месяц сдают на профилактический осмотр и в ремонт, а ре-

зультаты записывают в специальном журнале. Допускается использовать для работы паяльную лампу на территории открытых и в помещениях закрытых распределительных устройств и подстанций только в том случае, если расстояние от ее пламени до ближайших токоведущих частей напряжением до 10 кВ составляет не менее 1,5 м, а напряжением выше 10 кВ — не менее 3 м. Запрещается разжигать паяльные лампы под электрооборудованием, проводами и вблизи маслонаполненных аппаратов.

Контрольные вопросы

1. Какие распределительные устройства называют открытыми и закрытыми?
2. Как устроено закрытое распределительное устройство?
3. Каковы преимущества комплектных распределительных устройств?
4. В чем особенности эксплуатации распределительных устройств напряжением до 1000 В и выше 1000 В?
5. Каково устройство воздушных линий электропередачи?
6. Как выбирают провода для воздушных линий электропередачи?
7. Чем отличается эксплуатация воздушных линий электропередачи от кабельных?
8. Какие способы соединения кабелей вы знаете?
9. Как определяют место повреждения кабеля?
10. Какие меры безопасности соблюдают при разрезании кабеля?

ГЛАВА ПЯТАЯ

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА

§ 27. Общие сведения

Все электроустановки оборудуют устройствами релейной защиты, предназначенными для отключения защищаемого участка в цепи или элемента при его повреждении, если эта неисправность влечет за собой выход из строя элемента или электроустановки в целом. Релейная защита срабатывает и при возникновении условий, угрожающих нарушением нормального режима работы электроустановки.

В релейной защите электроустановок защитные функции возложены на реле, которые служат для подачи импульса на автоматическое отключение эле-

ментов электроустановки или сигнала о нарушении нормального режима работы оборудования, участка электроустановки, линии и т. д.

Реле представляет собой аппарат, реагирующий на изменение какой-либо физической величины, например тока, напряжения, давления, температуры. Когда отклонение этой величины оказывается выше допустимого, реле срабатывает и его контакты, замыкаясь или размыкаясь, производят необходимые переключения с помощью подачи сигнала или отключения напряжения в цепях управления электроустановкой.

Релейная защита должна обладать *селективностью*, избирательностью (отключение только той минимальной части или элемента установки, которая вызвала нарушение режима); *чувствительностью* (быстрая реакция на определенные, заранее заданные отклонения от нормальных режимов, иногда самые незначительные) и *надежностью* (безотказная работа при отклонении от нормального режима). Надежность защиты обеспечивается как правильным выбором схемы и аппаратов, так и правильной эксплуатацией, предусматривающей периодические профилактические проверки и испытания.

Скорость срабатывания реле, определяемая проектом, зависит от характера технологического процесса и, как правило, должна обеспечивать полное отключение в течение сотых долей секунды.

Реле защиты включают в электрические цепи через измерительные трансформаторы и только иногда непосредственно. Они срабатывают при ненормальных или аварийных режимах работы установки.

Реле характеризуется уставкой (ток, напряжение или время, на которые отрегулировано данное реле для его срабатывания), напряжениями (или токами) срабатывания (наименьшее или наибольшее значение, при котором реле полностью срабатывает) и отпускания (наибольшее значение, при котором реле отключается, возвращается в исходное положение) и коэффициентом возврата (отношение напряжения или тока отпускания к напряжению или току срабатывания).

По времени срабатывания различают реле мгновенного действия и с выдержкой времени.

Схема наиболее распространенного в системах защиты электромагнитного реле тока РТ-40 показана

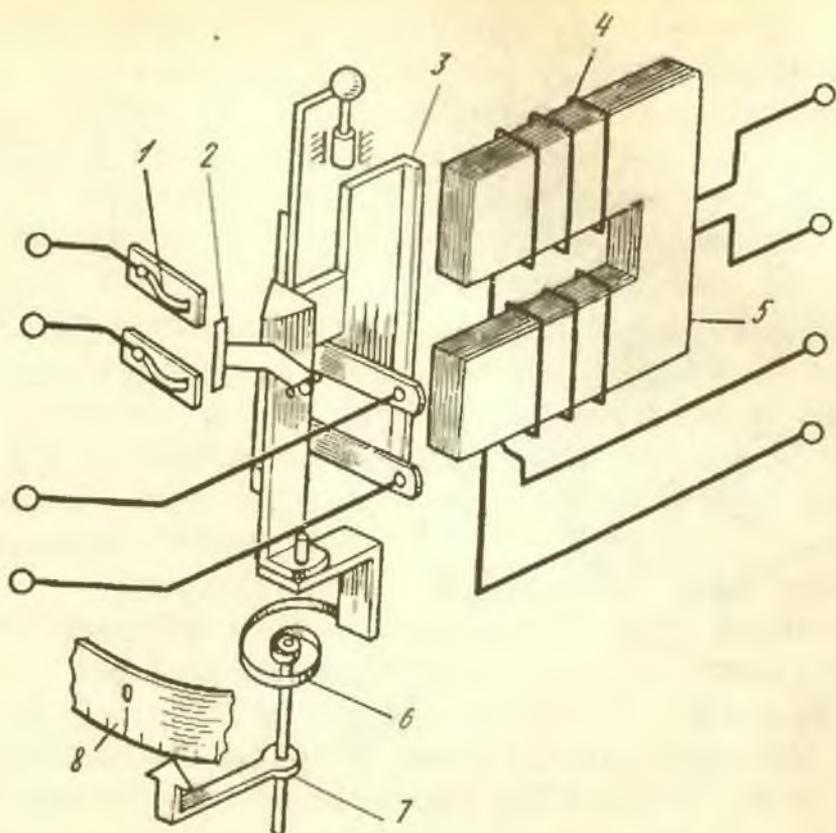


Рис. 69. Схема электромагнитного реле тока РТ-40:
 1, 2 — неподвижные и подвижные контакты, 3 — якорь,
 4 — обмотка, 5 — магнитопровод, 6 — пружина, 7 — рычаг,
 8 — шкала

на рис. 69. На магнитопроводе 5 расположены обмотки 4, которые могут быть соединены последовательно или параллельно. Между полюсами магнитопровода помещен якорь 3, а на его оси укреплены подвижные контакты 2. При определенном значении тока, протекающего по обмоткам 4 (ток срабатывания), якорь 3 поворачивается и подвижные контакты 2 замыкают неподвижные 1. Ток срабатывания можно регулировать натяжением пружины 6 с помощью рычага 7, перемещающегося по шкале 8.

Схема электромагнитного реле времени показана на рис. 70, а. На плите 2 закреплены магнитопровод 3 с круглым стальным сердечником и катушкой 1. К пластине 4 прижимается пружиной 5 якорь 7, с которым жестко связан мостик контактной системы 9. Силу действия пружины можно регулировать винтом 6. Упорный винт 8 ограничивает ход якоря при отпадании его от сердечника.

При токе срабатывания якорь притягивается к сердечнику мгновенно. Если же катушку 1 замкнуть на-

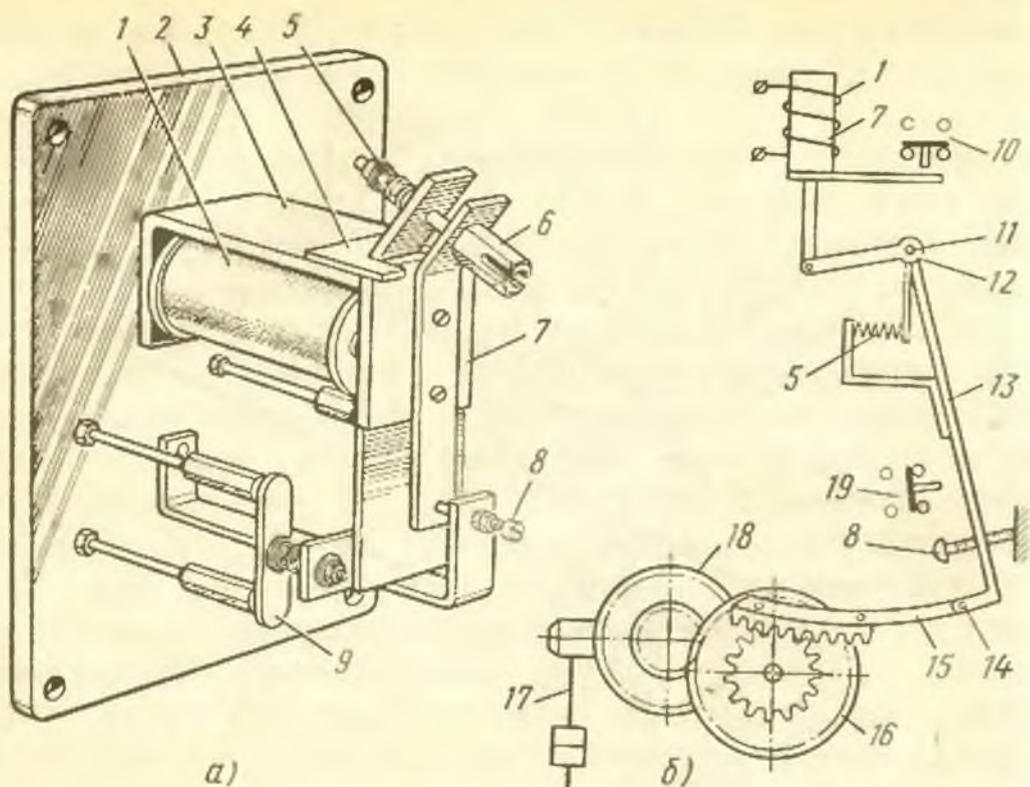


Рис. 70. Схемы реле времени:

а — электромагнитного, *б* — маятникового; 1 — катушка, 2 — плита, 3 — магнитопровод, 4 — пластина, 5 — пружина, 6, 8 — винты, 7 — якорь, 9 — контактная система, 10, 19 — контакты, 11 — ось, 12, 13 — рычаги, 14 — шарнир, 15 — зубчатая дуга, 16, 18 — колеса, 17 — маятник

коротко, ток в замкнутом контуре катушки исчезнет не мгновенно, а с некоторым замедлением. По закону Ленца магнитный поток, исчезая, наводит в цепи катушки ток того же направления, в результате чего якорь в течение некоторого времени после замыкания катушки удерживается притянутым к сердечнику.

Выпускаются реле ЭВ-100 с выдержкой времени от 0,1 до 1 с, ЭВ-180 — с выдержкой до 5 с и ЭВ-580 — с выдержкой до 16 с. Их катушки предназначены для работы на постоянном токе. Реле допускают большую частоту включений. Кроме того, в настоящее время изготавливают электромагнитные реле времени ЭВ-810 и ЭВ-880.

Во многих конструкциях реле выдержка времени осуществляется часовым механизмом. К этой группе относят и маятниковое реле (рис. 70, б), в котором при включении катушки 1 втягивается якорь 7, вследствие чего рычаг 12 поворачивается на оси 11 и пружина 5 сжимается. Это вызывает поворот рычага 13 и связанной с ним с помощью шарнира 14 зубчатой

дуги 15 по направлению, указанному стрелкой. Колеса 16 и 18 начинают вращаться, а маятник 17 — колебаться. При каждом его колебании колесо 18 поворачивается на один зуб. Таким образом, перемещение рычага 13 замедляется, чем и определяется выдержка времени замыкания контактов 19. Выдержку времени регулируют изменением положения грузика на маятнике 17 и упорным винтом 8. Контакты 19 срабатывают сразу после включения катушки реле.

Маятниковые реле могут быть встроены в контакторы и иметь выдержку времени от 1 до 10 с.

Тепловые реле применяют в основном для защиты от чрезмерных перегрузок.

Схема теплового реле РТ показана на рис. 71. Основной деталью реле является биметаллическая пластина, которая состоит из двух сваренных пластинок металлов, имеющих разные температурные коэффициенты линейного расширения: верхняя пластинка расширяется больше, чем нижняя, в связи с чем при нагревании она изгибается вниз.

Ток в главной цепи проходит по нихромовому нагревателю 1 и нагревает биметаллическую пластину 2. При определенном значении тока она нагревается, изгибается вниз и нажимает на винт 3 защелки 4, которая выводит из зацепления с ней рычаг 5. Под действием пружины 6 рычаг поворачивается и отжимает подвижный контакт 8. После остывания пластины 2 нажимают на кнопку возврата 7 и устанавливают рычаг 5 в исходное положение.

В схемах управления для размножения одного импульса по нескольким вспомогательным цепям наибольшее распространение получили промежуточные реле, которые служат также для выполнения различных электрических блокировок. В цепях управления переменного тока применяют промежуточные реле ЭП-41 электромагнитного действия на шесть контактов для напряжения 12, 36, 127, 220, 380 В.

Сигнальные реле (блинкеры) используют для подачи сигнала о срабатывании защиты и указания, в какой части установки был нарушен режим работы (рис. 72).

Принцип действия их следующий. Замыкание цепи тока в катушке 6 вызывает притяжение к сердечнику 5 якоря 4. При этом освобождается флажок 3 и падает против стекла 2 в крышке реле, указывая, что срабо-

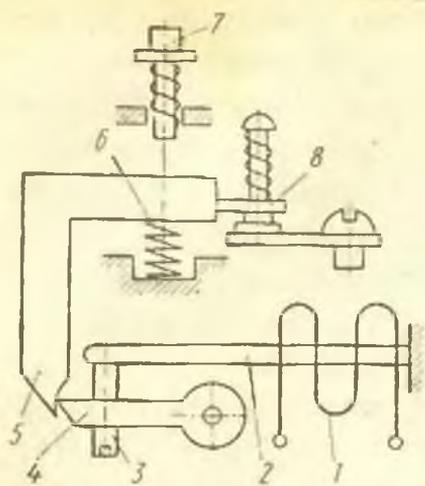


Рис. 71. Схема теплового реле:

1 — нагреватель, 2 — биметаллическая пластина, 3 — винт, 4 — защелка, 5 — рычаг, 6 — пружина, 7 — кнопка возврата, 8 — подвижный контакт

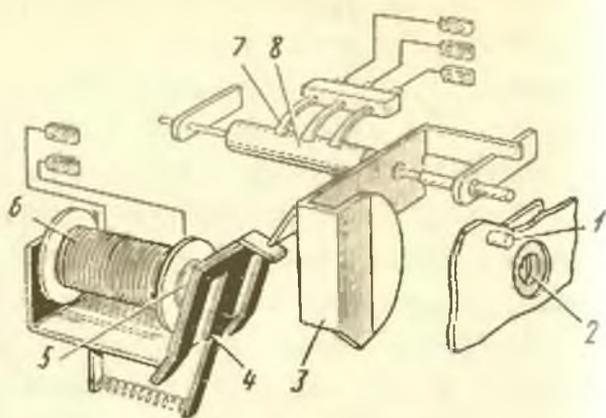


Рис. 72. Устройство сигнального реле (блнкера):

1 — рукоятка, 2 — стекло, 3 — флажок, 4 — якорь, 5 — сердечник, 6 — катушка, 7, 8 — контакты

тало реле или другой аппарат, в цепь которого включено сигнальное реле. При повороте флажка контакты 8, укрепленные на подвижном барабане, замыкают сигнальные цепи, присоединенные к контактам 7. Рукоятка 1 служит для возврата в исходное положение флажка и сигнальных контактов.

На пультах управления, панелях и щитах релейной защиты размещают аппараты и приборы, к которым относятся ключи управления, переключатели, реле, рубильники, предохранители, контактные накладки.

По способу подключения приборы и аппараты, устанавливаемые с лицевой стороны панели, делят на две группы: заднего подключения — щитовые электроизмерительные приборы, ключи и кнопки управления, арматура сигнальных ламп, световые табло, сигнальные индикаторные приборы; переднего и заднего подключения — многочисленные аппараты и приборы, реле, указательные приборы и т. д.

Для приборов заднего подключения провода и зажимы не проходят сквозь панель щита и находятся на определенном расстоянии от нее, поэтому случайное соприкосновение проводов исключено. Провода приборов переднего подключения проходят через отверстия в панели, поэтому необходимо принимать меры для предупреждения замыкания на корпус щита,

усиливая изоляцию проводов (установка втулок, изоляционных трубок).

В качестве командных аппаратов дистанционного управления используют кнопки и ключи управления с контактным элементом для замыкания и размыкания электрических цепей, содержащим неподвижные и подвижные контакты, управляемые механизмом передвижения. Этот механизм приводится в действие поворотной ручкой (ключом) или кнопкой управления.

Переключатели управления УП-5300 устанавливаются с задней стороны панели; ПМО — с задней стороны панели, но при необходимости можно и спереди; ПКУ — за панелью, на фасадной стороне, а также внутри шкафов. Ключи закрепляют распорными винтами только за панелью.

Для присоединения проводов вторичной коммутации к зажимам приборов релейной защиты используют различные изделия. Чаще всего применяют наборные нормальные зажимы для присоединения проводов сечением от 1,5 до 6 мм², а также концевые КСМ-3М и испытательные ЗЦИ зажимы. Их набирают на рейках К109 в ряд, установив на концах маркировочные колодки КМ-5. Рейки К109 выпускают длиной по 1000 мм и закрепляют винтами на электроконструкциях.

Для присоединения к зажимам многопроволочных медных, а также алюминиевых проводов сечением 2,5 и 4 мм² используют шайбы-звездочки У15, У16 и У19 соответственно под винты М4, М5 и М6 во избежание выдавливания концов провода. На концы многопроволочных медных проводов и жил кабеля надевают блочные накопечники или пистоны П. Кроме того, на шейке наконечника закрепляют кольцо и опрессовывают его специальными клещами.

§ 28. Максимальная токовая защита

Максимальная токовая защита предназначена для отключения электроустановки при превышении максимально допустимого тока в цепи. Защита приходит в действие при нарушении нормального режима работы защищаемого участка.

Максимальная токовая защита проста по устройству, надежна в работе, широко распространена при защите линий, трансформаторов, генераторов от токов

короткого замыкания и перегрузок. Селективность действия защиты обеспечивается различным по времени срабатыванием ее на разных участках электрической сети. При приближении к источнику питания участка сети увеличивается выдержка времени его защиты. На самом удаленном участке сети защита отстраивается на минимальное время от момента нарушения режима работы до отключения цепи (собственное время работы реле).

Основным элементом максимальной токовой защиты является реле максимального тока. Для замедления действия защиты применяют реле времени или токовое реле с зависимой характеристикой РТВ, РТ-80 и РТ-90. Схема максимальной токовой защиты с тремя токовыми реле *КА* мгновенного действия на оперативном постоянном токе показана на рис. 73, а. Для установки определенной выдержки времени отключения служат реле времени *КТ*, действующее через промежуточное реле *КЛ* на катушку отключения *УА* выключателя. В цепь катушки выключателя включены вспомогательные контакты. Когда ток в какой-либо фазе достигает определенного значения, т. е. тока уставки, реле *КА* этой фазы, включенное через трансформатор тока *ТА*, мгновенно срабатывает и его контакты замыкают цепь постоянного тока с катушкой реле времени *КТ*. Спустя некоторое время, равное выдержке времени реле *КТ*, его контакты замыкают цепь постоянного тока с катушкой промежуточного реле *КЛ* и оно мгновенно срабатывает. Замыкается цепь отключающей катушки *УА* через вспомогательные контакты,

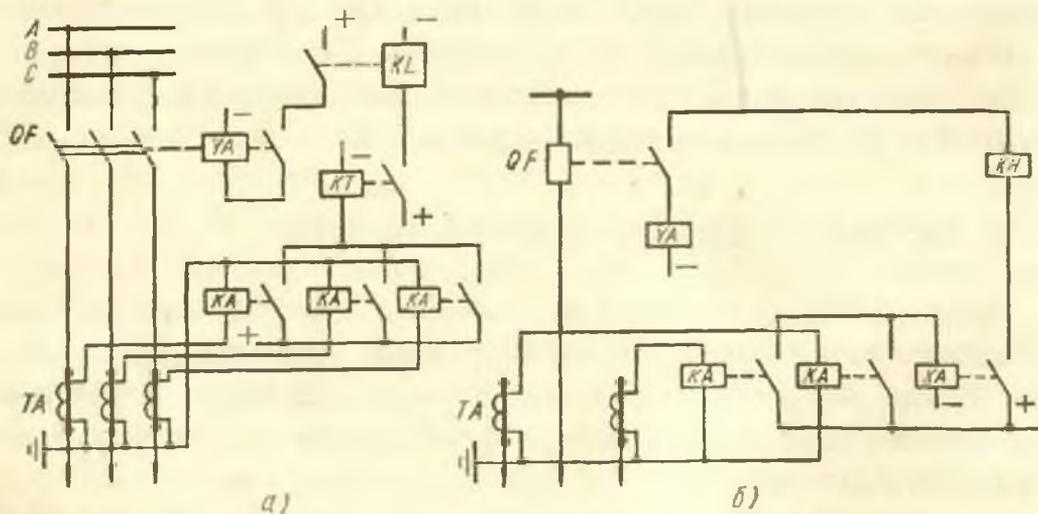


Рис. 73. Схемы максимальной токовой защиты:

а — с помощью трех токовых реле мгновенного действия, б — токовая отсечка с включением реле и трансформаторов тока в неполную звезду

которые замкнуты при включенном положении выключателя *QF*. Одновременно с отключением выключателя размыкаются его вспомогательные контакты и прерывается цепь питания отключающей катушки *YA* постоянным током. Эта защита имеет независимую от тока срабатывания реле *KA* выдержку времени, определяемую уставкой реле *KT*.

Максимальную токовую защиту с тремя реле и тремя трансформаторами тока обычно используют в сетях с заземленной нейтралью. В сетях с изолированной нейтралью можно применять максимальную токовую защиту с двумя реле и двумя трансформаторами тока. Такая защита действует при коротких замыканиях между любой парой фаз.

Кроме того, существуют схемы максимальной токовой защиты с одним токовым реле и двумя трансформаторами тока. В этом случае токовое реле включено на разность токов от двух трансформаторов тока и срабатывает при коротких замыканиях между любой парой фаз. В такой максимальной токовой защите с независимой выдержкой времени селективность действия защиты на пути прохождения тока достигается ступенчатым подбором выдержки времени защиты на каждом участке цепи.

В максимальной токовой защите с токовой отсечкой (рис. 73, б) реле времени не применяют, а селективность работы защиты на разных участках электрической цепи достигается установкой их на разные токи срабатывания. Действие такой защиты основано на том, что чем ближе к источнику питания место короткого замыкания на линии, тем больше ток короткого замыкания, на который и выбирается токовая отсечка, являющаяся быстродействующей защитой. Обычно ток срабатывания токовой отсечки одного участка линии для обеспечения селективности выбирают на 22—50% больше максимального тока короткого замыкания в начале следующего участка линии. В этой схеме применяют сигнальное (указательное) реле-блинкер *КН*, по флажку которого можно убедиться, что отключение произошло от срабатывания одного из двух реле, включенных через данный блинкер.

Для защиты трансформаторов обычно применяют максимальную токовую защиту от коротких замыканий; иногда в схему этой защиты включают дополнитель-

ное токовое реле, подающее импульс на сигнальное устройство при перегрузке трансформатора.

Определенные перегрузки трансформатора в течение некоторого времени допустимы. Однако они не должны достигать опасных значений. При получении сигнала от реле перегрузки своевременно отключают часть нагрузки. Для установки реле в любом приводе предусматриваются специальные места.

Реле максимального тока мгновенного действия РТМ применяют в ручных или пружинных приводах ПРБА и ППМ-10 высоковольтных выключателей. Воспринимающий орган реле связан с первичной цепью через измерительные трансформаторы. Исполнительной частью этого реле является боек, который воздействует непосредственно на механизм привода при срабатывании реле.

Реле РТМ (рис. 74, а) имеет обмотку 10 на каркасе 2, семь выводов 3, подходящих к переключателю 4 и служащих для изменения уставок тока срабатывания. Внутри каркаса установлена латунная тонкостенная гильза 7, в которой укреплен неподвижный контрполюс 8 с отверстием для прохода ударника 9 с головкой 1. В торец стального сердечника запрессован короткозамкнутый медный виток или установлена латунная шайба во избежание прилипания его к неподвижной части сердечника при срабатывании реле из-за остаточного магнетизма. Сердечник удерживается в ис-

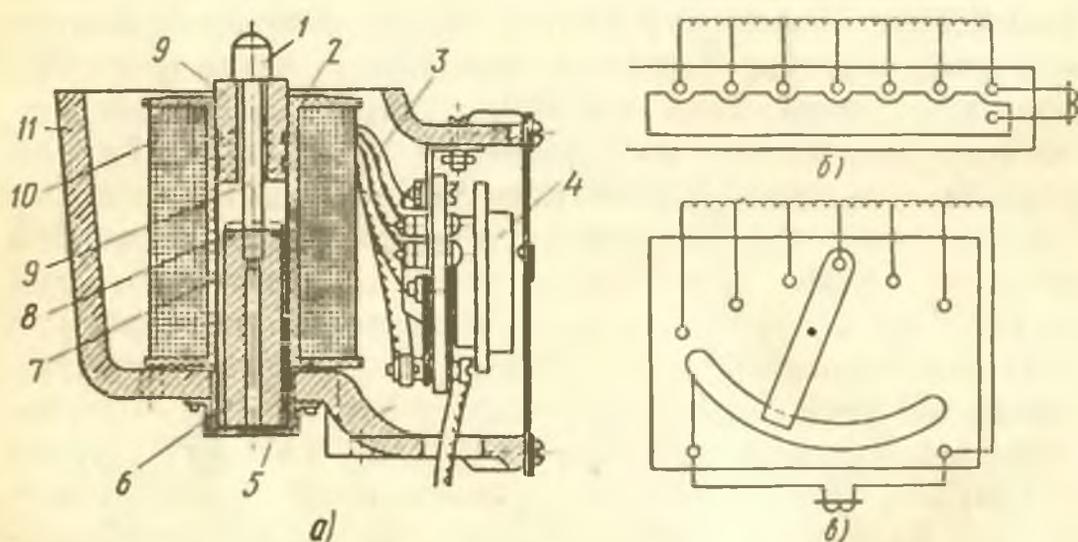
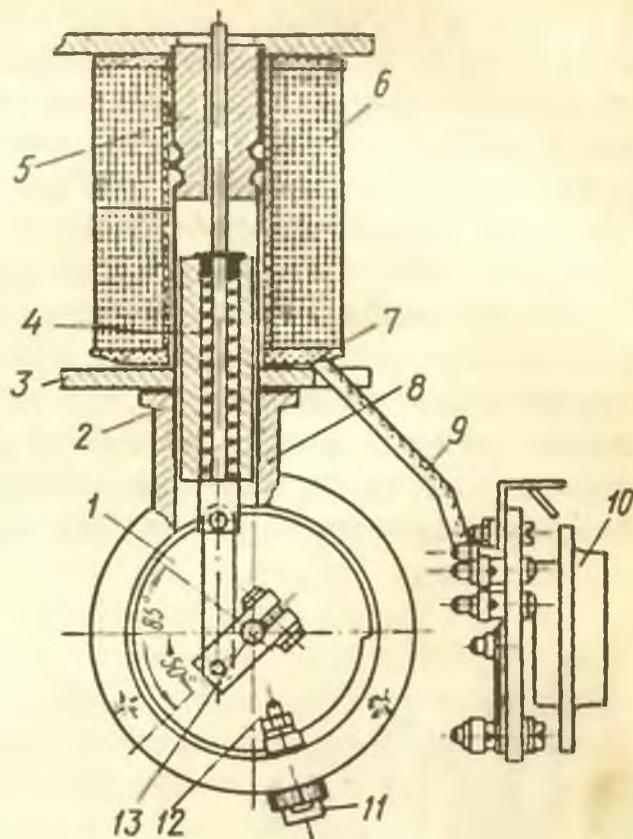


Рис. 74. Реле РТМ привода ПРБА:

а — устройство, б, в — схемы включения со штепсельным и поворотным переключателями; 1 — головка, 2 — каркас, 3 — выводы, 4 — переключатель, 5 — крышка, 6 — сердечник, 7 — гильза, 8 — контрполюс, 9 — ударник, 10 — обмотка 11 — корпус

Рис. 75. Реле РТВ:

1 — часовой механизм, 2 — корпус, 3 — привод, 4 — пружина, 5 — контролюс, 6 — обмотка, 7 — каркас, 8 — латунная гильза, 9 — ответвление, 10 — переключатель, 11 — гайка, 12 — поводок, 13 — вал



ходном положении стальной крышкой 5, привернутой болтами к чугунному корпусу 11 реле.

В зависимости от количества витков обмотки, подключенных к трансформатору тока, выбирается соответствующая уставка тока срабатывания реле.

На рис. 74, б, в показаны схемы включения реле РТМ со штепсельным и поворотным переключателями, с помощью которых достигается грубое регулирование тока срабатывания. Тонкое регулирование тока осуществляется соответствующими изменениями начального расстояния между сердечником и контролюсом. При протекании через обмотку реле тока, равного току уставки или больше него, подвижная часть сердечника втягивается в обмотку и ударник воздействует на механизм отключения привода выключателя.

Реле РТМ являются приборами мгновенного действия без выдержки времени, так как в них отсутствуют устройства для регулирования времени срабатывания.

В отличие от них реле максимального тока с выдержкой времени РТВ имеют устройство выдержки времени в зависимости от тока. Для этого в их промежуточную часть встроены часовой механизм, который связан с ударником магнитной системы.

Реле РТВ (рис. 75) имеет обмотку 6 на каркасе 7, ответвления 9, которые подсоединены к переключателю 10 количества витков. Часовой механизм 1 в корпусе 2 укреплен на нижней полке привода 3. Выдержку времени изменяют с помощью поводка 12, закрепленного в корпусе реле гайкой 11. Внутри обмотки реле установлена латунная гильза 8 для защиты внутренней части обмотки от повреждений вертикально перемещающимся сердечником. В верхней части гильзы завальцован контрполюс 5. Внутри сердечника расположена пружина 4. Хвостовик ударника соединен с главным валом 13 часового механизма с помощью звена и рычага, укрепленного на главном валу. Пределы регу-

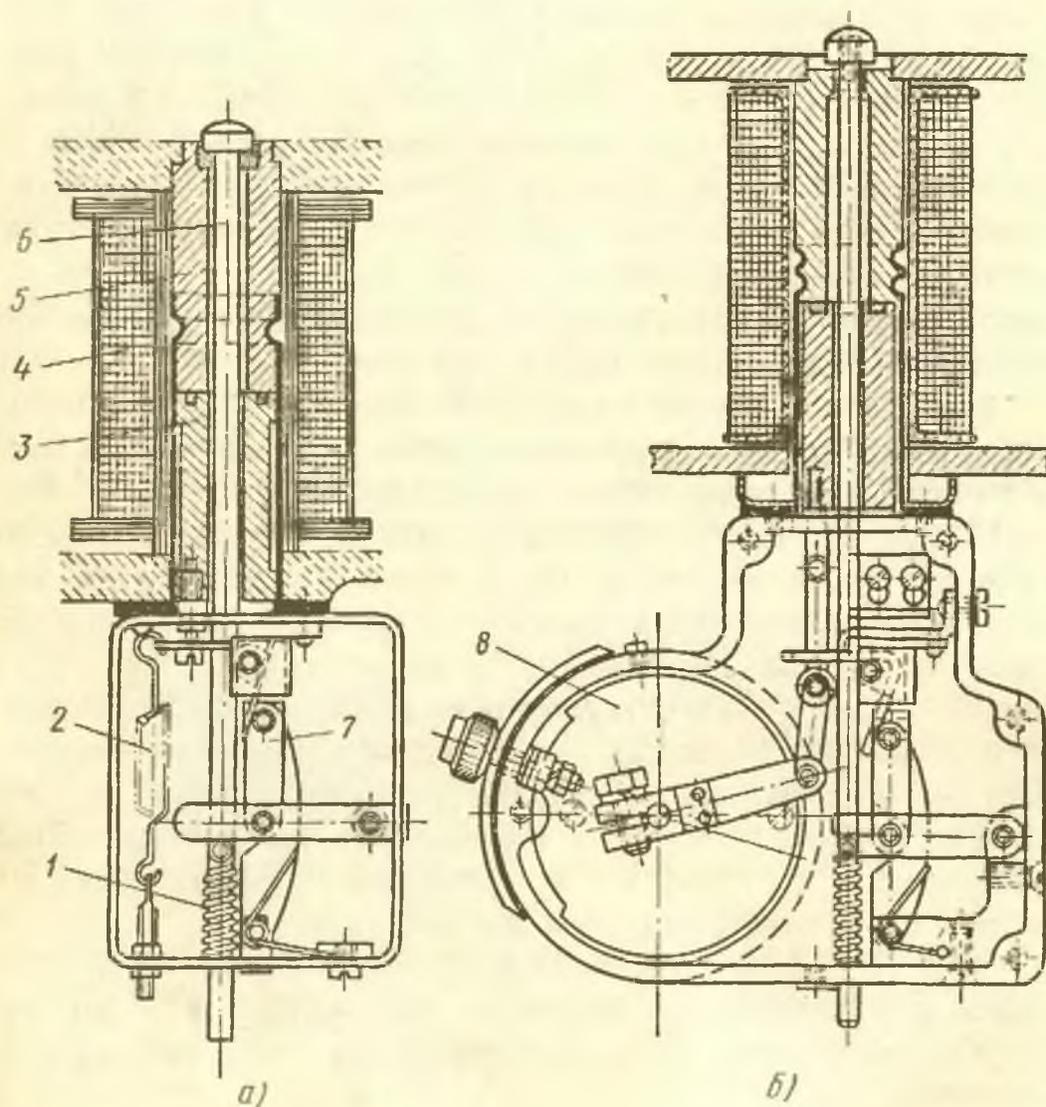


Рис. 76. Реле минимального напряжения:

а — мгновенного действия РНМ, *б* — с часовым механизмом РНВ; 1 — пружина, связанная с ударником, 2 — пружина сердечника, 3 — сердечник, 4 — обмотка, 5 — неподвижный полюс, 6 — ударник, 7 — ломающиеся рычаги, 8 — часовой механизм

лировки выдержки времени реле РТВ составляют 0,5—4 с, а ток срабатывания — 5—10 А.

Реле РТВ имеет два режима работы в зависимости от тока, протекающего в его обмотке. Если ток в обмотке превышает ток срабатывания реле более чем в 3 раза, сердечник мгновенно притягивается к контрольному полюсу и полностью сжимает пружину. Через заданное время срабатывания реле часовой механизм выйдет из зацепления с валом, пружина вытолкнет ударник вверх и тот воздействует на механизм отключения привода. Если ток в обмотке реле превышает ток срабатывания реле менее чем в 3 раза, усилия сердечника недостаточно для полного сжатия пружины, вследствие чего она работает как жесткая связь между сердечником реле, его ударником и часовым механизмом.

Реле минимального напряжения мгновенного действия РНМ (рис. 76, а) имеет обмотку 4, которая постоянно находится под напряжением. В результате этого сердечник 3 реле постоянно притянут к неподвижному полюсу 5, пружина 1 находится в сжатом положении и удерживается рычагами 7, а пружина 2 сердечника соединена с регулировочным винтом.

При падении напряжения в цепи ниже уставки срабатывания уменьшается электромагнитный момент реле, и когда он окажется меньше усилия пружины 2, сердечник опустится и выведет из «мертвого» положения систему рычагов 7, которые освободят пружину 1. Эта пружина направит вверх ударник, который воздействует на отключающий механизм привода. Реле РНМ не имеет устройств регулирования напряжения срабатывания и выдержки времени.

Реле минимального напряжения с выдержкой времени РНВ (рис. 76, б) отличается от реле РНМ в основном только наличием механизма выдержки времени, подобного часовому механизму реле РТВ. Электромагниты включения и отключения, встраиваемые в приводы масляных выключателей для дистанционного управления, имеют почти такое же устройство, что и вторичные реле прямого действия.

Всем элементам управления, встраиваемым в привод, присваивается цифровой индекс: 1 — для реле РТМ, 2 — для РТВ, 3 — для РН, 6 — для РНВ, 4 — для электромагнита отключения от независимого источника оперативного тока, 5 — для электромагнита отключения. Таким образом, в марке привода общее

количество цифр должно совпадать с общим количеством реле и электромагнитов, например, привод ПРБА-114 имеет два реле РТМ и один электромагнит отключения от независимого источника оперативного тока.

§ 29. Дифференциальная защита

Максимальная токовая защита не может обеспечить быстрого отключения аварийных участков. Ее выдержка времени возрастает в зависимости от расположения этих участков от источников питания. В то же время для устойчивой работы всей системы необходима быстрота действия, что особенно относится к защите питающих линий. Таким условиям отвечает дифференциальная защита, которая мгновенно отключает защищаемый участок электроустановки при коротком замыкании в любом месте. Эта защита реагирует на разность токов, проходящих по защищаемому участку, и применяется для защиты линий, шин, трансформаторов и т. д.

Для защиты параллельных линий применяют поперечную и продольную дифференциальные защиты.

При *поперечной защите* (рис. 77, а) параллельных линий $W1$ и $W2$ реле максимального тока $КА$ подключают к трансформаторам тока $ТА1$ и $ТА2$, соединенным по схеме на разность токов. Как при нормальном ре-

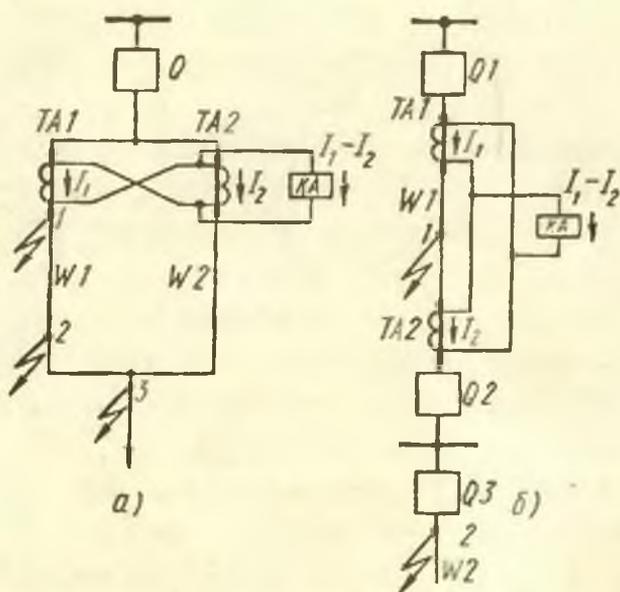


Рис. 77. Схемы дифференциальных защит:

а — поперечной, б — продольной

жиме, так и при коротком замыкании в точке 3 токи, проходящие по линиям $W1$ и $W2$, будут равны, следовательно, и разность токов $I_1 - I_2$ должна быть равна нулю.

Однако из-за отличий характеристик трансформаторов тока $TA1$ и $TA2$ по реле будет проходить ток небаланса, значительно меньший тока нагрузки. Так как ток срабатывания реле защиты выбирают больше максимального тока небаланса, защита не срабатывает.

При коротком замыкании на защищаемом участке в точке 1 ток, протекающий к этой точке по линии $W1$, будет больше тока, проходящего к той же точке через линию $W2$. При этом разность токов возрастет, реле защиты сработает и отключит выключатель Q .

Если короткое замыкание произойдет к концу линии в точке 2, разность токов может быть настолько мала, что защита не сработает и не отключит выключатель Q . Часть защищаемого конечного участка, где дифференциальная защита не действует из-за малой разности токов, называется мертвой зоной.

Продольная дифференциальная защита линии (рис. 77, б) работает от вторичных токов трансформаторов тока $TA1$ и $TA2$, расположенных в начале и конце линии. Трансформаторы тока соединяются так, чтобы по реле максимального тока KA в нормальном режиме работы и при сквозных коротких замыканиях (например, в точке 2 линии $W2$) протекал ток, равный разности токов, проходящих через трансформаторы $TA1$ и $TA2$.

При коротком замыкании на защищаемой линии $W1$ (точка 1) в случае двустороннего питания ток в реле будет равен сумме токов, приходящих от трансформаторов тока $TA1$ и $TA2$, а при одностороннем — только току трансформатора тока $TA1$. В обоих случаях реле сработает и отключит выключатели $Q1$ и $Q2$.

Если короткое замыкание произойдет за выключателем $Q2$, т. е. вне зоны действия продольной защиты, по реле будет протекать ток небаланса, значительно меньший нормального тока линий и срабатывания реле, и защита не срабатывает.

Для защиты трансформаторов мощностью 6300 кВ·А и более, а также мощностью 4000 кВ·А при параллельной работе трансформаторов предусматривается продольная дифференциальная защита без выдержки

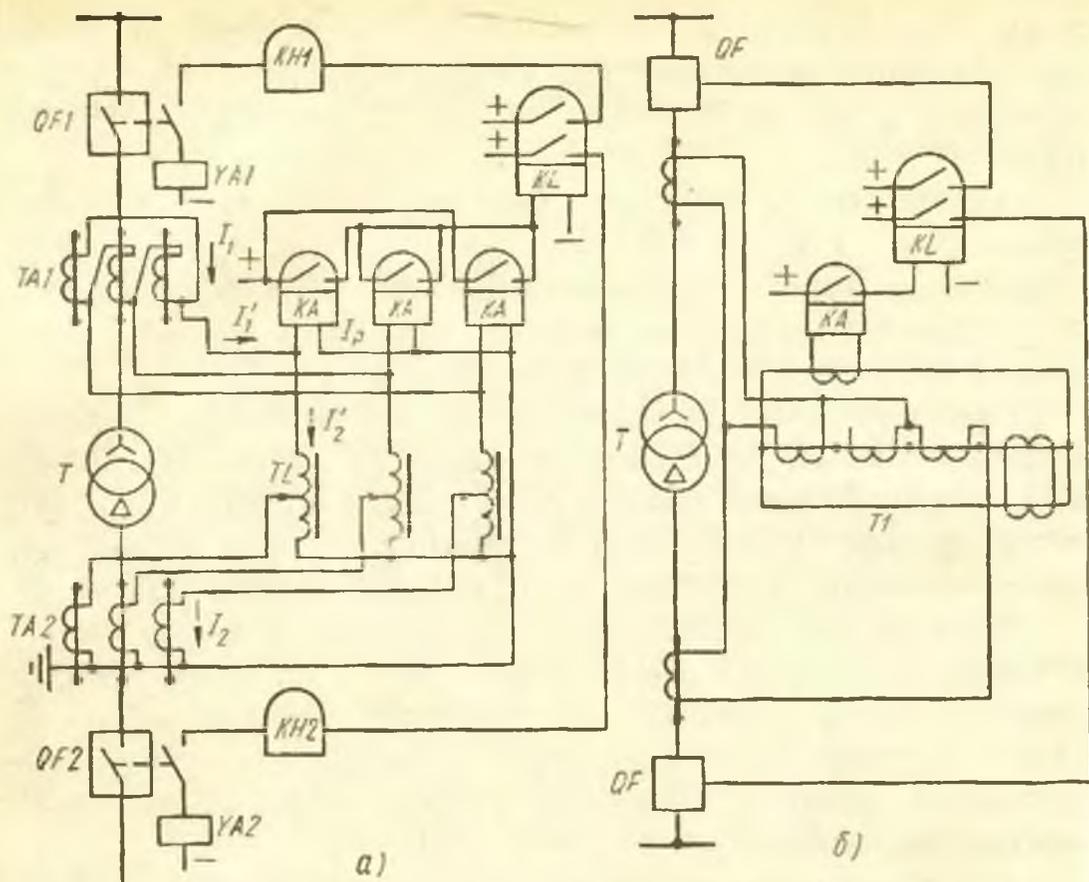


Рис. 78. Схемы дифференциальной защиты трансформатора:
 а — с токовыми реле (дифференциальная отсечка), б — с реле РНТ 566

времени (рис. 78, а, б). По принципу действия она аналогична продольной дифференциальной защите линии. Зона ее действия — от выключателя $QF1$ до выключателя $QF2$ низшего напряжения.

Вторичные обмотки трансформаторов тока $TA1$ соединяются в треугольник, а трансформаторов тока $TA2$ — в звезду для компенсации углового сдвига между токами, которые подходят к реле. Эта компенсация необходима, так как первичная обмотка трансформатора соединена в звезду, а вторичная — в треугольник.

Следовательно, при II-й группе соединений сдвиг по фазе между токами этих обмоток составляет 330° .

Для уравнивания вторичных токов трансформаторов токов $TA1$ и $TA2$, в которых из-за конструктивных особенностей всегда есть ток небаланса, устанавливают автотрансформатор тока TL .

Чтобы отстроить защиту от бросков намагничивающего тока при включении ненагруженного трансформатора или при восстановлении напряжения после отключения сквозного тока короткого замыкания,

используют дифференциальную отсечку обычно на реле РТ40 (рис. 78, а), которая имеет ток срабатывания в 3—4 раза больше номинального тока трансформатора.

Для устранения влияния бросков намагничивающего тока используют токовые реле РНТ 565 и РНТ 566 (рис. 78, б) с быстронасыщающимися трансформаторами *T1*. Защита реле РНТ позволяет снизить ток срабатывания в 2—3 раза по сравнению с дифференциальной отсечкой, чем значительно повышает ее чувствительность.

§ 30. Газовая защита

Для защиты трансформаторов от внутренних повреждений, которые вызваны электрической дугой или нагревом, сопровождаемым разложением масла и выделением газа, применяют газовые реле РГЧЗ и ВР80/Q (ГДР), которые устанавливают между крышкой трансформатора и расширителем.

Реле РГЧЗ имеет чугунный кожух *1* (рис. 79) с фланцами, в котором помещены на осях *10* два чашкообразных элемента — сигнальный *6* и отключающий *8* с подвижными контактами *4*, замыкающимися на неподвижные *5* во время опускания чашки. Чашка сигнального элемента состоит из пружины *9* и упора *7* для ограничения ее движения вверх. Отключающий элемент имеет лопасть *2*.

При снижении уровня масла в трансформаторе в результате утечки или вытеснения скопившегося в реле газа сначала опускается верхний сигнальный, а затем нижний отключающий элементы и контакты замыкаются. При бурном выделении газов поток масла или газов повернет лопасть *2* отключающего элемента

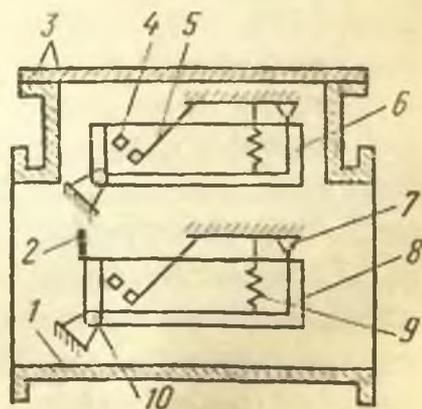


Рис. 79. Схема газового реле РГЧЗ с чашкообразными элементами:

1 — кожух, *2* — лопасть, *3* — соединение с крышкой, *4*, *5* — подвижные и неподвижные контакты, *6*, *8* — сигнальный и отключающий элементы, *7* — упор, *9* — пружина, *10* — ось

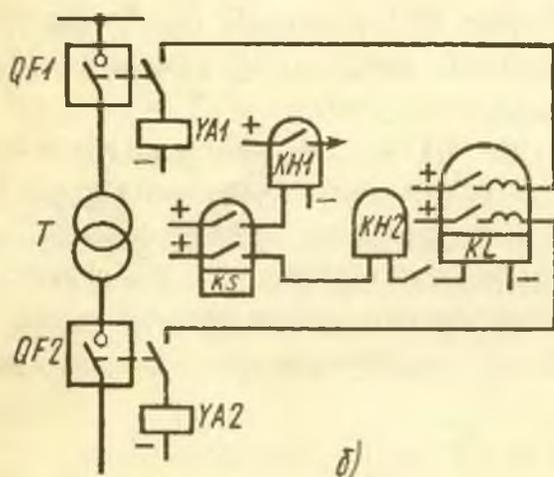
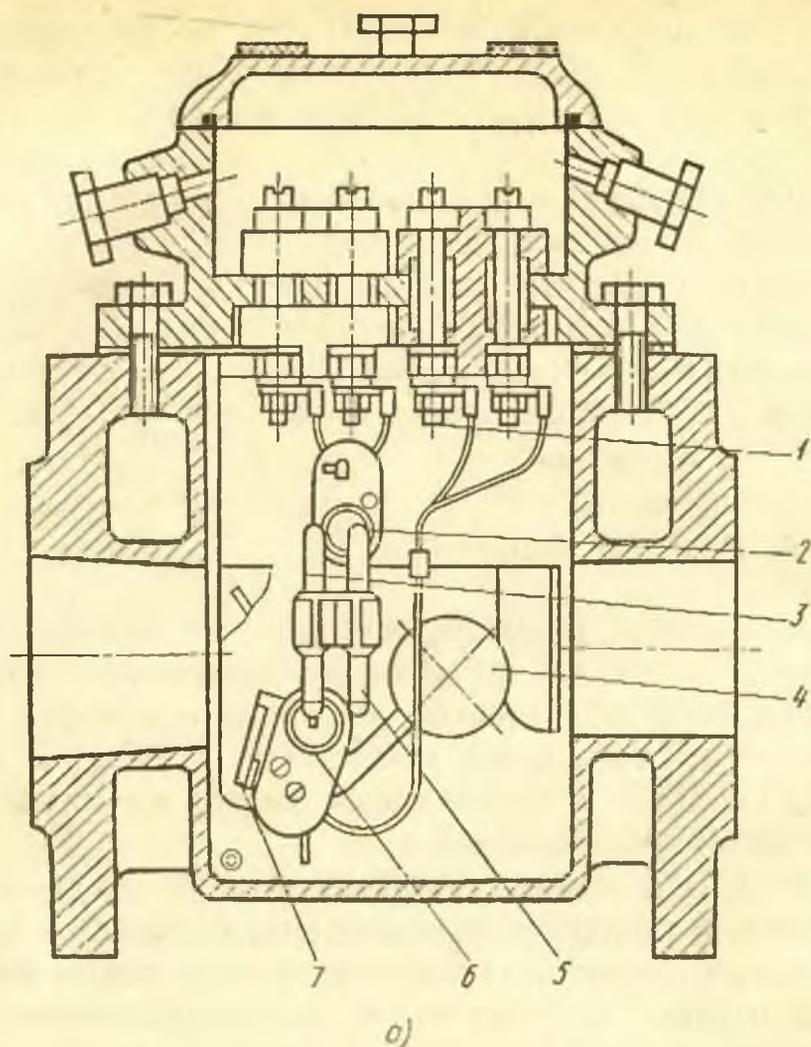


Рис. 80. Газовое реле BF80/Q (а) и схема газовой защиты (б):

1, 4 — верхний и нижний поплавки, 2, 6 — постоянные магниты, 3, 5 — трубки, 7 — пластинка

по часовой стрелке относительно оси 10, чашка опустится и контакты замкнутся на отключение поврежденного трансформатора.

Реле BF80/Q (рис. 80, а) имеет верхний 1 и нижний 4 поплавки в виде пластмассовых шариков, несущие соответственно постоянные магниты 2 и 6. В стеклянных неподвижно закрепленных трубках 5 и 3 на-

ходятся магнитоуправляемые контакты, которые взаимодействуют с магнитами 2 и 6. При утечке масла или вытеснении его газом сначала опускается верхний, а затем нижний поплавки и замыкаются контакты в трубках 5 и 3. На контакт в трубке 3 воздействует также перемещающаяся при движении потока масла слева направо пластинка 7. Для проверки работы поплавков на крышку реле выведена кнопка, связанная с ними. Нажимая на кнопку, можно последовательно опускать верхний и нижний поплавки, имитируя срабатывание реле.

Схема газовой защиты показана на рис. 80, б. При снижении уровня масла или незначительных повреждениях срабатывает сигнальный элемент газового реле *KS*, сообщая о нарушении режима работы трансформатора с помощью указательного реле *KN1*. При серьезных повреждениях срабатывает отключающий элемент газового реле *KS*, т. е. замыкает контакты и воздействует на промежуточное реле *KL*, которое подает импульс на отключающие электромагниты *YA1* и *YA2* выключателей *QF1* и *QF2* и отключает трансформатор. Одновременно отключающий элемент газового реле *KS* воздействует на указательное реле *KN2* для подачи сигнала об отключении трансформатора.

§ 31. Устройства автоматического включения

Устройства автоматического включения резерва АВР и автоматического повторного включения АПВ служат для подачи напряжения на аварийно отключающиеся участки сети. Эти устройства значительно повышают надежность снабжения потребителей электроэнергией и применяются для питания электроприемников I и II категорий по электроснабжению.

Автоматическое включение резерва используют для ввода резервных линий или трансформаторов вместо автоматически отключающихся в результате действия релейной защиты. Ввод резервного трансформатора АВР осуществляется так. При исчезновении напряжения со стороны секции I (рис. 81, а) срабатывают реле минимального напряжения *KV1* и *KV2* и питание подается на обмотку реле времени *KT*, которое через установленное время замкнет свои контакты, после чего сработает промежуточное реле *KL1* и отключит выключатели *QF1* и *QF2*.

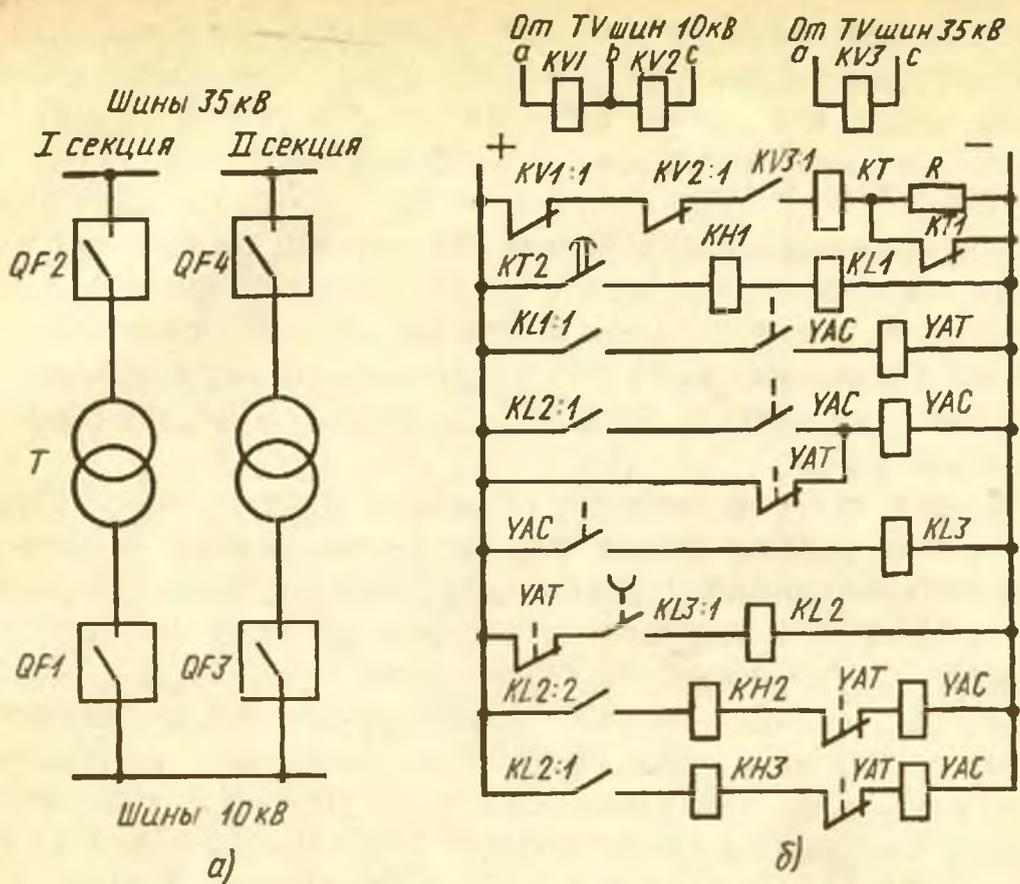


Рис. 81. Автоматический ввод резерва трансформатора:
 а — схема первичной коммутации, б — схема вторичной коммутации

При отключении выключателя *QF1* замыкаются его вспомогательные контакты и подается питание на обмотку промежуточного реле *KL2*, которое срабатывает и включает выключатели *QF3* и *QF4* резервного трансформатора. Во избежание повторного включения выключателей *QF3* и *QF4* при отключении от защиты с их цепей снимается питание с помощью реле *KL2*, которое отпадает при размыкании контактов реле *KL3* во время отключения выключателя *QF1*. При отключении выключателя *QF2* его вспомогательный контакт замыкает цепь отключения выключателя *QF1* и отключает его, реле *KL2* срабатывает и включает резервный трансформатор.

Ввод резервной линии АВР происходит таким образом. Для схем автоматического ввода резерва в распределительных сетях используют пружинный привод. При исчезновении напряжения на шинах распределительного устройства подстанции срабатывают реле минимального напряжения *KV1* и *KV2* (рис. 81, б), которые замыкают свои контакты. Реле времени *КТ* начинает работать при наличии напряжения на резервной

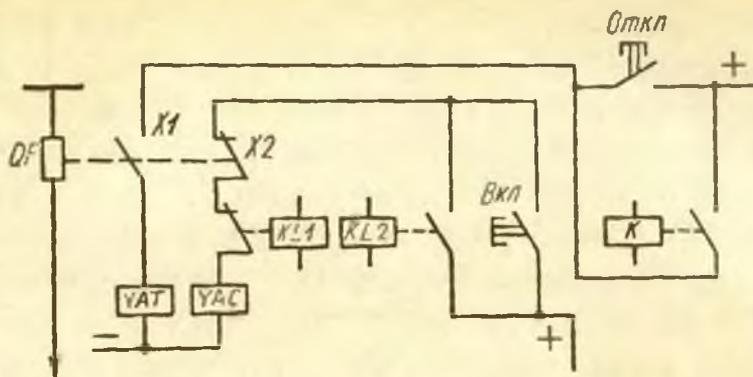


Рис. 82. Схема устройства автоматического повторного включения однократного действия

линии и через заданное время подает импульс на отключение выключателя $QF1$. При отключении выключателя замыкаются его вспомогательные контакты и подается питание на включающую обмотку электромагнита включения выключателя $QF2$ резервной линии, который включается и подает питание на шины распределительного устройства подстанции от линии источника питания.

Автоматическое повторное включение АПВ представляет собой устройство, которое повторно автоматически включает линию, отключающуюся от действия защиты. Устройство АПВ обычно применяют на выключателях ВЛ, где повреждения линии могут быть кратковременными (схлестывание проводов ветром, перекрытие изоляции во время грозы). Возникающая в месте повреждения дуга после автоматического отключения гаснет и таким образом без повреждения изоляторов или проводов устраняется короткое замыкание, вызвавшее автоматическое отключение. В этом случае АПВ предотвращает длительный перерыв в подаче электроэнергии.

Схемы АПВ бывают однократного и многократного действия. При однократной схеме линия включается повторно только один раз. Если после этого вновь происходит автоматическое отключение, это указывает на устойчивое короткое замыкание. Далее АПВ не действует и линия остается отключенной до устранения повреждения. При многократной схеме линия включается повторно 2 или 3 раза через определенные промежутки времени.

На рис. 82 показана схема АПВ однократного действия, которая представляет собой набор реле нормальной защиты K , действующей на отключение электро-

магнита отключения YAT выключателя через его вспомогательные контакты XI так же, как и в схемах, показанных на рис. 73. В схеме АПВ на выключателе имеется дополнительный вспомогательный контакт $X2$, который в отличие от контакта XI при отключении выключателя QF не размыкается, а замыкается.

При срабатывании реле АПВ через промежуточное реле KLI замыкается цепь включающего электромагнита YAC выключателя QF . Операции включения и отключения можно выполнить вручную с помощью кнопок *Вкл* и *Откл*.

§ 32. Эксплуатация и ремонт релейной защиты

Эксплуатация и ремонт устройств релейной защиты осуществляются в энергосистемах центральной, а на предприятиях электрических сетей местной службой релейной защиты, автоматики и измерений. Персонал этих служб периодически проверяет устройства релейной защиты (пункты управления, панели релейной защиты, ключи управления, накладки) и при необходимости ремонтирует. Результаты всех проверок заносят в отдельные протоколы проверок и испытаний или в специальный рабочий журнал. Как правило, все проверки релейной защиты проводят по графику одновременно с ремонтом оборудования распределительных устройств.

После проверок или ремонта ввод в действие релейной защиты осуществляется дежурным персоналом с разрешения вышестоящего оперативного персонала. Ответственность за правильность положения переключателей, накладок, предохранителей, блинкеров и других устройств во время эксплуатации распределительных устройств и подстанций несет дежурный или оперативный персонал, за которым закреплено это оборудование или установки.

Все случаи работы и отказа релейной защиты, установленные при эксплуатации, записывают в оперативный журнал и сообщают в службу защиты и автоматики. Выявленные дефекты и нарушение действия защиты могут устранять только работники службы защиты и автоматики.

Проверку и ремонт устройств защиты должен проводить специально обученный и допущенный к самостоятельной проверке персонал. При выполнении работ

на панелях и в цепях оперативного тока управления релейной защиты принимают все меры безопасности и предосторожности против ошибочных действий (отключения или включения), ложных отключений оборудования. Эти работы проводят в определенной последовательности согласно схемам и в соответствии с программой. При этом используют только изолированный и испытанный повышенным напряжением инструмент.

На каждое присоединение или устройство, находящееся в эксплуатации, в службе защиты и автоматики должна быть техническая документация (паспорт — протокол устройства, инструкция по эксплуатации, технические карты, таблицы уставок и характеристик).

Плановые проверки релейной защиты проводят не реже одного раза в 3 года одновременно с капитальным ремонтом оборудования РУ. В объем полных проверок защиты кроме испытаний, определяемых системой устройства, входят испытания изоляции, осмотры состояния аппаратуры и коммутации, проверки уставок и других параметров защиты и опробование ее в действии. Сопротивление цепей измеряют мегаомметром (оно должно составлять не менее 1 МОм). При полных проверках цепи защиты испытывают переменным током напряжением 1 кВ.

Ремонт реле и электромагнитов, встроенных в приводы масляных выключателей, выполняют вместе с ремонтом привода. При осмотре обращают внимание на прочность крепления и сохранность реле и электромагнитов. С помощью ручного включения реле и электромагнитов при отключенном и отсоединенном от выключателя приводе проверяют правильность взаимного расположения и механическое взаимодействие деталей реле и электромагнитов с механизмом привода.

Контролируют состояние защитных покрытий сердечников и контрполюсов от коррозии. Если обнаружены детали с поврежденными покрытиями, их заменяют деталями с исправными защитными покрытиями. Поврежденные гильзы, рычаги, пружины, ударники и другие детали реле и электромагнитов заменяют новыми. В реле с часовым механизмом проверяют отсутствие заедания деталей подвижных частей и исправность действия часового механизма, для чего включают вручную подвижные части реле и проверяют работу реле времени при многократном срабатывании. Окон-

чательную проверку отсутствия заедания и перекосов подвижных частей выполняют после установки реле и электромагнитов в привод.

При ремонте реле смазывать отключающие планки, стойки и оси ролика запрещается, так как с течением времени смазка загустевает и может нарушить нормальную работу привода. Все операции при ремонте реле выполняют с осторожностью, обеспечивая сохранность мелких деталей, резьбы винтов, изоляции обмоток и деталей из пластмассы. По окончании ремонта регулируют механизм привода, ход сердечника и усилие, обеспечивающее выбивание защелки запирающего механизма привода. Для окончательной проверки качества и состояния механизм привода несколько раз отключают, постепенно увеличивая натяжение пружины до тех пор, пока он без заеданий надежно и четко будет срабатывать.

Для проверки и испытания элементов релейной защиты применяют различные измерительные приборы, нагрузочные и регулировочные устройства.

При измерении напряжения, тока и мощности используют обычные переносные электроизмерительные приборы. Постоянный ток в цепях измеряют магнитоэлектрическими приборами, которые имеют равномерную шкалу и не подвергаются влиянию внешних магнитных полей. Применяя встроенные выпрямительные устройства, на основе магнитоэлектрических приборов изготавливают комбинированные приборы для измерения постоянного и переменного тока.

Для проверки аппаратуры релейной защиты служат амперметры, миллиамперметры, микроамперметры, вольтметры и милливольтметры классов точности 0,2 и 0,5. Комбинированные малогабаритные многопредельные приборы (ампервольтметры, вольтметры, ампервольтметры) изготавливают на основе магнитоэлектрического микроамперметра с выпрямителем, набором шунтов и добавочных резисторов и применяют для измерения сопротивлений, напряжения и тока в цепях постоянного и переменного тока. Эти приборы имеют пять шкал для измерений: переменного напряжения до 1 В (первая нижняя шкала); сопротивлений (вторая); переменного напряжения до 3 В (третья); тока и напряжения в цепях переменного тока (четвертая); тока и напряжения в цепях постоянного тока (пятая). Переход с одной шкалы на другую осуществляется

поворотом переключателя. Для питания прибора служит гальванический элемент 1,3ФМЦ-0,25.

Для измерения электрических величин в цепях переменного тока используют электромагнитные приборы, которые просты по конструкции и надежны в работе (вольтметры, амперметры и миллиамперметры класса точности 0,5). Для расширения пределов измерений служат измерительные трансформаторы напряжения и тока.

Напряжение, ток и фазовые углы во вторичных цепях под нагрузкой измеряют вольтамперфазоиндикаторами ВАФ-85. Эти приборы определяют: ток на пределах 10, 50 и 250 мА с разрывом измеряемой цепи и на пределах 1, 5 и 10 А без ее разрыва, напряжения в пределах до 250 В, фазу напряжения и тока, чередование фаз, направление и значение переменного магнитного поля. Погрешность прибора составляет $\pm 5\%$, а по углу — $\pm 5^\circ$.

Время действия электрических аппаратов защиты измеряют электросекундомером. Прибор ПВ-53Л работает от сети переменного тока 110 или 220 В и позволяет измерять время с точностью до 10 с. Его погрешность составляет 0,05 с. Для измерения времени, составляющего тысячные доли секунды, применяют миллисекундомер.

Для измерения временных параметров реле при их проверке служит прибор Ф 738 с цифровой индикацией, определяющий время срабатывания или отпускания реле, а также кратковременного замыкания или размыкания их. Диапазон интервалов времени, измеряемых прибором, составляет от 0,0001 до 10 с.

Для измерения больших сопротивлений изоляции применяют мегаомметры. Они также служат для испытаний изоляции повышенным напряжением постоянного тока и конденсаторов на искру. Мегаомметр М1101 выпускают на напряжение 100, 500 и 1000 В, МС-0,5 — на напряжение 2500 В и М4100/1-5 — на напряжение 100, 250, 500, 1000 и 2500 В.

Для измерения сопротивления мегаомметром цепь подключают к зажимам Л (линия) и З (земля). Вращая рукоятку с частотой около 120 об/мин, поддерживают постоянный ток, который зависит от измеряемого сопротивления. В результате стрелка прибора, показывающая сопротивление линии в мегаомах, отклоняется на больший или меньший угол.

При измерении сопротивления цепи или объекта применяют омметры с встроенным гальваническим элементом. Омметр М471 имеет класс точности 1,5. Для более точных измерений сопротивлений (от микроома до ома) пользуются мостами.

При проверке элементов защиты используют также различные приспособления и устройства: реостаты — для регулирования тока; автотрансформаторы ЛАТР-1 и ЛАТР-2 — для регулирования напряжения; фазорегулятор — для регулирования фазного угла; нагрузочные реостаты (до 100 А) и трансформаторы (до нескольких сотен ампер) — для получения больших токов, имитирующих токи первичных цепей.

Для ускорения и упрощения проверки и испытаний реле и устройств защиты применяют комплексные устройства УПЗ, которые состоят из нагрузочных трансформаторов, регулировочных аппаратов и измерительных приборов, смонтированных в одном или нескольких блоках. Блоки содержат переключатели, выключатели и выводные зажимы для соединения между собой и с объектом регулировки и проверки. Устройство УПЗ-1 состоит из двух блоков проверки К500 и К501, соединенных между собой кабелями с разъемами РП-10. Оно служит для наладки и проверки простых релейных защит на месте их установки, является основной частью устройства УПЗ-2, используемого для проверки сложных защит, а также позволяет измерять переменное и постоянное напряжение и ток, время срабатывания или возврат реле, время отключения и включения выключателей и т. д.

§ 33. Устройство и схемы источников оперативного тока

Для питания приборов и аппаратов управления, сигнализации, автоматики и устройств релейной защиты применяется оперативный ток. Источники этого тока подразделяют на автономные и неавтономные, постоянного и переменного тока. Особую группу составляют источники выпрямленного оперативного тока. В качестве оперативного тока используют постоянный, выпрямленный и переменный ток напряжением 24, 48, 100, 110 и 220 В.

Автономными (независимыми) источниками посто-

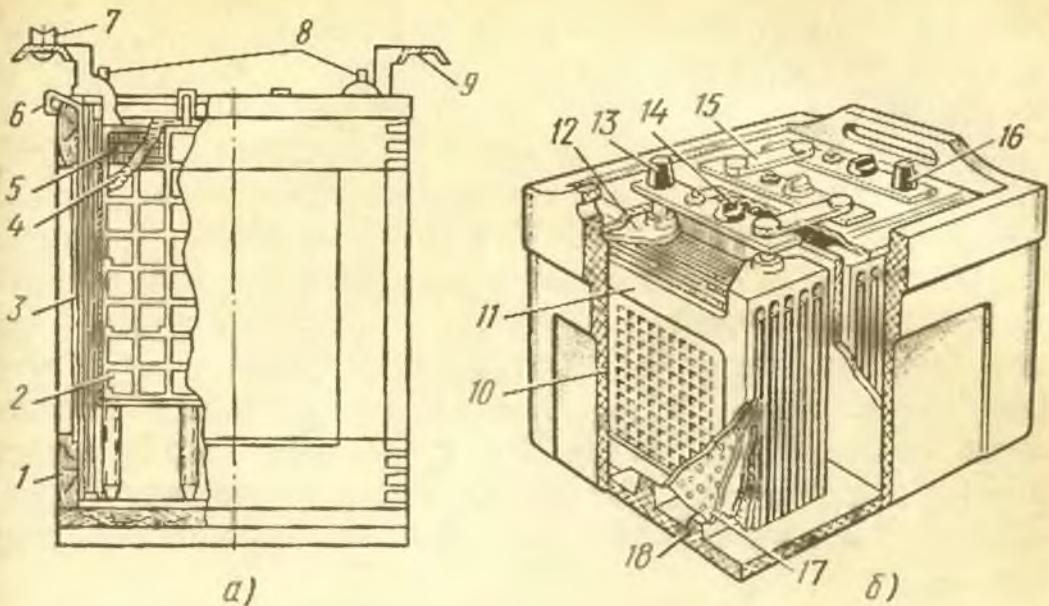


Рис. 83. Электрические кислотные аккумуляторы:

a — стационарный, *b* — переносной (стартерный): 1, 10 — деревянный и пластмассовый баки, 2, 5 — отрицательная и положительная пластины, 3 — опорное стекло, 4, 17 — сепараторы, 6 — листовой свинец, 7 — полюсный вывод, 8 — дистанционные (распорные) деревянные палочки, 9, 15 — межэлементные соединения, 11, 12 — блоки отрицательных и положительных пластин, 13, 16 — выводы блоков положительных и отрицательных пластин, 14 — пробка, 18 — изоляционные призмы

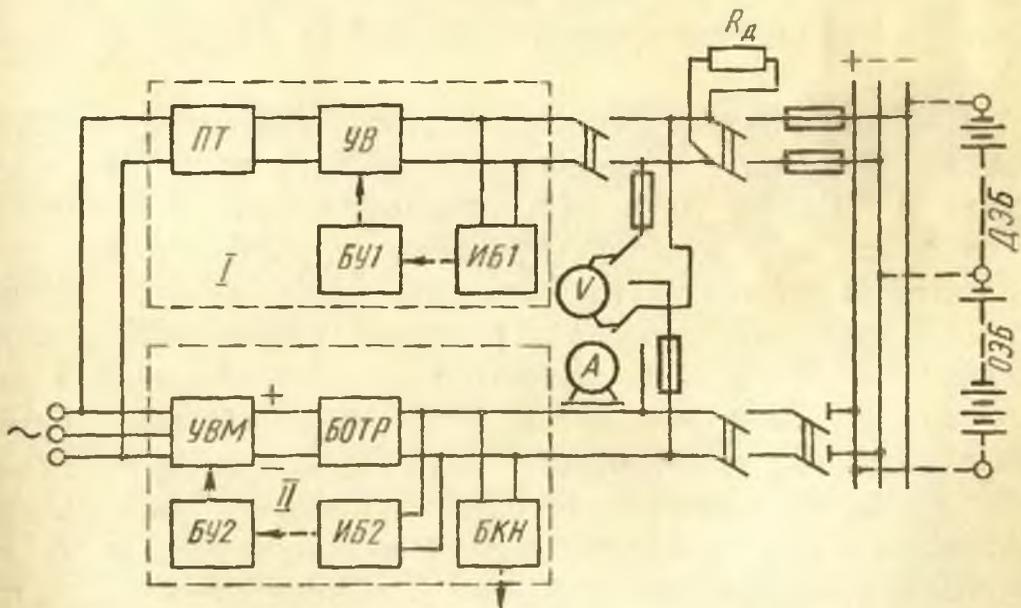


Рис. 84. Структурная схема регулятора РТАБ-4:

БУ1, БУ2 — блоки управления, ИБ1, ИБ2 — измерительные блоки, УВМ — управляемый выпрямительный мост, БОТР — блок ограничения тока регулятора, БКН — блок контроля напряжения на шинах постоянного тока, ОЭБ, ДЭБ — основные и дополнительные элементы батареи, ПТ — промежуточный трансформатор, УВ — управляемые выпрямители, R_d — нагрузка; I — регулятор напряжения дополнительных элементов, II — основной регулятор

янного тока служат аккумуляторные батареи, составленные из отдельных стационарных или переносных кислотных или щелочных аккумуляторов.

Основными частями кислотных аккумуляторов (рис. 83, а, б) являются бак, свинцовые пластины, сепараторы и электролит. Баки 1 и 10 аккумуляторов представляют собой соответственно деревянный прямоугольный ящик, выложенный внутри листовым свинцом, или пластмассовую коробку. Сосуды небольших аккумуляторов стеклянные. В качестве положительных используют свинцовые пластины 5 с большим количеством ребер, увеличивающих их рабочую поверхность, а в качестве отрицательных — пластины коробчатой формы 2.

Пластины отделены друг от друга сепараторами 4 и 17, изолирующими положительные пластины от отрицательных. Электролит представляет собой смесь серной кислоты с дистиллированной водой.

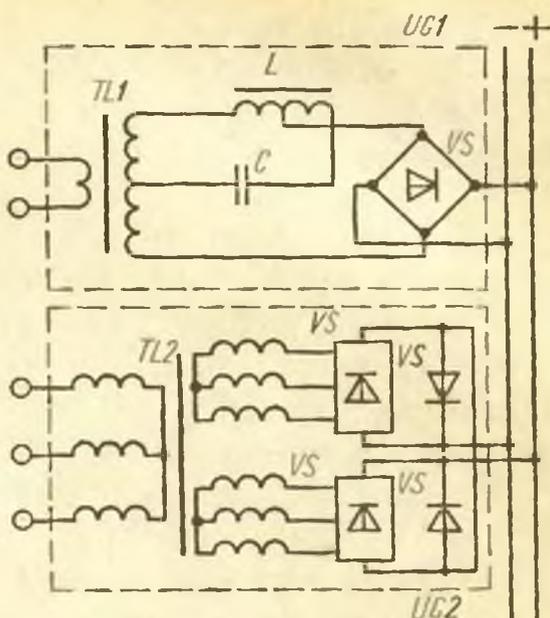
Для пополнения накопленной в аккумуляторах электрической энергии служат зарядные и подзарядные устройства. В качестве подзарядных и зарядных агрегатов широко используют статические кремниевые и селеновые выпрямительные устройства с большим сроком службы и высокой перегрузочной способностью. Они не имеют движущихся частей и удобны в обслуживании.

Для подзарядки аккумуляторной батареи применяют выпрямительное полупроводниковое устройство — регулятор РТАБ-4 (рис. 84), который работает совместно с батареей в режиме постоянного подзаряда. Это устройство состоит из регуляторов напряжения (основного и дополнительного), которые подведены независимо друг от друга к основным и дополнительным элементам батареи. Регулятор РТАБ-4 полностью покрывает нагрузку постоянного тока подстанции, а также естественный саморазряд. Его выходное напряжение автоматически поддерживается в соответствии с заданным уровнем, обеспечивая стабилизацию напряжений и тока. Регулятор работает устойчиво и в эксплуатации не требует каких-либо больших ремонтных работ.

На небольших подстанциях применяют щелочные аккумуляторы, у которых электролитом является водный раствор едкого кали. В положительных пластинах щелочных аккумуляторов активным веществом слу-

Рис. 85. Схемы блоков питания БПТ-1001 и БПН-1001:

TL1 — промежуточный насыщающийся трансформатор, *TL2* — промежуточный трансформатор, *L* — дроссель, *C* — конденсатор, *VS* — выпрямительные мосты, *UG1*, *UG2* — блоки питания трансформаторов



жит гидроксид никеля, а в отрицательных — кадмий с примесью железа или только железо.

Источниками оперативного переменного тока на подстанциях являются трансформаторы, установленные для собственных нужд, а также измерительные трансформаторы тока и напряжения.

В качестве источников оперативного тока в современных электроустановках служат полупроводниковые выпрямительные устройства и специальные блоки питания БПТ и БПН, упрощенные схемы которых показаны на рис. 85.

Блоки питания выпускаются трех модификаций: на 40 Вт (БПТ-11 и БПН-11), до 240 Вт (БПТ-101 и БПН-101) и на 1200 Вт (БПТ-1001 и БПН-1001).

Для выпрямления переменного тока используют кремниевые выпрямители Д-226. Блоки БПН подключают к трансформаторам, используемым для собственных нужд, или трансформаторам напряжения, а блоки БПТ — к трансформаторам тока.

В качестве источников оперативного тока применяют также блоки конденсаторов, соединенных с зарядным устройством. Предварительно заряженные конденсаторы используют для питания отключающих электромагнитов приводов выключателей и различных аппаратов.

В отличие от аккумуляторных источников оперативного тока источники переменного и выпрямленного тока не являются автономными, поскольку их работа возможна только при наличии напряжения в питающей сети.

При обслуживании аккумуляторных установок необходимо строго соблюдать правила эксплуатации по обеспечению исправной и безаварийной работы батареи и безопасному ее обслуживанию.

В помещениях аккумуляторных батарей следует поддерживать чистоту и следить за работой приточно-вытяжной вентиляции. Во избежание взрыва гремучего газа не допускается зажигать огонь и курить, применять паяльные лампы и сварку. В помещениях аккумуляторных батарей отопительные устройства не должны иметь фланцевых соединений.

Вентиляция должна быть включена на все время заряда батарей, так как при кипении электролита выделяются водород и кислород. Во избежание образования взрывной смеси газа за 1,5—2 ч до начала работ в помещении, где установлены батареи, включают приточно-вытяжную вентиляцию.

В аккумуляторных помещениях запрещается применение предохранителей, люминесцентных ламп, штепсельных розеток с вилками, щитков освещения и выключателей, у которых при включении или отключении искра может вызвать взрыв гремучего газа. Эти приборы при монтаже электропроводок устанавливают вне помещений аккумуляторных батарей.

При эксплуатации аккумуляторных установок должны быть обеспечены их длительная надежная работа и необходимый уровень напряжения на шинах постоянного тока как в нормальных, так и в аварийных режимах. Кислотные батареи должны работать без тренировочных разрядов и периодических уравнительных перезарядов. Батареи дозаряжают один раз в 3 мес источником постоянного тока напряжением 2,3—2,35 В на каждый элемент в течение 6 ч.

При использовании выпрямительных устройств для подзаряда и заряда аккумуляторных батарей цепи переменного и постоянного тока соединяют через распределительный трансформатор.

Аккумуляторные батареи, находящиеся в эксплуатации, дежурный персонал осматривает один раз в сутки, а мастер или начальник подстанции — 2 раза в месяц. При отсутствии постоянного дежурного батареи осматривают по графику местной инструкции.

Внеочередные осмотры проводят при появлении треска (разряды), недопустимом повышении напряжения (более 10% номинального) или температуры

окружающей среды. При осмотре работающей батареи конденсаторов запрещается снимать или открывать ограждающие устройства. Разрешается пользоваться переносными лампами, оборудованными шланговым проводом и надежно защищенными стеклянным колпаком и специальной металлической сеткой.

При работах с кислотой (или щелочью) обязательно надевают кислотостойкий костюм из грубой шерсти, защитные очки, резиновые перчатки, при этом брюки заправляют поверх голенищ резиновых сапог.

Бутыли с кислотой (или щелочью) переносят только вдвоем на специальных носилках, в которых они надежно закреплены. Кислоту (щелочь) разливают по аккумуляторным банкам из бутылки с помощью специального устройства, в котором бутылка может поворачиваться только вокруг горизонтальной оси. При составлении раствора кислоту тонкой струей вливают в сосуд с дистиллированной водой (а не наоборот!), постоянно помешивая. Если раствор составляют в стеклянном сосуде, то соблюдают осторожность, так как при нагревании раствора стекло может треснуть.

Во избежание насыщения воздуха в помещении аккумуляторных батарей большим количеством мельчайших капель серной кислоты банки покрывают стеклянными пластинками, размер которых несколько меньше, чем внутренний размер банок. Благодаря этому кислота, скапливаясь на стенке, стекает обратно в сосуд.

Участки кожи, пораженные кислотой, промывают струей холодной воды и нейтрализуют 5%-ным раствором соды, а при ожоге щелочью также промывают и нейтрализуют раствором борной кислоты.

Поэтому в помещении, где установлены аккумуляторные батареи, всегда должны быть 5%-ный содовый раствор, а также брезентовые рукавицы и фартуки.

Стены, потолки и все металлические части в помещении окрашивают кислотоупорной краской, а неокрашенные части проводов и шин смазывают вазелином.

На каждой аккумуляторной установке следует вести журнал для записей осмотров и объемов проведенных работ.

Контрольные вопросы

1. Для чего служит релейная защита?
2. Какие требования предъявляют к релейной защите?

3. Как выбирают время срабатывания максимальной токовой защиты?
4. Каковы принцип действия и устройство реле, встраиваемого в привод выключателей?
5. Что такое продольная и поперечная дифференциальные защиты линии?
6. Для чего служит и как работает устройство автоматического повторного включения?
7. Каков принцип действия устройства автоматического включения резерва?
8. Какие измерительные приборы используют при проверке релейной защиты?
9. В чем заключается эксплуатация аппаратуры релейной защиты?
10. Какие источники оперативного тока вы знаете?

ГЛАВА ШЕСТАЯ

РЕМОНТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ПОДСТАНЦИЙ

§ 34. Организация и планирование ремонтных работ

Основными обязанностями работников энергетических предприятий, обслуживающих электрические объекты, являются: обеспечение бесперебойного энергоснабжения потребителей, надежной работы оборудования и сетей; поддержание необходимой частоты и напряжения электрического тока; обеспечение максимальной экономичности работы энергопредприятия по рациональному расходованию энергоресурсов, эффективности производства, передаче и распределению энергии.

Для поддержания энергооборудования в исправном техническом состоянии применяют системы плановых ремонтов, так как в процессе эксплуатации электрическое оборудование изнашивается и устаревает. Износ электрооборудования по характеру и причинам, вызывающим его, условно разделяют на механический, электрический и моральный.

Механическому износу под действием трения или в результате корродирования подвергаются подвижные части и детали электрооборудования (контакты аппаратов, детали механизма привода и т. п.).

При перегрузках или чрезмерно длительной работе электрооборудования происходит потеря электроизоляционных свойств деталями.

При нормальной эксплуатации электрооборудование распределительных устройств и подстанций работает много лет. За это время оно устаревает и его дальнейшая работа становится нецелесообразной, так как появляется новое, более совершенное и экономичное оборудование. Преждевременный износ отдельных частей и деталей электрооборудования, как правило, является следствием неудовлетворительного обслуживания или плохо проведенного ремонта, что может создать аварийную ситуацию в электрической сети или вывести электрооборудование из строя. Поэтому предупреждение преждевременного износа и обеспечение рабочего состояния оборудования — одна из основных задач его технического обслуживания.

Для поддержания электрического оборудования на предприятиях в требуемом техническом состоянии планомерно проводят технические и организационные мероприятия профилактического характера (система планомерно-предупредительного ремонта ППР).

Системой ППР в зависимости от режимов работы электрооборудования и условий его эксплуатации устанавливается чередование, периодичность и объемы технических обслуживания и ремонтов электрооборудования, при этом учитывается бесперебойная работа предприятия и безопасное производство работ.

Планомерно-предупредительный ремонт включает работы по уходу, межремонтному обслуживанию и проведению текущих и капитальных ремонтов электрооборудования. При проведении такого ремонта электрооборудования снижаются издержки на его содержание, уменьшаются количество и время простоев, число аварий, повышаются надежность работы и качество ремонта.

Организация ремонта и обслуживание оборудования на предприятиях могут проводиться централизованно и децентрализованно.

Централизованная система характеризуется тем, что электрооборудование ремонтируют специализированные ремонтные службы, а обслуживание и мелкий ремонт находящегося в эксплуатации электрооборудования выполняет персонал, подчиненный соответствующему производственному подразделению (службе, участку).

Эта система проведения ремонтов обеспечивает наиболее техническое и экономичное обслуживание и ремонт оборудования. Единое руководство всеми работами делает централизованную систему более гибкой, а выполнение работ — более квалифицированным.

При *децентрализованной системе* отсутствуют специализированные ремонтные службы и все ремонтные работы (уход, мелкий ремонт и обслуживание оборудования) выполняет персонал мастерских, служб, бригад непосредственного производственного участка.

Текущий ремонт осуществляется для обеспечения работоспособности и надежности оборудования до следующего планового ремонта. При этом необходимы осмотр электрооборудования, очистка, уплотнение, регулировка и ремонт отдельных блоков и деталей с устранением дефектов, возникших при эксплуатации. Во время текущего ремонта проводят различные профилактические испытания, а также измерения для выявления и устранения неисправностей оборудования, приборов и аппаратов.

Текущий ремонт электрооборудования проводят по следующей технической документации: паспорт оборудования; инструкция по техническому обслуживанию; инструкция по регулированию и обкатке; ведомость запасных частей, инструментов, принадлежностей, материалов; нормы расхода материалов и запасных частей (приложение 3). На выполненные работы по текущему ремонту электрооборудования составляют акт, в котором указывают основные работы, и протоколы результатов проверки изоляции и сопротивления заземления.

Капитальный ремонт необходим для восстановления исправности основных (базисных) частей и деталей электрооборудования и обеспечения их надежной и экономичной работы в межремонтный период. При этом электрооборудование разбирают, осматривают, проверяют, измеряют, устраняют обнаруженные дефекты, восстанавливают и заменяют изношенные блоки и детали, после чего испытывают и регулируют.

При капитальном ремонте отдельные узлы электрооборудования модернизируют, учитывая современные достижения науки и техники. Капитальный ремонт электрооборудования РУ и подстанций проводят по следующей технической документации: общее руководство по ремонту; руководство по капитальному

ремонту; технические условия на капитальный ремонт оборудования; паспорт электрооборудования; ремонтные чертежи; нормы расхода материалов и запасных частей (см. приложение 4). На выполненные работы составляют специальный акт, к которому прилагают протоколы и акты о результатах измерения сопротивления электрической изоляции оборудования, химического анализа масла, сопротивления растеканию тока заземляющих устройств, проверки и регулировки релейной защиты и цепей вторичной коммутации.

Периодичность текущего и капитального ремонтов устанавливается правилами технической эксплуатации с учетом состояния оборудования.

Текущие ремонты трансформаторов без РПН выполняют в следующие сроки: не реже одного раза в 2 года (трансформаторы центральных распределительных подстанций), по местной инструкции (трансформаторы, установленные в местах усиленного загрязнения), не реже одного раза в 4 года (все остальные трансформаторы). Текущие ремонты трансформаторов с РПН выполняют ежегодно. Текущий ремонт трансформаторов и вводов осуществляется одновременно. Капитальный ремонт этих трансформаторов проводят по результатам их испытаний и состоянию.

Для оборудования распределительных устройств устанавливается следующая периодичность ремонтов: текущего — по мере необходимости (в сроки, установленные главным инженером энергопредприятия);

капитального масляных выключателей — один раз в 6—8 лет, выключателей нагрузки, разъединителей и заземляющих ножей — один раз в 4—8 лет (в зависимости от конструктивных особенностей), воздушных выключателей — один раз в 4—6 лет, отделителей и короткозамыкателей с открытым ножом и их приводов — один раз в 2—3 года, разъединителей внутренней установки, требующих снятия напряжения с шин или перевода с одной системы шин на другую, — по мере необходимости, другого оборудования (трансформаторов тока, напряжения) — по мере необходимости или результатам профилактических испытаний и осмотров.

Периодичность ремонтов допускается изменять с разрешения вышестоящих организаций при техническом обосновании в зависимости от состояния

оборудования. На основании периодичности капитального и текущего ремонтов электрооборудования, а также длительности простоев при них разрабатываются годовые планы текущих и капитальных ремонтов основного оборудования. Месячные графики этих ремонтов являются частью утвержденных годовых планов.

До начала работ по капитальному ремонту оборудования составляются ведомости объема работ и смета, календарный график и проект организации ремонтных работ, необходимая ремонтная документация. В этот же период проводятся экспресс-испытания оборудования для получения данных, необходимых для анализа работы и определения состояния отдельных его элементов. Если во время ремонта предусматривается реконструкция или модернизация оборудования, до начала работ составляется и утверждается техническая документация на эти работы. До начала работ выполняют мероприятия по организации связи, предусматривают противопожарные меры, комплектуют и инструктируют ремонтные бригады всех служб, участвующих в ремонте и испытаниях.

Ремонт блоков и отдельных деталей оборудования и сооружений выполняют в мастерских энергопредприятий или на ремонтных площадках в производственных помещениях. Мастерские и площадки должны быть оборудованы необходимыми механизмами, станочным парком, приспособлениями и инструментом и соответствовать принятым санитарным требованиям.

Для успешного проведения ремонта электрооборудования предприятия оснащают стационарными и передвижными подъемно-транспортными средствами, такелажными приспособлениями, инструментом и средствами малой механизации, а также обеспечивают запасными частями, материалами и обменным фондом арматуры, блоками и оборудованием в соответствии с действующими нормами.

Важную роль в организации досрочного выполнения при хорошем качестве ремонтных работ играют научная организация труда (НОТ) и социалистическое соревнование.

Основой НОТ при ремонте электрооборудования в распределительных устройствах и подстанциях является разработка линейных и сетевых графиков выполнения работ, рациональная расстановка ремонтного персонала по специализации, внедрение передо-

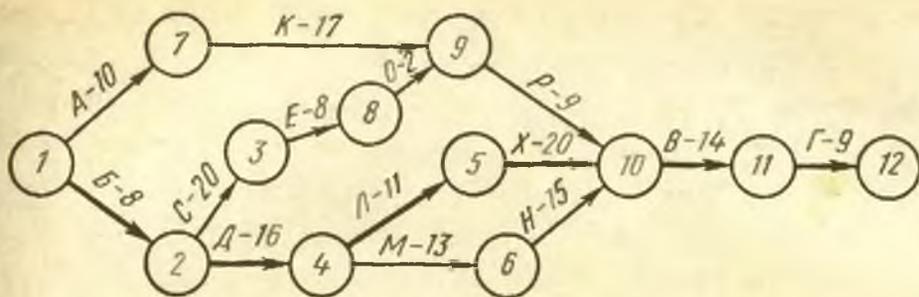


Рис. 86. Сетевой график ремонта оборудования

вых приемов и методов работ, высокий уровень организации труда, подготовка и повышение квалификации кадров по ремонту электрооборудования, усовершенствованное материально-техническое обеспечение и т. д.

Высокой организации ремонтных работ при централизованном обеспечении материалами, приспособлениями и механизмами можно добиться с помощью предварительно составленного сетевого графика, который может быть общим и локальным. *Общий* сетевой график предусматривает все виды работ по ремонту определенного комплекса электрооборудования (например, электрооборудования всей подстанции), а *локальный* определяет ремонт части подстанции (например, распределительного устройства с включением работ по ремонту строительной части, кровли, вентиляции).

Сетевой график (рис. 86) представляет собой схему выполнения отдельных операций и элементов работ по ремонту оборудования, а также взаимных связей между ними, порядка, технологической последовательности выполнения и контроля за выполнением работ. На нем наносят работы и события. Каждое событие характеризует завершение или начало работы, а работа означает действие, которое нужно совершить, чтобы перейти от предшествующего событию к последующему. Работу на графике обозначают стрелкой, показывающей связь между событиями, изображенными кружками. Работа должна быть конкретной, четко описанной и иметь ответственного исполнителя; ее продолжительность определяется в часах или днях.

Важный элемент разработки сетевого графика — определение продолжительности критического пути. На графике пути изображены линиями, образуемыми стрелками, концы которых указывают на начальные и конечные события. Так, на рис. 86 событие 1 яв-

ляется началом работ А-10 и Б-8, а события 2 и 7 — результатами этих работ. В свою очередь, события 2 и 7, будучи результатом предыдущих работ А-10 и Б-8, являются началом работ К-17, С-20 и Д-16 и т. д. При составлении графика стрелки должны идти слева направо, номер события выхода работы должен быть меньше номера события, куда она входит.

В сетевых графиках различают входные и выходные работы. На графике для события 2 работа Б-8 будет входной, а работы Д-16 и С-20 — выходными. Буквы над стрелками указывают индекс работы, а цифры — ее продолжительность.

В сетевом графике ремонта четко видны те отдельные работы по ремонту распределительных устройств (ремонт масляного выключателя, кабельных и шинных разъединителей, трансформаторов, вентиляции), от которых зависит общий срок завершения всего комплекса работ. Этот срок определяется последовательностью выполнения ремонтных работ с наибольшей продолжительностью от исходного до завершающего события. Такая последовательность и определяет критический путь на сетевом графике (обозначен жирной чертой).

Критический путь представляет собой основу для выбора оптимального плана и организации контроля за ходом работ. Отношение продолжительности любого пути к продолжительности критического характеризует степень напряженности плана. Если критический путь от начального до конечного события является наиболее продолжительным по времени, все другие события и работы должны лежать на более коротких путях.

В ходе ремонта оборудования возможна так называемая оптимизация сетевого графика по времени. Ее проводят для сокращения сроков ремонта, в первую очередь по критическому пути. Для этого разрабатываются мероприятия, в которых предусматривают: начало производства отдельных видов работ раньше полного окончания предыдущих (например, ремонт масляного выключателя не окончен, но можно начать ремонт или ревизию его разъединителей); увеличение численности бригад; временную приостановку работ, не лежащих на критическом пути, и переброску людей на работы, лежащие на критическом пути (например, снять людей со строительных работ и перебросить их

на окраску шин в тех ячейках, где закончен ремонт оборудования). Такие же мероприятия проводят, когда по каким-либо причинам нарушается выполнение отдельных работ.

Сетевое планирование имеет большое организующее и дисциплинирующее значение, направленное на четкое выполнение работ и повышение производительности труда рабочих.

Одной из действенных норм улучшения организации труда является социалистическое соревнование. Важно уметь правильно определить для каждой производственной ситуации и этапа развития технологии на данном предприятии конкретные недостатки, требующие устранения, и искусно организовать мероприятия соцсоревнования на решение намеченных в качестве первоочередных проблем. Индивидуальное социалистическое соревнование целесообразно сочетать с соревнованием между бригадами, участками, отделами и предприятиями, что позволяет не только активизировать экономию сырья, материалов и электроэнергии каждым работником, но и помогает решать вопросы более широкого плана — улучшать технологию и организацию производства целых функциональных служб и участков, в том числе и внедрение мероприятий научно-технического прогресса, повышение качества и снижения себестоимости работ.

В связи с перестройкой все большее значение приобретает бригадный подряд там, где внедряются хозрасчет и самофинансирование.

Эта система предусматривает: закрепление за определенной бригадой коллективного рабочего места, набора необходимого оборудования, оснастки, машин; специализацию производственной деятельности не только одной бригады, но и других подразделений производства на всех его уровнях; месячное планирование труда бригады по определенной, строго закрепленной за бригадой номенклатуре работ; централизованное планирование работ всех участков, служб, отделов данного предприятия; оплату труда бригады независимо от количества ее членов по единому наряду; расчет зарплаты за конечный результат работы бригады; оценку вклада каждого в отдельности члена бригады в результаты коллективного труда бригады распределением общебригадной зарплаты с учетом вклада в этот труд индивидуальных затрат с исполь-

зованием коэффициента трудового участия (КТУ); постоянная подготовка производства применительно к бригадной форме организации труда; организация действенного социалистического соревнования с выявлением и оценкой труда каждого члена бригады, а также с использованием моральных и материальных поощрений передовиков и победителей в соревновании.

Бригадный подряд требует более точного нормирования трудозатрат, эффективного использования рабочего времени, высокой специализации и взаимозаменяемости работающих бригады, обеспечения не только коллективной, но и личной ответственности за конечный результат работы бригады. Система организации работы бригады и предприятия в целом направлена на повышение производительности труда, снижение трудоемкости операций и себестоимости выполненных работ, улучшение качества продукции или работ, увеличение экономической эффективности, а также других показателей, от которых зависит конечная эффективность деятельности предприятия в целом.

Подрядный метод работы бригады предусматривает участие работников в управлении производством, что означает принятие на себя всей ответственности за выполнение объема работ с высоким качеством, а также ответственность администрации в организации работы как самой бригады, так и других бригад, связанных с ней технологически.

Стимулирующую роль в работе бригады играет разработанная система материального и морального стимулирования ее членов. Премирование производится за снижение трудоемкости и повышение качества произведенной работы или готовой продукции. Зарплата и премия при выполнении всех основных показателей начисляются общей суммой на бригаду. Зарплату и премию среди ее членов распределяет мастер или бригадир с участием Совета бригады в зависимости от личного вклада каждого работающего.

Действенность социалистического соревнования резко возрастает при такой системе бригадного подряда. Создаются более благоприятные условия для развития соревнования между бригадами, а также коллективами цехов, отделов и предприятий, лучше используется наставничество, изучение и распространение передового опыта данного предприятия и других

отраслей, принимаются более напряженные планы. На предприятиях электрических сетей, обслуживающих городские подстанции и распределительные устройства, а также линии электропередачи от них, создаются специализированные бригады по обслуживанию и ремонту электрооборудования подстанций и РУ. Составы бригад, входящих в службу подстанций, зависят от объемов электрохозяйства, расстояний между объектами (ТП и РУ), состояния электрооборудования, а также наличия средств механизации и автотранспорта. Для одной комплексной бригады по обслуживанию и ремонту электрооборудования определяется участок с количеством 40—50 ТП и РУ в двух-трех микрорайонах города или в радиусе до 20 км при территориальных подразделениях (сетевых районах), обслуживающих ТП и РУ в мелких городах и поселках городского типа. Как правило, эти же бригады осуществляют и оперативно-эксплуатационное обслуживание ТП, РУ, ВЛ и кабельных линий, связанных с этими ТП и РУ. В состав каждой бригады входят несколько электромонтеров 2—5-го разрядов и бригадир.

Объем ремонта определяется ППР и графиком проведения эксплуатационных работ по техническому обслуживанию, разрабатывается и сообщается бригадам до начала нового календарного года. После обсуждения плана работ бригадой его утверждает главный инженер предприятия для каждой бригады в отдельности.

В соответствии с планом работ бригаде выделяют определенные механизмы, приспособления, материалы и по мере необходимости оборудование. Из расчета объемов работ и наличия численности бригады определяется и доводится до ее сведения месячный фонд заработной платы. Процент (сумма) премии, определенный от зарплаты, выдается за выполнение основных показателей бригады, включая качество обслуживания и ремонта, отсутствие или уменьшение отказов в работе электрооборудования или линейных сооружений, закрепленных за бригадой.

В соответствии с вкладом труда и его качеством дается месячная оценка работы каждого члена бригады и определяется коэффициент трудового участия. По этой оценке распределяется сумма зарплаты и премии.

В конечном счете, как показывает практика, в этих бригадах растет производительность труда, значительно экономится время и, как следствие, сокращается количество работников в бригаде или увеличиваются объемы работ при той же численности, становится крепче дисциплина, повышается ответственность за выполняемую работу и растет зарплата членов бригады. В то же время рабочие стремятся повысить мастерство и освоить смежные профессии. Следовательно, бригадный метод организации труда является крупным резервом улучшения качества выполняемой работы или выпускаемой продукции, увеличения производительности труда и дальнейшего повышения уровня культуры производства, одним из основных резервов ускорения перестройки народного хозяйства.

§ 35. Ремонт токоведущих контактных частей распределительных устройств

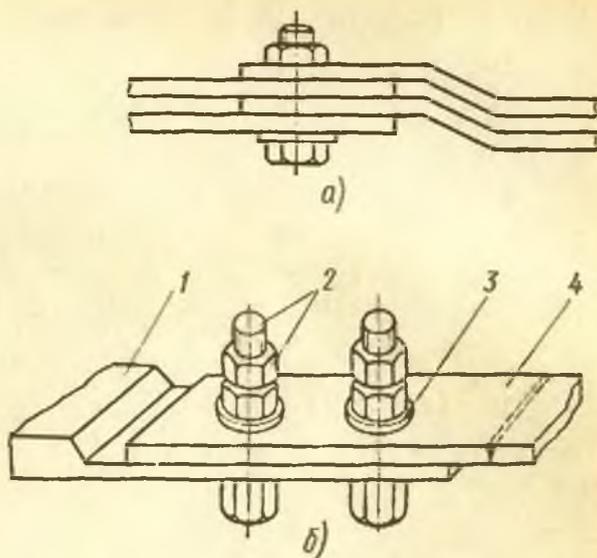
В процессе эксплуатации контактные соединения шин подвергаются температурным воздействиям от нагрева токопроводов, вибрациям и влиянию окружающей среды, в которой могут содержаться влага, газы, пары щелочей и кислот. Эти факторы приводят к ухудшению контактного соединения, местным нагревам из-за увеличения переходного сопротивления, что вызывает подгорание и оплавление мест соединений токопроводов. Поэтому при осмотре и контроле шинопроводов тщательно проверяют контактные соединения, крепления опорных и проходных изоляторов.

Шины прямоугольного сечения соединяют внахлестку (рис. 87, а) двумя (при ширине шин 60—80 мм) и четырьмя (при ширине шин 80—120 мм) болтами. Длина участка болтового соединения должна быть не менее двойной ширины соединяемых шин.

Для ремонта контактных соединений очищают их поверхности ацетоном или уайт-спиритом от смазки и грязи, удаляют ржавчину со стальных и оксидную пленку с алюминиевых шин. Болты затягивают до отказа, но так, чтобы под ними не сминаялся материал шин и не повреждалась резьба болтов. Сильно затянутое болтами соединение алюминиевых контактов с течением времени ослабевает, так как алюминий под воздействием болтового зажима вытесняется из зоны высокого давления и дает невосстанавливаемую усадку.

Рис. 87. Соединение шин болтами:

a — внахлестку, *б* — с медными выводами аппарата;
1 — контактный вывод, *2* — стальной болт с гайкой,
3 — шайба, *4* — переходная пластина



Контактное соединение считается удовлетворительным, если щуп размером $0,05 \times 10$ мм входит в межконтактное пространство (между шинами) не более чем на 5 мм.

При ремонте шинопроводов проверяют и состояние опорных или проходных изоляторов, на головках которых крепятся шины. Если на поверхностях фарфоровых изоляторов имеются небольшие сколы или трещины, их ремонтируют, покрывая двумя слоями бакелитового лака. При нарушении большой площади и армировки фланцевых изоляторов их заменяют новыми.

Лужение контактной поверхности осуществляют только в случае соединения стальных шин друг с другом или их присоединения к аппаратам, установленным в сырых помещениях, в помещениях с агрессивной средой или на открытом воздухе. При лужении конец шины, предварительно смазанный раствором хлористого цинка (паяльной кислотой), погружают в ванночку с расплавленным припоем, а затем промывают в воде и протирают сухой тряпкой.

Сварные контактные соединения шин повреждаются сравнительно редко, в основном из-за динамических усилий, вызванных взаимодействием шин при прохождении токов короткого замыкания. Поврежденное сварное соединение ремонтируют, удаляя старый сварочный шов и повторяя сварку или приваривая новый кусок шины, накладываемый на поврежденный участок. Способ сварки шин зависит от их материала и размера, наличия сварочного оборудования, возмож-

ности применения того или иного способа сварки и других условий.

Сварку прямоугольных шин производят постоянным или переменным током.

Перед сваркой постоянным током шины подогревают, торцы и свариваемые поверхности зачищают и покрывают слоем флюса, затем выполняют сварку угольными или графитовыми электродами с помощью присадочных прутков, в качестве которых используют узкие (6—8 мм) полоски обрезков материала свариваемых шин. Присадочный пруток держат при сварке медных шин перед, а при сварке алюминиевых — за электродом исходя из его направления движения. Отрицательный полюс источника питания присоединяют к электроду, положительный — к свариваемой шине.

При сварке постоянным током шины толщиной до 7 мм сваривают встык с прямым срезом и зазором между ними 1—2 мм, а при толщине 8 мм и более — со срезом торца под углом 45° и с зазором 3—4 мм. Свариваемые шины подогревают: алюминиевые — до $300\text{—}350^\circ\text{C}$, медные — до $600\text{—}700^\circ\text{C}$. При этом контролируют температуру подогрева шины термометром или термопарой. При их отсутствии температуру подогрева шин можно считать достаточной для сварки, если металл медной шины имеет цвет светлокрасного каления, а на алюминиевой шине при прочерчивании ее стальным прутком остается блестящий след.

Сварку рекомендуется производить с помощью приспособления, фиксирующего на это время взаимное расположение свариваемых шин. Размеры сварочных швов должны быть следующие: ширина 15—25 мм, высота над шиной (усиление шва) — 3—5 мм. После сварки шов очищают стальной щеткой от флюса и шлака, промывают горячей водой и просушивают. Приливы, приставшие к поверхности шин капли металла и излишки усиления шва снимают зубилом или опилкой драчевым напильником.

Технология и режим сварки шин переменным током практически мало чем отличаются от сварки постоянным током. Отличительная особенность сварки переменным током алюминиевых шин состоит в том, что их сваривают встык без зазора, а медные шины — с зазором 8—10 мм или со срезом торца шины под углом 45° .

Сварку выполняют угольно-графитовыми электродами диаметром 16—20 мм.

Для соединения алюминия и его сплавов применяют также аргонодуговую сварку неплавящимся вольфрамовым электродом. Ручную аргонодуговую сварку без применения флюсов выполняют на установках «Удар-300» или «Удар-500», а также УДГ-301 или УДГ-501, а полуавтоматическую — на полуавтоматах, из которых наиболее удобным в монтаже является ПРМ (полуавтомат ранцевый монтажный). Ручной аргонодуговой сваркой соединяют шины из алюминия и его сплавов толщиной до 6 мм², а также алюминиевого сплава АД31 в среде защитных газов с введением в шов присадки. Для сварки применяют аргон марок А, Б и В, который разрушает оксидную пленку.

Основным методом контроля сварных соединений является внешний осмотр, который проводят после удаления со шва шлака, брызг металла и остатков флюса. Поверхность сварочных швов должна быть равномерно чешуйчатой без наплывов и раковин с плавным переходом к основному металлу. Швы должны быть без трещин, прожогов, непроваров, незаплавленных кратеров и подрезов. Допускаются непровары длиной не более 10% длины шва и подрезы глубиной до 10% толщины шины, но не более 3 мм. Сварные контактные соединения компенсаторов шин не должны иметь подрезов и непроваров на лентах основного пакета.

Если к швам предъявляют повышенные требования в отношении механических свойств или их качество вызывает сомнения, дополнительно сваривают образцы-свидетели на тех же режимах и в тех же условиях, при которых проводилась сварка шин, и испытывают их.

Начальное сопротивление контактных соединений должно быть не больше сопротивления участка соединяемой шины, длина которого равна длине контактного соединения, т. е. ширина шва плюс по 5 мм с обеих сторон от него. Соединения шин во избежание коррозии должны иметь защиту.

Луженые контактные поверхности зажимов при ремонте не зачищают, а промывают растворителем и покрывают тонким слоем вазелина. Качество болтовых контактных соединений контролируют внешним осмотром и выборочной проверкой затяжки болтов. В особых случаях разбирают два-три соединения для проверки качества подготовки поверхностей к сборке.

На контактных соединениях шин со штыревыми выводами аппаратов падение напряжения не должно превышать 7 мВ, а их начальное сопротивление зависит от диаметра выводов. Так, например, для вывода с резьбой М10 сопротивление должно быть 14 мкОм; М16—12 мкОм, М20—8 мкОм, М30—6 мкОм. Для создания герметичности контактного соединения круглых шин рекомендуется покрыть зазоры и места выхода шин из зажима слоем густой пасты толщиной 2 мм, состоящей из свинцового сурика, разведенного на натуральной олифе.

Одновременно с шинами или аппаратами ремонтируют компенсаторы, которые разбирают и тщательно очищают. Поврежденные пластины удаляют, а на их место ставят новые, изготовленные из ленты толщиной 0,3—0,5 мм. Ширина пластин должна быть равна ширине компенсируемых шин. Пластины компенсаторов и шины, на которых они установлены, должны быть из одного и того же материала. В качестве пластин применяют ленту из твердокатаной меди или алюминия.

Во время ремонта шин при установке нового компенсатора количество пластин выбирают согласно данным, приведенным в табл. 15.

При проверке болтового крепления изолятора к конструкции надо убедиться, что изолятор не проворачивается от руки. Для устранения разворачивания гаск на болтах во время ремонта или ревизии под них подкладывают пружинящие шайбы.

Для присоединения алюминиевых шин к медным выводам (рис. 87, б) аппаратов применяют алюмомед-

Таблица 15. Выбор пластин компенсатора для однополосных плоских шин

Размер шин, мм		Компенсатор			Размер накладки, мм
ширина	толщина	число пластин, шт.	длина одной пластины, м	общая длина пластин, м	
40	4	10	0,5	5	42
50	5	12	0,5	6	54
60	6	14	0,5	7	66
80	8	18	0,6	10,8	88
100	10	20	0,6	12,0	110
120	10	22	0,6	13,2	135

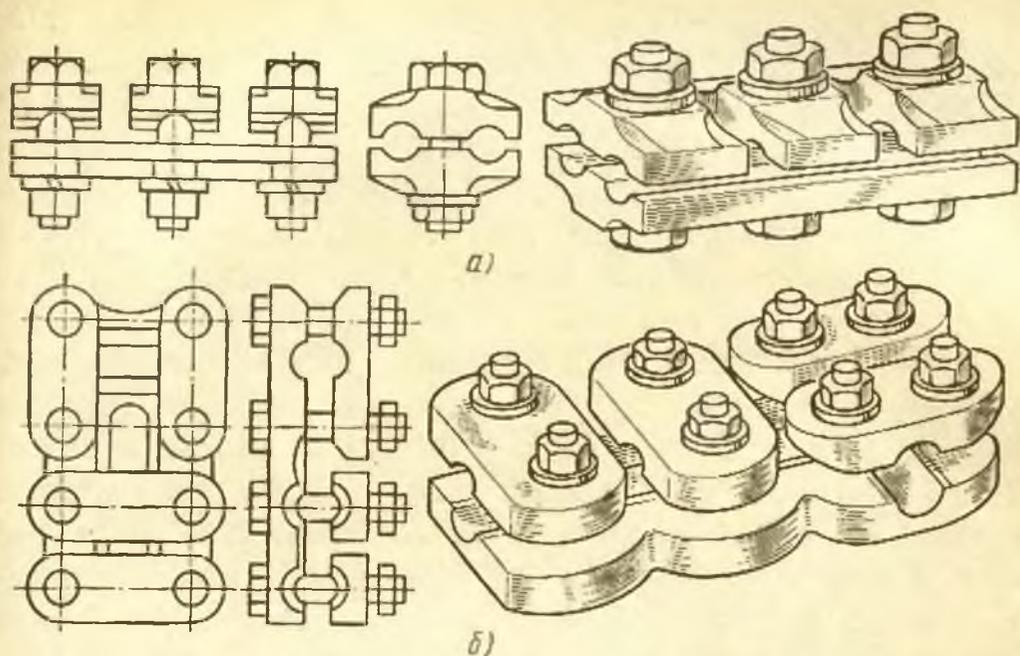


Рис. 88. Зажимы для гибких шинных соединений:
 а — петлевой, б — ответвительный

ные переходные пластины или пластины из алюминиевого сплава АДЗ1Т1, приваренные к шине. Контактную часть плоских выводов аппаратов обрабатывают так же, как шины. У некоторых типов высоковольтных аппаратов плоские контактные выводы выполнены из алюминиевого сплава и имеют антикоррозионные покрытия. Такие выводы запрещается зачищать напильником или наждачной бумагой. Их достаточно промыть ацетоном.

В открытых распределительных устройствах применяют гибкие шины из многопроволочных проводов, которые соединяют обжатием, опрессованием и с помощью петлевых и ответвительных болтовых зажимов (рис. 88, а, б). Эти зажимы изготовляют из алюминиевых сплавов (для алюминиевых и сталеалюминиевых проводов), латуни (для медных) и стали (для стальных). Петлевые зажимы служат и для соединения алюминиевых проводов с медными (на заводе-изготовителе в них впаивают луженые медные желобки).

Для ремонта зажима его сначала разбирают, очищают контактные поверхности от оксидной пленки и затем собирают. Внутренние поверхности алюминиевых зажимов очищают непосредственно перед их установкой. Контактные поверхности дважды зачищают стальной щеткой под слоем нейтрального вазелина. После второй зачистки вазелин с контактных поверхностей не удаляют. Если видны следы сильного нагрева или оплавления ме-

талла, контактное соединение разбирают, провод и зажимы промывают растворителем или ацетоном, напильником снимают оплавления, после чего провод зачищают стальной щеткой. Затем собирают зажим и затягивают все болтовые соединения. Во избежание чрезмерного нагрева зажимы выбирают так, чтобы условная плотность тока для алюминиевых контактов не превышала $0,1—0,2$ А/мм², а для медных — $0,25—0,3$ А/мм².

Электрическое сопротивление отремонтированного зажима не должно превышать сопротивления провода, равного длине контактного участка зажима, а температура нагрева не должна быть выше температуры провода на расстоянии 1 м от зажима. Для надежной работы контакта через 8—12 дней после ремонта рекомендуется подтянуть болты зажима. Прочность закрепления в ответвительных зажимах гибких ответвлений от сборных шин определяется массой провода.

Для присоединения выводов аппаратов к гибким шинам применяют аппаратные зажимы, которые соединяют с гибкой шиной сваркой или на болтах. В конструкциях таких зажимов для алюминиевых проводов предусмотрены переходные медные пластины, скрепленные с корпусом зажима сваркой или пайкой. Эти пластины обеспечивают надежный контакт между зажимом и медным выводом аппарата. При соединении алюминиевого аппаратного зажима с алюминиевым контактным выводом аппарата медные пластины удаляют.

При ревизии и ремонте аппаратов и шин проверяют также и аппаратные зажимы. Их чистят и промывают, зачищают напильником или металлической щеткой и подтягивают болтовые соединения. Правилами технической эксплуатации запрещается применение латунных болтов для крепления шин и токопроводящих стержней аппаратных вводов или проходных изоляторов.

Для контроля за температурой нагрева разъемных контактных соединений в закрытых распределительных устройствах устанавливают термоиндикаторы или наклеивают термопленки, изменяющие цвет в зависимости от степени их нагрева.

При эксплуатации аппаратов и электрооборудования распределительных устройств и подстанций следят, чтобы токопроводящие элементы не нагревались выше определенных температур. Допустимая максимальная температура токоведущих и нетокведущих металли-

ческих частей, не изолированных и не соприкасающихся с изолированными материалами, на воздухе равна 120, а в масле — 90° С. Для коммутирующих контактов главной цепи (разъединителей, выключателей) максимальная температура при продолжительном режиме работы может достигать 85 на воздухе и 80° С в масле, для контактных соединений без защитных покрытий внутри аппаратов — соответственно 95 и 90° С, а для контактов, спаянных оловянистыми припоями, — 100 и 90° С.

Допустимая максимальная температура нагрева контактных соединений из меди, алюминия или их сплавов с болтовыми, винтовыми и другими зажимами, не имеющих покрытий, составляет 80° С, а покрытых оловом (луженых) — 90° С на воздухе и в масле. Контактные соединения из меди и ее сплавов с пружинным нажатием и без покрытий не разрешается нагревать выше 75° С на воздухе и в масле.

Для выводов аппаратов и оборудования, предназначенных для соединения с подводными проводами и жестко скрепленных с ними болтами, винтами или другими способами, допускается нагрев в рабочем состоянии до температуры не более 80° С на воздухе без покрытия контактов и 90° С — при наличии оловянного покрытия.

§ 36. Ремонт отключающих аппаратов

Бесперебойное снабжение электроэнергией потребителей определяется безотказной работой распределительных устройств и подстанций, которая зависит от уровня надежности установленных на них аппаратов и оборудования (масляных выключателей, трансформаторов, комплектных высоковольтных распределительных устройств), а также от соблюдения норм и правил при монтаже и эксплуатации. Из элементов распределительных устройств чаще всего выходят из строя выключатели и разъединители.

Наиболее распространенными повреждениями выключателей являются износ, оплавление и разрушение рабочих и дугогасящих контактных соединений, неисправность дугогасительных устройств, повышенная температура нагрева контактных поверхностей, разрушение внешней изоляции, нарушение регулировки механизма отключающего аппарата.

Распространенными повреждениями разъединителей являются перекрытие дугой и неисправность изоляторов, подгорание и приваривание контактной системы, неисправности привода, металлоконструкций, тяг и др.

К основным причинам отказов приводов выключателей относятся: нарушение регулировки запирающего механизма, неисправности в подвижных частях, пробой изоляции катушек, неисправности цепей управления (пружинно-грузовые приводы ломаются чаще всего из-за конструктивных недостатков).

Большая часть отказов в работе элементов распределительных устройств вызвана неудовлетворительной эксплуатацией и низким качеством ремонтов аппаратов и оборудования. Поэтому при создании ремонтных служб особое внимание уделяют правильной организации труда, обеспечению хорошим инструментом и приспособлениями, подбору квалифицированного монтерского персонала, использованию опыта лучших работников.

Разъединители. При ремонте разъединителей тщательно очищают изоляторы, контакты и ножи от пыли, грязи и копоти. Особое внимание обращают на целостность механических запирающих устройств и прочность крепления пластин электромагнитных замков к ножам разъединителя. Обнаруженные дефекты немедленно устраняют.

При ремонте осматривают фарфоровые изоляторы. Если обнаружено разрушение армировочного шва изолятора размером менее $\frac{1}{3}$ окружности колпака или фланца, ремонтируют армировку, если шов разрушен на большем участке, осуществляют переармировку изолятора. Ремонт состоит из удаления зубилом старой замазки и заливки шва новым цементирующим составом. Поврежденные гибкие связи заменяют, а их ослабленные крепления подтягивают.

Трущиеся части и соединения разъединителей очищают от коррозии и грязи и смазывают в летнее время солидолом, а в зимнее — морозостойкой смазкой. Поверхность контактов очищают от нагара, оксидов, грязи и копоти и покрывают тонким слоем технического вазелина.

Регулировка разъединителя заключается в том, чтобы перемещением или поворотом ножей добиться плотного и точного их вхождения в контактные губки. Они должны входить в губки с некоторым усилием,

без ударов и заеданий. Плотность их вхождения проверяют специальным щупом размером $10 \times 0,05$ мм. При хорошем прилегании контактных поверхностей щуп не должен входить в межконтактное пространство глубже 5—6 мм.

При ремонте разъединителей проверяют соосность расположения подвижных и неподвижных контактов. Плотность их прилегания определяют динамометром (рис. 89). Давление считается нормальным, если вытягивающее усилие составляет 0,3—0,4 действительного усилия в контактах разъединителя и имеет следующие значения для каждого полюса в зависимости от номинального тока разъединителя: при 400 А оно должно быть 100 Н, при 600 А — 200 Н, при 1000 А — 400 Н, при 2000 А — 800 Н и при 3000 А — 1000 Н.

Текущий ремонт приводов, совмещаемый с ремонтом разъединителей, предусматривает очистку их частей от пыли, грязи и застаревшей смазки, проверку и подтягивание болтов, доступных для осмотра без разборки приводов, смазку. В зимнее время используют незамерзающую смазку ГОИ-54, НК-30 или АФ-70. Одновременно проверяют ход и отсутствие заеданий в механизме привода.

При регулировке включения и выключения разъединителя следят за положением фиксатора, палец которого должен входить в отверстие в корпусе привода «включено» или «отключено». При совпадении отверстия в корпусе с одним из отверстий в рукоятке палец фиксатора под действием пружины входит в отверстие рукоятки и запирает ее.

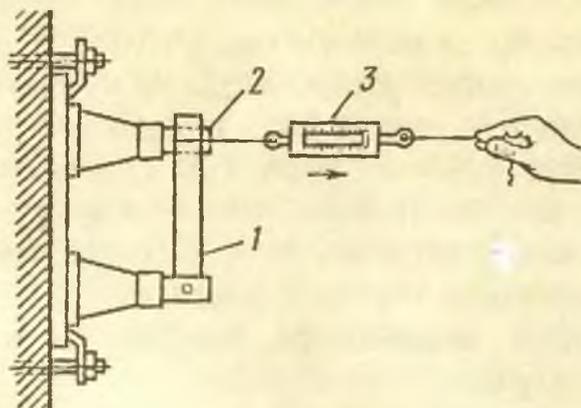


Рис. 89. Схема проверки вытягивающего усилия разъединителя:
1 — нож, 2 — неподвижный контакт,
3 — динамометр

Контактное давление в разъединителях наружной установки РЛНД и РЛНЗ регулируется двумя стяжными болтами. При наличии заземляющих ножей их необходимо отрегулировать, чтобы заземляющий нож полюса, наиболее удаленного от привода, подходил к своему неподвижному контакту с некоторым опережением, так как в передаче всегда имеются люфты, из-за чего удаленный нож может оказаться недовключенным.

При ремонте разъединителей проверяют одновременность замыкания контактов, медленно включая разъединители до момента соприкосновения опережающего ножа со своим неподвижным контактом, и в таком положении замеряют зазоры между ножами и неподвижными контактами других полюсов. При этом зазоры для напряжения до 10 кВ не должны превышать 3 мм. При необходимости регулируют ход ножей, изменяя длину звеньев в передаче привода. Плотность прилегания контактов проверяют калиброванным щупом.

Отремонтированный и отрегулированный разъединитель проверяют десятикратным включением и отключением, после чего контактные части повторно покрывают тонким слоем технического вазелина.

При ремонте *короткозамыкателей и отделителей* большинство операций выполняют так же, как и при ремонте разъединителей. Устраняют слабины всех тяг и рычагов механической части передачи привода, а также проверяют наличие на них крепежных деталей (шплинтов, контргаек) и прочность крепления подвижных сочленений, состояние механизма ручного и автоматического приводов. Обнаруженные дефекты устраняют, а механизм смазывают солидолом или незамерзающей смазкой. Контакты короткозамыкателей и отделителей очищают от оксидных пленок и смазывают нейтральным (без кислот и щелочей) вазелином с добавкой порошка графита (10—15 г на 100 г вазелина).

Закончив все операции по ремонту, проверяют одновременность включения ножей отделителя и плотность их вхождения в губки неподвижных контактов. Разновременность включения не должна превышать 3 мм.

Отрегулированные короткозамыкатель и отделитель включают и отключают не менее 5 раз вручную, а затем подачей импульса тока на включение короткозамыкателя и отключение отделителя наблюдают за

правильностью действия подвижных деталей и механизма.

Выключатели нагрузки. При ремонте выключателя нагрузки особое внимание обращают на контакты и вкладыши дугогасительных камер, так как дефектные вкладыши могут привести к его аварии.

Контактные поверхности выключателя очищают от копоти, следов нагара и оплавления. Разбирают дугогасительное устройство, снимают щеки и осматривают газогенерирующие вкладыши. При обнаружении выгоревших стенок вкладышей их заменяют новыми.

Постоянно работающими блоками выключателя нагрузки являются пружины и буферные устройства, поэтому они чаще ломаются. Ослабленные или лопнувшие пружины заменяют новыми, а изношенные резиновые шайбы буфера — шайбами, изготовленными из листовой резины толщиной 4—6 мм.

Трущиеся поверхности выключателей тщательно очищают от старой смазки и наносят свежую смазку, выбор которой зависит от температуры окружающей среды.

При ремонте выключателей нагрузки осматривают и ремонтируют приводы. Очищают все части механизма приводов от пыли, грязи и старой смазки, подтягивают болты, которые можно проверить без разборки механизма, поворотами рычага проверяют плавность хода и отсутствие заедания в механизме приводов. После ремонта трущиеся части приводов смазывают, затем приводы соединяют с механизмом выключателей нагрузки и проверяют их взаимодействие. В нормальном положении ножи должны точно и одновременно входить в дугогасительные и рабочие контакты и выходить из них без ударов, перекосов и точно по центру. Глубина вхождения ножа в камеру должна составлять не менее 160 мм. Основные неисправности приводов ПРА-17 и способы их устранения приведены в табл. 16.

Масляные выключатели. Ремонт базового масляного выключателя ВМП-10 в качестве основного оборудования распределительного устройства требует хорошей организации труда и высокой квалификации ремонтного персонала. Подготовку к его ремонту начинают с подбора необходимого инструмента и приспособлений, а также материалов. В набор инструмента и приспособлений входят: набор гаечных ключей от 7 до 41 мм (2 комп.) и торцовые ключи на 10, 12 и 14 мм;

Таблица 16. Неисправности привода ПРА-17 и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
<p>Выключатель не отключается после расцепления защелки с расцепляющей собачкой (привод не отключает выключатель)</p>	<p>Заклинились отключающая собачка и секторный рычаг из-за неправильной установки привода и увеличались люфты деталей Деформировались отключающая собачка и секторный рычаг в месте их соприкосновения Плохо обработаны секторный рычаг и отключающая собачка</p>	<p>Установить правильно привод, уменьшить люфты деталей привода на осях с помощью дополнительных шайб Заменить привод Тщательно зачистить и слегка смазать места соприкосновения</p>
<p>Привод не удерживает выключатель во включенном положении</p>	<p>Фиксатор не зацепляется за стопорный палец; коротка тяга, соединяющая рычаг выключателя с секторным рычагом привода; не поворачивается на оси фиксатор из-за повышенного трения; сточился зуб фиксатора; соскочила пружина фиксатора</p>	<p>Увеличить длину тяги, вывернув шпильки Снять фиксатор, очистить его отверстие и ось, снять заусенцы и нанести новую смазку Заменить фиксатор Поставить пружину на место</p>
<p>Привод самоотключается при заводе пружин выключателя</p>	<p>Сработался зуб защелки Сработался выступ отключающей собачки, за который зацепляется зуб защелки Соскочила с защелки возвратная пружина</p>	<p>Заменить защелку или привод Заменить собачку или привод Установить пружину на место</p>
<p>Защелка не расцепляется с отключающей собачкой при нажатии на рычаг ручного отключения</p>	<p>Отогнулся палец на рычаге ручного отключения</p>	<p>Выправить палец на рычаге</p>
<p>Защелка не расцепляется с отключающей собачкой при подаче импульса на электромагнит отключения</p>	<p>Слабо ударяет боек по хвосту защелки (высоко установлен корпус электромагнита)</p>	<p>Опустить корпус электромагнита</p>

разводной и трубный ключи № 1; пассатижи, кернер, молоток (400 г), зубило, отвертки (2 шт.); разные напильники; электросверлилка и набор сверл (разные); измерительная стальная линейка 500 мм и штангенциркуль; мегаомметр 1000 В, аstaticеский вольтметр со шкалой 300 В, электросекундомер ПВ-52; выколотка со сменным медным наконечником; монтерский нож и отвес; ведро, противень и кисть; виброграф, прибор для измерения переходного сопротивления контактов; мерный стержень; двухрычажный съемник; рычаг ручного включения выключателя.

При ремонте могут потребоваться следующие материалы: смазка ЦИАТИМ-203 или Литол (200 г); сухое трансформаторное масло (12 л); бензин Б-70 или растворитель № 647 (0,5 л); шлифовальная шкурка и ветошь; разные шпатель; бакелитовый лак; красная, желтая, зеленая и черная краски (при необходимости).

Масляный выключатель ремонтируют в такой последовательности:

наружный осмотр выключателя и его привода, проверка и запись в журнале осмотров оборудования и анализа работы выключателя за период после его последнего ремонта;

слив масла и снятие межполюсных перегородок; разборка полюсов;

ревизия и ремонт маслоуказателя;

осмотр, ревизия и ремонт буферов (масляного и пружинного);

ревизия и ремонт контактной системы;

ревизия, промывка и ремонт дугогасительных камер и опорных цилиндров;

сборка полюсов;

ревизия и ремонт привода;

регулировка выключателя с приводом;

заливка маслом;

измерение переходного сопротивления и скорости движения контактов;

протирка изоляции;

профилактические испытания;

проверка надежности на включение и отключение вручную и автоматически;

окраска (при необходимости) тележки, рамы, баков и привода;

уборка инструментов и материалов.

При ремонте масляных выключателей соблюдают следующие основные требования охраны труда: операции выполняют на отключенном оборудовании; при регулировке выключателя со встроенным пружинным приводом снимают предохранители с обоих полюсов цепи заводящего устройства; следят, чтобы включающие пружины не были заведены; используют при работе защитные каски; выполняют общие требования правил техники безопасности.

Закончив подготовительные работы, приступают к ремонту выключателя. Сливают из цилиндров масло, снимают межполюсные перегородки, отсоединяют изоляционные тяги от полюсов. Затем снимают все три полюса, удаляют нижние крышки с неподвижными контактами, вынимают распорные бакелитовые цилиндры и дугогасительные камеры. Далее снимают верхние крышки полюсов, вынимают из цилиндров маслоотделители, отсоединяют корпус механизма от изоляционного цилиндра, снимают корпус механизма и диск, крепящий направляющие стержни 14, вынимают фланец верхнего контактного вывода 6 с направляющими стержнями. Для снятия подвижного контактного стержня 17 (см. рис. 36) освобождают стопорную планку. Эту операцию выполняют при включенном положении механизма.

Новый наконечник подвижного контакта ввинчивают до отказа без какого-либо зазора между ним и стержнем, а поверхностные стыки выравнивают обжатием или опиливанием. Во избежание отвертывания наконечника при эксплуатации в межремонтный период стык между ним и стержнем накернивают по окружности в четырех местах.

Для удлинения срока службы розеточного контакта более поврежденные дугой и предварительно зачищенные контакты ламелей ставят на место менее поврежденных. Следует помнить, что съемный наконечник подвижного и верхние торцы ламелей розеточного контактов выключателей ВМП-10 облицованы дугостойкой металлокерамикой, поэтому недопустимо зачищать их напильником или наждачной шкуркой. Контактные поверхности промывают растворителем или чистым трансформаторным маслом.

После ремонта контактных поверхностей приступают к осмотру и чистке всех изоляционных деталей и маслоуказателей. Гасительные камеры перед осмот-

ром промывают чистым трансформаторным маслом. Обугленные и обожженные места тщательно зачищают. При выгорании пластин, образующих дутьевые щели, камеру заменяют новой. Если во вкладышах нижней пластины камеры увеличились диаметры отверстий больше нормы (на ВМП на токи 600 А и 1000 А — до 30 мм, на ток 1500 А — до 32 мм), вкладыши заменяют новыми.

Далее проверяют, очищают и смазывают буферные устройства, подтягивают гайки на всех болтовых креплениях. Если шток и поршень масляного буфера при движении от руки перемещается с усилием или заеданием, его разбирают, очищают от грязи, заливают чистым трансформаторным маслом и проверяют плавность хода. Пружина буфера имеет большое усилие предварительного натяга, и поэтому работу по ее регулировке выполняют с принятием мер предосторожности.

До установки на раму выключателя поворотом вручную наружного рычага проверяют легкость перемещения механизма полюсов и поворота главного вала выключателя при отсоединенных отключающих пружинах.

Выключатель заливают чистым и сухим трансформаторным маслом (1,5 л на каждый полюс). Его уровень при отключенном положении подвижного контакта должен находиться между двумя чертами, нанесенными на стекле маслоуказателя. Затем выключатель готовят к регулировке. При сборке после ремонта следует сохранять заводскую регулировку выключателя.

Подготовка к регулировке и сам процесс проводят в такой последовательности: временно соединяют тягой привод с выключателем и проверяют плавность хода и отсутствие заеданий в контактах и механизме пятикратным включением и отключением выключателя вручную с помощью привода. Если все части взаимодействуют нормально, выключатель соединяют с приводом напостоянно, закрепив вилки, дистанционные тяги и кронштейны, и приступают к совместной регулировке выключателя с приводом.

Для этого на каждом полюсе в резьбовое отверстие на торце подвижного контакта ввертывают до упора контрольный стержень $\varnothing 6$ мм и длиной 400 мм с резьбой М6 на конце. Собирают электрическую схему для определения момента касания контактов (рис. 90,а) в каждом полюсе выключателя и приступают к регу-

лировке начиная с установки отключенного положения его главного вала с помощью шаблона (рис. 90, б). На прежние места устанавливают отключающие пружины, предварительный натяг которых должен соот-

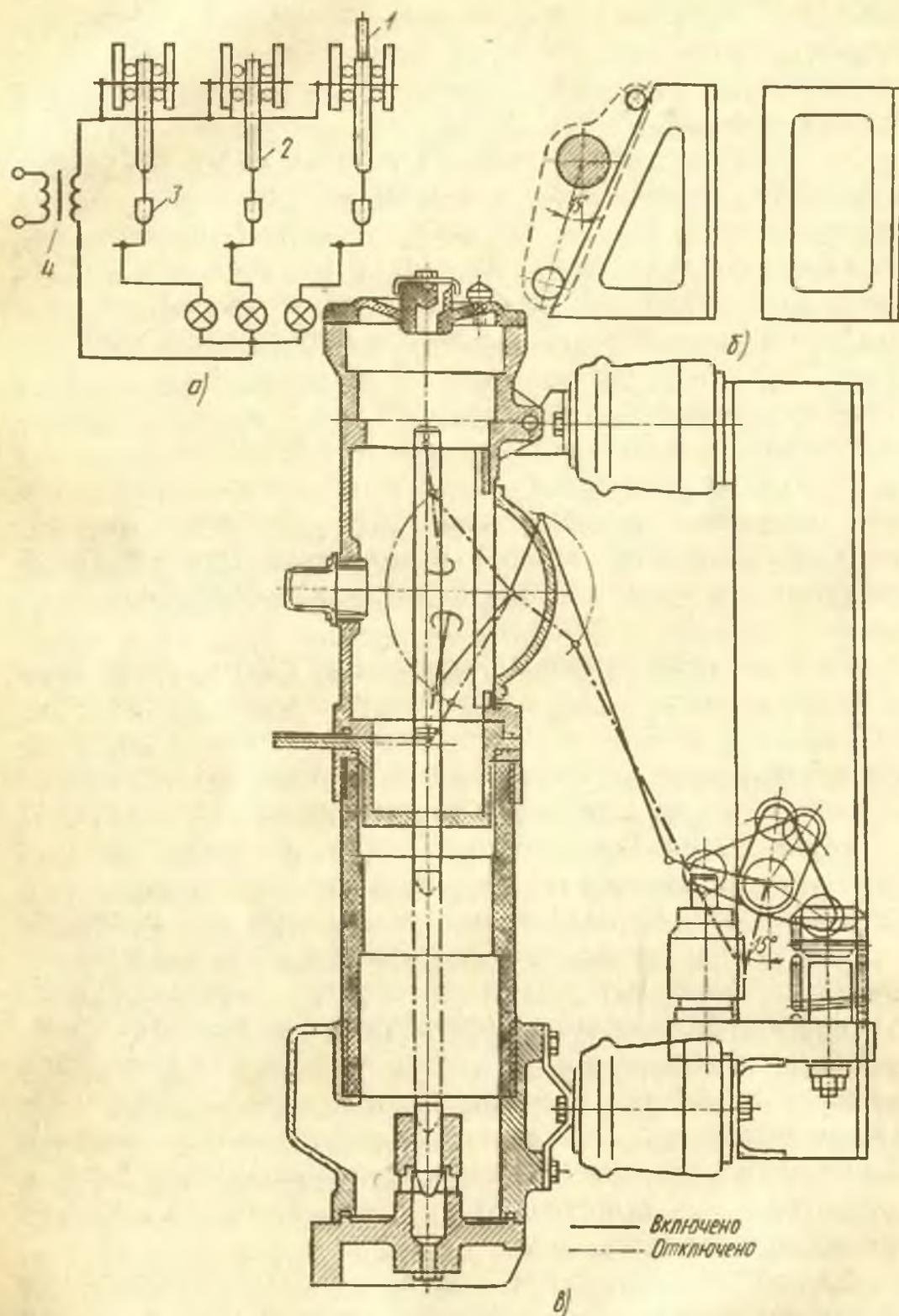


Рис. 90. Регулировка механизма и контактов выключателя ВМП-10: а — схема проверки одновременного касания контактов, б — определение отключенного положения выключателя с помощью шаблона, в — пределы регулирования хода механизма и контактов; 1 — контрольный стержень, 2, 3 — подвижный и розеточный контакты, 4 — трансформатор

ветствовать заводскому значению. После этого с помощью наружных рычагов включают и выключают полюсы и делают отметки на их контрольных стержнях, которые соответствуют положениям «Отключено» и «Включено». Кроме крайних на контрольном стержне наносят еще одну отметку «Недоход» на расстоянии 5 мм от отметки отключенного положения.

Далее изоляционными тягами соединяют вал в отключенном положении выключателя с механизмом полюсов. Длину изоляционных тяг регулируют так, чтобы отметки «Отключено» на контрольных стержнях совпадали с отметками «Недоход» стержней. Ручным включением привода подвижные контакты выключателя доводят до касания с неподвижными. Разновременность касания должна составлять не более 5 мм. Затем доводят выключатель до полного включенного положения и добиваются, чтобы полный ход подвижных контактов был равен (245 ± 5) мм, ход в неподвижных контактах для выключателей на 600 и 1000 А — (60 ± 5) мм (см. рис. 36) и для выключателей на 1500 А — (54 ± 5) мм; угол поворота вала составлял $(87 \pm 2)^\circ$, а недоход механизма до крайнего включенного и отключенного положения — не менее 5 мм (рис. 90, в). При регулировке выключатель можно включать и отключать приводом только вручную.

По окончании регулировки отгибают концы шплинтов вокруг осей, соединяющих изоляционные тяги с механизмами полюсов, проверяют затяжку всех резьбовых соединений и опробуют действие выключателя при медленном ручном отключении привода. При этом он должен без заеданий и рывков полностью отключаться с помощью своих пружин. Затем несколько раз включают и отключают выключатель приводом. Измеряют с помощью электромагнитного вибрографа скоростные характеристики, по которым определяют скорость отключения выключателя, т. е. время действия электрической дуги при отключении тока на контактную систему.

Электромагнитный виброграф, перо 3 которого колеблется с частотой 50 Гц, показан на рис. 91, а. При каждой полуволне перо притягивается к сердечнику 2 и совершает 100 колебаний в секунду. Для измерения скорости движения подвижных контактов к траверсе выключателя крепится специальная пластина с полоской бумаги, при этом виброграф закреплен

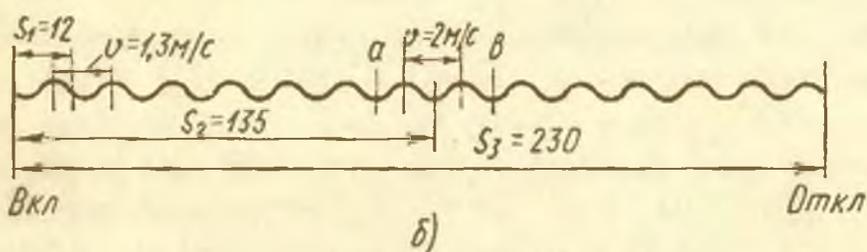
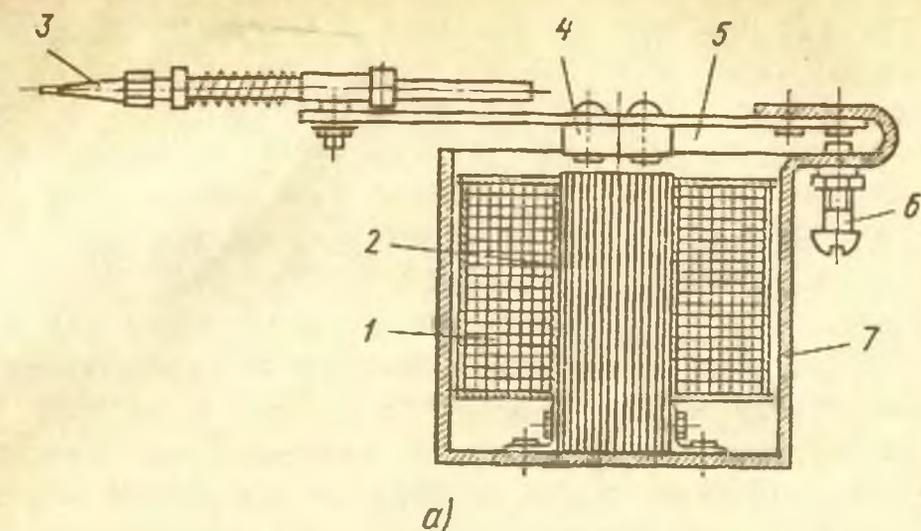


Рис. 91. Виброграф (а) и виброграмма скорости включения масляного выключателя (б):

1 — катушка, 2 — сердечник, 3 — перо (карандаш), 4 — якорь, 5 — пластинка, 6 — регулировочный винт, 7 — корпус вибратора

неподвижно. При движении траверсы выключателя карандаш вибрографа будет вычерчивать на бумаге кривую, по которой и определяют ход, время и скорость движения траверсы, а следовательно, и подвижных контактов выключателя. На рис. 91, б показана характеристика скорости включения выключателя (виброграмма). По количеству периодов можно судить о времени движения траверсы. Зная длину хода траверсы, определяют по виброграмме среднюю скорость ее движения для данного небольшого участка: $v_{\text{ср}} = S / (t \cdot 100)$, где S — путь траверсы, см; t — время ее движения, с. Например, на виброграмме путь траверсы на участке a — b равен 4 см, время ее движения 0,02 с, отсюда средняя скорость на этом участке

$$v_{\text{ср}} = 4 / (0,02 \cdot 100) = 2 \text{ м/с.}$$

После снятия виброграммы вывертывают контрольные стержни, устанавливают на место маслоохладите-

ли, верхние крышки и для выключателей ВМП-10К и ВМП-10КТ ставят междуполюсные перегородки.

При эксплуатации выключателей ВМП встречаются различные неисправности.

При коммутации больших токов выключателями на 1500 А происходит сваривание ламелей розеточного контакта. Во избежание этого при ремонте у розеточных шестиламельных контактов снимают фаски для обеспечения зазора между киритовыми угольниками.

Часто расклеп оси роликовых контактов бывает недостаточным, поэтому во время ремонта выполняют дополнительный расклеп, при этом следят, чтобы не изогнулась ось роликовых контактов.

Иногда при ремонте выключателя обнаруживается люфт крепления бронзовых полуосей шарнирного соединения рычагов, управляющих движением подвижного контакта (полуоси проворачиваются), тогда полуоси аккуратно подклепывают. Наиболее распространенные неисправности масляных выключателей приведены в табл. 17.

Во время ремонта масляного выключателя обращают внимание на состояние металлических конструкций, фланцевых соединений и уплотнений, трубных соединений и других конструктивных элементов. При обнаружении трещин или неисправностей сварных блоков и деталей проводят ремонт с помощью электро- или газосварки. Перед сваркой трещину или шов зачищают по всей длине и затем заваривают. Фланцевые уплотнения подтягивают затяжкой болтовых соединений, а уплотняющие прокладки при необходимости заменяют.

Приводы. Привод и управляемый им выключатель ремонтируют одновременно. Механизм привода должен находиться в отключенном положении. Во время ремонта осматривают и проверяют состояние рычагов, осей, валов, пружин и электромагнитного механизма. Очищают поверхности деталей от грязи и старой смазки. Подтягивают крепления частей, проверяют наличие шплинтов на осях и валах механизма привода. Загрязненные детали промывают керосином, протирают и покрывают новой смазкой — солидолом. Трущиеся детали покрывают: летом — солидолом, зимой — морозостойкой смазкой НК-30 или ГОИ-54.

Запрещается при ремонте привода подпиливать или подшабривать рабочие поверхности деталей меха-

Таблица 17. Неисправности масляных выключателей и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Выключатель не отключается	Недостаточно напряжение оперативного тока. Отсутствует цепь оперативного тока	Повысить напряжение до нормального. Проверить цепь отключения
Выключатель не включается	То же	То же, проверить цепь включения
Масло в выключателе быстро темнеет. При отключении короткого замыкания происходит выброс масла	Недостаточна скорость движения токопроводящего стержня в момент отключения из-за большого трения в приводном механизме	Отрегулировать выключатель
Чрезмерный нагрев нижнего контакта	Неправильно гасится дуга из-за неверной установки дугогасительной камеры в цилиндре, сильного ее выгорания	Разобрать полюс и правильно установить дугогасительную камеру
	Износились уплотняющие манжеты проходного изолятора (у ВМП)	Заменить манжеты
	Токопроводящий стержень недостаточно входит в розеточный контакт	Отрегулировать ход контакта
Заклинивание токопроводящего стержня (у ВМП)	Токопроводящий стержень несоосно отрегулирован и касается ламелей розеточного контакта не всей площадью	Разобрать полюс и отрегулировать контакты
	Лопнуло упорное кольцо розеточного контакта	Заменить кольцо
Поломка опорных изоляторов	Ослабили пружины розеточного контакта	Заменить пружины
	Смещение упоров ограничителей хода токосъемных роликов, в результате чего повреждена направляющая капроновая колодка	Заменить направляющую колодку и зафиксировать направляющие стержни установкой стопорных винтов
	Рычаг механизма упирается в колпачок	Сменить полюс
	Увеличенный зазор (более 1,5 мм) между роликом рычага пружинного буфера и упором	Отрегулировать пружинный буфер

низма для ликвидации заедания между отдельными движущимися частями. Все отклонения в работе механизма устраняют чисткой, смазкой и регулировкой.

Особенности ремонта некоторых приводов. При ремонте привода УГП обращают внимание на жесткость его крепления к стене РУ или в шкафу, надежность запирающих отключающих элементов во взведенном по-

ложении и безотказное расцепление их при усилии нажатия на рычажок. Это усилие должно соответствовать силе удара бойка реле и отключающего электромагнита. Проверяют надежность сцепления заводящей и удерживающей собачек с рычагом вала, а также состояние изоляции коммутации в приводе.

При ремонте *привода УПП* уделяется особое внимание креплению, исключая смещение и перекосы его корпуса. Заводящую собачку регулируют упорным болтом в ее головке так, чтобы она не задевала за рычаг вала до момента его зацепления рабочей поверхностью собачки, а пружинный буфер начал работать не раньше, чем удерживающая собачка захватит рычаг вала. Зазор между штоком буфера и зубом заводящего рычага должен быть 0,5—1 мм при включенном положении привода.

Если из-за излишнего зазора между рычагами на валу привода и заводящим происходит задевание последнего за детали привода, зазор регулируют с помощью устанавливаемых шайб различной толщины (но не более 0,5 мм).

Проверяют зазор между роликом и зубом заводящего рычага в момент отключения последнего влево до упора его в перегородку корпуса. Он должен быть не менее 1,5—2 мм, а расстояние от ударника включающего электромагнита до рычага запорно-пускового механизма — не менее 6 мм. Зазор между роликом стойки и планкой серповидного рычага необходим 2—4 мм в момент его наибольшего подъема, а предварительное сжатие буферной пружины — 4—6 мм.

Во время ремонта привода ПП-67 следует предварительно натягивать включающие пружины при его включенном положении. Если привод не включил выключатель с посадкой на защелку, отключают выключатель и увеличивают натяг пружины на 5—6 мм болтом. Повторяя операции включения и увеличения натяга включающих пружин, регулируют натяг, чтобы привод при пятикратной проверке включал выключатель с посадкой на защелку.

Для обеспечения включения с посадкой на защелку привода выключателя предварительный натяг пружин увеличивают на 35—39 мм при управлении выключателями ВМП-10 и ВМГ-10.

Отремонтированный механизм привода после регулировки проверяют вручную несколькими включениями

и отключениями, при этом привод должен работать четко, плавно и без заеданий. Окончательно проверяют качество ремонта и правильность сборки привода на месте установки после соединения его с выключателем.

§ 37. Ремонт силовых трансформаторов

В объем текущего ремонта силовых трансформаторов входят: наружный осмотр и устранение повреждений; чистка изоляторов, бака, крышки; спуск грязи из расширителя, доливка масла, проверка маслоуказателя; проверка термосифонного фильтра и замена в нем сорбента; проверка спускного крана, циркуляционных труб, уплотнений, сварных швов, охлаждающих устройств; отбор масла для анализа и его проверка; осмотр и проверка вводов; проверка пробивного предохранителя и устройств защит; профилактические испытания.

В объем капитального ремонта силовых трансформаторов входят все работы, предусмотренные текущим ремонтом, и дополнительные: ремонт обмоток; проверка магнитопровода, переключателей, отводов; проверка системы подпрессовки обмоток; контроль состояния контактных соединений обмоток к переключателю напряжения и выводам; проверка и ремонт устройств РПН; ремонт вводов; проверка схемы заземления; проверка состояния бака, расширителя и трубопровода; очистка активной части и подсушка.

Трансформатор срочно (аварийно) выводят из работы и направляют в ремонт при следующих внешних признаках неисправностей: сильное внутреннее потрескивание или неравномерный шум; ненормальная и постоянно нарастающая температура нагрева при нормальной нагрузке и охлаждении; выброс масла из расширителя или разрушение диафрагмы выхлопной трубы; течь масла и понижение нормального уровня масла по маслоуказателю; неудовлетворительные результаты химического анализа масла.

Естественное старение и износ изоляции, а также систематическая перегрузка трансформатора и динамические усилия при сквозных токах короткого замыкания приводят к витковым замыканиям в катушках высокого и низкого напряжения трансформатора. Увлажнение масла и старение изоляции обмоток, как правило, влекут за собой серьезные неисправности —

замыкание на корпус (пробой на корпус) и между-
фазные замыкания в обмотках трансформатора.

Иногда происходит обрыв электрической цепи в результате отгорания отводов обмотки, разрушения соединений из-за низкого качества пайки или сварки отводов.

В отдельных случаях встречается неисправность в виде «пожара в стали», которая появляется в результате межлистовой изоляции или изоляции стяжных болтов, а также образования короткозамкнутого контура при повреждении изоляционных прокладок между ярмом и магнитопроводом. Это повреждение приводит к возрастанию температуры нагрева корпуса и масла при нормальной нагрузке, гудению и потрескиванию трансформатора.

Увеличение тока холостого хода по сравнению с заводскими данными, как правило, происходит при ослаблении шихтованного пакета магнитопровода. Перегрев трансформатора возможен из-за низкого уровня масла, в результате чего обнаженные части обмотки и активной стали перегреваются. Убедившись в отсутствии течи масла из бака, доливают его до нормального уровня.

Ненормальное гудение в трансформаторе наблюдается при ослаблении опрессовки шихтованного магнитопровода, нарушении опрессовки стыков, вибрации крайних листов магнитопровода, а также при перегрузке, работе на повышенном напряжении или большой несимметрии фаз. Потрескивание внутри трансформатора показывает на перекрытие (но не пробой) обмоток или отводов на корпус вследствие перенапряжения. Обрыв заземления также влечет за собой потрескивание, так как при этом могут происходить разряды обмотки или отводов на корпус, что воспринимается как треск в трансформаторе.

Пробой обмоток на корпус или между обмотками высшего и низшего напряжений, или между фазами одного напряжения чаще всего происходит за счет перенапряжения, резкого ухудшения качества масла, понижения его уровня, старения изоляции.

Обрывы в обмотках являются следствием плохого выполнения пайки или сварки их проводов или повреждений в проводах, соединяющих концы обмоток с выводами. Они чаще всего происходят в местах изгиба кольца провода под болт вывода. В этих случаях

вывод выполняют гибким соединением (демпфером).

Неудовлетворительный контакт в одном из зажимов или внутри обмотки фазы, а также обрыв в первичной обмотке трансформатора, соединенного по схеме «треугольник — звезда», «треугольник — треугольник» или «звезда — звезда», приводят к отклонению вторичного напряжения от заданного значения (вторичное напряжение неодинаково по фазам при нагрузке или при холостом ходе и нагрузке).

Трещины в изоляторах, понижение уровня масла в трансформаторе при загрязнении их внутренней поверхности вызывают пробой вводов на корпус, а при повреждении изоляции отводов — перекрытие между вводами отдельных фаз. Иногда из-за нарушения сварного шва арматуры или образования трещин в баке трансформатора от механических или температурных воздействий происходит течь масла из бака. При повреждении прокладки из маслоупорной резины во фланцевых соединениях также происходит утечка масла.

Нарушение регулировки переключающего устройства приводит к отсутствию контакта, а термическое воздействие на контакты при коротких замыканиях — к оплавлению контактной поверхности переключателя напряжения трансформатора.

Повреждения внешних частей трансформатора легко обнаружить при внешнем осмотре, а внутренних деталей — только при различных испытаниях и измерениях. Однако эти результаты не могут определить объемы повреждений и соответственно объемы работ. Поэтому для определения категории ремонта проводят дефектацию трансформатора, т. е. комплекс работ по выявлению характера и степени повреждения его частей. На основании дефектации определяют причины и масштабы повреждений, объем и технологическую последовательность ремонта трансформатора, а также необходимые материалы, инструменты, приспособления для ремонта.

Трансформаторы разбирают в такой последовательности: сливают из расширителя масло, снимают газовое реле и расширитель, ставят заглушку на отверстие в крышке бака. С помощью грузоподъемных устройств (кран, таль) стропами за кольца поднимают крышку с активной частью трансформатора. Приподняв ее на 10—15 см, осматривают состояние и положение уплотняющей прокладки, отделяют ножом ее от рамы бака

и сохраняют для повторного применения. После этого извлекают из бака активную часть.

В трансформаторах небольшой мощности вводы иногда расположены на стенках бака. В этом случае вначале снимают крышку, сливают масло из бака на 10 см ниже изоляторов ввода и, отсоединив вводы, снимают изоляторы, а затем вынимают активную часть.

Разборку, осмотр и ремонт трансформатора осуществляют в сухом закрытом и приспособленном для производства таких работ помещении. Вынув полностью активную часть из бака и приподняв ее на 20 см, отодвигают бак в сторону, а активную часть устанавливают на сколоченном из оструганных чистых досок помосте высотой 30 — 50 см для удобства осмотра, дальнейшей разборки и ремонта. До начала осмотра обмотки очищают от грязи и промывают струей трансформаторного масла, нагретого до 35—40° С.

При ревизии трансформатора с выемкой активной части проверяют состояние отдельных блоков:

магнитопровода — плотность сборки и качество шихтовки; прочность креплений ярмовых балок; состояние изоляционных гильз, шайб и прокладок, степень затяжки гаек, шпилек, стяжных болтов; состояние заземления;

обмоток — расклиновку на стержнях магнитопровода и прочность посадки обмоток; отсутствие следов повреждений; состояние изоляционных деталей; прочность соединений выводов, демпферов;

переключающих устройств — прочность присоединений отводов обмоток и состояние контактов переключателя; четкость действия механизма; целостность изоляции отводов, прочность крепления всех деталей переключателя;

внешних частей — расширителя, бака, наружной части вводов, пробивного предохранителя; маслоуказателей и других приборов, отсутствие вмятин на циркуляционных трубах и течи масла из сварных швов, фланцевых и других уплотнений.

Ремонт магнитопровода. При капитальном ремонте трансформатора после его разборки и выемки активной части в случае необходимости разбалчивают и расшихтовывают ярмо магнитопровода и снимают катушки.

В эксплуатации находится большое количество трансформаторов, остовы магнитопроводов которых стянуты горизонтальными шпильками, проходящими

в отверстия пластин и изолированными от магнитопровода. Изоляция горизонтальных стяжных шпилек часто повреждается и это приводит к замыканиям стальных пластин, что вызывает сильный местный нагрев железа, выгорание изоляционных гильз стяжных шпилек и изоляции пластин магнитопровода.

Во время ремонта магнитопровода такой конструкции изоляционную гильзу заменяют новой или изготавливают ее из кабельной бумаги толщиной 0,12 мм, для чего бумагу наматывают на шпильку, пропитывают бакелитовым лаком и запекают. Изоляционные трубки для стяжки пластин имеют следующую толщину стенок: для шпилек \varnothing 12—25 мм — 2—3 мм; \varnothing 25—50 мм — 3—4 мм; \varnothing 50—70 мм — 5—6 мм. Диаметр нажимной шайбы должен быть на 4 мм меньше диаметра изоляционной шайбы. Шайбы и прокладки изготавливают из электротехнического картона толщиной 2—5 мм.

Для восстановления изоляции пластин магнитопровода предварительно удаляют старую изоляцию металлической щеткой или кипячением листов в воде (при их покрытии битумной изоляцией), или в 10%-ном растворе едкого натра (при их покрытии другими изоляционными лаками). Затем на подогретый до 120° С стальной лист пульверизатором наносят смесь из 90% лака № 202 горячей сушки и 10% чистого фильтрованного керосина. Можно использовать для изоляции пластин глифталевый лак № 1154 и растворитель бензол. Пластины с нанесенным слоем изоляции сушат 7 ч при 25° С.

На ремонтных предприятиях для лакировки пластин применяют специальные лакировальные станки, а для запекания и сушки пленки — специальные печи. Иногда пластины магнитопроводов оказываются настолько поврежденными, что их невозможно использовать. В этих случаях по образцам или шаблонам изготавливают новые пластины, которые раскраивают так, чтобы длинная сторона была обязательно вдоль проката листа.

При изготовлении отверстий для стяжных шпилек в пластинах используют штамп, поскольку сверлить листы трансформаторной стали нельзя. Вновь изготовленные пластины покрывают изоляционным слоем способами, указанными ранее.

При сборке бесшпильчатой магнитной системы качество укладки пластин во многом зависит от аккуратности выполнения работы. Так как пластины не

имеют отверстий для шпилек и ничем не направляется их соосность, каждый пакет стальных пластин толщиной примерно 20 мм проверяют шаблоном, выравнивая их деревянной или пластмассовой киянкой. Уложив все пластины, в уступы пакетов стержней закладывают в прежнем порядке буковые рейки и планки и временно закрепляют их хлопчатобумажной лентой.

Для опрессования магнитной системы используют струбины, цепные или ленточные бандажки. Опрессовку начинают со стержней, а затем прессуют ярма до размеров, указанных на чертеже. После этого поочередно снимают временные струбины или бандажки и устанавливают стальные ленточные бандажки, предварительно подложив под них электрокартонные полосы. Бандажки затягивают с усилием 15—18 кН. Концы ленточных бандажек пропускают через пряжку с армированным пластмассовым изоляционным покрытием, прокладывают под них электрокартонные полосы, затягивают бандаж ленточным хомутом, ударом молотка загибают конец бандажки на выходе из пряжки и приваривают к нему электросваркой. В настоящее время для стяжки стержней широко применяют стеклобандажки из ленты ЛСБ-Т.

На этом заканчивается сборка и опрессование стержней. Далее приступают к опрессованию ярм временными шпильками, вставленными в отверстия на концах ярмовых балок. После стяжки шпильками устанавливают полубандажки и затягивают их гайками, а временные шпильки удаляют.

По окончании сборки и шихтовки магнитопровода измеряют сопротивление его межлистовой изоляции методом амперметра-вольтметра. В качестве источника напряжения служит аккумуляторная батарея напряжением 12 В.

В схему, показанную на рис. 92, включены амперметр A со шкалой на 5 А, вольтметр V со шкалой на 12 В и ползунковый реостат на 50—100 Ом. Для измерения сопротивления изоляции две медные заостренные пластины 4 вставляют между пластинами магнитопровода 2 на глубину 40—50 мм и реостатом устанавливают ток 2—2,5 А. Состояние изоляции считается удовлетворительным, если сопротивления изоляции симметричных пакетов не отличаются друг от друга более чем в 1,5 раза и в 2 раза от соответствующих заводских данных.

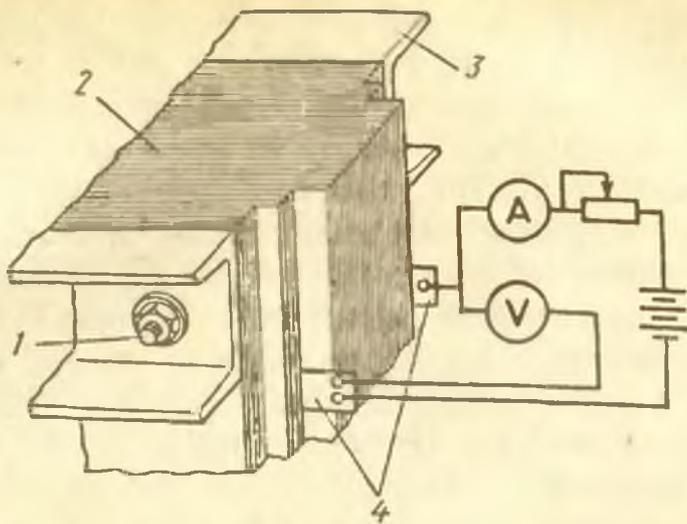


Рис. 92. Схема измерения сопротивления постоянному току меж-
листовой изоляции пакета магнитопровода:

1 — стяжная шпилька, 2 — магнитопровод, 3 — ярмовая балка, 4 — мед-
ные пластины

Ремонт обмоток. При осмотре обмоток вынутой активной части трансформатора могут быть обнаружены некоторые повреждения, которые устраняют без их демонтажа (ослабление прессовки обмоток, небольшая деформация отдельных витков, повреждение участков изоляции проводника, отсоединение выводов от переключающего устройства).

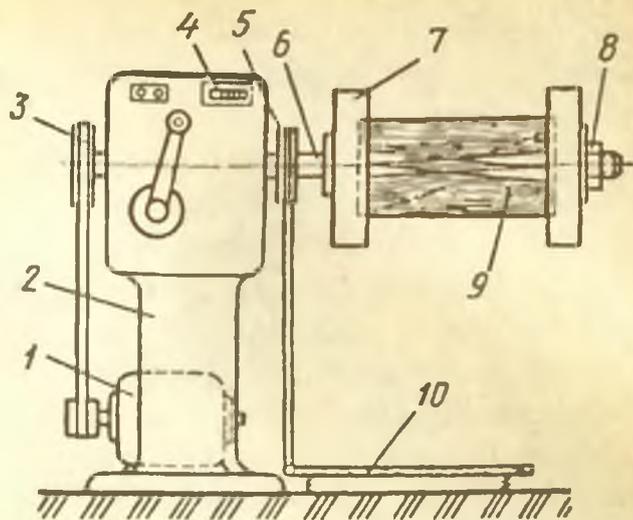
При серьезных повреждениях (пробой изоляции между обмотками высшего и низшего напряжения, оплавление проводов, витковые замыкания, пробой изоляции обмоток низшего напряжения на сталь магнитопровода) обмотки демонтируют для их ремонта или замены новыми.

Для снятия обмоток отвертывают верхние гайки вертикальных и гайки горизонтальных шпилек, вынимают их из отверстий в ярме, снимают ярмовые балки. После этого приступают к расшихтовке верхнего ярма магнитопровода, начиная с крайних пакетов, вынимая по две-три пластины. Снятые пластины складывают в той же последовательности, в какой извлекали из ярма, и связывают в пакеты. После разборки верхнего ярма приступают к демонтажу обмоток. Обмотки мощных трансформаторов демонтируют с помощью подъемных приспособлений. Ремонт обмоток — одна из наиболее ответственных операций.

Провода катушек с поврежденной изоляцией можно использовать повторно. Для этого катушку обжигают в печи при 450—500 °С, разрыхляют старую изо-

Рис. 93. Консольный станок для намотки обмоток трансформатора:

1 — электродвигатель, 2 — станина, 3 — ременная передача, 4 — счетчик витков, 5 — муфта сцепления, 6 — шпиндель, 7 — текстолитовый диск, 8 — гайка, 9 — клинья шаблона, 10 — педаль управления станком



ляцию и полностью очищают провод. После очистки провод рихтуют, протягивая между сжатыми деревянными плашками, изолируют кабельной бумагой или тафтяной лентой в два слоя с перекрытием одного на другой с помощью специальных изолировочных станков или приставки к токарному станку. Обмотки наматывают на шаблон, на который предварительно надет слой электротехнического картона толщиной 0,5 мм. Катушку пропитывают лаком ГФ-95 и запекают при 100 °С в течение 10 ч в печи.

Для намотки новых катушек трансформаторов небольшой и средней мощности используют различные станки. На рис. 93 показан консольный станок для намотки катушек трансформаторов мощностью до 630 кВ·А. Электродвигатель 1 вмонтирован в станину 2 станка. Шаблон представляет собой два деревянных встречных клина 9, зажатых текстолитовыми дисками 7 и закрепленных гайками 8. Шаблон установлен на консольном шпинделе 6 станка, и вращение ему передается от электродвигателя через ременную передачу 3. Станок снабжен счетчиком витков 4 провода, который учитывает их количество, намотанное на шаблон (катушку). Для снятия с шаблона готовой катушки достаточно отвернуть гайку 8, снять правый диск и развести клинья 9 шаблона. Пуск и остановку станка осуществляют педалью 10, соединенной с муфтой сцепления 5.

Клиновой шаблон можно также установить на валу, закрепленном в кулачке обычного токарного станка.

При намотке катушек барабаны с проводом устанавливают на козлы и специальным зажимом обеспечивают его необходимое натяжение при намотке. Конец провода закрепляют петлей тафтяной ленты в вырезе

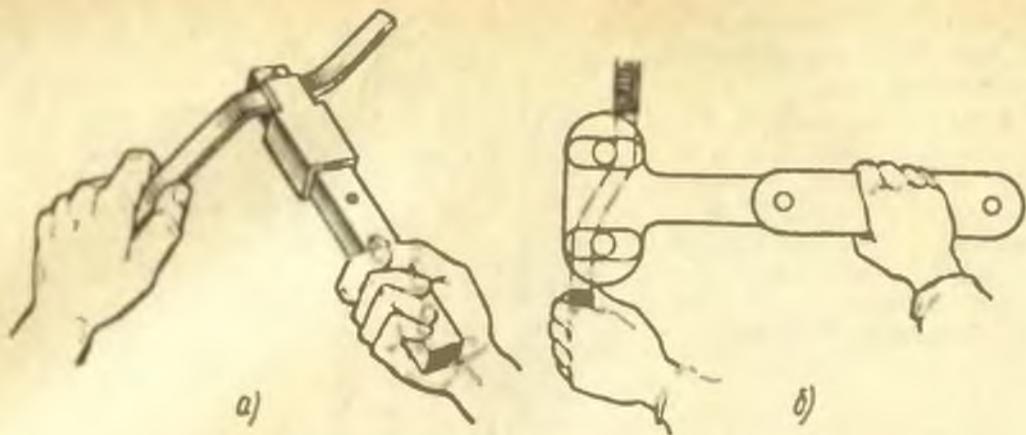


Рис. 94. Приспособления для выгибания прямоугольных обмоточных проводов и шин:

a — на плоскость, *b* — на ребро

упорного диска и пускают намоточный станок. При намотке катушки пользуются чертежами и расчетной запиской. При переходах с одной катушки на другую провод выгибают с помощью приспособлений (рис. 94, *a*, *b*). Места переходов провода изолируют электрокартонными коробочками, закрепленными тафтяной лентой. Все переходы выполняют в одном и том же пролете, т. е. в пространстве между одними и теми же двумя рейками. По окончании намотки выполняют наружные или внутренние отводы, тщательно изолируют их и располагают в том положении, как указано на чертеже. После этого на торцах катушки устанавливают опорные изоляционные кольца.

Готовую катушку помещают в сушильную камеру или вакуум-сушилку при температуре около 100°C на 10—20 ч в зависимости от объема, конструкции и степени увлажнения обмотки. По окончании сушки обмотку прессуют для достижения необходимой высоты, опускают на 20—30 мин в ванну с глифталевым лаком при $60\text{--}80^{\circ}\text{C}$ для пропитки и после стекания лака помещают на 4 ч в сушильную камеру при 100°C . Если лак образует твердую глянцевую и эластичную пленку, сушка считается достаточной и законченной. Последовательность операций изготовления обмоток приведена в приложении 5.

Сушка повышает электрическую прочность изоляции обмотки, запечка придает монолитность и необходимую механическую прочность.

При ремонте трансформатора осматривают и ремонтируют все его части: бак, расширитель, вводы, термосифонный фильтр, переключатель напряжения.

Ремонт бака. Внутреннюю поверхность бака очищают металлическим скребком и промывают отработанным маслом. При необходимости выправляют погнутости и вмятины предварительно нагретого участка бака легкими ударами молотка, подложив с противоположной стороны удара металлический упор. Волосяные трещины сварочных соединений чеканят или паяют, а крупные трещины заваривают. Трещины в трубе заваривают электросваркой, а на ребре и стенке корпуса — газосваркой. После этого проверяют качество заделки, для чего с наружной стороны швы зачищают и покрывают мелом, а изнутри смачивают керосином. Если шов неплотный, керосин протекает и смачивает мел, который темнеет. Герметизацию корпуса проверяют заливкой бака до бортов отработанным маслом на 1 ч при температуре не ниже 10 °С.

Ремонт расширителя. Он состоит из проверки целостности стеклянной трубки маслоуказателя, исправности запорного болта, состояния уплотняющих прокладок. Если при осмотре обнаружено, что неисправно плоское стекло или треснула стеклянная трубка маслоуказателя, а также повреждены и потеряли упругость резиновые прокладки, эти детали и уплотнения при ремонте меняют. Прокладки изготовляют из маслостойкой резины. Со дна расширителя удаляют осадок и влагу, промывают его чистым маслом. Проверяют исправность крана, находящегося на маслопроводе между баком и расширителем. Если пробка крана неплотно прилегает к месту посадки в корпусе крана, эти поверхности притирают мелким абразивным порошком, а непригодную сальниковую набивку заменяют новой, которую готовят из асбестового шнура, пропитанного смесью жира, парафина и графитового порошка.

На предохранительной трубе трансформатора проверяют прочность и герметичность крепления стеклянной диафрагмы. Поврежденную диафрагму и потерявшие упругость резиновые прокладки заменяют новыми. Внутреннюю часть трубы очищают от грязи и промывают чистым трансформаторным маслом.

Ремонт вводов. В трансформаторах старых конструкций для ремонта фланцевых вводов снимают крышку и вынимают активную часть из бака.

В настоящее время применяют съемные вводы, а фарфоровые изоляторы заменяют без подъема активной части. Для этого достаточно отвернуть с токопро-

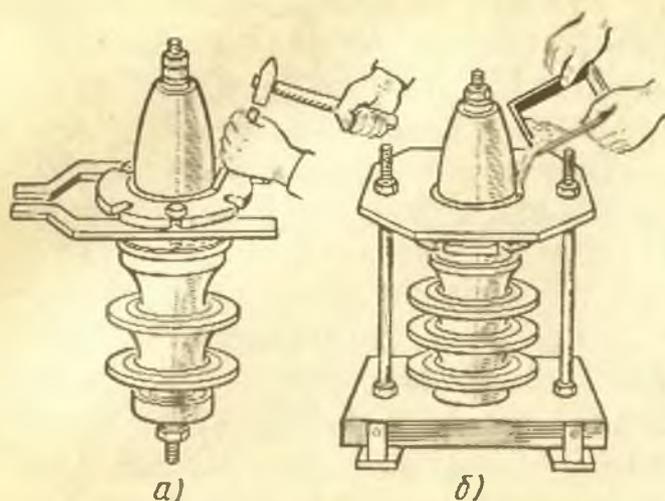


Рис. 95. Операции переармировки ввода: а — удаление старой замазки, б — заливка цементующим составом

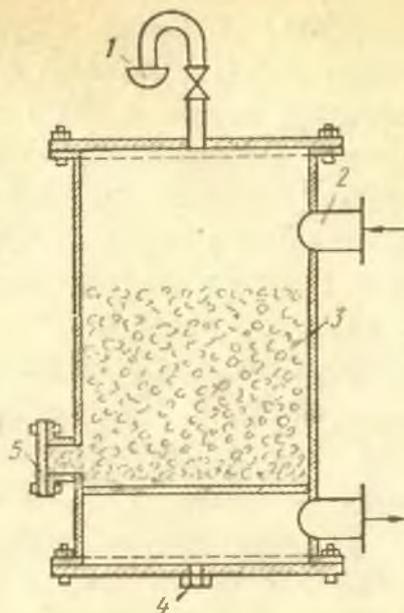


Рис. 96. Термосифонный фильтр:

1 — воздушный кран, 2, 5 — загрузочный и разгрузочный люки, 3 — адсорбент, 4 — сливная пробка

водящего стержня верхние гайки, раскрепить устройство, прижимающее ввод к крышке, снять с ввода колпак и уплотняющее резиновое кольцо под ним, после чего заменить изолятор и собрать ввод вновь.

Наиболее часто в армированных вводах повреждаются армировочные швы в том месте, где соединяются фарфоровые изоляторы с металлическими фланцами. Причина этого повреждения — воздействие на изолятор переменных температур, вызывающих значительные механические усилия вследствие разных коэффициентов расширения металла и фарфора. Иногда повреждения швов вызывают электродинамические силы токов короткого замыкания, которые воздействуют на ввод при их прохождении через токопроводящий стержень.

Если на изоляторе обнаружены сколы площадью не более 3 см^2 или царапины глубиной не более $0,5 \text{ мм}$, эти места промывают растворителем и покрывают двумя слоями бакелитового лака, просушивая каждый слой в сушильном шкафу при $50\text{--}60^\circ\text{C}$. Изоляторы с большими дефектами заменяют новыми. Старый изолятор нагревают автогенной горелкой до 100°C , а фланец — до такого состояния, при котором армировка начинает трескаться и высыпаться. Легким постукиванием молотка по фланцу освобождают его от изолятора. Внутри

колпака укладывают новую резиновую прокладку, вставляют другой изолятор и заливают цементирующий состав. После остывания поверхность шва покрывают эмалью 624С.

Вводы, в которых армировочные швы разрушены менее чем на 30% относительно длины окружности, ремонтируют. Расчищают зубилом поврежденный участок шва, удаляют старую замазку и заливают вводы новым цементирующим составом (рис. 95, а, б). При разрушении армировочного шва более 30% ввод перearмировывают. Цементирующий состав (на порцию) для одного ввода готовят из смеси, состоящей (по массе) из 140 ч. магнезита, 70 ч. фарфорового порошка и 170 ч. раствора хлористого магния. Он пригоден к использованию в течение 20 мин.

Термосифонный фильтр (рис. 96), служащий для непрерывного восстановления трансформаторного масла, очищают при ремонте от остатков старого адсорбента, промывают внутреннюю полость трансформаторным маслом, заполняют новым поглощающим веществом и прочно присоединяют к баку трансформатора фланцевыми соединениями.

Ремонт переключателей. При их ремонте проверяют качество контактных соединений. Слегка закопченные контакты очищают, промывают растворителем и трансформаторным маслом, сильно обгоревшие и оплавленные контакты опиливают напильником, а разрушенные — заменяют новыми.

В переключателях могут быть повреждения изоляционных деталей (трубка, цилиндр) в виде сколов, трещин, нарушений лаковой поверхности и царапин. Небольшие повреждения изоляции восстанавливают, покрывая их двумя слоями бакелитового лака, а детали, имеющие большие сколы и трещины, заменяют. При необходимости перепаивают отводы к обмоткам с помощью припоя ПОССУ 30-05.

После ремонта переключатель собирают, протирают ветошью место установки, осматривают сальниковое уплотнение и при необходимости заменяют. Затянув сальниковую пробку, ставят на место ручку переключателя и затягивают шпильки. Качество работы переключателя проверяют изменением его положения для определения плотности прилегания контактных колец к контактным стержням. При переключении в положения I, II и III, что соответствует фазам А, В и С, долж-

ны быть четко слышны щелчки, а фиксирующие шпильки в переключаемых положениях должны входить в свои гнезда.

При *ремонте крышки* устраняют ее коробление или погнутость и заваривают трещины. Вогнутости выравнивают ударами молотка (кувалды), предварительно нагрев места паяльной лампой. На концах трещин просверливают сквозные отверстия диаметром 2—3 мм, трещины обрабатывают, снимают фаски кромок под углом 45° и заваривают электросваркой, а шов зачищают заподлицо с поверхностью крышки.

Сборка трансформатора после ремонта состоит из насадки обмоток и их расклинивания, шихтовки и прессовки верхнего ярма магнитопровода, сборки и соединения схемы обмоток.

До начала насадки обмоток стержни магнитопровода плотно стягивают лентой, пропущенной через отверстия в них. Насадка начинается с крайних фаз обмоток низшего напряжения, а затем на них устанавливают обмотки высшего напряжения. Насадку выполняют без молотков во избежание деформации обмоток и повреждения изоляции. Отводы обмоток низшего и высшего напряжений располагают с противоположных сторон. После насадки обмотки расклинивают буквыми планками и круглыми стержнями, для чего между обмотками укладывают две электрокартонные обертки. Предварительно натертые парафином буквые планки сначала вставляют на глубину 30—40 мм, а затем поочередно забивают противоположно расположенными парами. Планки, туго входящие в щель между электрокартонными обертками, обстругивают, а под слабо входящие планки подкладывают полоски электрокартона. После расклинивания обмоток высшего напряжения так же расклинивают обмотки низшего напряжения круглыми стержнями, забиваемыми между цилиндром и ступенями остова магнитопровода по всей длине обмотки. Далее устанавливают верхнюю ярмовую изоляцию и выгибают концы обмоток, подготавливая их к пайке отводов при соединении схемы. Затем приступают к шихтовке верхнего ярма магнитопровода.

Шихтовка ярма магнитопровода состоит из последовательной установки его пластин, при которой один их слой размещается между слоями пластин стержня, а следующий — встык с этим слоем. Хорошо сшихтован-

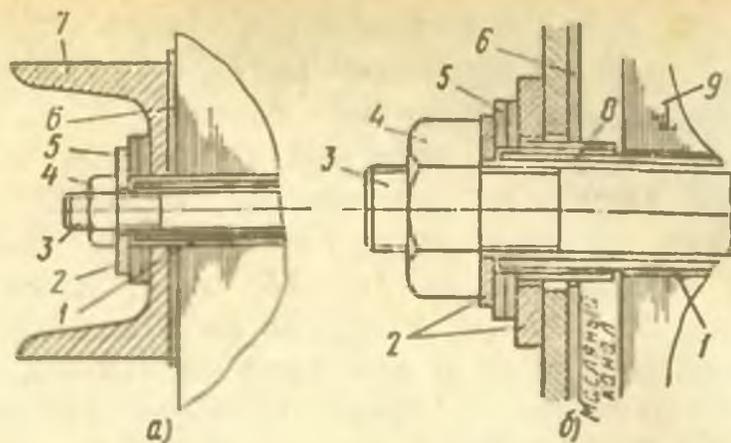


Рис. 97. Изоляция ярмовых балок и стяжных шпилек в трансформаторах: а — до 630 кВ·А, б — 1000 кВ·А и более;

1 — бумажно-бакелитовая трубка, 2, 5 — стальная и электрокартонная шайбы, 3 — шпилька, 4 — гайка, 6 — электрокартонная прокладка, 7 — ярмовая балка, 8 — изоляционная втулка, 9 — ярмо

ное ярмо не имеет зазоров между слоями пластин, пропусков и перекрытий в месте стыка.

Начинают шихтовку верхнего ярма с центрального пакета среднего стержня. Пластины закладывают изолированной стороной внутрь ярма. После зашихтовки средней части центрального пакета приступают к крайним пакетам, начиная с длинных пластин и не допуская перекрытия узких пластин стержней и зазоров в стыках. При шихтовке следят, чтобы отверстия в пластинах точно совпадали с отверстиями в стержнях, иначе в эти отверстия не пройдут стяжные шпильки в изоляционных трубках. Пластины выравнивают во время шихтовки ударами молотка по куску медной или алюминиевой шины, проложенной вдоль пластины. После выравнивания верхнего ярма приступают к установке на магнитопроводе верхних ярмовых балок и прессовке с их помощью магнитопровода и обмоток. Варианты изоляции ярмовых балок и стяжных шпилек в трансформаторах мощностью до 630 кВ·А и выше 1000 кВ·А показаны на рис. 97.

В трансформаторах I и II габаритов ярмовые балки 7 изолируют от пластин электрокартонной прокладкой 6 (рис. 97,а) толщиной 2—3 мм, а в трансформаторах III габарита — такой же прокладкой, но с приклепанной к ней вертикальной картонной планкой, образующей масляный канал (рис. 97,б).

Ярмовые балки 7 устанавливают с обеих сторон верхнего ярма 9 магнитопровода, а в отверстия в полках балок вводят четыре вертикальные стяжные шпиль-

ки 3 (рис. 97, а) с бумажно-бакелитовыми трубками 1. На концы шпилек надевают электрокартонные 5 и стальные 2 шайбы и затягивают гайками 4.

Заземление верхних ярмовых балок осуществляют несколькими медными лужеными лентами, которые устанавливают одним концом между пластинами верхнего ярма на расстоянии 10—15 см от края пакета и на глубину 65—70 мм, а другой их конец зажимают между ярмовой балкой и активной частью на стороне низшего напряжения. Медная луженая лента имеет размеры $0,3 \times 30 \times 120$ мм.

После установки заземляющих лент начинают затягивать гайки на стяжных шпильках и одновременно прессуют верхнее ярмо. Равномерно затягивая торцовым ключом гайки, прессуют обмотку, а затем окончательно опрессовывают верхнее ярмо. После этого измеряют мегаомметром сопротивление изоляции шпилек и, если все в норме, раскернивают гайки на шпильках в трех местах, чтобы они не отвинчивались при работе трансформатора.

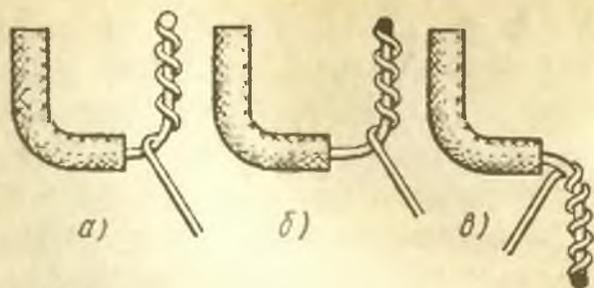
При ремонте трансформатора проверяют мегаомметром на 1000—2500 В сопротивление изоляции стяжных шпилек и ярмовых балок магнитопровода. Обычно сопротивление изоляции не нормируется, но по опыту известно, что оно должно быть не менее 10 МОм.

Для соединений концы обмоток тщательно зачищают на длине провода 15—30 мм в зависимости от их сечения, соединяют скобочкой из луженой медной ленты толщиной 0,25—0,4 мм или бандажом из луженой медной проволоки толщиной 0,5 мм. В качестве флюса при пайке припоем ПОССу30-0,5 применяют канифоль или буру. В трансформаторах большой мощности для соединения концов обмоток применяют медно-фосфорный припой (92,5% меди и 7,5% фосфора), температура плавления которого 715°C . Пайку с помощью этого припоя выполняют паяльными щипцами. После пайки соединения очищают, изолируют бумагой и лакотканью шириной 20—25 мм и покрывают лаком ГФ-95. С помощью отводов концы обмотки трансформатора соединяют с контактами переключателя и стержнями вводов.

Отвод представляет собой отрезок круглого провода или прямоугольной шины с демпфером на одном конце, который служит для предохранения отвода от отрыва как при перемещении сердечника внутри бака

Рис. 98. Операции сварки отводов обмотки высокого напряжения:

а — подготовка к сварке, б — выполненная сварка. в — подготовка для изолирования



во время транспортировки, так и для компенсации отклонений расстояний между магнитопроводом и крышкой бака по вертикали. При ремонте используют старые отводы, но если они оказываются поврежденными, изготавливают новые из такого же провода. Для отводов обмоток высшего напряжения применяют изолированные провода ПБ или гибкий кабель ПБОТ, а для отводов обмоток низшего напряжения — неизолированные медные провода. На рис. 98, а — в показаны соединения сваркой отводов с демпферами с обмотками высокого напряжения. Соединения отводов выполняют также и пайкой внахлестку припоем ПОССу30 или медно-фосфорным. Места присоединения отводов к концам обмоток изолируют крепированной бумагой или лакотканью шириной 25—30 мм, оплетают слоем тафтяной ленты шириной 15—20 мм и покрывают двумя слоями лака ГФ-95. Отводы по всей длине также покрывают лаком. Если изоляция отводов из круглого провода по всей длине выполнена из бумажно-бакелитовых трубок, то лакотканью изолируют только их стыки.

Сушка трансформатора. Собранную полностью активную часть трансформатора сушат в печи или в собственном баке с подогревом методом индукционных потерь. В процессе сушки удаляется влага из изоляционного материала (дерево, электротехнический картон, бумага), который впитал ее из окружающего воздуха.

Сушка трансформатора методом индукционных потерь состоит в том, что при прохождении переменного тока по временной обмотке, наложенной на поверхность бака, образуется сильное магнитное поле, которое, замыкаясь через сталь корпуса бака, нагревает его. При этом бак трансформатора утепляют одним или двумя слоями листового асбеста или стеклоткани, накладывают временную намагничивающую обмотку, выполненную из провода ПДА с асбестовой изоляцией. Количество витков обмотки зависит от размеров трансформатора: $w = AU/L$, где U — напряжение питания,

В; L — периметр бака, м; A — коэффициент пропорциональности, зависящий от удельной мощности Δp , кВт/м². Для нагрева стенок бака Δp принимают равной 1—2 кВт/м², а для нагрева днища трансформатора электропечами — 2,5—3 кВт/м².

Мощность (кВт) для нагрева трансформатора определяют по формуле $P = \Delta p L h$, где h — высота бака, занятая обмоткой, м. Сечение провода намагничивающей обмотки выбирают в зависимости от тока: $I = P \cdot 10^2 / (U \cos \varphi)$, где $\cos \varphi = 0,5 \div 0,7$.

Режим сушки изоляции трансформатора методом индукционных потерь стали бака приведен в табл. 18.

Таблица 18. Режим сушки изоляции трансформаторов

Последовательность операций	Температура стенок бака, °С	Продолжительность операций, ч
Равномерное повышение температуры стенок бака (по 10—20° С в 1 ч)	80	4—6
Равномерное повышение температуры в баке (по 10° С в 1 ч)	115—120	4—6
Снижение температуры трансформатора	50—60	1—3
Повышение температуры воздуха в баке и прогрев сердечника	115—120	3—8
Поддержание постоянной температуры сердечника для определения окончания процесса сушки	115—120	6—8
Постепенное снижение температуры сердечника	60—80	3—5
Заливка бака чистым сухим маслом	60—80	1—2
Охлаждение трансформатора	40—50	2—3
Выемка активной части и ревизия через 8—12 ч после заливки маслом	40—50	—

В процессе нагрева температура воздуха в баке поднимается максимально до 105 °С. Сушку заканчивают, когда сопротивление изоляции обмоток практически не меняется в течение 6—8 ч при постоянной температуре в баке 105 °С.

По окончании сушки производят подпрессовку обмоток вертикальными шпильками и подтягивают гайки на прессуемых шпильках верхнего и нижнего ярма магнитопровода. После этого проверяют сопротивление изоляции обмоток, стяжных шпилек и ярмовых балок. Временно соединяют обмотки трансформатора по требуемой схеме и определяют коэффициент трансформации на всех ответвлениях и группу соединения обмоток.

При сборке трансформаторов малой мощности без расширителей, вводы которых расположены на стенках бака, сначала опускают в бак активную часть, устанавливают вводы, присоединяют к ним и переключателю отводы обмоток, а затем закрепляют крышку бака.

Крышки трансформаторов I и II габаритов устанавливают на подъемных шпильках активной части и комплектуют необходимыми деталями, а более мощных — комплектуют отдельно и в собранном виде закрепляют на подъемных шпильках активной части или в баке. При сборке обращают внимание на правильность установки уплотняющих прокладок, а также прочность затяжки гаек. При установке подъемных шпилек регулируют их длину так, чтобы активная часть трансформатора и крышка правильно стояли на своих местах. Требуемую длину подъемных шпилек определяют деревянной рейкой, измеряя глубину бака и расстояние от нижней точки опоры магнитопровода до места расположения нижней гайки на верхнем конце шпильки. Длину шпилек регулируют перемещением на них гаек.

Активную часть трансформатора вместе с крышкой с помощью подъемных устройств опускают в бак, уложив уплотняющую прокладку из маслостойкой листовой резины толщиной 6—12 мм под крышку. Во избежание вдавливания ее внутрь бака применяют несколько способов, показанных на рис. 99, а, б. Чтобы прокладка 4 при установке крышки 2 не сместилась, ее приклеивают к раме 6 бака. Крышку монтируют на раме бака, равномерно затягивая болты 5 по всему периметру.

После этого на крышке устанавливают кронштейны, на которых крепят болтами расширитель 1 (рис. 100) с маслоуказателем, предохранительную трубку 2 с проверенной стеклянной диафрагмой, газовое реле 3 и пробивной предохранитель.

Трансформатор заполняют чистым трансформаторным маслом до требуемого уровня по маслоуказателю расширителя, проверяют герметичность арматуры и деталей, а также отсутствие течи масла из соединений и швов. При отсутствии дефектов, препятствующих нормальной и безопасной работе, трансформатор подвергают электрическим испытаниям, объемы и нормы которых установлены ПТЭ. Акт приемки трансформатора приведен в приложении 6.

По окончании сборки трансформатора проводят следующие испытания: измеряют сопротивление изоляции

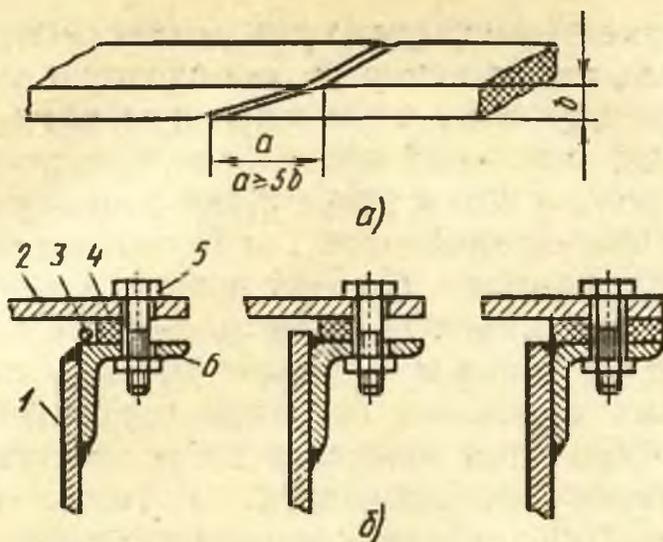


Рис. 99. Герметизация бака маслястойкой резиновой прокладкой:

a — стык прокладки, *б* — установка прокладки; 1, 2, 6 — стенка, крышка и рама бака, 3 — ограничитель из стальной проволоки, 4 — прокладка, 5 — болт

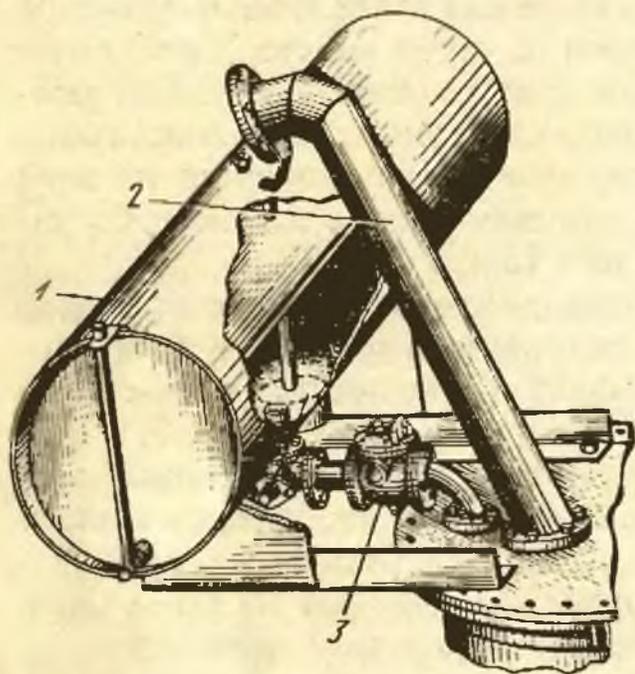


Рис. 100. Расположение расширителя, газового реле и предохранительной трубы на крышке трансформатора

обмоток; определяют коэффициент трансформации; измеряют сопротивление обмоток постоянному току; проверяют группы соединения обмоток; измеряют потери и ток холостого хода; измеряют потери и напряжение короткого замыкания; испытывают герметичность бака и электрическую прочность изоляции.

§ 38. Ремонт измерительных трансформаторов

Трансформаторы напряжения по устройству и принципу действия напоминают обычные силовые трансформаторы, но отличаются от них малой мощностью (максимальная мощность трансформатора напряжения НОМ-10 составляет 720 В·А) и изготавливаются со стороны высшего напряжения на все напряжения по

ГОСТу от 0,38 до 500 кВ. В распределительных устройствах подстанции на 10 кВ применяют преимущественно трансформаторы напряжения НОМ-10, НТМК-10 или НТМИ-10.

Перед монтажом трансформаторы напряжения подвергают осмотру и ревизии, когда поднимают активную часть и сушат обмотки. При ревизии трансформатора с выемкой активной части проверяют состояние магнитопровода и обмоток в тех же объемах, что и силовых трансформаторов. При этом обнаруженные неисправности устраняют, а сниженное сопротивление изоляции из-за ее увлажнения восстанавливают сушкой активной части трансформатора напряжения.

Трансформаторы напряжения при монтаже устанавливают на металлической раме высотой 20—25 см, прикрепленной к полу камеры. Иногда трансформатор монтируют на угольниках, приваренных к закладным частям камеры или каркасу ячейки КРУ или КТП. Для удобства ревизии или замены трансформатора передний опорный угольник конструкции должен быть обращен полкой вниз. Поднимают и опускают (при монтаже и демонтаже) трансформатор за скобы, которые располагаются на его корпусе или крышке. Пробку для спуска масла и указатель уровня масла в трансформаторе следует обращать в сторону обслуживания.

При монтаже трансформатора к его выводу «А» подсоединяют желтую шину, к «В» — зеленую и к «С» — красную. При однофазных трансформаторах вывод «А» можно подсоединять к любой фазе. Если устанавливают три однофазных трансформатора, все выводы «х» соединяют общей шиной в нулевой точке и заземляют. Корпус каждого трансформатора напряжения подсоединяют к заземляющей магистрали отдельной стальной шиной сечением не менее 48 мм².

По окончании монтажа трансформатора напряжения проверяют изоляцию вторичных обмоток приложением в течение 1 мин напряжения 1 кВ частотой 50 Гц и ток холостого хода при номинальном напряжении во вторичной обмотке. Холостой ход не нормируется, но он не должен отличаться от заводских данных более чем на 10%. Перед включением в сеть маслонаполненного трансформатора напряжения из-под верхней (маслосливной) трубки вынимают герметизирующую шайбу для обеспечения свободного входа и выхода воздуха (работы «дыхательного устройства»).

Технология ремонта трансформатора напряжения, правила разборки магнитопровода, снятие и ремонт катушек, выполнение намоточных работ при изготовлении катушек, ремонт пластин магнитопровода и другие операции очень сходны с подобными операциями силового трансформатора. На все время ремонта или монтажа первичные и вторичные обмотки трансформаторов напряжения в целях безопасности должны быть закорочены, так как случайные соприкосновения с временными проводками, предназначенными для освещения, сварки и измерений, могут вызвать обратную трансформацию и напряжение, опасное для людей.

Трансформаторы тока перед монтажом тщательно осматривают, проверяют состояние изоляции и контактных частей, целостность и исправность литого (у трансформаторов ТКЛ и ТПЛ) и металлического (у ТПОФ и ТПФМ) корпусов и сохранность фарфоровых изоляторов. Трансформаторы тока, в которых повреждены изоляторы, имеются глубокие вмятины на кожухе, зафиксирован пробой изоляции на металлический корпус, обнаружены внутренние обрывы проводов вторичной цепи, подлежат ремонту до начала монтажа. Во время ремонта трансформаторы тока подвергают испытаниям, определяя сопротивление изоляции первичной обмотки по отношению к их корпусу и сопротивление изоляции вторичных обмоток. Если сопротивления оказываются менее указанных заводом-изготовителем, изоляцию трансформаторов тока сушат, пропуская через их обмотки ток, на 10—15% превышающий номинальный.

При прохождении тока по первичной обмотке трансформатора в его разомкнутой вторичной обмотке будет индуцироваться опасное напряжение, сопровождающееся недопустимой температурой нагрева магнитопровода, что может привести к пробое изоляции или несчастному случаю.

При замене трансформатора тока новым выводы первичной обмотки присоединяют к шинам распределительного устройства и провода вторичных цепей — к зажимам вторичной обмотки, металлический корпус или основание трансформатора тока заземляют. При этом опорные трансформаторы тока устанавливают, как правило, на горизонтальной плоскости, а проходные — в горизонтальном или вертикальном положении на жестких сварных конструкциях из угловой стали раз-

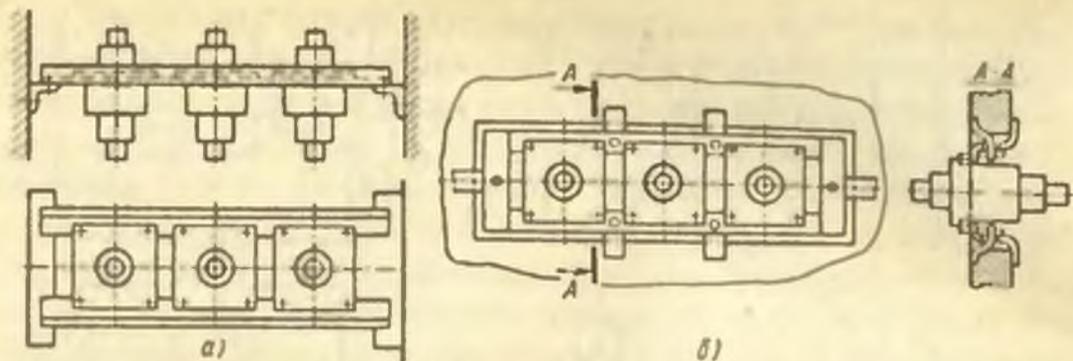


Рис. 101. Способы установки проходных трансформаторов тока:
а — вертикально на раме, *б* — горизонтально в проеме железобетонной перегородки

мером не менее $50 \times 50 \times 5$ мм (рис. 101, *а*, *б*). При установке нового трансформатора тока напряжением 10 кВ необходимо, чтобы расстояния между токоведущими частями разных фаз, а также от этих частей до ближайших заземленных и строительных конструкций составляли не менее 125 мм. Для более плотного прилегания фланцев трансформаторов тока к поверхности опорной конструкции используют стальные прокладки.

Выводы первичной обмотки трансформаторов тока следует присоединять к шинам распределительных устройств особенно тщательно, чтобы при длительном протекании тока участок соединения не нагревался более температуры целого участка шин. Это достигается обработкой контактных поверхностей шин и выводов трансформаторов тока, с помощью пружинящих шайб или шайб увеличенных размеров, которые подкладывают под гайки и головки крепежных болтов, а также затяжкой болтов контактного соединения с требуемым усилием.

Заземление трансформатора тока осуществляют с помощью провода или шины заземления, присоединяемых одним концом к специальному заземлителю или заземляющей магистрали РУ, а другим — к трансформатору тока под болт заземления, обозначенный меткой «З». Перед присоединением провода или шины заземления к трансформатору тока поверхности контактов тщательно зачищают и смазывают вазелином. Так же готовят контактную площадку под провод или шину заземления на фланце трансформатора тока.

Демонтаж трансформатора тока для его ремонта в мастерских или при его замене состоит из отсоединения проводов цепей вторичной коммутации (предвари-

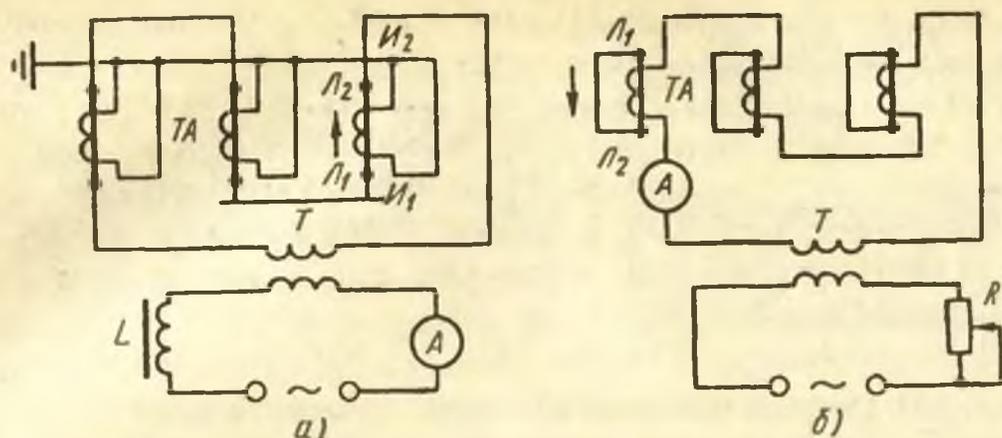


Рис. 102. Схема сушки изоляции трансформаторов тока:

a — первичным током, *б* — вторичным током; *T* — электросварочный трансформатор, *R* — реостат, *L* — трансформатор 220/12 В

тельно закорачивают вторичную обмотку трансформатора), снятия болтового крепления с контактного соединения первичной обмотки с шинами РУ и отсоединения проводов или шин заземления корпуса либо основания трансформатора тока. Затем отвинчивают гайки болтовых соединений, крепящие корпус трансформатора тока к опорной конструкции, осторожно вынимают и убирают стальные прокладки из-под фланцев, после чего трансформатор тока вынимают из гнезда.

Ремонт трансформаторов тока заключается в проверке целостности фарфоровых изоляторов покрышек и их армировки. При обнаружении сколов фарфоровых изоляторов с небольшой площадью поверхности и нарушенным армировочным швом их ремонтируют тем же способом, что и изоляторы силовых трансформаторов. При этом проверяют прочность крепления стержня, проходящего через изолятор. Для определения состояния изоляции между первичной и вторичной обмотками или обрыва в цепи вторичной обмотки трансформатора тока пользуются мегаомметром 1000 В. Сопротивление изоляции между обмотками, а также между ними и корпусом должно быть не менее 100 МОм.

При ремонте проходных трансформаторов тока ТПФМ и ТПОФ проверяют также наличие контакта между корпусом и покрытой проводящим слоем (металла или графита) поверхностью изолятора. Если контакт не нарушен, стрелка мегаомметра остановится на нулевой отметке. При отсутствии контакта поверхность изолятора зачищают и покрывают графитной краской.

Изоляцию трансформаторов тока сушат первичным током при короткозамкнутой вторичной обмотке или вторичным током при короткозамкнутой первичной обмотке (рис. 102, а, б). В трансформаторах тока напряжением 6—10 кВ при нагреве первичным током и замкнутой вторичной обмотке допускается ток в обмотках не более 1,3—1,4 номинального во вторичной обмотке, а при нагреве вторичным током и короткозамкнутой первичной обмотке — не более 1,1—1,2 номинального в первичной обмотке.

При сушке трансформатора тока температура его частей не должна превышать 75—80° С, а продолжительность сушки — 15—18 ч. Показателем окончания сушки трансформатора тока является не изменяющееся в течение 3—4 ч сопротивление изоляции.

§ 39. Ремонт токоограничивающих и защитных аппаратов

Разрядники. При ремонте трубчатых разрядников (рис. 103, а, б) проверяют его основные детали и конструкции крепления: состояние лакового покрова фибробакелитовой трубки 4, исправность указателя срабатывания б, надежность крепления стальных наконеч-

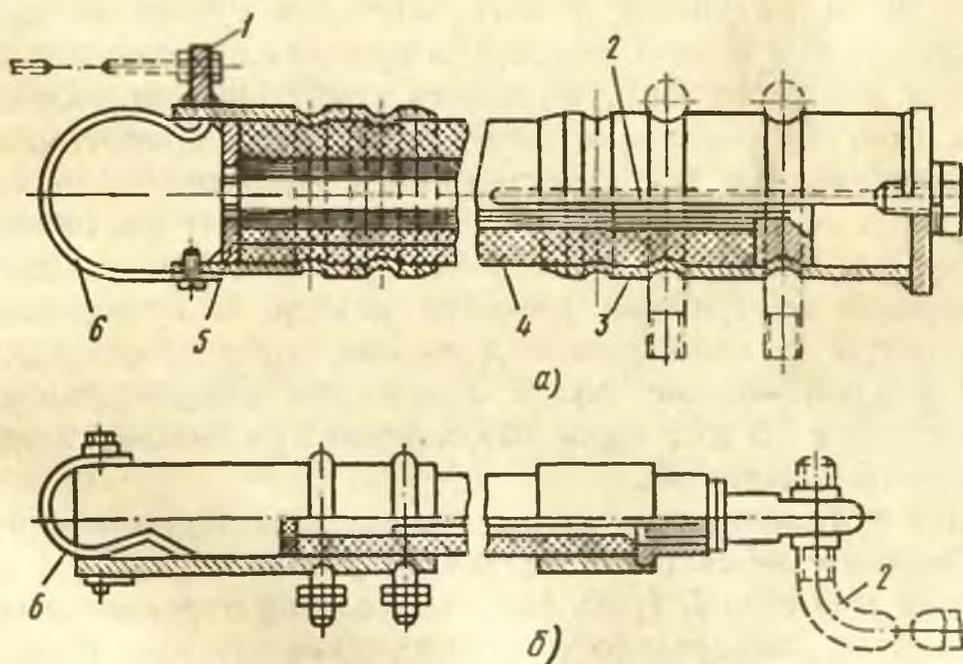


Рис. 103. Трубчатые разрядники на 10 кВ:

а — РТ, б — РТВ; 1 — зажим для стержня внешнего искрового промежутка, 2, 5 — стержневой и плоский электроды, 3 — наконечник, 4 — трубка, 6 — указатель срабатывания

ников 3, крепление разрядника к конструкции на опоре, угла наклона оси разрядника к горизонтали, наличие следов дуги на расположенных внутри трубки электродах 2 и 5, состояние заземляющего провода. При ремонте и перед началом грозового сезона проверяют также внутренний искровой промежуток между электродами, длина которого зависит от марки разрядника. Так, для разрядника РТВ-6-10/2-2 эта длина составляет 60 мм, для РТФ-6/1,5-10 — 80 мм, для РТФ-10/0,5-7 — 130 мм, причем при регулировке она должна отличаться от указанной для разрядников на напряжение 6—10 кВ не более чем на ± 2 мм.

Длина внешних искровых промежутков также зависит от марки разрядника. Так, для разрядников РТВ-6-10 устанавливают промежуток 10—15 мм, для РТФ-6 — 8—15 мм и РТФ-10 — 20 мм. Угол наклона оси разрядника к горизонтали должен быть равен 10—15°, а открытый конец разрядника — обращен вниз.

Если лаковая пленка поверхности разрядника повреждена, ее удаляют стеклянной шкуркой, а трубку покрывают двумя слоями бакелитового лака. Обнаруженные при ремонте ослабленные наконечники разрядника поджимают в тисках с помощью двух полуколец.

Указатель срабатывания разрядника изготавливают из полоски латунной фольги, которая одним концом прикрепляется к наконечнику, а другой ее конец закладывают внутрь трубки. Во время срабатывания разрядника полосу выдувает наружу. Старые сработанные или надорванные полоски заменяют новыми.

Во время работы разрядника происходит выгорание трубки по длине дугогасительного канала. При ремонте проверяют внутренний диаметр канала и сравнивают результаты с заводскими данными, причем допускается отклонение не более 2 мм для разрядника на напряжение 10 кВ. Если отклонение превышает 2 мм, разрядник заменяют.

При установке трубчатого разрядника после ремонта необходимо соблюдать следующие условия:

зона выхлопа L (рис. 104) не должна перекрываться и касаться зон выхлопа разрядников других фаз, а также металлических и деревянных частей конструкции, фарфоровых и других изоляций опор или порталов (размеры зоны выхлопа приведены в табл. 19);

электроды внешнего искрового промежутка следует

Таблица 19. Зоны выхлопа для разрядников РТФ

Номинальное напряжение разрядника, кВ	Размеры зоны (рис. 104)		
	L	D	D_1
6	1,5	1	0,2
10	1,5	1	0,2

изготавливать из металлического прутка диаметром не менее 10 мм;

ось разрядника должна быть расположена под углом не менее 30° к горизонтали во избежание скопления влаги внутри него;

положения разрядника, указателя срабатывания и внешнего искрового промежутка должны быть доступными для осмотра с поверхности земли.

Во время ремонта вентилярных разрядников проверяют целостность фарфоровой крышки и плотность укладки внутренних деталей. При покачивании корпуса они не должны перемещаться. В процессе ремонта разрядники вскрывают только в том случае, если оказались неудовлетворительными результаты испытаний. При этом проверяют целостность вилитовых дисков и длину искровых промежутков, исправность нажимной пружины. Поврежденные части заменяют новыми. При сборке после ремонта тщательно герметизируют крышку разрядника, чтобы защитить внутренние детали от атмосферных воздействий. После ремонта все металлические детали и цементирующие швы покрывают влагостойкой краской.

Разрядники устанавливают на опорных конструкциях вертикально, а в распределительных устройствах закрытых подстанций — в специальных камерах, причем в последнем случае расстояния между разрядниками должны быть не менее 100 мм для электроустановки напряжением 6 кВ и 125 мм для электроустановки напряжением 10 кВ.

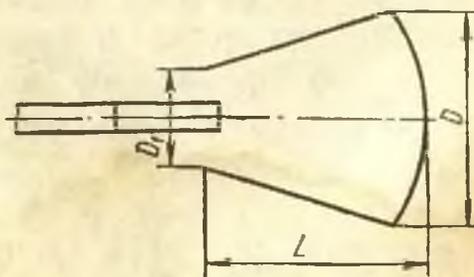


Рис. 104. Зона выхлопа разрядника РТФ:

L — длина зоны, D — максимальный диаметр, D_1 — диаметр начала зоны

новки 10 кВ. Шины, присоединяемые к разрядникам, не должны оказывать на них механического воздействия.

Заземляют разрядники жесткими стальными шинами, а после ремонта их подвергают испытаниям, проверяя пробивное напряжение и ток утечки.

Реакторы. Ремонт бетонных реакторов начинают с осмотра изоляторов и колонок, на которых не должно быть трещин и сколов, а также повреждений лакового покрова колонок. Сопротивление изоляции обмоток при окружающей температуре 15—20° С должно быть не менее 50 МОм для реакторов РБ-6 и 100 МОм — для РБ-10. Если измеренные сопротивления изоляции окажутся ниже указанных, их сравнивают с данными заводского паспорта. Допустимое сопротивление обмотки — не менее 70% от заводских данных при той же температуре.

При необходимости реакторы сушат током, равным 75% номинального. Сушку считают законченной, если установившееся в течение 6—8 ч сопротивление изоляции составляет не менее 6 МОм при температуре на входе в камеру 110—120° С. Процесс сушки контролируют термометрами или термопарами, укрепленными в нижней, средней и верхней частях обмоток.

По окончании сушки обмоток реактора его бетонные колонки покрывают двумя слоями натуральной олифы с сушкой каждого слоя, а после охлаждения двукратно покрывают одним из лаков — Л-1100, Л-319, Л-144, Л-447. После каждого покрытия лак запекают в течение 5—6 ч, вновь подняв температуру в камере до 110—120° С. При сушке необходимо соблюдать правила противопожарной безопасности.

Во время ремонта реакторов проверяют и поправляют деформированные витки обмоток, устраняют повреждения изоляции обмоток и бетонных колонок, при необходимости восстанавливают разрушенные части колонок. При частичном разрушении колонки восстанавливают так: составляют бетонную смесь из равных по объему частей цемента марки 500 или 600, кварцевого песка и гравия. Кварцевый песок предварительно промывают и просушивают. Гравий должен быть фракции 3—5 мм. Вода составляет 40—60% от массы цемента.

Опалубку для бетонирования колонок выполняют из струганых досок, поверхность которых (обращенную

в сторону бетона) покрывают слоем технического вазелина, чтобы бетон не пристал к опалубке. После набора бетоном определенной прочности опалубку снимают. Этот процесс может длиться от 5 до 60 ч в зависимости от качества цемента и температуры окружающей среды. Окончательную прочность бетон набирает через 25—30 дней. Отремонтированный реактор сушат и запекают в сушильной камере при 110—120° С.

Если при измерениях выявлено, что сопротивление изоляции колонок снизилось по сравнению с заводскими данными более чем на 30% или поверхность повреждения лакового покрова превышает 25% общей поверхности колонок, реактор направляют на капитальный ремонт. Окончив ремонт, измеряют мегаомметром сопротивление изоляции обмоток реактора, а также испытывают его изоляцию повышенным напряжением переменного тока. Сопротивление изоляции обмоток должно соответствовать нормам, установленным правилами технической эксплуатации.

Фланцы опорных изоляторов нижней и распорных изоляторов верхней вертикально расположенных фаз реактора подсоединяют с помощью стальных шин (не менее 30×4 мм) к общей сети заземления.

По окончании работ по ремонту реактора из помещения удаляют инструменты и куски металла, так как при включении реактора они могут оказаться в зоне его магнитного поля и притянуться к обмотке, повредив таким образом ее изоляцию.

Предохранители. При ремонте высоковольтные предохранители тщательно осматривают и проверяют состояние контактов, прочность крепления патронов в патронодержателе; качество заземления; полноту и плотность засыпки патрона заполнителем; отсутствие дефектов в изолирующих частях, контактах, армировке; целостность плавкой вставки и ее соответствие номинальному току патрона и предохранителя; исправность указателя срабатывания; герметичность патрона с плавкими вставками.

Патроны предохранителей должны свободно, без ударов, нажатием руки входить в губки и занимать правильное положение по отношению к ограничителям продольного перемещения и замкам, предохраняющим патроны от выпадания при вибрациях. В то же время патрон должен надежно крепиться в контактах предо-

хранителя с помощью исправных стальных пружинящих скоб. Нажатие губок регулируют так, чтобы патрон прочно удерживался при электродинамических усилиях, создаваемых токами короткого замыкания, и извлекался из контактов с некоторым усилием.

Проверяют состояние заземляемой шины, присоединяемой к фланцам опорных изоляторов, раме или металлической конструкции предохранителей болтовым соединением или сваркой. Обгоревшие или окислившиеся контактные поверхности предохранителей (ножи, губки) зачищают бархатным напильником и смазывают техническим вазелином.

Полноту заполнения патрона предохранителя кварцевым песком проверяют сильным встряхиванием. Если при этом слышен шум пересыпающегося песка, патрон перезаряжают. При перегорании плавкой вставки, целость которой контролируют мегаомметром или контрольной лампой, патрон также перезаряжают. Для замены вставку выбирают в соответствии с номинальным током патрона предохранителя и электроустановки, которую защищает предохранитель, и устанавливают в патроне так, чтобы ее проволочки были удалены как можно дальше друг от друга и стенок патрона. После этого засыпают сухой кварцевый песок. Старый песок используют только после его просушки.

Колпачки предохранителя крепят на фарфоровой трубке цементным раствором (цемент марки 400—500). Герметичность колпачков для наружной установки достигается уплотняющими шайбами из листовой резины, которые предварительно запрессовывают между фарфоровой трубкой и колпачком. Сверху на колпачок плотно надевают крышку и припаивают ее по всей длине окружности припоем ПОССу30-05.

При ремонте предохранителя обращают внимание на состояние указателя срабатывания. При перегорании плавкой вставки одновременно с ней перегорает указательная проволочка в патроне и освободившаяся при этом головка под действием пружины выбрасывается наружу и повисает, сигнализируя о срабатывании предохранителя. Во время перезарядки предохранителя крючок указателя срабатывания зацепляют за эту проволочку. Во избежание попадания влаги в патрон предохранителя наружной установки указатель срабатывания дополнительно защищают медным диском и удерживающим его стальным кольцом.

Проверяют с помощью индуктора контрольной лампы или мегаомметра наличие контакта между вставкой и колпачками патрона, а также герметичность армировочных швов, прочность крепления фланцев фарфоровых опорных изоляторов. При частичном разрушении армировочного шва его восстанавливают способом, указанным ранее.

Наиболее распространенными предохранителями на напряжение до 1000 В являются ПН с кварцевым заполнением, ремонт которых состоит из перезарядки фарфорового патрона с заменой всего песка (используют сухой кварцевый песок с размером частиц 0,5—1 мм), зачистки контактных поверхностей от окисления, нагара металла. После ремонта патрон устанавливают в губки предохранителя с усилием и без перекосов.

Ремонт находящихся в большом количестве в эксплуатации предохранителей ПР состоит в том, что их контактные части и губки зачищают стеклянной бумагой или напильником от оксидов и нагара, проверяют фибровый патрон на отсутствие трещин и заменяют плавкую вставку. Одновременно проверяют толщину стенки патрона, которая выгорает по мере срабатывания предохранителя. При тонкой стенке может произойти ее разрыв и выброс дуги во время работы предохранителя, что вызовет короткое замыкание между фазами и приведет к аварии.

Отремонтированные патроны предохранителей хранят в вертикальном положении на деревянных стеллажах с гнездами, размеры которых соответствуют размерам патронов.

§ 40. Сроки и нормы испытаний электрооборудования

Каждую фазу электрических проводов, шинопроводов, кабелей, обмоток и контактов электрических аппаратов необходимо тщательно изолировать одну от другой и заземляющих конструкций. Однако с течением времени при эксплуатации электрооборудования диэлектрические характеристики изоляции изменяются. На старение изоляции влияют температура нагрева проводников и наружного воздуха, влажность помещения, коммутационные перенапряжения, возникающие

в электрических цепях с индуктивными и емкостными элементами, продолжительность времени эксплуатации и т. д. Такая изоляция иногда не выдерживает даже номинальных напряжений, вследствие чего происходит электрический пробой.

Поэтому, чтобы электрическое оборудование и аппараты не выходили из строя из-за уменьшения сопротивления их изоляции, а в электрических сетях не происходило коротких замыканий из-за электрических пробоев изоляции, все ее виды проверяют и испытывают в определенные сроки в соответствии с «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей».

Эти испытания проводят, как правило, при текущих и капитальных ремонтах электрооборудования. Кроме того, выполняют межремонтные, т. е. профилактические испытания, которые позволяют выявить дефекты, возникшие при монтаже или эксплуатации оборудования либо кабельных линий, что позволяет своевременно устранить их, предотвратить аварию или не допустить уменьшения выдачи электроэнергии потребителям.

Для каждого оборудования, аппаратов и сетей существуют нормы сопротивления изоляции, которые устанавливаются ПТЭ. Для определения состояния изоляции применяют два метода: измерение сопротивления изоляции данного участка электроустановки или аппарата с помощью мегаомметра или проверка ее состояния повышенным, строго нормированным напряжением.

При измерении сопротивления изоляции мегаомметром (рис. 105, а) стрелка его шкалы показывает сопротивление изоляции испытываемого аппарата или участка цепи. Рамки 1 (рис. 105, б) магнитоэлектрической системы питаются током от индуктора 2, вращаемого рукой. Когда зажимы X_1 и X_2 разомкнуты, ток проходит только через рамку с добавочным резистором R_2 и подвижная часть магнитоэлектрической системы устанавливается в одном из крайних положений со знаком ∞ (бесконечно большое сопротивление). Если замкнуть зажимы X_1 и X_2 , ток пойдет и через вторую рамку с добавочным резистором R_1 . Подвижная система в этом случае установится в другом крайнем положении, отмеченном на шкале «0» (измеряемое сопротивление равно нулю). При подсоединении

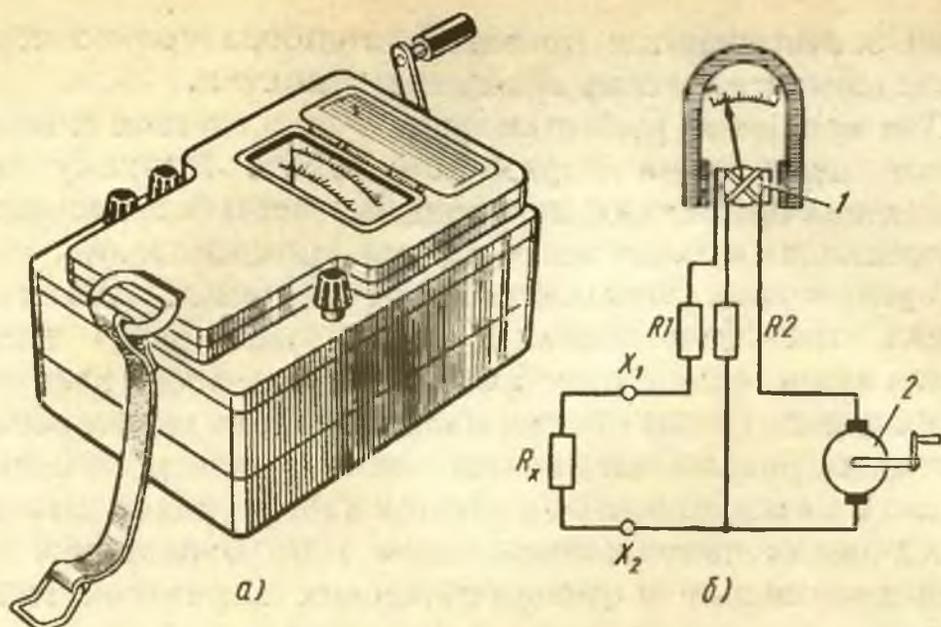


Рис. 105. Мегаомметр (а) и его схема (б)

измеряемого сопротивления R_x к зажимам X_1 и X_2 подвижная система установится в промежуточное положение между ∞ и 0 и стрелка на шкале укажет на это сопротивление. Шкалу мегаомметра градуируют в килоомах и мегаомах: $1 \text{ кОм} = 1000 \text{ Ом}$; $1 \text{ МОм} = 1000 \text{ кОм}$. В качестве источника постоянного тока в мегаомметрах служат индукторные генераторы постоянного тока с ручным приводом от рукоятки. Напряжение на внешних зажимах генератора зависит от ее частоты вращения. Номинальная частота вращения генератора мегаомметра должна быть 2 об/с или 120 об/мин . Для сглаживания колебаний во время вращения в привод вмонтирован центробежный регулятор.

Для подключения мегаомметра используют соединительные провода ПВЛ с влагостойкой изоляцией, иначе его показания могут быть существенно искажены. Мегаомметры выпускаются с номинальным напряжением на зажимах 500 и 1000 В (М1101М), 2500 В (МС-05).

При измерении сопротивления изоляции длинных кабельных линий и обмоток электрических машин и трансформаторов показания мегаомметра в начале вращения рукоятки резко снижаются из-за значительной емкости у кабельных линий и электромашин, по которым проходит ток заряда. В таких случаях при использовании мегаомметра для измерения сопротивления изо-

ляции засчитываются показания прибора только через 60 с с момента начала вращения рукоятки.

При вращении рукоятки опасно прикасаться к измеряемой цепи из-за поражения током. Поэтому при измерениях принимают необходимые меры безопасности, исключающие возможность такого прикосновения.

В установках большой емкости (длинных кабельных линиях, трансформаторах большой мощности) измеряемая цепь может приобрести значительный электрический заряд. После снятия напряжения от мегаомметра такие цепи разряжают гибким медным проводом, соединяя его с заземлением с помощью изолирующей штанги. В установках напряжением выше 1000 В разрядку кабелей выполняют в диэлектрических перчатках и галошах.

Для испытания изоляции повышенным напряжением применяют различные аппараты выпрямленного и переменного тока. Чаще всего используют кенотронную установку, которая монтируется в кузове автомашины и имеет собственный источник электроэнергии. Положительный полюс кенотронной лампы (анод) заземляют, а отрицательный полюс (катод) соединяют с одной из фаз испытываемой электроустановки (например, кабеля), в то время как две другие фазы и оболочка заземлены.

Кенотронный испытатель изоляции КИИ-70 служит для испытания твердых и жидких диэлектриков напряжением постоянного тока до 70 кВ и представляет собой установку, состоящую из передвижного пульта управления и кенотронной приставки. Испытательное напряжение измеряют от 0 до 70 кВ с помощью регулятора с дополнительной обмоткой для питания цепи сигнальных ламп.

На крышке пульта управления испытателя размещены прибор максимально-токовой защиты, переключатель максимальной защиты, сигнальная лампа, киловольтметр.

Кенотронная приставка состоит из трансформатора и кенотрона, размещенных в бакелитовом цилиндре, наполненном трансформаторным маслом. В верхней части приставки установлен трехпредельный микроамперметр со шкалой на 200, 1000 и 5000 мкА и переключателем пределов, предназначенным для измерения токов утечки. Приставка имеет выводы для присоединения цепей постоянного тока высшего напряжения и

испытываемого объекта. Кроме того, установка снабжена прибором максимально-токовой защиты с двумя уставками: грубой и чувствительной.

Грубая и чувствительная уставки отключают установку при коротком замыкании на стороне высшего напряжения трансформатора, однако первая уставка не срабатывает в режиме минутной мощности при напряжении 50 кВ, а вторая уставка — при напряжении 70 кВ и вторичном токе 5 мА.

Для испытания постоянным током кенотронную приставку устанавливают на откидной дверце пульта управления и к ней подключают испытательный объект. На пульт управления с помощью регулятора подают напряжение, постепенно повышая его до испытательного значения. Напряжение контролируют по шкале прибора, отградуированного в киловольтах (максимальных). На последней минуте испытательного времени микроамперметром измеряют ток утечки.

Для испытания переменным током промышленной частоты присоединяют испытываемый объект к выводу переменного тока, после чего поднимают напряжение регулятором до испытательного. Контроль за напряжением осуществляется по шкале киловольтметра, отградуированной в киловольтах. Напряжение плавно поднимают до испытательного и поддерживают неизменным в течение всего периода испытания. Время испытания (от 1 до 10 мин) определяется «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей и правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» для каждого вида оборудования, аппаратов и сетей.

Во время капитального ремонта *распределительных устройств* напряжением до 1 кВ, который проводится один раз в 3 года, сопротивление изоляции элементов приводов выключателей, разъединителей, вторичных цепей аппаратуры, силовых и осветительных проводок испытывают напряжением промышленной частоты 1 кВ в течение 1 мин или мегаомметром напряжением 1000 В. При измерении сопротивления изоляции в силовых цепях должны быть отключены электроприемники, аппараты и приборы, а в осветительных сетях — вывернуты лампы, отсоединены штепсельные розетки, выключатели, групповые щитки от электроприемников. Наименьшие допустимые сопротивления изоляции вторичных цепей управления, защиты, сигнализации

релейно-контактных схем, силовых и осветительных электропроводок, распределительных устройств, щитов и токопроводов напряжением до 1000 В составляют 0,5 МОм, а шин оперативного тока и шин цепей напряжения на щите управления — 10 МОм.

Вторичные цепи схем защиты, управления, сигнализации со всеми присоединенными аппаратами (катушки приводов, автоматов, магнитные пускатели, контакторы, реле) испытывают повышенным напряжением 1000 В в течение 1 мин.

Сопротивление изоляции аккумуляторной батареи после ее монтажа должно быть не менее 15 кОм при номинальном напряжении электроустановки 24 кВ, 25 кОм — при 48 кВ, 50 кОм — при 110 кВ и 100 кОм — при 220 В.

Нагрузки и напряжение в контрольных точках сети освещения измеряют один раз в год; сопротивление изоляции переносных трансформаторов с вторичным напряжением 12—42 В испытывают один раз в 3 мес, а стационарных — один раз в год.

Выключатели, разъединители, заземляющие ножи, короткозамыкатели, отделители и их приводы испытывают одновременно с капитальным ремонтом. Наименьшие допустимые сопротивления опорной изоляции, измеренной мегаомметром на напряжение 2,5 кВ, при номинальном напряжении до 15 кВ составляют 1000 МОм, а свыше 20 кВ — 5000 МОм. Опорную изоляцию выключателей до 35 кВ испытывают повышенным напряжением промышленной частоты в течение 1 мин, при этом измеряют сопротивление контактов постоянному току, которое составляет 40 мкОм для ВМП-10 (1000 А), 30 мкОм для ВМП-10 (1500 А), 55 мкОм для ВМП-10 (600 А).

Сопротивление изоляции подвесных и многоэлементных изоляторов измеряют мегаомметром на напряжение 2,5 кВ только при положительных температурах окружающего воздуха, причем для каждого подвесного изолятора или элемента штыревого изолятора оно должно быть не менее 300 МОм.

Испытание вновь установленных опорных многоэлементных и подвесных изоляторов проводится повышенным напряжением промышленной частоты 50 кВ. Каждый элемент керамического изолятора испытывают в течение 1 мин, из органического материала — 5 мин. Опорные одноэлементные изоляторы внутренней и

наружной установок испытывают в течение 1 мин повышенным напряжением, указанным в табл. 20.

Таблица 20. Испытательное напряжение опорных одноступенчатых изоляторов

Номинальное напряжение, кВ	Испытательное напряжение изоляторов, кВ	
	испытываемых отдельно	установленных в цепях шин и аппаратов
6	32	32
10	42	42
15	57	55
20	68	65
35	100	95

Штыревые изоляторы шинных мостов напряжением 6—10 кВ, опорные и подвесные фарфоровые тарельчатые изоляторы, а также контактные соединения шин и присоединений к аппаратуре испытывают в сроки, установленные системой ППР. Испытание сопротивления изоляции вводов и проходных изоляторов выполняют мегаомметром напряжением 1000—2500 В (у вводов с бумажно-масляной изоляцией). Это сопротивление должно быть не менее 1000 МОм. Изоляторы вводов и проходные напряжением до 35 кВ испытывают повышенным напряжением, значения которого приведены в табл. 21.

Таблица 21. Испытательное напряжение вводов и проходных изоляторов

Номинальное напряжение, кВ	Испытательное напряжение, кВ		
	керамических изоляторов	аппаратных вводов и проходных изоляторов	
		с керамической или жидкой изоляцией	с бакелитовой изоляцией
6	32	32	28,8
10	42	42	37,8
15	57	55	49,5
25	68	65	58,5
35	100	95	85,5

Сопrotивление изоляции подвижных и направляющих частей, выполненных из органических материалов, масляных выключателей всех классов напряжений измеряют мегаомметром на напряжение 2500 В, причем наименьшее допустимое должно быть не менее 1000 МОм при напряжении до 10 кВ и 3000 Ом при напряжении от 15 до 150 кВ.

Испытание изоляции масляных выключателей до 35 кВ повышенным напряжением промышленной частоты осуществляется в течение 1 мин и принимается в соответствии с данными, приведенными в табл. 22.

Таблица 22. Испытательное напряжение внешней изоляции масляных выключателей

Номинальное напряжение, кВ	Испытательное напряжение, кВ, для аппаратов с изоляцией			
	керамической		из органических материалов	
	нормальной	облегченной	нормальной	облегченной
6	32	21	28,8	18,9
10	42	32	37,8	28,8
15	55	48	49,5	43,2
20	65	—	58,5	—
35	95	—	85,5	—

Сопrotивление постоянному току контактов масляных выключателей не должно отличаться от данных завода-изготовителя. При испытаниях масляных выключателей проверяют также его скоростные и временные характеристики, которые определяют для выключателей всех классов напряжения. Измеренные характеристики должны соответствовать данным завода-изготовителя.

После ремонта изоляцию обмоток силовых трансформаторов вместе с вводами испытывают повышенным напряжением переменного тока частотой 50 Гц, которое зависит от вида ремонта и объема работ (со сменой или без смены обмоток трансформатора). Изоляцию каждой обмотки, электрически не связанной с другой, испытывают отдельно. Испытательное напряжение при промышленной частоте тока 50 Гц приведено в табл. 23.

Результаты испытаний заносят в протокол для сопоставления с результатами предыдущих испытаний, проведенных в различное время до данного момента. Испытания трансформаторов после ремонта выполняют

Таблица 23. Испытательное напряжение изоляции обмоток трансформаторов вместе с вводами

Класс напряжения, кВ	Испытательное напряжение, кВ		
	при заводском испытании	после капитального ремонта	
		со сменой обмоток	без смены обмоток
До 0,63	5	4,5	4,25
6	25	22,5	21,25
10	35	31,5	29,75
15	45	40,5	38,25
20	55	49,5	46,75
35	85	76,5	72,25

по всей программе и в объеме, предусмотренном действующими правилами и нормами.

При профилактических испытаниях на обмотки силовых трансформаторов подается повышенное напряжение промышленной частоты в течение 1 мин. Эти напряжения приведены в табл. 24.

Таблица 24. Испытательные напряжения внутренней изоляции маслонаполненных трансформаторов

Класс напряжения, кВ	Испытательное напряжение изоляции по отношению к корпусу и другим обмоткам, кВ	
	нормальной	облегченной
До 0,69	4,5	2,7
6	22,5	15,4
10	31,5	21,6
20	49,5	—

Сопротивление обмоток постоянному току измеряется на всех ответвлениях и может отличаться не более чем на 2% от данных завода-изготовителя.

На всех ступенях переключения трансформатора проверяют коэффициент трансформации, при этом допускаются отклонения не более 2% от значений, полученных на том же ответвлении на других фазах, или от данных завода-изготовителя.

В трансформаторах масло испытывают на электрическую прочность — пробой, при этом минимальное пробивное напряжение масла, определяемое в стандарт-

ном сосуде перед заливкой в трансформаторы и изоляторы, должно быть 30 кВ при напряжении трансформатора до 15 кВ и 35 кВ при напряжении от 15 до 35 кВ.

Перед заливкой вновь вводимого в эксплуатацию трансформатора делают по специальной программе полный химический анализ свежего масла.

Сопротивление изоляции поводков и тяг, выполненных из органических материалов, измеряют мегаомметром на напряжение 2500 В, при этом наименьшее сопротивление допускается 1000 МОм при номинальном напряжении электрооборудования до 10 кВ и 3000 МОм при напряжении от 15 до 150 кВ.

Сопротивление изоляции первичных обмоток измерительных трансформаторов измеряют мегаомметром на напряжение 2500 В, а вторичных обмоток — на 500 или 1000 В, при этом сопротивление изоляции первичной обмотки не нормируется, а вторичной обмотки вместе с присоединенными к ней цепями должно быть не менее 1 МОм.

Испытательные напряжения трансформаторов тока и напряжения зависят от их номинального напряжения. Если сопротивление изоляции рассчитано на номинальное напряжение 6 кВ, испытательное напряжение должно быть 28,8 кВ, на напряжение 10 кВ — 37,8 кВ, на напряжение 20 кВ — 58,5 кВ.

Время испытания для первичных обмоток измерительных трансформаторов составляет 1 мин, за исключением трансформаторов тока с изоляцией из твердых керамических материалов или кабельных масс (для них оно составляет 5 мин).

Сопротивление изоляции обмоток сухих реакторов относительно болтов крепления измеряют мегаомметром на напряжение 1000—2500 В. Оно должно быть не менее 0,5 МОм.

Фарфоровую изоляцию реактора, а также предохранителей выше 1000 В испытывают повышенным напряжением промышленной частоты в течение 1 мин: 32 кВ при номинальном напряжении 6 кВ, 42 кВ — при 10 кВ и 65 кВ — при 20 кВ.

Сопротивление изоляции силовых кабельных линий измеряют мегаомметром на напряжение 2500 В. На рис. 106, а — в показаны схемы его включения. Для силовых кабельных линий напряжением до 1000 В сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм, а при напряжении выше 1000 В оно не нормируется.

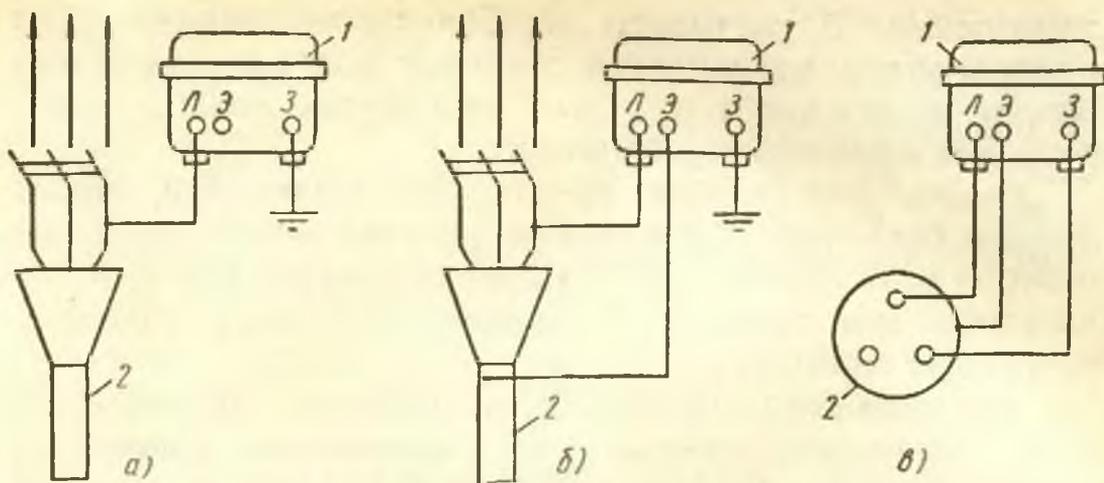


Рис. 106. Схемы включения мегаомметра:

а — при измерении изоляции кабеля относительно земли, б — при наличии поверхностных токов утечки, в — при измерении изоляции между жилами; 1 — мегаомметр, 2 — кабель

Эти измерения выполняют до и после испытания кабеля повышенным напряжением. Силовые кабели напряжением выше 1000 В испытывают повышенным напряжением выпрямленного тока.

Для кабелей с бумажной изоляцией испытательное напряжение зависит от их номинальных напряжений. Так, для кабелей номинальным напряжением 6 кВ оно составляет 36 кВ, напряжением 10 кВ — 60 кВ, напряжением 20 кВ — 100 кВ. Время испытания — 10 мин.

Данные всех испытаний и измерений для сравнения с последующими заносят в журнал испытаний электрооборудования и в протоколы испытаний и измерений. Они позволяют проанализировать состояние и работоспособность оборудования, запланировать время проведения необходимого ремонта с целью повышения сопротивления изоляции или уменьшения токов утечек и, следовательно, увеличения срока эксплуатации оборудования в безаварийном режиме.

§ 41. Основы такелажных работ

Транспортирование электрооборудования при ремонте состоит из его погрузки, выгрузки, подъема, опускания и горизонтального перемещения. Такие работы называют такелажными.

При выполнении такелажных работ применяют различные приспособления, к которым предъявляют определенные требования для обеспечения безопасности их

проведения. В частности, наиболее распространенным приспособлением является стальной или пеньковый канат, от надежности которого во многом зависит безопасность производимых операций.

Канаты изготовляют из стальной проволоки, нитей, пряжи (каболки) из волокон растительного, синтетического или минерального происхождения. По способу изготовления различают канаты крученые (витые), невитые и плетеные.

Для стальных канатов используют непокрытую либо покрытую цинком или алюминием проволоку диаметром 0,5—2 мм круглого или фасонного сечения. Витые круглые канаты могут иметь одинарную спиральную, двойную (тросовую) или тройную (кабельтовую) свивки, а также комбинированную свивку чаще всего из пеньки и стали. Невитые канаты состоят из плотно уложенных групп стальных проволок или спиральных канатов, обжатых спиральной обмоткой или зажимами. Плетеные канаты изготовляют из четного числа (обычно четыре) переплетенных прядей, из которых половина имеет правое направление плетения, а другая — левое. Эти канаты имеют квадратное поперечное сечение.

Пеньковые канаты свивают из волокон пеньки, семенных волокон хлопка и выпускают витыми (трех- и четырехпрядные, тросовой правой свивки и кабельтовые), плетеными (обыкновенные круглые — фалы) и повышенной гибкости (морские).

Диаметр каната зависит от массы электрооборудования с учетом нагрузки, допустимой для данного тягового приспособления (лебедки, тали, блока). Не допускается применение канатов, выбранных без расчета, так как при выполнении работ возможен обрыв каната и вследствие этого поломка электрооборудования или несчастный случай. Поэтому при подготовке к такелажным работам необходимо предварительно убедиться, что выбранный канат способен выдержать усилия, которые будут создаваться в нем при передвижении электрооборудования.

При перемещении груза лебедкой по горизонтальной или наклонной поверхности усилие P (кН) в канате определяют по формулам: при перемещении груза по горизонтальной поверхности $P_r = fQ$, при перемещении груза по наклонной поверхности $P_n = Q(f \pm \alpha)$, где Q — масса груза, кг; α — коэффициент подъема, равный отношению H/L со знаком «+» при подъеме и «-» при

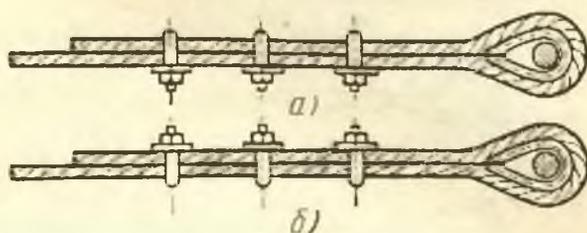
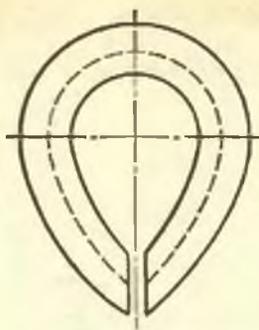


Рис. 107. Стальной коуш

Рис. 108. Расположение сжимов:
а — правильное, б — неправильное

спуске; H — высота подъема, м; L — длина пути по наклонной поверхности, м; f — коэффициент трения (его принимают 0,2 — при скольжении стальных ползьев по стали, 0,4 — при скольжении деревянных ползьев по деревянному настилу и 0,7 — при скольжении по сухому грунту).

Надежность каната зависит от сохранности образующих его отдельных проволок, поэтому их следует предохранять от перетирания и разрыва. При работе нельзя допускать петлеобразных перегибов, которые могут привести к разрыву проволок. Правильное прикрепление каната к подъемному механизму уменьшает возможность его перетирания. Для предохранения каната от износа и разрыва в местах перегиба устанавливают специальную деталь — коуш (рис. 107).

При необходимости образования петли на конце каната помимо стального коуша применяют сжимы, правильное и неправильное расположение которых показано на рис. 108, а, б. Если надо конец каната закрепить (запасовать) без образования петли, используют клиновые зажимы.

После проверки к каждому такелажному приспособлению, прошедшему испытание, прикрепляют бирку, на которой указывают разрешенную грузоподъемность и дату испытания.

Канаты, используемые при такелажных работах, требуют периодического осмотра. При обнаружении обрывов проволок необходимо определить их количество на длине одного шага свивки каната. Шаг свивки определяют так: на поверхность одной из прядей каната наносят мелом или краской метку. От этой пряди вдоль оси каната отсчитывают количество прядей, из которых он состоит, и на следующем витке этой же пряди наносят вторую метку. Расстояние между метка-

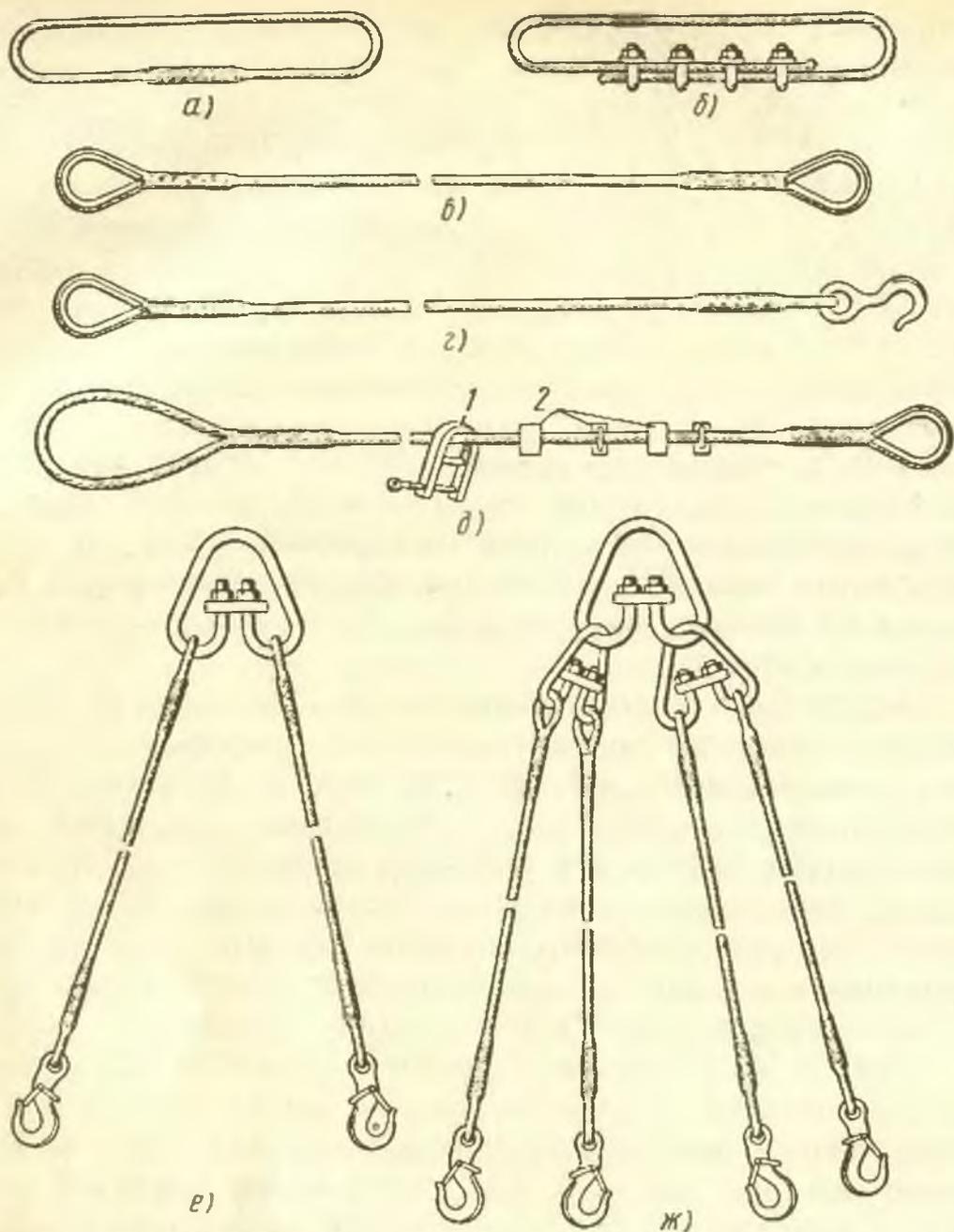


Рис. 109. Стропы:

а — универсальный на сплетке, *б* — универсальный на сжимах, *в* — облегченный с петлей, *г* — облегченный с крюком, *д* — полуавтоматический, *е* — двухветвевой, *ж* — четырехветвевой; 1 — скоба, 2 — инвентарные накладки

ми и будет шагом свивки. Если количество обрывов превышает допустимую норму, канат бракуют.

Строп — это грузозахватное приспособление, изготовляемое обычно из каната или цепи в виде одной или нескольких ветвей, концы которых сращивают или снабжают коушами, крючьями или скобами (рис. 109, *а* — *ж*). Стропы должны быть удобными и безопасными в работе, обеспечивать сохранность груза, быстро захватывать и освобождать его.

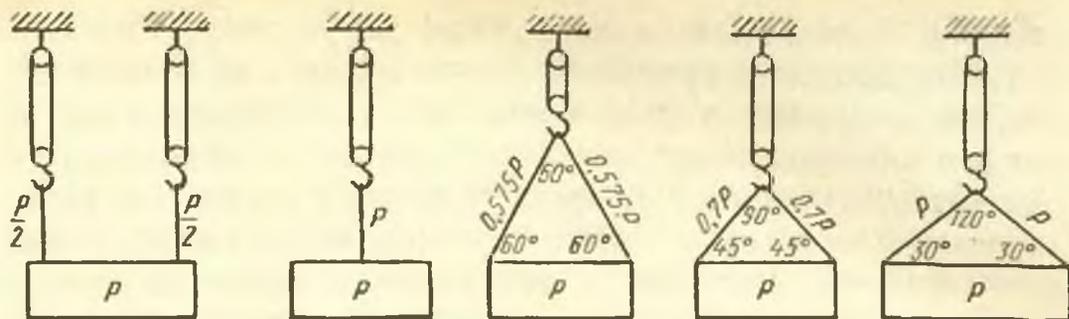


Рис. 110. Распределение усилий в ветвях стропа в зависимости от их угла наклона

Стропы служат для захвата груза, его подъема, перемещения и опускания. Грузоподъемность стропа должна соответствовать максимальному усилию P , которое будет передаваться на него от массы поднимаемого груза с учетом угла наклона стропа (рис. 110) и коэффициента запаса прочности. В соответствии с действующими правилами Госгортехнадзора строп должен обладать не менее чем шестикратным запасом прочности.

Стропы и чалочные приспособления перед каждым использованием, но не реже одного раза в полгода необходимо испытывать нагрузкой. Испытание выполняют с грузом (он должен висеть на стропе 10 мин), превышающим максимально допустимую рабочую нагрузку (расчетную) на 25%. Все стропы должны быть зарегистрированы в особом журнале. Места строповки на монтируемых элементах оборудования для их поднятия и перемещения должны быть намечены заранее. При отсутствии данных о положении центра тяжести оборудования его устанавливают пробными подъемами. Стropовку длинномерных грузов, поднимаемых в горизонтальном положении, осуществляют не менее чем двумя стропами или с помощью специальных приспособлений — траверс.

Для подъема и перемещения тяжелых грузов применяют лебедки. Лебедка — это грузоподъемная машина для перемещения грузов с помощью каната или цепи. Тяговое усилие каната (цепи) передается с барабана (звездочки), приводимого в движение вручную или от электродвигателя через редуктор и передаточные механизмы. Лебедки могут быть стационарными и передвижными.

При проведении монтажных и погрузочно-разгрузочных работ чаще всего применяют передвижные

лебедки различных конструкций грузоподъемностью от 2,5 до 200 кН с ручным или электрическим приводом.

Для подъема и перемещения электродвигателя и другого оборудования массой более 80 кг используют переносную рычажную лебедку массой около 18 кг и грузоподъемностью 15 кН. Лебедка снабжена захватом и тяговым механизмом, с помощью которых осуществляется перемещение каната вверх или вниз. За один ход рычага канат перемещается на 36 мм. Для переноса лебедки на ее боковой крышке имеется жесткая рукоятка. К каждой лебедке прилагается обойма, на которую наматывается рабочий канат диаметром 11,5 мм с крюком для захвата груза.

Для подъема груза применяют *тали* — подвесное устройство с ручным или электрическим приводом. Тали могут быть стационарные или подвешенные к специальным тележкам, которые перемещаются по подвесным монорельсовым путям (передвижные тали).

Таль с ручным приводом имеет корпус, в котором размещен механизм подъема груза, и крюковую подвеску для подвешивания груза. Механизм подъема приводится в действие вручную через червячную или зубчатую передачу с бесконечной (замкнутой) цепью. Приводной блок (звездочка) механизма подъема и подвижный блок (звездочка) крюковой подвески огибаются сварной грузовой или пластинчатой цепью. В механизме подъема смонтирован тормоз, который предотвращает самопроизвольное опускание поднятого груза. Грузоподъемность ручных талей составляет от 2,5 до 100 кН. С их помощью можно поднимать грузы на высоту от 3 до 12 м.

Домкраты обеспечивают плавный подъем грузов и точную их фиксацию на заданной высоте. Они характеризуются малыми габаритами и, что особенно важно, небольшой массой, которая обычно не превышает 1% их грузоподъемности. С помощью домкратов можно с незначительной скоростью (0,01—0,25 м/мин) поднимать грузы на небольшую высоту — от 0,15 до 1 м.

Домкраты бывают с ручным и электрическим приводами, а по принципу действия и конструктивным особенностям — гидравлические, реечные и винтовые.

Гидравлические домкраты могут быть периодического действия с ручным приводом и непрерывного действия с механическим приводом. В домкрате периодического действия подъем плунжера, который служит опо-

рой для груза, осуществляется рабочей жидкостью, подаваемой в нижнюю полость стакана поршневым насосом с всасывающим и нагнетательным клапанами.

Основной деталью реечного домкрата является грузонесущая рейка с опорной чашкой для груза, помещенной на специальной подставке (лапе), для подъема грузов с низко расположенной опорной поверхностью. По типу передаточного механизма реечные домкраты делятся на рычажные и зубчатые. В рычажных домкратах рейка выдвигается качающимся приводным рычагом, а в зубчатых — шестеренкой, вращаемой приводной рукояткой.

Грузоподъемность реечных домкратов составляет 60 кН с одноступенчатой, от 60 до 150 кН с двухступенчатой и более 150 кН с трехступенчатой передачами, а их КПД — 0,85.

Поднятый на рейке груз удерживается стопорными устройствами.

У винтовых домкратов основной деталью является винт с грузоупорной чашкой, приводимый во вращение рукояткой. Для перемещения груза в горизонтальной плоскости служат винтовые домкраты на салазках. Груз удерживается винтовыми домкратами благодаря само торможению винта, что обеспечивает высокую степень безопасности работ. Грузоподъемность винтовых домкратов не превышает 200 кН, а их КПД составляет 0,3—0,4.

Наиболее простым грузоподъемным приспособлением являются *монтажные стрелы* (рис. 111). Инвентарные стрелы обычно оснащены грузовым полиспастом и лебедкой.

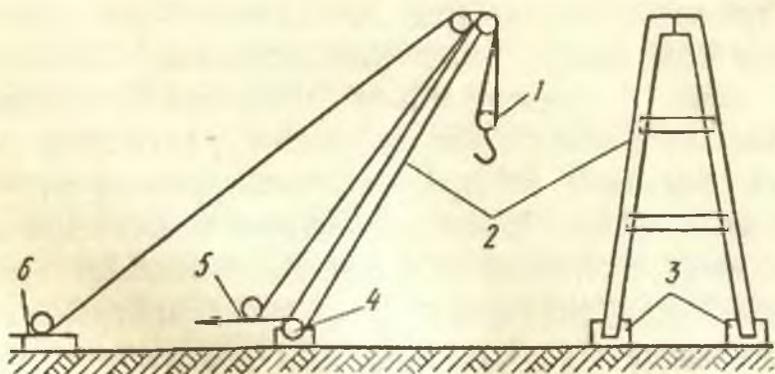


Рис. 111. Монтажная металлическая стрела:

- 1 — грузовой полиспаст, 2 — рама, 3 — башмаки,
- 4 — отводной блок, 5 — грузовой канат полиспаста,
- 6 — канат для изменения вылета стрелы

Стрела представляет собой трубчатую или решетчатую стойку из профильного проката, установленную с наклоном. В устойчивом вертикальном или наклонном положении стрела удерживается расчалками (вантами) из канатов 5 и 6. Основанием вертикально работающей стрелы являются опорные башмаки 3, которые прикрепляются к фундаменту или устанавливаются на салазки для облегчения передвижения.

Стрелы применяют для подъема грузов, если грузоподъемность крана недостаточна или когда его перегонка на объект нерациональна.

§ 42. Организация и производство такелажных работ

К погрузочно-разгрузочным работам допускаются лица не моложе 18 лет. Грузы массой более 60 кг перемещают и поднимают механизированным способом.

К грузоподъемным машинам и механизмам, управляемым с земли (пола), допускаются рабочие, прошедшие инструктаж и проверку навыков по управлению этими машинами.

Подвешивание груза на крюк грузоподъемной машины осуществляется специально подготовленными и обученными стропальщиками, которых назначают, когда груз перед подвешиванием обвязывают канатами или цепями.

При перевозке крупногабаритных грузов, а также грузов на дальние расстояния пользуются железнодорожным и автомобильным транспортом. Выбор транспорта определяется наличием путей от начального до конечного пункта, а также его экономичностью.

Для транспортирования электрических аппаратов используют открытые железнодорожные платформы, обычные или с удлиненным кузовом автомашины, тракторные прицепы. Блоки ячеек, шкафов, щитов, магнитных станций и другие конструкции и панели управления, а также трансформаторы перевозят на железнодорожных платформах, автомашинах и прицепах в вертикальном положении, закрепленными растяжками и упорами. Запрещается проезд людей в кузове автомашины, груженной тяжеловесными грузами, длинномерными материалами и кабельными барабанами. Погрузку и выгрузку оборудования осуществляют механизированным способом с помощью автокранов, а

при незначительных объемах — средствами малой механизации. Под колеса автомашин и платформ, поданных под разгрузку, подкладывают тормозные башмаки или клинья.

Перед началом работ руководитель объясняет рабочим последовательность выполнения операций и обязанности каждого рабочего, проверяет исправность такелажа и прочность подмостей. Погрузку, выгрузку и перемещение тяжеловесных и длинномерных грузов выполняют при соблюдении следующих условий: пути перемещения грузов должны быть свободны; при неровностях поверхности и слабом грунте на пути перемещения груза укладывают доски или шпалы; катки, по которым перемещают груз, должны иметь такую длину, чтобы их концы выступали не более чем на 30—40 см из-под груза; запрещается поправлять катки под грузом руками, пока он не снят; тяжелые штучные грузы и ящики с оборудованием разрешается кантовать только с помощью специальных ломов и других приспособлений.

Нельзя стропить трансформаторы за вентили, радиаторы и другие детали, а также подводить под них домкраты.

Трансформаторы мощностью до 1000 кВ·А перемещают на своих катках по настилу из толстых досок, а разворачивают на стальном листе.

При спуске тяжеловесных грузов по наклонному скату применяют две лебедки: одну со стороны ската, другую с противоположной стороны для торможения от самопроизвольного скольжения груза. Во время погрузки и разгрузки грузов следует принимать меры против самопроизвольного скатывания их из штабелей и с платформ транспортных средств. С каждой стороны штабеля устанавливают по две стойки, связанные через него проволочными хомутами.

Барабаны с кабелем разрешается перекатывать только на ровных горизонтальных площадках. При этом люди должны находиться со стороны, противоположной направлению движения барабана. На наклонных площадках барабаны с кабелем перекатывают с помощью веревок или троса.

Лебедки для такелажных работ устанавливают и закрепляют на фундаменте или раме, при этом для обеспечения их устойчивости на раму укладывают балласт, рассчитанный на двойную рабочую нагрузку. Ле-

бедку устанавливают так, чтобы можно было наблюдать за перемещаемым грузом. При такелажных работах применяют лебедки только с зубчатой или червячной передачей.

При подготовке лебедки к работе обращают внимание на закрепление конца каната к барабану. Длина каната должна быть такой, чтобы при самом низком положении груза на барабане оставалось не менее двух витков каната. Во время работы следят за правильной укладкой витков на барабан. Конец каната на барабане прочно закрепляют, а канат укладывают витками строго по ручьям барабана.

Громоздкие и тяжелые конструкции и грузы поднимают одновременно двумя лебедками, подобранными таким образом, чтобы канаты на барабаны обеих лебедок навивались с одинаковой скоростью. Это обеспечивает безопасную и безаварийную работу по подъему и перемещению тяжелых грузов.

Выбор монтажных блоков зависит от их режимов работы, при этом диаметр каждого из них должен равняться 16—20 диаметрам каната. В полиспасте подвижный и неподвижный блоки не должны быть развернуты один против другого во избежание закручивания каната полиспаста. Отводной блок необходимо располагать так, чтобы канат от барабана лебедки набегал на него под прямым углом.

§ 43. Правила техники безопасности электромонтера по обслуживанию подстанций и электрослесаря по ремонту оборудования распределительных устройств

При ремонте электрооборудования подстанций разбирают и собирают аппараты, изготавливают заменяемые детали, подтягивают болтовые соединения и т. п.

При выполнении слесарных работ используют различные электрические и пневматические инструменты: дрели, болтоверты, шлифовальные машинки, электрические паяльники, электронагреватели, съемники, распылители для окраски собранных и отремонтированных аппаратов, машин и их деталей. Неисправности рабочего инструмента или неправильные методы работы могут быть частыми причинами ушибов, ранений и ожогов при выполнении слесарных работ.

Правила техники безопасности при производстве этих работ содержат ряд требований, способствующих повышению безопасности обращения с инструментом. Рукоятки ручных инструментов изготавливают из твердых и вязких пород дерева (березы, граба, бука). Они должны быть хорошо обработаны, не иметь выбоин или сколов. Очень важно, чтобы рабочая часть инструмента была надежно закреплена в рукоятке и не имела трещин, заусенцев и подсечек.

Запрещается работать любым механизированным инструментом с приставных лестниц и стремянок. Для работы на высоте необходимо монтировать леса или устанавливать инвентарные подмости.

Во время перерыва в операции, а также при переноске механизированного инструмента на другой участок работ электродвигатель должен быть отключен. Нельзя оставлять без надзора любой механизированный инструмент подключенным к электросети или сети сжатого воздуха. Если при выполнении работ обнаруживается обрыв электрических проводов, шлангов пневмоинструментов или другие неисправности, немедленно отключают рубильник или перекрывают воздушный вентиль.

При укладке электропроводов или шлангов сжатого воздуха следует избегать пересечения их с электрокабелями, электросварочными проводами, шлангами, идущими к газоаппаратуре, так как при самых незначительных изъятиях в проводах или шлангах возможно короткое замыкание.

Необходимо следить, чтобы кабели электроинструментов и шланги пневмоинструментов не перегибались и не натягивались во избежание несчастного случая. В нерабочее время электрокабели и шланги для предохранения от повреждения и переломов хранят в закрытом помещении только при положительной температуре.

Кроме рассмотренных общих требований техники безопасности, относящихся к электро- и пневмоинструменту, имеются дополнительные правила, соблюдение которых необходимо только при работе с одним из этих инструментов.

В помещениях с повышенной опасностью и в наружных установках используют переносной электроинструмент на напряжение не выше 42 В, корпус которого должен иметь специальный зажим для присоединения

заземляющего провода с отличительным знаком «З» или «Земля». В особо опасных помещениях разрешается работать с переносным электроинструментом напряжением не выше 42 В, но при обязательном использовании защитных средств, а также с переносными лампами напряжением не выше 12 В.

Переносные электроприемники следует подключать к электросети с помощью штепсельных разъемов на напряжение 12 и 42 В, которые по конструкции должны отличаться от разъемов на напряжение 127 и 220 В. Это необходимо во избежание ошибочного включения электроприемника.

Переносной трансформатор не следует устанавливать внутри котлов, металлических резервуаров и т. д. Для переносного электроинструмента и освещения запрещается использовать автотрансформаторы, поскольку их вторичная обмотка имеет электрическую связь с первичной обмоткой высшего напряжения. Кроме понизительных трансформаторов источником питания могут служить аккумуляторные батареи. Для присоединения электроинструмента применяют шланговый провод ШВРШ или многожильный гибкий провод ПРГ либо ВРГ, заключенный в резиновый шланг.

Для заземления корпуса электроинструмента необходимо прокладывать специальный проводник. Штепсельные разъемы для переносных электроинструментов должны иметь специальные гнезда и штырьки для подключения заземляющего проводника.

Во время дождя или сильного снегопада следует прекращать работу с электроинструментом под открытым небом. Если такую работу надо выполнить срочно, устраивают временный навес и работают в диэлектрических перчатках. Запрещается обрабатывать электроинструментом мокрые и обледеневшие детали.

При использовании пневмоинструмента соблюдают следующие дополнительные требования. Запрещается подсоединять шланги пневмоинструментов непосредственно к магистрали стационарного компрессора. Надо устроить отводы от магистрали, поставить на них вентили и к отводам присоединить шланги. Если сжатый воздух подается от передвижного компрессора, шланги подсоединяют только через вентили, установленные на воздухораспределительной коробке.

Шланги можно присоединять к магистрали и отсоединять от нее только после полного прекращения

подачи воздуха, причем до присоединения их тщательно продувают, чтобы убедиться в отсутствии внутри каких-либо предметов.

Особое внимание обращают на места соединения отдельных кусков шлангов между собой и присоединения к пневматическим инструментам. Надежность крепления шлангов к штуцерам и ниппелям обеспечивается стяжными (стандартными) хомутиками. Запрещается использовать проволоку вместо хомутиков.

Для точки инструмента устанавливают точильные станки, абразивные круги которых вращаются с большой частотой. Напряжения, вызываемые быстрым вращением, а также нажимом обрабатываемого инструмента, могут вызвать разрыв круга или явиться причиной травмы рабочего. Во избежание этого проверяют качество круга. При обнаружении трещины круг заменяют. При этом его устанавливает только специально обученный и хорошо проинструктированный рабочий. Для безопасности работы на точильном станке применяют предохранительный кожух и защитный экран. При отсутствии экрана пользуются защитными очками.

При заточке инструмента на точильном камне (наждаке) надевают защитные стекла или очки для предохранения глаз от летящих искр и наждачной пыли. Шины зачищают стальными щетками или на обдирочном станке также в предохранительных очках.

В правилах охраны труда, действующих на предприятиях, предусматривается ряд мероприятий, обеспечивающих безопасное выполнение слесарных работ.

Верстаки должны иметь жесткую и прочную конструкцию при ширине по верху не менее 0,75 м. Их поверхность обивают листовым железом без острых углов и выступающих кромок. Для предохранения работающих людей верстаки ограждены щитами или ширмой из сетки высотой не менее 1 м. При двусторонней работе на верстаке такую же сетку ставят посередине вдоль него.

Для защиты глаз от отлетающих осколков металла или другого материала при работе зубилом или крейцмейселем пользуются предохранительными очками. Применяемый ручной инструмент должен быть исправным и удобным в работе. Зубила, которыми часто пользуются слесари и электромонтеры, должны иметь определенный угол заточки в зависимости от твердости металла без «наклепа» на конце. Рукоятка молотка

должна быть крепкой и хорошо насаженной. Не допускается работать неисправным и изношенным инструментом.

Верстачные тиски устанавливаются так, чтобы рабочему было удобно. Расстояние между тисками должно соответствовать размеру обрабатываемых деталей, а между осями тисков — не менее 1 м.

Особое внимание уделяют обеспечению безопасности работ при пайке металлов. Помещения, в которых выполняют пайку, должны иметь вытяжную вентиляцию (общую или местную) для удаления выделяющихся газов. Для горячего паяльника следует выделить место, чтобы исключить возможность обжигания рук. Во избежание загорания запрещается класть включенный в электросеть или нагретый паяльник на деревянные верстаки, столы или подставки. При пайке электродуговым паяльником надевают очки с защитными стеклами для предохранения глаз от вредного действия лучей электрической дуги.

Расверловку и расточку отверстий в асбестоцементных панелях выполняют в защитных очках. При этом резцы и сверла смачивают специальной эмульсией с помощью кисти или лейки-масленки. Запрещается смачивать их мокрой тряпкой.

Рабочее место следует содержать в чистоте — на полу не должно быть масла, охлаждающей жидкости, стружек, обрезков и других отходов. Рабочий должен стоять на исправном деревянном решетчатом настиле, расстояние между планками которого составляет 25—30 мм. Общее или местное освещение должно обеспечивать четкую видимость обрабатываемого или ремонтируемого участка, шкалы с делениями на контрольно-измерительных приборах и инструментах.

Шкафы, ящики и стеллажи устанавливают так, чтобы хранимые в них инструменты и приспособления находились в устойчивом положении и не выпадали. Полки стеллажей должны иметь наклон внутрь во избежание выпадания предметов. Высота стеллажей для хранения заготовок, деталей, а также ремонтируемого оборудования должна быть такой, чтобы рабочему было удобно и безопасно брать и укладывать заготовки и готовые изделия.

При сварочных работах электросварщики обеспечиваются шлемом-маской или щитком со стеклами-светофильтрами для защиты глаз и лица. Подсобные

рабочие у электросварщика также должны иметь защитные щитки или очки. Перед началом электросварки проверяют исправность изоляции сварочных проводов и электрододержателей, а также плотность соединений всех контактов. При прокладке проводов и каждом их перемещении соблюдают меры предосторожности, чтобы не повредить изоляцию и не коснуться проводом стальных канатов, шлангов ацетиленовой сварки и горячих трубопроводов. Электросварочные агрегаты (сварочные трансформаторы и генераторы) следует включать в электросеть только закрытыми пусковыми рубильниками.

В местах электросварочных работ запрещается применение и хранение огнеопасных материалов (бензин, керосин, ацетон). При сварочных работах в закрытых помещениях рабочие места электросварщиков отделяют от смежных рабочих мест и проходов переносными ширмами из несгораемого материала. Разрешается выполнять сварочные работы на высоте с лесов, подмостей после проверки этих устройств руководителем работ, а также принятия мер, исключающих загорание деревянных настилов и падение расплавленного металла на работающих и проходящих внизу людей. Сварщики, работающие на высоте, снабжаются пеналами или сумками для электродов и ящиками для огарков. Запрещается разбрасывать огарки.

Во время регулировки или установки рубильников с рычажным приводом и имеющих движущиеся части на обратной стороне панели необходимо принять меры для безопасности работающих за щитом. При опробовании и регулировке электромагнитных, моторных и других приводов рукоятки ручного управления должны быть сняты. Если во время ремонта требуется замена, снятие или установка оборудования, аппаратов или конструкции массой более 20 кг на высоте, их подъем осуществляют два человека, а оборудование массой более 50 кг поднимают с помощью подъемных приспособлений или механизмов.

При замене изоляторов перед их установкой на шинах распределительных устройств удаляют с фланцев, болтов и шпилек заусенцы во избежание ранения рук.

Во избежание травмы привод поднимают и устанавливают только за корпус. Все поднятые для монтажа элементы аппаратуры (изоляторы, разъединители, при-

воды к ним) немедленно закрепляют на своих местах (шинных полках, перегородках, конструкциях). Не допускается использовать для временного крепления проволоки и другие случайные крепежные материалы. Перемещение, подъем и установка разъединителей, выключателей рубящего типа и им подобных аппаратов осуществляется только в положении «Включено», а выключателей напряжением выше 1000 В, автоматов, электромагнитных приводов и других аппаратов, имеющих возвратные пружины или механизмы свободного расцепления, — в положении «Отключено». Подъем, перемещение и установка щитов, камер и блоков сборных распределительных устройств выполняются с соблюдением мер, предупреждающих их опрокидывание (оттяжки, подвески выше центра тяжести). При подъеме аппаратов нельзя закреплять стропы и канаты за изоляторы, контактные детали или пропускать их через отверстия в лапах. Для этого используют специальные приспособления.

При ремонте и регулировке однополюсных разъединителей необходимо надежно и точно отрегулировать зацепление замка для предотвращения самопроизвольного выпадания или выбрасывания ножа. Не допускается производить одновременно регулировку и осмотр или присоединение разъединителей независимо от того, расположены эти аппараты в одной камере с приводами или приводы вынесены за стенку. Нельзя также спускать или натягивать возвратные пружины, а также пружины механизмов свободного расцепления приводов разъединителей или выключателей без соответствующих специальных приспособлений. При регулировке разъединителей и выключателей, сцепленных с приводами, принимают меры для предупреждения непредвиденного включения или отключения приводов как самопроизвольно, так и другими лицами. Предохранители цепей управления ремонтируемого аппарата снимают на время работы. Если в процессе регулировки требуется включить или отключить оперативный ток, предохранители устанавливают только после удаления людей от аппарата.

Особая осторожность требуется при ремонте трансформаторов. Их следует поднимать и перемещать очень аккуратно. Трансформаторы и их активные части поднимают только за специальные крюки или подъемные кольца. Запрещается подводить домкраты и канаты

под вентили, радиаторы и другие детали. Для спуска трансформаторов с деревянного помоста делают пологий скат под углом $10-15^\circ$, при этом запрещается стоять на пути их спуска.

Трансформаторы и их части поднимают по вертикали (допускается отклонение на угол не более 5°) самотормозящими талями или другими подъемными механизмами, имеющими надежный тормоз. Грузоподъемность механизмов должна соответствовать массе поднимаемого груза. При этом проверяют последнюю дату испытания механизма, которая указана на его щитке.

При работах внутри бака и на активной части трансформатора применяют специальные переносные электрические лампы, защищенные металлической сеткой. Они получают питание от трансформаторов безопасного напряжения $12-42$ В.

При армировке ремонтируемых вводов высоковольтных аппаратов замазкой, в составе которой имеется свинцовый глет или магнезия, необходимо работать в резиновых перчатках и защитных очках, а также не допускать попадания этих токсичных (ядовитых) веществ в пищу.

На ремонтируемых силовых и измерительных трансформаторах все выводы должны быть закорочены на период ремонта. Трансформаторы напряжения и их цепи допускается проверять лишь после полного ознакомления с коммутационной схемой.

При ремонте трансформаторов тока и присоединении к ним проводов вторичной цепи следят, чтобы неиспользуемые вторичные обмотки трансформаторов были надежно закорочены и заземлены.

При ремонте вторичных цепей, отсоединенных от трансформатора тока, закорачивают и заземляют вторичные обмотки во избежание высокого напряжения на их концах.

Открытую часть распределительного устройства ограждают от случайного проникновения на ее территорию людей или скота. Кабельные каналы накрывают плитами. При работах на открытой подстанции на высоте электромонтеры должны прикрепляться к конструкциям предохранительными поясами. При сборке гирлянд или замене подвесных шин открытого распределительного устройства устанавливают замки и шплинты заводского производства. Запрещается применять

заменители из проволоки во избежание сброса фазы шинного моста или ее части и выхода из строя оборудования. Запрещается соприкосновение временных проводок и сварочных проводов с токоведущими частями аппаратов и шинами, а также крепление к ним указанных проводок. При грозе прекращаются все работы на открытом распределительном устройстве и вводах воздушных линий в закрытых подстанциях и на линейных разъединителях этих вводов.

Перед опробованием оперативным током приводов с дистанционным управлением на них вывешивают предупредительные плакаты.

Слив, заполнение и промывка маслом маслонеполненных аппаратов допускается в том случае, если огневые приборы находятся от них на расстоянии не менее 10 м. Запрещается применять для этих операций стеклянную тару.

При ремонте и испытании трансформаторов масло-сборную яму вокруг них закрывают деревянным настилом. При подъеме активной части трансформатора из бака и опускании в него запрещается выполнять любые работы как на активной части, так и на баке. К этим работам разрешается приступать только после окончания подъема активной части, отвода ее в сторону и установки на надежных подкладках.

Если ревизия, ремонт и монтаж трансформатора осуществляются на высоте более 1,1 м, работы выполняются с лесов или подмостей, огороженных перилами. При необходимости работы производят под поднятой крышкой трансформатора, при этом между его крышкой и баком должны быть обязательно установлены предохранительные прокладки — распорки достаточной прочности для удержания активной части трансформатора.

Разрешается удалять остатки масла, очищать внутреннюю поверхность бака и выскребать с его дна осадок и шлам только при вынутой и отведенной в сторону активной части трансформатора. При использовании лестниц для спуска в бак трансформатора их устанавливают снаружи и внутри бака и надежно закрепляют от сдвига и падения. Запрещается промывать бак бензином.

Иногда при ремонте необходимо пересоединить обмотки трансформатора или выполнить другие работы с помощью пайки на сердечнике трансформатора. В этом

случае активную часть вынимают из бака, тщательно очищают от трансформаторного масла и затем, приняв соответствующие меры предосторожности, приступают к пайке. Если активную часть невозможно вынуть из-за отсутствия подъемных средств и приспособлений, пайку выполняют внутри бака, соблюдая следующие меры безопасности:

— масло необходимо слить из бака трансформатора до уровня не менее чем на 1 м ниже места пайки;

— вывод обмотки или другую деталь, подлежащую пайке, следует тщательно вытереть и огородить огнеупорным материалом (асбест, асбестит, асбестошифер) во избежание попадания огня, горячего воздуха и раскаленного сплава в масло, на обмотку или другие детали сердечника;

— пайку должен выполнять квалифицированный монтер (слесарь) под наблюдением представителя пожарной охраны.

При работах внутри бака трансформатора можно пользоваться переносным светильником с лампой только на напряжение 12 В. Иногда необходимы сварочные работы на баке трансформатора. Для этого из него полностью сливают масло, снимают крышку или открывают в ней люк. Внутреннюю сторону бака против того места, которое будет нагреваться от сварки, вытирают насухо.

Перед осмотром внутренней части бака трансформатора каждый рабочий, принимающий участие в этой операции, должен освободить нагрудные карманы от всех предметов или убедиться, что карманы застегнуты и никакие случайные предметы не выпадут из них в бак трансформатора при наклоне во время работы.

При подготовке трансформатора к сушке в качестве тепловой изоляции бака применяют негорючий теплоизоляционный материал (листовой асбест, минеральный утеплитель). Запрещается использовать войлок, древесную стружку, паклю и другие подобные горючие материалы, а также хранить их и бочки с трансформаторным маслом в помещениях для сушки.

В помещениях, в которых выполняют ревизию трансформаторов, чистку их баков, заливку или удаление масла, сушку, а также в местах сушки электрических машин на открытой части подстанции должны находиться средства пожаротушения. В этих местах запрещается курение, пользование огневыми приборами и разведение открытого огня.

Электровоздуходувки, применяемые для сушки трансформаторов и других электрических машин и их частей, должны иметь приспособления, не пропускающие искр. Запрещается курить и разводить огонь, а также разжигать паяльные лампы на месте монтажа, ремонта и сушки трансформаторов.

До начала сушки трансформаторов и других электрических аппаратов и машин электрическим током корпуса машин и баки трансформаторов обязательно заземляют во избежание несчастных случаев или искрения, а при сушке трансформаторов методом индукционных потерь принимают меры, исключаяющие возможность прикосновения людей к намагничивающей обмотке.

В помещениях, где выполняют сушку трансформаторного масла, устанавливают специальный пожарный пост, имеющий телефонную связь с пожарной охраной, и вентиляцию. Если для сушки масла используют фильтр-пресс, то фильтровальную бумагу промывают и сушат в разных помещениях. При сушке масла трансформаторов все шкалы контрольно-измерительных приборов освещают, так как при осмотре приборов запрещается пользоваться открытым огнем. Все рабочие масляного хозяйства обеспечиваются на время работы брезентовыми костюмами и кожаными ботинками.

До начала измерения сопротивления изоляции трансформатора мегаомметром следует убедиться в отсутствии людей на его крышке или в баке и запретить находящимся вблизи людям прикасаться к втулкам трансформатора.

Маслоочистительная аппаратура на площадке ремонта трансформатора располагается так, чтобы обслуживающий персонал мог свободно подойти к ней со всех сторон. Расстояние от аппаратуры до стен или конструкций должно быть с трех сторон не менее 0,75 м, а со стороны управления — не менее 1,5 м. В помещении маслоочистительной аппаратуры вывешивают инструкции о режиме ее работы, а также указывают номер телефона пожарной охраны. В этом помещении запрещается выполнять электросварочные и газосварочные работы, разжигать паяльные лампы и паять. Трубы и шланги, соединяющие маслоочистительную аппаратуру с масляным баком, утепляют огнеупорным изоляционным материалом (асбест, асбестит). Все дефекты в работе маслоочистительной аппаратуры

устраняют только при выключенном общем рубильнике.

Испытания электроустановок повышенным напряжением очень опасны для электротехнического персонала. Поэтому их проводят, соблюдая все организационные и технические мероприятия, а также дополнительные меры безопасности. Персонал, осуществляющий испытания, проходит специальную подготовку и проверку знаний электрических схем испытываемого оборудования. Испытания в действующих электроустановках выполняют по наряду.

При испытании изоляции жил кабеля повышенным напряжением необходимо, чтобы камера или ячейка, в которой находится его противоположный конец, была заперта, на дверях или ограждениях вывешен плакат «Стоять — высокое напряжение», а на приводах отключенных разъединителей — плакаты «Не включать — работают люди». Перед подачей испытательного напряжения на установку проверяют, все ли члены бригады находятся на местах, удалены ли посторонние люди, предупреждают бригаду о подаче напряжения и только после этого подают его. По окончании испытания напряжение снижают до нуля, отключают испытательную установку, заземляют ее высоковольтный вывод и сообщают об этом бригаде, после чего отсоединяют провода и снимают установленные ограждения.

При ремонте оборудования распределительных устройств и подстанций часто пользуются различными красками, растворителями, мастиками, компаундными массами и лаками. Большинство этих материалов токсично и вредно действует на кожу, глаза и органы дыхания работающих. Поэтому при работе с ними надо соблюдать следующие правила:

не заготавливать красок и различных масс больше, чем требуется для одной смены или на конкретный объект ремонта;

выполнять все работы, связанные с токсичными материалами, только в резиновых перчатках, защитных очках, а при необходимости — в респираторах;

не вскрывать металлическую тару, хранящую легко воспламеняющиеся вещества (бензин, бензол, толуол), с помощью стальных инструментов во избежание появления искр или воспламенения;

постоянно иметь на рабочем месте нейтрализующие вещества (например, 10%-ный раствор щелочи для

нейтрализации кислот, 10%-ный раствор соляной кислоты для нейтрализации щелочей).

Особое внимание при ремонте электрооборудования подстанций уделяют соблюдению мер пожарной безопасности, в частности при ремонте силовых трансформаторов, в которых трансформаторное масло является быстроспламеняющимся веществом, имеет высокую температуру горения и трудно поддается тушению. Поэтому все ремонтные работы, особенно связанные с электропайкой и электросваркой, проводят очень осторожно в соответствии с противопожарными правилами. Обтирочные концы и тряпки, пропитанные маслом, бензином или керосином, складывают в металлические ящики. На месте ремонта должно находиться достаточное количество средств пожаротушения (сухие и пенные огнетушители, песок, брезент и др.).

Контрольные вопросы

1. Какие неисправности электрических аппаратов вы знаете?
2. Как определяют одновременность замыкания контактов масляных выключателей?
3. В чем состоит ремонт разъединителей и выключателей нагрузки?
4. Каково устройство силовых трансформаторов?
5. Какие неисправности трансформаторов чаще всего встречаются?
6. Какова последовательность разборки трансформаторов?
7. Как определяют пригодность троса?
8. Как правильно застропить груз?
9. Почему нельзя применять автотрансформатор для переносного инструмента?
10. Какие меры безопасности соблюдают при работе на вторичных цепях трансформаторов тока?

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

ОПЕРАТИВНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

§ 44. Основные требования правил технической эксплуатации и безопасного производства работ

Нормы производственной санитарии, определяющие допустимость содержания вредных веществ в воздухе, освещенность и шумность, интенсивность вибрации, разрабатываются на основе длительного и тщательного

изучения возможностей человеческого организма и степени влияния на него различных факторов.

Общие нормы производственной санитарии создаются в научно-исследовательских институтах охраны труда, затем согласовываются в ВЦСПС и утверждаются Госсанинспекцией при Министерстве здравоохранения СССР, Госстроем, Госпожнадзором и другими ведомствами. Кроме общих норм разрабатываются также отраслевые правила производственной санитарии, утверждаемые центральными комитетами соответствующих профсоюзов. Ответственность за соблюдение общих и отраслевых норм производственной санитарии возлагается на руководителей предприятий, а надзор и контроль за их выполнением — на местные органы профсоюзов, санинспекции, Госпожнадзора и техническую инспекцию труда профсоюзов.

Для снижения травматизма важную роль играет укрепление трудовой и производственной дисциплины, строгое выполнение рабочими правил безопасного производства работ, соблюдение технологии производства, правильная эксплуатация машин и механизмов, бережное отношение к защитным средствам.

К работникам, обслуживающим действующие электроустановки, а также к персоналу, выполняющему электромонтажные работы, предъявляют особые требования. Весь электротехнический персонал при поступлении на работу проходит общий инструктаж по охране труда и медицинский осмотр. В дальнейшем медицинский осмотр бывает один раз в 2 года.

Квалифицированный обслуживающий персонал* должен знать правила техники безопасности и местные инструкции по выполняемой работе, изучить безопасные приемы работы с последующей проверкой знаний квалификационной комиссией, уметь оказывать первую доврачебную помощь пострадавшим. Проверка знаний квалификационной комиссией всего квалифицированного обслуживающего персонала проводится периодически в соответствии с правилами техники безопасности.

После проверки знаний квалификационная комиссия в зависимости от выполняемой работы или должности присваивает квалификационную группу по технике без-

* Специально подготовленные работники, прошедшие проверку знаний в объеме, обязательном для данной работы, и имеющие квалификационную группу по технике безопасности, называются квалифицированным обслуживающим персоналом.

опасности и выдает удостоверение на право работы на данной электроустановке.

Всего установлено пять квалификационных групп по технике безопасности:

I группа присваивается рабочим-электрикам, вновь принятым на работу и не прошедшим проверку знаний по правилам техники безопасности и местным производственным инструкциям. Эту группу дают и неэлектротехническому персоналу, но обслуживающему электроустановки (электропечи, компрессоры), водителям автомашин с кранами, механизмами или негабаритными грузами. Квалификационная группа I присваивается одним лицом после проверки знаний по электробезопасности на рабочем месте, о чем и вносится запись в специальный журнал. При этом удостоверение не выдают;

II группа присваивается электромонтерам, электрослесарям, электросварщикам, практикантам и практикантам-электрикам. Для ее получения необходимо работать на данной установке не менее месяца, иметь минимум электротехнических знаний, отчетливое представление об опасности поражения током и основных мерах предосторожности при работе;

III группа присваивается электромонтерам, наладчикам и практикантам, начинающим инженерам и техникам со стажем не менее 6 мес (окончившие ПТУ не менее 3 мес), имеющим отчетливое представление об опасности поражения электротоком, мерах предосторожности и оказании первой помощи, умеющим вести надзор за работающими на электроустановках;

IV группа присваивается работникам со стажем не менее 1 года (окончившие ПТУ не менее 6 мес), знающим правила технической эксплуатации и безопасности обслуживания электроустановок, умеющим организовать безопасное производство работ в электроустановках, свободно разбираться в элементах схемы данной установки;

V группа присваивается мастерам, техникам и инженерам со стажем работы не менее 6 мес, а также монтерам, мастерам и практикам (занимающим инженерно-технические должности) со стажем не менее 5 лет (для окончивших ПТУ 3 года). Работники должны твердо знать требования IV группы и иметь ясное представление о том, чем вызваны требования каждого пункта правил, уметь организовать безопасное произ-

водство комплекса работ и вести надзор за ним при любом напряжении.

После медицинского осмотра поступающие на работу проходят до ее начала вводный инструктаж. Рабочих знакомят с характером данного производства, основами трудового законодательства, правилами внутреннего распорядка, правилами безопасности при погрузочно-разгрузочных работах, перевозке и переноске грузов, организацией рабочего места и основными правилами безопасности при работе на электрооборудовании.

Молодым рабочим, закончившим профессионально-технические учебные заведения, а также прошедшим обучение непосредственно на производстве, в отдельных предусмотренных законодательством случаях могут утверждаться пониженные нормы выработки. На работах, связанных с загрязнением одежды, вредными условиями труда, рабочим и служащим выдаются бесплатно специальные виды одежды и обувь, мыло, различные обезвреживающие средства, а также молоко и лечебно-профилактическое питание. Спецодежду стирают и ремонтируют за счет предприятия.

Работники, обслуживающие электроустановки, должны постоянно помнить об опасном действии электрического тока на человека и строго выполнять правила охраны труда. Каждого рабочего перед допуском к работе администрация обязана проинструктировать по безопасным приемам труда.

При работе на действующих электроустановках опасно не только непосредственное прикосновение к токоведущим частям. Часто причиной поражения электрическим током является повреждение изоляции токоприемника. В этом случае его металлический корпус находится в контакте с оголенными токопроводящими частями и прикосновение к нему может быть опасным, хотя внешне этого заметить невозможно.

Различают два вида электропоражения — электрический удар, когда ток поражает внутренние органы, вызывая паралич нервной системы, прекращение кровообращения и дыхания, и электрическую травму, когда под действием электрической дуги участки кожи тела оказываются обожженными.

Основными факторами, влияющими на исход поражения, являются сила тока, время его прохождения, а также путь в теле. Наиболее опасны пути тока «рука — рука» или «рука — ноги», так как в этих случаях

ток проходит через область органов дыхания и сердце.

Сила поражающего тока зависит от напряжения, приложенного к телу человека, и его сопротивления, которое может колебаться в очень широких пределах в зависимости от влажности и состояния кожи, а также площади поверхности контакта с токоведущей частью. Обычно человек начинает ощущать раздражающее действие переменного тока промышленной частотой 1—1,5 мА и постоянного тока 5—7 мА. Эти токи называют пороговыми или ощутимыми. Они не представляют серьезной опасности, и человек может самостоятельно освободиться от цепи.

При переменном токе 5—10 мА раздражающее действие становится более сильным, появляется боль в мышцах, сопровождаемая судорогами. При токах 10—16 мА боль становится труднопереносимой, судороги мышц рук и ног усиливаются и человек не в состоянии сам освободиться от цепи.

Переменный ток 25 мА и выше действует не только на мышцы рук и ног, но и на мышцы грудной клетки, что может привести к параличу дыхания и летальному исходу. Ток 50 мА вызывает нарушение работы органов дыхания, а ток 100 мА и более — поражение за 1—2 с мышцы сердца и его фибрилляцию. При этом прекращается работа сердца как органа по перекачиванию крови и вследствие недостатка в организме кислорода наступает клиническая (мнимая) смерть.

Если в результате поражения электрическим током пострадавший находится в состоянии клинической смерти, ему следует оказать первую доврачебную помощь — сделать искусственное дыхание. Весь квалифицированный обслуживающий персонал должен знать способы и приемы оказания первой доврачебной помощи пострадавшему при поражении электрическим током, ранении, ожогах, обморожениях и обмороках.

Оказание помощи *при поражении электрическим током* делится на два этапа: освобождение пострадавшего от соприкосновения с находящейся под напряжением частью электроустановки (проводом, корпусом машины, аппарата) и оказание первой помощи до прибытия врача.

Для освобождения пострадавшего от действия электрического тока немедленно отключают электроустановку ближайшим отключающим аппаратом и оттаскивают пострадавшего за концы сухой одежды рукой в рези-

новой перчатке. Если после этого пострадавший не дышит, сразу же приступают к искусственному дыханию.

Во время работы возможны и другие несчастные случаи (ранения, порезы, обмороки, ожоги и т. д.).

Ранение неизбежно связано с разрушением кожного покрова, в результате чего в организм пострадавшего могут попасть различные микробы с ранящего предмета или находящиеся на коже, руках оказывающего помощь, грязном перевязочном материале. Во избежание опасных последствий при ранениях надо соблюдать следующие правила:

- срочно обратиться к врачу для оказания помощи;
- не промывать рану водой и не мазать мазями;
- не удалять с раны песок, землю, сгустки крови;
- не заматывать рану изоляционной лентой или грязным материалом.

Лучше всего наложить перевязочный материал из индивидуального пакета и завязать бинтом. Можно использовать чистый носовой платок или чистую полотняную тряпочку.

При *обморожениях* растирают обмороженную часть тела шерстяной перчаткой или куском суконки. Затем в помещении опускают обмороженную конечность в воду комнатной температуры, а после покраснения кожу смазывают жиром (маслом, борной мазью, салом) и делают теплую повязку.

При *больших ожогах* осторожно снимают платье, не касаясь раны руками, покрывают стерильным материалом из индивидуального пакета, сверху кладут вату, завязывают бинтом и направляют пострадавшего в лечебное учреждение. Такой способ первой помощи применяют при всех видах ожогов: паром, электрической дугой, горячей мастикой, канифолью, смолой и т. д. При этом не следует вскрывать пузыри, удалять приставшую мастику, частички металла или грязи. При световых ожогах глаз электродугой накладывают на них холодные примочки из борной кислоты и направляют пострадавшего к врачу.

Для безопасного производства работ служат защитные средства, предохраняющие людей, работающих на электроустановках, от поражения электрическим током и воздействия электрической дуги.

Все защитные средства периодически испытывают (табл. 25).

Таблица 25. Сроки и нормы электрических испытаний защитных средств

Наименование	Напряжение электроустановки, кВ	Испытательное напряжение, кВ	Продолжительность, мин	Периодичность испытаний	Периодичность осмотров
Изолирующие клещи	1—35	Трехкратное линейное напряжение, но не менее 40	5	Один раз в 2 года	Один раз в год
То же	До 1	2	5	То же	То же
Токоизмерительные клещи	» 10	Трехкратное линейное напряжение, но не менее 40	5	Один раз в год	Один раз в 6 мес
То же	» 0,6	2	5	То же	То же
Указатели напряжения (изолирующая часть)	Менее 110	Трехкратное линейное напряжение, но не менее 40	5	»	»
Трубки с дополнительным сопротивлением для фазировки	2—6	6	1	»	»
То же	10	10	1	»	»
Указатели напряжения, работающие по принципу протекания активного тока	До 0,5	1	1	»	Перед употреблением
Монтерский инструмент с изолирующими рукоятками	» 1	2	1	»	То же
Резиновые диэлектрические перчатки	» 1	2,5	1	Один раз в 6 мес	»
То же	Выше 1	6	1	То же	»

12*

Резиновые диэлектрические боты	Для всех напряжений	15	1	Один раз в 3 года	Один раз в 6 мес
Резиновые диэлектрические галоши	До 1	3,5	1	Один раз в год	То же
Резиновые диэлектрические коврики	» 1	3,5	Протягивание со скоростью 2—3 см/с	Один раз в 2 года	Один раз в год
То же	Более 1	15	Протягивание со скоростью 2—3 см/с	То же	То же
Изолирующие подставки	До 10	—	То же	»	Один раз в 2 года
Изолирующие накладки:					
жесткие	» 10	20	5	Один раз в год	То же
резиновые	» 1	3,5	1	Один раз в 3 года	»
Диэлектрические резиновые коврики	» 10	10	1	То же	»

Примечания: 1. Продолжительность испытаний штанг и клещей с фарфоровой изолирующей частью может быть сокращена до 1 мин.

2. Осмотры каждого защитного средства проводят перед употреблением, но не реже указанных в последней графе.

По назначению они бывают изолирующие, ограждающие и вспомогательные.

Изолирующие защитные средства подразделяют на основные и дополнительные. Основные изолирующие защитные средства способны надежно выдерживать рабочее напряжение электроустановки, при их наличии допускается касание токоведущих частей, находящихся под напряжением. В электроустановках напряжением до 1000 В к ним относят оперативные штанги и клещи, диэлектрические перчатки, инструменты с изолирующими ручками, указатели напряжения, а в электроустановках выше 1000 В — оперативные и изолирующие штанги, изолирующие и токоизмерительные клещи, указатели напряжения, изолирующие лестницы, площадки и тяги, изолирующие звенья телескопических вышек.

Дополнительными являются изолирующие защитные средства, не рассчитанные на напряжение электроустановки и используемые в качестве дополнительных мер защиты.

В электроустановках напряжением до 1000 В к этим средствам относят диэлектрические боты и галоши, резиновые коврики, изолирующие подставки, а напряжением выше 1000 В — диэлектрические перчатки, боты и резиновые коврики, изолирующие подставки на фарфоровых изоляторах.

Изолирующие штанги предназначены для различных операций в РУ, включения и отключения ножей однополюсных разъединителей, определения мест ослабления крепления жестких шин на опорных изоляторах.

Изолирующие клещи применяют для операций с трубчатыми предохранителями, а также для надевания и снятия резиновых колпаков на однополюсные разъединители, а токоизмерительные клещи — для измерения тока в каждой фазе отдельно.

В электроустановках напряжением выше 1000 В (до 10 кВ) применяют указатели напряжения, работающие по принципу прохождения через них емкостного тока. Если на проводнике имеется напряжение, встроенная неоновая лампочка загорится, так как ее щуп оказывается в переменном электрическом поле. При этом через тело человека проходит ток менее 1 мкА, что совершенно безопасно.

При работе на электроустановках напряжением

220/380 В пользуются инструментом с изолирующими ручками (гаечные ключи, отвертки, ножи, плоскогубцы), который ежегодно испытывают напряжением 2 кВ.

Резиновые диэлектрические перчатки, применяемые при работе на электроустановках напряжением до 1 кВ и более, имеют одинаковые размеры, но испытываются в зависимости от напряжения электроустановки. Форма протокола испытания диэлектрических перчаток приведена в приложении 7.

К защитным относят также и ограждающие средства, которые представляют собой различные переносные щиты и сетки для временного ограждения токоведущих частей.

К вспомогательным защитным средствам относят предохранительные пояса, страхующие канаты, монтерские когти, лазы для подъема на железобетонные опоры, защитные очки, противогазы, брезентовые рукавицы и т. д.

Для надежной защиты работающих на отключенной установке в случае ошибочной подачи напряжения на нее служат переносные заземления, изготовленные из гибкого медного провода сечением не менее 25 мм². Провод имеет три специальных зажима для подсоединения к трем фазам и четвертый — для присоединения к шине заземления.

В качестве средств защиты применяют также плакаты, которые делятся на запрещающие, предупреждающие, разрешающие и напоминающие (рис. 112, а—г). Переносные плакаты изготовляют из токонепроводящего материала (картона, фанеры, пластмассы), а постоянные плакаты — из жести или пластмассы.

Кроме предупреждающих применяют плакаты (рис. 113), указывающие персоналу на необходимость принятия конкретных мер предосторожности, исключающих ошибочные действия, которые могут привести к несчастным случаям или авариям.

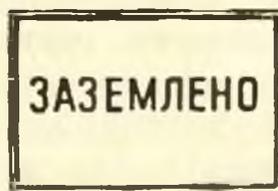
Все подстанции, трансформаторные и распределительные пункты электросетей должны быть постоянно обеспечены инвентарными защитными средствами, перечень которых утверждает главный инженер предприятия. За хранением защитных средств устанавливают постоянный контроль: они должны быть защищены от увлажнения, загрязнения и механических повреждений.



а)



б)



в)

г)

Рис. 112. Предупреждающие плакаты:

а — запрещающие, б — предостерегающие, в — разрешающие, г — напоминающие

Для безопасной эксплуатации электроустановок и производства работ на них применяют надлежащую изоляцию; соблюдают соответствующие расстояния до токоведущих частей; используют защитные ограждения; блокировку аппаратов и ограждений во избежание ошибочных операций; надежное и быстродействующее автоматическое отключение случайно оказавшихся под напряжением частей электрооборудования и поврежден-



Рис. 113. Плакаты по технике безопасности при работе на электроустановках

ных участков сети; заземление корпусов электрооборудования и элементов установок, могущих оказаться под напряжением; выравнивание потенциалов, разделяющие трансформаторы, а также напряжения 42 В и ниже; предупредительную сигнализацию, надписи и плакаты; защитные средства.

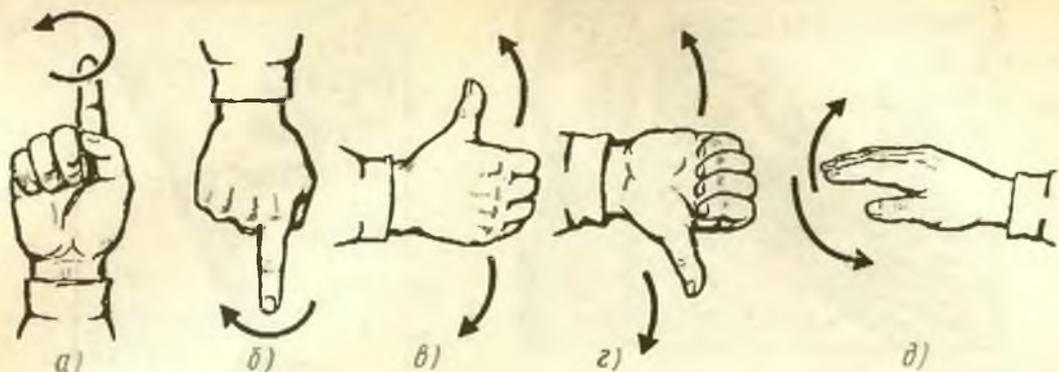


Рис. 114. Условные сигналы, подаваемые рукой машинисту крана: а — поднять крюк вверх, б — опустить крюк вниз, в — поднять стрелу вверх, г — опустить стрелу вниз, д — стоп, прекратить движение

Все ограждения и защитные покрытия должны обладать механической прочностью и хорошо закрепляться. Крановщики, машинисты, стропальщики, слесари, монтеры после обучения по соответствующей программе и аттестации квалификационной комиссией допускаются к работе приказом по предприятию (цеху) после выдачи на руки удостоверения об обучении. Последующую проверку знаний этих лиц квалификационной комиссией проводят не реже одного раза в год или при переходе на другое предприятие.

В журнал периодических осмотров грузоподъемных машин и вспомогательных грузозахватных приспособлений записывают результаты осмотров и делают отметки об устранении выявленных слесарями и монтерами неисправностей.

Такелажные приспособления могут быть допущены к работе по подъему и перемещению только тех грузов, масса которых не превышает их грузоподъемности. Во время подъема и перемещения грузов устанавливается порядок обмена условными сигналами (рис. 114, а—д) между стропальщиком и крановщиком. Место работы должно быть хорошо освещено. При встречных препятствиях во время горизонтального перемещения грузов их приподнимают не более чем на 0,5 м.

Для обеспечения безопасности при перемещении груза грузоподъемным механизмом в горизонтальном направлении такелажник должен сопровождать груз так, чтобы все время видеть его и путь, по которому он перемещается, следить, чтобы груз не зацепился за что-либо и не перемещался над людьми.

Строповку сборных элементов выполняют за монтажные петли так, чтобы конструкция подавалась на место монтажа в положении, близком к постоянному ее состоянию, а угол между ветвями стропов не превышал 90° . Строповка и расстроповка конструкций на высоте связана с риском, поэтому следует пользоваться предохранительными поясами. Для разворота и удержания от самопроизвольного раскачивания и громоздких грузов, перемещаемых подъемным механизмом, применяют оттяжки из веревок, канатов или крючья. Стропы снимают с монтажных петель конструкций только после надежной установки груза и временного его закрепления на месте монтажа.

Если оборудование или конструкции перемещают автокраном под линией электропередачи, предварительно измеряют расстояние (по вертикали) от наиболее низко расположенного провода линии до самой верхней точки автокрана, конструкции или оборудования. При этом наименьшие допустимые расстояния (по вертикали) от проводов до перемещаемых предметов следующие: 1 м при напряжении линии до 1 кВ, 2 м — при 1—20 кВ и 3 м — при 35—110 кВ. Если указанные габаритные размеры не могут быть соблюдены, грузы перемещают при отключенном напряжении на линии.

Работы вблизи линии электропередачи разрешается выполнять в исключительных случаях, соблюдая при наибольшем вылете стрелы расстояния по горизонтали между крайней точкой механизма, грузовыми канатами или грузом и ближайшим проводом линии: 1,5 м при напряжении линии 1 кВ, 2 м — при 1—20 кВ и 4 м — при 35—110 кВ. Запрещается работа автокранов непосредственно под проводами действующих линий электропередачи. Не допускается пребывание людей в зоне действия автокрана.

В начале работы, а также при подъеме грузов, масса которых приближается к максимальной грузоподъемности крана при данном вылете стрелы, сначала поднимают груз не выше чем на 10 см от земли, проверяют устойчивость крана и груза, безотказное действие тормозов и только после этого продолжают подъем. Запрещаются работы с оттянутым крюком и подъем заваленного, закопанного или примерзшего груза.

§ 45. Оперативное обслуживание действующих электроустановок

Основным звеном управления электрическими сетями в городах и районах являются районные энергетические управления (предприятия), входящие в состав производственно-энергетических объединений. В энергоуправления входят электростанции и электрические сети, связанные между собой общностью режима в непрерывном процессе производства, преобразования и распределения электроэнергии при общем управлении этим режимом.

Энергоуправление осуществляет: диспетчерское управление подстанциями и сетями; надзор за рациональным использованием электроэнергии потребителями; технический надзор за эксплуатацией подстанций и электрических сетей на данной территории.

Обслуживание электроустановок проводится постоянным или выездным оперативным персоналом, которым является дежурный персонал, обслуживающий производственные участки, и оперативно-ремонтный, т. е. ремонтный персонал с правом эксплуатационного обслуживания и выполнения оперативных переключений на участках.

Электроустановки обслуживаются постоянным или выездным оперативным персоналом, закрепленным за данной установкой. Объем обслуживания, число лиц в смене или бригаде устанавливается распоряжением. В отдельных случаях, учитывая дальность расположения транзитных или производственных подстанций, разрешается оперативное обслуживание дежурным на дому, т. е. персонал проживает недалеко от подстанции и за ним закрепляется приказом зона действия и объем работ по обслуживанию.

Небольшие по мощности подстанции, расположенные в черте города или недалеко от городов и поселков, обслуживаются электромонтерами электросетей. Каждое посещение подстанции записывается электромонтерами в оперативном журнале, отмечается причина посещения и проделанная работа.

На каждом предприятии электрических сетей должна быть техническая документация, являющаяся правовым документом, подтверждающим выполнение всех строительных и монтажных работ в соответствии с проектом, «Правилами устройств электроустановок»

и «Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей», а также ведомственными инструкциями. На основании наиболее экономичного режима работы станций, подстанций и электросети составляются оперативные схемы соединений. Если при эксплуатации эти схемы изменяются, немедленно утверждаются новые схемы и доводятся до сведения всех работников.

Диспетчерские службы на основании распоряжений могут изменять схемы соединений для наиболее экономичных режимов работы основного оборудования, уменьшения потерь электроэнергии или гибкости схем электроснабжения потребителей, а также для оперативных переключений при отключении отдельных участков на период выполнения плановых ремонтных работ. Обычно эти работы производят по ранее поданным и утвержденным руководством заявкам ремонтных служб.

Оперативное обслуживание проводится посменно. Число работников и форма обслуживания оперативного персонала в смене определяются производственной необходимостью. При обслуживании электроустановок напряжением выше 1000 В старший в смене должен быть с квалификационной группой не ниже IV, а при обслуживании электроустановок напряжением до 1000 В — не ниже III. График дежурств составляется на месяц. Сдачу и приемку дежурства отмечают в специальном журнале.

Смену принимают по общим правилам, начиная с осмотров электроустановок и электрооборудования. Электрооборудование осматривают в неполном объеме; вновь приступивший к дежурству знакомится с наиболее ответственными местами. Более подробные осмотры выполняют в сроки, установленные инструкцией или графиком в зависимости от состояния оборудования. Они являются одной из составляющих оперативного обслуживания электроустановок и основным фактором, обеспечивающим безаварийную работу. Обнаруженные дефекты записывают в оперативный журнал, а затем принимают меры к их устранению.

Оперативный персонал, обслуживающий электрооборудование напряжением до 1000 В, при осмотре элементов пускорегулирующей аппаратуры имеет право единолично открывать дверцы щитов пусковых устройств, пультов управлений и др. В период осмотра

запрещается проведение каких-либо работ, при этом проверяют наличие предупредительных плакатов по технике безопасности и надписи с наименованием и назначением электроустановки на всех дверцах силовых сборок и шкафов, конструкциях и в других установленных местах. Запрещается снимать предупредительные плакаты и ограждения, проникать за них, прикасаться к токоведущим частям, обтирать и чистить их.

Оперативные переключения в РУ выполняются по распоряжению или с ведома вышестоящего дежурного персонала. Сложные переключения производят два лица, причем старший по должности контролирует выполнение операций вторым лицом. Если в РУ напряжением выше 1000 В имеются блокировочные устройства, исключающие неисправные операции, эти переключения осуществляют без бланка переключения. При их отсутствии оперативные переключения выполняют по бланку переключения.

Бланк переключения — это документ, в котором указываются начало переключения, последовательность операций отключения и включения аппаратов части электроустановок, окончание переключения и фамилии работников, ответственных за указанные операции. Этот бланк составляет работник оперативной или диспетчерской службы, который и будет выполнять переключения. Если при проверке вторым работником (старшим) окажется под сомнением правильность очередности операций или наименования отключающих аппаратов, эти работники сверяют ход переключений по оперативной схеме, на которой указаны коммутационные аппараты. Бланк подписывают оба работника, производящие переключения.

Последовательность оперативных переключений предопределяет характеристика коммутационного оборудования. Так, для отключения линии сначала отключается масляный выключатель, который предназначен для разрыва токов нагрузки и короткого замыкания, затем отключается линейный, а потом шинный разъединители, так как они служат для видимого разрыва цепи и не предназначены для отключений токов нагрузки.

Силовые и измерительные трансформаторы необходимо отключать с низшего напряжения нагрузки во избежание обратной трансформации. Разрешается

отключать разъединителями холостой ток трансформаторов мощностью до 750 кВ·А, напряжением 10 кВ и ниже, с которых нагрузка снята аппаратами низшего напряжения, а также воздушную линию длиной 20 км, напряжением 35 кВ или длиной 25 км, напряжением 20 кВ.

Все действия оперативного персонала по переключению выполняются с соблюдением мер безопасности: в диэлектрических перчатках, стоя на изолирующем коврике, подставке или в ботах. Переносные заземления устанавливаются также в диэлектрических перчатках. В установках напряжением выше 1000 В наложение заземления проводят в диэлектрических перчатках, предварительно отключив разъединители. Все действия оперативно-диспетчерского персонала по переключениям отражаются в оперативном журнале.

Дежурный персонал обязан во время дежурства проводить обходы и осмотры электрооборудования подстанций и распределительных устройств. Их осуществляют по графику и в соответствии с местными инструкциями. Обходы и осмотры проводят как в дневное, так и ночное время.

При эксплуатационных обходах и осмотрах обращают внимание на: недопустимую температуру нагрева контактных соединений шин и мест присоединения последних к контактам аппаратов (проверяют с помощью термопленок или по изменившемуся цвету термоиндикаторов); течи масла из фланцев и сварочных швов маслонаполненных аппаратов (масляных выключателей, силовых трансформаторов и др.); ненормальные шумы и электрические разряды; повреждения отдельных элементов электроустановки. При обнаружении неисправностей дежурный обязан немедленно доложить ответственному дежурному и только по его указанию принимать меры к их устранению. Всю электроустановку или ее отдельную часть разрешается отключать в исключительных случаях, например при угрозе аварии или опасности для жизни человека. О всех своих действиях, а также об аварийных отключениях и переключениях дежурный должен поставить в известность ответственного дежурного или вышестоящего руководителя.

Во время дежурства работник снимает показания приборов, делает различные записи в книге дежурств, например, о произведенных изменениях схемы, полученных указаниях вышестоящих руководителей, изменениях

режимов работы электроустановки и др. При обнаружении сработавших указательных реле, сигнализирующих о работе устройств релейной защиты и автоматики, дежурный должен немедленно записать в оперативном журнале, какое устройство сработало и в какое время. Все сработавшие устройства (реле, блинкеры) приводят в состояние готовности к последующему срабатыванию.

Во время осмотра электрооборудования запрещается выполнять какие-либо работы (исключение составляют работы, связанные с предупреждением аварии или несчастного случая). При осмотре электроустановки одним работником запрещается входить за ограждения, в камеры распределительного устройства.

Работы на действующих электроустановках разделяют на четыре категории:

при полном снятии напряжения (на полностью отключенном оборудовании);

при частичном снятии напряжения (работа выполняется на отключенных частях оборудования, но другие его части находятся под напряжением);

без снятия напряжения вблизи и на токоведущих частях (работы, требующие принятия мер, предотвращающих приближение людей к токоведущим частям на опасное расстояние, например на установках напряжением до 15 кВ ближе 0,5 м, или работы, выполняемые непосредственно на токоведущих частях с помощью изолирующих защитных средств);

без снятия напряжения вдали от токоведущих частей, находящихся под напряжением, случайное прикосновение к которым исключено.

Перед ремонтными или наладочными работами выполняют технические или организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работающих.

К *техническим мероприятиям* относят:

отключение и принятие мер против ошибочного включения (замок, блокировка);

установку временных ограждений и вывешивание предупредительных плакатов («Не включать — работают люди», «Не включать — работа на линии» и др.);

присоединение к шине заземления переносных заземлений, проверку отсутствия напряжения на токоведущих частях, наложение заземления (вывешивается плакат «Работать здесь»).

Переносные заземления, предназначенные для защиты работающих людей от поражения током при ошибоч-

ной подаче напряжения, устанавливают на токоведущие части всех фаз данной электроустановки, на все ее присоединения, по которым может быть подано напряжение. Переносные заземления — самые надежные меры защиты работающих от ошибочно поданного напряжения, причем достаточно наложения с каждой стороны одного комплекта заземления.

В закрытых распределительных устройствах переносные заземления накладывают на отключенные токоведущие части в установленных для этого местах, которые очищают от краски и обозначают черными полосами. Места для присоединения переносных заземлений к заземляющей проводке (к «земле») очищают от краски и приспособливают для закрепления струбцины переносного заземления или болтового зажима («барашка»).

Операции по наложению переносных заземлений может выполнять оперативный персонал с квалификационной группой не ниже IV с участием второго лица с квалификационной группой не ниже III.

В отдельных случаях при обслуживании электроустановки одним лицом с квалификационной группой не ниже IV ему разрешается устанавливать переносные заземления в установках напряжением до 1000 В, а также включать и отключать заземляющие ножи в распределительных устройствах напряжением выше 1000 В и накладывать переносные заземления на выводы отключенных воздушных линий напряжением до 35 кВ. Переносные заземления накладывают в резиновых перчатках с помощью штанги сразу после проверки отсутствия напряжения, причем перед проверкой накопечник переносного заземления должен быть уже присоединен к «земле» (заземляющей проводке).

Технические мероприятия выполняет допускающий к работе электромонтер из числа оперативного персонала с квалификационной группой не ниже IV на установках напряжением выше 1000 В и не ниже III на установках напряжением до 1000 В.

Ремонтируемые участки электросети или оборудование необходимо отключать со всех сторон, откуда может быть подано напряжение, причем разрывы цепи должны быть видимыми (разъединители, выключатели нагрузки, вынутые предохранители и т. п.). Отсутствие напряжения определяют специальным указателем напряжения. Нельзя давать заключение об отсутствии напряжения

по показаниям установленных приборов или сигнальных устройств, которые могут оказаться неисправными.

Неотключенные части, к которым можно прикоснуться на время работы, ограждают переносными щитами, на которых вывешивают плакаты «Стоять — опасно для жизни» (для установок до 1000 В) или «Стоять — высокое напряжение» (для установок выше 1000 В).

К организационным мероприятиям относят: оформление производства работ нарядом или распоряжением; допуск к работе бригады; надзор во время работы и оформление перерыва и окончания работ.

Все работы на электроустановках выполняют по письменному распоряжению — наряду, в котором указывается место, начало и окончание работы, условия ее безопасного проведения, состав бригады и работники, ответственные за безопасность производства работ. По наряду проводят работы с полным или частичным снятием напряжения с ремонтируемого участка, а также выполняемые без снятия напряжения вблизи токоведущих частей и на токоведущих частях, находящихся под напряжением.

Ответственными за безопасность производства работ являются: работники, выдающие наряд или распоряжение; ответственный руководитель работ; допускающий к работе — лицо оперативного персонала; производитель работ и рабочие бригады.

Право выдачи наряда и распоряжения имеет работник электротехнического персонала, назначенный приказом главного инженера и имеющий квалификационную группу не ниже IV на электроустановках до 1000 В и не ниже V на электроустановках выше 1000 В. Допуск к работе обычно выдает работник оперативного персонала с квалификационной группой не ниже III на электроустановках до 1000 В и не ниже IV на электроустановках выше 1000 В.

При допуске бригады допускающий вместе с руководителем работ проверяет правильность подготовки рабочего места. Он указывает бригаде место работы и сначала контролирует указателем напряжения, предварительно проверив его исправность, затем касанием руки отсутствие напряжения, а также дает необходимый инструктаж по технике безопасности и вручает один экземпляр наряда. Надзор ведет производитель работ (или наблюдающий), который безотлучно находится с бригадой.

По окончании работ члены бригады убирают рабочее место, затем его осматривает руководитель работ, и наряд сдается оперативному персоналу. Наряд закрывается подписью производителя и руководителя работ, а также работника оперативного персонала после осмотра всеми рабочего места.

При осмотре проверяют, нет ли на рабочем месте людей, посторонних предметов, инструментов, переносных заземлений и временных ограждений, а также установку ремонтной бригадой постоянных ограждений и уборку территории.

Электроустановку включают только после закрытия нарядов.

По устному распоряжению, без наряда, производят работы без снятия напряжения вдали от токоведущих частей, а также небольшие по объему работы со снятием или без снятия напряжения, выполняемые оперативным персоналом или под его наблюдением. Без снятия напряжения вдали от частей, находящихся под напряжением, можно выполнять по распоряжениям следующие работы:

уборку, проезд автомашин, погрузку и разгрузку грузов на территории открытых РУ; уборку коридоров РУ, помещений и щитов управления;

ремонт арматур освещения и замену ламп, расположенных вне камер и ячеек РУ;

ремонт строительной части зданий РУ, покрытий кабельных каналов, ремонт дорог, заборов и т. д.;

надзор за сушкой отключенных трансформаторов, проверку воздухоосушительных фильтров масляных трансформаторов;

монтаж, проверку, регулировку, снятие для ремонта и установку измерительных приборов, реле, автоматики (до 1 кВ), а также работу на приводах и в цепях вторичной коммутации.

Первые четыре вида работ производятся одним работником оперативного персонала с квалификационной группой не ниже III, а последний вид — одним рабочим оперативного персонала с квалификационной группой не ниже IV. Закрытые наряды хранят один месяц для контрольной проверки.

До возвращения производителем работ наряда с отметкой о полном окончании оперативный персонал не имеет права включать выведенное для ремонта электрооборудование или электросеть. В аварийных случаях

оперативный персонал может включить электрооборудование в присутствии бригады без получения наряда обратно, но с соблюдением следующих условий:

временные ограждения, заземления и плакаты должны быть сняты;

постоянные ограждения установлены на место;

плакаты «Работать здесь» должны быть заменены плакатами «Стой — высокое напряжение»;

до прибытия производителя работ и возвращения им наряда в местах выполнения работ должны быть расставлены люди для предупреждения производителя работ и членов бригады о том, что включена электроустановка и возобновление работ недопустимо.

Кроме перечисленных работ при необходимости оперативный персонал может без наряда по распоряжению выполнять небольшие и непродолжительные работы (до 1 ч) как со снятием, так и без снятия напряжения. Так, со снятием напряжения и наложением заземления разрешается присоединение (отсоединение) кабеля, питающего электродвигатель, переключение ответвлений (анцапф) у силового трансформатора, подтяжка контактов на шинах и оборудовании, доливка масла в аппараты. Эти работы производит оперативный персонал — не менее двух человек с квалификационной группой не ниже III.

Без снятия напряжения на токоведущих частях, находящихся под напряжением, без установки переносных заземлений разрешаются: работы на кожухах оборудования; измерение нагрузки токоизмерительными клещами; проверка штангой с помощью куска воска нагрева контактов; доливка и взятие проб масла и др. Эти работы выполняют двое рабочих вместе с работниками оперативного персонала с квалификационной группой не ниже IV, которые осуществляют непрерывный надзор за производством работ. При этом выполняются все необходимые мероприятия для обеспечения безопасности.

§ 46. Противопожарные мероприятия на производстве

Пожар приносит огромный материальный ущерб. В одних случаях он возникает из-за нарушений противопожарной безопасности при строительстве зданий и сооружений, в других — является результатом нару-

шения противопожарной безопасности при эксплуатации сооружений.

Причинами пожара в электроустановках являются: искрение в электрических машинах и аппаратах; токи короткого замыкания и перегрузки, приводящие к воспламенению изоляции;

искрение от электростатических разрядов и ударов молнии;

плохие контакты в соединении проводов;

электродуга между контактами аппаратов;

электродуга при сварочных работах;

перегрузка и неисправность обмоток трансформатора при отсутствии токовой, тепловой или газовой защиты;

аварии с маслонаполненными аппаратами, сопровождающиеся выбросом продуктов разложения масла и смесей их с воздухом.

Причинами пожаров неэлектрического характера могут быть:

неосторожное обращение с огнем при газосварочных работах или с паяльной лампой;

неисправности печей и отопительных приборов;

неисправности производственного оборудования (нагрев подшипников, механическое искрение);

самовоспламенение некоторых материалов.

Помещения, в которых используются или хранятся горючие вещества, называются пожароопасными и подразделяются на классы, указанные в первой главе.

Опасными в пожарном отношении являются также баллоны с горючими газами, например кислородом, ацетиленом. Их хранят отдельно от других материалов и в специально устроенных зданиях или сооружениях.

Все производственные помещения и пожароопасные установки на открытом воздухе должны быть обеспечены средствами пожаротушения — кранами системы противопожарного водопровода, химическими огнетушителями, ящиками с песком, баграми, топорами, ведрами и др. Для тушения пожара в закрытых помещениях используют воду, водяной пар, химическую пену, сухой песок, а для небольших очагов — асбестовую или грубошерстную ткань для наброса.

Вода является наиболее распространенным средством для тушения. Однако ее нельзя применять при тушении легковоспламеняющихся жидкостей (бензин, керосин, масла), так как она имеет большую плотность и, скапливаясь под жидкостью, увеличивает горящую

поверхность. Нельзя использовать воду для тушения находящихся под напряжением электроустановок во избежание поражения электрическим током через струю воды.

Из химических средств пожаротушения широко применяют углекислоту. Ее используют и в электроустановках под напряжением из-за безопасности в отношении поражения электротоком.

К первичным средствам пожаротушения относят пенные огнетушители ОП-5, углекислотные ОУ-2, ОУ-5 и ОУ-8, а также углекислотно-бромэтиловые ОУБ-3 и ОУБ-7 вместимостью 3 и 7 л соответственно.

Ручной огнетушитель ОП-5 предназначен для тушения химической пеной (в течение 1 мин) различных материалов на небольшой площади горения. Для приведения в действие необходимо поднять его рукоятку до отказа, повернуть баллон вверх дном и направить струю из сопла в место горения.

Ручные углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5 и ОУ-8 вместимостью соответственно 2, 5 и 8 л приводятся в действие открытием запорного вентиля с помощью маховичка.

На предприятиях применяют технические мероприятия для устранения причин пожара. Электрические машины с нормально искрящимися частями устанавливают на расстоянии не менее 1 м от места скопления горючих веществ и отделяют несгораемым экраном. Щитки и выключатели осветительных цепей выносят из пожароопасных помещений. Распределительные устройства, щиты и шкафы напряжением до 1000 В и выше устанавливают в пожароопасном помещении только в закрытом и защищенном исполнении. Трансформаторы выбирают с сухим или негорючим заполнением. Изоляцию проводов электропроводок используют на напряжение не ниже 500 В. Кабели прокладывают без джутовой оплетки, а конструкции под них выполняют из негорючего материала.

Предохранители с плавкими вставками, рассчитанными на большой ток отключения (особенно некалиброванные), в электросетях напряжением до 1000 В являются причиной нагрева проводок и обмоток электромашин до недопустимых пределов при неисправности электросети. Это приводит к возгоранию изоляции проводов и кабелей, переходящему в пожар.

При начале пожара дежурный персонал обязан свое-

временно сообщить о пожаре в пожарную охрану и администрации и принять неотложные меры, т. е. прежде всего отключить напряжение с установок аварийного участка и использовать первичные подручные средства пожаротушения (огнетушители, песок, кошму). Если на предприятии или подстанции установлены стационарные огнегасительные установки и пожар нельзя потушить индивидуальными средствами, немедленно включают эти установки. При появлении пострадавших от ожогов им немедленно оказывают первую доврачебную помощь, а затем направляют в лечебное учреждение.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Паспорт № _____
заземляющего устройства _____

1. Проект выполнен _____
(наименование проектной организации)
2. Дата выполнения заземляющего устройства _____
3. Дата включения в работу _____

I. Основные данные

1. Место заложения заземления _____
2. Характеристика грунта _____
3. Тип электрода _____ Количество электродов _____ шт.
4. Размеры электрода: длина _____ м; наружный диаметр _____ мм
5. Глубина забивки (заложения) электродов _____ м
6. Расстояние между электродами _____ мм
7. Соединительные полосы: материал _____; ширина _____ мм;
толщина _____ мм
8. Глубина заложения полос контура _____ мм

Примечания: _____

II. Данные испытаний

Наименование величин	Размерность	Проектные данные	Дата			
1. Установившийся ток к. з. на стороне _____ кВ	А					
2. Сопротивление заземляющего устройства	Ом					
3. Максимальный потенциал заземляющего устройства	В					

Норма расхода материалов и запасных частей при текущем ремонте

Наименование	Единица измерения	Количество на 10 единиц одготипного оборудования
<i>Разъединители</i>		
Опорные изоляторы	шт.	3
Контактные ножи	компл.	1
Контакты	»	1
<i>Масляные выключатели</i>		
Опорные или проходные изоляторы	компл.	1
Щетки неподвижного рабочего контакта	»	1
Пружины	»	1
Катушки к приводам	шт.	1
<i>Силовые трансформаторы</i>		
Проходные изоляторы	компл.	1
Проходные втулки	»	1
Газовые реле	шт.	1

Приложение 4

Норма расхода материалов и запасных частей при капитальном ремонте

Наименование	Единица измерения	Количество на 10 единиц одготипного оборудования
<i>Разъединители</i>		
Опорные изоляторы	шт.	6
Контакты	компл.	2
Контактные ножи	»	3
<i>Масляные выключатели</i>		
Подвижные и неподвижные контакты	компл.	5
Проходные втулки	»	3
Опорные или проходные изоляторы	»	3
Искрогасительные контакты	»	3
Щетки неподвижного рабочего контакта	»	3
Палец неподвижного рабочего и дугогасительного контактов	»	3
Пружины	»	3
Катушки к приводам	шт.	3

Наименование	Единица измерения	Количество на 10 единиц однотипного оборудования
<i>Силовые трансформаторы</i>		
Обмотки:		
высокого напряжения	компл.	2
низкого напряжения	»	2
Проходные изоляторы	»	2
Проходные втулки	»	2
Газовое реле	шт.	2
Радиаторный кран	»	2
Термосигнализатор	»	1

Приложение 5

Изготовление обмотки ВН для трансформатора мощностью 160 кВ·А напряжением 10/0,4 кВ

Порядок изготовления обмотки	Инструмент, материал
1. Подготовить бакелитовый цилиндр, для чего проверить его состояние и размеры, укрепить на станке. При отсутствии готового выполнить цилиндр из электрокартона длиной больше длины обмотки на 32 мм	Измерительная линейка, электрокартон ЭМЦ толщиной 1,5—2 мм
2. Подготовить изоляционный материал для межслоевой изоляции. Послоевую изоляцию выполнить из электрокартона толщиной, равной диаметру провода (или толщине витка); готовую изоляцию обмотать телефонной бумагой	Ножницы, кабельная бумага толщиной 0,1 мм, электрокартон ЭМЦ толщиной 0,5 мм, телефонная бумага толщиной 0,05 мм
3. Установить катушку с проводом на вертушку, отрегулировать натяжение провода	Вертушка, обмоточный провод ПБ диаметром 1,45/1,75 мм
4. Установить торцевой уравнильный пояс на цилиндр вплотную к щеке шаблона, изогнуть вывод провода под прямым углом, изолировать его и закрепить, продеть отвод через вырез в шаблоне и закрепить последний на планшайбе обмоточного станка, наматывать один слой катушки, уплотняя ее витки в осевом направлении клином и обернуть первый слой обмотки слоями кабельной бумаги	Ленты (киперная, лакоткань), молоток, фибровый клин, кабельная бумага толщиной 0,1 мм

Порядок изготовления обмотки	Инструмент, материал
<p>5. Намотать поочередно слои обмотки, при этом каждый переход из слоя в слой должен отставать на одну треть окружности. В конце каждого слоя (за два-три витка до конца) устанавливают уравнивающий поясок (так же как в п. 4), а между слоями — буковые планки в соответствии с расчетной запиской. При выполнении отводов на буковых планках отмечают согласно расчетной записке места их выхода</p>	<p>Ручные ножницы по металлу, буковые планки с коробочками из электрокартона</p>
<p>6. Выполнить отводы в соответствии с расчетной запиской, при этом их сечение должно составлять не менее 1,5—2 сечений обмоточного провода при его диаметре до 1 мм и 1,2—1,25 — при диаметре более 1 мм. Заизолировать конец катушки лентой вполуперекрытие слоев, продеть его в ленточную петлю и затянуть ее. Отрезать конец ленты, наложить кабельную бумагу вполуперекрытие слоев на верхний слой обмотки и зачистить изоляцию на ее концах</p>	
<p>7. Снять обмотку со станка, для чего связать ее в осевом направлении в трех-четыре местах лентой и закрепить в этих местах прокладками из электрокартона</p>	<p>Молоток</p>
<p>8. Пропитать обмотку лаком не менее 15 мин и дать ему стечь (в течение 15—20 мин). Просушить обмотку в течение 5—6 ч при 100° С, запечь обмотку, покрытую лаком, в течение 18—20 ч при 85—90° С и продуть горячим воздухом, вынуть обмотку из печи и остудить ее</p>	<p>Установка для пропитки и сушки, глифтальный лак ГФ-95</p>

Утверждаю

« » _____ 19 г.

 (наименование предприятия)
 Составлен « » _____ 19 г.

АКТ

приемки из капитального ремонта трансформатора

Мощность _____ кВ·А, инвентарный № _____, напряжение
 _____ кВ, тип _____, завод-изготовитель _____,
 заводской № _____

При приемке установлено:

1. Трансформатор проработал с начала эксплуатации до настоя-
 щего ремонта _____ лет, с момента окончания предыдущего ремон-
 та _____ лет.

2. Ремонт выполнен за время с _____ 19 г.

3. Ремонт проводился в помещении _____

вполне удовлетворяющем следующим требованиям: _____

4. За время ремонта была погода _____
 Резких изменений температуры наружного воздуха не было.

5. За время ремонта внутренняя часть трансформатора находилась
 на воздухе _____ ч, в масле _____ ч.

6. Ремонт выполнен за _____ календарных часов против плана
 _____ календарных часов.

7. На ремонт было затрачено всего _____ чел-ч против плана
 _____ чел-ч.

8. При приемке трансформатора из капитального ремонта уста-
 новлено:

а) при ремонте трансформатора были проведены следующие ра-
 боты (дается перечень основных работ, выполненных при ремонте)

б) не выполнены следующие работы, предусмотренные ведомостью
 объема работ (причины невыполнения) _____

9. Трансформатор прошел необходимые испытания и измерения
(номера и даты протоколов испытаний и измерений) _____

10. После ремонта трансформатора и наблюдения за его работой
в течение _____ ч и при нагрузке _____ кВ·А установлено:

а) произведенный ремонт выполнен (оценка) _____

б) состояние трансформатора после ремонта _____

в) трансформатор допускается для нормальной эксплуатации
(или с ограничением) с _____

Главный инженер _____ (подпись)

Начальник электроцеха (участка, электросети) _____
(подпись)

Руководитель ремонта _____
(подпись)

Приложение 7

Протокол № _____

Испытание резиновых _____ в количестве _____ пар
за № _____

Резиновые _____ испытывались на запас электрической
прочности напряжением _____ кВ в течение _____ минут и
замерялся ток утечки _____ мА

Испытания выдержали _____ пар за № _____

Забраковано _____ шт. за № _____

Пр и м е ч а н и е. Следующее испытание должно быть произведено
не позднее « _____ » _____ 19 _____ г.

Испытание производил _____

Нач. лаборатории _____

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Правила устройств электроустановок. М., 1986.

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М., 1986.

Строительные нормы и правила (СНиП). Ч. III. М., 1982.

Атабеков В. Б. Ремонт трансформаторов, электрических машин и аппаратов. М., 1987.

Зевин М. Б., Соколов В. Г. Справочное пособие молодого рабочего по надежности электроустановок. М., 1981.

Камнев В. Н. Ремонт устройств релейной защиты и автоматики. М., 1984.

Клоков Б. К. Обмотчик электрических машин. М., 1982.

Корнилов Ю. В., Крюков В. И. Обслуживание и ремонт электрооборудования промышленных предприятий. М., 1986.

Коротков Г. С., Членов М. Я. Ремонт оборудования и аппаратуры распределительных устройств. М., 1984.

Мандрыкин С. А., Филатов А. А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования станций и сетей. М., 1983.