РУКОВОДСТВО

ПО РЕВИЗИИ, НАЛАДКЕ И ИСПЫТАНИЮ ПОДЗЕМНЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ШАХТ

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР

Главное управление по эксплуатации, ремонту энергомеханического оборудования и связи Минуглепрома СССР

УТВЕРЖДЕНО
Главным управлением
по эксплуатации, ремонту
энергомеханического оборудования
и связи Минуглепрома СССР
18.02.88

РУКОВОДСТВО ПО РЕВИЗИИ, НАЛАДКЕ И ИСПЫТАНИЮ ПОДЗЕМНЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ШАХТ

Под редакцией
В.В. ДЕГТЯРЕВА, Л.В. СЕДАКОВА

Издание второе,
переработанное и дополненное

МОСКВА "НЕДРА" 1989

ББК 31.29 : 33.31
Р 85
УДК 621.311.4.07 (24) : 622.33.012.2

Составители:
В. А. ЧУМАКОВ, М. С. ГЛУХОВ, Э. Р. ОСИПОВ, В. Г. ШАТОХИН,
Л. В. СЕДАКОВ, В. В. ДЕГТЯРЕВ, В. Г. ШЕРЕМЕТЬЕВ,
Д. М. СЛОБОДНИК

Р 85 **Руководство** по ревизии, наладке и испытанию подземных электроустановок шахт/Сост.: В. А. Чумаков, М. С. Глухов, Э. Р. Осипов и др. Под ред. В. В. Дегтярева, Л. В. Седакова. Утв. Минуглепромом СССР 18.02.88. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Недра, 1989. — 614 с.
ISBN 5—247—01224—0

Изложены принципы действия и конструктивные особенности современного электрооборудования и устройств защиты подземных электроустановок шахт. Приведены объем, нормы, прогрессивная технология, методы проведения работ по техническому обслуживанию, ревизии, наладке и испытанию электрооборудования на основе опыта передовых бригад монтажно-наладочных организаций и шахт Минуглепрома СССР. Даны указания по организации труда и технике безопасности при выполнении работ. Второе издание (1-е изд. — 1977) дополнено описанием принципиально нового, прогрессивного оборудования на напряжение 1140 В.

Для персонала энергомеханических служб объединений, шахт, монтажно-наладочных организаций и ремонтных предприятий.

Р $\frac{2501000000—072}{043\ (01)—89}$ 175—89 ББК 31.29:33.31

ISBN 5—247—01224—0

© Издательство «Недра», 1977
© Издательство «Недра», 1989, с изменениями и дополнениями

ВВЕДЕНИЕ

Для выполнения задач, поставленных перед угольной промышленностью в двенадцатой пятилетке, будет продолжено техническое перевооружение предприятий отрасли и на этой основе значительно повышена производительность и улучшены условия труда.

Благодаря созданию и широкому применению высокопроизводительных горных машин и механизмов, комплексной автоматизации технологических процессов добычи угля и подготовительных работ существенно меняются показатели уровня электрификации угольной промышленности. Тенденция роста сохранится и в последующие годы.

В настоящее время на шахтах и разрезах в работе находятся:

электродвигатели переменного и постоянного тока общей мощностью более 23 000 тыс. кВт;

силовые трансформаторы I—IV габаритов общей мощностью около 13 000 тыс. кВ·А (в том числе шахтные передвижные подстанции в рудничном исполнении мощностью около 3000 тыс. кВ × × А);

комплектные распределительные устройства напряжением выше 1140 В (более 70 тыс. шт., в том числе взрывобезопасные около 500 тыс. шт.);

выключатели и пускатели в рудничном исполнении напряжением до 1140 В (около 500 тыс. шт.);

кабельные линии более 100 тыс. км, а также тысячи единиц аппаратов защиты, приборов измерения, контроля и др.

Залог ритмичной и производительной работы предприятий — полная электрификация отрасли и наряду с этим совершенная организация проведения и высокое качество работ по монтажу и техническому обслуживанию электроустановок, поддержание оптимального уровня и качества напряжения в распределительных сетях и на зажимах электроприемников, а также безопасность, безотказность и долговечность электрического оборудования, аппаратуры и кабелей.

В угольной промышленности на монтаже и техническом обслуживании электроустановок занято более 70 тыс. человек, однако по ряду причин организационного, горно-геологического и технического характера аварийность электроустановок остается все еще высокой и наносит значительный экономический ущерб производству.

В связи с совершенствованием существующего и внедрением нового электрооборудования, переводом высокопроизводительных

участков на электроснабжение напряжением 1140 В и повышением требований к техническому обслуживанию электрооборудования возникла необходимость переиздания данного Руководства.

Во 2-м издании Руководства обобщен и достаточно полно изложен нормативный материал и накопленный опыт технического обслуживания рудничного электрооборудования, учтены замечания и предложения заинтересованных организаций Минуглепрома СССР. Руководство должно способствовать повышению квалификации и производительности труда электротехнического персонала шахт и специализированных организаций, безопасности и качества проведения работ, снижению числа аварий и простоев технологических звеньев.

Учитывая, что такие нормативные документы, как Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах, Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт, Правила устройства электроустановок, Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей, Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей, Нормы испытаний электрооборудования, известны и широко распространены, в данном Руководстве повторение содержащихся в них положений и требований сведено к минимуму. Твердое знание этих документов было и остается основой квалифицированного и безопасного производства работ в электроустановках.

При подготовке Руководства широко использовалась специальная научно-техническая литература: ГОСТы, ОСТы, Технические условия, Строительные нормы и правила; решения, указания и эксплуатационные циркуляры Госэнергонадзора и Технического управления по эксплуатации энергосистем Минэнерго СССР; инструкции по монтажу и эксплуатации, конструкторская документация и другие материалы институтов-разработчиков и заводов — изготовителей рудничного электрооборудования; опубликованные труды научно-исследовательских и проектных институтов Минуглепрома СССР, а также горных и политехнических институтов Министерства высшего и среднего специального образования СССР; приказы, директивные письма и нормативно-техническая документация Минуглепрома СССР. В тексте Руководства даны ссылки на соответствующие источники.

В целях последующего накопления и обобщения опыта по техническому обслуживанию, ревизии, наладке и испытанию подземных электроустановок шахт, а также учета пожеланий специалистов замечания и предложения по данному Руководству просим направлять в Главное управление по эксплуатации, ремонту энергомеханического оборудования и связи Минуглепрома СССР.

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И ТЕРМИНЫ

ПБ — Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах
ПТЭ — Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт
ПТЭ и ПТБ — Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей
Нормы — Объем и нормы испытания электрооборудования
ПУЭ — Правила устройства электроустановок
СНиП — Строительные нормы и правила
ТУ — Технические условия
ТО — техническое обслуживание
РНИ — ревизия, наладка и испытание
ПО — производственное объединение
ТБ — техника безопасности
ВТБ — участок вентиляции и техники безопасности
ВМП — вентилятор местного проветривания
РУ — распределительное устройство
КРУ — комплектное распределительное устройство
КРА — контакторно-релейная аппаратура
ВН, НН — высшее и низшее напряжения соответственно
РУВН, РУНН — РУ высшего и низшего напряжения соответственно
«Автомат» — автоматический выключатель
КТП — комплектные трансформаторные подстанции передвижные
АТП — автоматическая тяговая подстанция
МТЗ — максимальная токовая защита
ЦПП — центральная подземная подстанция
ГПП — главная понизительная подстанция
РПП — подземный распределительный пункт
УПП — подземная участковая трансформаторная подстанция
ПУПП — передвижная УПП
к. з. — короткое замыкание
т. к. з. — ток к. з.
АПВ — автоматическое повторное включение
АВР — автоматический ввод резерва
БРУ — блокировочное реле утечки
ЭМС — энергомеханическая служба
«Должно», «необходимо», «следует» — обязательность выполнения операций, работ, требований и т. п.
«Как правило» (в сочетании со словами «должно», «необходимо», «следует») — данное решение лучшее и поэтому должно применяться в большинстве случаев
«Рекомендуется» — данное решение одно из лучших, но не обязательное
«Допускается» — решение удовлетворительное, а в ряде случаев вынужденное

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. НЕКОТОРЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Подземные электроустановки шахт — совокупность рудничного электрооборудования, размещенного в специально предназначенных для него местах (камерах, нишах и т. п.) горных выработок угольных и сланцевых шахт.

Рудничное электрооборудование — совокупность рудничных электротехнических изделий (устройств) специального назначения: для выполнения заданной работы в шахтах, на рудниках, разрезах и горно-обогатительных предприятиях (по ГОСТ 18311—80).

Рудничное электротехническое изделие (устройство) — это изделие (устройство), предназначенное для производства, преобразования, распределения, передачи и использования электрической энергии или для ограничения возможности ее передачи в шахтах, рудниках, разрезах и на горно-обогатительных предприятиях (по ГОСТ 18311—80).

Техническое обслуживание — комплекс операций (осмотр, проверка, ревизия, наладка и испытание) или операция по поддержанию работоспособности или исправности изделия при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировании (по ГОСТ 18322—78).

Операция технического обслуживания (в соответствии с ГОСТ 3.1109—82) — законченная часть технического обслуживания составной части изделия, выполняемая на одном рабочем месте исполнителем определенной специальности.

Осмотр — оценка в пределах доступности по внешним признакам состояния, условий размещения и содержания электроустановок (изделий). Осмотр производится без вскрытия оболочек и разборки изделий.

Проверка — сравнение по характерным функциональным признакам фактического состояния и режимов работы изделий и их узлов с параметрами, установленными проектом, техническим паспортом, ПБ, ПТЭ, ПУЭ или Нормами. В зависимости от поставленной задачи проверку производят как без вскрытия оболочек (проверка зазоров «Взрыв», срабатывания защиты встроенной кнопкой и т. д.), так и со вскрытием — визуально, на слух, на ощупь и с помощью средств измерения и контроля.

Ревизия — осмотр и поэлементная проверка электроустановки (изделия) с разборкой и без разборки отдельных узлов и деталей, производимая в целях выявления необходимости наладки или

определения срока и объема ремонта или замены. Ревизией неустановленного оборудования предусматривается обеспечение дальнейшей его сохранности или решение вопроса о пригодности к монтажу.

Наладка — выявление и приведение фактических отклонений от режима работы, конструктивных и схемных решений, установленных для объекта наладки, в соответствие с техническими условиями, проектом, ПБ, ПТЭ, ПУЭ, Нормами и заводскими инструкциями. Наладка обеспечивает четкое взаимодействие и срабатывание механических узлов деталей, устройств защиты и управления, надежность, безопасность и экономичность последующей эксплуатации. Наладке предшествуют осмотр, проверка и ревизия электроустановки.

Испытание — измерение по специальным программам и методикам физических величин; исследование нагрузочных характеристик; анализ диэлектрических свойств изоляции и других параметров испытуемого изделия в целях выявления скрытых дефектов, ошибок монтажа и наладки, отклонений от установленных нормируемых показателей, пригодности его использования в заданных режимах и условиях.

Техническое обслуживание при использовании — обслуживание при подготовке и в процессе использования по назначению.

Метод технического обслуживания — совокупность технологических и организационных правил выполнения операций технического обслуживания.

Регламентированное техническое обслуживание — техническое обслуживание, предусмотренное в нормативно-технической документации и выполняемое с периодичностью и в объеме, установленными в ней, независимо от технического состояния изделия в момент начала технического обслуживания.

Периодическое техническое обслуживание — техническое обслуживание, выполняемое через установленные в эксплуатационной документации значения наработки или интервалы времени.

1.2. ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Период эксплуатации подземных электроустановок (изделий) от поступления их к потребителю до списания состоит из последовательно чередующихся стадий: хранения на складах, подготовки к монтажу, монтажа, использования по назначению, технического обслуживания и ремонта, капитального ремонта.

Одна из основных и наиболее важных стадий периода эксплуатации — использование по назначению. На этой стадии проводят техническое обслуживание при подготовке к использованию (ТО перед спуском в шахту) и техническое обслуживание при использовании по назначению (ТО в шахте), которое согласно Положению о планово-предупредительной системе технического обслу-

живания и ремонта оборудования угольных и сланцевых шахт Министерства угольной промышленности СССР (Положение о ППР) и § 469 ПБ состоит из следующих видов: ТО-1 — ежесменного; ТО-2 — ежесуточного; ТО-3 — еженедельного. Кроме того, согласно требованиям ПБ (§ 469 и 477) рудничное электрооборудование должно подвергаться ежеквартальной ревизии.

При ТО-1 производят в основном операции осмотра и проверки без вскрытия оболочек; при ТО-2 — дополнительно к ТО-1 операции ревизии без вскрытия оболочек; при ТО-3 — дополнительно к ТО-2 операции ревизии и наладки с частичным вскрытием оболочек.

В системе технического обслуживания подземных электроустановок шахт Минуглепрома СССР существует также особый вид ТО электроустановок шахт, сложившийся в результате многолетней практики — *ревизия, наладка и испытание* (*РНИ*), называемый кратко «наладка».

1.3. РЕВИЗИЯ, НАЛАДКА И ИСПЫТАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

По содержанию РНИ относится к виду ТО, определенному по ГОСТ 18322—78 как периодическое и регламентированное техническое обслуживание специализированной организацией. Этот вид ТО соответствует основному направлению, отраженному в Положении о ППР, согласно которому должен осуществляться постепенный переход на выполнение всего комплекса работ по монтажу, демонтажу и ремонтно-наладочным работам всего оборудования шахт силами специализированных организаций.

Различают три разновидности РНИ: *пусковую* — ввод после монтажа, *периодическую* — в процессе эксплуатации и *внеочередную* — после аварии или при угрозе аварии. На практике имеет место также предпусковая РНИ, которая аналогична ТО при подготовке к использованию, т. е. перед спуском в шахту.

Периодические РНИ подземных электроустановок (устройств) проводят, как правило, в четыре этапа, каждый из которых характеризуется общими и дополнительно выполняемыми работами.

1-й этап. Осмотр и проверка без снятия напряжения и без вскрытия корпусов и оболочек электрооборудования:

а) ознакомление с соответствующей технической и другой документацией на электроустановку;

б) проверка правильности применения (выбора) электроустановки и выполнение необходимых поверочных расчетов;

в) осмотр горной выработки, где смонтирована электроустановка, и средств индивидуальной защиты и пожаротушения;

г) проверка правильности монтажа электроустановки;

д) осмотр и проверка состояния заземляющих устройств;

е) осмотр корпусов, оболочек, вводных устройств, знаков исполнения и пломб, кабелей и кабельной арматуры, изоляторов и т. д.

2-й этап. Осмотр, проверка и ревизия со снятием напряжения и частичным вскрытием оболочек в периоды технологических перерывов. На этом этапе используют методы, применяемые на 1-м этапе, и методы инструментальной проверки (приборы, специнструмент и т. п.) и выполняют:

а) проверку состояния разъемных и неразъемных соединений;

б) ревизию средств взрывозащиты;

в) проверку вводных устройств (кабельных вводов) корпусов и оболочек, изоляторов, пломб и т. д.;

г) измерение сопротивления заземляющих устройств;

д) измерение отдельных электрических параметров;

е) проверку полупроводниковых приборов;

ж) проверку монтажа электрических цепей;

з) ревизию КРА;

и) осмотр, проверку и ревизию устройств защиты;

к) проверку и испытание изоляции;

л) контрольную проверку работоспособности электротехнических устройств (циклы В—О).

3-й этап. Осмотр, проверка, ревизия, наладка и испытание с полным снятием напряжения, вскрытием оболочек и корпусов, с частичной или полной (при необходимости) разборкой узлов или деталей с использованием всех приемлемых и требуемых для выполнения данного вида работ (операций) методов. Кроме всех операций, перечисленных для 2-го этапа, но проводимых для труднодоступных узлов и деталей, дополнительно осуществляют:

а) измерение всех требуемых для данного устройства электрических, механических, скоростных, временных и других параметров;

б) предварительную наладку и регулировку всех узлов и деталей изделия;

в) полную проверку и испытание устройств защиты.

4-й этап. Заключительные операции по наладке, регулировке, комплексному испытанию, опробованию электроустановки (циклы В—О и т. п.) и введению ее в рабочий режим.

При проведении пусковых РНИ этапы сохраняются только по своему целевому содержанию и физическому объему (осмотры, проверки, ревизии, наладки и испытания), последовательность и методы выполнения работ (операций) зависят от планов производства и графиков электромонтажных работ.

1.4. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ТО И РНИ

Основная цель системы ТО подземных электроустановок (электромеханических изделий) — обеспечение их безотказной, безаварийной и безопасной работы в процессе производства в заданных по условиям технологии режимах.

К главным задачам ТО и РНИ электроустановки относятся: проверка работоспособности всех составных ее частей;

выявление и устранение неисправностей;

контроль и поддержание предусмотренных проектом и заводской документацией технических параметров электрооборудования в требуемых пределах;

увеличение срока службы электрооборудования, повышение технической культуры эксплуатации;

предупреждение пожаро- и взрывоопасных ситуаций;

внедрение новых технических решений на основе передового опыта эксплуатации оборудования;

накопление и систематизация передового опыта.

1.5. ОБЪЕМ И ПЕРИОДИЧНОСТЬ ТО И РНИ

Объемы всех видов ТО согласно Положению о ППР устанавливает энергомеханическая служба объединения и шахты на основании состава работ и технологии их выполнения, приведенных в технологических картах, настоящем Руководстве и других нормативных документах, действующих в отрасли. При этом обязательно должны быть учтены требования § 469, 476 ПБ и заводских инструкций по эксплуатации электрооборудования.

ТО-1 выполняют дежурные электрослесари участка и операторы машин и механизмов в течение смены, между сменами и в периоды технологических простоев электроустановок (технологических механизмов).

ТО-2 осуществляют ремонтные электрослесари с привлечением операторов технологических механизмов и рабочих производственных процессов под руководством электротехнического персонала участка (механика участка или замещающего его лица).

ТО-3 производят в ремонтные смены ремонтные электрослесари, постоянно обслуживающие подземные электроустановки, и работники ЭМС участка под контролем главного энергетика шахты или назначенного им лица.

В настоящем Руководстве приведены объемы всех видов РНИ, однако расширение их объемов допускается.

Периодические РНИ для крупных подземных электроустановок (подстанций и приравненных к ним распределительных пунктов) проводят, как правило, ежегодно.

Пусковые и периодические РНИ выполняют в объемах, установленных настоящим Руководством. Для вновь выпускаемого шахтного электрооборудования, не отраженного в настоящем Руководстве, работы по РНИ должны производиться в объемах требований заводских инструкций.

Внеочередные РНИ в зависимости от поставленных задач можно производить в полном или сокращенном объеме.

Все указанные выше виды ТО и РНИ состоят из тех или иных видов операций, определения которых приведены в разд. 1.1, а периодичность их проведения — в табл. 1.1. Как следует из таблицы, выполнение всех без исключения операций обязательно только для пусковых (предпусковых) РНИ.

Таблица 1.1

Периодичность основных операций по ТО и РНИ рудничного электрооборудования

Объект ТО	Работа (операция)	Периодичность (виды ТО)
Горная выработка (камера, ниша и т. п.), в которой смонтировано электрооборудование	Осмотр	При всех видах ТО и РНИ
Правильность применения электрооборудования	Проверка	При всех видах РНИ
	Поверочный расчет	При необходимости
Правильность монтажа	Осмотр	При пусковых РНИ
Корпуса, оболочки, разъемные и неразъемные соединения	»	При всех видах РНИ и ТО
	Проверка	При всех видах ТО, кроме ТО-1 и ТО-2
Средства индивидуальной защиты и пожаротушения	Осмотр	При всех видах ТО и РНИ
Знаки исполнения, пломбы	»	То же
Кабельные вводы (вводные устройства)	»	»
	Ревизия	При всех видах ТО, кроме ТО-1, ТО-2
Средства взрывозащиты (оболочки, вводные устройства, зазоры «Взрыв» и т. д.)	Осмотр	При всех видах ТО и РНИ
	Проверка	При всех видах ТО, кроме ТО-1, ТО-2, ТО-3
	Ревизия	Не реже 1 раза в 3 мес и при всех видах РНИ
	Наладка	То же
Устройства заземления	Осмотр	При всех видах ТО и РНИ
	Проверка	При всех видах ТО, кроме ТО-1, ТО-2, ТО-3
	Испытание	Не реже 1 раза в 3 мес и при всех видах РНИ
Изоляция токоведущих частей	Осмотр	При всех видах ТО, кроме ТО-1, ТО-2, ТО-3
	Испытание	При всех видах РНИ, но не реже 1 раза в год
Электрические цепи (схемы)	Осмотр	При всех видах РНИ
	Проверка	При всех видах ТО, кроме ТО-1, ТО-2, ТО-3
	Ревизия	При всех видах РНИ
	Наладка	При пусковых РНИ, при периодических — по необходимости
	Испытание	То же
Кабели и кабельная арматура	Осмотр	При всех видах ТО, кроме ТО-1
	Проверка	При всех видах ТО, кроме ТО-1 и ТО-2
	Испытание	При пусковых РНИ
Полупроводниковые приборы (устройства, блоки и т. п.)	Осмотр	При всех видах ТО, кроме ТО-1 и ТО-2
	Проверка	То же, при необходимости
	Испытание	При пусковых (предпусковых) РНИ

Окончание табл. 1.1

Объект ТО	Работа (операция)	Периодичность (виды ТО)
Контакторно-релейная аппаратура (КРА)	Осмотр	При всех видах ТО, кроме ТО-1, ТО-2
	Проверка	То же
	Ревизия	При всех видах РНИ
	Наладка	То же
	Испытание	»
Блокировочные устройства (механические)	Осмотр	При всех видах ТО и РНИ
	Проверка	То же
	Ревизия	При всех видах РНИ
	Наладка	То же
Устройства электрических защит, блокировок и автоматики	Осмотр	Для отдельно стоящих устройств при всех видах ТО и РНИ, для встроенных — кроме ТО-1, ТО-2, ТО-3
	Проверка	При всех видах ТО и РНИ
	Ревизия	При всех видах РНИ
	Наладка	То же
	Испытание	При всех видах РНИ, но не реже 1 раза в 6 мес для аппаратов на $U_{ном} \leqslant 1140$ В и не реже 1 раза в 12 мес для аппаратов на $U_{ном} > 1140$ В

Примечания: 1. Термин «Предпусковые РНИ», принятый в Руководстве, соответствует термину «ТО перед спуском в шахту», принятому в заводских инструкциях. 2. Конкретное содержание осмотров, проверок, ревизий, наладок и испытаний, а также дополнительные виды и наименования РНИ и ТО приведены в соответствующих разделах Руководства. При этом периодичность их проведения, отличающаяся от указанной в табл. 1.1 или не указанная в ней, оговорена особо.

В настоящем Руководстве изложены работы по ТО и РНИ в полном их объеме, без указания сроков их проведения. Периодичность отдельных операций, не названных в табл. 1.1, но проводимых на электротехнических изделиях конкретных типов (видов или серий), оговорена при их описании особо.

1.6. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОИЗВОДСТВО ТО И РНИ

РНИ и ТО подземных электроустановок (изделий) в зависимости от конкретных горно-геологических и организационно-технических условий (категорий, способа проветривания, рабочего режима электроустановки, наличия резерва изделий, степени трудоемкости их замены, состава работ по ТО и т. п.) и их местонахождения производят на месте монтажа электроустановки (изделия), либо в специально отведенных в шахте местах, или на поверхности (в электроцехах, лабораториях специализированных организаций и ремонтных предприятий).

Весь комплекс работ по ТО и РНИ действующих подземных электроустановок организует и контролирует лицо, ответственное за электротехническое хозяйство шахты (главный энергетик, главный механик), в сроки, установленные требованиями § 469, 473, 475, 477 ПБ и Инструкциями к § 469 и 472 ПБ.

Общие принципы организации ТО определены Положением о ППР, частные вопросы организации и производства периодических и пусковых РНИ электроустановок — настоящим Руководством.

Общие вопросы организации работ по РНИ

По сложившейся в угольной промышленности практике пусковые и периодические (ежегодные) РНИ электрооборудования подстанций и приравненных к ним крупных распредпунктов напряжением выше 1140 В производят наладочные бригады специализированных организаций по графикам, утвержденным техническим директором ПО (главным инженером комбината, треста) за 3 мес до начала планируемого периода.

Графики составляют на основании договора (заказа), заключенного между ПО или предприятием (шахтой) и специализированной организацией. При составлении графиков и заключении договоров стороны руководствуются нормативно-техническими документами, действующими в отрасли.

Договоры, как правило, заключаются на год. На производство внеочередных РНИ заключают дополнительные договоры (заказы), согласованные с главным энергетиком ПО (комбината, треста). Изменения в годовой график заказчик может вносить с ведома главного энергетика (механика) ПО с обязательным письменным уведомлением исполнителя не менее чем за 45 дней до начала планируемого квартала.

В договоре должны быть отражены основные обязанности заказчика и исполнителя.

З а к а з ч и к о б я з а н:

а) обеспечивать персонал исполнителя жильем и необходимыми видами коммунальных услуг на период производства работ;

б) предоставлять исполнителю помещение для хранения инструментов, приборов и приспособлений, необходимых при выполнении работ, и возмещать ущерб в случае хищения или порчи имущества исполнителя по вине заказчика;

в) предоставлять исполнителю возможность пользоваться услугами механической мастерской, обеспечивать работы исполнителя питанием электроэнергией по временным и постоянным схемам;

г) обеспечивать персонал исполнителя индивидуальными светильниками и необходимыми средствами защиты (самоспасателями и др.);

д) предоставлять персоналу исполнителя услуги технической бани и прачечной;

е) транспортировать персонал исполнителя на отдаленные объекты шахты;

ж) обеспечивать исполнителя фронтом работы и выделять время (т. е. отключать установки) для выполнения работы согласно нормативам, но не менее 3 ч в сутки.

Кроме того, в обязанности заказчика входят:

учет использования командированным персоналом рабочего времени согласно Инструкции по табельному учету на предприятиях и организациях Минуглепрома СССР;

выполнение своими силами и средствами работ, не требующих специальной квалификации (очистка электрооборудования от загрязнения и пыли, доставка оборудования и аппаратов и т. п.). При необходимости выполнения монтажных, ремонтных и других работ, не входящих в обязанности исполнителей, заказчик обязан выполнить их своими силами или силами других подрядных организаций;

допуск бригады исполнителей к работе, выполнение оперативных переключений, связанных с подготовкой рабочего места, пробными включениями и окончанием работ;

подготовка рабочего места для наладочной бригады и обеспечение рабочего места исправными и проверенными защитными средствами и приспособлениями;

контроль выполнения работ бригадой исполнителя, приемка рабочего места и выполненных работ;

обеспечение безопасных условий труда на месте производства работ в соответствии с требованиями ПБ.

Исполнитель обязан:

а) производить работы по РНИ электрооборудования с надлежащим качеством и в установленные сроки в объеме, предусмотренном инструкциями заводов-изготовителей и настоящим Руководством;

б) обеспечивать соблюдение Правил безопасности и охраны труда, а также действующих у заказчика Правил внутреннего распорядка и режима работы;

в) проводить инструктажи для лиц оперативного персонала заказчика, обслуживающих налаживаемые установки; сообщать обо всех изменениях конструкции, электрических схем, условий эксплуатации и техники безопасности, осуществленных в процессе РНИ;

г) предоставлять заказчику не позднее чем через 30 дней после окончания работ один экземпляр технического отчета по РНИ.

Кроме того, исполнитель должен:

своевременно информировать главного энергетика шахты (ответственного представителя заказчика) о выполненных работах, неустраненных дефектах, выявленных нарушениях ПБ и ПТЭ, обо всех изменениях, вносимых в конструкцию и электрические схемы налаживаемых установок;

в случае, если неустраненный дефект или выявленное нарушение ПБ и ПТЭ препятствуют безопасной эксплуатации оборудования или грозят аварией, уведомлять (исполнитель или руководитель наладочной бригады) заказчика об этом письменно (например, в Журнале записи осмотра и ремонта электроустановки);

информировать главного энергетика ПО о неустраненных шахтой опасных дефектах.

Исполнитель имеет право отказаться от выполнения работ по договору или перенести срок исполнения, если заказчик:

не выполнил договорные обязательства;

не обеспечил нормальных и безопасных условий работы;

не устранил дефекты оборудования, подлежащие согласно акту предварительного обследования (дефектной ведомости) устранению силами заказчика;

не обеспечил запасными частями оборудование, предназначенное для наладки, или не укомплектовал его технической документацией заводов-изготовителей и проектных организаций, без которых невозможно произвести наладку.

Об отказе от проведения работ исполнитель обязан известить в письменном виде руководство шахты и главного энергетика ПО.

Состав наладочной бригады зависит от объема и условий выполнения работ, но численность ее должна быть не менее двух человек.

Основные обязанности руководителя наладочной бригады:

а) прием электроустановки под наладку;

б) ознакомление членов бригады с особенностями ревизии, наладки и испытаний данной электроустановки;

в) проведение инструктажа по технике безопасности на рабочем месте;

г) распределение работ между членами бригады;

д) контроль за ходом выполнения работ;

е) решение вопросов, возникающих в ходе выполнения работ, с представителем заказчика;

ж) оформление документации на передачу электроустановки в эксплуатацию после наладки;

з) инструктаж обслуживающего персонала по окончании работ по РНИ.

Основные обязанности членов наладочной бригады:

а) соблюдение требований ПБ при нахождении на объекте и выполнении работ;

б) четкие знания объема и последовательности выполняемых работ на электроустановке;

в) своевременное и качественное выполнение порученных работ согласно выданному наряду;

г) ведение записей по результатам ревизии, наладки и испытаний для последующего составления технического отчета.

Подготовительные работы по РНИ

Перед началом работ по РНИ заказчик обязан предоставить исполнителю:

скорректированную по состоянию на время начала работ и выполненную в соответствии с требованиями Инструкции по типовому оформлению схем подземного электроснабжения шахт (согласно § 388 ПБ) общую принципиальную схему подземного электроснабжения шахты с обязательным указанием на ней величины уставок тока срабатывания устройств максимальной токовой защиты и значений номинальных токов плавких вставок предохранителей, а также значений токов двухфазного к. з. для случая замыкания в наиболее электрически удаленной точке защищаемой сети и токов трехфазного к. з. на шинах ЦПП, РПП-6 и УПП;

протоколы предыдущей ревизии и наладки, а также исполнительные принципиальные и монтажные схемы электроустановок (при пусковой наладке и проект);

заводскую техническую документацию (паспорта и инструкции) на подлежащие наладке электротехнические изделия;

протоколы испытания трансформаторного масла из маслонаполненных аппаратов.

Непосредственно перед началом работ по РНИ исполнитель при участии ответственного представителя заказчика производит предварительное обследование электроустановок:

проверяет, устранены ли дефекты, выявленные при предыдущей наладке;

уточняет предполагаемый объем работ;

выявляет дефекты, которые могут быть обнаружены при внешнем осмотре и по записям в процессе эксплуатации;

устанавливает потребность в запасных частях, комплектующих изделиях и материалах.

По данным обследования составляют дефектную ведомость (акт предварительного обследования) с указанием всех выявленных дефектов, назначают сроки и исполнителей для их устранения.

С учетом времени, необходимого для устранения дефектов, составляют график производства РНИ для наиболее ответственных присоединений, который утверждает главный инженер шахты.

При выявлении дефектов, угрожающих аварией, РНИ не производят до их устранения.

Порядок производства работ по РНИ

Исполнитель письменно уведомляет заказчика о начале производства РНИ, составе и квалификации по технике безопасности членов бригады, указывает лиц, имеющих право быть ответственным руководителем и производителем работ. Уведомление вручается главному инженеру шахты, который назначает из руководя-

щего состава ЭМС шахты ответственное лицо заказчика по согласованию вопросов проведения РНИ, организации работ и проведению инструктажа персонала исполнителя.

Обязанности ответственного лица заказчика:

организация проведения вводного инструктажа и оформление допуска к работам в шахте членов наладочной бригады исполнителя;

ознакомление персонала наладочной бригады с трудовым распорядком дня на шахте и проведение инструктажа членов бригады по схеме подземного электроснабжения шахты и технике безопасности;

уточнение совместно с руководителем наладочной бригады по всем присоединениям наименований фидеров, максимального тока нагрузки и значений уставок защиты;

назначение допускающего (лицо оперативного или оперативно-ремонтного персонала, обслуживающего данную установку) и ответственного руководителя работ.

Работы по РНИ следует производить в соответствии с настоящим Руководством и рекомендациями заводов-изготовителей. Методика выполнения работ может быть изменена в установленном Минуглепромом СССР порядке.

В процессе РНИ должен быть выполнен весь объем работ, обусловленный настоящим Руководством для данного вида электроустановок, в том числе по возможности устранены выявленные дефекты. Дефекты, не снижающие уровень безопасности и которые по объективным причинам не могут быть устранены в период наладки, должны быть отражены в техническом отчете в «Перечне дефектов, подлежащих включению в план мероприятий по ремонту, и рекомендаций по улучшению работы электроустановок» (РТМ 12.25.013—86).

Все изменения, которые в процессе РНИ вносят в конструкцию установки и схему ее электроснабжения или управления, должны быть письменно согласованы с главным энергетиком шахты.

Выявленные при РНИ принципиальные отклонения от проекта, а также устаревшие или неправильные схемные решения в установленном порядке должны быть согласованы заказчиком с проектной организацией, выполняющей проект, с органами Госгортехнадзора СССР или непосредственно с МакНИИ или ВостНИИ.

Изменения конструкции или схемы рудничного электрооборудования допускаются только при наличии письменного согласования их с заводом-изготовителем или в порядке, предусмотренном § 476 ПБ.

Работы по РНИ рекомендуется производить при непосредственном участии обслуживающего персонала, который в этом случае включается в наряд.

Заключительные работы по РНИ

По окончании работ по РНИ все распределительные, пусковые и защитные аппараты пломбируют в местах, предусмотренных заводом-изготовителем.

При периодической и внеочередной РНИ действующих электроустановок контрольные испытания их не обязательны, если в процессе наладки осуществляется поэтапная сдача-приемка выполненных работ. После наладки высоковольтную ячейку (трансформатор, панель, схему и пр.) на функционирование схемы управления, сигнализации, защиты и блокирования проверяет ответственное лицо заказчика совместно с руководителем наладочной бригады. Результаты поэтапной сдачи-приемки скрепляются подписями лиц, участвовавших в проверке.

Окончание работ по РНИ оформляется Актом об окончании работ по ревизии, наладке и испытанию подземных электроустановок согласно РТМ 12.25.013—86.

Полученные при РНИ данные электрооборудования и аппаратуры, значения основных параметров, установленные в процессе наладки, выполненный объем работ, неустраненные дефекты (если они допустимы по условиям безопасности и эксплуатации) и мероприятия по их устранению должны быть отражены в техническом отчете по наладке электроустановки согласно РТМ 12.25.013—86.

Вместе с отчетом заказчику передают однолинейную схему электроустановки, исполнительные схемы релейной защиты, автоматики, телемеханики и сигнализации (для вновь вводимых подстанций — проект с внесенными изменениями и исправлениями).

Один экземпляр отчета (копия) должен быть вручен заказчику не позднее чем через 30 дней после подписания Акта об окончании РНИ. Подлинник отчета должен храниться в архиве исполнителя в течение 3 лет.

1.7. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РНИ И ТО

При выполнении работ по РНИ и ТО подземных электроустановок шахт необходимо соблюдать требования безопасности действующих ПБ, ПТЭ, технологических карт, стандартов, соответствующих директивных указаний Минуглепрома СССР и Госгортехнадзора СССР, проектной документации, инструкций заводов — изготовителей электрооборудования и настоящего Руководства.

В части, не противоречащей требованиям и рекомендациям указанных выше документов, должны выполняться ПТЭ и ПТБ, ПУЭ, СНиП Ш-33—76, Нормы, директивные и инструктивные решения Главного технического управления по эксплуатации энергосистем и Главгосэнергонадзора Минэнерго СССР.

Перед производством работ по ТО и РНИ подземных электроустановок в обязательном порядке необходимо убедиться в том, что защита от опасных утечек тока находится в исправном состоянии.

Подготовка рабочего места наладчика и требования к испытательным схемам

До начала работы рабочий обязан лично проверить, в каком состоянии находится рабочее место. Запрещается захламлять и загромождать рабочее место породой и другими материалами.

Для освещения рабочих мест в подземных электроустановках шахт должны быть предусмотрены светильники, питаемые от электрической сети, либо индивидуальные аккумуляторные светильники. Электрические лампы временного освещения должны быть расположены так, чтобы они не ослепляли работающих.

Перед выполнением работ с использованием переносной электролампы необходимо проверить исправность ее защитной сетки, штепсельного разъема, шнура питания. Линейное напряжение для переносной лампы не должно превышать 42 В в помещениях без повышенной опасности и 12 В в особо опасных помещениях.

Запрещается применение светильников стационарного типа в качестве ручных переносных ламп.

При пользовании переносными светильниками их провода по возможности следует подвешивать, не допуская соприкосновения с горячими, влажными и масляными поверхностями.

Каждый наладчик обязан знать схему временного и постоянного электропитания участка производства наладочных работ и мест́а отключения напряжения, питающего этот участок.

Переносные кабели и провода, применяемые для сборки испытательной схемы, после каждой перевозки с одного объекта на другой (но не реже одного раза в месяц) необходимо тщательно осмотреть.

Используемые провода и кабели должны быть снабжены наконечниками и не иметь скруток и повреждений оболочки. Допускаются к применению провода и кабели с полихлорвиниловой изоляцией и резиновой изоляцией, но защищенные полихлорвиниловой трубкой. Изоляция кабелей и проводов должна соответствовать применяемому напряжению. Сопротивление изоляции проводников относительно земли должно быть $\geqslant$20 МОм. В цепях пониженного напряжения (42 В и ниже) допускается применение проводов с сопротивлением изоляции $\geqslant$0,5 МОм.

Провода и кабели для сборки испытательных схем должны быть гибкими, с медными проводниками. Применение негибких и алюминиевых проводников не допускается.

Сечение проводников должно удовлетворять условиям допустимого нагрева при номинальной нагрузке (не более 40 °С).

Кабель, питающий испытательную схему, следует подключать к сети через коммутирующий аппарат (пускатель или автоматический выключатель с ручным приводом). Подключать кабель на входные зажимы коммутирующих аппаратов сети (транзитом) запрещается.

В испытательной схеме должен быть предусмотрен общий коммутационный аппарат, отключающий все источники питания. Особенно важно недопущение обратной трансформации напряжения.

Все члены наладочной бригады должны знать место расположения коммутационной аппаратуры, через которую подается напряжение питания на схему, и уметь быстро производить ее аварийное отключение.

Перед подачей напряжения на схему производитель работ обязан проверить:

правильность сборки схемы;

наличие и надежность заземлений всех элементов схемы, подлежащих заземлению;

правильность и достаточность выполненных мероприятий по обеспечению безопасности при испытаниях;

содержание метана на рабочих местах и в пункте питания.

Каждый раз при подаче напряжения на схему лицо, выполняющее эту операцию, непосредственно перед включением обязано предупредить голосом: «Подаю напряжение».

Общие требования безопасного производства работ по РНИ и ТО действующих подземных электроустановок установлены ПБ (§ 470, 471), ПТЭ (§ 453) и Инструкцией к § 470 ПБ, а также требованиям ПТЭ и ПТБ (Б1.2.1; Б2.1.22—Б2.1.32; Б2.1.38—Б2.1 41).

Технические мероприятия по обеспечению безопасности работ по РНИ и ТО, выполняемых со снятием напряжения, должны выполняться в соответствии с требованиями, изложенными в ПБ (§ 470), ПТЭ (§ 453) и Инструкции к § 470 ПБ, а также требованиями ПТЭ и ПТБ (Б2.3.1—Б2.3.20; Б2.3.25—Б2.3.39; Б2.3.53—Б2.3.54).

Организационные мероприятия по обеспечению безопасности работ должны выполняться в соответствии с требованиями, изложенными в ПБ (§ 471), ПТЭ (§ 444) и Инструкции к § 470 ПБ, а также требованиями ПТЭ и ПТБ (Б2.2.1—Б2.2.60; Б2.2.65—Б2.2.84).

Работа командированного персонала специализированных организаций определена требованиями, изложенными в ПТЭ и ПТБ (Б3.14).

Пусконаладочные работы

Лицо, ответственное за безопасное выполнение наладочных работ в бригаде на вновь монтируемой электроустановке, должно своевременно предъявлять рекламации электромонтажной орга-

низации (или заказчику) при нарушении технологии электромонтажных работ, некачественном монтаже, отступлениях от проектной документации и повреждениях оборудования в процессе электромонтажа.

При работе на строящихся электроустановках следует помнить, что с момента возможности подачи напряжения на кабельные или воздушные линии, питающие электроустановку, эта электроустановка считается действующей и все дальнейшие работы на ней должны производиться в полном соответствии с организационными и техническими мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ в действующих электроустановках.

При ознакомлении с электроустановкой по чертежам и в натуре особое внимание следует обращать на те элементы схемы, посредством которых могут быть поданы напряжения в первичные или вторичные цепи.

При выполнении наладочных работ на вновь смонтированной электроустановке рабочее напряжение на нее может быть подано эксплуатационным персоналом только после введения на электроустановке эксплуатационного режима и при наличии письменной заявки руководителя наладочных работ.

Допускается временная подача напряжения для проведения наладочных работ по постоянной схеме на щиты, станции управления и силовые сборки, на которых не введен эксплуатационный режим, но в этом случае обязанности по выполнению мероприятий, обеспечивающих безопасные условия труда при поданном напряжении, возлагаются на руководителя наладочных работ.

Лица, занятые на наладочных работах, не должны выполнять работы по эксплуатации электрохозяйства заказчика и генерального подрядчика.

Совмещение электромонтажных и наладочных работ разрешается только при наличии проекта производства работ с мероприятиями по технике безопасности и наряда-допуска на указанные работы. График совмещенного производства электромонтажных и наладочных работ составляют руководители электромонтажного подразделения совместно с руководителем наладочных работ.

Ответственность за общие мероприятия по технике безопасности при производстве совмещенных работ возлагается на руководителя электромонтажного подразделения.

График подписывают руководители электромонтажного и наладочного участков, а для сложных и крупных электроустановок его утверждают руководители управлений.

График совмещенного производства монтажных и наладочных работ должен быть доведен до сведения всего монтажного и наладочного персонала, участвующего в выполнении работ.

Руководитель наладочных работ на объекте совместно с прорабом монтажников перед началом наладочных работ должен проверить условия, обеспечивающие безопасное производство работ по совмещенному графику.

При производстве наладочных работ по совмещенному графику на отдельных элементах или узлах электроустановки должна быть точно определена и согласована с монтажниками рабочая зона на производство работ. Рабочей зоной наладчика считается место, где собраны испытательная схема и электрооборудование, на которое может быть подано напряжение с испытательной схемы. Лицам, не имеющим отношения к производству наладочных работ, запрещается допуск в зону работы наладчиков. Место работ должно быть ограждено и вывешены предупредительные плакаты; аппараты, включенные под напряжение, должны находиться в поле зрения наладчиков, а коммутационный аппарат расположен рядом.

После передачи электроустановки наладчикам производить электромонтажные работы на ней без разрешения наладчиков запрещается. Устранять незначительные по объему дефекты монтажа может только электромонтажный персонал под наблюдением наладчиков. В этом случае вся ответственность за поражение электрическим током персонала возлагается на руководителя наладочных работ.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И ИСПЫТАНИЯ

2.1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Перед производством электрических измерений необходимо:

а) определить номинальные параметры объекта измерения и оценить абсолютные значения определяемых величин;

б) уяснить задачу измерений, установить необходимую точность измерения и чувствительность измерительных приборов;

в) определить способы измерений, составить схему измерения, выбрать приборы и определить их постоянные измерения;

г) подготовить рабочее место, уделив особое внимание составлению и сборке схем измерения, выбору приборов:

указать на схеме места присоединения измерительных приборов и трансформаторов, шунтов и дополнительных сопротивлений с обозначением их типов, классов точности, пределов измерения и входных сопротивлений;

промаркировать выводы для подключения приборов в соответствии с принципиальными схемами цепей, в которых производят измерения;

проверить соответствие напряжения в измеряемых цепях номинальному напряжению, на которое рассчитана изоляция прибора;

предусмотреть надежное заземление вторичных обмоток измерительных трансформаторов;

последовательные обмотки измерительных приборов включить по возможности ближе к полюсу с нулевым потенциалом относительно земли.

Устройства для регулирования электрических параметров, применяемые при наладочных работах, должны отвечать следующим требованиям:

иметь достаточную мощность и обеспечивать получение необходимой величины регулируемого параметра;

позволять плавное регулирование в заданных пределах;

не искажать форму синусоиды регулируемого параметра;

иметь угловую погрешность в пределах допустимых значений;

обеспечивать необходимую скорость регулирования и достаточную стабильность параметра;

быть удобными и безопасными в эксплуатации, иметь небольшие массу и габариты из расчета ручного транспортирования в подземных выработках.

2.2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИБОРАХ И УСТРОЙСТВАХ

В практике наладочных работ подземных электроустановок применяют в основном переносные технические приборы с классом точности 1,0 и ниже. Для выполнения работ в цеховых лабораториях по ремонту шахтной электроаппаратуры могут быть использованы лабораторные приборы с классами точности 0,5 и 0,2.

Номенклатура переносных и лабораторных приборов за последние пять лет значительно изменилась: снято с производства более 70 типов приборов устаревших конструкций, освоено более 50 новых приборов. Однако в настоящее время приборов, специально предназначенных для применения в шахтах, опасных по газу или пыли, разработано и выпускается весьма мало. Поэтому работы по РНИ, связанные с электрическими измерениями приборами общего назначения, в наиболее полном объеме могут производиться в шахтах, не опасных по газу и пыли, а также на поверхности перед спуском в шахту.

Исходя из номенклатуры шахтного электрооборудования, объема, видов и организации работ по РНИ, для наладочных бригад специализированных организаций можно рекомендовать перечень приборов, приведенный в табл. 2.1. Приборы в зависимости от их исполнения и условий применения на конкретной шахтной электроустановке следует использовать в соответствии с требованиями ПБ, устанавливающими область и условия применения электрооборудования в угольных и сланцевых шахтах.

2.2.1. Индикатор времени ИВ-1

Индикатор ИВ-1 предназначен для контроля исправности аппаратуры защиты от утечек тока в сетях напряжением 127—660 В в угольных и сланцевых шахтах, опасных по газу или пыли, при температуре окружающего воздуха от —40 до 40 °С, относительной влажности до 98 % при температуре 35 °С.

Рабочее положение индикатора в пространстве — горизонтальное с допустимыми отклонениями в любую сторону не более 15°.

Техническая характеристика прибора ИВ-1

Исполнение	РП
Номинальное напряжение проверяемой защиты, В	127—660
Предел измерения, мс	300
Время успокоения стрелки, с	0,4
Погрешность, мс	±10
Габаритные размеры, мм	85×150×65
Масса, кг	1,1

Прибор заключен в металлический корпус, на крышке которого крепится схема индикатора и гибкий шнур для подключения к реле утечки. На лицевой панели расположены шкала прибора, зажимы для подключения гибкого шнура и кнопка «Сброс».

Таблица 2.1

Рекомендуемый перечень приборов для электрических измерений при производстве ТО и РНИ подземных электроустановок

Наименование и тип	Назначение и краткая характеристика
Индикатор напряжения ПИН-90	Проверка отсутствия напряжения между неизолированными токоведущими, а также между токоведущими и заземленными частями электроустановок постоянного и переменного тока напряжением от 65 до 750 В. Корпус имеет защиту от воздействия пыли и проникновения влаги не ниже IP54. Может применяться в шахтах, опасных по газу и пыли
Комбинированный прибор Ц4382	Измерение тока до 2,5 А и напряжения до 1000 В в цепях переменного и постоянного тока и сопротивления до 200 кОм постоянному току в искробезопасных цепях с коэффициентом искробезопасности 2—2,5 Исполнение РО, И. Диапазоны измерений выше 100 В и 250 мА предназначены для измерений только на поверхности шахт
Прибор Ц4382	Измерение постоянного и переменного тока и напряжения, сопротивления постоянному току в искробезопасных цепях с коэффициентом искробезопасности 2—2,5. Пределы измерений: тока — 2,5 А; сопротивления — 200 кОм. Исполнение РО, И
Омметр М4125/1	Измерение сопротивления постоянному току. Предел измерения 300 кОм Рудничное исполнение, взрывобезопасный при любых повреждениях. Степень защиты от внешнего воздействия не ниже IP54
Измеритель сопротивления М57Д	Измерение сопротивления постоянному току. Диапазон измерений 20—1500 Ом. Основная погрешность +4 % диапазона измерений Исполнение — общего назначения. Может применяться в закрытых неотапливаемых наземных и подземных помещениях
Аппарат АШИК	См. разд. 2.2.3. Исполнение РН
Устройство для испытания защит «Импульс-2»	См. разд. 2.2.4. Исполнение РН
Мегаомметр М1102/2	Измерение сопротивления изоляции в диапазонах: 0—1000 кОм; 0—200 МОм. Выходное напряжение 500, 1000 В. Исполнение — рудничное; может применяться в шахте при условии контроля рудничной атмосферы
Измеритель сопротивления изоляции М4124 искробезопасный	Измерение сопротивления изоляции в сетях постоянного тока под напряжением. Предел измерений 1000 кОм. Погрешность ±2,5 % диапазона измерений. Исполнение РП
Измеритель сопротивления заземления Ф416	Измерение сопротивления заземляющих устройств, определение удельного сопротивления грунта и измерение активных сопротивлений от 0 до 1000 Ом. Основная погрешность не более ±5 % диапазона измерений. Исполнение РП
Измеритель сопротивления М416/1	Измерение сопротивления заземляющих устройств. Диапазоны измерений, Ом: 0,1—10; 0,5—50; 2—200; 10—1000. Исполнение — РО, И
Индикатор времени ИВ-3; ИВ-1	Измерение времени срабатывания аппаратуры защиты. См. разд. 2.2.1. Корпус имеет защиту не ниже IP54

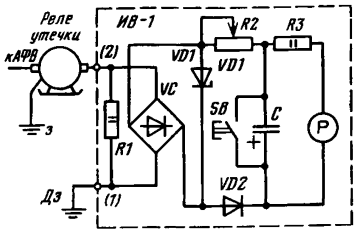


Рис. 2.1. Электрическая схема прибора ИВ-1:

R1 — резистор МЛТ-2 (1 кОм); *R2* — резистор ППЗ-43 (4,7—5,1 кОм); *R3* — резистор МЛТ-2 (500—100 кОм, подбирается при настройке); *VC* — выпрямительный мост из диодов Д226; *VD1* — стабилитрон Д815А; *VD2* — диод Д226А; *C* — конденсатор К50-6 (500 мкФ, 6В); *P* — микроамперметр М2002

Для определения полного времени отключения сети индикатор включают в разрыв дополнительного кабеля заземления «Дз» реле утечки и нажимают кнопку «Проверка». В сети образуется искусственная однофазная утечка на землю через проверочное сопротивление $R = 0{,}9$ сраб.

С резистора *R1* (рис. 2.1), включенного в разрыв, снимается переменное напряжение на выпрямительный мост *VC*, с которого выпрямленное и стабилизированное напряжение через зарядное сопротивление *R2* подается на накопительный конденсатор *C*. Начинается заряд конденсатора, который происходит до момента отключения фидерного выключателя. Таким образом, потенциал заряда конденсатора зависит от времени существования утечки, т. е. от времени срабатывания защиты от утечек. Для уменьшения обратного тока моста включен диод *VD2*.

Конденсатор *C* разряжается через сопротивление *R3* и микроамперметр *P*. Кнопка *SB* «Проверка» служит для быстрого возвращения стрелки прибора в исходное положение.

Порядок операций по проверке защиты от утечек:

1) произвести внешний осмотр аппаратуры защиты и ее заземления;

2) проверить срабатывание защиты нажатием ее кнопки *SB* «Проверка». Если при этом сеть не отключается, то аппаратура защиты дальнейшей проверке не подвергается и подлежит замене;

3) открыть крышку прибора ИВ-1 и подсоединить к зажимам *2* гибкий шнур;

4) отсоединить кабель добавочного заземления *Дз* от заземлителя, зачистить места соединений и при помощи гибкого шнура включить индикатор в разрыв;

5) нажать кнопку *SB* для создания искусственной утечки на землю через проверочное сопротивление;

6) произвести отсчет времени по шкале. За полное время срабатывания следует принять наибольшее значение из трех полученных. Отсчет производить с начала медленного возврата стрелки в нулевое положение. При зашкаливании стрелки прибора (значениях времени срабатывания более 300 мс) во избежание выхода прибора из строя необходимо быстро нажать кнопку *SB*;

7) отсоединить индикатор, восстановить цепь *Дз*;

8) проверить срабатывание кнопкой «Проверка».

2.2.2. Индикатор времени ИВ-3

Индикатор времени ИВ-3 (в дальнейшем — прибор) предназначен для контроля срабатывания аппаратуры защиты от утечки тока на землю в шахтных сетях.

Техническая характеристика прибора ИВ-3

Исполнение по ГОСТ 14255—69	IP54
Номинальное напряжение проверяемой защиты, В	380, 660, 1140
Предел измерения, с	0,1—10
Цена деления, с	0,01
Погрешность, с	±0,03
Режим работы	Повторно-кратковременный
Максимальная длительность рабочего цикла (импульса), с	1
Минимальный период следования рабочих циклов, мин	10
Максимальная потребляемая мощность, Вт	100
Входное сопротивление электрической цепи первого рабочего режима индикатора, Ом	1000±100
Габаритные размеры, мм	100×150×75
Масса, кг	1,2

Рабочие режимы, допускаемые значения входного напряжения и виды контроля прибором соответствуют указанным в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Рабочие режимы прибора ИВ-3

Рабочий режим	Допустимые значения входного напряжения (В) тока		Подключаемые зажимы	Напряжение сети, В	Вид контроля
	переменного эффективного	постоянного			
1	323—726	15 (при $U = 50 \div 70$)	1; 2; 4 *	380 660	Срабатывание аппарата защиты и автоматического выключателя
	70—300				Срабатывание аппарата защиты
		20 (при $U = 70 \div 300$)		1140	Срабатывание основной защиты Срабатывание резервной защиты Срабатывание основного реле аппарата БЗО-1140 Срабатывание резервного реле аппарата БЗО-1140 Шунтирование на землю поврежденной фазы сети
2	323—726	0	1; 3	380 660	Срабатывание автоматического выключател

* Зажим 4 подключается при контроле срабатывания аппарата защиты.

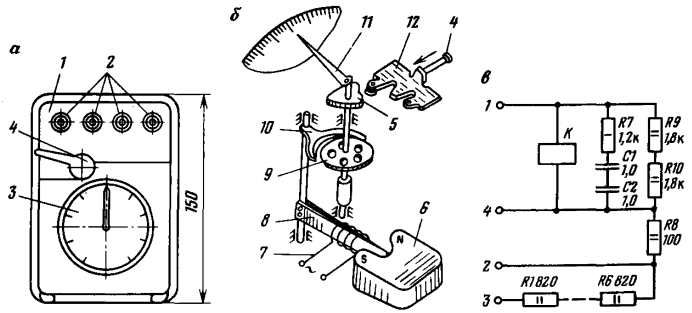


Рис. 2.2. Прибор ИВ-3:
а — общий вид; *б* — кинематическая схема; *в* — электрическая схема

Принцип работы прибора основан на преобразовании поляризованным реле знакопеременных импульсов переменного тока во вращательное движение стрелки индикатора.

Корпус *1* и основание прибора (рис. 2.2, *а*) изготовлены из пластмассы. Основной узел прибора — механизм с преобразователем и устройством возврата стрелки в начальное положение *4*. Зажимы *2* предназначены для подключения прибора к цепям проверяемой аппаратуры.

Система преобразователя прибора (рис. 2.2, *б*) — вибрационная с поляризованным реле. При прохождении по обмотке возбуждения переменного тока *7* вибратор *8* колеблется между полюсами постоянного магнита *6*. Колебательное движение вызывает вращение косозубого колеса *9* ($z = 15$), которое поворачивается при каждом ударе вилки *10* на ползуба (1/100 оборота). При частоте тока $f = 50$ Гц полный оборот колеса вместе со стрелкой *11* происходит за 1 с. Стрелка прибора перемещается по циферблату *3* скачками (0,01 с). Возврат стрелки в начальное (нулевое) положение производится нажатием ручки возврата *4*. При этом рычаг *12*, воздействуя на эксцентрик *5*, возвращает его вместе со стрелкой в начальное положение.

Электрическая схема индикатора (рис. 2.2, *в*) представляет собой контур, состоящий из катушки возбуждения преобразователя *K*, конденсаторов *C1*, *C2* и резистора *R7*, а также добавочных резисторов *R1—R6* и *R8*, обеспечивающих подвод к контуру необходимого рабочего напряжения. Шунтирующие резисторы *R9*, *R10* служат для обеспечения входного сопротивления индикатора 1000 Ом на рабочем режиме. Элементы схемы размещены на печатной плате и подобраны таким образом, что входное сопротивление индикатора имеет практически безреактивный характер.

При контроле срабатывания аппаратуры защиты в шахтах, опасных по газу или пыли, прибор ИВ-3 необходимо встраивать

во взрывобезопасную оболочку подстанции или автоматического выключателя.

Перед началом работы следует произвести внешний осмотр аппаратуры защиты от утечек тока и ее заземления, проверить исправность кнопкой проверки, подключить присоединительные провода к зажимам прибора в соответствии с табл. 2.2 и установить стрелку прибора на нуль.

Перед спуском в шахту необходимо измерить сопротивление изоляции прибора, которое должно быть не менее 50 МОм при температуре окружающего воздуха 20 °С и относительной влажности 80 % и не менее 5 МОм соответственно при 35 °С и $\leqslant$98 %.

Порядок работы с прибором ИВ-3 в сетях напряжением 380 и 660 В

1. Измерение общего времени срабатывания автоматического выключателя и аппарата защиты (рис. 2.3, *а*).

Проверку производят созданием искусственной утечки тока с фазы сети на землю через схему прибора ИВ-3 путем нажатия кнопки *SB1* (*SB2*). При наличии тока утечки срабатывает аппарат защиты *АЗ*, который контактами *АЗ.1* замыкает цепь электромагнита отключения *YAT* выключателя *АВ*. Срабатывая, выключатель *АВ* отключает сеть и цепь прибора. Ток через прибор протекает в течение времени прохождения тока утечки.

На время проверки прибор может быть размещен в оболочке рудничного выключателя (того, на который воздействует аппарат защиты, или любого из имеющихся в данной сети и установленных вблизи подстанции). При отсутствии вблизи подстанции выключателя, снабженного кнопкой проверки максимальной защиты, прибор размещают в оболочке РУНН передвижной подстанции.

Чтобы исключить влияние на прибор э.д.с. вращающихся по инерции электродвигателей, необходимо обеспечить отключение всех токоприемников, т. е. отключить выключатели распредпунктов. Сопротивление изоляции действующей части сети по килоомметру аппарата защиты должно быть не менее 50 кОм.

Порядок измерения:

снять напряжение с вводного кабеля и открыть крышку выключателя;

установить прибор в оболочку АВ;

включить прибор между фазой сети и землей через кнопку *SB1* (*SB2*) проверки МТЗ выключателя. Для этого проводник, соединяющий одну из обмоток *KV1*, *KV2* с соответствующей кнопкой, отсоединить от кнопки и изолировать, а вместо него присоединить провод от зажима *1* прибора. Зажим *2* прибора присоединить к корпусу выключателя;

закрыть крышку выключателя, подать напряжение на ввод выключателя и включить его. Нажать и удерживать в течение 0,5 с кнопку *SB1* (*SB2*);

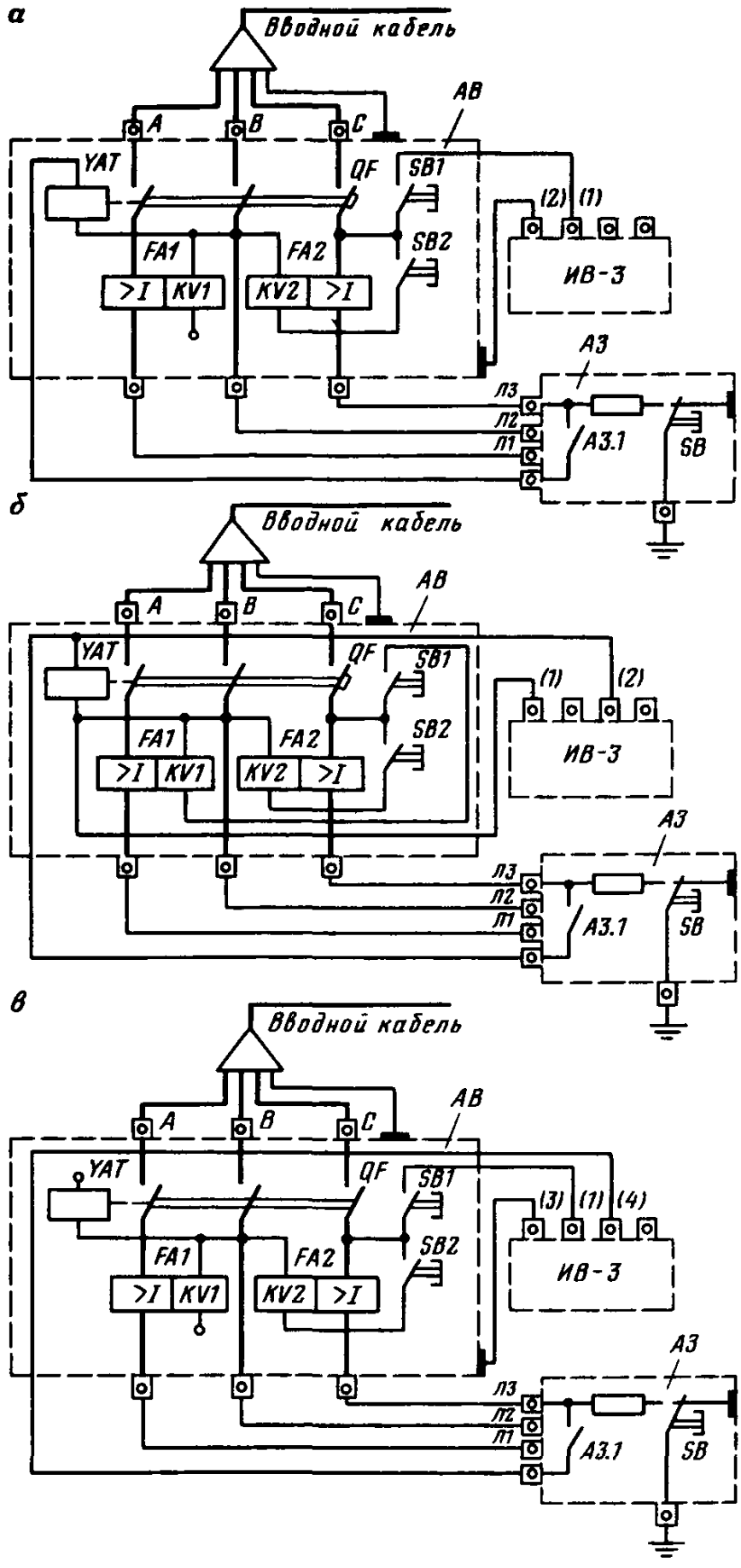


Рис. 2.3. Схемы измерения времени срабатывания прибором ИВ-3 в сетях напряжением до 660 В:

а — автоматического выключателя АВ с аппаратом защиты АЗ; *б* — автоматического выключателя АВ; *в* — аппарата защиты АЗ; *FA1*, *FA2* — реле максимального расцепителя с проверочными катушками *KV1* и *KV2*

снять напряжение с вводного кабеля выключателя, открыть крышку выключателя и снять показания прибора;

привести аппаратуру защиты в исходное состояние.

2. Измерение собственного времени срабатывания автоматического выключателя (рис. 2.3, *б*).

Порядок измерения тот же, что и по п. 1, но с тем отличием, что прибор подключают параллельно электромагниту отключения *YAT* выключателя *AB*, а проверку (созданием искусственной утечки тока на землю) производят, нажимая кнопку проверки *SB* аппарата защиты *АЗ*. При этом ток через прибор протекает в течение времени подачи напряжения на электромагнит отключения *YAT* выключателя.

3. Измерение времени срабатывания аппарата защиты *АЗ* (рис. 2.3, *в*). На время измерения прибор размещают в оболочке выключателя *AB*, на который воздействует аппарат защиты *АЗ*. Обмотку возбуждения прибора (зажимы *1* и *4*) подключают параллельно контакту *АЗ.1* аппарата защиты *АЗ*. При нажатии кнопки *SB1* возникает утечка тока с фазы на землю через прибор, который начинает отсчет времени. После срабатывания аппарата защиты *АЗ* его контакт *АЗ.1* шунтирует обмотку возбуждения индикатора *ИВ*. Вращение стрелки прекращается, а ток утечки протекает через добавочный резистор прибора *ИВ* и замкнутый контакт *АЗ.1*. В остальном порядок измерения тот же, что в п. 1.

Порядок работы с прибором ИВ-3 в сетях напряжением 1140 В

1. Измерение общего времени срабатывания основной защиты — основного реле блока защитного отключения БЗО-1140 и автомата А3732 (рис. 2.4, *а*).

Отключить разъединитель-выключатель нагрузки РУВН и открыть крышу РУНН подстанции. Установить прибор в оболочку подстанции. Подключить прибор между фазой сети (после выключателя) и землей через замыкающий контакт кнопки *SB4* «Проверка РУ-1140». Для этого отсоединить провод от зажима *4* блока БКЗ-1140 и присоединить его к зажиму *2* прибора, а зажим *1* прибора присоединить к одному из зажимов *21*, *22* или *23* блока БКЗ-1140. Зажимы *9* и *10* блока БЗО-1140 соединить перемычкой. Закрыть крышкой РУНН, включить выключатель нагрузки РУВН, высоковольтную ячейку и выключатель *QF* подстанции.

Для исключения влияния на прибор ЭДС вращающихся по инерции электродвигателей все токоприемники необходимо отключить.

Нажать и удерживать в течение $\approx$0,5 с кнопку *SB4*. Отключить разъединитель-выключатель нагрузки РУВН и открыть крышку РУНН подстанции. Снять показания индикатора. Аппаратуру защиты привести в исходное состояние.

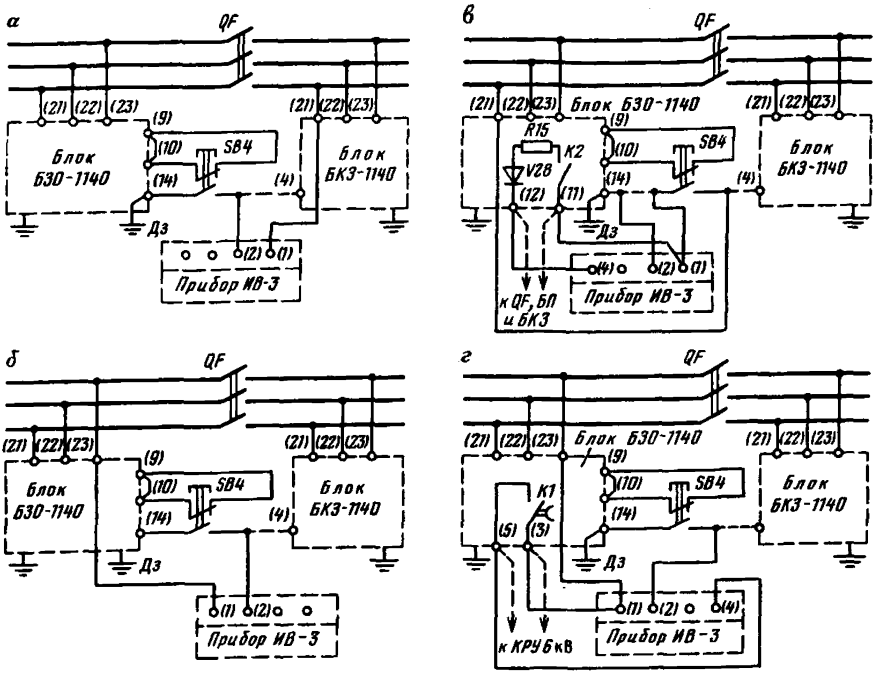


Рис. 2.4. Схемы измерения времени срабатывания прибором ИВ-3 в сетях напряжением 1140 В:

а — основного реле блока БЗО-1140 с автоматом *QF* типа А 3732 и основной защиты при шунтировании на землю фазы сети блоком БКЗ-1140; *б* — резервного реле блока БЗО-1140 и высоковольтной ячейки; *в* — основного реле блока БЗО-1140; *г* — резервного реле блока БЗО-1140; *QF*, БП, БКЗ — автомат, блок питания и блок короткозамыкателя соответственно, встроенные в подстанцию ТСВП-630/6-1,2; — — — — — — цепи, отсоединяемые при измерениях

Измерение общего времени срабатывания основной защиты при шунтировании на землю поврежденной фазы сети (срабатывание основного реле блока БЗО-1140 и шунтирование фазы сети блоком БКЗ-1140) производят по этой же схеме в порядке, аналогичном вышеописанному, но с обязательным обеспечением работы на холостом ходу по крайней мере одного электродвигателя.

2. Измерение общего времени срабатывания резервного реле блока БЗО и высоковольтной ячейки.

Отсоединить провод от зажима *4* БКЗ (рис. 2.4, *б*) и присоединить его к зажиму *2* прибора, а зажим *1* прибора присоединить к одному из зажимов *21*, *22* или *23* БЗО. Зажимы *9* и *10* БЗО перемкнуть. Порядок измерения аналогичен изложенному в п. 1 (с отключенными токоприемниками) и, кроме того, с отключенным автоматом *QF*.

3. Измерение времени срабатывания основного реле блока БЗО (рис. 2.4, *в*).

Отсоединить провод цепи *Дз* от замыкающего контакта кнопки *SB4* и подсоединить его к зажиму *2* прибора, а зажим прибора *1*

присоединить к контакту кнопки вместо отсоединенного проводника. Затем проводник, соединяющий второй вывод кнопки с зажимом *4* БКЗ, отсоединить от этого зажима и присоединить к одному из зажимов *21*, *22* или *23* БЗО. Зажимы *9* и *10* БЗО перемкнуть. Кроме того, отсоединить и изолировать провода от зажимов *11* и *12* БЗО и к ним присоединить зажимы *1* и *4* прибора соответственно. Порядок измерения аналогичен приведенному в п. 1, но с отключенным автоматом *QF*.

4. Измерение времени срабатывания резервного реле блока БЗО (рис. 2.4, *г*).

Порядок измерений такой же, как и по п. 3, и отличается только схемными подключениями. Отсоединить провод от зажима *4* БКЗ и присоединить его к зажиму *2* прибора, а зажим *1* прибора присоединить к одному из зажимов *21*, *22* и *23* БЗО. Зажимы *9* и *10* БЗО перемкнуть. Кроме того, отсоединить и изолировать провода от зажимов *3* и *5* БЗО и к этим зажимам присоединить зажимы *1* и *4* прибора соответственно.

2.2.3. Аппарат АШИК

Аппарат АШИК предназначен для поиска повреждений и испытания изоляции в отключенных силовых кабелях напряжением до 6 кВ включительно с бумажно-масляной, резиновой или пластмассовой изоляцией в подземных выработках угольных шахт всех категорий по пылегазовому режиму.

Техническая характеристика аппарата АШИК

Испытательное напряжение (импульсное, регулируемое), кВ	До 30
Длительность импульсного испытательного напряжения, с	$10^{-5} \div 10^{-3}$
Протяженность испытуемой кабельной линии, м	До 2000
Исполнение, степень защиты	РН, IP54
Абсолютная погрешность определения места повреждения кабеля, м	0,2
Питание автономное:	
испытателя	От индуктора
искателя	От батареи сухих элементов
Масса, кг:	
испытателя	18
искателя	5
Габаритные размеры, мм:	
испытателя	400×300×200
искателя	250×150×150

Особенность аппарата АШИК — определение места пробоя изоляции импульсным испытательным напряжением до 30 кВ, т. е. отсутствие необходимости предварительного прожигания мест повреждения кабелей в целях снижения их переходного сопротивления.

Поиск повреждений изоляции в кабельных линиях импульсным напряжением имеет следующие существенные преимущества перед известными методами:

кратковременность приложения импульсного напряжения (не более $10^{-5} \div 10^{-3}$ с);

отсутствие в кабеле остаточного напряжения после испытания;

значительно меньшая потребляемая мощность, что позволяет применять малогабаритные переносные испытательные аппараты с автономным питанием.

Названные преимущества имеют большое значение для обеспечения безопасности при поиске повреждений изоляции кабелей в специфических условиях угольных шахт. Кратковременность приложения испытательного импульсного напряжения существенно снижает опасность поражения электрическим током и исключает возможность загорания кабелей. Однако, как и при использовании в шахтных условиях мегаомметра, сохраняется опасность открытого искрообразования в момент пробоя изоляции кабеля импульсным напряжением. Для предотвращения возгорания газовоздушной смеси в соответствии с § 397 ПБ подаче в испытуемый кабель импульсного напряжения должно предшествовать измерение концентрации метана как у места присоединения аппарата АШИК, так и в выработках на всем протяжении кабеля, в котором определяется место повреждения изоляции.

Аппарат АШИК состоит из двух блоков: испытателя изоляции импульсным напряжением и искателя места повреждения кабеля.

Испытатель (рис. 2.5, *а*) выполнен в металлическом корпусе с откидной крышкой.

Испытатель имеет автономное питание от индуктора *G* (рис. 2.5, *б*), напряжение которого через схему удвоения *VD1*, *C1*, *VD2* подается на конденсатор *C2* емкостью 100 мкФ через резистор *R1*. Конденсатор *C2* присоединен к первичной низкоомной обмотке импульсного повышающего автотрансформатора *T* через тиристор *VS*, искробезопасная цепь управления которым состоит из резистора *R3*, стабилитрона *VD3*, конденсатора *C3* и кнопки *SB*. Вторичная обмотка автотрансформатора *T* имеет малое активное сопротивление и подключается к жилам испытуемой кабельной линии. Диод *VD4* служит для снижения длительности колебательного процесса в кабеле при подаче испытательного напряжения.

Индикатор *PV1*, включенный через подстроечное сопротивление *R2* *, проградуирован в киловольтах и показывает величину амплитуды импульсного напряжения.

При вращении рукоятки индуктора *G* конденсатор *C2* плавно заряжается до необходимого испытательного напряжения. При нажатии на кнопку *SB* «Испытание» включается цепь управления тиристором *VS* и конденсатор *C2* разряжается через низкоомную первичную обмотку импульсного автотрансформатора *T*. Во вторичной обмотке автотрансформатора в процессе разряда кон-

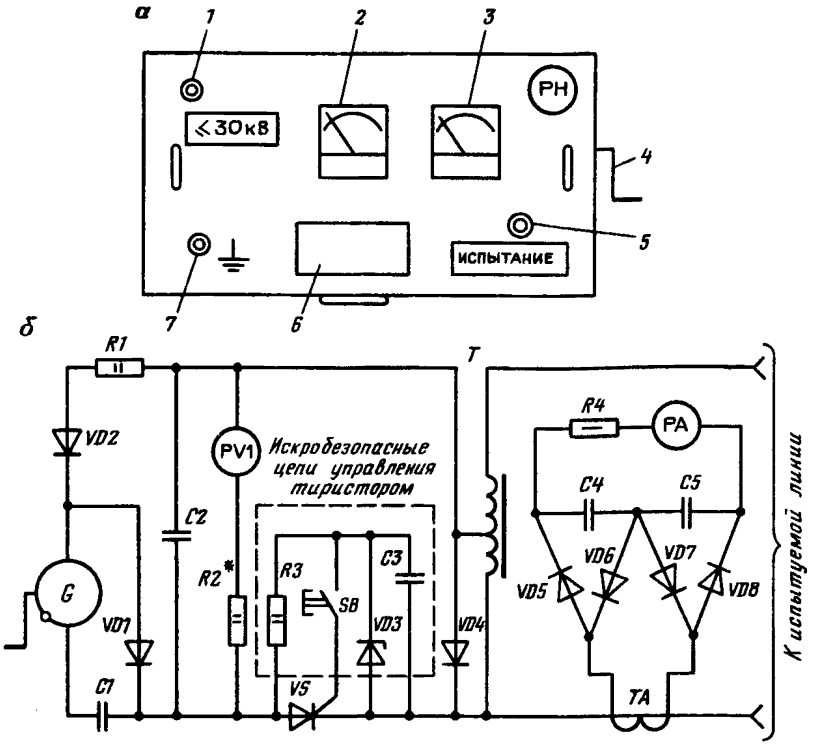


Рис. 2.5. Испытатель изоляции импульсным напряжением в аппарате АШИК:
а — общий вид; *б* — принципиальная электрическая схема; *1* — высоковольтный разъем; *2* — индикатор импульсного напряжения; *3* — индикатор пробоя; *4* — рукоятка индикатора; *5* — кнопка «Испытание»; *6* — заводская табличка; *7* — зажим заземления

денсатора *C2* наводится ЭДС, и испытуемый кабель в течение $10^{-5} \div 10^{-4}$ с заряжается по всей длине до испытательного напряжения. После разряда конденсатора *C2* кабель автоматически разряжается через вторичную низкоомную обмотку автотрансформатора *T*.

Для индикации электрического пробоя при испытании изоляции кабельной линии во вторичную цепь автотрансформатора *T* включен трансформатор тока *TA*, к которому подключен индикатор *PA* через диоды *VD5—VD8*, конденсаторы *C4*, *C5* равной емкости и индикатор пробоя изоляции *PA*.

Индикация пробоя при испытании импульсным напряжением основана на сравнении зарядного и разрядного токов в испытуемой кабельной линии. Если изоляция испытуемого кабеля не повреждена, т. е. выдерживает импульсное напряжение, то зарядный и разрядный токи в испытуемом кабеле равны и протекают в противоположных направлениях. В процессе заряда испытуемого кабеля ток, протекая по обмотке трансформатора тока *TA*, будет заряжать конденсатор *C4* через диоды *VD5*, *VD7*. При разряде

кабеля ток, протекающий в обратном направлении, закроет диоды *VD5*, *VD7*, а конденсатор *C5* через диоды *VD6*, *VD8* получит заряд, равный по величине заряду на конденсаторе *C4*. При этом напряжения на конденсаторах *C4* и *C5* будут по величине соответственно пропорциональны токам заряда и разряда в кабеле, равны и встречно направлены, а индикатор пробоя изоляции *PA* покажет отсутствие тока утечки через изоляцию независимо от емкости испытуемой кабельной линии. При электрическом пробое или к. з. в кабельной линии зарядный ток превышает обратный разрядный ток на величину утечки тока в поврежденной изоляции. При этом напряжение на конденсаторе *C4* будет превышать встречное напряжение на конденсаторе *C5*, а индикатор *PA* будет показывать наличие утечки через поврежденную изоляцию.

Искатель (рис. 2.6, *а*) размещен в металлическом корпусе. На лицевой панели расположены выключатель питания *7*, индикаторы подачи импульсного напряжения и пробоя *2*, кнопки сбрасывания сигнала *6* и проверки *4*, штепсельный разъем *3* индукционного датчика *5* и гнезда контроля питания *1*.

Индукционный датчик (рис. 2.6, *б*), устанавливаемый на испытуемом кабеле, представляет собой трансформатор тока с разомкнутым сердечником из электротехнической стали. На выходе датчика включены интегрирующее звено *R1*, *C1*, усилитель *DA1*, выполненный на интегральной микросхеме, и интегратор *DA2*, содержащий усилитель на микросхеме с обратной конденсаторной связью *R13*, *C2*, компаратор *DA3*, тиристор *VS1*, индикатор пробоя *VH1* и источник питания *GB*.

При наложении индукционных датчиков на оболочку кабеля и подаче импульсного напряжения в обмотке датчика индуктируется ЭДС, а на выходе интегратора *DA2* будет напряжение, пропорциональное апериодической составляющей тока в испытуемом кабеле.

В случае пробоя изоляции за местом установки индукционных датчиков напряжение от интегратора *DA2* поступает на вход компаратора *DA3* и тиристор *VS1* включает индикатор пробоя *VH1*. Если после подачи в кабель импульсного напряжения индикатор не включится, то место повреждения изоляции находится до искателя и для уточнения места повреждения необходимо переместить искатель ближе к концу кабеля, в сторону испытателя, и вновь подать импульсное напряжение в кабель. Подача импульсного испытательного напряжения сигнализируется индикатором *VH2*. Сброс сигналов индикаторов осуществляется кнопкой *SB3*.

Техническое обслуживание аппарата АШИК. Проверку аппарата АШИК необходимо проводить периодически, не реже одного раза в 6 мес. Для проверки аппарат присоединяют кабелем длиной 2—3 м к конденсатору и разряднику (рис. 2.7, *а*). Конденсатор должен иметь емкость 0,3 мкФ и рассчитан на напряжение не ниже 18 кВ. Допускается использовать конденсаторную батарею,

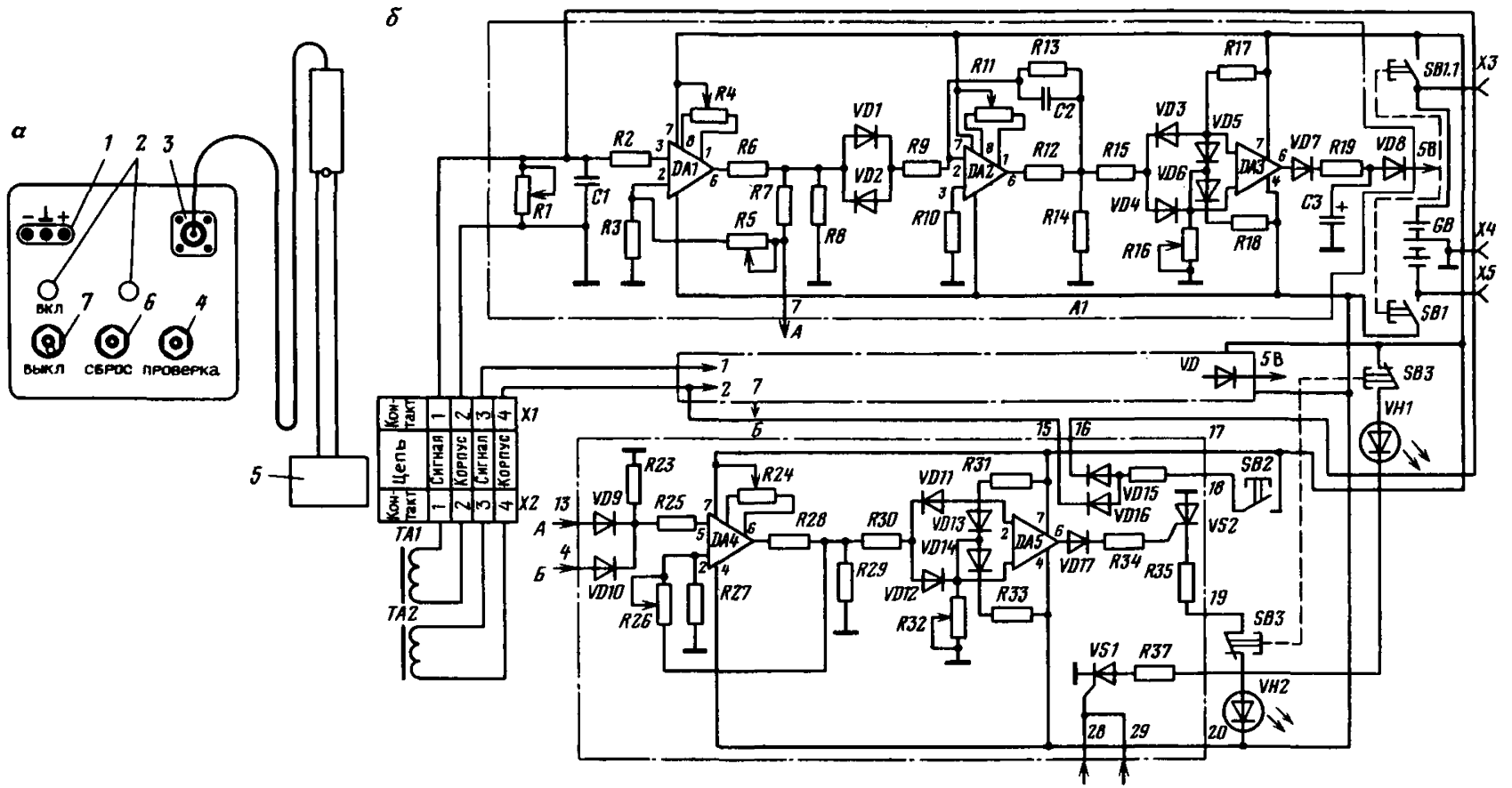


Рис. 2.6. Искатель места повреждения кабеля в аппарате АШИК:
а — общий вид; *б* — принципиальная электрическая схема

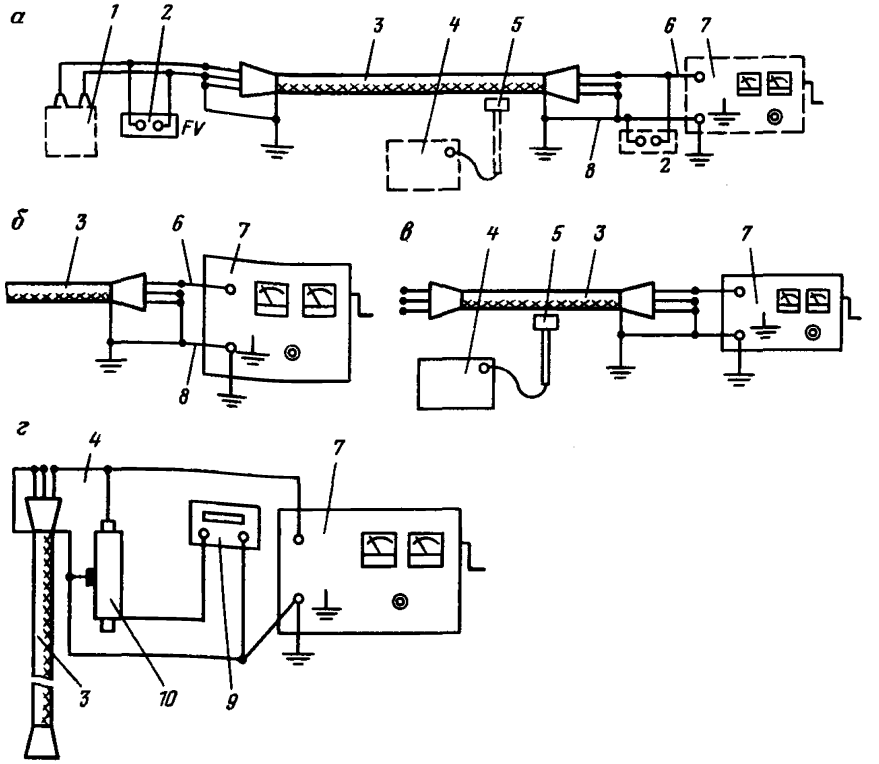


Рис. 2.7. Схемы подключения аппарата АШИК:

а — при техническом обслуживании; *б* — при испытании кабельной линии; *в* — при определении места повреждения кабеля; *г* — при измерении расстояния до места повреждения кабеля; *1* — высоковольтный конденсатор; *2* — шаровой разрядник; *3* — кабель; *4* — искатель; *5* — индукционная рамка; *6* — высоковольтный провод; *7* — испытатель; *8* — провод заземления; *9* — измеритель Щ4120; *10* — присоединительное устройство

например, из трех последовательно соединенных конденсаторов КМ 6,3—13. Разрядник должен быть регулируемым на напряжение 10—30 кВ.

Для проверки импульсного испытательного напряжения разрядник устанавливают на пробивное напряжение 18 кВ и вращают рукоятку индуктора. При достижении импульсного напряжения 18 кВ (по индикатору *PV1*) нажимают кнопку «Испытание» (см. рис. 2.5).

Градуировка индикатора импульсного напряжения считается правильной при вероятности пробоя в разряднике 0,4—0,6. При необходимости регулировку производят подбором резистора *R2* в цепи индикатора импульсных напряжений *PV*. Одновременно проверяют индикатор пробоя *PA*: в момент пробоя через разрядник стрелка индикатора должна отклоняться в положение «пробой», при отсутствии пробоя стрелка не отклоняется.

Искатель проверяют наложением индукционных датчиков на кабель (см. рис. 2.7, *а*). Разрядник устанавливают в конце кабеля,

и при подаче импульсного напряжения 18 кВ в случае пробоя должны загораться индикаторы подачи импульса и пробоя; без пробоя в разряднике загораются только индикаторы подачи импульса. При установке разрядника в начале кабеля индикатор пробоя не должен загораться ни при пробое, ни без пробоя разрядника.

Аппарат АШИК подлежит проверке органами Госстандарта СССР.

Требования безопасности при поиске повреждений изоляции кабелей в шахтах

При работе с аппаратом АШИК необходимо руководствоваться действующими ПБ, ПТЭ, настоящим Руководством, а также ПТЭ и ПТБ.

Поиск повреждений изоляции в шахтных кабелях импульсным напряжением производят при полном снятии рабочего напряжения не менее чем два лица по письменному наряду главного энергетика шахты или назначенного его распоряжением лица электротехнического персонала, имеющего V квалификационную группу. Члены бригады должны пройти специальное обучение по работе с аппаратом, иметь об этом соответствующее удостоверение и квалификационную группу не ниже III, а производитель работ — квалификационную группу не ниже IV.

Испытание кабелей, проложенных по стволам, скважинам и шурфам, следует производить с распредпункта на поверхности. Кабели, проложенные от ЦПП или УПП, подвергают испытаниям соответственно с ЦПП или УПП, т. е. в нисходящем порядке. Запрещается одновременно испытывать несколько кабельных линий, соединенных последовательно или параллельно распределительными устройствами.

При испытании импульсное напряжение прикладывают поочередно к каждой жиле кабеля; при этом две другие жилы, свинцовая оболочка и броня должны быть заземлены.

На месте производства работ должен присутствовать представитель участка вентиляции и техники безопасности (ВТБ)

В шахтах, опасных по внезапным выбросам угля или газа, испытание импульсным напряжением кабелей, проложенных в очистных и подготовительных выработках, следует производить после вынесения кабелей в выработки, проветриваемые свежей струей воздуха за счет общешахтной депрессии, на расстояние не менее 50 м от очистных забоев и не менее 150 м от забоев подготовительных выработок.

Подготовка аппарата к работе. Для проверки исправности аппарата перед спуском в шахту необходимо:

установить аппарат горизонтально на твердом основании, откинуть верхнюю крышку; проверить и убедиться, что поверхность лицевой панели сухая, а соединительные провода не имеют повреждений;

вставить в штепсельный разъем и зажим аппарата соединительные провода, установить между их концами воздушный зазор 5—6 мм;

вращать рукоятку индуктора. При исправном испытателе напряжение на индикаторе напряжения будет плавно нарастать и за время не более 0,5 мин достигнет 18 кВ;

нажать кнопку «Испытание». При исправном аппарате произойдет пробой воздушного зазора на концах соединительных проводов. Напряжение на индикаторе напряжения резко снизится, а индикатор пробоя изоляции покажет пробой. Одновременно проверяют искатель. Для этого индукционные датчики накладывают на соединительные провода и включают тумблером питание схемы искателя. В случае пробоя воздушного промежутка между концами соединительных проводов, подключенных к испытателю, индикаторы пробоя *VH1* изоляции и подачи *VH2* искателя должны включаться.

Порядок испытания и определение места повреждения кабелей. Перед испытанием проводят наружный осмотр испытуемой кабельной линии, соединительных и концевых кабельных муфт и их заземления. Концевые кабельные муфты перед испытаниями необходимо привести в исправное состояние, изоляторы тщательно очистить от пыли и грязи. При неудовлетворительном состоянии кабельных муфт испытания не следует производить до устранения повреждений.

Состояние заземления подземных электроустановок и кабелей должно отвечать требованиям § 452 ПБ и Инструкции по устройству, осмотру и измерению сопротивления шахтных заземлений к § 452 ПБ.

У противоположного конца испытуемого кабеля должен находиться наблюдающий из членов бригады, производящей испытание. Если испытание кабельной линии происходит после ремонта или монтажа соединительной муфты, то у муфты также должен быть выставлен наблюдающий. Наблюдающие обеспечиваются надежными средствами связи или специальной сигнализацией с оператором.

Выводы аппарата АШИК к жилам испытуемого кабеля присоединяют по схеме, показанной на рис. 2.7, *б*. Испытание производят в диэлектрических перчатках, стоя на резиновом коврике или изолирующей подставке.

Перед подачей импульсного напряжения в испытуемый кабель необходимо:

проверить, все ли члены бригады находятся на местах;

получить от всех наблюдающих подтверждение, что команда на начало испытания ими принята и его можно проводить;

предупредить голосом «Подаю напряжение», снять переносное заземление с испытуемой жилы кабеля. С момента снятия переносного заземления вся испытательная установка, включая испытуемый кабель и соединительные провода, считается находящейся

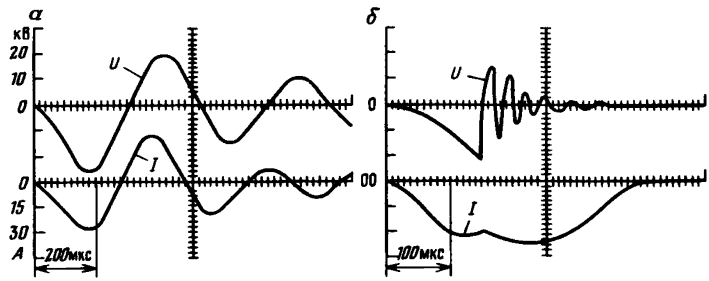


Рис. 2.8. Осциллограммы импульсных напряжений и токов при испытаний аппаратом АШИК кабеля с изоляцией;
а — нормальной; *б* — поврежденной

под напряжением. Производить какие-либо присоединения в испытательной схеме не допускается.

Затем вращают рукоятку индуктора и плавно повышают напряжение до испытательного, после чего нажимают на кнопку «Испытание» (в кабель подается импульсное напряжение). Пробой изоляции кабеля контролируют по индикатору на лицевой панели аппарата.

Кабельная линия считается выдержавшей испытание, если не произошло электрического пробоя при трехкратной подаче импульсного испытательного напряжения на каждую силовую жилу кабеля относительно других заземленных жил и оболочки кабеля.

На рис. 2.8 показаны осциллограммы импульсных напряжений и токов при испытании изоляции кабеля марки СБЗ × 25 с нормальной и поврежденной изоляцией.

Для определения места повреждения кабеля аппарат подключают по схеме (см. рис. 2.7, *в*).

Производят осмотр всей поврежденной кабельной линии. Индукционную рамку искателя накладывают в местах предполагаемого пробоя изоляции (у кабельных муфт, в местах с механическим повреждением оболочки кабеля и т. п.). Устанавливают связь между операторами и подают импульсное напряжение в кабель. В зоне предполагаемого повреждения искатель перемещают по кабелю и по показанию индикаторов определяют на трассе кабельной линии место повреждения изоляции.

Зону повреждения изоляции кабелей, проложенных по стволам, шурфам и другим горным выработкам с поверхности шахты, определяют с помощью аппарата АШИК совместно с измерителем расстояния до места повреждения типа Щ-4120 (см. рис. 2.7, *г*).

Измеритель Щ-4120 устанавливают на поверхности шахты и подключают в соответствии с указаниями заводской инструкции.

После обнаружения повреждения изоляции с помощью заземляющей штанги накладывают переносное заземление на испытуемую жилу кабеля. Производитель работ сообщает об этом членам бригады голосом «Напряжение снято». Только после этого можно отсоединить провода аппарата и проводить работы по устранению выявленного повреждения.

Рекомендуемые нормы импульсного испытательного напряжения. Импульсное испытательное напряжение по форме и величине имитирует кратковременные коммутационные перенапряжения, возникающие в кабельных сетях в процессе эксплуатации. Рекомендуемые нормы импульсных испытательных напряжений эквивалентны по величине пробивного напряжения нормам выпрямленного повышенного напряжения и обеспечивают эффективное выявление наиболее распространенных в шахтных условиях скрытых мест повреждений кабелей: сквозных проколов, заплывающих пробоев в изоляции кабельных муфт и т. п. Вместе с тем кратковременное воздействие (10^{-5}—10^{-3} с) единичного испытательного импульса напряжения в нормальной изоляции кабелей не вызывает каких-либо ухудшений, обусловленных ионизационными и тепловыми процессами.

Поиск повреждений изоляции в шахтных гибких и бронированных кабелях номинального напряжения $U_{ном} = 3 \div 6$ кВ с бумажно-масляной, резиновой и пластмассовой изоляцией должен производиться импульсным испытательным напряжением 3—$4U_{ном}$ с длительностью импульса 10^{-5}—10^{-3} с.

Для шахтных силовых кабелей напряжением до 1200 В с бумажно-масляной, резиновой и пластмассовой изоляцией рекомендуется импульсное испытательное напряжение 5—6 кВ.

На поверхности шахт, во взрывоопасных зонах и в полевых условиях на угольных разрезах силовые кабели высокого напряжения с бумажно-масляной или пластмассовой изоляцией должны испытываться импульсным напряжением $4—5U_{ном}$. Силовые кабели напряжением 6 кВ с резиновой изоляцией испытывают импульсным напряжением $3—4\ U_{ном}$.

Кабельная линия считается выдержавшей испытание, если не произошло электрического пробоя при трехкратной подаче импульсного испытательного напряжения на каждую жилу кабеля относительно остальных заземленных жил и оболочек кабеля.

2.2.4. Устройство «Импульс-2»

Устройство «Импульс-2» (изготовитель — Энергозавод ПО «Карагандауголь») предназначено для проверки максимальной токовой защиты (МТЗ) шахтных электроаппаратов в подземных условиях шахт, в том числе опасных по газу или пыли. Оно позволяет проверять защиту рудничных автоматических выключателей и высоковольтных ячеек (АФВ, РВД-6 и др.) импульсом переменного тока частотой 50 Гц заданной величины и длитель-

ности, а также измерять ток и время срабатывания защиты с фиксацией результатов измерения.

Конструктивно устройство «Импульс-2» выполнено переносным в металлическом корпусе чемоданного типа. На лицевой панели расположены органы управления для проведения испытаний и измерений.

Принцип действия устройства основан на формировании импульса переменного нагрузочного тока путем каскадного разряда емкостных накопителей энергии на силовой автономный инвертор с нагрузочным трансформатором на выходе. Предварительный заряд емкостных накопителей до заданного уровня энергии происходит сравнительно медленно (2—3 мин) от маломощного источника энергии через преобразователь, повышающий напряжение.

Функциональная схема устройства приведена на рис. 2.9. После подключения токовых реле проверяемой защиты к соответствующим зажимам устройства органами управления, расположенными на лицевой панели, через преобразователь напряжения подключается источник питания. Происходит сброс информации измерительного блока и запуск триггера, разрешающего работу преобразователя, нагрузкой которого является блок накопителей энергии. При достижении в блоке накопителей энергии заданного уровня задатчик нагрузочного тока воздействует на триггер, который отключает преобразователь напряжения и включает мультивибратор и измеритель времени измерительного блока. Под действием управляющих импульсов мультивибратора распределитель подключает к входу инвертора поочередно конденсаторы блока накопителей энергии на время, равное полупериоду нагрузочного тока. Инвертор преобразует однополярные импульсы тока, поступающие от блока накопителей энергии, в переменный ток 50 Гц. Во вторичной обмотке *II* нагрузочного трансформатора *TV2* и в цепи проверяемой защиты при этом протекает заданный нагрузочный ток. Измеритель тока в измерительном блоке через трансформатор тока *TA* фиксирует значение тока нагрузки. При срабатывании проверяемого аппарата защиты измеритель времени измерительного блока отключается и фиксирует время срабатывания защиты.

Подготовка устройства к работе. Перед началом работы нужно проверить напряжение батареи питания: накоротко замкнуть выходные зажимы и включить переключатель «Питание» (см. рис. 2.9, *а*). Отсутствие свечения светодиода *13* «Питание» указывает на необходимость заряда батареи, а его свечение — на готовность устройства к работе.

Зарядку аккумуляторной батареи следует производить при снижении напряжения на ее зажимах до 4,2 В от источника выпрямленного напряжения стабильным во времени током величиной 1,1 А в течение 15 ч. На снижение напряжения аккумуляторов указывает отсутствие свечения светодиода «Питание» при

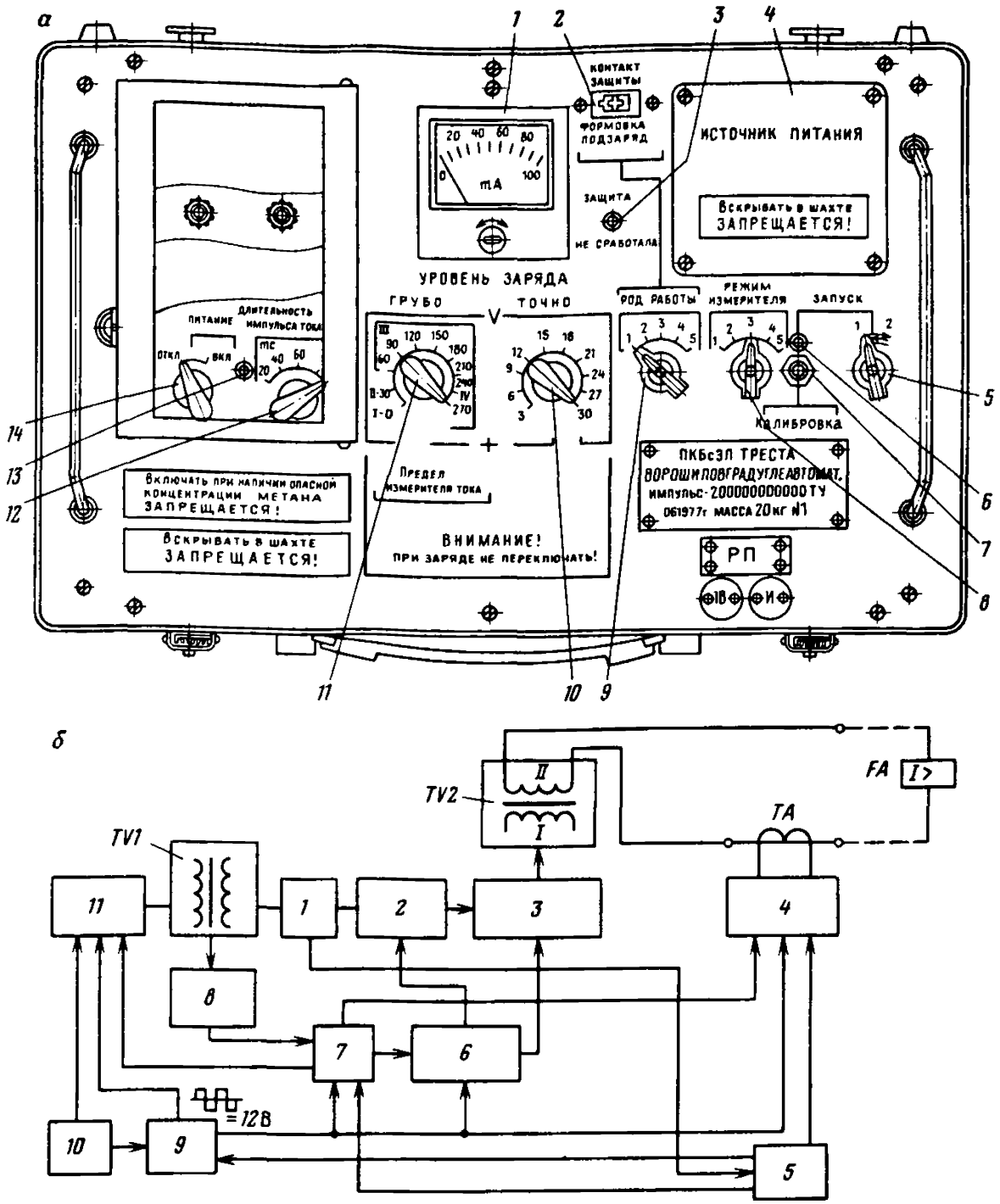


Рис. 2.9. Устройство «Импульс-2»:

а — лицевая панель (*1* — измерительный прибор; *2* — гнездо разъема; *3* — светодиод «Защита не сработала»; *4* — крышка отсека аккумуляторной батареи; *5* и *6* — светодиод и переключатель «Запуск»; *7* — кнопка «Калибровка»; *8* — переключатель «Режим измерителя»; *9* — переключатель «Род работы»; *10* — переключатель «Уровень заряда. Точно.»; *11* — переключатель «Уровень заряда. Грубо. — Предел измерителя тока»; *12* — переключатель «Длительность импульса тока»; *13* — светодиод «Питание»; *14* — переключатель «Питание»); *б* — функциональная схема (*1* — блок накопителей энергии; *2* — тиристорный распределитель импульсов; *3* — тиристорный инвертор; *4* — измерительный блок; *5* — органы управления; *6* — управляемый мультивибратор; *7* — управляющий триггер; *8* — задатчик нагрузочного тока; *9* — преобразователь напряжения; *10* — источник питания; *11* — управляемый преобразователь нагрузки)

включении устройства или его погасание при запуске устройства, когда зажигается светодиод «Запуск». Установив предварительно переключатель «Род работы» в положение 4 «Подзаряд» и сняв его ручку, а также установив переключатель «Питание» в положение «Откл», подсоединяют аккумуляторную батарею к источнику тока заряда специальным гибким соединительным кабелем, входящим в комплект устройства, через разъем «Контакт защиты. Формовка. Подзаряд» на лицевой панели. По окончании заряда зажигается светодиод «Питание» (при отключенном питании устройства). Напряжение свежезаряженной батареи 5,6 В. Перезаряд батареи недопустим.

Техническая характеристика устройства «Импульс-2»

Исполнение и уровень взрывозащиты	РП, 1В,И
Степень защиты *от внешних воздействий*	IP54
Диапазоны регулирования нагрузочного тока, А	10—100, 50—2500
Частота импульса нагрузочного тока, Гц	50±2
Диапазон регулирования длительности воздействия нагрузочного тока, мс	20—100 (ступенчато через 20 мс)
Частота подачи импульсов максимальной длительности и амплитуды, импульс/ч	30
Погрешность измерения тока и времени, %	±5
Время хранения измерительной информации, мин	3
Тип источника питания	Батарея напряжения 5 В из четырех аккумуляторов НКГК-11Д
Масса, кг	≤20
Габаритные размеры, мм	460×275×230

Перед вводом в эксплуатацию, при перерыве в эксплуатации в течение 1 мес и более, а также периодически (не реже 1 раза в 2 мес) необходимо производить формовку импульсных конденсаторов накопителя энергии от источника постоянного тока с регулируемым напряжением 0—300 В через токоограничивающий резистор сопротивлением 2 кОм мощностью 50 Вт. После выдержки конденсаторов под напряжением 300 В в течение 2,5—3 ч формовка считается законченной. Контроль уровня заряда осуществляется по шкале 0—300 В встроенного индикатора.

Измеритель устройства подготавливается к работе через 30 мин после подачи питания на схему.

Требования безопасности. В связи с наличием в схеме опасного напряжения (до 600 В в цепях инвертора и первичной обмотке нагрузочного трансформатора) при работе с устройством необходимо соблюдать осторожность и выполнять следующие правила техники безопасности.

При работе с устройством «Импульс-2» з а п р е щ а е т с я:

а) вскрывать или оставлять без присмотра устройство в шахте. Допускается замена батареи питания только на свежей струе, в ЦПП или электромашинной камере;

б) деблокировать электромеханическую блокировку предохранительной крышки лицевой панели;

в) использовать в качестве силовой соединительной линии не предусмотренные паспортом кабели и провода;

г) работать в шахте с поврежденным устройством;

д) работать с устройством в шахте при наличии капежа;

е) включать и запускать устройство при разорванной выходной силовой цепи;

ж) размыкать выходную силовую цепь устройства после его запуска;

з) переносить устройство с включенным питанием или снятыми крышками;

и) заменять встроенный в батарею аккумуляторов взрывозащищенный предохранитель предохранителем незаводского изготовления;

к) использовать источники питания и батареи, отличные от батарей, входящих в комплект устройства;

л) изменять конструкцию и схему устройства без согласования с организацией-разработчиком — трестом «Ворошиловградуглеавтоматика», изготовителем — Энергозаводом ПО «Карагандауголь» и государственной контрольной организацией — МакНИИ;

м) работать с устройством при снижении напряжения батареи до 4 В;

н) включать и запускать устройство при разорванной выходной цепи, размыкать выходную цепь после запуска переключателем «Запуск».

В шахтах, опасных по газу или пыли, запрещается:

а) включать устройство без предварительного замера метана и при опасной его концентрации. При неавтоматическом контроле замерять концентрацию следует каждые 30—40 мин;

б) работать с устройством при открытой крышке аппаратного отделения проверяемого аппарата;

в) подавать в искробезопасную цепь измерения времени срабатывания защиты напряжение от постороннего источника;

г) производить подзаряд батареи аккумуляторов и формовку накопительных конденсаторов.

Другие меры безопасности определены положениями ПБ, ПТЭ, а также ПТЭ и ПТБ.

При ремонте и настройке устройства после вскрытия оболочки в течение 15 мин запрещается прикасаться к токоведущим частям устройства.

Порядок проверки токовой защиты.

1. Установить устройство на расстоянии не более 0,8 м от проверяемого аппарата. При этом должен быть обеспечен свободный обзор и доступ к лицевой панели и местам присоединения соединительных проводов.

2. Открыть защитную крышку и подключить к зажимам проверяемую защиту с помощью силовых проводов (гибкого соединительного кабеля). Подключить блок-контакт проверяемого аппарата с помощью соответствующего гибкого соединительного

кабеля к разъему лицевой панели «Контакт защиты. Формовка. Подзаряд». Переключатель «Род работы» установить в положение *1* — если используемый блок-контакт замыкающий, и в положение *2* — если блок-контакт размыкающий.

3. Установить необходимый уровень заряда накопительных конденсаторов и длительность нагрузочного тока переключателями «Уровень заряда — Грубо и Точно» и переключателем «Длительность импульса тока». Данные для выбора параметров приведены в табл. 2.3—2.5.

4. Закрыть защитную крышку. Установить переключатель «Режим измерителя» в положение *1* — при проверке электроаппаратов с защитой выпрямительного типа (УМЗ, ПМЗ и т. п.)

Таблица 2.3

Уровень заряда в зависимости от требуемого тока нагрузки (ориентировочно) для одной проверяемой фазы

Автомат АФВ-3		Ячейки РВД-6 с ИТТ 100/5		Ячейки РВД-6 с ИТТ 300/5		Нагрузка на зажимах Кл3, Кл4 (заводская маркировка)	
Ток нагрузки, А	Уровень заряда, В	Ток нагрузки, А	Уровень заряда, В	Ток нагрузки, А	Уровень заряда, В	Ток нагрузки, А	Уровень заряда, В
300	30 + 6	100	0 + 30	200	30 + 9	10	0 + 30
400	30 + 18	140	30 + 12	250	30 + 21	20	30 + 30
500	30 + 30	160	30 + 18	300	30 + 30	30	60 + 30
600	60 + 12	200	30 + 30	420	60 + 27	40	90 + 30
700	60 + 24	250	60 + 15	480	90 + 9	50	120 + 30
800	90 + 6	300	60 + 30	600	90 + 30	60	150 + 30
900	90 + 18	400	90 + 30	750	120 + 27	70	180 + 30
1000	90 + 30	500	120 + 30	900	150 + 24	80	210 + 30
1100	120 + 12	600	150 + 30	1000	180 + 12	90	240 + 30
1200	120 + 24	700	180 + 30	1100	180 + 30	100	270 + 30
1300	150 + 6	800	210 + 30	1200	210 + 18	—	—
1400	150 + 18	900	240 + 30	1300	240 + 6	—	—
1500	150 + 30	1000	270 + 30	1400	240 + 24	—	—
1600	180 + 12	—	—	1500	270 + 12	—	—
1700	180 + 24	—	—	1600	270 + 30	—	—
1800	210 + 6	—	—	—	—	—	—
1900	210 + 18	—	—	—	—	—	—
2000	210 + 30	—	—	—	—	—	—
2100	240 + 12	—	—	—	—	—	—
2200	240 + 24	—	—	—	—	—	—
2300	270 + 6	—	—	—	—	—	—
2400	270 + 18	—	—	—	—	—	—
2500	270 + 30	—	—	—	—	—	—

Примечания: 1. Сопротивление нагрузки АФВ-3 и ячеек с измерительными трансформаторами тока 100/5 и 300/5 соответственно 0,4; 7,8 и 2,5 МОм. 2. При использовании зажимов Кл3, Кл4 работает встроенное ограничительное сопротивление 1 Ом. В этом случае сопротивлением нагрузки при проверке первичным током можно пренебречь.

Таблица 2.4

Выбор длительности импульса тока нагрузки (ориентировочно) в зависимости от кратности токов нагрузки и уставки

Автоматы АФВ		Ячейка РВД-6			
$I/I_у$	$t_{имп}$, мс	$I/I_у$	$t_{имп}$ (мс) при токах уставки, А		
			5	10	15
1,05	100	1,15	80	80	60
1,1	80	1,2	60	60	40
1,2	60	1,25	60	40	40
1,3	40	1,3	40	—	40

Примечание. Таблица составлена по данным МакНИИ.

Таблица 2.5

Допустимые значения времени срабатывания защиты в зависимости от кратности токов срабатывания и уставки

Кратность токов $I_{ср}/I_у$	Время срабатывания защиты (мс) в аппарате			
	АФВ	РВД-6 при $I_у$, А		
		5	10	15
1,15	60—200	31—75	28—66	24—47
1,20	54—83	28—55	27—44	22—40
1,25	52—70	26—43	25—36	20—36
1,30	50—67	25—36	24—33	20—33
1,35	—	—	—	—
1,40	48—60	—	—	—
1,45	—	—	—	—
1,50	45—54	—	—	—

Примечания: 1. Таблица составлена по данным МакНИИ. 2. При измерении времени срабатывания защиты ячеек РВД-6 используется непосредственно контакт максимального реле; в остальных случаях блок-контакт проверяемого электроаппарата.

или в положение *2* — для электроаппаратов с защитой на электромагнитных реле переменного тока.

5. Перевести в положение *2* на небольшое время (1—2 с) и вернуть в исходное положение (*1*) переключатель «Запуск» (зажжется светодиод «Запуск» и начнется заряд конденсаторов блока накопителей энергии). Рост напряжения при этом можно контролировать по шкале индикатора «0—300». Дальнейшая работа схемы происходит автоматически: при достижении заданного напряжения на накопительных конденсаторах (максимум через 2—3 мин) управляющий триггер включит мультивибратор и через проверяемую защиту пройдет заданный импульс переменного нагрузочного тока; одновременно производится измерение и фиксация значения прошедшего тока и времени срабатывания

защиты (если она сработала). При недостаточной величине или длительности импульса нагрузочного тока защита не сработает (зажжется светодиод «Защита не сработала»), поэтому необходимо увеличить уровень заряда или длительность импульса тока либо то и другое одновременно. Следует найти такое значение уровня для данной установки защиты, при котором защита сработает не менее трех раз подряд.

6. Установить переключатель «Режим измерителя» в положение *3* и проверить нуль индикатора.

7. Снять с индикатора показания значения нагрузочного тока и времени срабатывания защиты, установив соответственно переключатель «Режим измерителя» в положение *4* (ток) и *5* (время). При этом предел шкалы индикатора для показаний тока определяется положением переключателя («Предел измерителя тока», «Уровень заряда», «Грубо»), в котором он находился в момент подачи тока в цепь защиты. Измеритель времени имеет один диапазон — от 0 до 200 мс.

8. Выполнить подачу импульса переменного нагрузочного тока в цепь защиты 3 раза и усреднить показания по току нагрузки и времени срабатывания.

9. Определить, укладывается ли данная защита в допустимую погрешность $+15$ % по току уставки. Для этого определить отношение (кратность) усредненного по трем испытаниям тока нагрузки к номинальному току уставки проверяемой защиты. Затем для полученной кратности токов данного типа реле и его номинального тока уставки установить по табл. 2.5 допустимый диапазон времени срабатывания защиты, при котором она укладывается в ± 15 %-ную погрешность по току уставки. Сравнить допустимый диапазон времени срабатывания с усредненным временем срабатывания защиты при проведенных испытаниях. Если усредненное время срабатывания лежит в пределах допустимого диапазона, то защита на данной номинальной уставке по току срабатывания считается годной с погрешностью не более ± 15 % по току уставки, если не укладывается — негодной. Если усредненное время срабатывания выше большего значения допустимого диапазона, то защита загрублена, если ниже меньшего, то чувствительность защиты завышена.

2.3. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ

Временны́е интервалы продолжительностью более 3—5 с удобно измерять с помощью механического секундомера часового типа. При хорошем навыке погрешность измерения не превышает 0,2—0,3 с. Если процесс измерения можно повторить, то необходимо произвести три—пять измерений и вычислить среднее арифметическое. Этим методом измеряют продолжительность разгона электродвигателей с тяжелым запуском (5—20 с), время шунтирования максимальной токовой защиты (8—16 с), время под-

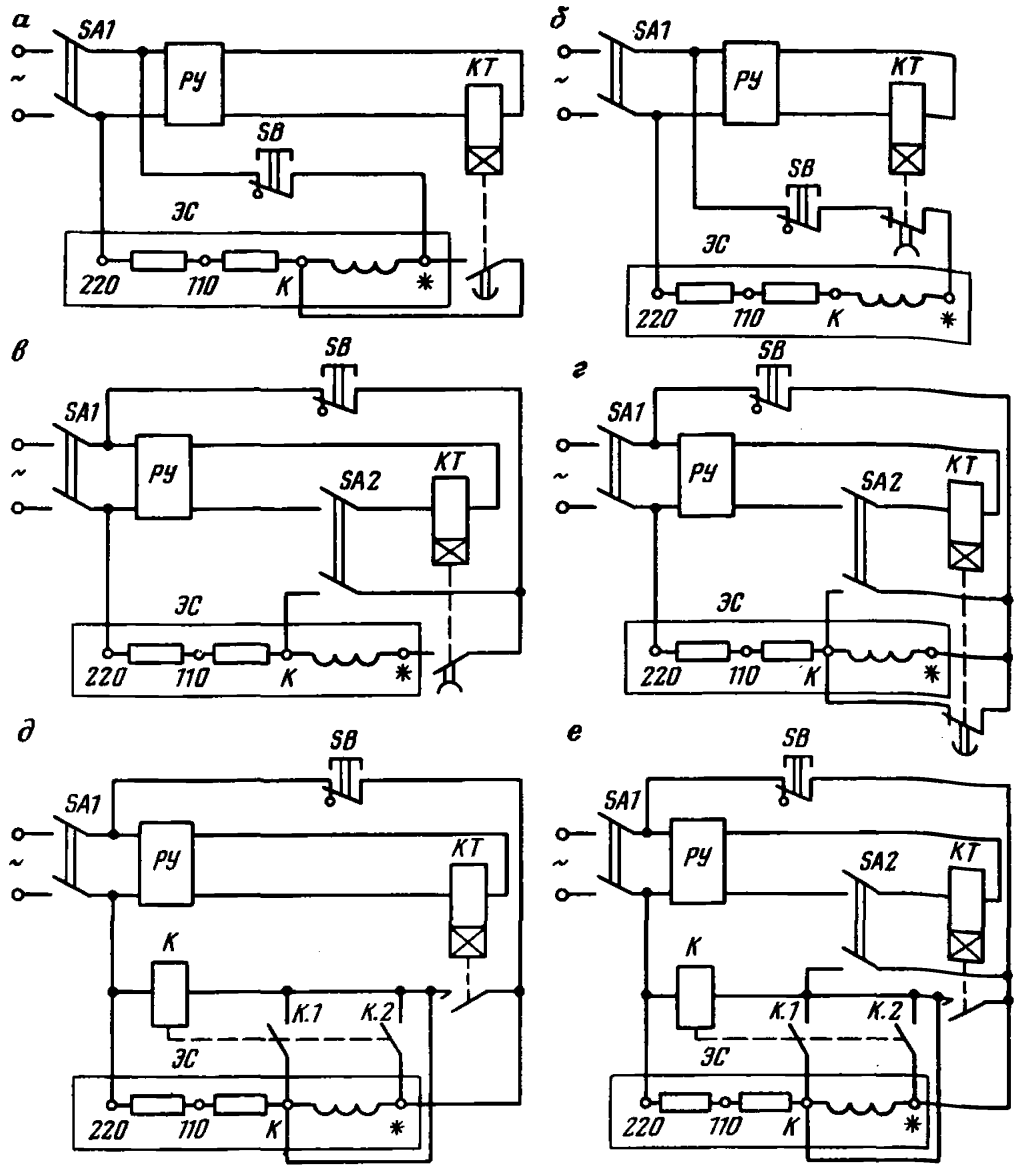


Рис. 2.10. Схемы измерения собственного времени срабатывания реле переменного тока:

а — с замыкающим контактом с выдержкой при срабатывании реле; *б* — с размыкающим контактом с выдержкой при возврате реле; *в* — с замыкающим контактом с выдержкой при возврате реле; *г* — с размыкающим контактом с выдержкой при срабатывании реле; *д* — с импульсным контактом, замыкающим при срабатывании реле; *е* — то же, при отключении реле; *ЭС* — электросекундомер ПВ-53Л; *КТ* — испытуемое реле времени; *РУ* — регулирующее устройство; *В* — выключатель для отключения секундомера при регулировании параметров реле; *SA1, SA2* — выключатели для запуска испытуемого реле и электросекундомера; *К* — промежуточное реле

готовки к включению моторно-пружинных приводов (3—8 с) и т. п.

При измерении интервалов времени от 0,01 до 10 с в наладочной практике применяют электросекундомеры (например, ПВ-53Л). На рис. 2.10 и 2.11 показаны схемы измерения времени срабатывания реле переменного и постоянного тока. В этих схемах требованию одновременности замыкания контактов должны отвечать контакты выключателя с обозначением *SA2* или один

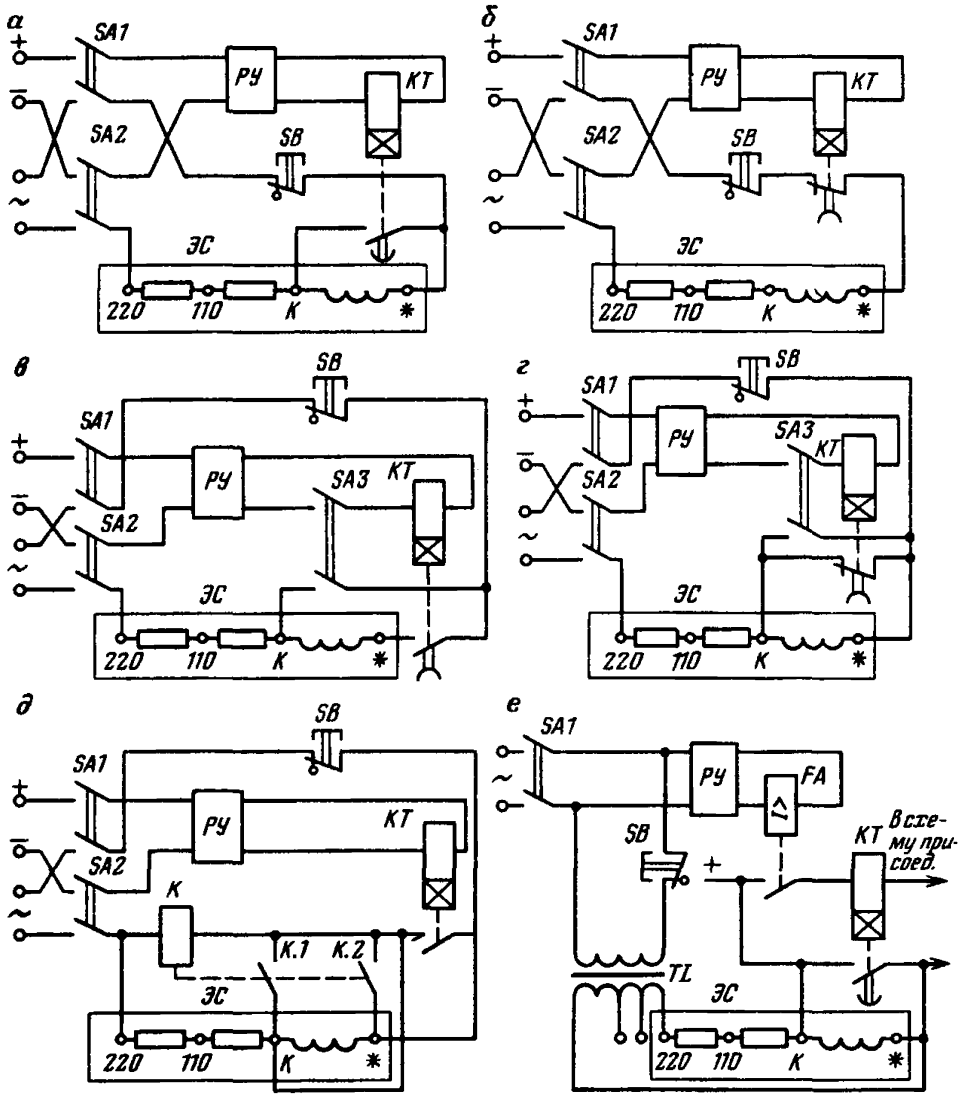


Рис. 2.11. Схемы измерения собственного времени срабатывания реле постоянного тока:

а — с замыкающим контактом с выдержкой при срабатывании реле; *б* — с размыкающим контактом с выдержкой при возврате реле; *в* — с замыкающим контактом с выдержкой при возврате реле; *г* — с размыкающим контактом с выдержкой при срабатывании реле; *д* — с импульсным контактом с выдержкой при срабатывании реле; *е* — с замыкающим контактом с выдержкой при срабатывании реле в общей схеме защиты с питанием секундомера через разделительный трансформатор *TL*; *SA3* — выключатель запуска испытуемого реле; *FA* — защитное устройство (реле)

Остальные обозначения см. в тексте к рис. 2.10

из выключателей *SA1* и *SA2*. В схемах на рис. 2.10, *д*, *е* и 2.11, *д* время срабатывания реле *К* должно быть не более времени замкнутого состояния импульсного контакта. Одновременность замыкания контактов реле *К* необязательна. Все схемы выполнены с регулировочным устройством *РУ*, в котором предполагается и наличие необходимых измерительных приборов. На практике во многих случаях схема измерения может собираться без *РУ*. На рис. 2.11, *е* показана схема с разделительным маломощным

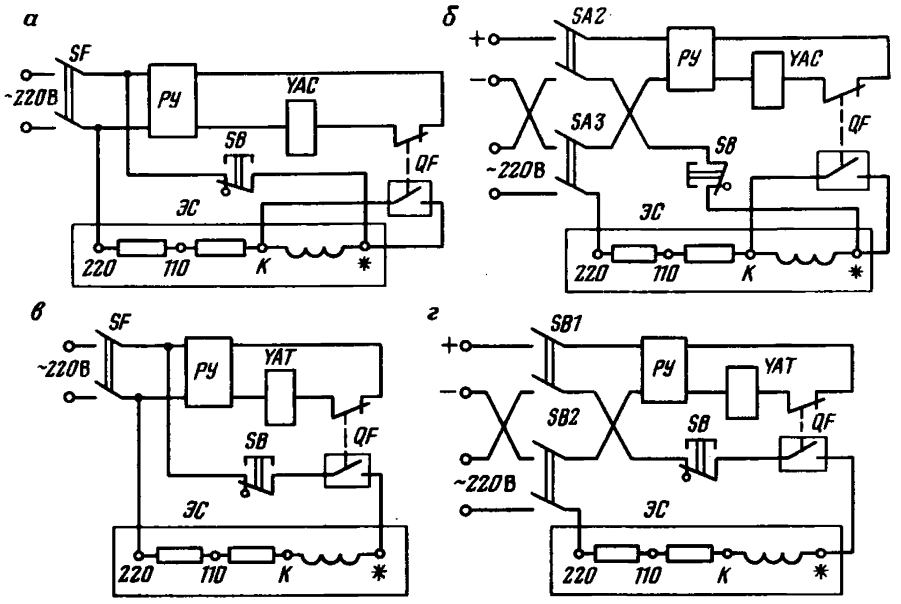


Рис. 2.12. Измерение времени включения (*а*, *б*) и отключения (*в*, *г*) высоковольтных выключателей при переменном (*а*, *в*) и постоянном (*б*, *г*) оперативном токе

(10—20 В·А) трансформатором для питания секундомера *ЭС*. Эта схема позволяет измерять время непосредственно в схемах защиты. Номинальная частота напряжения питания исследуемых объектов при измерениях электросекундомерами должна быть 50 Гц. При частоте, в небольших пределах отличной от 50 Гц, измеряемое время пересчитывают по формуле

$$t_{\text{и}} = t\frac{50}{f}, \qquad (2.1)$$

где $t_{\text{и}}$ — измеряемое время; t — показание секундомера; f — частота напряжения питания исследуемого объекта.

Продолжительность процессов переключения контактов реле в интервале 5—500 мс измеряют миллисекундомером. Интервалы времени 5—100 мс измеряют с помощью осциллографов.

Принципы построения схем измерения временных интервалов высоковольтных выключателей поясняет рис. 2.12. При включении высоковольтного выключателя *QF* измеряется время от подачи сигнала на соленоид (контактор) включения *YAC* до момента замыкания контактов силовой цепи. При измерении времени отключения напряжение одновременно подается на секундомер и обмотку соленоида отключения *YAT*. Секундомер останавливается в момент разрыва силовых контактов *QF*. Применение в этих схемах для остановки секундомера блок-контактов (КСА, БК, БКА) недопустимо.

Тумблер *SB* служит для отключения секундомера при регулировании параметров срабатывания *YAC* и *YAT*. В схемах (см. рис. 2.12, *б*, *г*) по крайней мере один из выключателей (*SA2* или *SA3*) должен одновременно замыкать свои контакты при включении. Этим выключателем осуществляется запуск схемы. Если применяется один выключатель на четыре цепи, то должна обеспечиваться одновременность их замыкания при включении. Применение в этих схемах двухцепного выключателя с разрывом только одного полюса двухпроводной цепи не допускается. В схемах (см. рис. 2.12, *а*, *в*) могут применяться любые выключатели, обеспечивающие надежный разрыв между цепями тока и посторонними источниками.

Для измерения времени срабатывания защит от утечки тока на землю в шахтных сетях напряжением 380, 660 и 1140 В трехфазного переменного тока применяют индикаторы времени ИВ-1 и ИВ-3 (см. разд. 2.2.1 и 2.2.2).

2.4. ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ

Измерение сопротивления изоляции и определение ее увлажненности (коэффициента абсорбции) производят с помощью мегаомметров различных типов.

Перед началом измерений, а также перед спуском прибора в шахту необходимо проверить прибор, перемкнув его выходные зажимы. При вращении рукоятки прибора с номинальной частотой 2 $с^{-1}$ стрелка должна установиться в положение «0» шкалы. После этого разомкнуть выходные зажимы; при повторном вращении стрелка прибора должна установиться в положение «∞».

Все измерения сопротивления изоляции в шахте следует производить в соответствии с ПБ.

При измерении сопротивления изоляции мегаомметром необходимо:

а) разрядить измеряемую цепь от емкостных токов, наложив заземление на 2—3 мин (перед началом и после каждого измерения). Разрядку в шахтных условиях выполнять только после замера содержания метана и при отсутствии его опасной концентрации в рудничной атмосфере;

б) подключить мегаомметр к измеряемой цепи и выбрать предел измерения в соответствии с ожидаемой величиной сопротивления. Мегаомметр к схеме присоединяют одножильными гибкими проводами с сопротивлением изоляции не менее 100 МОм. Концы проводов, присоединяемые к мегаомметру, должны иметь оконцеватели, а противоположные концы — зажимы типа «крокодил» с изолированными ручками или специальными щупами. При измерении сопротивления изоляции относительно земли зажим «З» (земля) прибора соединяют с заземленным корпусом аппарата, заземленной металлической оболочкой кабеля или с защитным заземлением, а зажим «Л» (линия) — с проводником тока. Если

при измерении необходимо исключить поверхностные токи утечки, то на наружный слой изоляции проводника (оболочку кабеля) накладывают электрод, соединяемый с зажимом «Э» (экран прибора). При измерении сопротивления изоляции между токоведущими цепями зажимы «З» и «Л» присоединяют к испытуемым цепям, а зажим «Э» — к заземленному корпусу (оболочке);

в) равномерно вращая рукоятку привода мегаомметра с номинальной частотой, произвести отсчет показания через 15 и 60 с после начала вращения. Если определение коэффициента абсорбции $K_{аб}$ не требуется, то отсчет измерения произвести после успокоения стрелки прибора, но не ранее чем через 60 с от начала вращения.

Сопротивление изоляции каждой фазы силовых первичных цепей и кабельных линий измеряют относительно остальных заземленных фаз. При этом величина измеренного сопротивления будет меньше фактического сопротивления изоляции фазы *А* относительно земли и любой другой фазы. Если измерения по этой схеме дадут неудовлетворительный результат, то следует измерить сопротивление каждой фазы относительно земли (остальные фазы не заземляются) и между каждыми двумя фазами. Значения сопротивлений, измеренные по этим схемам, более точны.

При оценке состояния изоляции путем сравнения замеров с заводскими испытаниями возникает необходимость пересчета для приведения сравниваемых величин к одной температуре. Для приведения значений $R_{60''}$, измеренных при температуре t_2, к температуре t_1, при которой производились измерения $R_{60''}$ на заводе (приводится в паспорте трансформатора), надо выполнить пересчет данных измерений с помощью коэффициента K_2:

Разность температур $t_2 - t_1$, °С	1	2	3	4	5
Значение K_2	1,04	1,08	1,13	1,17	1,22
Разность температур $t_2 - t_1$, °С	10	15	20	25	30
Значение K_2	1,5	1,84	2,25	2,75	3,4

Значения K_2 для разности не указанных здесь температур находят путем перемножения соответствующих коэффициентов, дающих в сумме необходимую разность. Например, для разности температур 24 °С: $K_2^{(24)} = K_2^{(20)} \cdot K_2^{(4)} = 2{,}25 \cdot 1{,}17 = 2{,}63$.

Состояние изоляции следует считать неудовлетворительным, если в процессе эксплуатации значение ее сопротивления снизилось на 50 % и более по отношению к измеренному при заводских испытаниях или стало меньше указанного в ПТЭ и ПБ.

Во вторичных цепях проверяют сопротивление изоляции жил кабелей, проводов, зажимов, обмоток и контактов реле:

по отношению к земле (оболочке кабеля, металлической панели, заземляющему контуру);

между фазами, жилами, проводами и зажимами одной и той же цепи;

между различными цепями (тока, напряжения, управления, сигнализации).

Изоляцию катушек и контактов аппаратов напряжением до 1140 В целесообразно измерять совместно со схемой управления в целом. Отключение отдельных аппаратов разрешается только для отыскания участка схемы с пониженным сопротивлением изоляции. При измерении сопротивления изоляции цепей с полупроводниковыми приборами и конденсаторами последние должны быть отключены или зашунтированы.

На заключительном этапе, когда все работы по наладке и проверке цепей закончены, снимают все заземления и отсоединяют источники питания, закорачивают или отсоединяют элементы с пониженным испытательным напряжением. Затем мегаомметром на напряжение 1000—2500 В измеряют сопротивление изоляции собранных цепей тока, напряжения, управления и сигнализации вместе с обмотками измерительных трансформаторов каждой цепи относительно земли и между электрически разделенными цепями (тока и напряжения, тока и управления и т. д.).

При измерениях в сложных вторичных цепях составляют перечень всех элементов (с указанием места установки), которые при измерениях следует защитить от повреждения.

Сопротивление изоляции и коэффициента абсорбции $K_{аб}$ силовых двухобмоточных трансформаторов измеряют последовательно по схемам: ВН — бак + НН; НН — бак + ВН; ВН + НН — бак.

При измерениях выводы измеряемых обмоток одного напряжения должны быть надежно соединены между собой, а бак трансформатора и остальные обмотки — заземлены. Проводник «земля» присоединяют к баку под болт. Для исключения токов утечки по поверхности изоляторов последние подключают проводником к зажиму «Э» прибора. Место наложения экранирующего проводника выбирают из условия получения наибольшей разности потенциалов между этим местом и заземленным корпусом (под верхней юбкой изолятора).

2.5. ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ИЗОЛЯЦИИ

В шахтных условиях испытание повышенным напряжением как высоковольтных, так и низковольтных электроустройств не производят из-за стесненных условий их местонахождения и невозможности обеспечить минимально допустимые расстояния по воздуху от токоведущих частей, находящихся под испытательным напряжением, до заземленных предметов и частей установки, находящихся под рабочим напряжением.

Имеющиеся в настоящее время средства позволяют производить испытание высоковольтного электрооборудования повышенным выпрямленным напряжением только перед спуском в шахту (предпусковые РНИ), т. е. в случае, если в момент монтажа этого

электрооборудования истекает срок действия заводских испытаний повышенным напряжением.

Известные методы испытания изоляции высоковольтных кабелей выпрямленным повышенным напряжением с помощью кенотронных аппаратов АИИ-70 по условию безопасности не могут быть применены в шахтах.

Однако согласно Инструкции по профилактическим испытаниям шахтных стволовых кабелей высокого напряжения, разработанной ВостНИИ, в шахтах, опасных по газу или пыли, разрешается проводить испытания повышенным напряжением кабелей, проложенных в стволах, проветриваемых свежей струей воздуха за счет общешахтной депрессии с помощью кенотрона АИИ-70 (как отдельно стоящим, так и входящим в комплект передвижных электролабораторий). Кроме того, разработанный ВостНИИ аппарат АШИК (см. разд. 2.2.3), предназначенный в основном для поиска повреждений изоляции кабелей, может быть использован для испытания на электрическую прочность всех кабелей до 6 кВ, расположенных в подземных выработках угольных шахт всех категорий по пылегазовому режиму.

2.6. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Ток от заземлителя, оказавшегося под напряжением, растекается в земле по всем направлениям. Вблизи заземлителя плотность тока и, значит, падения напряжения на единицу длины наибольшие, а на некотором расстоянии (в шахте обычно 15—20 м) практически равны нулю. Зона внутри окружности радиусом 15—20 м от заземлителя называется «зоной растекания», а за ее пределами — «зоной нулевого потенциала» (рис. 2.13).

Сопротивление каждого заземляющего устройства складывается из переходного сопротивления заземлителя $R_з$ и сопротивления заземляющих проводников $R_п$ сети заземления. Сопротивление заземлителя $R_з$ представляет собой сопротивление растеканию тока $I_з$ с заземлителя в землю:

$$R_з = U_з/I_з, \tag{2.2}$$

где $U_з$ — напряжение заземлителя, т. е. напряжение между заземлителем и зоной нулевого потенциала земли, В.

В практике обычно применяют два метода определения сопротивления заземления: метод амперметра — вольтметра (рис. 2.14, *а*, *б*) и метод компенсации (по мостовой схеме).

Согласно Инструкции по устройству, осмотру и измерению сопротивления шахтных заземлителей, не реже одного раза в 3 мес должен проводиться наружный осмотр всей заземляющей сети шахты с одновременным измерением общего сопротивления заземляющей сети у каждого заземлителя.

Рис. 2.13. График изменения потенциала «земли» при пробое токоведущей части на корпус в районе местного заземлителя, оказавшегося под напряжением

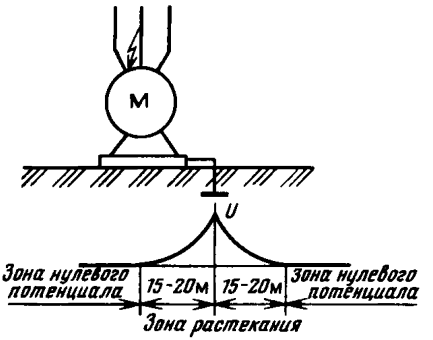
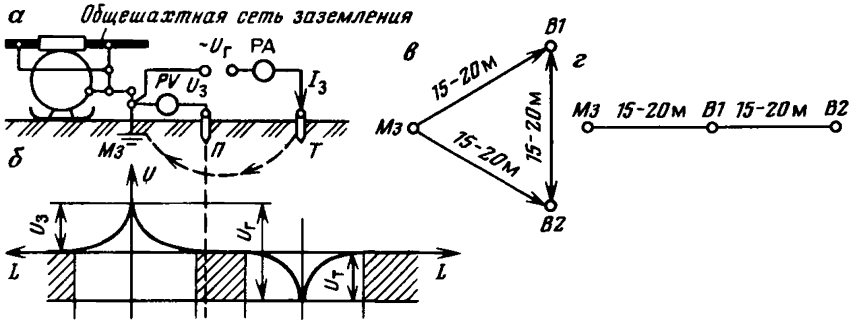


Рис. 2.14. Схема измерения переходного сопротивления заземлителей (*а*) и распределения потенциалов при измерении (*б*), расположение вспомогательных электродов относительно местного заземлителя двухлучевое (*в*) и однолучевое (*г*)



Для замера переходного сопротивления заземляющего устройства необходимо иметь: измеритель заземления; напильник; два отрезка гибкого изолированного медного провода сечением 2,5—4,0 мм², длиной 25—30 м; отрезок медного изолированного провода сечением 6—10 мм²; два медных штыря по 0,7 м, один конец которых заострен и залужен на длину 0,3—0,4 м, а другой снабжен зажимом для провода.

Штыри — вспомогательные электроды или заземлители — забивают в почву на глубину 0,3—0,5 м (желательно в сырые места) под прямым углом. Забивать следует, не раскачивая электроды, чтобы не ухудшить их контакт с землей. Допускается помещать электроды в водосточную канаву, присыпая углем или породой. Для расположения вспомогательных электродов существуют два варианта (рис. 2.14, *в*, *г*).

Прибор для измерения сопротивления заземления М416/1 (рис. 2.15) в искробезопасном исполнении имеет пределы измерения 0,1—1000 Ом. При положениях переключателя ×1, ×5, ×20 и ×100 прибор имеет соответственно пределы: 0,1—10; 0,5—50; 2—200 и 10—1000 Ом. Основная погрешность прибора не превышает $\pm (5 + N/R_x)$ % от измеряемой величины R_x (N — конечное значение диапазона, Ом). Питается прибор от сухих элементов (3 шт. ×1,5 В), потребляя ток не более 70 мА. Один комплект питания обеспечивает не менее 1000 измерений. Напряжение на

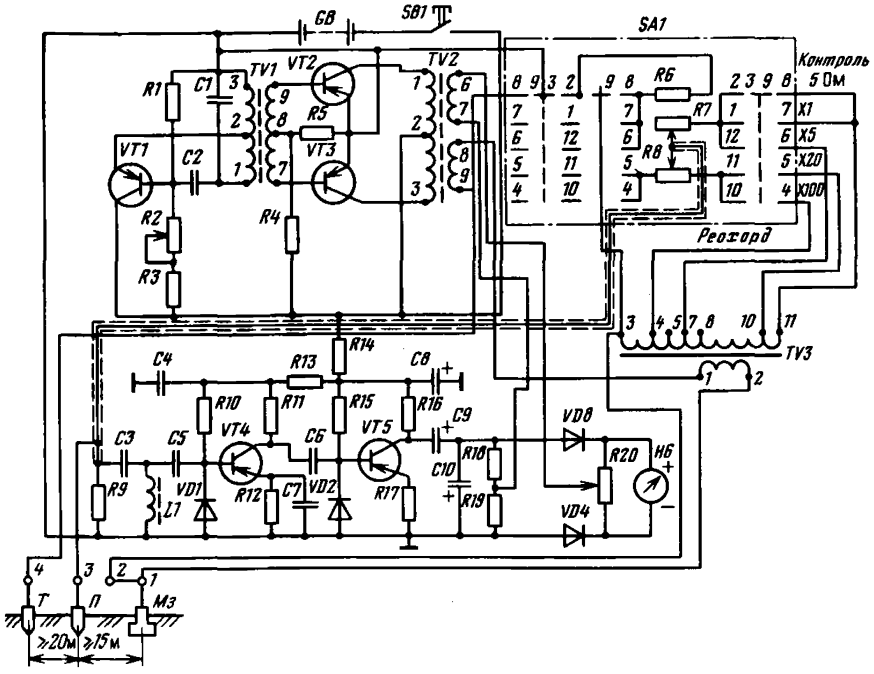


Рис. 2.15. Принципиальная схема измерения сопротивления заземления прибором М416/1

зажимах прибора при разомкнутой внешней цепи 15 В. На лицевой стороне прибора расположены ручка переключателя пределов измерения, ручка реохорда, кнопка включения прибора, индикатор и четыре зажима для подключения измеряемого заземления.

Действие прибора основано на компенсационном методе измерения с применением вспомогательного *Т* и потенциального *П* заземлителей, т. е. на принципе моста.

Прибор состоит из трех основных функциональных узлов: источника постоянного тока батарейного типа G_B; преобразователя постоянного тока в переменный (генератора) и измерительного устройства.

При измерении сопротивления выход преобразователя тока (усилителя мощности) подключается к вспомогательному заземлителю *Т* (зажим *4*) и через первичную обмотку выходного трансформатора *TV3* к измеряемому заземлителю *Мз* (зажим *1*). Вторичная обмотка этого трансформатора подключается к специальному калиброванному резистору (реохорду), уставку которого выбирают в зависимости от величины измеряемого сопротивления. При такой схеме включения кроме основной цепи тока через землю создается дополнительная цепь тока через резистор и потенциальный заземлитель *П* (зажим *3*). Параметры схемы обеспечивают равенство этих токов, что позволяет изменением величины

калиброванного резистора изменять величину напряжения на резисторе, включенном между движком реохорда и зондом. Разностное напряжение с резистора подается через усилитель и детектор на индикатор. Момент компенсации наступает в положении контакта резистора, при котором падение напряжения на участке резистора до подвижного контакта (на левом участке реохорда) равно падению напряжения на измеряемом сопротивлении. При этом ток индикатора равен нулю. Реохорд имеет шкалу, по которой можно вести непосредственный отсчет измеряемого сопротивления. Диапазон измерения расширяют путем переключения резистора и изменения коэффициента трансформации трансформатора.

Перед измерением прибор, не подключая к заземлителям, устанавливают горизонтально, переключатель — в положение «Контроль 5 Ом», затем нажимают кнопку *SB1* и, медленно поворачивая ручку «Реохорд», добиваются установки стрелки индикатора на нуль. При этом на шкале реохорда должно быть показание $5 \pm 0{,}35$ Ом. Если показание отличается от этой величины, то проверяют напряжение источника питания. При напряжении источника 3,8—4,8 В отсутствие нормального показания проверяемого прибора свидетельствует о его неисправности.

К прибору, удовлетворяющему нормам, подключают измеряемый *Мэ* и вспомогательные заземлители *Т* и *П*. К измеряемому заземлителю прибор следует располагать возможно ближе. В грунтах с высоким удельным сопротивлением (сухие песчаники и т. п.) результаты измерения будут ориентировочными.

Для измерения переключатель пределов измерения следует установить в положение *x1*, нажать кнопку контроля и, поворачивая ручку «Реохорд», добиться максимального приближения стрелки индикатора к нулевой отметке шкалы. Снять результат измерения по шкале реохорда.

При измерении больших сопротивлений переключатель переводят на соответствующий предел и результат измерения умножают соответственно на 5, 20 или 100.

2.7. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОСТОЯННОМУ И ПЕРЕМЕННОМУ ТОКУ

Измерение сопротивления постоянному току (омическое) выполняют для выявления повреждений катушек или обмоток, проверки качества соединений в местах паек, определения переходных сопротивлений контактов и др. Во время наладочных работ встречаются сопротивления 10^{-5}—10^{10} Ом. Их измерения в таком широком диапазоне в зависимости от величины и требуемой точности производят методом амперметра—вольтметра, омметрами, одинарными или двойными мостами.

Метод амперметра—вольтметра преимущественно применяют в тех случаях, когда по каким-либо причинам нельзя произвести

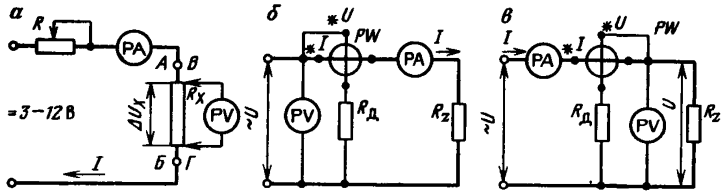


Рис. 2.16. Схемы измерения сопротивления R_z методом амперметра — вольтметра постоянному току (*а*), переменному току при больших значениях R_z (*б*) и переменному току при малых значениях R_z (*в*)

измерения другими методами (отсутствует необходимый мост, цепи с большой индуктивностью и т. п.). При методе амперметра—вольтметра (рис. 2.16, *а*) применяют приборы магнитоэлектрической системы класса 0,5—1: амперметр с пределами 10—30 А и милливольтметр с пределами 45—75 мВ. Напряжение цепи питания 3—12 В. Сопротивление реостата R составляет 0,5—1,5 Ом, номинальный ток 10—30 А. Измеренная величина сопротивления вычисляется по формуле

$$R_x = U_x/I. \qquad (2.3)$$

Пределы измеряемого сопротивления $3 \cdot 10^{-4}$—$1 \cdot 10^{-1}$ Ом. Переходное сопротивление контактов A и $Б$ не влияет на результат, поскольку милливольтметр подключается на потенциально слаботочных зажимах B и $Г$. Сопротивление цепи милливольтметра в 10^3—10^4 раз выше измеряемого и не оказывает заметного влияния на результат измерения. Точность метода зависит от класса приборов, погрешность обычно не выше 1—2 %. Для уточнения результатов производят несколько измерений при разных значениях тока и находят среднее значение. При измерениях сопротивления катушек аппаратов, обладающих большой индуктивностью, необходимо учитывать, что при замыкании цепи и регулировании тока нарастание тока до установившейся величины происходит не сразу. Время успокоения зависит от постоянной времени обмотки. Подключать милливольтметр следует после установления стрелки амперметра, а отключать (во избежание его повреждения) — до разрыва токовой цепи.

Метод омметра наиболее прост, и его применяют для грубых измерений средних значений сопротивлений. Недостатки этого метода — большая неравномерность шкалы и зависимость результатов измерения от напряжения источников питания. Микроомметры используют для измерения малых безындуктивных сопротивлений.

Мегаомметры применяют для измерения больших сопротивлений в пределах 10^5—10^9 Ом и при допустимой погрешности ± 10 %.

Двойные мосты применяют для точных измерений малых сопротивлений, так как схема моста исключает влияние сопротив-

ления соединительных проводов и переходных сопротивлений контактов на результат измерения. Существующие конструкции двойных мостов позволяют измерять сопротивления в пределах 10^{-6}—10 Ом. Средние сопротивления (1 Ом—100 кОм) измеряют методом амперметра—вольтметра и омметра, а также одинарными мостами.

Одинарные мосты пригодны для точных и грубых измерений средних сопротивлений. При измерениях сопротивлений <10 Ом применяют четырехзажимную схему одинарного моста, а сопротивлений >10 Ом — двухзажимную.

Сопротивление постоянному току измеряют при установившемся тепловом режиме, когда температуру измеряемого объекта можно принимать за температуру окружающего воздуха. Измерения можно выполнять при температуре, отличной от той температуры, при которой производили измерения на заводе или во время предыдущих наладочных работ.

Для сопоставления результатов измерения значения сопротивления приводят к температуре заводских измерений t_2 по формуле

$$R = R_x \frac{235 + t_2}{235 + t_1}, \tag{2.4}$$

где R — сопротивление, приведенное к температуре t_2'; R_x — сопротивление, измеряемое при температуре t_1.

Измерение сопротивления переменному току выполняют в целях определения: значений активного R_a, индуктивного R_x и емкостного R_C сопротивлений при заданной частоте f, величин индуктивности L, взаимной индуктивности или емкости соответствующих элементов, а также в тех случаях, когда измерение сопротивления постоянному току сопровождается побочными явлениями (например, поляризацией), вносящими значительные погрешности в результаты измерений.

Измерения, как правило, следует производить при номинальных значениях тока и напряжения, так как на емкость и особенно на индуктивность влияют ток и напряжение, а также формы их кривых. При измерениях следует применять приборы одной системы (электромагнитной или электродинамической) класса 0,5—1. Для определения активного сопротивления и индуктивности используют амперметр, вольтметр и ваттметр (рис. 2.16, *б*, *в*).

По измеренным току I, напряжению U и мощности P находят полное, активное, емкостное и индуктивное сопротивления по формулам:

$$R_z = U/I;\ R_a = P/I^2;\ R_L = \sqrt{R_z^2 - R_a^2} = \sqrt{U^2I^2 - P^2/I^2}; \tag{2.5}$$

$$L = R_L/\omega = R_L/2\pi f. \tag{2.6}$$

При емкостной нагрузке $R_x = R_C$.

2.8. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

Ток и напряжение обычно измеряют методом непосредственной оценки.

Измерения тока производят по схемам, приведенным на рис. 2.17. При выборе схемы измерения следует исходить из абсолютных значений измеряемых величин, необходимой точности измерения, характера нагрузки и имеющихся средств измерительной техники.

Схему, показанную на рис. 2.17, *а*, применяют с использованием приборов электромагнитной системы для переменного тока и магнитоэлектрической системы — для постоянного тока. При правильно выбранных пределах измерительных приборов погрешности измерений по этой схеме минимальны. Для измерений, не требующих высокой точности, могут быть использованы комбинированные приборы выпрямительной системы. Для измерений тока менее 10^{-3} А применяют гальванометры.

С помощью схемы (рис. 2.17, *б*) осуществляют расширение пределов измерения с использованием добавочных резисторов $R_д$,

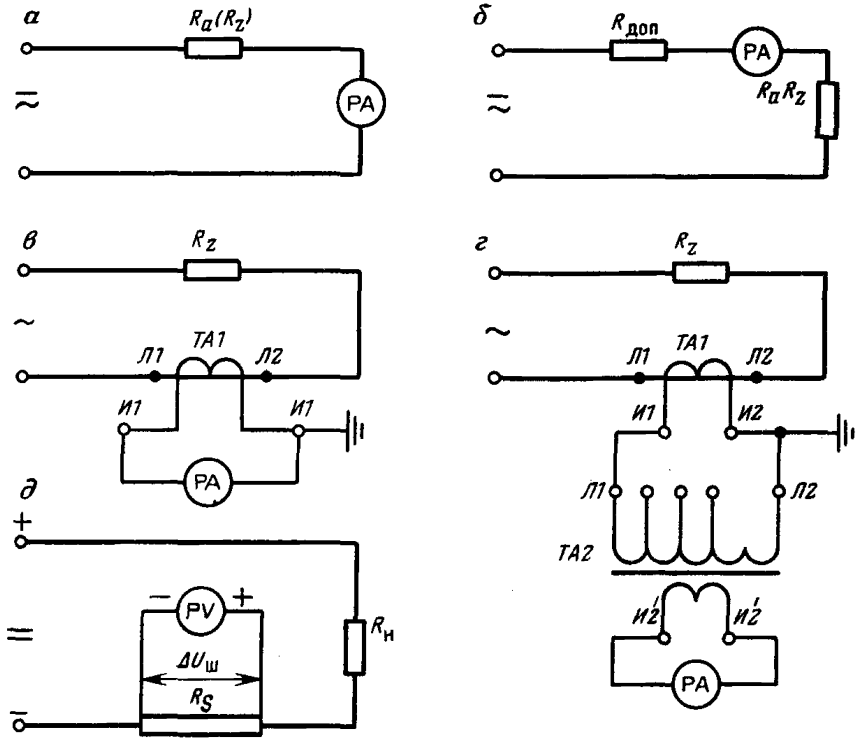


Рис. 2.17. Схемы измерения тока:

а — переменного и постоянного от 10^{-3} до 10 А; *б* — то же, но с добавочным резистором; *в* и *г* — переменного от 10 до $4 \cdot 10^3$ А с использованием измерительных трансформаторов тока; *д* — постоянного от 10 до 10^4 А с использованием калиброванных шунтов; $R_н$ ($Z_н$) — нагрузка; $R_д$ — калиброванный добавочный резистор; *ТА1*, *ТА2* — трансформаторы тока; $R_ш$ — шунт; *РА* — амперметр

которые должны быть калиброванными и применяться только с теми приборами, с которыми они совместно отградуированы. Добавочные резисторы должны иметь класс точности выше класса точности приборов, с которыми они применяются. Следует помнить, что добавочные резисторы для приборов постоянного тока нельзя применять с приборами переменного тока, так как они не имеют бифилярной (безреактивной) намотки. Необходимая величина дополнительного сопротивления $R_д$ для расширения предела измерения вольтметра по напряжению в n раз:

$$R_д = R_а (n - 1). \tag{2.7}$$

Для вольтметров переменного тока в эту формулу вместо $R_а$ входит полное сопротивление прибора R_z. Значение напряжения, измеренное вольтметром с добавочным сопротивлением $R_д$, рассчитывают по формуле

$$U_{изм} = C_n A_n n, \tag{2.8}$$

где C_n — цена деления прибора без учета дополнительного резистора; A_n — число делений, на которое отклонилась стрелка прибора;

$$n = (R_д + R_а)/R_а. \tag{2.9}$$

Схемы (рис. 2.17, *в* и *г*) для расширения пределов измерения содержат измерительные трансформаторы тока *ТА*. Измеренные по этим схемам значения тока

$$I_{изм} = A_n C_n K_{TA}, \tag{2.10}$$

где K_{TA} — коэффициент трансформации трансформатора *ТА* (для схемы 2.17, *г* $K_{T4} = K_{TA1} \cdot K_{TA2}$).

Для измерений по этим схемам применяют приборы электромагнитной системы с пределами 1—2,5; 2,5—5; 5—10 А. Необходимо учитывать, что при измерениях приборами с пределами 1 и 10 А могут иметь место большие погрешности, обусловленные работой *ТА* в режиме, отличающемся от нормального. Схему, показанную на рис. 2.17, *г*, применяют для грубых измерений больших значений тока в силу очень широкого диапазона измеряемых величин. Схема реализуется каскадным соединением двух трансформаторов тока. Чтобы результат измерения по этой схеме имел погрешность не более ±10 %, значение тока в первичной сети *ТА1* должно быть не более 3 $I_{ном}$, вторичная нагрузка *ТА2* — не более номинальной (0,2—0,4 Ом), а мощность цепей, в которых производятся измерения тока, — не менее 0,8—1 кВт.

По схеме (рис. 2.17, *д*) производят измерение постоянного тока с использованием приборов магнитоэлектрической системы и шунтов *RS*. Индивидуальные шунты применяют только с теми приборами, с которыми они отградуированы совместно. При выборе калиброванных шунтов следует иметь в виду, что номинальное падение напряжения на шунте должно быть равно значению предела измерения напряжения на приборе. Шунты должны

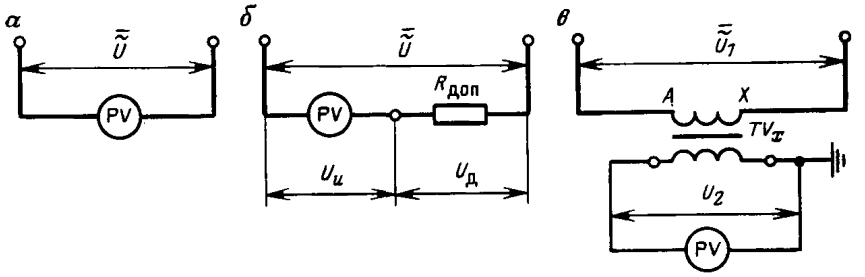


Рис. 2.18. Схемы измерения напряжения постоянного и переменного тока:
а — постоянного и переменного тока до 900 В прямым включением прибора; *б* — постоянного и переменного тока до 1000 В с использованием добавочных калиброванных резисторов $R_д$; *в* — переменного тока более 1000 В с использованием измерительных трансформаторов напряжения *TV*

иметь класс точности выше класса точности приборов, с которыми они применяются. Если известны номинальный ток шунта $I_ш$, число делений шкалы прибора α_n и имеет место равенство $\Delta U_ш = U_n$ (где $\Delta U_ш$ — номинальное падение напряжения на шунте, U_n — предел измерения прибора по напряжению), то отклонение стрелки прибора на A_n делений шкалы соответствует току в измеряемой цепи:

$$I_{изм} = A_n \cdot I_ш/\alpha_n, \qquad (2.11)$$

где $I_ш/\alpha_n$ — цена деления шкалы прибора.

Измерение можно производить и при $\Delta U_ш \neq U_n$, тогда

$$I_{изм} = A_n \cdot I_ш/\alpha_n \cdot U_n/\Delta U_ш. \qquad (2.12)$$

Сопротивление шунта $R_ш$ при известном сопротивлении измерительного прибора R_n и кратности n, на которую необходимо увеличить предел измерения прибора по току при применении дополнительного сопротивления, вычисляется по формуле

$$R_ш = R_n/(n - 1). \qquad (2.13)$$

Для измерения величины напряжения применяют схемы, показанные на рис. 2.18. По схеме (рис. 2.18, *а*) производят измерения в цепях с номинальным напряжением не выше 600—900 В; по схеме на рис. 2.18, *б* — 150—1000 В, когда верхний предел измерения прибора ниже измеряемого напряжения; по схеме на рис. 2.18, *в* — 500—10 000 В. Если по условиям измерений вторичная обмотка трансформатора напряжения *TV* не может быть заземлена, то принимают дополнительные меры безопасности: ограждение прибора, установку разрядников во вторичную цепь.

Измерение напряжения в цепях постоянного (выпрямленного) тока производят приборами магнитоэлектрической системы. Применение наружного дополнительного сопротивления $R_{доп}$ (см. рис. 2.18, *б*) позволяет расширить верхний предел измерения до 1000 В (в некоторых приборах до 1500 В). Для грубых измерений напряжения постоянного тока в этих же пределах могут быть

использованы приборы электромагнитной системы. Для измерения напряжения постоянного тока менее 10^{-2} В применяют приборы электронной системы, более 10^3 В — электростатической системы. Для многих измерений сопротивление измерительного прибора и потребление им энергии несущественны. Однако в некоторых случаях выбирать приборы и схемы измерения следует с учетом погрешностей, которые вносятся в схему с присоединением измерительного прибора.

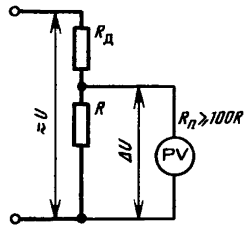


Рис. 2.19. Схема измерения падения напряжения

При измерении падения напряжения на участке схемы (рис. 2.19) соотношение между сопротивлениями измерительного прибора $R_п$ и участка схемы R должно отвечать условию $R_п \geqslant \geqslant 100\ R$, что обеспечивает относительную схемную погрешность измерения не более 1 %. При повышении требований к точности измерения отношение $R_п/R$ должно быть увеличено.

При измерении параметров настроенного колебательного контура следует особо строго подходить к выбору измерительной аппаратуры, так как даже небольшие изменения сопротивления, емкости и индуктивности могут привести к резкому изменению режима работы контура.

При измерениях в цепях источников, мощность которых меньше $2 \cdot 10^2$ Вт (в нулевом проводе трансформаторов тока, на выходе фильтров промежуточных трансформаторов и т. п.), сопротивление вольтметров должно быть не менее 1000—2000 Ом/В, а миллиамперметров — не более 0,2—0,5 Ом. При малых значениях токов и напряжений вводится поправка на потребляемую прибором мощность. Внутреннее сопротивление измерительного прибора и его индуктивность, если они не указаны на шкале, определяют по каталогам.

2.9. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ cos φ

Мощность в цепи постоянного тока ($P = UI$) измеряют приборами магнитоэлектрической или электродинамической системы косвенным методом (амперметра—вольтметра) или методом непосредственной оценки (ваттметром). Выбор схемы измерения зависит от требуемой точности. Если потерями в последовательных обмотках приборов можно пренебречь, то измерения производят по схемам на рис. 2.20, *а*. Измеряемая мощность при этом

$$P_{изм} = U_{нагр} I_{нагр} + I^2_{нагр} R_а = P_{нагр} + I^2_{нагр} R_а. \qquad (2.14)$$

Потери в последовательных обмотках $I^2_{нагр}\ R_а$ обычно не превышают 1—2 Вт, поэтому при измеряемой мощности 200—400 Вт и более их можно не учитывать.

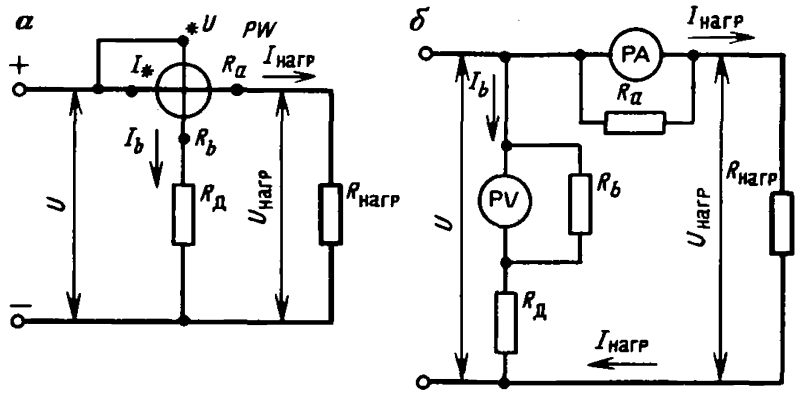


Рис. 2.20. Схемы измерения мощности в цепях постоянного тока (если потерями в обмотках приборов можно пренебречь):

а — методом ваттметра; *б* — методом амперметра — вольтметра

Активная мощность в однофазных цепях переменного тока. При $\cos\varphi = 1$ измеряется по схемам на рис. 2.21, *а*; при $0{,}5 < \cos\varphi < 1$ — по схемам на рис. 2.21, *б*; при $\cos\varphi \leqslant 0{,}5$ применяют специальные малокосинусные ваттметры.

При включении ваттметра по схеме (см. рис. 2.21, *а*)

$$P_{изм} = U_c I_{нагр} \cos\varphi, \qquad (2.15)$$

где φ — угол между векторами тока нагрузки $I_{нагр}$ и напряжения сети U_c.

При значениях тока в цепи более 5—10 А и напряжении более 300—600 В измерения мощности производят с применением измерительных трансформаторов тока и напряжения. По схеме (см. рис. 2.21, *б*) мощность, измеряемая ваттметром:

$$P_{изм} = P_W C_W = U_2 I_2 \cos\varphi_2, \qquad (2.16)$$

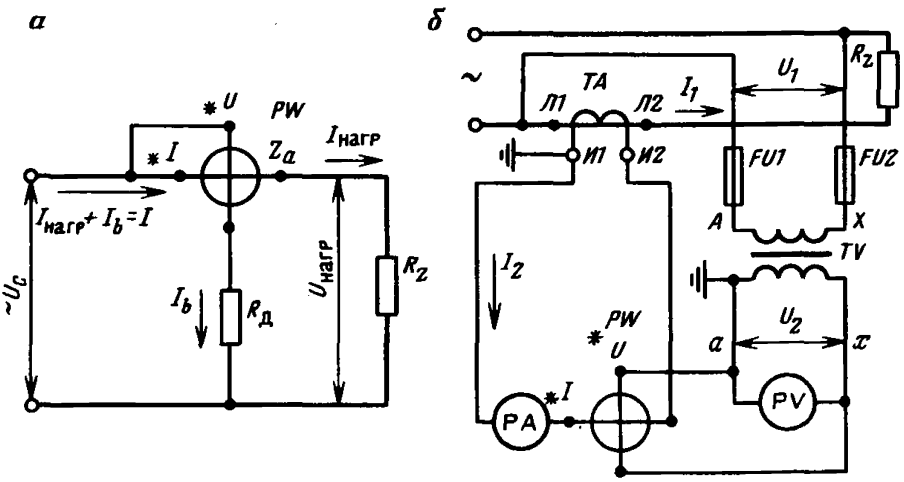


Рис. 2.21. Схемы измерения активной мощности в однофазных цепях переменного тока:

а — прямого включения ваттметров; *б* — измерения с помощью измерительных трансформаторов тока и напряжения

где P_W — показания ваттметра, делений шкалы прибора; C_W — постоянная ваттметра, Вт/дел;

$$C_W = I_{\text{нагр}} U_{\text{нагр}}/\alpha, \qquad (2.17)$$

где α — число делений шкалы.

С учетом номинальных коэффициентов трансформации K_{TA} и K_{TV} находим

$$P_{\text{изм}} = P_W C_W K_{TA} K_{TV} = U_2 I_2 K_{TA} \cos(\varphi_1 - \delta_u + \delta_i) \approx U_1 I_1 \cos\varphi_1, \qquad (2.18)$$

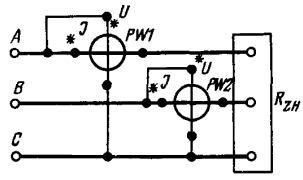


Рис. 2.22. Схема измерения активной мощности в трехфазных цепях переменного тока двумя ваттметрами (схема Арона)

где $\delta_u \delta_i$ — углы между векторами напряжений $\mathring{U}_1$ и $\mathring{U}_2$ и токов $\mathring{I}_1$ и $\mathring{I}_2$ соответственно.

Активная мощность в трехфазных цепях переменного тока может измеряться с помощью одного ваттметра, но такая схема измерения имеет существенный недостаток — невозможность их применения при асимметрии напряжения и неравномерности распределения нагрузки по фазам. Кроме того, при измерениях необходимо использовать естественную или искусственную нулевую точку, что создает определенные сложности и ограничивает их применение.

Схема (рис. 2.22) — наиболее распространенная для измерения активной мощности в трехфазных цепях с помощью двух ваттметров. Начало обмотки напряжения каждого ваттметра подключается к фазе перед последовательной (токовой) обмоткой того же ваттметра со стороны генератора, а концы обеих обмоток напряжения подключаются к свободной фазе. Показания ваттметров могут быть положительными, отрицательными и нулевыми. Мощность трехфазной цепи равна алгебраической сумме показаний двух ваттметров. При равномерной нагрузке фаз, симметрии напряжений и равенстве углов сдвига по фазе измеряемая мощность

$$P_{\text{изм}} = P'_{\text{изм}} + P''_{\text{изм}} = (P_{W1} + P_{W2}) C_W =$$

$$= U_л I_ф [\cos(\varphi - 30°) + \cos(\varphi + 30°)] = \sqrt{3}\, U_л I_ф \cos\varphi. \qquad (2.19)$$

Правильный результат измерения получается при реализации любого из вариантов (I, II, III) включения ваттметров:

Ваттметр	I	II	III
PW1	I_A; U_{AC}	I_A; U_{AB}	I_B; U_{BC}
PW2	I_B; U_{BC}	I_C; U_{BC}	I_C; U_{AC}

Вторичные обмотки трансформаторов тока шахтных КРУ напряжением свыше 1000 В соединены по схеме неполной звезды. Присоединенную к КРУ мощность измеряют, используя схему на рис. 2.23. Сумма показаний ваттметров, включенных по этой схеме, равна мощности трехфазной цепи при любом чередовании

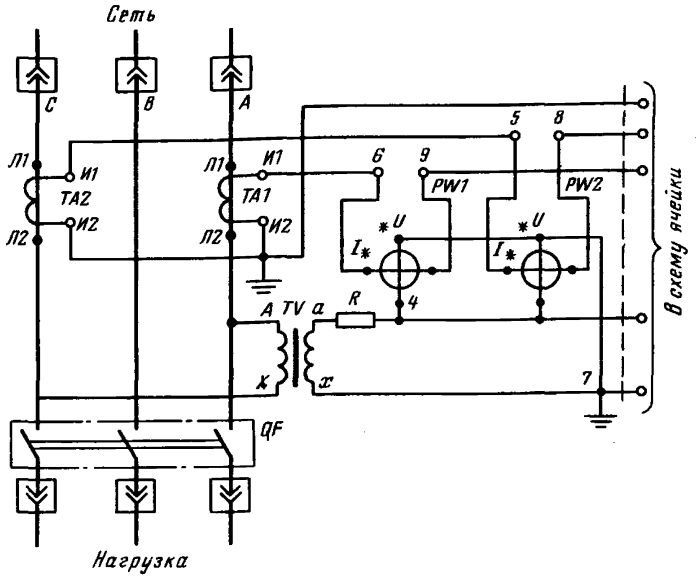


Рис. 2.23. Схема измерения активной мощности в схемах КРУ

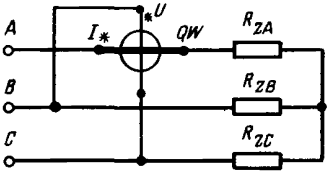


Рис. 2.24. Схема измерения реактивной мощности в цепях трехфазного переменного тока одним косинусным ваттметром:

$R_{ZA} = R_{ZB} = R_{ZC}$, $U_A = U_B = U_C$

фаз. Схема для измерения в цепях с неравномерной нагрузкой фаз или асимметрией напряжений более 5 % неприменима.

Реактивная мощность в трехфазной цепи переменного тока может измеряться ваттметрами активной мощности. Для этого напряжение параллельной обмотки однофазного ваттметра должно иметь сдвиг относительно тока в его последовательной обмотке на угол 90° — φ.

При равномерной нагрузке фаз и симметрии напряжений реактивную мощность трехфазной цепи измеряют одним ваттметром, включенным по схеме, показанной на рис. 2.24, или двумя ваттметрами (см. рис. 2.22 и 2.23).

При измерении по схеме на рис. 2.24 показание ваттметра

$$Q_{изм} = Q_W C_W = I_A U_{BC} \cos(90° - \varphi) = \sqrt{3}\, I_\Phi U_\Phi \sin\varphi = \sqrt{3}\, Q_\Phi \tag{2.20}$$

необходимо умножить на $\sqrt{3}$, т. е.

$$Q = \sqrt{3}\, Q_{изм} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{3}\, Q_\Phi = 3Q_\Phi. \tag{2.21}$$

При измерениях по схемам (см. рис. 2.22 и 2.23) реактивная мощность трехфазной цепи определяется как алгебраическая разность результатов измерений двух ваттметров, умноженная на $\sqrt{3}$:

$$Q = (Q'_{\text{изм}} - Q''_{\text{изм}})\sqrt{3}. \tag{2.22}$$

При измерении по схеме с двумя ваттметрами реактивная мощность цепи определяется как алгебраическая сумма результатов измерения, умноженная на $\frac{\sqrt{3}}{2}$:

$$Q = (Q'_{\text{изм}} + Q''_{\text{изм}})\frac{\sqrt{3}}{2}. \tag{2.23}$$

При неравномерной нагрузке, но симметричном напряжении применяют схему двух ваттметров с использованием искусственной нулевой точки. При этом алгебраическая сумма показаний ваттметров умножается на $\sqrt{3}$.

При неравномерной нагрузке и асимметричном напряжении измерение реактивной мощности трехфазной цепи производят, используя схему трех ваттметров, каждый из которых измеряет мощность $\sqrt{3}Q_{\text{ф}}$. Алгебраическая сумма показаний ваттметров, деленная на $\sqrt{3}$, равна реактивной мощности трехфазной цепи. Этот способ наиболее общий и может применяться при любых характерах нагрузки и напряжения в трехфазных цепях.

Полная мощность однофазной цепи переменного тока

$$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2}. \tag{2.24}$$

Полная мощность трехфазной симметричной цепи переменного тока

$$S = 3I_{\text{ф}}U_{\text{ф}} = \sqrt{3}I_{\text{ф}}U_{\text{л}}. \tag{2.25}$$

В общем случае при неравномерной нагрузке и асимметрии напряжений

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}, \tag{2.26}$$

где

$$P = U_1I_1\cos\varphi_1 + U_2I_2\cos\varphi_2 + U_3I_3\cos\varphi_3; \tag{2.27}$$

$$Q = U_1I_1\sin\varphi_1 + U_2I_2\sin\varphi_2 + U_3I_3\sin\varphi_3. \tag{2.28}$$

Коэффициент мощности однофазной цепи переменного тока

$$\cos\varphi = R/Z = P/UI = P/\sqrt{P^2 + Q^2}. \tag{2.29}$$

Коэффициент мощности трехфазной цепи переменного тока в общем случае при неравномерной и неоднородной нагрузке

имеет для каждой фазы свое значение и выражается формулой

$$\cos\varphi_i = P_\Phi/U_\Phi I_\Phi. \qquad (2.30)$$

Значения коэффициента мощности используют при построениях векторных диаграмм и анализе схем релейной защиты. Они могут быть получены вычислением или непосредственным измерением с помощью фазометров. Для характеристики режима работы трехфазной цепи на практике пользуются усредненным значением коэффициента мощности

$$\cos\varphi = P/\sqrt{P^2+Q^2} \text{ или } \operatorname{tg}\varphi = Q/P, \qquad (2.31)$$

где P и Q — одновременно измеренные активная и реактивная мощности трехфазной цепи.

Если неравномерностью нагрузки и асимметрией напряжения можно пренебречь, то усредненное значение коэффициента мощности

$$\cos\varphi = P/\sqrt{3}U_Л I_\Phi. \qquad (2.32)$$

Используя показания ваттметров при измерении активной мощности по схемам (см. рис. 2.22 и 2.23), коэффициент мощности можно определить по формуле

$$\cos\varphi = \frac{P_{W1}+P_{W2}}{2\sqrt{P_{W1}^2 - P_{W1}P_{W2} + P_{W2}^2}}, \qquad (2.33)$$

где P_{W1} и P_{W2} — показания ваттметров в делениях шкалы. В качестве $W1$ должен быть ваттметр, включаемый по току в опережающую фазу, т. е. дающий показания, пропорциональные $\cos(\varphi - 30^\circ)$.

Для измерения коэффициента мощности в однофазной цепи применяют однофазные фазометры (например, Д578 или ЭЛФ).

В трехфазной цепи при равномерной нагрузке и симметрии напряжений коэффициент мощности измеряется трехфазным фазометром. В цепях с симметрией напряжений независимо от распределения нагрузки применяют универсальный фазоуказатель Э-500/1.

2.10. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛА СДВИГА ФАЗ И СНЯТИЯ ВЕКТОРНЫХ ДИАГРАММ

Для измерения угла сдвига фаз при снятии векторных диаграмм применяют методы однофазного и трехфазного фазометра и метод векторметра.

Метод однофазного фазометра основан на том, что для определения любого вектора достаточно знать его модуль (абсолютную величину) и угол сдвига относительно другого вектора, принимаемого за начало отсчета. За начало отсчета принимают отдельный вектор напряжения (тока), чаще один из векторов напряжения.

На рис. 2.25 показана схема включения однофазного фазометра в трехфазную цепь с любым распределением нагрузки по фазам и асимметричной системой напряжений. Схема позволяет измерять фазные значения коэффициента мощности, определять фазу тока и напряжения, снимать векторные диаграммы.

Переключатель *SA1* служит для безобрывного переключения токовых цепей, переключатели *SA2* и *SA3* — для подачи на фазометр в качестве опорного любого линейного напряжения прямой или обратной последовательности. В этой схеме используются четырехквадрантные фазометры Д578 или ЭЛФ. Для получения правильных результатов необходимо соблюдать указанное на схеме направление чередования фаз. Недостаток схемы — отсутствие фазных напряжений, что, однако, можно исправить, применив трехфазный трансформатор напряжения или три однофазных, включенных по схеме $У/У_н$.

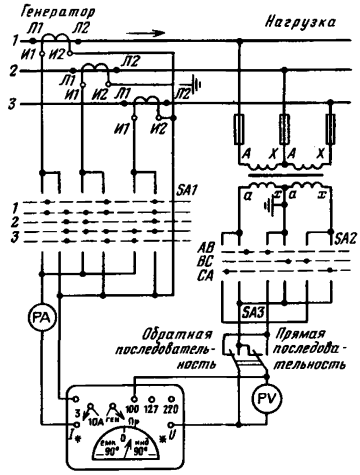


Рис. 2.25. Схема включения однофазного фазометра для измерения в трехфазной цепи

Метод трехфазного фазометра применяют в цепях, асимметрия линейных напряжений которых не превышает ±5 %. За начало отсчета принимают симметричную звезду фазных напряжений. Векторы напряжения строят, как правило, без масштаба. Модуль векторов тока измеряют амперметром, углы — трехфазным фазометром.

Метод векторметра основан на сравнении фаз измеряемых синусоидальных величин с известной фазой вектора коммутации механического выпрямителя. Этот принцип используется в вольтамперфазоиндикаторе ВАФ-85.

2.11. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЯРНОСТИ ОБМОТОК

Полярность выводов индуктивно связанных обмоток трансформаторов и электродвигателей проверяют в случае, если они не промаркированы или правильность маркировки вызывает сомнение, а также если необходимо проверить направление намотки одной обмотки относительно другой (для трансформаторов). Обычно обе обмотки намотаны в одном направлении, чаще в левом. Однако одинаковость направлений намотки обмоток силовых трансформаторов на заводах-изготовителях не соблюдают. Так,

обмотки ВН и НН трансформаторов серии ТСШВ (и передвижных подстанций серии ТСШВП) изготовления Хмельницкого трансформаторного завода имеют правое направление намотки, а Запорожского трансформаторного завода — левое. На трансформаторах, поступающих с ремонтных предприятий, также встречается разное направление намотки. Возможны ошибки и в маркировке выводов, когда на панель НН выведены концы и начала всех обмоток НН. В этом случае при соединении обмоток в звезду вместо концов обмоток могут быть соединены их начала. Коэффициент трансформации при этом не изменится, но на шесть часовых единиц изменится группа трансформатора.

Если две обмотки одной фазы (одного стержня магнитопровода) трехфазного трансформатора намотаны в одну сторону и их начала и концы замаркированы соответственно (одноименно), то такое сочетание обмоток называется схемой «разностной полярности».

Если две обмотки одной фазы намотаны в разные стороны или у одной из них перепутана маркировка концов, то такое сочетание называется схемой «суммирующей полярности».

Проверить полярность выводов обмоток, а также определить группу соединений трансформаторов можно методами, приведенными ниже.

1. Метод поляромера заключается в сравнении с помощью поляромера полярности (маркировки) испытуемой обмотки по отношению к другой, полярность которой известна или условно задана. В качестве поляромера используется любой прибор постоянного тока — чувствительный вольтметр, гальванометр, милливольтметр, микроамперметр, предпочтительно имеющий нуль в середине шкалы. Источником питания, подключаемым к обмотке, служит сухой элемент на напряжение 2—6 В. Перед подключением поляромера необходимо проверить правильность маркировки его выводов («+» и «—»), т. е. согласовать полярность выводов поляромера и источника тока. Для этого поляромер следует кратковременно присоединить к источнику питания, применив гасящее сопротивление, исходя из максимального значения тока шкалы прибора. Например, при проверке прибора М314 с чувствительностью $C_i \leqslant 0{,}3 \cdot 10^{-6}$ А/дел (обозначено на шкале), шкала которого имеет по 10 делений в обе стороны от нуля, при напряжении источника питания $U_б = 3$ В последовательно поляромеру следует подключить сопротивление

$$R \geqslant \frac{U_б}{I_{пр}} = \frac{3}{10 \cdot 0{,}3 \cdot 10^{-6}} = 10^6 \text{ Ом} = 1 \text{ МОм}, \qquad (2.34)$$

где $I_{пр}$ — максимальный ток прибора; 10 — число делений шкалы.

Метод определения однополярных выводов состоит в том, что при замыкании цепи источника питания, включенного на одну обмотку, отмечается знак отклонения стрелки индикатора, включенного в цепь другой индуктивно связанной обмотки. За поло-

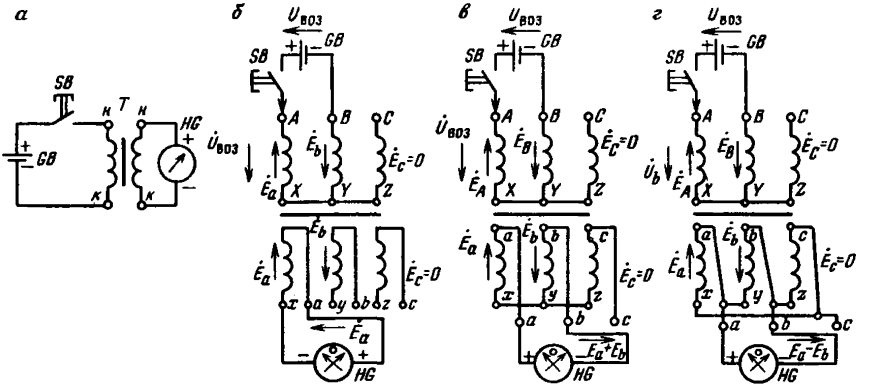


Рис. 2.26. Схемы для определения полярности обмоток методом поляромера: *а* — однофазных трансформаторов; *б* — трехфазных трансформаторов с одной неразъемной обмоткой, соединенной в «звезду»; *в* — трехфазных трансформаторов при неразъемном соединении обмоток У/У; *г* — трехфазных трансформаторов при неразъемном соединении обмоток У/Д

жительное принимают отклонение стрелки вправо при замыкании цепи, влево — при ее размыкании.

При положительном отклонении стрелки индикатора однополярными являются выводы, подключенные к разноименным зажимам источника и индикатора. Если отклонение стрелки прибора отрицательное, то однополярные выводы подключены к одноименным зажимам источника питания и прибора.

Определение полярности обмоток однофазных трансформаторов (силовых и измерительных) методом поляромера производится по схеме, приведенной на рис. 2.26, *а*. Если отклонение стрелки положительное, то однополярными являются выводы обмоток, к которым подключены одноименные концы источника питания и индикатора. При отрицательном отклонении стрелки индикатора следует изменить полярность подключения индикатора или источника питания.

Для определения однополярных выводов обмоток трансформаторов тока источник питания подключают к первичной цепи. При этом зажим «+» источника соединяют с выводом Л1 («Верх» на рисунке не показан). На однофазных силовых и измерительных трансформаторах напряжения источник питания подключают к обмотке высшего напряжения. Если чувствительность прибора окажется недостаточной, допускается включение источника питания на зажимы обмотки НН, но при этом необходимо помнить, что импульс индуктированного напряжения может достигать опасной величины. Поэтому предел измерения прибора должен быть увеличен и при проверке исключено прикосновение к прибору и токоведущим частям на стороне обмотки ВН.

Для проверки трехфазных трансформаторов используют схему проверки взаимной полярности с соединенной в «звезду» одной

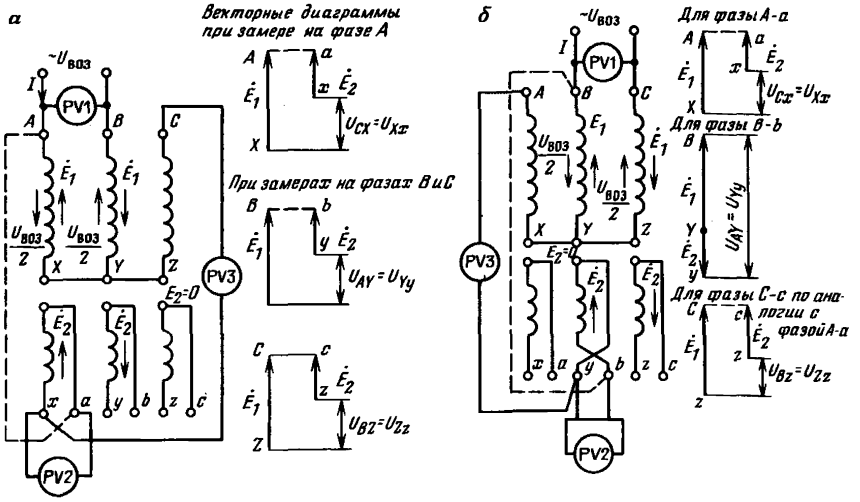


Рис. 2.27. Определение полярности нерассоединенных обмоток трансформаторов методом вольтметров в случае:

а — «разностной полярности» катушек; *б* — две катушки НН имеют с катушками ВН «разностную полярность», а одна (ВУ) — «суммирующую полярность» (перепутана маркировка)

из обмоток трансформатора и рассоединенными обмотками другой (рис. 2.26, *б*).

Если обмотка ВН соединена в звезду, а обмотка НН — в звезду или треугольник и ни одну из обмоток рассоединить нельзя, то взаимную полярность катушек также можно определить по схемам, показанным на рис. 2.26, *в* и *г*.

При проверке обмоток высоковольтных трансформаторов питание следует подавать со стороны ВН, определяя по отношению к ним полярность выводов обмоток НН, так как иначе в обмотках ВН индуктируются небезопасные э. д. с. значительной величины.

2. Метод двух вольтметров рекомендуется к применению, если в наладочной бригаде нет прибора, который можно использовать как поляромер.

Для производства измерений необходимы два вольтметра переменного тока класса не ниже 0,5 и источник переменного тока низкого напряжения, не превышающего номинальное напряжение трансформатора (например, 380 или 127 В).

В большинстве случаев одна из обмоток шахтных трансформаторов неразъемно соединена в трехфазную систему при изготовлении (или капитальном ремонте) трансформаторов. Так, у силовых трансформаторов соединены обмотки ВН, у осветительных трансформаторов (пусковых агрегатов) — обмотки НН. В этом случае полярность, маркировку и направления намотки обмоток следует определять рассматриваемым методом по схемам, показанным на рис. 2.27.

Так как нулевая точка «звезды» обмотки ВН недоступна для непосредственного присоединения вольтметра *PV3*, то в качестве перемычки к ней используется свободная при данном замере фаза, например катушка *CZ* (см. рис. 2.27, *а*). Аналогично при двух других замерах в качестве перемычек используются соответственно катушки *AX* и *BY*.

При правильной маркировке выводов катушек и их однонаправленной намотке вольтметр *PV3* покажет:

$$U_{\text{рез}} = E_2(K_{\text{тф}} - 1), \tag{2.35}$$

где E_2 — показание вольтметра *PV2*,

$$K_{\text{тф}} = \frac{U_{\text{воз}}/2}{E_2} = \frac{E_1}{E_2}. \tag{2.36}$$

Если маркировка выводов какой-либо катушки перепутана (рис. 2.27, *б*), то при замерах на этой фазе вольтметр *PV3* покажет:

$$U_{\text{рез}} = E_2(K_{\text{тф}} + 1). \tag{2.37}$$

$K_{\text{тф}}$ для этого случая определяется по формуле

$$K_{\text{тф}} = \frac{K_{1\text{ф}} + K_{2\text{ф}} + K_{3\text{ф}}}{3} = \frac{w_1}{w_2}, \tag{2.38}$$

где w_1, w_2 — число витков катушек ВН и НН одной фазы; $K_{1\text{ф}}$, $K_{2\text{ф}}$, $K_{3\text{ф}}$ — коэффициенты трансформации каждой фазы.

Полярность катушек описанным способом можно определить, используя вместо трех один вольтметр (подключая его в процессе измерения к соответствующим точкам схемы).

3. Методы определения полярности обмоток трехфазных электродвигателей можно уяснить по схемам, представленным на рис. 2.28.

При использовании метода поляромера (см. рис. 2.28, *а*) следует учитывать, что вследствие относительного сдвига обмоток

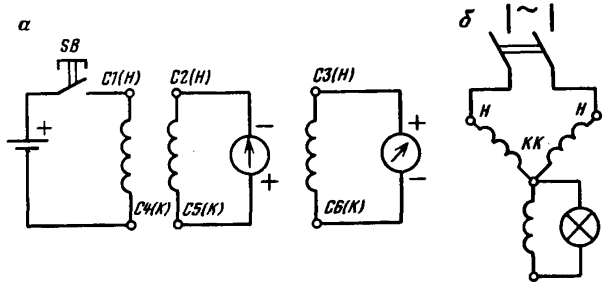


Рис. 2.28. Определение полярности обмоток асинхронных двигателей с применением:

а — поляромера; *б* — ламп накаливания

разных фаз на 120° показания поляромера при его подключении будут обратными по отношению к показаниям, имеющим место при определении взаимной полярности обмоток трансформаторов. При положительном отклонении стрелки индикатора однополярными являются выводы, подключенные к разноименным зажимам источника и индикатора. Если отклонение стрелки прибора отрицательное, то однополярные выводы подключены к одноименным зажимам источника питания и прибора.

При отсутствии прибора полярность выводов асинхронного двигателя можно определить также с помощью лампы накаливания (рис. 2.28, *б*). К двум последовательно соединенным обмоткам подводят напряжение переменного тока в пределах 5—10 % номинального, но не более 220 В. К третьей обмотке подключают лампу на номинальное напряжение, близкое к напряжению источника питания. Если напряжение подано на одноименные выводы последовательно соединенных обмоток, лампа не горит. Если лампа загорается, необходимо поменять полярность выводов одной из последовательно соединенных обмоток. При втором подключении третью обмотку соединяют с одной из проверенных обмоток и ее полярность по отношению к двум первым определяют аналогично.

3. ОБЩИЕ ОБЪЕМЫ, ТРЕБОВАНИЯ И МЕТОДЫ РНИ ПОДЗЕМНЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ШАХТ

В программу общих для большинства электроустановок и электротехнических изделий работ входят следующие операции:

1) осмотр горной выработки (камеры, ниши и т. п.), в которой смонтировано электрооборудование;

2) проверка правильности применения электрооборудования;

3) проверка правильности монтажа;

4) осмотр знаков исполнения и пломб;

5) осмотр, проверка и ревизия разъемных и неразъемных соединений;

6) осмотр и проверка корпусов и оболочек;

7) осмотр и проверка кабельных вводов (вводных устройств);

8) осмотр, проверка и ревизия средств взрывозащиты;

9) осмотр и испытание изоляции токоведущих частей;

10) осмотр и испытание кабелей и кабельной арматуры;

11) осмотр и проверка полупроводниковых приборов;

12) осмотр, проверка, ревизия, наладка и испытание электрических цепей;

13) осмотр и испытание защитного заземления;

14) осмотр, проверка, ревизия, наладка и испытание контакторно-релейной аппаратуры (КРА);

15) осмотр, проверка, ревизия и наладка механических и электромеханических блокировочных устройств;

16) осмотр, проверка, ревизия, наладка и испытание устройств защиты и автоматики.

Порядок проведения работ (операций) по пп. 1—15, имеющим общую методологическую основу и общие технические или технологические требования при их выполнении, изложен в настоящем разделе. Дополнительные объемы, требования и методы РНИ для конкретных электроустановок и электротехнических изделий приведены в соответствующих разделах настоящего Руководства.

Работы, указанные в п. 16, изложены в разд. 5 настоящего Руководства.

3.1. ОСМОТР ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ

Руководствуясь указаниями, изложенными в разд. 1, путем внешнего осмотра проверить:

а) состояние крепи в камере. Убедиться в отсутствии поврежденных стоек, верхняков и затяжек, отслоившихся коржей и на-

висающих кусков породы. Камеры подземных подстанций должны быть закреплены негорючими материалами (железобетонные или металлического спецпрофиля стойки и верхняки, железобетонные или металлические затяжки; сборный железобетон; бетон);

б) состояние камеры (отсутствие вспучивания почвы, захламления проходов, обводнения камеры). В случае капежа все электрооборудование в камере должно быть защищено специальными щитками или лотками из негорючего материала;

в) наличие и исправность сплошных (противопожарных) и решетчатых дверей, наличие запоров (замков для подстанций и РУ без постоянного обслуживающего персонала). Решетчатые двери должны открываться наружу камеры. Если к камере подстанции примыкает камера центрального водоотлива и между ними установлена дверь, то она должна открываться в обе стороны. В камерах длиной более 10 м должно быть не менее двух дверей, расположенных в наиболее удаленных друг от друга частях камеры;

г) наличие в камере стационарного освещения;

д) наличие, достаточность и правильность хранения противопожарных средств (ПБ, инструкция к § 478). Камеры должны быть снабжены исправными средствами пожаротушения:

центральные электроподстанции, участковые трансформаторные камеры и электрораспределительные пункты — ручными огнетушителями (4 шт.), ящиком вместимостью 0,2 м³ с песком или инертной пылью, лопатой;

преобразовательные подстанции и зарядные камеры — ручными огнетушителями (4 шт.), ящиком вместимостью 0,4 м³ с песком или инертной пылью, лопатами (2 шт.);

передвижные электроподстанции — ручными огнетушителями (2 шт.), ящиками вместимостью 0,2 м³ с песком или инертной пылью, лопатой.

В камерах с постоянным дежурством обслуживающего персонала средства пожаротушения должны располагаться у рабочего места дежурного персонала. При отсутствии постоянного дежурства — снаружи камеры, не далее 10 м от входа в камеру со стороны поступления свежей струи.

При хранении средств пожаротушения в специальных ящиках (емкостях) на них должны быть выполнены отличительные надписи: «Огнетушители», «Песок», «Пыль для тушения пожара» и т. п.

Огнетушители, ящики с песком, ручки пожарного инструмента должны быть окрашены в красный сигнальный цвет — полностью или полосой шириной не менее 50 мм;

е) наличие, достаточность, пригодность к эксплуатации и правильность хранения защитных средств (изолирующих штанг, указателей напряжения, диэлектрических перчаток и бот, изолирующих подставок, переносных заземлений, временных ограждений, защитных очков, диэлектрических ковриков и наборов пре-

дупредительных плакатов). В зависимости от уровней напряжения и принятого метода обслуживания (с постоянным дежурством обслуживающего персонала или без него) минимальные нормы комплектования защитными средствами должны соответствовать ПТЭ и ПТБ.

Находящиеся в камере защитные средства должны храниться в специально отведенных для них местах и быть защищены от увлажнения, загрязнения и механических повреждений. Не допускаются к применению защитные средства неисправные и те, срок очередных испытаний которых истек. В камерах без постоянного дежурства обслуживающего персонала при невозможности обеспечить удовлетворительные условия для хранения защитных средств допускается иметь в числе инвентарных средств только изолирующие подставки.

3.2. ПРОВЕРКА ПРАВИЛЬНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Правильность применения электрооборудования необходимо проверять методом сравнения заводских технических характеристик электрооборудования, требований ПБ и ПТЭ с фактическими условиями его эксплуатации по трем основным факторам (назначению, исполнению и номинальным параметрам) в определенные сроки (см. табл. 1.1).

При проверке по назначению следует установить соответствие фактически выполняемых функций электрооборудования (изделия) назначению, указанному в его паспорте.

Порядок применения электрооборудования по его исполнению обусловлен требованиями § 392—406 ПБ и инструкций к § 393, 395, 402 ПБ.

Общая проверка по номинальным параметрам производится при всех видах РНИ. Под *общей проверкой* следует понимать сравнение фактических и паспортных величин только основных электрических параметров электроустановки, изделия или сети. При этом фактические величины не должны превышать допустимых отклонений от номинальных, указанных в паспорте завода—изготовителя электроустановки или изделия.

Однако в процессе производства РНИ при выявлении каких-либо несоответствий по другим функциональным параметрам или факторам (например, невозможность обеспечить требуемые уставки защит по току, напряжению, времени и т. п.) возникает необходимость более полной проверки изделия по другим электрическим параметрам (току к. з., разрывной мощности, коэффициенту трансформации, чувствительности и селективности защит и т. п.) поверочными расчетами, методика которых приведена в соответствующих разделах Руководства.

Таблица 3.1

Примеры маркировки взрывозащиты рудничного взрывозащищенного электрооборудования по ГОСТ 12.2.020—76

Уровень взрывозащиты рудничного электрооборудования	Вид взрывозащиты	Маркировка	
		уровня взрывозащиты	вида взрывозащиты
Повышенной надежности против взрыва	Защита вида «е»	РП	П
	Защита вида «е» и взрывонепроницаемая оболочка	РП	П1В
	Защита вида «е», взрывонепроницаемая оболочка и искробезопасная электрическая цепь	РП	$П1ВИ_С$
Взрывобезопасный	Взрывонепроницаемая оболочка, подгруппа 3В	РВ	3В
	Взрывонепроницаемая оболочка, подгруппа 1В	РВ	1В
	Взрывонепроницаемая оболочка и кварцевое заполнение, подгруппа 3В	РВ	ЗВК
	Взрывонепроницаемая оболочка, искробезопасная электрическая цепь	РВ	ЗВИ
Особовзрывобезопасный	Искробезопасная электрическая цепь	РО	Иа
	Специальная и искробезопасная электрическая цепь	РО	ИаС

3.3. ПРОВЕРКА ПРАВИЛЬНОСТИ МОНТАЖА

Руководствуясь указаниями, изложенными в разд. 1, необходимо внешним осмотром убедиться в том, что защитные оболочки электрооборудования в рудничном взрывозащищенном исполнении находятся на расстоянии не менее 100 мм от стен камер, рядом стоящего оборудования и других устройств. Электрооборудование не следует устанавливать в местах, где возможно обрушение кровли или его повреждение проходящим транспортом, а также в местах капежа; расстановка аппаратуры должна обеспечивать свободный доступ к органам управления, съемным крышкам и вводной арматуре.

В камере подстанций должны быть предусмотрены проходы, достаточные для транспортирования электрооборудования при его ремонте или замене, но не менее 0,8 м. При выкаченной в ремонтное положение выдвижной части высоковольтной ячейки должен оставаться проход не менее 0,5 м. Такой же монтажный проход должен быть с задней стороны ячеек. При оборудовании подстанции ячейками типа КРУВ-6 (КРУРН-6) монтажный проход необязателен.

Проверку правильности монтажа электрооборудования в вышеуказанном объеме производят при всех видах РНИ. При пусковых РНИ дополнительно должна быть произведена проверка соответствия монтажа электроустановки проекту. Отступления от проекта без согласования с проектной организацией не допускаются.

3.4. ОСМОТР ЗНАКОВ ИСПОЛНЕНИЯ И ПЛОМБ

Руководствуясь указаниями, изложенными в разд. 1, внешним осмотром необходимо проверить:

а) наличие и состояние знаков исполнения. Эксплуатация рудничного электрооборудования без знаков или с поврежденными знаками исполнения в подземных выработках не допускается. Временно длительностью не более 7 сут допускается эксплуатация оборудования с нарушенными знаками исполнения при условии, что в остальном взрывобезопасность электрооборудования не нарушена. Разрешение на временную эксплуатацию такого оборудования может быть дано только главным энергетиком (главным механиком) шахты и должно быть занесено в Книгу регистрации состояния электрооборудования и заземления.

Рудничное взрывозащищенное электрооборудование должно иметь маркировку по ГОСТ 18620—86.

Согласно ГОСТ 12.2.020—76, маркировка (табл. 3.1) должна содержать знаки:

уровня взрывозащиты — РП (повышенной надежности против взрыва), РВ (взрывобезопасное электрооборудование) или РО (особовзрывобезопасное электрооборудование);

Таблица 3.2

Классификация электрооборудования по видам взрывозащиты

Номинальное напряжение, В	Ток к. з., которое может возникнуть внутри корпуса, кА	Условное обозначение подгруппы рудничного электрооборудования
⩽65	⩽0,1	1В
⩽220	⩽0,6	2В
⩽660	⩽15	3В
(⩽1140)		
⩽6000	⩽10	4В

вида взрывозащиты — 1В, 2В, 3В, 4В (подгруппы взрывонепроницаемой оболочки), указывается один из знаков в соответствии с табл. 3.2 (И — искробезопасная электрическая цепь, П — защита вида «е», М — масляное заполнение оболочки, К — кварцевое заполнение оболочки, А — автоматическое защитное отключение, С — специальный вид взрывозащиты).

Маркировка взрывозащиты рудничного взрывозащищенного электрооборудования должна состоять из двух частей. В первой части, заключенной в окружности, указывается уровень взрывозащиты, во второй, заключенной в прямоугольник и располагаемой правее или ниже первой, — остальные сведения;

б) наличие и состояние пломб. При эксплуатации распределительной и пусковой аппаратуры ее регулировочные и защитные узлы (или доступ к ним) должны быть опломбированы.

Лицо, выявившее поврежденную пломбу или ее отсутствие, обязано сообщить об этом главному энергетику шахты.

Крышки корпусов электрооборудования, а также элементы защиты, имеющие устройства для пломбирования, после окончания работ, производимых специализированной организацией, должны быть опломбированы руководителем наладочной бригады. Распломбирование в процессе эксплуатации и последующее пломбирование крышек корпусов и элементов защиты должны производить по разрешению главного энергетика шахты лица, ответственные за эксплуатацию данного электрооборудования и имеющие право установки пломб с личным клеймом.

3.5. ОСМОТР И ПРОВЕРКА РАЗЪЕМНЫХ И НЕРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

К разъемным соединениям, которые допускают разборку соединяемых деталей без повреждений, относятся резьбовые, шпоночные, зубчатые (шлицевые) и др.

К неразъемным соединениям, разборка которых связана с повреждением одного из элементов соединения, относятся сварные, паяные и др.

При проверке соединений необходимо, руководствуясь указаниями разд. 1, произвести:

а) проверку надежности разъемных и неразъемных соединений. Все виды соединений (кроме паяных) проверяют остукиванием молотком элементов соединения, прислушиваясь к звуку,

который должен быть чистым, неглухим и недребезжащим. Глухой или дребезжащий звук указывает на повреждение соединения в целом или одной из соединяемых деталей;

б) осмотр резьбовых соединений, обращая внимание на то, чтобы гайки и болты (винты) были с полной и целой резьбой, без трещин и надломов, не имели смятых граней. Для предупреждения самоотвинчивания резьбовых соединений следует применять дополнительные гайки (контргайки), шайбы (пружинные, зубчатые с фиксацией), которые подкладывают под гайку или головку винта, шплинты или стопорные проволоки, продетые в отверстия головок винтов;

в) проверку шпоночных и зубчатых (шлицевых) соединений. Остукиванием (или опробованием в работе) определяют надежность посадки деталей на валу и отсутствие радиальных биений. Шпонка должна плотно входить в шпоночные пазы. Если наблюдаются осевые или радиальные люфты, необходимо выяснить причину. При выходе из строя шпонки ее заменяют новой, при нарушении шпоночного паза в какой-либо из сопрягаемых деталей эту деталь заменяют новой. При выработке посадочного места или недостаточных размерах шпонок запрещается устанавливать дополнительные прокладки под шпонки. В зубчатых (шлицевых) соединениях не должно быть выкрошенных или смятых зубьев (шлицев);

г) осмотр сварных соединений, которые не должны иметь раковин, трещин и других дефектов, способных привести к разрушению сварного соединения;

д) осмотр паяных соединений. В месте пайки не должно быть осыпания припоя. Паяные стыки, как правило, закрашиваются, а на провода возле мест пайки надевают оконцеватели (например, из трубок ПХВ). Надежность пайки проверяют подергиванием паяных проводов пинцетом.

3.6. ОСМОТР И ПРОВЕРКА КОРПУСОВ И ОБОЛОЧЕК

Перед осмотром и проверкой корпуса и оболочки должны быть очищены от пыли, влаги и грязи. Очистку корпусов и оболочек от пыли, влаги и грязи должен производить ежесменно обслуживающий персонал. При выполнении этих работ следует руководствоваться указаниями по ТБ (см. разд. 1).

Осмотр и проверку корпусов и оболочек с их частичной разборкой выполняют при необходимости (в основном при ремонтных работах).

В программу осмотра и проверки корпусов и оболочек без их разборки при пусковых (предпусковых) и периодических РНИ входят:

а) осмотр состояния оболочек. Оболочки не должны иметь трещин, сколов, отверстий, прожогов и других повреждений. Наружные поверхности оболочек из черных металлов должны быть окрашены или иметь другое антикоррозионное покрытие;

б) осмотр состояния охранных колец для головок болтов и гаек. Временно допускается эксплуатация электрооборудования без охранных колец или с их нарушением длительностью не более 7 сут при условии, что в остальном взрывобезопасность электрооборудования не нарушена;

в) проверка состояния разъемных и неразъемных соединений. Проверку производят согласно п. 3.5. Не допускается эксплуатация электрооборудования при отсутствии хотя бы одного болта или другого крепежного элемента. Затяжка крепежных гаек и болтов должна быть достаточной и равномерной по всему периметру. Болты и шпильки следует завинчивать на глубину не менее одного диаметра резьбы для стальных оболочек, не менее полутора диаметров для оболочек из чугуна и не менее двух диаметров — для оболочек из алюминиевых сплавов. Для взрывобезопасных оболочек глубина завинчивания болтов указывается на чертеже безопасности, который прилагается заводом-изготовителем к каждому изделию. Проверить надежность крепления тяг и валиков и недопустимость проталкивания их внутрь или наружу оболочки;

г) проверка исправности смотровых окон. Убедиться в целости стекол, наличии и качестве затяжки крепежных деталей, исправности уплотняющих прокладок, качестве замазки и пр. Для взрывобезопасных оболочек дополнительно проверить наличие на стекле смотрового окна буквы «В»;

д) проверка исправности механических блокировок. Оболочки значительного большинства рудничных аппаратов имеют механическую блокировку, препятствующую открыванию их крышек при включенном разъединителе. Эксплуатация электрооборудования при неисправных механических блокировках не допускается.

3.7. ОСМОТР И ПРОВЕРКА КАБЕЛЬНЫХ ВВОДОВ (ВВОДНЫХ УСТРОЙСТВ)

Руководствуясь указаниями разд. 1, произвести:

а) осмотр вводных устройств без вскрытия. Механические повреждения вводных устройств недопустимы. Кабельные вводы, не используемые в эксплуатации, должны быть герметически закрыты с помощью взрывонепроницаемой заглушки заводской конструкции. Кабель во вводном устройстве не должен проворачиваться и перемещаться в осевом направлении;

б) осмотр вводных устройств со вскрытием (при обязательном полном снятии напряжения). Открыть все крышки оболочки, убедиться в наличии и исправности эластичных уплотняющих прокладок, предусмотренных конструкций. Смятые и разорванные прокладки заменить новыми.

Внутренний диаметр уплотняющего резинового кольца не должен отличаться от диаметра кабеля более чем на 2 мм. Диа-

метральный зазор между рукояткой вводного устройства и наружным диаметром уплотняющего кольца не должен превышать 1, 2 и 3 мм при наружном диаметре кольца соответственно до 20, от 20 до 60 и свыше 60 мм.

При наличии в залитой кабельной массе трещин и других дефектов ввод должен быть перезаделан.

Запрещается уплотнять кабель изоляционной лентой, сырой резиной, обрезками оболочки кабеля и т. п.

3.8. ОСМОТР, ПРОВЕРКА И РЕВИЗИЯ СРЕДСТВ ВЗРЫВОЗАЩИТЫ

К средствам взрывозащиты согласно ГОСТ 12.2.020—76 относятся конструктивные и (или) схемные решения для обеспечения взрывозащиты электрооборудования (электротехнического устройства).

Совокупность средств взрывозащиты определяет вид взрывозащиты. Виды взрывозащиты рудничного взрывозащищенного электрооборудования следующие:

1) взрывонепроницаемая оболочка — оболочка, выдерживающая давление взрыва внутри нее и предотвращающая распространение взрыва из оболочки в окружающую взрывоопасную среду;

2) искробезопасная электрическая цепь — электрическая цепь, выполненная так, что электрический заряд или ее нагрев не может воспламенить взрывоопасную среду при предписанных условиях испытания;

3) кварцевое заполнение оболочки — оболочка, заполненная кварцевым песком;

4) масляное заполнение оболочки — оболочка, заполненная маслом или жидким негорючим диэлектриком. Применение горючего масла для заполнения рудничного взрывозащищенного электрооборудования не допускается;

5) защита вида «е» — в электрооборудовании (или его части), не имеющем нормально искрящих частей, принят ряд мер дополнительно к используемым в электрооборудовании общего назначения, затрудняющих появление опасных нагревов, электрических искр и дуг;

6) автоматическое защитное отключение — снятие напряжения с токоведущих частей при разрушении защитной оболочки за время, в течение которого не может произойти воспламенение взрывоопасной среды;

7) специальный вид, основанный на принципах, отличных от приведенных в п. 1—6, но признанных достаточными для обеспечения взрывозащиты.

Осмотр, проверку и ревизию средств взрывозащиты необходимо производить в соответствии с указаниями ТБ (см. разд. 1). С особой тщательностью средства взрывозащиты следует прове-

рять в шахтах, опасных по газу или пыли, опасных по внезапным выбросам угля и газа.

В программу пусковых (предпусковых) и периодических РНИ взрывозащиты «Взрывонепроницаемая оболочка» входят:

1) осмотр знаков исполнения и пломб (см. разд. 3.4);

2) осмотр и проверка оболочки (см. разд. 3.6);

3) осмотр и проверка вводных устройств (см. разд. 3.7);

4) осмотр зазоров «Взрыв». При осмотре основное внимание следует обратить на внешние механические повреждения сопрягаемых деталей (краев фланцев, кромок лабиринтов и ступеней и т. п.);

5) проверка зазоров «Взрыв». Без разборки сопрягаемых деталей проверка заключается в измерении ширины взрывозащитных щелей (зазоров «Взрыв») в соединениях между сопряженными наружными частями оболочек. Измерения следует выполнять при нормальной затяжке крепящих элементов не менее чем в четырех точках соединения, распределенных равномерно по периметру, а также в местах с увеличенным зазором. Проверку осуществляют с помощью набора щупов № 2. Щуп толщиной на 0,05 мм больше допустимой ширины щели не должен входить в проверяемую цепь.

Ширина взрывозащитной щели и ее длина устанавливаются в зависимости от материала оболочки, ее свободного объема, конфигурации щелевой защиты, чистоты обработки взрывозащитных поверхностей, а также от эффективности примененных электрических средств защиты и от допустимой мощности короткого замыкания в сети. Значения параметров щелевой защиты должны отвечать требованиям ГОСТ 22782.6—81. В заводских инструкциях по эксплуатации для каждого типа электрооборудования указываются места измерения зазоров «Взрыв» и приводятся допустимые их значения. При отсутствии заводских данных можно пользоваться таблицей из инструкции к § 469 ПБ;

6) ревизия взрывозащитных поверхностей. Проверить надежность крепления тяг управления, валиков, недопустимость проталкивания их внутрь или наружу оболочки. При необходимости разобрать соединение, очистить валик (тягу) и втулку от пыли и ржавчины, смазать тонким слоем консистентной смазки.

При видимом износе втулки, валика или тяги управления проверить фактическую ширину диаметральной щели (зазора), измерив штангенциркулем разность диаметров валика и втулки или определив зазор стальными калиброванными проволоками, диаметр которых должен быть на 0,05 см больше допустимых значений ширины щели. Для соединений валик — металлическая втулка, запрессованная в пластмассовую деталь, ширину щели принимают по нормам для пластмассовых оболочек.

Для электрооборудования, изготовленного по старым нормам, ширина диаметральной щели для всех оболочек допускается не более 0,5 мм.

Зазор между валом рукоятки и втулкой корпуса замеряют только в аппаратах, эксплуатировавшихся не менее трех лет. Замер зазоров совмещают с заменой изношенной шпонки (штифта), когда рукоятку легко снять с вала, так как без снятия рукоятки замерить зазор практически невозможно.

После разборки сопрягаемых деталей необходимо осмотреть взрывозащитные поверхности фланцев и лабиринтных соединений, очистить их от ржавчины, смазки и пыли, обращая внимание на состояние краев фланцев и кромок ступеней и лабиринтов. На взрывозащитных поверхностях не должно быть вмятин, царапин, раковин, заусенцев и следов коррозии.

Резьбовые взрывозащитные соединения (крышка, пробки на резьбе и пр.), если они предусмотрены конструкцией, должны быть завинчены до отказа и иметь не менее пяти полных неповрежденных ниток резьбы.

Перед сборкой взрывозащитные поверхности должны быть смазаны тонким слоем смазки, марка которой указана на чертежах безопасности.

После сборки частей оболочки повторно измеряется ширина щели.

Запрещается эксплуатация электрооборудования с поврежденными элементами средств взрывозащиты и с увеличенными против допустимых значениями зазоров «Взрыв».

Вид взрывозащиты «Искробезопасная цепь» — это электрическая цепь, выполненная так, что электрический разряд ее или нагрев не может (при предписанных условиях испытания) воспламенить взрывоопасную среду, согласно ГОСТ 12.2.020—76 называется искробезопасной. Для искробезопасных электрических цепей рудничного взрывозащищенного электрооборудования ГОСТ 22782.5—78 устанавливает три уровня — Иа, Ив, Ис, которым ставятся в соответствие уровни взрывозащиты электротехнических устройств — РО, РВ, РП: электрооборудование с уровнем взрывозащиты РО должно иметь искробезопасные электрические цепи уровня Иа, РВ — не ниже Ив, РП — Ис.

В программу пусковых, предпусковых и периодических РНИ взрывозащиты «Искробезопасная цепь» входят:

1) проверка комплектности изделия в соответствии с заводской технической документацией. Не допускается эксплуатация в подземных электроустановках разукомплектованного взрывозащищенного электрооборудования и эксплуатация искробезопасных аппаратов и цепей, не отвечающих требованиям заводской инструкции по уходу и эксплуатации;

2) проверка исправности защитных оболочек и состояния заполнителя. Компаундный заполнитель не должен отслаиваться, высыпаться, иметь трещины, сколы, пузырьки, раковины;

3) проверка наличия штампов ОТК на комплектующих изделиях. Аппараты, укомплектованные элементами средств взрыво-

защиты без знаков проверки ОТК, должны быть изъяты из эксплуатации;

4) проверка наличия и исправности разделительных перегородок между искробезопасными и искроопасными цепями (если предусмотрены конструкцией). Внешние искроопасные и искробезопасные цепи должны прокладываться раздельными кабелями. Допускается совмещение искроопасных (силовых) и искробезопасных цепей в шахтных гибких экранированных кабелях при условии обязательного постоянного контроля состояния изоляции кабеля (применение реле утечки).

Искробезопасную цепь не следует заземлять, если этого не требуют условия эксплуатации электрооборудования. При необходимости заземление искробезопасной цепи осуществлять в одной точке;

5) проверка исправности цепей внутренних и внешних соединений. Запрещается вносить какие-либо изменения в схему внутренних и внешних соединений искробезопасной электрической цепи и производить в них замену элементов элементами, не отвечающими требованиям заводской технической документации. Аппараты (устройства), в которых отсутствуют или повреждены некоторые элементы искробезопасности системы, должны быть заменены исправными.

Программа РНИ вида взрывозащиты «Кварцевое заполнение оболочки» состоит в проверке уровня наполнения внутри аппарата. Недостаточным считается уровень ниже верхней кромки смотрового окна. Недостающее количество наполнителя должно быть дополнено специально приготовленным по ГОСТ 22782.2—77 и предварительно подогретым сухим гидрофобизированным кварцевым песком, не содержащим металлических частиц. Температура аппарата и приготовленного для досыпки песка должна быть не менее чем на 25—30 °С выше температуры окружающей среды.

При снижении сопротивления изоляции обмоток кварценаполненного аппарата более чем на 30 % против данных заводских или предыдущих (не реже 1 раза в 3 года) измерений необходимо брать пробу песка для анализа. Пробу отбирают в тщательно очищенную и предварительно просушенную посуду с герметичной пробкой при температуре аппарата, не превышающей температуру окружающей среды на 25—30 °С. При неудовлетворительных результатах анализа аппарат подлежит замене.

В программу пусковых, предпусковых и периодических РНИ вида взрывозащиты «Масляное заполнение оболочки» и специальные виды взрывозащиты входят:

1) проверка уровня масла. Для рудничного взрывозащищенного оборудования в качестве заполнителя ГОСТ 22782.1—77 рекомендует синтетическую негорючую электроизоляционную жидкость ПМС-40 и ПМС-400 по ГОСТ 13032—77 и запрещает применение минеральных горючих масел.

При проверке средств взрывозащиты на электрооборудовании с масляным заполнителем оболочки необходимо дополнительно проверить наличие и затяжку пробок для слива и заливки масла, отсутствие течи масла, дать качественную оценку масла по цвету, наличию взвешенных механических примесей и угля.

2) проверка наличия актов испытания масла. Согласно § 456 ПТЭ масло из маслонаполненных аппаратов подвергают сокращенному анализу и испытанию на пробой перед заливкой и в процессе эксплуатации с периодичностью 12 и 6 мес соответственно. При доливке масла более чем на 5 % залитого количества смесь необходимо проверять на отсутствие выпадания осадка и стабильность согласно ПТЭ и ПТБ.

Пробивное напряжение заполнителя для электрооборудования на напряжение свыше 1000 В должно быть не менее 25 кВ (при испытании по ГОСТ 6581—75 в стандартном сосуде).

Взрывозащищенное электрооборудование со специальными видами взрывозащиты должно отвечать требованиям ГОСТ 22782.3—77 и иметь согласование с Госгортехнадзором СССР. К средствам, обеспечивающим специальный вид взрывозащиты, могут быть отнесены герметичная оболочка со степенью защиты IP67 по ГОСТ 14254—80, герметизация эпоксидным компаундом, герметиком, помещение в оболочку со специальным наполнителем, ограничение времени действия источника опасности взрыва и др.

3.9. ОСМОТР И ИСПЫТАНИЕ ИЗОЛЯЦИИ ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ

Все виды изоляции токоведущих частей должны быть проверены внешним осмотром на отсутствие механических повреждений.

Перед осмотром изоляторы должны быть тщательно протерты сухой ветошью, не оставляющей ниток и волосков. Сильно загрязненные изоляторы протирают ветошью, смоченной в бензине или ацетоне. Ржавчину с фланцев и колпачков фарфоровых изоляторов удаляют ветошью, смоченной в керосине. Запрещается очищать глазурованные поверхности изоляторов, пользуясь абразивными материалами, металлическими изделиями и щетками.

Осмотр и испытание изоляции токоведущих частей электрических устройств необходимо производить, руководствуясь указаниями по ТБ в разд. 1 настоящего Руководства. Ниже приведен объем пусковых и предпусковых РНИ изолирующих устройств (фарфоровых изоляторов, втулок и панелей из изолированного материала и т. п.).

1. Осмотр изоляторов. При осмотре опорных и проходных изоляторов, а также изолирующих тяг следует обращать внимание на надежность креплений изоляторов; прочность армировки колпачков и фланцев (отсутствие осевых и радиальных смещений, целость лакового покрытия армирующих швов, отсутствие выкро-

Таблица 3.2

Виды и допустимые величины повреждений изоляторов

Допустимые повреждения поверхности	Измеряемая величина	Площадь поверхности изделия, дм²		
		общая		внешняя
		0,6—1	1—3	3—10
Отсутствие или сухость глазури, слипыш, засорка	Единичная площадь, мм² Суммарная площадь, мм²	50 Не более суммарной площади всех отклонений	80	80
Выгорка, выплавка	Единичная площадь, мм² Суммарная площадь, мм²	0,8 Не более 1/3 суммарной площади всех отклонений	1,8	3
Мушка	Единичная площадь, мм² Суммарная площадь, мм²	0,8 Не более 1/3 суммарной площади всех отклонений	0,8	1,8
Нелопнувшие пузыри	Единичная площадь, мм² Суммарная площадь, мм²	0,8 Не более 1/3 суммарной площади всех отклонений	1,8	3
Сколы	Единичная или суммарная площадь, мм² Глубина, мм	25 1	50 1	50 2
Поверхностные трещины с оплавленными краями	Единичная длина, мм Общая длина, мм Ширина, мм	10 10 0,5	10 10 0,5	5 10 0,5
Натек глазури	Высота, мм	1	1	1
Местные неровности поверхности	Высота, глубина, мм	1	1	1
Суммарное отклонение всех дефектов	Суммарная площадь всех отклонений не более, мм²	100	150	150

Примечание. Сухость — тонкий слой глазури без блеска. Слипыш — участок места слипания изделий друг с другом. Засорка — прилипание зерна керамического материала.

шиваний армирующей замазки из швов); качество поверхностей изоляторов.

На внешней и внутренней поверхностях изоляторов не должно быть вскрытых пузырей, сквозных трещин, трещин с неоплавленными краями, цек (тонкие, едва заметные трещины) глазури, а также дефектов, суммарная или единичная площадь, длина, высота, ширина и глубина которых превышают размеры, указанные в табл. 3.2.

Не допускаются сосредоточенные дефекты, даже если их суммарная площадь не более указанной в табл. 3.2.

Допускаются незначительные наколы, не разрушающие фарфор изолятора. Мушки диаметром до 1 мм не нормируются.

Выгорки, выплавки и трещины должны быть заделаны материалом, стойким к атмосферным воздействиям (два и более слоя бакелитового или глифталевого лака с просушкой каждого слоя).

Глазурованная поверхность должна быть гладкой и блестящей.

Большинство изоляторов внутренней установки на напряжение 6 кВ имеют площадь поверхности в пределах: опорные 1—3, проходные 3—10 и тяги 0,6—3 дм^2.

2. Измерение сопротивления изоляции. Измерения производят в соответствии с указаниями разд. 2.4. Допустимые величины сопротивления изоляции для конкретных типов электроустройств приведены в соответствующих подразделах Руководства.

3. Испытание изоляции повышенным напряжением. Условия и методы испытания приведены в разд. 2.4.

3.10. ОСМОТР И ИСПЫТАНИЕ КАБЕЛЕЙ И КАБЕЛЬНОЙ АРМАТУРЫ

При осмотре и испытании кабелей и арматуры следует руководствоваться указаниями по ТБ (разд. 1).

В программу работ пусковых (предпусковых) РНИ кабелей входят:

1. Проверка правильности применения кабелей. Для передачи и распределения электрической энергии в подземных выработках шахт следует применять кабели с оболочками и защитными покровами, не распространяющими горение и предназначенными для шахтных условий (§ 407 ПБ). Кабели общего назначения допускаются к применению в шахтах по заключениям МакНИИ или ВостНИИ (§ 412 ПБ). Запрещается применение в шахтах кабелей всех назначений с алюминиевыми жилами или алюминиевыми оболочками. Для контрольных цепей и цепей управления при стационарной прокладке наравне с бронированными кабелями в свинцовой или поливинилхлоридной оболочке допускаются гибкие силовые кабели (§ 408 ПБ). В случае применения бронированных кабелей с джутовым (горючим) покрытием в пределах камеры это покрытие должно быть снято, а броня кабеля защищена антикоррозийным лаковым покрытием (§ 414 ПБ).

2. Осмотр кабелей. При осмотрах кабелей, проложенных в подземных выработках шахт, особое внимание следует обращать на правильность подвески и надежность крепления кабеля, на состояние соединительных муфт и защитной оболочки.

В процессе осмотра необходимо убедиться в отсутствии видимых повреждений внешней оболочки (порезов, пробоин, прожогов, глубоких вмятин, трещин, подтеканий мастики). На гибких кабелях обращать внимание на состояние мест ремонта и счалок кабеля. Не должно быть существенной разницы в температуре кабеля в месте счалки и вне ее. Не допускается отслаивание вулканизационного слоя резины от шланговой оболочки кабеля.

В выработках с бетонной, кирпичной или аналогичной крепью, а также в выработках с устойчивой, не требующей крепления прохода допускается жесткое крепление кабелей. В выработках с металлической или деревянной крепью кабели следует подвешивать не жестко, а с провесом. Расстояние между устройствами подвесок должно быть не более 3 м, а расстояние между кабелями — не менее 5 см (§ 437 ПТЭ).

Радиусы внутренней кривой изгиба кабелей по отношению к наружному диаметру кабелей должны иметь кратность (§ 432 ПТЭ) не менее: 25 — для силовых бронированных кабелей в свинцовой оболочке с обедненно-пропитанной изоляцией; 15 — для силовых и контрольных кабелей с бумажной изоляцией в свинцовой оболочке бронированных и небронированных; 10 — для кабелей с резиновой или поливинилхлоридной изоляцией негибких и полугибких; 5 — для гибких кабелей.

Разводку силовых и контрольных кабелей в камерах, как правило, выполняют на разных сторонах выработки. При прокладке их на одной стороне расстояние между силовыми и контрольными кабелями должно быть не менее 0,2 м (§ 419 ПБ). Ввод кабелей в камеру необходимо осуществлять через трубы (металлические, бетонные). Отверстия труб с положенными в них кабелями следует уплотнять глиной (§ 438 ПТЭ).

В горизонтальных и наклонных выработках с углом падения до 45° с металлической или деревянной крепью применяют «мягкую» подвеску кабеля, предохраняющую его от разрыва при внезапном давлении на кабель в прилегающем пролете из-за отрыва от места крепления конструкции подвески кабеля. В качестве «мягкой» подвески применяют, например, синтетические или брезентовые ленты. Подвеску и провес кабеля следует располагать на такой высоте, чтобы исключить возможность повреждения кабеля при сходе вагонеток с рельсов. Должны быть предусмотрены меры против падения на рельсы, рештаки и т. п. кабеля с подвески в случае его обрыва.

В выработках с углом наклона более 45° подвеску кабеля производят с помощью хомутов, скоб или иных приспособлений, разгружающих кабель от действия собственного веса и исключающих проскальзывание и образование напусков.

При необходимости прокладки кабеля на отдельных участках по почве выработок, а также при временной укладке его на почву при ремонте выработки кабель должен быть защищен от механических повреждений прочными ограждениями из негорючих материалов.

Запрещается держать в восьмерках и бухтах гибкие кабели, находящиеся под напряжением. Это требование не распространяется на экранированные гибкие кабели с нераспространяющей горение оболочкой, которые по условиям работы должны находиться в бухтах или на барабанах (§ 418 ПБ).

Соединительные муфты на бронированных и гибких кабелях должны быть выполнены и подвешены так, чтобы результирующее усилие не передавалось на жилы кабеля (§ 436 ПТЭ). Муфты должны быть защищены от капежа, хорошо закреплены и надежно заземлены.

При обнаружении повреждений кабель должен быть отключен от сети и подвергнут ремонту. Ремонтные работы на кабельных линиях должны проводить не менее чем два лица. Производство работ по ремонту кабельных линий допускается после двустороннего отключения кабеля, его заземления и вывешивания у аппарата включения предупредительного плаката «Не включать — работают люди!».

3. Проверка правильности разделки кабелей и надежность присоединения жил кабелей к зажимам электрооборудования. Разделка кабелей должна соответствовать требованиям инструкций по разделке и монтажу гибких и бронированных кабелей.

Не допускается присоединение жил кабелей к зажимам электрооборудования без специальных устройств (наконечники, корончатые шайбы и др.), предотвращающих расчленение про́волочек кабеля. Запрещается присоединение к одному контактному зажиму более одной жилы кабеля, если это не предусмотрено конструкцией зажима.

При концевой разделке экранированного кабеля минимальное расстояние от оголенной токоведущей жилы до экрана должно быть не менее 50 мм при напряжении до 1140 В и не менее 100 мм — при напряжении выше 1140 В. Изоляция должна быть полностью очищена от следов оставшегося электропроводящего слоя экрана. Заземляющая неизолированная жила кабеля должна быть изолирована до среза шланговой оболочки и присоединена к заземляющему зажиму внутри вводного устройства.

4. Проверка заземления кабелей и кабельной арматуры. Произвести наружный осмотр заземляющих устройств для кабелей и арматуры и измерить сопротивление заземления (см. 3.13).

5. Измерение сопротивления изоляции кабелей. Периодичность профилактических измерений сопротивления изоляции стационарных кабелей, проложенных в подземных выработках, согласно § 445 ПТЭ и § 475 ПБ, устанавливается главным энерге-

тиком шахты (не реже 1 раза в год). Результаты измерений заносят в журнал.

Измерение сопротивления изоляции в сетях 127, 380 и 660 В производят мегаомметром на напряжение 1000 В, а в сетях 1140 и 6000 В — мегаомметром на напряжение 2500 В. Методика измерений приведена в разд. 2. До и после измерения сопротивления изоляции кабеля производят его разрядку на землю и убеждаются в отсутствии на нем заряда. Измерениям должен предшествовать контроль рудничной атмосферы. Сопротивление изоляции относительно земли бронированных и гибких кабелей любой длины должно быть не менее 1 МОм/фазу.

Состояние изоляции кабельной линии на напряжение до 1140 В следует контролировать ежесменно по показаниям омметра реле утечки.

Перед спуском кабеля в шахту необходимо измерить сопротивление изоляции между каждой парой силовых жил, а также между каждой из силовых и контрольных жил по отношению к заземляющей.

Сопротивление изоляции отдельной жилы на строительной длине гибкого кабеля должно быть не менее 100 МОм. Между сопротивлением изоляции и длиной шахтного кабеля установить определенную зависимость не представляется возможным, так как в условиях эксплуатации снижение сопротивления (утечка), как правило, возникает в месте повреждения оболочки изоляции, в концевых заделках и т. п. Поэтому монтаж концевых заделок и соединения бронированных кабелей с бумажной и пластмассовой изоляцией, а также концевые разделки шахтных гибких кабелей необходимо выполнять в строгом соответствии с требованиями ПБ.

6. Испытание кабелей повышенным напряжением. Условия и методы испытания изложены в разд. 2 (см. 2.4).

Стволовые кабели следует испытывать в следующие сроки:

перед включением их в сеть после прокладки, после ремонта или монтажа кабельных соединительных муфт и концевых разделок; после продолжительного отключения кабельной линии; не реже одного раза в 3 года (при наличии резервного питания ЦПП).

Если кабели проложены в стволах с исходящей струей воздуха, то испытание повышенным напряжением допускается проводить в нерабочие дни и не ранее чем через 4 ч после взрывных работ или механизированной отбойки угля в очистных и подготовительных забоях. Испытания проводят при нормальном режиме проветривания во время работы главного вспомогательного вентилятора. Испытания стволовых кабельных линий, требующих остановки вентиляторов местного проветривания, запрещаются. Во время испытаний в подземной подстанции должно присутствовать лицо пылевентиляционной службы шахты. В случае обнаружения в каком-либо месте кабельной трассы содержания метана 0,75 % работы по испытанию кабелей должны быть прекращены.

Для шахт, опасных по газу или пыли, до начала испытаний стволовых кабелей должны быть проведены следующие мероприятия:

а) проверка осланцевания выработок в соответствии с требованиями ПБ и Инструкции по осланцеванию горных выработок и контролю за качеством осланцевания;

б) проверка противопожарных средств в соответствии с требованиями ПБ и Инструкции по противопожарной защите угольных и сланцевых шахт. В камерах подземной подстанции должны быть не менее четырех пенных огнетушителей, 0,2 м^3 песка или инертной пыли, лопата;

в) замер метана в шахтном стволе, по которому проложен испытуемый кабель, в соответствии с требованиями ПБ и Инструкции по замеру газа в шахте.

Для шахт, опасных по внезапным выбросам угля или газа, должны быть выполнены следующие дополнительные требования:

а) испытание высоковольтных кабелей повышенным напряжением производить только в нерабочие дни и не реже чем через 4 ч после взрывных работ или механизированной отбойки угля в очистных и подготовительных забоях;

б) разрешение на возобновление горных работ после окончания испытания повышенным напряжением кабелей может быть дано только главным инженером шахты.

3.11. ОСМОТР И ПРОВЕРКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

В схемах управления, защиты и автоматики электроустановок большое применение находят полупроводниковые приборы (диоды, транзисторы, стабилитроны, тиристоры и др.). Многообразие видов и типов этих приборов, параметров и функций, выполняемых ими, определяет объем и методы их проверки.

Проверка полупроводниковых приборов в полном объеме требует применения специальной измерительной техники в лабораторных условиях, обеспечивающих соблюдение теплового режима при измерениях и наличие обширного справочного материала, а также специальных знаний и опыта.

Ниже приведены только общие методические указания по внешнему осмотру, проверке исправности и измерению некоторых параметров наиболее распространенных видов полупроводниковых приборов и общие рекомендации по их применению и монтажу.

1. Осмотр полупроводниковых приборов осуществляют с целью выявить различные дефекты, руководствуясь следующими требованиями:

корпус прибора не должен иметь трещин, вмятин и других деформаций, вызывающих нарушение герметичности прибора, а также следов коррозии;

резьбовые крепежные соединения прибора должны быть плотно затянуты, а контактные элементы иметь чистую поверхность, лишенную коррозионных и электроизолирующих пленок. Поверхность радиатора (при его наличии), контактирующая с приборами, не должна иметь раковин, заусенцев, царапин, борозд, грязи.

2. Проверку исправности и отдельных параметров полупроводниковых приборов можно производить с помощью переносных измерительных приборов или простых схем, собираемых на месте. При подключении схемы с полупроводниковыми приборами к источнику постоянного тока необходимо строго соблюдать полярность. Наконечники проводов измерительных приборов должны иметь конструкцию, исключающую случайные замыкания цепей в схемах.

Проверка исправности диодов и вентилей сводится к измерению значений прямого $R_{пр}$ и обратного $R_{обр}$ сопротивлений. У исправных диодов $R_{обр} \gg R_{пр}$. Если при прямом включении диода $R_{пр}$ имеет очень большое значение (килоомы) или $R_{пр} \to \infty$, то такой диод неисправен и использоваться в дальнейшем не может. При проверке желательно использовать измерительные приборы с источником питания 1,2—2 В (особенно при проверке маломощных диодов).

Полярность исправного диода можно определить по полярности омметра: если омметр показывает минимальное сопротивление, то полярности диода и омметра совпадают, если большое, то противоположны.

Показатели качественного состояния диодов — стабильные (в нормируемых пределах) значения обратного тока и прямого падения напряжения.

Стабилитроны (опорные диоды) в схемах стабилизации включаются обратно полярности, указанной на корпусе прибора. Стабилизация напряжения в цепях переменного тока осуществляется встречным включением двух диодов, каждый из которых рассчитан на полное напряжение стабилизации.

Исправность стабилитронов (измерение прямого и обратного сопротивления) проверяют так же, как выпрямительных диодов.

Основные параметры опорных диодов — напряжение $U_{ст}$ и минимальный ток стабилизации $I_{ст}$.

Проверку исправности тиристоров (управляемых диодов) производят измерением сопротивления между анодом и катодом, а также анодом и управляющим электродом с помощью омметра. При любой полярности подключения омметра у исправных тиристоров сопротивление составляет от нескольких единиц до сотен мегаом; сопротивление перехода «управляющий электрод—катод» имеет бóльшие значения при подключении «плюс» омметра к катоду и меньшие — при подключении обратной полярности.

Величину обратного тока тиристора $I_{обр}$ измеряют при номинальном значении анодного напряжения обратной полярности и отключенном управляющем электроде.

При проверке исправности транзистора типа $p—n—p$ один из зажимов омметра подключают к базовому выводу транзистора, а второй — поочередно к эмиттеру и коллектору. Если к базе транзистора подключать «плюс» омметра, то для исправного транзистора оба измерения должны дать значения обратных сопротивлений несколько мегаом у маломощных и несколько килоом у мощных триодов. Обычно обратное сопротивление эмиттерного перехода бывает больше коллекторного.

При подключении к базе «минус» омметра измеряются прямые сопротивления переходов, которые должны составлять единицы или десятки омов.

В обоих случаях измерений при больших отклонениях от указанных величин триод считается неисправным (при нулевых показаниях омметра имеет место пробой перехода, а при ∞ — обрыв электродов). У триодов типа $n—p—n$ измерения производят аналогично, но в обратной полярности.

Во избежание повреждения триода измерять таким способом сопротивление перехода «эмиттер—коллектор» не рекомендуется.

Параметры транзисторов по постоянному току используют для определения стабильности работы триодов по постоянному току. При этом во многих случаях достаточно определить обратный ток коллектора $I_{к.\,о}$ и коэффициент усиления β.

Обратный ток коллектора $I_{к.\,о}$ измеряют при обратном напряжении на коллекторе около 50 % предельного значения напряжения. Значения $I_{к.\,о}$ не должны превышать 0,2—0,5 % номинального прямого тока коллектора.

Обратный ток эмиттерного перехода $I_{э.\,о}$ — ток через переход эмиттер—база при отключенном коллекторе и зарядном обратном напряжении на эмиттере. При измерениях $I_{э.\,о}$ напряжение источника питания принимают ниже, чем при измерении $I_{к.\,о}$, в 3—5 раз, а измеренные значения $I_{э.\,о}$ — обычно выше измеренных значений $I_{к.\,о}$.

Начальный ток коллектора $I_{к.\,н}$ — ток в цепи коллектора при замкнутых между собой (накоротко или через активное сопротивление нормируемой величины) эмиттере и базе и заданном напряжении на коллекторе. Сопротивление эмиттер—база $R_{э.\,б}$ составляет 500—1000 Ом для маломощных и 0—2 Ом для мощных триодов: $R_{э.\,б} \approx 0{,}1 U_{обр}/I_{обр}$. Ток $I_{к.\,н}$ почти линейно зависит от приложенного напряжения коллектор—база $U_{к.\,б}$ и приводится к значениям при максимальном напряжении коллектора по формуле

$$I_{к.\,н} = I'_{к.\,н} \frac{U_{к.\,max}}{U_{к.\,б}}. \qquad (3.1)$$

Для исправных триодов начальный ток при температуре 10—30 °С не превышает 5 % максимального тока коллектора.

Коэффициент усиления по току β определяют по формуле

$$\beta = I_к/I_б. \qquad (3.2)$$

Измеряют коэффициент β специальными приборами — испытателями транзисторов.

2. Общие указания по применению и монтажу. При применении полупроводниковых приборов в электрических схемах следует руководствоваться следующими требованиями:

приборы должны иметь во всем диапазоне рабочих температур запас по всем параметрам 20—30 % их предельных значений;

недопустимо использование приборов в предельных режимах по двум параметрам одновременно (например, по току и рассеиваемой мощности);

рабочие напряжения и токи приборов должны быть не более 70 % предельных величин;

транзисторы должны быть выбраны в соответствии с их назначением.

При монтаже (замене) полупроводниковых приборов необходимо:

заменять приборы только при включенных источниках питания с помощью контактных аппаратов, имеющих видимый разрыв контактов;

не допускать при монтаже и эксплуатации механические нагрузки на корпус и выводы приборов. Изгиб выводов производить на расстоянии не менее 10 мм от корпуса (если нет других указаний). Изгиб жестких выводов мощных приборов запрещается;

располагать приборы вдали от элементов с большим тепловыделением (мощных электронных ламп, резисторов и др.). Для нормальной работы мощных полупроводниковых приборов предусматривать дополнительный отвод тепла при помощи металлических пластин или специальных радиаторов;

выводы базы транзистора присоединять в схеме первыми и отсоединять последними. Первым отсоединять коллекторный вывод. Запрещается подавать напряжение на транзистор с отключенной базой.

При пайке необходимо обеспечить теплоотвод между местом пайки и корпусом. Производить пайку на расстоянии не менее 10 мм от корпуса транзистора в течение минимального времени (2—3 с). Применять низкотемпературные припои (например, ПОС-40).

3.12. ОСМОТР, ПРОВЕРКА И ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Нормальная работа электрооборудования и всей электроустановки зависит не только от качества и состояния электрооборудования, но и от электрических соединений, которые связывают электрооборудование данной электроустановки в единую систему и образуют электрические цепи — первичные (силовые) и вторичные (коммутации). Общие признаки первичных и вторичных цепей — наличие в них элементов, присущих любой электриче-

ской цепи: источника и приемника электроэнергии и проводников, соединяющих источник с приемниками. Цепи существенно отличаются протекающими в них процессами и составом входящих в них элементов.

Первичные цепи служат для осуществления энергетических функций: производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии, вторичные — для контроля за работой основного (первичного) оборудования и управления режимом его работы. Вторичные цепи обычно намного сложнее первичных, поэтому их проверка составляет основной объем работ по проверке электрических цепей налаживаемой электроустановки.

В программу пусковых и предпусковых РНИ входят:

ознакомление с принципиальными и монтажными схемами;

осмотр электрических цепей;

проверка правильности соединений (монтажа) электрических цепей;

испытание электрических цепей.

1. Ознакомление со схемами следует начинать с изучения однолинейных схем электроустановки, на которых отражены первичное электрооборудование и электрические соединения его отдельных частей. Затем надо ознакомиться с чертежами, изображающими компоновку всего первичного оборудования, обозначенного на строительных чертежах.

Большое количество чертежей приходится изучать при проверке схем вторичной коммутации. Сначала следует изучить схемы общих устройств, а затем — отдельных присоединений. Когда все схемы и чертежи по данному присоединению будут подобраны, следует приступить к изучению принципиальных схем. Рассматривая принципиальные схемы, надо внимательно проанализировать работу каждой электрической цепи как при нормальных, так и возможных аварийных режимах в первичной цепи.

2. Осмотр электрических цепей заключается в оценке внешнего состояния всех монтажных соединений, расстояния между токоведущими частями, взаимного расположения отдельных элементов электрической цепи.

В первичных и вторичных цепях уточняют наличие, достаточность и правильность выполнения надписей, маркировки аппаратных зажимов, клеммников, проводов и жил кабелей, адресных бирок на силовых и контрольных кабелях, маркировку и расцветку фаз, заводских знаков.

Концы проводов в местах присоединения к зажимам аппаратов и сборок должны иметь изоляционные оконцеватели (например, отрезки поливинилхлоридных трубок или специальные пластмассовые бирки — оконцеватели). Маркируют провода согласно принципиальной схеме.

По условию механической прочности присоединяемые к зажимам жилы проводов и кабелей должны иметь сечение не менее 1,5 мм^2. В цепях сигнализации и контроля допускается присоеди-

нение к аппаратам с помощью кабелей с жилами сечением 1 мм². В цепях напряжением до 40 В диаметр жил соединительных проводов и кабелей, присоединяемых пайкой, должен быть не менее 0,5 мм. При пайке присоединяемый конец провода (жилы кабеля) должен быть пропущен через отверстие в контактном лепестке и плотно обжат, чтобы исключить отсоединение провода при нарушении пайки.

При осмотре проверяют качество монтажа электрических цепей. При этом необходимо обратить внимание на состояние пучков и раскладку проводов на панелях, правильность выполнения кабельной разводки и заземления оболочек бронированных кабелей, соблюдение допустимых расстояний утечки и электрических зазоров.

При осмотре искробезопасных цепей необходимо дополнительно руководствоваться указаниями, изложенными в разд. 3.8.

3. Изучив принципиальные схемы, следует приступить к проверке монтажных схем и приведению их в точное соответствие с проверенными принципиальными схемами. Эту работу должны выполнять по меньшей мере два человека: один из них просматривает проверяемые цепи по принципиальной схеме, другой — прослеживает соответствующие цепи по монтажным схемам. Начинать проверять цепи следует от одного полюса (или фазы) источника питания и заканчивать у его второго полюса (или фазы). Второй работник сообщает первому номера зажимов аппаратов, маркировку проводов и кабелей (а также другие сведения), которые он увидел при просмотре цепей по монтажным схемам. Первый работник вносит необходимые сведения из монтажных схем на принципиальные, исправляя возможные ошибки на монтажных схемах.

Непосредственно перед проверкой должны быть приняты меры по обеспечению безопасного производства работ и исключению подачи напряжения на проверяемые цепи. При пусковых РНИ необходимо проверить первичные и вторичные цепи и их внутренние и внешние соединения на соответствие принципиальным и монтажным схемам. При проверке рекомендуется пользоваться одним набором принципиальных и монтажных схем, на которых должны быть показаны все изменения, произведенные в период монтажа. При проверке внутреннего монтажа панелей и оборудования на соответствие принципиальным и монтажным схемам проверяют наличие цепи в соединительных проводах и правильность их подключения, отсутствие обходных цепей, крепление аппаратных шпилек и качество контактных соединений. Внешние цепи обычно прозванивают после проверки внутреннего монтажа панелей и оборудования.

Из многих способов и приемов проверки правильности монтажа электрических цепей наиболее распространены непосредственное прослеживание (визуально) и прозвонка.

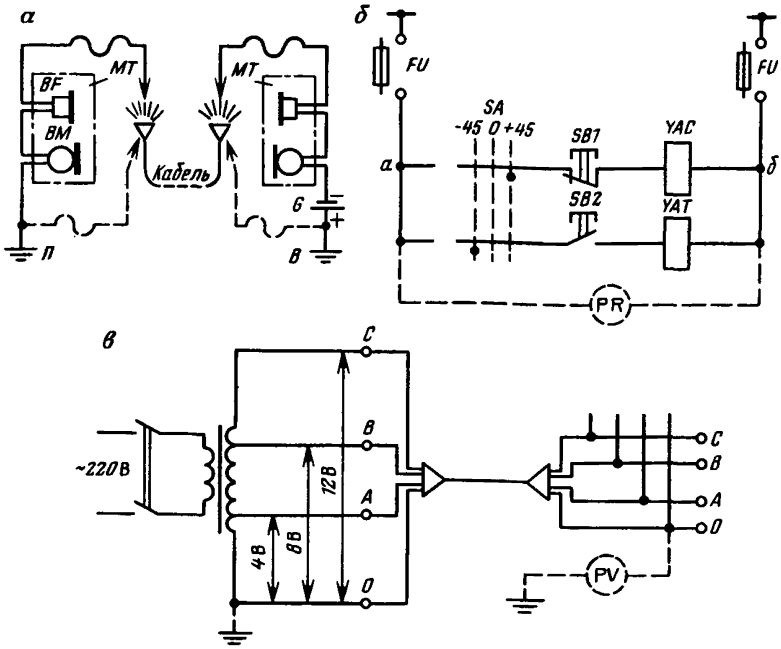


Рис. 3.1. Проверка электрических цепей с помощью двух микротелефонных трубок (*а*), методом измерения сопротивления (*б*) и методом приложения напряжения (*в*):

——— — цепи для определения первой жилы (через «землю»), — — — — цепи для проверки остальных жил (с использованием известной жилы)

Способ непосредственного прослеживания применим для открытых цепей, расположенных в одном помещении, и неприменим для проверки скрытых элементов электрических цепей и при больших расстояниях между отдельными элементами цепи.

Прозвонка применима для скрытых и длинных цепей. Чтобы избежать ошибки при прозвонке, необходимо: разделить внешние и внутренние цепи; снять заземляющие перемычки; проверить сопротивление изоляции раздельных цепей относительно «земли».

Для прозвонки коротких участков цепи (в пределах одной ячейки РУ) применяют омметры и простейшие приспособления, называемые пробниками. В качестве индикатора тока могут служить лампочка, звонок, блинкер с поворотным якорем, электроизмерительный прибор (например, вольтметр), в качестве источника питания — батарейка карманного фонарика.

При прозвонке длинных участков электрических цепей, например контрольных кабелей, которые связывают отдельные элементы электроустановки, размещенные в разных помещениях, удобно пользоваться низкоомными телефонными трубками *MT* (рис. 3.1, *а*). Источником тока может служить батарейка от кар-

манного фонаря. Прозвонку этим способом выполняют два работника. Первый (П) дает указание второму (В), к какой жиле кабеля он должен подсоединить один провод телефонной трубки (второй провод трубки подсоединяют к «земле»), а сам с другого конца кабеля поочередно подключает незаземленный провод телефонной трубки к жилам кабеля, пока не образуется замкнутая цепь, по которой можно вести телефонный разговор с напарником. Чтобы избежать ошибок, необходимо убедиться, что связь возможна только по одной жиле кабеля, к которой подключился напарник. Для этого, подключая трубку к каждой из оставшихся жил, убеждаются, что связи по ним нет. При этом проверяют, имеет ли найденная жила одинаковую маркировку с обоих концов и подведена ли к требуемому по монтажной схеме зажиму аппарата или сборке зажимов. Затем первый работник по телефону дает указание второму работнику о переключении телефонной трубки к следующей жиле кабеля, назвав ее марку по схеме.

При прозвонке силовых кабелей можно применять мегаомметр. Для этого, проверив изоляцию между жилами кабеля и между каждой жилой и землей, с одного конца кабеля одну жилу заземляют, вторую соединяют с землей через сопротивление, например 1 МОм, а третью оставляют свободной. Измеряя мегомметром с другой стороны кабеля сопротивление жил относительно земли, получают для одной жилы величину сопротивления, равную нулю, для второй — 1 МОм, для третей — очень большую, равную сопротивлению изоляции этой жилы.

Проверка цепей методом прозвонки может быть выполнена успешно, если будет исключена возможность образования обходных цепей. Для этого следует отсоединять проверяемые цепи от других частей электроустановки. Необходимо указать, что после разборки отдельных участков схемы электроустановки для прозвонки и уточнения правильности монтажа наладчик может неправильно восстановить эти цепи. Поэтому прозвонка электрических цепей — очень ответственная операция, которую следует выполнять под руководством опытного наладчика по тщательно проверяемым схемам. При прозвонке полезно пользоваться специально составленными таблицами, особенно на контрольные кабели с указанием маркировки жил и номеров зажимов, к которым эти жилы должны подходить, а также всех резервных жил.

Прозвонка и прослеживание цепей — основные способы проверки правильности монтажа, позволяющие проверить точное соответствие монтажа монтажным схемам и правильность маркировки на всех проверяемых участках.

Другие способы, изложенные ниже, следует считать дополнительными, позволяющими выявить ошибки, допущенные при сборке схем после прозвонки. Ими можно пользоваться также в том случае, если невозможно воспользоваться методами про-

звонки по каким-либо причинам. К таким способам относятся: измерение сопротивления, измерение токов и напряжений, определение полярностей, снятие векторных диаграмм.

Способ измерения сопротивлений, позволяющий убедиться в правильности монтажа многих электрических цепей без их разборки, основан на том, что в правильно собранной схеме должно быть определенное соотношение между сопротивлениями отдельных цепей и сопротивлениями различных элементов электрической цепи. Например, сопротивление электромагнита отключения *YAT* равно 20 Ом, а обмотки контактора включения *YAC* — 300 Ом. Тогда в схеме, показанной на рис. 3.1, *б*, очень большое или очень маленькое сопротивление между точками *а* и *б* (при замкнутых *SB1* и *SA* + 45°) указывает на неисправность цепи включения (в первом случае — обрыв, во втором — короткое замыкание). Если же сопротивление составляет около 300 Ом, то есть основания полагать, что цепь включения исправна. Критерием исправности цепи электромагнита *YAT* будет сопротивление 20 Ом, измеренное между точками *а* и *б* (при замкнутых *SA* — — 45° и *SB2* и разомкнутом *SB1*).

Способы измерения токов и напряжений основаны на том, что при сборке электрических цепей подача на них напряжения от нагрузочных устройств по заранее составленной схеме приводит к определенному распределению токов (табл. 3.3) и напряжений в этих цепях (рис. 3.1, *в*). При этих способах необходимо принять меры, чтобы напряжение от нагрузочного трансформатора не было подано на вторичные обмотки трансформаторов испытуемой сети, что может привести к появлению высокого напряжения в магнитосвязанных цепях из-за обратной трансформации.

Способ определения полярностей заключается в установлении полярностей на отдельных участках электрически связанных цепей при подаче на них постоянного напряжения или магнитосвязанных цепей при подаче импульсов постоянного напряжения к одной из цепей, с которой связана проверяемая цепь (см. разд. 2.10).

Способ снятия векторных диаграмм основан на том, что каждой электрической цепи переменного тока при данном режиме соответствует совершенно определенная векторная диаграмма.

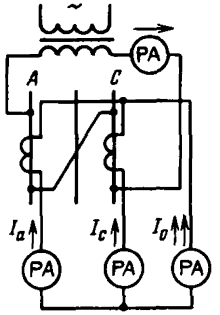
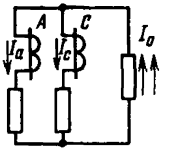
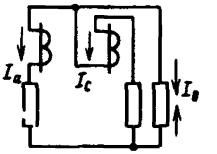
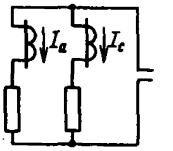
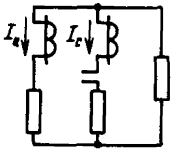
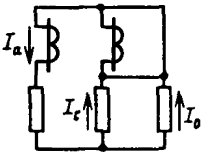
4. Испытание электрических цепей состоит в измерении сопротивления изоляции, испытании повышенным напряжением, фазировке цепей, проверке взаимодействия и опробовании всех элементов цепей при подаче напряжения от постороннего или собственного источника тока, проверке на холостом ходу.

Измерение сопротивления изоляции производят согласно разд. 2.4. При измерениях должны быть выполнены условия по ТБ (см. разд. 1). Измерения производят после всех вышеописанных мероприятий.

Испытание повышенным напряжением осуществляют в соответствии с разд. 2.5 с соблюдением условий по ТБ согласно разд. 1.

Таблица 3.3

Проверка правильности сборки токовых цепей при питании от постороннего источника тока

Схема проверки	Результаты измерений	Действительная схема	Заключение
	$I_a = I_c = \frac{I_1}{K_т}$ $I_0 = 2\frac{I}{K_т}$		Правильно собрана схема неполной звезды
	$I_a = I_c = \frac{I_1}{K_т}$ $I_0 = 0$		Изменена полярность одного трансформатора
	$I_a = I_c = I_0 = 0$		Обрыв нулевого провода
	$I_a = I_0 = \frac{I_1}{K_т}$ $I_c = 0$		Обрыв фазы «С»
	$I_a = I_c + I_0 = \frac{I_1}{K_т}$		Закорочен трансформатор тока фазы «С»

Примечание. $K_т$ — коэффициент трансформации трансформаторов тока.

Испытания проводят во время предпускової наладки на поверхности шахты. После испытания необходимо повторно измерить сопротивление изоляции.

Фазировку электрических цепей выполняют при новом включении двух или более источников тока на параллельную работу в два этапа — предварительный и заключительный.

Предварительную фазировку цепей производят на стадии их прозвонки, а заключительную — на стадии опробования всех элементов цепей при подаче напряжения.

Фазировка цепей постоянного тока под рабочим напряжением заключается в определении однополярных зажимов и измерении напряжения согласно разд. 2.11.

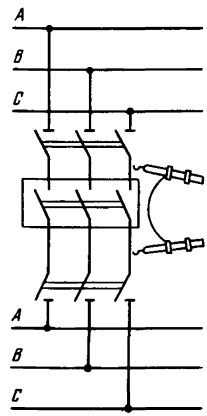


Рис. 3.2. Фазировка цепей напряжением выше 1140 В

Фазировку цепей переменного тока напряжением до 1140 В, питающихся от общих шин, осуществляют с помощью вольтметра или указателя низкого напряжения типа УНН. При подключении к одноименным фазам вольтметр должен давать нулевые показания, а индикаторная лампа УНН не должна загораться. Между разноименными фазами показания вольтметра будут равны линейному напряжению сети, лампа УНН горит нормальным свечением.

В цепях с номинальным линейным напряжением не более 220 В допускается производить фазировку, используя лампу накаливания.

Фазировку цепей переменного тока напряжением выше 1140 В (рис. 3.2) выполняют с помощью двух индикаторов высокого напряжения типа УВН-80, в одном из которых вместо неоновой лампы и конденсатора смонтировано дополнительное омическое сопротивление величиной 3—4 МОм для 6 кВ и 5—7 МОм для 10 кВ. Рабочие части индикаторов соединяются между собой гибким проводом с усиленной изоляцией (ПВЛ, ПВГ). Если крючки обоих указателей соприкасаются с одноименными фазами, разность напряжений между которыми не превышает порога зажигания лампы, то лампа указателя не горит. При подключении к разноименным фазам лампа загорается. Продолжительность каждого включения на междуфазное напряжение во избежание перегрева дополнительного сопротивления не должна превышать 10—15 с. Непосредственно перед фазировкой проверяют исправность применяемых приборов. При фазировке следует пользоваться диэлектрическими перчатками и ботами. Работу производить в присутствии лица электротехнического персонала с квалификационной группой V.

Проверка взаимодействия элементов электрических цепей при подаче оперативного тока заключается в подаче питания на оперативные цепи, замыкании контактов реле и воздействии на ключи, переключатели, кнопки и другие аппараты, что приводит в действие отдельные участки проверяемого устройства. При этом убеждаются в правильности действия соответствующих участков. Проверку по заранее составленной программе проводят, пользуясь принципиальной и монтажной схемами проверяемого устройства и следя по схеме, чтобы во время проверки все элементы схемы были исправны.

Проверкой взаимодействия элементов электроустановки от оперативного тока по существу заканчиваются наладочные работы, предшествующие включению смонтированной электроустановки под рабочее напряжение и нагрузку рабочим током.

Опробование электрических цепей (или пробное включение) заключается в подаче рабочего напряжения на электроустройство и пропускании через него тока нагрузки. Имитируя различные рабочие и аварийные режимы, проверяют работу схем управления, защиты, сигнализации и блокировки, выявляют ошибки монтажа и наладки, неправильные схемные решения, правильность подбора параметров взаимосвязанных элементов, обмоток реле, сопротивлений, конденсаторов и пр.; производят необходимые измерения режимов работы функционально важных элементов.

Пусковым опробованием завершается весь комплекс наладочных работ, после чего смонтированную электроустановку передают в эксплуатацию (если не будет обнаружено каких-либо дефектов или ненормальных явлений).

В процессе пускового опробования осуществляется комплексная проверка первичных и вторичных электрических цепей, первичного и вторичного электрооборудования. В это время выполняют необходимые измерения, результаты которых являются исходными при аналогичных измерениях в процессе эксплуатации.

Специфические вопросы пускового опробования, характерные для отдельных видов оборудования, рассмотрены в соответствующих разделах Руководства.

При проверке на холостом ходу сначала осматривают смонтированную электроустановку, снимают закоротки и временные заземления в первичных цепях. Проверяют, чтобы вторичные цепи трансформаторов тока, от которых не питаются вторичные устройства, были замкнуты накоротко и не имели разрыва в цепях тока, предназначенных для подключения к приборам и реле. Снимают монтажный персонал и других лиц, не участвующих в опробовании, со всех участков смонтированной установки, на которую должно быть подано напряжение. Ограждают соответствующие участки, вывешивают предупредительные плакаты и выполняют другие организационно-технические мероприятия по ТБ. Напряжение на смонтированную электроустановку при пусковом опробовании подают через выключатель с минимальной

уставкой по току и времени на всех защитах этого выключателя. Убедившись в нормальной работе соответствующих участков распредустройства под рабочим напряжением, приступают к поочередному опробованию оборудования, относящегося к этим участкам распредустройства (электродвигателей, трансформаторов и. т.п.).

3.13. ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ

3.13.1. Устройство заземления

Защитное заземление выполняют с помощью заземляющих устройств, состоящих из заземлителя и заземляющих проводников.

Согласно § 451 ПБ, заземлению в подземных выработках подлежат все металлические части, кроме оболочек отсасывающих кабелей, нетоковедущих рельсов и металлической крепи.

Защитное заземление состоит из двух или нескольких заземлителей (с учетом резервирования на периоды ремонта или наладки) достаточно малого сопротивления и заземляющих проводников, соединяющих заземляемые конструкции с заземлителем. Сопротивление заземляющего устройства слагается из сопротивления растеканию тока заземлителя и сопротивления заземляющих проводников.

Общее переходное сопротивление сети заземления $R_{ном}$ не должно превышать 2 Ом, за исключением шахт, находящихся в районах многолетней мерзлоты, в которых устройство заземления и величина его сопротивления должны соответствовать местной инструкции, разработанной в соответствии с § 458 ПБ.

Если в подземных выработках шахт, расположенных в районах многолетней мерзлоты, удельное сопротивление грунта в наиболее неблагоприятное время года $\rho > 500$ Ом·м, то разрешается повышать допустимую минимальную величину переходного сопротивления заземления:

$$R_{доп} \leqslant R_{ном} \frac{\rho}{500}, \qquad (3.3)$$

где $R_{ном}$ — переходное сопротивление заземляющего устройства; ρ — наименьшее значение удельного сопротивления породы, Ом·м.

Полученная величина допустимого сопротивления заземляющего устройства должна быть проверена по току однофазного замыкания на землю по формуле

$$R_{доп} \leqslant 125/I_к, \qquad (3.4)$$

где $I_к$ — расчетный ток однофазного замыкания на землю, А.

За допустимую величину $R_{доп}$ окончательно принимают наименьшую из рассчитанных по формулам (3.3) и (3.4), но не более 40 Ом.

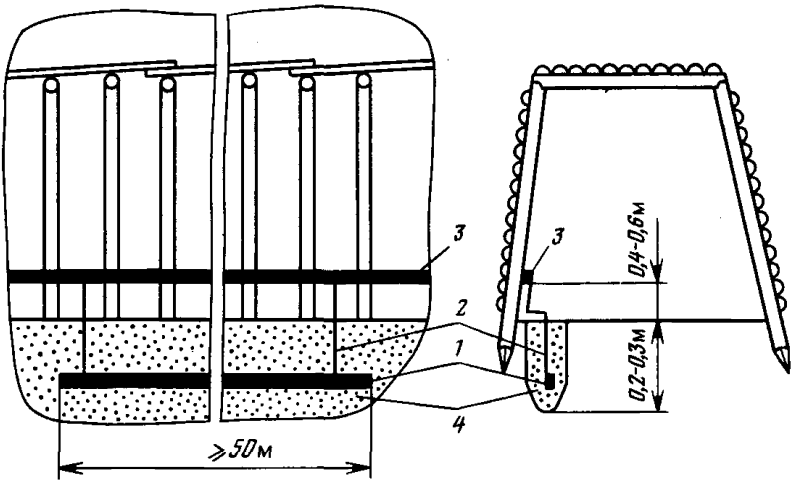


Рис. 3.3. Устройство главного протяженного заземлителя в подземных выработках:

1 — стальная полоса сечением > 100 мм² и толщиной > 3 мм; *2* — заземляющие проводники; *3* — общешахтная заземляющая магистраль; *4* — смесь гигроскопического материала с добавлением 10—15 % соли

В подземных выработках шахт применяют протяженные заземлители с расположением их в местах наименьшего удельного сопротивления грунта — в зумпфах, водосборниках, сточных канавах и др. (рис. 3.3).

Главные заземлители устанавливают в зумпфе или водосборнике. Их изготовляют из стальной полосы с площадью поверхности не менее 0,75 м², толщиной не менее 5 мм и длиной не менее 2,5 м.

Местные заземлители устанавливают у группы или одиночно стоящего оборудования, подлежащего заземлению. Сопротивления отдельных местных заземлений не нормированы ПБ, поэтому пригодным к эксплуатации следует считать любое местное заземление независимо от переходного сопротивления, выполненное в соответствии с ПБ.

Для заземлителей местного заземления в сточных канавах следует устанавливать стальные полосы площадью не менее 0,6 м², толщиной не менее 3 мм и длиной не менее 2,5 м. В выработках, где нет сточных канав, пробуривают шпур на глубину до 1,4 м и в него вставляют стальную трубу длиной 1,5 м и диаметром не менее 30 мм. Стенки труб должны иметь не менее 20 отверстий диаметром 5 мм. Трубу и пространство между трубой и стенками шпура заполняют смесью гигроскопического материала.

От заземлителя вблизи его концов для подключения заземляющих проводников выполняют не менее двух отводов, которые присоединяют к общешахтной магистрали.

При питании подземных выработок кабелем, проложенным по буровым скважинам, главные заземлители можно устраивать на поверхности.

Естественными заземлителями на поверхности могут служить обсадные трубы геологоразведочных и гидробуровых скважин, металлические конструкции зданий и сооружений, частично находящиеся в почве, металлические шпунты гидротехнических сооружений, трубопроводная сеть, металлические крепления и т. п.

Искусственные заземлители на поверхности устраивают в местах с наименьшим удельным сопротивлением земли: в не промерзающих до дна водоемах, озерах, болотах, реках, в сточных канавах административно-бытовых комбинатов и на площадках грунта, расположенных в районах подмерзлотных зон.

В районах многолетней мерзлоты с большим удельным сопротивлением грунта в пределах территории шахты допускается устройство выносных заземлителей, размещаемых на расстоянии не более 2 км от места вывода заземляющей сети на поверхность в местах с меньшим удельным сопротивлением земли: в невымерзающих озерах, болотах, реках или в море. Конструкция и монтаж заземлителей должны быть выполнены в полном соответствии с местной инструкцией. Местные заземлители в условиях многолетней мерзлоты допускается не устраивать (рис. 3.4).

При агрессивной среде или усиленной коррозии следует применять омедненные или оцинкованные заземлители и заземляющие проводники.

Заземлители с заземляющими магистралями, идущими в шахту, следует соединять не менее чем двумя проводниками, присоединенными к каждому заземлителю по возможности в противоположных местах. Шахтные заземлители (или подземная магистраль заземления) должны быть соединены с поверхностными заземлителями стальным канатом сечением (по металлу) не менее 100 мм^2 или полосовой (круглой) сталью того же сечения. Если в шахте

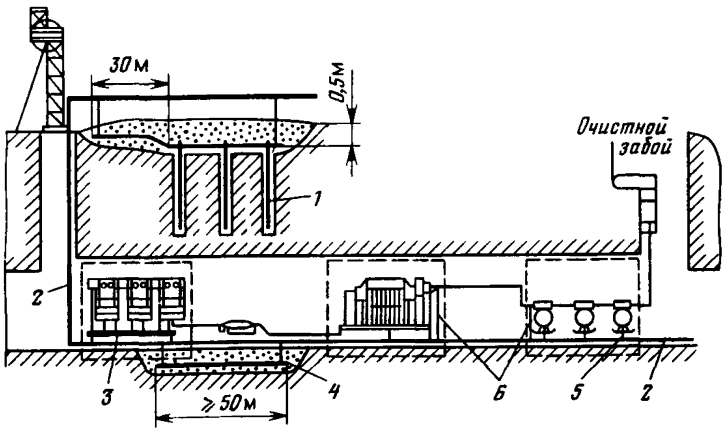


Рис. 3.4. Принципиальная схема заземления в условиях многолетней мерзлоты:
1 — заземлитель на поверхности; *2* — магистраль заземления; *3* — контур заземления в подземной подстанции; *4* — заземлитель в шахте; *5* — заземляющие проводники

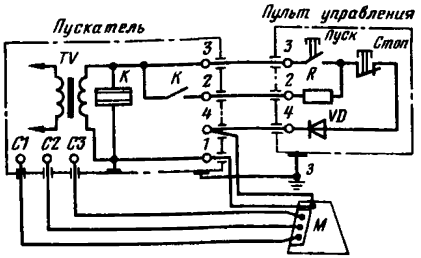


Рис. 3.5. Схема контроля исправности заземления при раздельном расположении пульта управления и пускателя

несколько горизонтов, их заземляющие сети должны быть объединены вышеуказанным способом, а при наличии заземлителей на поверхности — соединены с ними. Все соединения должны быть доступны для осмотра.

В качестве общей заземляющей магистрали допускается использовать заземляющую жилу магистральных кабелей, но при условиях, что такую жилу имеют все используемые в шахте кабели (например, марок ЭВТ, ПВШЭ, ГРШЭ, ГРШС) и имеется устройство автоматического контроля целости цепи заземления.

Выполнение требования § 458 ПБ достигается качественным устройством главных и местных заземлителей и заземляющей сети, а также параллельным соединением всех местных и главных заземлителей шахты в общешахтную сеть заземления.

Заземление передвижного и переносного электрооборудования осуществляют соединением его корпусов с общешахтной сетью заземления через заземляющие жилы гибких кабелей. Жилы присоединяют к заземляющим зажимам во входных устройствах рудничных электротехнических изделий.

Местные заземлители у передвижного и переносного электрооборудования не устраивают.

При дистанционном управлении пускателей от кнопочного поста, расположенного на машине, должен обеспечиваться непрерывный автоматический контроль исправности заземления с использованием заземляющей жилы в цепи управления. Если пульт управления ПДУ расположен отдельно от машины *М* (рис. 3.5), то в схеме управления должен быть предусмотрен контроль целости только жилы *1* заземления машины *М*; провод *3—3* (пускатель — пульт управления) автоматически не контролируется. Электрическое сопротивление заземляющего провода (жилы) между каждой передвижной машиной и местом его подсоединения к общей заземляющей сети не должно превышать 1 Ом.

3.13.2. Осмотр и испытание заземляющих устройств

При РНИ устройств защитного заземления следует руководствоваться указаниями по ТБ, изложенными в разд. 1.

В объем пусковых РНИ заземляющих устройств входят:

а) осмотр главных заземлителей (в зумпфе или водосборнике).

Периодичность работ по пп. «а»—«в» указана в табл. 3.1; по п. «г» — при отклонении величины общего сопротивления заземления от норм; по п. «д» — один раз в 6 мес в случае не-

обходимости одновременно с осмотром производят и ремонт главных заземлителей;

б) проверка монтажа заземляющих устройств. Необходимо убедиться в том, что общая сеть заземления, главные и местные заземлители, заземляющие проводники, устройства присоединения к этой сети стационарных и передвижных электроустановок выполнены в строгом соответствии с проектной документацией, § 451—458 ПБ и Инструкции по устройству, осмотру и измерению сопротивления шахтных заземлителей (к § 452 ПБ);

в) осмотр открытых элементов заземляющих устройств. Обратить внимание на целость заземляющих проводников, непрерывность заземляющей цепи, правильность присоединения электрооборудования к сборной шине (контуру заземления), наличие связи с общешахтной сетью (магистралью) заземления, состояние всех контактов (отсутствие их окисления и ослабления), сечение заземляющих проводников, которое должно быть не менее 25 мм^2 медных и 50 мм^2 стальных.

Контакты на болтах должны быть зачищены до блеска и поджаты, а сварные соединения — проверены постукиванием молотка по шинам. При обнаружении в сварных соединениях трещин соединения должны быть восстановлены сваркой или иными способами.

Схема соединений заземляющей сети должна быть выполнена так, чтобы при отсоединении от нее отдельных электроустройств не нарушалось заземление остального электрооборудования, т. е. каждое электроустройство должно быть присоединено к сборному заземляющему проводнику обособленно;

г) замер переходного сопротивления заземлителя. Производится в соответствии с разд. 2;

д) замер переходного сопротивления заземляющих проводников производится согласно разд. 2. Следует помнить, что в результате замера общего переходного сопротивления заземления с присоединением прибора к корпусу заземленного аппарата в замеренную величину входит переходное сопротивление заземляющего проводника. Поэтому, как правило, при соблюдении норм на общее переходное сопротивление заземления сопротивление заземляющего проводника отдельно не замеряется.

Однако если общее переходное сопротивление, замеренное от корпуса аппарата, более 2 Ом, а переходное сопротивление самого заземлителя 2 Ом и менее и наружным осмотром не установлена причина увеличения сопротивления, то необходимо замерить переходное сопротивление заземляющего проводника в целом или даже его переходных контактов в отдельности. Это измерение можно выполнить методом, изложенным в разд. 2;

е) сопротивление заземляющей жилы у передвижного электрооборудования проверяют:

если можно передвижную машину переместить к местному заземлителю на расстояние не более 50—60 м, то измерением;

при невозможности приближения передвижной машины — расчетом по формуле

$$R_{\text{п}} = 1{,}1\rho\frac{l}{S}, \tag{3.5}$$

где $R_{\text{п}}$ — сопротивление заземляющего провода жилы, допускается не более 1 Ом; $\rho = 0{,}0175$ Ом·мм²/м — удельное электрическое сопротивление меди при 20 °С; l — длина гибкого кабеля передвижной машины, м; S — сечение заземляющей жилы гибкого кабеля, мм²; 1,1 — коэффициент, учитывающий увеличение сопротивления на переходных контактах, возможную потерю сечения и т. п.

После измерения или вычисления сопротивления заземляющих проводников $R_{\text{п}}$ пригодность заземления к эксплуатации проверяют по условию

$$R_{\text{п}} + R_{\text{з}} \leqslant 2 \text{ Ом}. \tag{3.6}$$

Для шахт, находящихся в условиях многолетней мерзлоты, окончательно пригодность заземления к эксплуатации определяют по условию

$$R_{\text{з}} + R_{\text{м}} \leqslant R_{\text{доп}}, \tag{3.7}$$

где $R_{\text{м}}$ — сопротивление магистральных заземляющих проводников от главного заземлителя до наиболее удаленного заземленного объекта, Ом; $R_{\text{доп}}$ — допустимая величина переходного сопротивления заземления, определяемая по формулам (3.3) или (3.4), но не более 40 Ом.

Если непосредственное измерение величины $R_{\text{м}}$ невозможно (например, при больших расстояниях), то допускается ее определение расчетным путем как суммы сопротивлений отдельных проводников общей сети заземления по формуле (удельное сопротивление стали в зависимости от ее марки при 20 °С равно 0,1—0,2 Ом·мм²/м).

При расчете сопротивления $R_{\text{м}}$ проводимости заземляющих жил гибких кабелей и оболочек бронированных кабелей не учитываются. Если фактическое измеренное сопротивление $R_{\text{з}}$ превышает допустимое, то необходимо устраивать дополнительные электроды.

Осмотр и ремонт главных заземлителей. Для осмотра главные заземлители надо осторожно извлечь из зумпфа или водосборника, тщательно осмотреть, очистить и восстановить их размеры. Особенно тщательно проверить стальной трос, его крепление к заземлителю и сечение, потеря которого возможна вследствие коррозии.

Для шахт, находящихся в условиях многолетней мерзлоты, главные заземлители должны быть вскрыты (без извлечения), а их контактные соединения с заземляющими проводниками (места сварки и т. п.) и сами проводники тщательно осмотрены и отре-

монтированы, а при уменьшении сечения до менее допустимого — заменены.

При переходном сопротивлении заземления более 2 Ом следует немедленно принять меры по его снижению: увлажнить почву в месте заложения заземлителя водой или солевым раствором; улучшить контакт с почвой; переделать заложение заземлителя в соответствии с Инструкцией по устройству, осмотру и измерению сопротивления шахтных заземлений, изменить место заложения заземлителя; произвести повторную ревизию сети и т. п.

При замерах в шахтах, работающих в условиях многолетней мерзлоты, при удельном сопротивлении горных пород в месте расположения электроустановки более 1000 Ом·м допускается вместо переходного сопротивления заземления у электроустановки измерять сопротивление ближайшего главного заземлителя, не отсоединяя, однако, общую сеть заземления. При наличии главных заземлителей только на поверхности допускается не производить измерения их переходного сопротивления в зимний период (ноябрь—май).

4. ШАХТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Основными видами шахтных трансформаторов являются силовые, осветительные и измерительные. Они предназначены для преобразования напряжения (тока) одной величины в напряжение (ток) другой величины, увеличения числа фаз или разделения цепей.

Группа силовых трансформаторов объединяет:

непосредственно силовые трансформаторы — для приема и использования электрической энергии мощностью 3; 6 кВ·А и более (трехфазные) или мощностью 5 кВ·А и более (однофазные);

разделительные — для обособления питания группы подземных электроприемников, т. е. для перехода от электрической связи между отдельными участками сети к индуктивной (без преобразования величины напряжения);

тяговые — для питания тяговых подстанций, увеличения числа фаз.

Осветительные трансформаторы (в том числе встраиваемые в осветительные аппараты или пусковые агрегаты) мощностью до 4 кВ·А предназначены для питания участковых осветительных сетей шахт.

Измерительные трансформаторы подразделяются на трансформаторы тока (ИТТ) и трансформаторы напряжения (ИТН). Принято считать, что ИТТ преобразуют ток большей величины (первичный) в ток меньшей величины (вторичный, удобный для измерения).

4.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Приведенные ниже формулировки некоторых определений и обозначения номинальных величин применительно к силовым трансформаторам даны в соответствии с ГОСТ 16110—82 (СТ СЭВ 1103—78).

Обмотка — совокупность витков, образующих электрическую цепь, в которой суммируются э. д. с., наведенные в витках, с целью получения высшего, среднего или низшего напряжения трансформатора. В трехфазном (многофазном) трансформаторе под обмоткой подразумевается совокупность соединяемых между собой обмоток одного напряжения всех фаз.

Обмотка высшего напряжения (*ВН*) трансформатора — это обмотка, имеющая наибольший класс напряжения. Число витков катушки одной фазы этой обмотки обозначается $w_{1\Phi}$.

Обмотка низшего напряжения (*НН*) трансформатора — это обмотка, имеющая наименьший класс напряжения. Число витков катушки одной фазы этой обмотки обозначается $w_{2ф}$.

Номинальный режим трансформатора — режим работы на основном ответвлении при номинальных значениях напряжения, частоты, нагрузки и номинальных условиях места установки и охлаждающей среды. Этот режим — основной для определения условий испытания и эксплуатации.

Номинальный режим нагрузки трансформатора — это режим нагрузки его номинальным током при номинальных частоте и напряжении.

Номинальный ток обмотки трансформатора в амперах (первичный линейный $I_{1ном}$ и вторичный линейный $I_{2\,ном}$) определяется по номинальной мощности $S_{ном}$ (кВ·А) обмотки и ее номинальному напряжению в вольтах соответственно $U_{1ном}$ и $U_{2ном}$.

Для трехфазного трансформатора

$$I_{1ном} = 1000S_{ном}/\sqrt{3}U_{1ном};\ I_{2ном} = 1000S_{ном}/\sqrt{3}U_{2ном}. \quad (4.1)$$

Номинальная мощность обмотки трансформатора — указанное на щитке трансформатора значение полной мощности (кВ·А), гарантированное изготовлением при номинальном режиме. Номинальная мощность $S_{ном}$ двухобмоточного трансформатора (кВ·А) — номинальная мощность каждой из обмоток трансформатора.

Номинальное напряжение обмотки трансформатора — указанное на щитке напряжение (В или кВ) между зажимами трансформатора, связанными с обмоткой, при холостом ходе трансформатора (т. е. при разомкнутой — ненагруженной вторичной обмотке). Для трехфазного трансформатора номинальное напряжение — это его линейное напряжение.

Номинальное напряжение ответвления обмотки трансформатора — указанное на щитке напряжение (В или кВ) ответвления при холостом ходе трансформатора.

Номинальным первичным напряжением $U_{1ном}$ следует считать особо выделенное из указанных на щитке первичных напряжений, а *номинальным вторичным* — измеренное на зажимах вторичной обмотки трансформатора в режиме холостого хода при приложенном к трансформатору номинальном первичном напряжении и работе обмотки ВН на основном ответвлении. Это напряжение часто называют *напряжением холостого хода* U_x.

Положительное ответвление обмотки трансформатора (например, «+5 %») — ответвление, расположенное в обмотке так, что при его включении увеличивается число витков с одинаковым направлением э. д. с. по сравнению с числом витков на основном ответвлении.

Отрицательное ответвление обмотки трансформатора (например, «—5 %») — ответвление, расположенное в обмотке так, что при его включении уменьшается число витков с одинаковым

направлением э. д. с. по сравнению с числом витков на основном ответвлении.

Основное ответвление обмотки трансформатора (обычно маркируется «Ном») — это ответвление, которое расположено в обмотке так, что при его использовании число эффективных витков обмотки трансформатора соответствует номинальному напряжению данной обмотки.

Номинальный коэффициент трансформации двухобмоточного трансформатора $K_т$ численно равен отношению номинального напряжения обмотки ВН к номинальному напряжению обмотки НН:

$$K_т = U_{1ном}/U_{2ном}. \tag{4.2}$$

В общем случае $K_т$ равен линейному коэффициенту трансформации и отношению линейных напряжений:

$$K_т = K_л = U_{1ном}/U_{2ном}. \tag{4.3}$$

На практике часто удобно пользоваться фазным коэффициентом $K_ф$, имеющим вспомогательное значение,

$$K_ф = U_{1ф}/U_{2ф}; \tag{4.4}$$

$$K_{тA} = w_A/w_a;\ K_{тB} = w_B/w_b;\ K_{тC} = w_C/w_c, \tag{4.5}$$

где w_A, w_B, w_C, w_a, w_b, w_c — число витков фазных обмоток соответственно ВН и НН.

Напряжение короткого замыкания пары обмоток $U_к$ ($e_к$), приведенное к расчетной температуре, — это напряжение (выраженное в процентах от номинального), которое нужно подвести к одной из обмоток, чтобы в ней установился ток, соответствующий номинальной мощности при замкнутой накоротко второй обмотке данной пары. Для двухобмоточного трансформатора понятие «напряжение короткого замыкания пары обмоток» совпадает с понятием «напряжение короткого замыкания трансформатора».

Иногда применяют величину $U_к$, выраженную в вольтах (В). Зависимость между величиной, выраженной в процентах, и величиной, выраженной в вольтах, имеет вид:

$$U_к(\%) = \frac{U_к(В)}{U_{1ном}} 100\%; \tag{4.6}$$

$$U_к(В) = \frac{U_к(\%)}{100\%} U_{1ном}. \tag{4.7}$$

Потери короткого замыкания пары обмоток $P_к$ — это приведенные к расчетной температуре потери (Вт), возникающие в трансформаторе при установлении в одной из обмоток тока, соответствующего номинальной мощности наименее мощной из обмоток данной пары при замкнутой накоротко второй обмотке. Для двух-

обмоточного трансформатора понятие «потери короткого замыкания пары обмоток» совпадает с понятием «потери короткого замыкания трансформатора».

Расчетная температура обмоток — условная температура, к которой должны быть отнесены те характеристики трансформатора, которые зависят от температуры обмоток: потери и напряжение короткого замыкания ($P_к$ и $U_к$, %).

За расчетную (условную) температуру, к которой должны быть приведены по ГОСТ 3484—77 потери и напряжение короткого замыкания трансформатора, принимают для сухих трансформаторов с изоляцией классов нагревостойкости F, H, C 115 °C; для остальных трансформаторов 75 °C.

Ток и потери холостого хода $I_х$ и $P_х$ — ток (в процентах от номинального) и потери (Вт), возникающие в трансформаторе при номинальных напряжении и частоте на первичной обмотке и разомкнутых зажимах остальных обмоток.

Потери напряжения $\Delta U_{ном}$ — это напряжение (В), на которое уменьшается напряжение на зажимах вторичной обмотки трансформатора (линейное напряжение $U_{2ном}$ или напряжение холостого хода $U_{2х}$) при переходе его из режима холостого хода в номинальный режим:

$$\Delta U_2 = U_{2ном} - U_2, \tag{4.8}$$

где U_2 — напряжение на зажимах вторичной обмотки трансформатора в номинальном режиме, В.

Коэффициент полезного действия (КПД) трансформатора — это выраженное в процентах отношение мощности, отдаваемой трансформатором в сеть вторичного напряжения, к мощности $S_{ном}$, забираемой им из сети первичного напряжения при номинальном режиме работы.

Коэффициент мощности трансформатора cos φ — это величина трансформатора, измеренная на первичной его стороне при номинальном режиме работы трансформатора.

Коэффициент загрузки трансформатора β — это отношение фактически отбираемой от трансформатора мощности $S_ф$ к номинальной $S_{ном}$, т. е.

$$\beta = S_ф/S_{ном} \text{ или } \beta = (S_ф/S_{ном})\,100\%. \tag{4.9}$$

Допустимая перегрузка трансформатора — перегрузка, разрешенная нормативным документом.

Допустимая систематическая перегрузка трансформатора — ограниченная по длительности перегрузка, при которой расчетный износ изоляции за установленное время не превышает износа за такое же время при номинальном режиме работы.

Допустимая аварийная перегрузка трансформатора — перегрузка, допустимая в аварийных режимах, значение и длительность которой определяются нормативным документом.

Таблица 4.1

Допуски некоторых номинальных величин силовых трансформаторов по ГОСТ 11677—85

Параметр	Допуск	Примечание
Коэффициент трансформации $K_т$	±1,0	Для трансформаторов с фазным коэффициентом трансформации 3 и менее или в случаях, когда этот допуск особо оговорен в стандартах или технических условиях на отдельные виды трансформаторов
	±0,5	Для остальных трансформаторов
Напряжение к. з. на основном ответвлении $e_к$	±10	Для всех трансформаторов
Потери к. з. на основном ответвлении $P_к$	±10	То же
Потери холостого хода $P_х$	±15	»
Суммарные потери $\Sigma P_х$	±10	»
Ток холостого хода $I_х$	±30	»

Нагрузочная способность трансформатора — совокупность допустимых нагрузок и перегрузок трансформатора.

Допуски значений некоторых номинальных величин согласно ГОСТ 11677—85 приведены в табл. 4.1.

4.2. СИЛОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Для электроснабжения подземных электроприемников в угольных шахтах в настоящее время серийно выпускаются сухие взрывобезопасные силовые трансформаторы серии ТСВ, встраиваемые в передвижные подстанции серии ТСВП. Они заменили снятые с производства, но еще широко применяемые аналогичные им трансформаторы серии ТСШВ (табл. 4.2).

Шахтные силовые трансформаторы работают в условиях повышенной влажности и запыленности окружающего воздуха, наличия (в газовых шахтах) взрывоопасной среды, ограниченного пространства и т. п. Поэтому их конструкции имеют особенности, повышающие надежность и безопасность эксплуатации, обеспечивающие удобство обслуживания и транспортирования.

Силовые трансформаторы состоят из трех основных частей: корпуса, активной части (магнитопровод с обмотками), ходовой части.

Электрические схемы сухих силовых трансформаторов показаны на рис. 4.1. Первичные обмотки всех шахтных трансформаторов имеют приспособление (регулировочные отводы), с помощью которых путем их пересоединения (на отключенных трансформаторах) можно компенсировать снижение или повышение первич-

Таблица 4.2

Технические характеристики ухих силовых трансформаторов

Тип	$S_{ном}$, кВ·А	$U_{2ном}$, В	$I_{1ном}$, А	$I_{2ном}$, А	$I_х$, % (+30 %)	$U_к$ ($e_к$), % (+10 %)	Потери, кВт		Габаритные размеры, мм (длина × ширина × высота)	Масса, кг	Схема и группа соединения обмоток
							$P_х$ (+15 %)	$P_к$ при t = 115 °С (±10)			
ТСШВ-100/6	100	400/690	9,7	154/84	6	3,5	1,0	1,15	2500×1070×1240	1700	У/Д-11 / У/У-0
ТСШВ-160/6	160	400/690	15,4	230/133	4,5	3,5	1,33	1,7	2500×1070×1240	1900	То же
ТСШВ-250/6	250	400/690	24	362/209	3,5	3,5	1,65	2,3	2600×1070×1350	2550	»
ТСШВ-400/6	400	400/690	39,4	577/335	2,5	3,5	2,8	3,4	2700×1025×1520	3450	»
ТСШВ-630/6	630	690	61	527	1,5	3,5	2,8	4,4	3000×1030×1580	4780	У/У-0
ТСШВ-630/6-1,2	630	1200	61	304	1,5	3,5	2,8	4,7	4020×1170×1595	5470	То же
ТСШВ-630/6-6	630	6200	60,6	60,6	3,0	3,5	3,9	3,9	3270×1170×1600	5070	У/У-0
ТСВ-100/6	100	400/690	9,6	144/83,3	5,0	3,5	9,4	1,27	2350×1020×1070	1450	У/Д-11 / У/У-0
ТСП-160/6	160	230	Н. д.	401,6	2,0	6,2	7,0	2,2	2350×1170×1235	1570	У/Д-11
ТСП-320/6	320	460	Н. д.	402,0	1,0	5,0	1,3	3,4	2520×1020×1515	3050	У/У-0

Окончание табл. 4.2

Тип	$S_{ном}$, кВ·А	$U_{2ном}$, В	$I_{1ном}$, А	$I_{2ном}$, А	$I_х$, % (+30 %)	$U_к$ ($e_к$), % (+10 %)	Потери, кВт		Габаритные размеры, мм (длина × ширина × × высота)	Масса, кг	Схема и группа соединения обмоток
							$P_х$ (+15 %)	$P_к$ при t = = 115 °С (± 10)			
ТСВ-160/6	160	400/690	15,4	230/133	3,6	3,5	1,160	1,27	2400×1020×1080	1650	У/Д-11 / У/У-0
ТСВ-250/6	250	400/690	24	360/208	3,5	3,5	1,59	1,9	2500×1020×1080	2050	То же
ТСВ-400/6	400	400/690	38,5	577/333	2,2	3,5	2,1	2,5	2650×1020×1355	2950	»
ТСВ-630/6	630	690	60,6	527	1,5	3,5	2,7	4,7	2800×1020×1430	4100	У/Д-11
ТСВ-630/6-1,2	630	1200	Н. д.	Н. д.	1,5	3,5	2,8	4,7	4020×1170×1595	5470	У/У-0

Примечания: 1. Расшифровка типов трансформаторов: Т — трехфазный, С — сухой, В — взрывобезопасный, Ш — шахтный; первое число после буквенных обозначений — номинальная мощность (кВ·А), число после дробной черты — класс напряжения обмотки ВН (кВ), число после тире — класс напряжения обмотки НН (кВ). 2. Номинальное напряжение первичных обмоток для всех трансформаторов 6000 В±5 %. 3. Исполнение всех трансформаторов РВ-4В-3В (кроме серии ТСП, исполнение которых РН). 4. Числовые значения в знаменателе соответствуют схеме соединений обмоток в «звезду». 5. Таблица составлена по данным каталогов Информэлектро 03.40.07—86, техническим описаниям и инструкциям по эксплуатации трансформаторов и трансформаторных подстанций (1АШ.720.013 ТО, ИМШБ 672.231.061 ТО, ИМШБ 674.824.019 ТО).

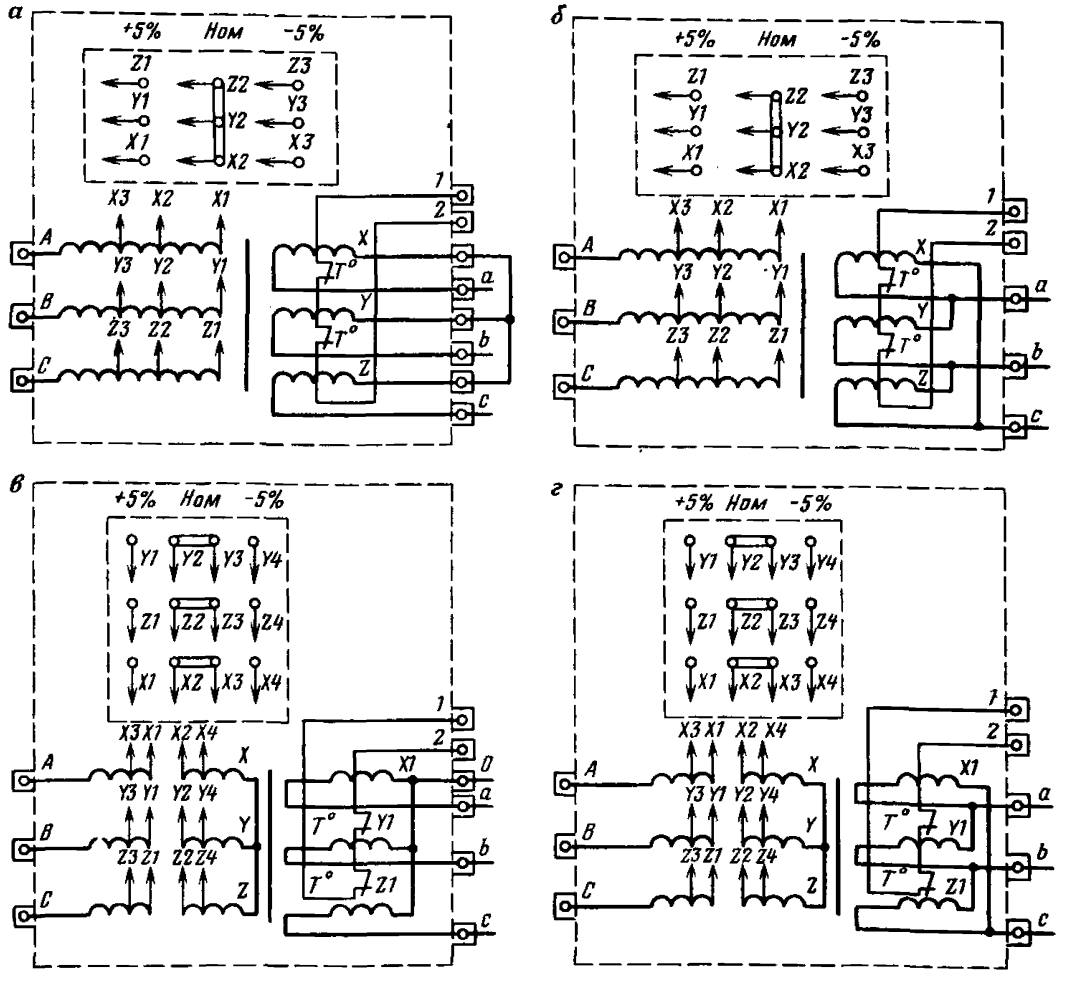


Рис. 4.1. Электрические схемы трансформаторов:

а — серии ТСВ на 100, 160, 250 и 400 кВ·А; *б* — серии ТСВ на 630 кВ·А и серии ТСП; *в* — серии ТСШВ на 100, 160, 250, 400 кВ·А, ТСШВ-630/6-6 (без датчиков Т°), ТСШВ 630/6-1,2 и ТСВ-630/6-1,2; *г* — ТСШВ-630/6 (Т° — тепловые датчики)

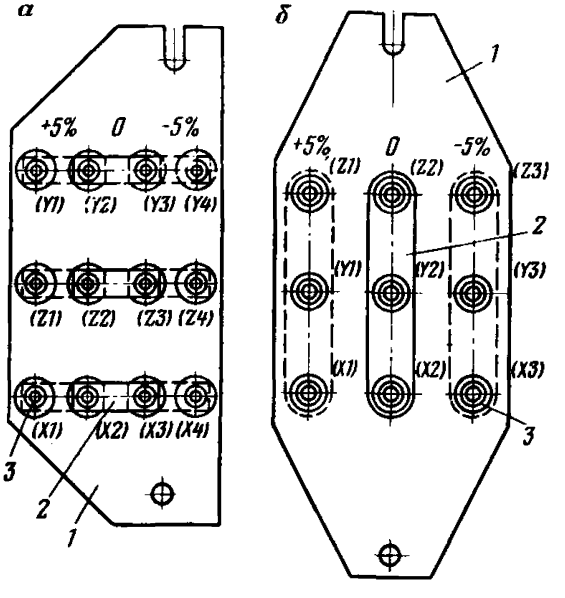


Рис. 4.2. Панели зажимов для регулировочных отводов первичной обмотки трансформаторов:

а — серии ТСШВ всех мощностей, ТСВ-630/6-1,2 и ТСВ-630/6-6; *б* — серии ТСВ на 100, 160, 250, 400, 630 кВ·А и серии ТСП; *1* — панель; *2* — перемычка; *3* — зажим

Пунктиром показано положение перемычек при отклонении коэффициента трансформации от номинального на ±5 %. В скобках указана маркировка отводов согласно электрическим схемам (см. рис. 4.1)

ного напряжения высоковольтной сети в пределах ±5 % и тем самым поддерживать нужное напряжение на вторичной обмотке (рис. 4.2).

4.2.1. Трансформаторы серий ТСВ и ТСШВ

Трансформаторы серии ТСШВ и ТСВ (см. табл. 4.2) предназначены для электроснабжения токоприемников угольных шахт и рудников, опасных по газу (метану) или угольной пыли.

Корпус трансформаторов — сварной, круглой или овальной формы из листовой стали. Вводные коробки ВН и НН расположены на торцевых стенках. Наружная и внутренняя поверхности корпуса ребристые или гофрированные.

На боковой стороне корпуса предусмотрен люк для доступа к панели регулировочных отводов обмотки ВН. Все фланцевые уплотнения выполнены с учетом необходимого взрывного пути. Оболочки кабельных коробок имеют уплотнения из теплостойкой резины.

Для спуска конденсата из кожуха имеются специальные спускные пробки, заполненные дробленым кварцитом фракции 3—4 мм (или стеклошариками марки К диаметром 3—4 мм).

Оболочка у ТСВ на 400 и 630 кВ·А овальной формы, у остальных — круглой. Оболочку без внутреннего и наружного оребрения имеют ТСВ-100/6, без внутреннего с наружным оребрением— ТСВ-160/6, с ребристой внутренней и наружной поверхностями — ТСВ-250/6 и ТСВ-630/6-1,2, с гофрированной внутренней и наружной поверхностями — ТСВ-400/6 и ТСВ-630/6.

Активная часть трансформаторов представляет собой трехфазный стержневой магнитопровод, изготовленный из холоднокатаной стали марки Э415 или Э414 для ТСШВ и Э405 для ТСВ по ГОСТ 21427.1—83 и расположенный вертикально, на который намотаны обмотки из нагревостойкого медного провода марки ПСДК-Л с классом изоляции Н. Для улучшения охлаждения в обмотках предусмотрены каналы.

Тип обмотки НН — цилиндрическая двухслойная, обмотки ВН — у трансформаторов 400 и 630 кВ·А непрерывная катушечная, у остальных — многослоевая цилиндрическая.

Активная часть в кожухе сверху и снизу со стороны обмотки НН закреплена болтами, со стороны ВН — штырями.

Ходовая часть трансформаторов выполнена в виде салазок, к которым крепятся скаты шахтных вагонеток на колею 600 или 900 мм.

Для подключения трансформатора со стороны обмоток ВН используются бронированные кабели марок СБ-6 и ЭВТ-6 диаметром до 40 мм и сечением до 3×120 мм². Для подключений со стороны обмоток НН должны быть применены кабели марок ГРШЭ, СБ-1 и ЭВТ-1, диаметром до 60 мм и сечением жил гибких

кабелей 3×95 мм² и бронированных кабелей 3×120 мм². Подключение контрольного кабеля допускается диаметром не более 30 мм.

4.2.2. Разделительные трансформаторы ТСШВ-630/6-6

Разделительные трансформаторы позволяют отделить подземные электрические сети от поверхностных, выделить из общешахтной распределительной сети 6 кВ обособленные участки небольшой протяженности (и емкости) в целях обеспечения на них надежно действующих устройств защиты от замыкания на землю. С помощью разделительных трансформаторов в сочетании с быстродействующей аппаратурой опережающего отключения осуществляется перевод угледобывающих машин на крутых пластах, опасных по газу или пыли и по внезапным выбросам угля и газа, с пневматической энергии на электрическую.

ПБ предусматривается как обязательное условие установки разделительных трансформаторов для возможности применения электроэнергии и кабельных сетей в вентиляционных выработках с исходящей струей воздуха на пологих, наклонных и крутых пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа.

По конструкции разделительные трансформаторы аналогичны силовым трансформаторам ТСШВ и ТСВ, первичная обмотка катушечная непрерывная, вторичная — цилиндрическая слоевая, кожух — овальной формы с ребристой наружной и внутренней поверхностями.

Отличительные особенности схемы и конструкции разделительного трансформатора:

вторичная обмотка имеет выведенную на изолированный зажим нулевую точку и не имеет температурных датчиков;

отделение вывода снабжено двумя муфтами (одна для подключения понижающего силового трансформатора или подстанции, другая — для вывода нулевой точки при подключении высоковольтного реле утечки);

вводная кабельная коробка стороны ВН кроме трех силовых зажимов имеет четыре контрольных зажима для подключения устройств газовой защиты и отключающей катушки высоковольтной ячейки через контрольные жилы кабеля марки ЭВТ.

4.2.3. Трансформаторы ТСП для тяговых подстанций

Преобразовательные трансформаторы ТСП-160/6 (см. рис. 4.1,*б*) и ТСП-320/6 (см. табл. 4.2) предназначены для питания выпрямительных агрегатов АТП-500/600 и АТП-500/275 шахтной локомотивной откатки.

Конструктивно трансформаторы ТСП выполнены аналогично силовым трансформаторам ТСВ. Выемная часть трансформатора состоит из магнитопровода и насаженных на его стержни сетевой

и вентильной обмоток. Магнитопровод — трехфазный стержневой, набирается из холоднокатаной электротехнической стали марки Э414 0,35 (ГОСТ 21427.1—83).

Обмотки трансформатора изготавливают из провода ПСДК-Л; сетевая — цилиндрическая многослойная, вентильная — цилиндрическая двухслойная.

Корпус трансформатора круглой формы с оребренной наружной поверхностью. Вводная коробка со стороны НН имеет две муфты под силовые кабели и две муфты с диаметром ввода до 30 мм. Вводная коробка со стороны ВН имеет одну муфту под силовой кабель. Электрическая схема ТСП-320/6 аналогична схеме ТСП-160/6 с тем лишь отличием, что вентильная обмотка соединена в «звезду». Трансформатор имеет панель для изменения коэффициента трансформации.

4.2.4. Схемы и группы соединения обмоток и методы их определения

Все силовые шахтные трансформаторы, за исключением специальных трансформаторов для тяговых подстанций, имеют две трехфазные нерасщепленные обмотки. Обмотки ВН и НН одной и той же фазы обычно расположены на одном стержне магнитопровода.

Направление намотки катушек трансформаторов — левое (преимущественно в трансформаторах отечественного производства) или правое — определяется следующим образом. При левой намотке перемещение от любого условно принятого начала катушки к ее концу происходит против часовой стрелки (если смотреть на катушку от начала вывода), при правой — наоборот, движение по виткам катушки сверху вниз происходит по часовой стрелке. (Направление левой намотки катушки аналогично направлению левой резьбы, направление правой намотки — правой резьбы.) Согласно ГОСТ 11677—85 начало катушек обмотки ВН обозначают буквами A, B и C, их концы — соответственно X, Y и Z, начала катушек обмотки НН — буквами a, $в$, c, их концы — x, y, z. Иногда начало катушки обозначают точкой. При совместном обозначении на схемах всех обмоток трансформатора обмотки ВН и НН одной фазы, помещенные на одном стержне, принято изображать одну под другой и обозначать: при одинаковом направлении намотки катушек — все начала обмоток вверху; все концы — внизу (рис. 4.3, *а*); при различном направлении начало обмотки одного напряжения (например, первичного) вверху, а начало обмотки другого напряжения внизу (рис. 4.3, *б*).

Э. д. с. вторичных обмоток E_2 являются источником образования вторичного напряжения U_2 и поэтому всегда совпадают с ним по фазе.

При холостом ходе трансформатора

$$\dot{E}_a = \dot{U}_{a_x};\ \dot{E}_b = \dot{U}_{b_x};\ \dot{E}_c = \dot{U}_{c_x}. \quad (4.10)$$

При нагруженном трансформаторе некоторая часть вторичной э. д. с. расходуется на рассеяние и активное падение напряжения в меди вторичной обмотки. Следовательно, векторы E_1 и E_2 первичной и вторичной фазных э. д. с. для каждой фазы многофазного трансформатора всегда параллельны, совпадают по направлению в случае намотки катушек ВН и НН в одном направлении и при одинаковом расположении (маркировке) их начал и концов, в противном случае отличаются на 180°. Это правило очень важно для определения группы трансформатора.

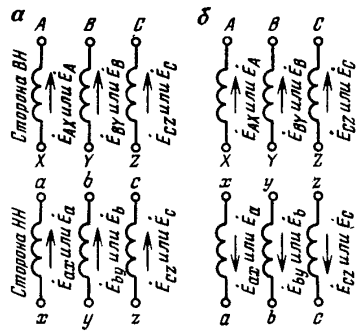


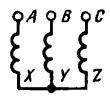
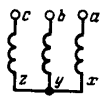
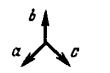
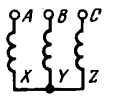
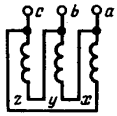
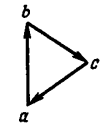
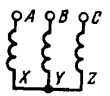
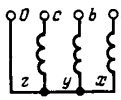
Рис. 4.3. Схемы трехфазного трансформатора и варианты намотки катушек одной фазы:
а — согласно (в одном направлении); *б* — встречно (в разных направлениях). $\dot{E}$ — вектор фазной э. д. с. индукции

Группа соединения обмоток трансформатора — это способ соединения фазных катушек ВН и НН трансформаторов в трехфазную систему, дающий одинаковый сдвиг между соответствующими векторами линейных э. д. с. ВН и НН. Принадлежность трансформатора к определенной группе соединений его обмоток определяется углом сдвига векторов вторичных линейных э. д. с. относительно векторов первичных линейных э. д. с. соответствующих линий (проводов). Группу соединения обмоток трансформатора принято обозначать не в градусах угла между векторами первичной и вторичной линейных э. д. с., а числом — по часовой системе, в соответствии с которой векторы принимают за минутную и часовую стрелки часов. Минутную стрелку совмещают с вектором какой-либо линейной первичной э. д. с. и устанавливают на цифре 12 циферблата, а часовую — смещают на угол, равный углу сдвига между векторами этих линейных э. д. с., отсчитанному в направлении движения часовой стрелки. Тогда цифра циферблата часов, на которую установится часовая стрелка, покажет группу соединения обмоток трансформатора. Так как угол между двумя соседними цифрами циферблата составляет 30°, то группа соединения трансформатора по этой системе может быть представлена числом, которое, будучи умноженным на 30°, дает угол α смещения по фазе векторов первичной и вторичной линейных э. д. с. обмоток трансформатора в градусах.

Схемы соединения двухобмоточных трансформаторов обозначаются дробью, после которой ставится номер группы. Числитель и знаменатель дроби указывают на схему соединения обмотки соот-

Таблица 4.3

Схемы и группы соединения обмоток трехфазных двухобмоточных шахтных силовых трансформаторов

Схема соединения обмоток		Диаграмма векторов напряжений холостого хода обмоток		Условное обозначение группы соединения
ВН	НН	ВН	НН	
				У/У-0
				У/Д-11
				$У/У_н$-0

ветственно ВН и НН. Соединение обмоток в «звезду» обозначается буквой У, в «звезду с нулем» — $У_н$, в «треугольник» — Д. До 01.01.1978 г. допускалось в обозначениях схем соединения обмоток применять символы Y, Y, △. Группы и схемы соединения двухобмоточных трехфазных силовых шахтных трансформаторов приведены в табл. 4.3. В СССР основными стандартными группами соединения обмоток приняты две — нулевая и одиннадцатая. Группа соединений трансформаторов определяется схемой соединения катушек низковольтной обмотки: при соединении их в «звезду» имеем У/У-0, при соединении в «треугольник» — У/Д-11.

Определение группы соединения обмоток трехфазных трансформаторов производится после установления полярности одним из следующих методов: графическим, или векторных диаграмм, поляромера, двух вольтметров, фазометра (прямым методом); ваттметра. Наиболее распространенные из них изложены ниже.

Метод поляромера заключается в подаче импульсов постоянного тока $I_{воз}$ в две выбранные фазы обмотки ВН, определении поляромером направлений э. д. с., индуцируемых при этом в фазах обмотки НН (определении полярностей фаз обмотки НН относи-

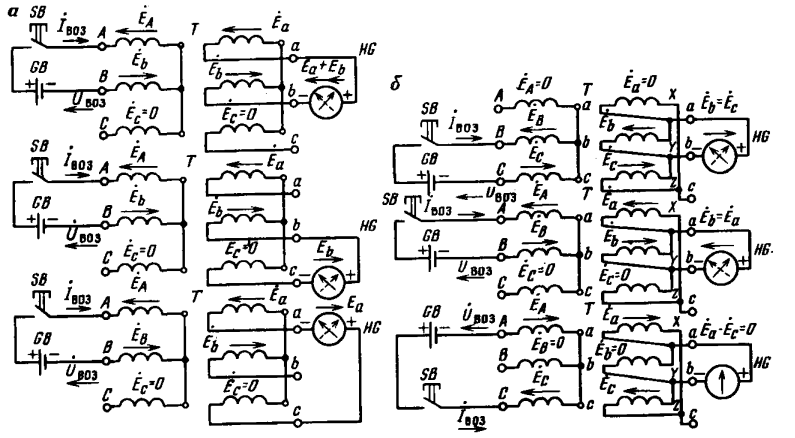


Рис. 4.4. Схемы для определения группы соединения трехфазных трансформаторов методом поляромера при соединении:
а — У/У; *б* — У/Д

тельно полярности обмотки ВН), и сравнении этих показаний с данными специальных таблиц.

Для однофазных трансформаторов к обмотке ВН подводят напряжение постоянного тока 2—12 В, а в обмотку НН включают гальванометр — поляромер («+» питания схемы и гальванометра включают на однополярные зажимы). Отклонения стрелки поляромера вправо или влево при включении цепи тока показывает группу соединения соответственно 0 или 6.

Схемы для определения группы соединения обмоток трансформатора методом поляромера показаны на рис. 4.4. При определении необходимо собрать девять вариантов схем и выполнить девять измерений, присоединяя источник питания *GB* поочередно ко всем зажимам ВН, а поляромер *HG* — поочередно ко всем зажимам НН при каждом присоединении источника питания.

На рис. 4.4, *а* показаны три варианта присоединения поляромера при неизменном присоединении источника питания для схемы соединения обмоток трансформатора У/У, а на рис. 4.4, *б* — три варианта присоединения источника питания при неизменном присоединении поляромера, но при схеме соединения обмоток трансформатора У/Д. Остальные варианты схем аналогичны.

При выполнении присоединений во избежание ошибок следует придерживаться следующего порядка:

присоединения как на стороне ВН, так и на стороне НН выполнять поочередно, т. е. *A*—*B*—*C*— и *a*—*b*—*c*;

«+» источника питания *GB* и зажим «+» поляромера всегда присоединять к зажиму опережающей фазы.

Таблица 4.4

Определение группы соединения обмоток методом поляромера

Питание подведено к зажимам трансформатора «+»—«—»	Отклонение стрелки поляромера, подключенного к зажимам трансформатора: зажимом «+»—зажимом «—» прибора		
	a—b	*b—c*	*c—a*
	Для группы 0 (12)		
A—B	+	—	—
B—C	—	+	—
C—A	—	—	+
	Для группы 11		
A—B	+	0	—
B—C	—	+	0
C—A	0	—	+

Если обмотки ВН и НН полностью соответствуют намоткой и маркировкой, то направления отклонения стрелки поляромера можно объяснить так:

при включении питания в двух фазах обмотки ВН возникают э. д. с. самоиндукции, векторы которых направлены против направления тока питания $I_{воз}$ (напряжения источника питания $U_{воз}$), а в двух соответствующих фазах обмотки НН — э. д. с. взаимоиндукции, векторы которых имеют одно направление с векторами э. д. с. соответствующих фаз обмотки ВН;

стрелка поляромера отклоняется вправо, если вектор замеряемой вторичной э. д. с. направлен к зажиму «+» прибора, и влево, если к зажиму «—» прибора;

стрелка поляромера возвращается в нулевое положение после окончания переходного процесса в трансформаторе, т. е. после прекращения нарастания магнитного потока и наведения э. д. с.;

при отключении выключателя *SB* векторы возникающих э. д. с. имеют направление, противоположное первоначальному, и стрелка поляромера отклоняется от нуля также в противоположном направлении (на рис. 4.4 векторы этих э. д. с. не показаны, а отклоненное положение стрелки поляромера показано штриховой линией).

Результаты девяти замеров сводят в таблицу, сравнивают с данными для определения группы соединения трехфазных трансформаторов методом поляромера, приведенным в табл. 4.4, и по результатам сравнения определяют группу соединения обмоток трансформатора. По номеру группы с помощью табл. 4.3 можно определить схему соединения обмоток.

Метод фазометра (прямой метод) применяют для определения группы соединения обмоток трансформаторов. Последовательную обмотку фазометра *Рφ* (рис. 4.5, *а*) через реостат *R1* присоединяют к зажимам одной обмотки трансформатора, а параллельную — через реостат *R2* к соответствующим зажимам другой

обмотки. Зажимы фазометра, отмеченные знаком «*», следует подключать в соответствии со схемой рис. 4.5, *а*. Реостаты *R1* и *R2* подбирают в зависимости от $U_л$ и напряжения фазометра.

Перед подключением фазометра к испытуемому трансформатору его рекомендуется проверить: определить с помощью этого фазометра группу соединения обмоток трансформатора с заведомо известной группой соединения. После подготовки схемы в одну из обмоток испытуемого трансформатора подают симметричное трехфазное пониженное напряжение $U_л$. Фазометр покажет угол сдвига между векторами первичного и вторичного линейных напряжений. По этому углу можно определить группу соединения обмоток трансформатора (для группы 11 угол равен 330°, для группы 0—0).

Во избежание ошибок рекомендуется произвести два замера на двух парах одноименных зажимов, например, один замер на зажимах *A—B* и *a—b*, как показано на рис. 4.5, *а*, и другой на зажимах *A—C* и *a—c*. Показания фазометра должны быть одинаковыми.

При наличии универсального фазоуказателя Э-500/2 непосредственное определение группы соединения обмоток трансформатора производят по схеме, приведенной на рис. 4.5, *б*.

Особое внимание следует обратить на правильное подключение к фазоуказателю принятых начал фаз соответственно первичной ВН и вторичной НН обмоток трансформатора *T*. При этом начала обмотки ВН могут быть присоединены к прибору через трансформатор напряжения *TV* или непосредственно (в сетях 380 В), но обязательно в порядке чередования фаз *A—B—C*. Чередование фаз, в свою очередь, проверяют в процессе измере-

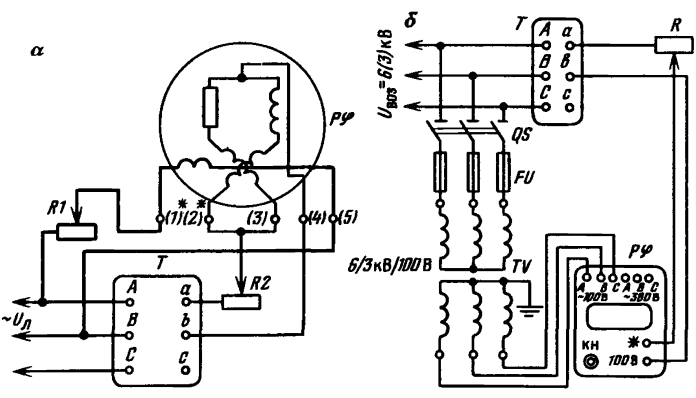


Рис. 4.5. Схемы подключения:

а — однофазного фазометра; *б* — трехфазного фазоуказателя; *T* — испытуемый трансформатор; *TV* — измерительный трансформатор; *Рφ* — фазоуказатель; *R* — реостат на ток не менее 5 А и 150 Ом

ния: после включения напряжения на фазоуказатель диск его шкалы начинает вращаться при правильном подключении обмотки ВН (по чередованию фаз) по часовой стрелке. Обратное вращение диска должно быть устранено уточнением схемы. При кратковременном (не более 5 с) нажатии на кнопку *Кн* фазоуказателя диск шкалы останавливается и показывает угол сдвига между векторами ($\dot{U}_{AB}$ и $\dot{U}_{ab}$) линейных напряжений. Для исключения ошибки надо еще раз замерить угол сдвига между другими линейными напряжениями ($\dot{U}_{BC}$ и $\dot{U}_{bc}$). По аналогичным схемам можно определить группы соединения обмоток трансформатора с использованием других типов приборов — ЭЛФ (однофазного), Д120, Д300, ВАФ-85 (трехфазных) и др.

4.2.5. Нагрузочная и перегрузочная способности силовых трансформаторов

Силовые трансформаторы рассчитывают на длительную непрерывную работу в номинальном режиме. Срок службы сухих трансформаторов составляет более 15 лет. Длительные перегрузки ускоряют старение изоляции и сокращают срок службы трансформатора.

Режимы работы и графики нагрузки рудничных участковых трансформаторов и подстанций характеризуются большой неравномерностью нагрузки в течение суток и даже отдельных рабочих смен.

Чтобы полнее использовать мощность трансформатора с учетом срока службы изоляции обмоток, необходимо знать его нагрузочную способность, которая определяется по специальным диаграммам (рис. 4.6). При помощи этих диаграмм можно определить допустимую кратность максимума тока нагрузки по отношению к номинальному ($K = I_{max}/I_{ном}$) в зависимости от коэффициента заполнения суточного графика:

$$K_з = \frac{I_{ср}}{I_{max}} = \frac{\Sigma It}{24 I_{max}} = \frac{I_1 t_1 + I_2 t_2 + \cdots + I_n t_n}{24 I_{max}}, \qquad (4.11)$$

где

$$I_{max} = \frac{K_1 I_1 t_1 + K_2 I_2 t_2 + \cdots + K_n I_n t_n}{t_1 + t_2 + \cdots + t_n}, \qquad (4.12)$$

K_1, K_2, ..., K_n — кратность тока по отношению к номинальному; t_1, t_2, ..., t_n — время, в течение которого наблюдается соответствующая кратность тока, ч.

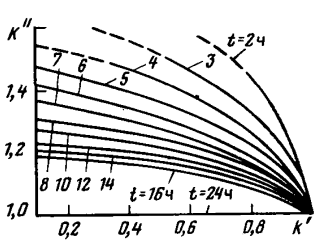


Рис. 4.6. Диаграмма нагрузочной способности рудничных сухих трансформаторов;

K' — коэффициент начальной нагрузки; *K''* — коэффициент превышения нагрузки; *t* — длительность максимума нагрузки

Нагрузка трансформатора существенно меняется также и от температуры охлаждающего воздуха. Если среднегодовая температура охлаждающего воздуха отличается от 5 °С, то для определения допустимого коэффициента перегрузки необходимо значения K_1, K_2, ..., K_n умножить на коэффициент A, определяемый по формуле

$$A = 1 + \frac{5 - t_в}{10}, \qquad (4.13)$$

где $t_в$ — фактическая среднегодовая температура охлаждающего воздуха.

Для трансформаторов, установленных в неотапливаемых помещениях, среднегодовая температура принимается на 8 °С выше, чем для трансформаторов, установленных на открытом воздухе.

Если температура охлаждающего воздуха $t_{в.о}$ поднимается выше 35 °С (но не выше 45 °С), то нагрузка трансформатора независимо от значения коэффициента заполнения графика $K_з$ должна быть на ($t_{в.о}$ — 35) % ниже номинальной.

Трансформаторы допускают работу при напряжении на любой из обмоток, превышающем номинальное:

длительно — не более чем на 5 % при мощности не выше номинальной и не более чем на 10 % при мощности не выше 1/4 номинальной;

периодически общей продолжительностью 6 ч/сут — не более чем на 10 % при мощности не выше номинальной.

При этом для обмоток, снабженных ответвлениями, под номинальными напряжением и током подразумеваются номинальное напряжение и номинальный ток ответвления, на которое включена обмотка. Если обмотка ВН имеет $U_{ном}$ = 6000 В, но включена на ответвление +5 %, то при расчетах на перегрузку по напряжению в этом случае за номинальное напряжение обмотки ВН следует принимать $1{,}05U_{1ном}$, т. е. 6300 В.

Величины длительно допустимых перегрузок в общем случае для шахтных подземных трансформаторов в зависимости от их нагрузок, предшествующих перегрузкам, а также влияние длительных перегрузок на сокращение срока службы трансформаторов приведены в табл. 4.5, а перегрузочная способность трансформаторов типов ТСШВ и ТСВ — в табл. 4.6. Ниже приведены допустимые аварийные перегрузки (режим предварительной нагрузки — 100 % номинальной) для трансформаторов типов ТСШВ и ТСВ *:

Перегрузка, % номинальной	40	60	75	100
Продолжительность перегрузки, ч . . .	4	3	2	02

* По данным ВНИИВЭ «Трансформаторы взрывобезопасные типа ТСШВ». Техническое описание и инструкция по эксплуатации 1АШ.720.013 ТО; то же по ТСВП-х/6: ИМШБ 674824001 ТО.

Таблица 4.5

Длительно допустимые перегрузки и их влияние на срок службы шахтных сухих силовых трансформаторов

Продолжительность суточной перегрузки, ч	Перегрузки, % номинальной нагрузки									
	не влияющие на сокращение срока службы						сокращающие срок службы на			
							0,1 %	0,25 %	0,5 %	1,0 %
	Нагрузка, предшествующая перегрузке, % $I_{ном}$									
	90	80	70	60	50	40	100	100	100	100
1	41	—	65	—	75	—	39	54	—	—
2	35	—	38	—	46	—	24	36	—	—
4	15	—	20	—	23	—	15	24	—	—
8	8	—	10	—	12	—	10	13	—	—

Таблица 4.6

Допустимые систематические перегрузки трансформаторов типов ТСВ и ТСШВ

Перегрузка, % номинальной нагрузки	Продолжительность допустимой перегрузки, ч, при режиме предварительной нагрузки, % номинальной			
	20	40	60	80
20	14,0	12,0	8,0	4,5
30	8,0	6,5	5,0	3,0
40	5,5	4,5	3,5	2,5
50	4,5	3,5	2,5	1,5
60	3,5	2,5	1,5	0,7
70	2,0	1,5	1,0	0,5

Примечание. Таблица составлена по данным ВНИИВЭ «Трансформаторы взрывобезопасные типа ТСШВ». Техническое описание и инструкция по эксплуатации 1АШ.720.013 ТО; то же по ТСВП-х/6: ИМШБ 674824001 ТО.

Допустимая перегрузочная способность трансформатора типа ТСП составляет 25 % $I_{ном}$ в течение 15 мин каждые 2 ч; 50 % $I_{ном}$ в течение 2 мин каждый час; 100 % $I_{ном}$ в течение 1 мин каждые 0,5 ч.

4.2.6. Параллельная работа силовых трансформаторов

Параллельная работа трансформаторов — это работа двух или нескольких трансформаторов при параллельном соединении не менее чем двух основных обмоток одного из них с таким же числом основных обмоток другого трансформатора (других трансформаторов).

Основная обмотка трансформатора — это обмотка, к которой подводится энергия преобразуемого или от которой отводится энергия преобразованного переменного тока. Силовой трансфор-

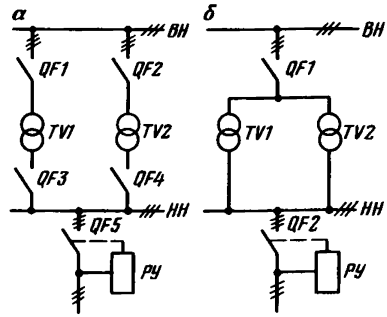


Рис. 4.7. Схема включения шахтных силовых трансформаторов на параллельную работу:

а — с секционированием; *б* — без секционирования (не рекомендуемая)

матор имеет не менее двух основных обмоток (ГОСТ 16110—82). От параллельной работы следует отличать совместную работу двух и более трансформаторов, когда их первичные обмотки присоединены к одной системе шин, а вторичные — к разным системам шин, электрически не связанным между собой, или когда трансформаторы получают питание от разных источников тока (генераторов), электрически не связанных между собой, а вторичные обмотки трансформаторов подключены к одной общей системе шин (в подземных выработках шахт не встречаются).

В подземных схемах электроснабжения применяются как параллельная работа трансформаторов, так и первый вариант их совместной работы.

ПБ (§ 437) и ПТЭ (§ 429) допускают параллельную работу силовых трансформаторов в шахте при условии, что общая длина кабелей, присоединенных к трансформаторам, не превышает 3 км (емкость относительно земли не более 1 мкФ/фазу). При этом общая мощность токоприемников, подключенных к участковым передвижным подстанциям, не должна превышать мощности каждого трансформатора.

Условия параллельной работы трансформаторов:

1) номинальные напряжения первичных и вторичных обмоток трансформаторов должны быть соответственно равны (коэффициенты трансформации должны быть равны или отличаться не более чем на 0,5 %);

2) группы соединений обмоток трансформатора должны быть одинаковыми;

3) напряжения короткого замыкания должны быть равны или отличаться не более чем на ± 10 %;

4) отношение номинальных мощностей должно быть не более 3:1.

В шахтных условиях параллельно могут работать два трансформатора, соединенные по одной из схем (рис. 4.7). Более предпочтительна схема, показанная на рис. 4.7, *а*. При включении по этой схеме необходимо обеспечить наличие и работу реле утечки только в общем автомате *QF5* (в выключателях *QF1—QF4* реле утечки должны быть отключены).

4.2.7. Фазировка трансформаторов

Фазировка подготовляемых для параллельной работы трансформаторов (*TV1* и *TV2*, см. рис. 4.7) заключается в проверке совпадения по фазе и величине вторичных напряжений.

Перед фазировкой необходимо выполнить все требования по безопасности (см. разд. 1.7) и обеспечить соблюдение всех условий включения трансформаторов на параллельную работу, изложенных ранее (см. разд. 4.2.6). Но так как эти условия проверяют по данным заводских табличек и расчетами, то в процессе фазировки следует проверить равенство фактических величин вторичных напряжений у трансформаторов. Это особенно важно потому, что кроме разброса фактических вторичных напряжений (коэффициентов трансформации) переключатели регулировки напряжения у подключаемых трансформаторов могут быть установлены поразному: например, у *TV1* в положение «Ном», а у *TV2* в положение «+5 %». Фактическая разница вторичных напряжений (с учетом допустимого разброса их коэффициентов трансформации) разрешается не более 5 %.

При необходимости параллельного подключения более двух трансформаторов их фазировку осуществляют только попарно.

Различают два вида фазировки: по стороне ВН и по стороне НН.

Фазировку по стороне ВН применяют, как правило, если на работающих параллельно трансформаторах требуется произвести замену одного или двух кабелей ВН, а коммутация стороны НН не нарушается (не производится никаких пересоединений, переключений и т. п.). В этом случае достаточно сфазировать высоковольтные кабели.

Фазировку кабелей ВН производят двумя способами: с помощью двух указателей высокого напряжения (УВН) и прозвонки жил фазируемых кабелей с одновременной маркировкой жил. Первый способ применим только в шахтах, не опасных по газу и пыли. Он описан в Руководстве по ревизии, наладке и испытанию поверхностных подстанций шахт и разрезов (М.: Недра, 1977). Второй способ безопасный и пояснений не требует.

Фазировка на стороне НН — обязательное дополнительное условие при фазировке на стороне ВН (во избежание несовпадения по фазам вторичного напряжения из-за возможных ошибок в маркировке концов обмоток ВН и НН), а также условие при переключениях на стороне НН параллельно работающих трансформаторов.

При фазировке только по стороне НН обмотки ВН фазируемых трансформаторов подключают к общей сети первичного напряжения (рис. 4.8).

Фазировку удобно производить, подключив разделанные концы кабелей НН через сетевую и моторную камеры к фидерному выключателю, от включения которого трансформаторы соединятся на параллельную работу. Один кабель может быть присоединен

к зажимам *Л1*, *Л2*, *Л3* сетевой камеры АФВ, а жилы другого — разведены и закреплены в неподключенном состоянии.

Неподключенным жилам в произвольном порядке присваивается соответствующая временная маркировка, например *С1*, *С2*, *С3*, а концы для удобства располагают против соответствующих зажимов *Л1*, *Л2*, *Л3*.

Включив оба трансформатора на холостой ход, вольтметром проверяют наличие напряжения на жилах каждого кабеля.

В дальнейшем при фазировке должен применяться вольтметр на двойное линейное напряжение или последовательно соединенные вольтметры. Для низковольтных трансформаторов допустимо применение последовательно соединенных ламп с расчетом на удвоенное линейное напряжение фазируемых трансформаторов.

Обмотки НН фазируемых трансформаторов должны иметь общую точку для создания замкнутой цепи, иначе при фазировке вольтметр не покажет напряжения совсем или покажет очень низкое из-за утечки на землю.

Поэтому два любых конца фазируемых кабелей (*Л1* и *С1* на рис. 4.8, *а*) соединяют перемычкой, включают трансформаторы и между остальными концами замеряют напряжения, применяя все возможные комбинации: $E_{Л2-С2}$, $E_{Л2-С3}$, $E_{Л3-С3}$ и $E_{Л3-С2}$.

Если два из указанных замеров дадут нулевые показания, то, значит, фазы совпали: концы, соединенные перемычкой, и концы, между которыми $E_{лин} = 0$, могут быть присоединены к соответствующим зажимам фидерного выключателя (соответствие зажимов *Л1—С1*, *Л2—С2* и *Л3—С3* фидерного выключателя должно быть предварительно проверено) и его включением трансформаторы могут быть включены на параллельную работу.

При несовпадении трех фаз замеры не дадут нулевых показаний. Например, между *Л3* и *С2* будет $2E_{лин}$ (рис. 4.8, *б*), между *Л2* и *С3* — $E_{лин}$, а между *Л2* и *С2*, а также *Л3* и *С3* — $\sqrt{3}E_{лин}$. В этом случае перемычку снимают и устанавливают ее между теми жилами кабелей, где замер показал $E_{лин}$ (в данном случае между концами *Л2* и *С3*), так как это является признаком их соответствия. Тогда между концами *Л1—С2* и *Л3—С1* напряжения не должно быть и соответствующим пересоединением жилы кабелей будут сфазированы.

Перед включением автомата во избежание ошибок и короткого замыкания следует обязательно еще раз проверить фазировку с трехкратной установкой перемычки его соответствующими зажимами: *Л1* и *С1*, *Л2* и *С2*, *Л3* и *С3*, т. е. провести трехкратный контрольный замер.

Если ни при одном из вариантов установки перемычки не удается получить нулевых показаний вольтметра между жилами кабелей, значит, тождественность групп фазируемых трансформаторов была определена ошибочно и параллельная работа трансформаторов невозможна.

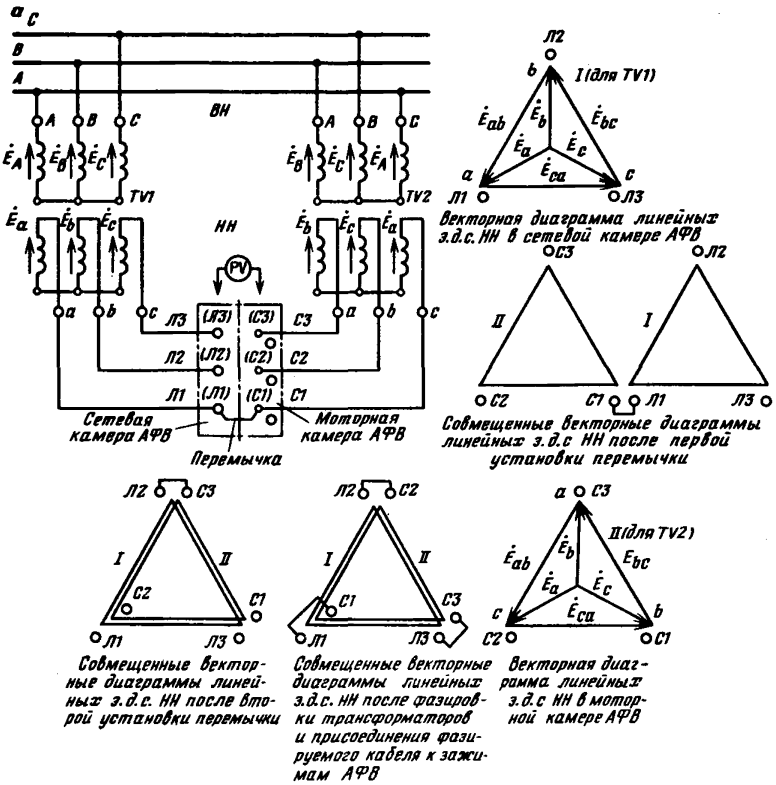
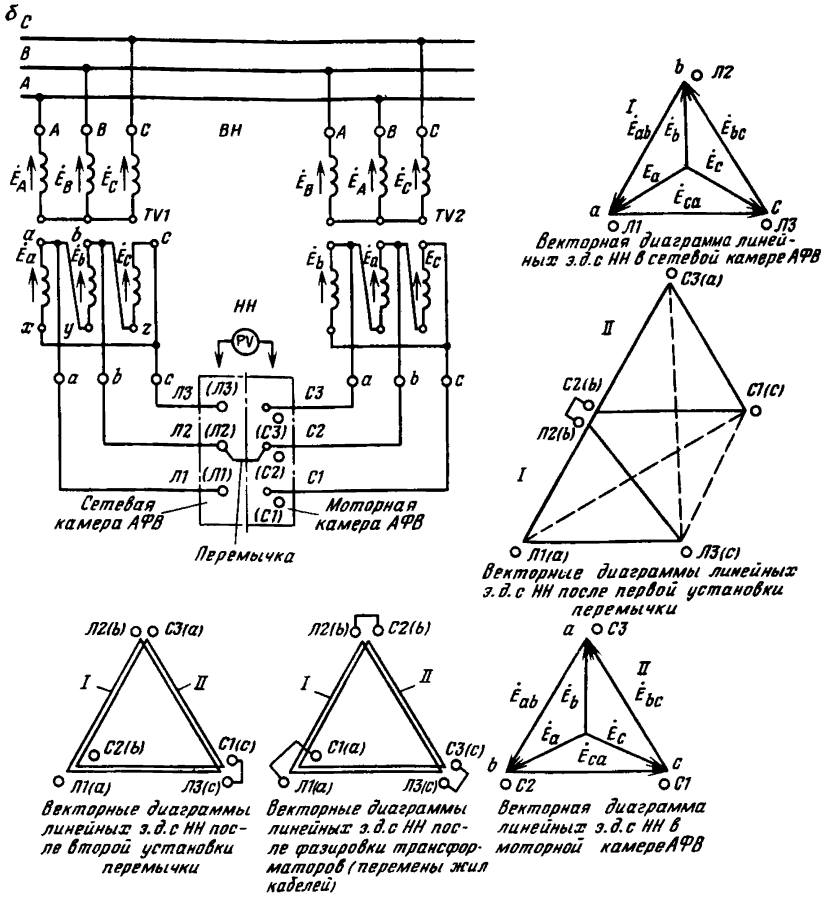


Рис. 4.8. Фазировка трансформаторов на стороне НН при схеме: *а* — У/У; *б* — У/Д. В скобках дана заводская маркировка зажимов АФВ

4.2.8. Методы определения коэффициента трансформации силовых трансформаторов

Перед проверкой коэффициента трансформации устанавливают соответствие трансформатора паспортным данным и правильность маркировки выводов.

Проверка коэффициента трансформации заключается в подаче напряжения на одну обмотку трансформатора, замере напряжения на другой обмотке (при отсутствии нагрузки) и сравнении поданного и полученного напряжений. Подача измерительного напряжения рекомендуется к обмотке ВН (возбуждение со стороны ВН), так как у высоковольтных трансформаторов подача даже пониженного напряжения на обмотку НН индуктирует на обмотке ВН достаточно высокое напряжение, представляющее



опасность для производящих измерения. При этом может быть проверено также изменение вторичного напряжения от перестановки перемычек на панели регулировки напряжения «+5 %», «Ном», «—5 %».

Испытательное напряжение не должно превышать номинального напряжения трансформатора, но и не должно быть менее 1 % его значения. Для шахтных трансформаторов достаточно подключение испытательного напряжения $\approx$10 % номинального (например, 660 В для обмоток 6000 В и 380 В для обмоток 3000 В).

Для измерения следует применять вольтметры с классом точности не ниже 0,2 и допускается применять вольтметры с классом точности 0,5, имеющие на используемой части шкалы возможно близкие по значению погрешности одного знака.

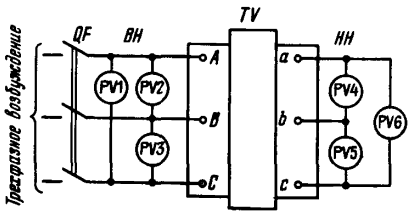


Рис. 4.9. Схема измерения коэффициента трансформации трехфазного трансформатора одновременным замером всех напряжений

Для определения коэффициента трансформации существует несколько методов, один из них — одновременный замер всех линейных первичных и вторичных напряжений (рис. 4.9). Этот способ универсален и применим для трансформаторов всех групп. Недостатки этого способа — необходимость наличия шести вольтметров и повышенное требование к симметрии подводимого напряжения.

Пренебрегая током намагничивания, определяют коэффициент трансформации из соответствующих отношений измеренных линейных напряжений на стороне ВН и НН по формулам:

$$K_1 = PU2/PU4; \quad K_2 = PU3/PU5; \quad K_3 = PU1/PU6; \qquad (4.14)$$

$$K_т = (K_1 + K_2 + K_3)/3, \qquad (4.15)$$

где *PU1—PU6* — показания вольтметров.

При несимметрии (разнице) U_{AB}, U_{BC}, U_{AC} более 3 % измерения следует повторить, переключая провода питания на зажимах *A*, *B* и *C* в одном направлении, а затем вычислить $K_т$ по формуле

$$K_т = \frac{K'_т + K''_т K'''_т}{3}, \qquad (4.16)$$

где $K'_т$, $K''_т$, $K'''_т$ — коэффициенты трансформации, определяемые для каждого замера по формулам (4.14) и (4.16).

Во избежание ошибок снимать показания со всех вольтметров следует одновременно.

ГОСТ 3484—77 рекомендует два метода определения коэффициента трансформации трансформаторов: компенсационный с применением специальных мостов, которые должны обеспечить отсчет коэффициента трансформации с точностью не менее четырех цифр, и непосредственного измерения напряжений с помощью двух вольтметров.

Первый метод применим только при заводских испытаниях. На практике обычно пользуются вторым методом. При измерении этим методом схема измерения и расчетные формулы зависят от группы соединения трансформатора и от возможности рассоединения обмоток на отдельные фазные катушки.

У шахтных силовых трансформаторов обмотки ВН соединены в звезду, а нулевая точка не выведена, что исключает подачу напряжения возбуждения $U_{воз}$ на одну обмотку (фазу) ВН. Об-

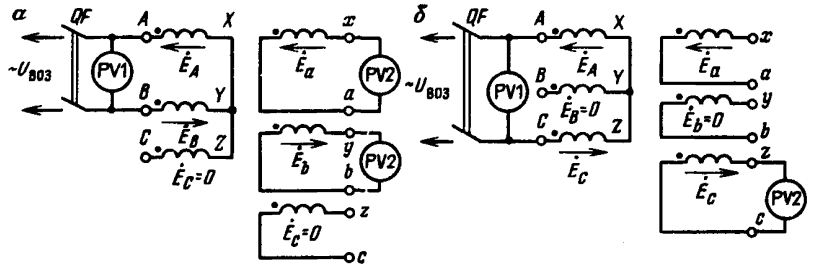


Рис. 4.10. Схема измерения фазного коэффициента трансформации при соединенной в «звезду» обмотке ВН;
а — между катушками *АХ*, *ах* и *ВУ*, *ву*; *б* — между катушками *CZ*, *cz*

мотку НН у этих трансформаторов легко рассоединить на фазные обмотки снятием перемычек на зажимах НН. Для этого случая фазный коэффициент трансформации для всех трех фаз определяется отношением показаний вольтметров *PV1* и *PV2*, поочередно подсоединяемых к обмоткам согласно схеме, показанной на рис. 4.10.

$$K_{1ф} — U_{AX}/2U_{ax} = PV1/2PV2;$$
$$K_{2ф} = U_{BY}/2U_{by} = PV1/2PV2; \qquad (4.17)$$
$$K_{3ф} = U_{CZ}/2U_{cz} = PV1/2PV2.$$

Усредненное значение

$$K_{тф} = (K_{1ф} + K_{2ф} + K_{3ф})/3 = w_1/w_2, \qquad (4.18)$$

где w_1, w_2 — число витков обмоток ВН и НН одной фазы.

Зная $K_{тф}$, легко определить линейный коэффициент трансформации $K_т$: при соединении обмоток У/У и Д/Д

$$K_т = K_{тф}; \qquad (4.19)$$

при соединении обмоток У/Д

$$K_т = \sqrt{3}\,K_{тф} = 1{,}73K_{тф}, \qquad (4.20)$$

а при соединении обмоток Д/У

$$K_т = K_{тф}/\sqrt{3} = 0{,}572K_{тф}. \qquad (4.21)$$

При невозможности рассоединения обеих обмоток $K_т$ определяют этим же методом (двух вольтметров) по схемам на рис. 4.11.

При соединении обмоток У/У (рис. 4.11, *а*) по отношению к показаниям вольтметров *PV1* и *PV2*, подключаемых поочередно ко всем трем фазам, сразу определяют линейные коэффициенты:

$$K_{1л} = U_{AB}/U_{ab} = PV1/PV2;\ K_{2л} = U_{BC}/U_{bc} = PV1/PV2;$$
$$K_{3л} = U_{AC}/U_{ac} = PV1/PV2; \qquad (4.22)$$
$$K_т = (K_{1л} + K_{2л} + K_{3л})/3,$$

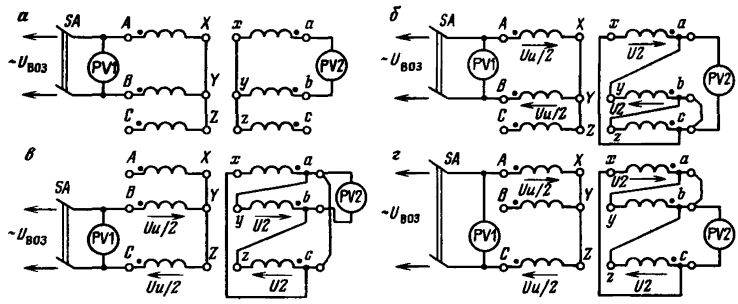


Рис. 4.11. Схема измерения коэффициента трансформации методом двух вольтметров при соединении:
а — У/У; *б* — *г* — У/Д между фазами *A*—*a*, *B*—*в* и *C*—*c* соответственно

где $K_{1л}$, $K_{2л}$, $K_{3л}$ — измеренные линейные коэффициенты трансформации.

Во втором случае (рис. 4.11, *б*, *в* и *г*) имеем наведение вторичного напряжения U_2 в двух обмотках НН. Обмотка НН, в которой не должно наводиться вторичное напряжение, должна быть закорочена, так как при неравенстве магнитных потоков по фазам (например, при различном числе витков катушек) в этой фазе может возникать напряжение, искажающее результат измерения. Фактически при такой схеме вольтметр *PV2* измеряет совпадающие по направлению и равные по величине напряжения U_2 двух незакороченных фаз, что соответствует фазному напряжению, так как эти фазы соединяются (при установке закоротки) параллельно. Тогда $K_{1ф}$, $K_{2ф}$, $K_{3ф}$, $K_{тф}$ определяют по формулам (4.17), (4.18) и окончательно для схемы соединения обмоток У/Д — по формуле (4.20).

4.2.9. Поверочный расчет силового трансформатора

При питании от трансформатора нагрузки большой единичной мощности поверку производят по формуле

$$S_{тр} \geqslant K_з P_{ном}/(\eta_{дв} \cos \varphi_{ном}), \qquad (4.23)$$

где $S_{тр}$ — мощность трансформатора, кВ·А; $K_з$ — фактический коэффициент загрузки двигателя (по данным шахты); $P_{ном}$ — номинальная мощность двигателя (паспортная); кВт; $\eta_{дв}$ — КПД двигателя (паспортный); $\cos \varphi_{ном}$ — номинальный коэффициент мощности двигателя (паспортный).

При питании от трансформатора нескольких потребителей, работающих длительно и одновременно, для поверки используют формулу

$$S_{тр} \geqslant \sum P_ф/(\eta_с \cos \varphi_{ср}), \qquad (4.24)$$

где $P_ф$ — суммарная мощность нагрузки, кВт (по данным шахты); $\eta_с$ — средневзвешенный КПД нагрузки (см. формулу 4.5); $\cos \varphi_{ср}$ — средневзвешенный коэффициент мощности нагрузки (см. формулу 4.6).

Средневзвешенный КПД нагрузки

$$\eta_{ср} = \frac{P_1\eta_1 + P_2\eta_2 + \cdots + P_n\eta_n}{P_1 + P_2 + \cdots + P_n}, \tag{4.25}$$

где P_1, P_2, ..., P_n — мощность каждой нагрузки, кВт, в отдельности (по данным шахты); η_1, η_2, ..., η_n — номинальные КПД каждой нагрузки (по данным шахты).

Средневзвешенный коэффициент мощности нагрузки

$$\cos \varphi_{ср} = \frac{P_1 \cos \varphi_1 + P_2 \cos \varphi_2 + \cdots + P_n \cos \varphi_n}{P_1 + P_2 + \cdots + P_n}, \tag{4.26}$$

где $\cos \varphi_1$, $\cos \varphi_2$ и $\cos \varphi_3$ — номинальные коэффициенты мощности каждой нагрузки (по данным шахты).

Если от трансформатора будет питаться группа неодновременно работающих двигателей (в очистном или подготовительном забое), то расчетную мощность трансформатора можно вычислить по формуле

$$S_{тр} \geqslant K_{спр} \sum P_{ном}/(\cos \varphi_{ср}), \tag{4.27}$$

где $K_{спр}$ — коэффициент спроса, учитывающий среднюю степень загрузки и неодновременность работы двигателей (по данным шахты).

Для случая, когда механизация добычи угля или подготовительных работ осуществляется группой машин в сочетании с индивидуальным креплением выработок и без электрической блокировки очередности пуска электродвигателей, коэффициент спроса

$$K_{спр} = 0{,}286 + 0{,}714P_1/\sum P_{ном}, \tag{4.28}$$

где P_1 — номинальная мощность (кВт) наиболее крупного электродвигателя в группе по данным шахты (комбайн, струг, конвейер, проходческая или погрузочная машина и т. п.).

Когда механизация осуществляется комплексами с механизированной крепью и автоматической блокировкой очередности пуска электродвигателей (с учетом коэффициента одновременности пуска и работы, близкого к единице), коэффициент спроса

$$K_{спр} = 0{,}4 + 0{,}6P_1/\sum P_{ном}. \tag{4.29}$$

Практически при несложных схемах подключения электроприемников соответствие мощности трансформатора допускается

по среднесуточной температуре нагрева, которая не должна превышать допустимую.

Значения максимально допустимых длительных превышений температуры отдельных частей сухих трансформаторов над температурой окружающей среды по ГОСТ 11677—85

Часть сухого трансформатора	Превышение температуры, °С
Обмотки класса нагревостойкости по ГОСТ 8865—70:	
A	60
E	75
B	80
F	100
H	125
Поверхность магнитопровода и конструктивных деталей	Не более чем допустимо для соприкасающихся с ними изоляционных материалов

4.2.10. РНИ И ТО сухих силовых трансформаторов

Шахтные силовые трансформаторы по классификации, принятой в объемах и нормах испытания электрооборудования, относятся к 1-й группе (напряжение до 35 кВ, мощность до 1000 кВ·А). Приведенные ниже объем и периодичность РНИ отвечают как требованиям ПБ, так и требованиям, предъявляемым к общепромышленным трансформаторам 1-й группы. Так как применение маслонаполненных трансформаторов в шахте запрещено, то ниже приведен объем РНИ только для сухих трансформаторов.

РНИ и ТО сухих силовых трансформаторов производят на трех стадиях: перед спуском в шахту; после монтажа; во время эксплуатации.

В связи с ограниченными возможностями производства работ по ТО и РНИ трансформаторов в шахте нужно тщательно проводить его ТО и необходимые испытания перед спуском в шахту.

Ниже приведен полный объем работ по РНИ и ТО сухих трансформаторов с указанием стадий их выполнения. В программу РНИ и ТО входят:

а) проверка правильности применения трансформатора. Производят перед спуском в шахту и при изменениях подключаемой нагрузки. При необходимости в дополнение к изложенному в разд. 3.2 нужно проверить правильность выбора трансформатора по мощности подключаемой к нему нагрузки согласно разд. 4.2.9;

б) внешний осмотр трансформатора. Производят на всех стадиях РНИ и ТО. При внешнем осмотре следует убедиться в отсутствии механических повреждений и проверить состояние затяжки болтов, наличие пломб, пробок, креплений, крышки бокового люка, изоляторов и т. п. Проверку производить согласно разд. 3.4; 3,5; 3,6; 3,7; 3,8;

в) измерение сопротивления изоляции обмоток. Производят при всех видах РНИ и на всех стадиях по методике, изложенной

в разд. 2.4 Руководства, с определением коэффициента абсорбции:

$$K_{аб} = R_{60''}/R_{15''} \geqslant 1{,}3. \qquad (4.30)$$

Значения $R_{60''}$ при температуре обмотки 20—30 °С должны быть не ниже 100, 300 и 500 МОм при напряжении соответственно 1; 6 и 10 кВ.

Перед началом измерения все обмотки должны быть заземлены не менее чем на 5 мин, между измерениями — не менее чем на 2 мин.

Сопротивление изоляции ярмовых балок, прессующих колец и доступных стяжных шпилек не нормируется и измеряется в случае осмотра активной части;

г) испытание изоляции трансформатора повышенным напряжением. Производятся в соответствии с разд. 2.4 Руководства. Сухие трансформаторы на напряжение 6 кВ испытывают при вводе в эксплуатацию напряжением 14,4 кВ в течение 1 мин.

При капитальном ремонте с полной заменой обмоток испытание изоляции обязательно для всех трансформаторов. Испытательное напряжение в этом случае равно 16 кВ для трансформаторов на напряжение 6 кВ;

д) проверка группы соединения обмоток. Осуществляют при отсутствии заводских или паспортных данных согласно разд. 4.2.4;

е) проверка коэффициента трансформации. Производят в случае отсутствия заводских или паспортных данных согласно разд. 4.2.8. Коэффициент трансформации на трех положениях переключателя коэффициента трансформации «—5 %», «Ном», «+5 %» не должен отличаться более чем на 2 % от значений, измеренных на соответствующих ответвлениях других фаз;

ж) определение тока и потерь холостого хода (опыт х. х.). Производят по необходимости. При опыте х. х. к одной из обмоток (обычно НН) при разомкнутых остальных подводят симметричное номинальное напряжение частотой 50 Гц. Ток х. х. $I_х$ определяют как среднее арифметическое значение токов трех фаз и выражают в процентах от $I_{ном}$:

$$I_х = \frac{I_{изм}}{I_{ном}} 100\%. \qquad (4.31)$$

На практике удобно пользоваться испытательным напряжением, равным 5—10 % номинального напряжения возбуждаемой обмотки.

Ток х. х. можно определять и при однофазном возбуждении. Для этого проводят три опыта с приведением трехфазного трансформатора к однофазному путем поочередного замыкания накоротко одной из его обмоток и возбуждения двух других.

Потери трансформатора

$$P = (P_{AB} + P_{BC} + P_{CA})/2, \qquad (4.32)$$

где P — потери х. х., кВт; P_{AB}, P_{BC}, P_{CA} — потери при однофазном возбуждении, кВт.

Суммарные потери не должны превышать заводских данных более чем на 10 %.

При отсутствии дефектов в трансформаторе потери в фазах A и C должны быть одинаковы и меньше потерь в фазе B примерно на 30 %.

Потери холостого хода, измеренные при пониженном напряжении, приводят к потерям, возникающим при испытании номинальным напряжением:

$$P_{\text{прив}} = P\,(U_{\text{ном}}/U_1)\,n, \tag{4.33}$$

где $U_1 = (5 \div 10\ \%)\ U_{\text{ном}}$ — испытательное пониженное напряжение; $n = 1{,}8$ и $1{,}9$ для горячекатаной и холоднокатаной стали сердечника трансформатора соответственно;

з) проверка состояния выработки с постоянным обслуживающим персоналом. Производят ежесменно и при всех видах РНИ. В ЦПП и других выработках, где установлены трансформаторы без постоянного обслуживающего персонала, проверку состояния выработки должен осуществлять персонал при каждом посещении ЦПП или выработки;

и) проверка наличия средств индивидуальной защиты и пожаротушения. Выполняют одновременно с осмотром выработки в соответствии с указаниями разд. 3.1;

к) проверка правильности монтажа отдельно стоящего трансформатора. Производят при пусковых и периодических РНИ. В дополнение к изложенному в разд. 3.1 и 3.3 необходимо знать, что к трансформаторам, установленным в подстанциях, предъявляются те же требования, что и для подстанций.

Отдельно стоящие трансформаторы должны быть установлены горизонтально, допускается отклонение в любую сторону не более 15°. Сухой трансформатор может быть установлен вне камеры. Трансформатор должен быть надежно закреплен во избежание случайного перемещения. При наличии съезда (от рельсов трансформатора к рельсовому пути выработки) на нем должен быть оборудован барьер, исключающий заезд подвижного состава на участок рельсового пути трансформатора;

л) осмотр и испытание защитного заземления. Производят в соответствии с указаниями разд. 3.13;

м) ревизия вводных коробок, взрывобезопасных поверхностей коробок и крышек кабельных вводов. Осуществляют не реже одного раза в год в соответствии с указаниями, изложенными в разд. 3.7 и 3.8. Для ревизии с трансформатора надо снять напряжение, ячейку заблокировать, на рукоятке привода ячейки вывесить запрещающий плакат «Не включать — работают люди!» и выполнять все остальные мероприятия, предусмотренные ПТЭ и ПТБ. После вскрытия вводной коробки ВН присоединить к кор-

пусу (земле) переносные заземления, проверить отсутствие высокого напряжения с помощью указателя УВН, наложить заземления на зажимы ВН, произвести допуск к работе. Если вводная коробка ВН трансформатора залита кабельной мастикой, то переносные заземления необходимо наложить в кабельной коробке высоковольтной ячейки, к которой подключен питающий кабель трансформатора. При ревизии одного из параллельно работающих трансформаторов необходимо отключить и заблокировать ближайший АФВ, вывесить на нем плакат, запрещающий включение. Переносные заземления в этом случае должны быть наложены и со стороны НН.

Если вводные коробки трансформатора залиты кабельной мастикой, то следует проверить качество заливки. При наличии трещин и других дефектов необходимо произвести перезаливку, выполнив при этом поджатие концов кабеля на зажимах. При обнаружении подтеков (перегрева) мастики надо выявить и устранить причину. Причиной может быть плохой контакт зажимов или перегрузка кабеля.

При сухой разделке бронированных кабелей или присоединении кабеля марки ЭВТ необходимо проверить уплотнение кабеля во втулках (можно применять только стандартные резиновые кольца; использование изоляции, сырой резины и т. п. недопустимо); состояние изоляции кабельных жил и разделки концов кабелей. Внутренняя полость вводных коробок должна быть очищена от пыли, грязи, влаги, кусочков проводов и т. п., а изоляция жил и изоляторов проходных зажимов — от грязи и насухо протерты. Разделку кабелей следует выполнять в соответствии с действующими инструкциями (приложения к ПТЭ). Присоединенные кабели (особенно кабели марки ЭВТ) должны быть плотно прижаты планками вводных устройств;

н) проверка состояния панели регулировочных отводов. Выполняют на всех стадиях РНИ. При этом следует открыть крышку бокового люка, очистить панель и изоляторы проходных зажимов от влаги, грязи и пыли, поджать гайки на зажимах, проверить состояние уплотнительной прокладки крышки люка. Положение планок (съемных перемычек) «+5 %», «Ном», «—5 %» отмечают в протоколе ревизии и наладки трансформатора. При необходимости переключения ответвлений эту работу произвести согласно рис. 4.2;

о) измерение сопротивления постоянному току обмоток. Производят в сроки, устанавливаемые системой ППР, но не реже 1 раза в шесть лет или при показаниях неудовлетворительной работы, причиной чего может быть нарушение сопротивления обмоток. Измерение выполняют по методике, изложенной в разд. 2.7, при всех положениях перемычки переключения коэффициента трансформации. Сопротивление не должно отличаться более чем на 2 % от сопротивления, полученного при тех же положениях перемычки переключения коэффициента трансформации на других

фазах, а также при предыдущих измерениях, если нет особых указаний в паспорте на трансформатор.

При обнаружении неисправности, которая не может быть устранена в шахте, трансформатор необходимо выдать на поверхность в ремонт;

п) испытание включением толчком на номинальное напряжение. После вышеперечисленных проверок и измерений в случае удовлетворительного состояния трансформатора производят подачу напряжения на нагруженный трансформатор путем включения высоковольтной ячейки. В случае нахождения трансформатора вне зоны видимости включающего должна быть обеспечена постоянная телефонная связь между включающим и наблюдающим за состоянием трансформатора. После трех-пятикратного кратковременного включения при отсутствии искрения, повышенного шума, потрескиваний и местных нагревов трансформатор включают вхолостую на 1—1,5 ч. Если в течение этого времени не наблюдалось явлений, указывающих на неудовлетворительное состояние трансформатора, то его можно включить под нагрузку;

р) фазировка трансформаторов. Выполняют при параллельном включении трансформаторов по методике, изложенной в разд. 4.2.7;

с) проверка шумовой характеристики трансформатора. Производят ежесменно, при всех видах РНИ и на всех стадиях. Сильный и неравномерный шум внутри трансформатора может быть при его включении на повышенное напряжение. Ненормальный звук трансформатора во время работы и в момент включения при номинальном напряжении может свидетельствовать об ослаблении как стяжек магнитопровода, так и крепления отдельных деталей трансформатора (секций обмоток, изолирующих пластин, металлического экрана и т. п.). Потрескивания внутри работающего трансформатора могут быть при нарушении изоляции относительно корпуса или искрении между магнитопроводом и корпусом трансформатора, при обрыве заземления;

т) определение нагрева отдельных частей трансформатора. Осуществляют ежесуточно. Допустимая температура обмоток у сухих ТСШВ и ТСВ (класс Н) $\leqslant 180$ °С. Измерить эту температуру без вскрытия трансформатора невозможно, поэтому фактическую температуру нагрева обмоток сухих и кварценаполненных трансформаторов при необходимости устанавливают расчетом по формуле

$$t_i = \frac{235\,(r_i - r_1) + r_i t_1}{r_1}, \qquad (4.34)$$

где r_i — измеренное значение сопротивления обмотки (Ом) при температуре t_i, °С; r_1 — сопротивление обмотки, измеренное на заводе при температуре $t_1 = 20$ °С.

Повышенный нагрев трансформатора при номинальной нагрузке и нормальных условиях охлаждения — признак виткового замыкания в обмотках или замыкания в железе сердечника,

для обнаружения и устранения которых необходимо вскрытие трансформатора.

В условиях, соответствующих номинальному режиму, максимально допустимые длительные превышения температуры отдельных частей трансформатора над температурой окружающей среды при работе на основном ответвлении обмотки не должны превосходить значений, приведенных в разд. 4.2.9.

При недопустимом перегреве трансформатора нужно улучшить его охлаждение, изменив режим вентиляции камеры трансформатора (например, увеличив размеры вентиляционного окна в двери трансформаторной камеры, что выполняет пылевентиляционная служба шахты).

4.3. ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Осветительные трансформаторы используют для питания шахтных сетей освещения, ручных электросверл, цепей управления и сигнализации. Наибольшее применение получили трансформаторы ТСШ-4/07 и ТСШ-4/07-38 в исполнении по взрывозащите РВ-3В (табл. 4.7).

Таблица 4.7

Основные технические данные осветительных трансформаторов серии ТСШ

Тип	Номинальная мощность, кВ·А	Номинальное напряжение (В) обмоток	
		ВН	НН
ТСШ-4/05	4,0	380/220	133
ТСШ-4/07	4,0	660/380	133
ТСШ-4/0,66	4,0	660/380	133/230
ТСШ-4/07-38	4,0	660/380	38
ТСШ-С	2,5	660/380	133/36/24

Тип	Номинальный ток (А) в обмотках		Габаритные размеры, мм	Масса, кг
	ВН	НН		
ТСШ-4/05	6/10,4	17,5	647×495×500	125
ТСШ-4/07	3,5/6,1	17,43	650×555×415	130
ТСШ-4/0,66	3,5/6,2	17,7/10,24	650×555×415	136
ТСШ-4/07-38	3,5/6,2	17,7/—	650×555×415	136
ТСШ-С	2,4/4,14	7,14/13,9/12,5	782×355×423	95

Примечания: 1. В настоящее время серийно выпускаются трансформаторы ТСШ-4/07 и ТСШ-4/07-38. 2. Расшифровка типа трансформатора: Т — трехфазный трансформатор, С — сухой (с воздушным охлаждением), вторая буква С — с дополнительными обмотками для питания сигнализации, Ш — шахтный, цифры в числителе — номинальная мощность (кВ·А), цифры в знаменателе — класс высшего напряжения ВН (кВ).

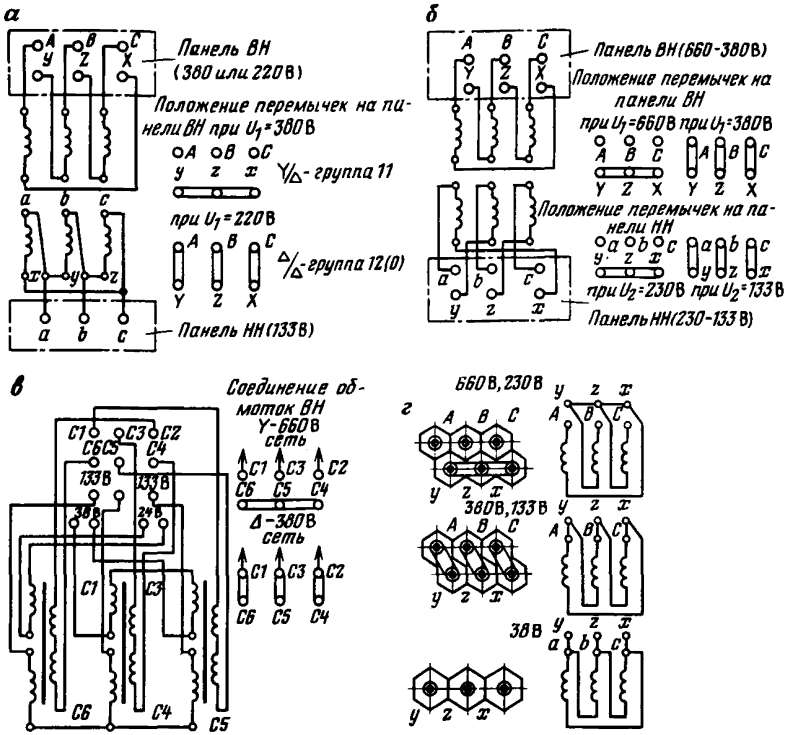


Рис. 4.12. Электрические схемы соединения обмоток трансформаторов: *а* — ТСШ-4/07; *б* — ТСШ-4/0,66; *в* — ТСШ-С; *г* — ТСШ-4/07-38

Конструктивно все осветительные трансформаторы выполнены одинаково и состоят из корпуса цилиндрической формы, крышки и активной части — магнитопровода с катушками. Исполнение трансформаторов заводов АЭМЗ и ПЗША по взрывозащите РВ-3В, трансформатора ТСШ-С — РН.

Электрические схемы трансформаторов отличаются в основном друг от друга схемами и группами соединения обмоток (рис. 4.12).

Трансформаторы ТСШ-С Конотопского электромеханического завода (КЭМЗ) имеют дополнительные обмотки НН на 36 и 24 В для питания цепей управления и сигнализации. У трансформатора ТСШ-4/07-38 имеется одна дополнительная обмотка НН на 38 В.

РНИ и ТО осветительных трансформаторов проводят аналогично РНИ и ТО силовых трансформаторов с учетом некоторых особенностей и различий:

а) при эксплуатации трансформаторы можно устанавливать на салазках (предпочтительнее) и в вертикальном положении;

б) температура корпуса ТСШ при номинальной загрузке не должна превышать 35—40 °С;

в) сопротивление изоляции трансформаторов измеряют совместно с кабелями мегаомметром на 500—1000 В с учетом указаний разд. 2. Измеренная величина сопротивления изоляции должна быть не менее 1 МОм.

г) у вновь вводимых в работу (или после капитального ремонта) трансформаторов необходимо дополнительно проверить правильность соединения обмоток ВН и НН в трехфазную систему, а при включении — замерить напряжение ВН и НН для определения его симметричности по фазам, одновременно проверить коэффициент трансформации;

д) в случае необходимости включения двух и более новых или эксплуатируемых трансформаторов типа ТСШ на параллельную работу следует тщательно проверить их группы соединения, так как у трансформаторов, изготовленных различными заводами, могут быть разные группы;

е) параллельная работа осветительных трансформаторов применяется редко. Так как у некоторых трансформаторов предусмотрено переключение на зажимах обеих обмоток, то при неправильной установке перемычек у них могут быть получены различные группы соединений (при сохранении величин линейного напряжения ВН и НН). Поэтому перед включением на параллельную работу трансформаторов этого типа следует обязательно проверить их группы соединений;

ж) проверить загрузку трансформатора косвенным путем по температуре его корпуса, которая не должна превышать 35—40 °С, и при подозрении на перегрузку — расчетным (см. разд. 4.2.9).

4.4. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Измерительные трансформаторы тока (ИТТ) и напряжения (ИТН) — это специальные понижающие трансформаторы, предназначенные для измерения соответственно больших токов или напряжений и обособления измерительных приборов и реле от силовой сети, когда непосредственное включение их на полный ток или напряжение сети становится опасным или вообще невозможным, а также для питания цепей релейной защиты и управления.

4.4.1. Измерительные трансформаторы напряжения

В отличие от силовых трансформаторов, у которых ток холостого хода составляет несколько процентов от номинального, основной режим работы ИТН близок к режиму холостого хода.

Конструктивно ИТН представляют собой обширный класс аппаратов, из которых здесь будут рассмотрены только сухие однофазные, предназначенные для работы в сетях с изолированной нейтралью (табл. 4.8).

Таблица 4.8

Основные технические данные ИТН

Тип ИТН	Номинальное напряжение (В) обмоток		Номинальная мощность (В·А) в классе точности				Максимальная мощность, В·А	Масса, кг
	ВН	НН	0,2	0,5	1	3		
НОСК-3У5	3000	100	—	30	50	150	240	14
НОСК-6-66	6000	100 (127, 27)	—	50	75	200	400	13
НОЛ.11-6.05	6000	100 (127, 27)	—	—	—	250	500	Н. д.
НОЛ.08-6У2	6000	100	30	50	75	200	400	30

Примечания: 1. Расшифровка типа трансформаторов: Н — напряжения; О — однофазный; С — сухой; М — масляный; К — для комплектных распредустройств; Л — литая обмотка. 2. В скобках даны величины напряжений на дополнительных выводах обмотки, выполненной вне классов точности. 3. Трансформаторы НОСК-6-66 по ТУ 16—517.668.72 применяют в ячейках РВД-6; трансформаторы НОЛ-11-6.05 по ТУ 16.517.567—76 применяют в ячейках КРУВ-6, КРУРН-6, ЯВ-6400.

ИТН имеют трехстержневой сердечник броневого типа, обмотки размещены на среднем стержне. ИТН типа НОСК имеют сухую изоляцию, пропитанную асфальтовым лаком, допускают заливку битумной массой. У ИТН типа НОЛ.11-6.05 корпусная изоляция выполнена литой из эпоксидного термореактивного компаунда.

В соответствии с ГОСТ 1983—77 для соединения первичных и вторичных обмоток ИТН допускается только нулевая группа.

Вторичная обмотка ИТН НОСК-6-66 и НОЛ-11-6.05 имеет дополнительную обмотку, соединенную с основной, что позволяет получить номинальные вторичные напряжения 27, 100 и 127 В.

Выводы начальных концов обмоток имеют маркировку: A — обмотка ВН; a — обмотка НН. Концы обмоток обозначены соответственно X и x. Дополнительный вывод — x_1.

Особую категорию составляют встраиваемые в шахтные низковольтные электроаппараты ИТН с искробезопасными выходами, которые используются в комплекте с питающимися от них искробезопасными приборами. Эти ИТН здесь не рассматриваются, а указания по их РНИ изложены в разд. 3.8.

Основные параметры ИТН — номинальное напряжение первичной обмотки $U_{1ном}$, номинальное напряжение вторичной обмотки $U_{2ном}$, номинальный коэффициент трансформации $K_{т.\,ном}$, напряжение короткого замыкания $U_к$. Эти параметры определяют так же, как и для силовых трансформаторов. Кроме того, ИТН характеризуется классом точности, определяющимся по допустимым значениям погрешностей при нормированных величинах первичного напряжения и вторичной нагрузки.

Ревизия, наладка и испытание ИТН в зависимости от конкретных условий эксплуатации ИТН, их конструктивных особенностей и назначения имеют различные объемы. В программу РНИ в полном объеме входят:

а) внешний осмотр. При осмотре следует руководствоваться указаниями, изложенными в разд. 3.4—3.8 настоящего Руководства. Корпус ИТН следует очистить от пыли и влаги, убедиться в целости изоляторов. На ИТН, корпусная изоляция которых выполнена из эпоксидного компаунда, убедиться в отсутствии трещин, сколов, раковин, пузырей, глубоких царапин, следов обугливания и образования проводящих мостиков на поверхности изоляции.

Разборку ИТН производят только в случае его механических повреждений или неудовлетворительных результатов электрических испытаний;

б) проверка правильности применения ИТН. Выполняют по необходимости. Выбранный ИТН должен удовлетворять следующим условиям:

$$U_{1\text{ном}} = U_{\text{с}}, \tag{4.35}$$

$$\Delta U_{\text{ТН}} \leqslant \Delta U, \tag{4.36}$$

$$S_{\text{расч}} < S_{2\text{ном}}, \tag{4.37}$$

где $U_{\text{с}}$ — напряжение сети; $\Delta U_{\text{ТН}}$ — погрешность ИТН, %; ΔU — допустимая погрешность измерительных приборов или реле защиты, %; $S_{\text{расч}}$ — расчетная нагрузка вторичной обмотки ИТН, В·А; $S_{2\text{ном}}$ — номинальная (допустимая) нагрузка вторичной обмотки ИТН, В·А.

Если расчетная нагрузка задана сопротивлением в омах, то ее можно пересчитать на мощность в вольт-амперах по формуле

$$S_{2\,\text{ном}} = Z_{2\text{нагр}} I^2_{2\text{нагр}}, \tag{4.38}$$

где $Z_{2\text{нагр}}$ — сопротивление вторичной нагрузки, Ом.

При расчетах нагрузки ИТН с достаточной для практики точностью суммирование нагрузок производят арифметически без учета отдельных нагрузок:

$$S_{\text{расч}} = \sum (S_{\text{пр}} + S_{\text{р}}), \tag{4.39}$$

где $S_{\text{пр}}$ — мощность, потребляемая измерительными приборами; $S_{\text{р}}$ — мощность, потребляемая реле.

Если при ориентировочных расчетах по формуле окажется, что в небольших пределах $S_{\text{расч}} > S_{2\text{ном}}$, то нагрузку следует определить по формуле

$$S'_{\text{расч}} = \sqrt{\sum P_2 + \sum Q_2}, \tag{4.40}$$

где $\sum P_2$ — суммарная активная составляющая нагрузки, создаваемой приборами и реле, Вт; $\sum Q_2$ — суммарная реактивная нагрузка, создаваемая приборами и реле, вар.

Если в данном случае $S'_{\text{расч}} > S_{2\text{ном}}$, то необходимо уменьшить нагрузку на трансформатор;

в) измерение тока холостого хода (х. х.). Эти измерения производят только в порядке определения причины неудовлетво-

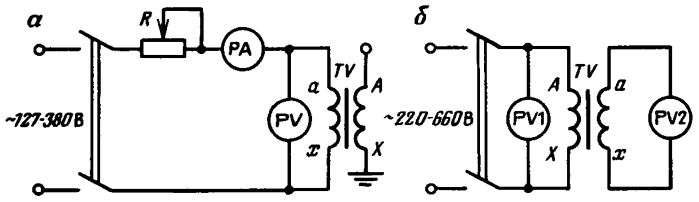


Рис. 4.13. Схемы проверки ИТН:

а — измерение тока холостого хода (*R* — реостат 200—300 Ом, 2А; *PA* — амперметр 2,5—5 А; *PV* — вольтметр 150 В); *б* — измерение коэффициента трансформации (*PV1* — вольтметр 750 В; *PV2* — вольтметр 7,5—30 В)

рительной работы ИТН. Ток х. х. (ток намагничивания) и потери х. х. измеряют на основной вторичной обмотке ИТН по схеме, показанной на рис. 4.13, *а*. Величины тока и потерь холостого хода не нормируются, но не должны более чем на 10—15 % отличаться от заводских данных или значений, полученных на других однотипных ИТН.

В качестве регулирующего устройства при измерениях лучше применять реостат, так как кривая тока в этом случае сохраняет форму синусоиды и ток намагничивания имеет величину, близкую к фактической. При использовании автотрансформатора необходимо учитывать, что измеренная величина тока будет меньше фактического тока намагничивания.

При измерении тока и потерь х. х. на первичной обмотке ИТН индуктируется ее номинальное напряжение (6 кВ), поэтому все работы следует производить по письменному наряду в строгом соответствии с требованиями техники безопасности при работе в сетях напряжением выше 1140 В.

Измерение тока х. х. ИТН, встроенных в ячейки типа РВД, в условиях подземных выработок не производится, так как их вторичные цепи заземлены внутри камер, залитых битумной мастикой, а изоляция цепей, от которых можно получить питание для схемы проверки (шахтные сети НН), контролируется реле утечки.

При наличии данных измерения потерь х. х. и напряжения к. з. можно установить наличие повреждений обмоток и сердечника;

г) измерение коэффициента трансформации и определение погрешности. Коэффициент трансформации ИТН подлежит измерению при вводе в эксплуатацию, если отсутствуют паспортные данные, и после капитального ремонта, но не реже 1 раза в 8 лет. Коэффициент трансформации однофазных ИТН измеряют по схеме, показанной на рис. 4.13, *б*, приборами класса 0,5.

У ИТН, к которым не подключены расчетные счетчики, измерение можно производить приборами класса 1.

Фактический коэффициент трансформации всегда несколько отличается от номинального из-за погрешности по величине и углу

сдвига фазы между первичным и вторичным напряжениями. Погрешность по величине напряжения — следствие падения напряжения на активном и индуктивном сопротивлениях обмоток. Погрешность по углу сдвига фазы обусловлена несовпадением по фазе падений напряжения с векторами первичного и вторичного напряжений. Величина погрешности зависит от величины намагничивающего тока ИТН и его вторичной нагрузки.

Погрешности ИТН $\Delta U_{\text{ТН}}$ в зависимости от класса точности при значениях первичного напряжения от 0,8 до 1,2 номинального и $\cos\varphi = 0{,}8$ во вторичной обмотке не должны превышать значений, приведенных в табл. 4.9. Погрешность напряжения ИТН в процентах определяется по формуле

$$\Delta U_{\text{ТН}} = \frac{K_{\text{ном}} U_2 - U_1}{U_1} 100, \qquad (4.41)$$

где $K_{\text{ном}}$ — номинальный коэффициент трансформации; U_1 — действительное первичное напряжение, В; U_2 — действительное вторичное напряжение, соответствующее приложенному напряжению при данных условиях измерения, В.

В соответствии с ПУЭ нагрузку на ИТН следует рассчитывать из условия работы в классах точности:

0,5 — при питании расчетных счетчиков и измерительных приборов класса 1 и 1,5; 1 — при питании измерительных приборов класса 2,5 и счетчиков технического учета; 3 — при питании измерительных приборов класса 4 и цепей релейной защиты.

При питании цепей оперативного тока допускается работа ИТН вне классов точности;

д) измерение сопротивления изоляции. Производят по методике, изложенной в разд. 2.4. Сопротивление изоляции обмотки и выводов ВН измеряют мегаомметром на напряжение 2500 В (величина сопротивления изоляции не нормируется). При новом включении измеренное сопротивление изоляции, приведенное к температуре заводских испытаний, должно быть не ниже 70 % значений заводских измерений. Для ИТН после капитального ремонта и заливки масла сопротивление изоляции обмотки ВН при 20 °С должно быть не менее 300 МОм.

Таблица 4.9

Пределы допускаемых погрешностей ИТН (ГОСТ 1983—77)

Класс точности ИТН	Предельные значения погрешности		
	напряжения, %	угловой	
		мин	градус
0,2	±0,2	±10	±0,3
0,5	±0,5	±20	±0,6
1,0	±1	±40	±1,2
3	±3	Не нормируется	

Для измерения сопротивления изоляции вторичных обмоток ИТН применяют мегаомметр на напряжение 500—1000 В. Сопротивление изоляции обмотки НН вместе с подсоединенными к ней цепями должно быть не менее 1 МОм для электрооборудования общего назначения и не менее 2 МОм для электрооборудования рудничного исполнения. Допускается измерение сопротивления изоляции обмотки НН мегаомметром на 2500 В. В этом случае испытание изоляции обмотки НН повышенным напряжением промышленной частоты не требуется;

е) измерение сопротивления обмоток постоянному току. Эти измерения необязательны, но их результаты могут быть использованы при комплексном рассмотрении результатов проверки для выявления возможных замыканий в обмотках. Отклонение измеренного сопротивления обмотки от паспортного значения или от сопротивления, измеренного на однотипном ИТН, не должно превышать 2 %. Методика измерений приведена в разд. 2.7;

ж) испытание изоляции обмотки и выводов ВН повышенным напряжением промышленной частоты. Эти испытания производят при новом включении перед спуском в шахту в порядке выполнения предмонтажной ревизии и испытаний в соответствии с указаниями, изложенными в разд. 2.5;

з) проверка заземления корпуса и вторичных обмоток ИТН. Для повышения безопасности обслуживания вторичные обмотки ИТН (их нулевая точка или один из выводов) должны быть заземлены. Заземление ИТН, работающих в разветвленных цепях на общие шины, осуществляют в одной точке этих шин. При этом соединенные с заземленным проводом выводы всех трансформаторов должны быть дополнительно заземлены через пробивной предохранитель. В цепи заземленных проводов не допускается установка рубильников, автоматов, предохранителей и других аппаратов, отделяющих заземление от какого либо участка вторичных цепей. Во избежание значительного увеличения индуктивного сопротивления не разрешается разделять одну цепь напряжения по разным соединительным кабелям.

Сечения медных соединительных проводов (жил кабелей) должны быть не менее 1,5 мм^2.

Вторичные цепи ИТН, работающие в разветвленных цепях на общие сборные шины, перед включением должны быть сфазированы с помощью вольтметра;

и) проверка состояния предохранителей. К сборным шинам ВН трансформаторы напряжения обычно присоединяют через предохранители. Однако предохранители почти не защищают ИТН и поэтому, если возникновение к. з. в цепи его первичной обмотки маловероятно и не представляет опасности для работы других присоединений, то на стороне ВН их можно не устанавливать. Вторичные обмотки ИТН и цепи напряжения от токов к. з. необходимо защищать предохранителями или автоматами. Для всех ответственных цепей напряжения предпочтение следует

отдавать автоматам. Плавкие вставки и уставки следует выбирать в соответствии с указаниями, приведенными в разд. 4. Вторичные цепи ИТН должны отключаться одновременно (или несколько раньше) с его первичной цепью. Это требование необязательно, если применен рубильник или выемной предохранитель, обеспечивающий видимый разрыв цепей. При установке автомата видимый разрыв может обеспечиваться снятием его крышки.

При проверке комплектных распредустройств типа РВД необходимо убедиться в исправном состоянии предохранителей в цепях ИТН и в соответствии их плавких вставок заводским данным (5А). Запрещается применять предохранители с некалиброванными вставками.

4.4.2. Измерительные трансформаторы тока

Режим работы ИТТ близок к режиму к. з. его вторичной обмотки. Полное сопротивление первичной обмотки ИТТ бесконечно мало по сравнению с сопротивлением цепи, в которую он включается, поэтому первичный ток ИТТ не зависит от его вторичной нагрузки. Полное сопротивление вторичной обмотки, наоборот, велико по сравнению с допускаемым значением сопротивления нагрузки, поэтому в широких пределах ее изменения ток во вторичной цепи зависит только от тока первичной цепи и не зависит от сопротивления нагрузки.

Конструктивно ИТТ состоит из первичной и одной или нескольких вторичных обмоток, индуктивно связанных с первичным ферромагнитным сердечником. Первичная обмотка ИТТ включается в рассечку контролируемой цепи. Ее изоляция должна быть выполнена с учетом полного напряжения сети относительно земли. Ко вторичным обмоткам подключают измерительные приборы и реле. Вторичные обмотки ИТТ заземляются. Основные технические данные ИТТ, применяемых в рудничном электрооборудовании, приведены в табл. 4.10. Особую категорию составляют встраиваемые в шахтные низковольтные электроаппараты ИТТ с искробезопасными выходами, которые используются в комплекте с искробезопасными приборами. Эти ИТТ здесь не рассматриваются, а указания по их РНИ изложены в разд. 3.8.

Основными параметрами, отражающими работу ИТТ как функционального преобразователя тока, являются: номинальное напряжение $U_{ном}$; номинальный первичный $I_{1ном}$ и вторичный ток $I_{2ном}$ обмоток ИТТ; номинальный коэффициент трансформации $K_т = I_{1ном}/I_{2ном}$; номинальная вторичная нагрузка $r_{2ном}$ или $S_{2ном}$ при коэффициенте мощности $\cos \varphi_2 = 0{,}8$ (пересчет вторичной нагрузки можно осуществлять по формуле $Z_{2ном} = S_{2ном}/I^2_{2ном}$); номинальный класс точности вторичной обмотки.

Способность ИТТ выдерживать без разрушения динамическое и термическое действие тока к. з. нормированной длительности характеризуется: током динамической стойкости $i_д$ или его крат-

Таблица 4.10

Техническая характеристика ИТТ

Тип трансформатора	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Класс сердечника	Номинальная вторичная нагрузка в классе точности								10 %-ная кратность насыщения	Устойчивость (кратность)	
		первичный	вторичный		0,5		1		3		10			термическая односекундная	динамическая
					Ом	В·А	Ом	В·А	Ом	В·А	Ом	В·А			
ТПЛ-10	10	5—400	5	0,5/Р	0,4	10	0,8	20	—	—	—	—	Н. д.	90	165—250
				1/Р	0,6	15	1	25	1,2	30	—	—			
ТВЛМ-6 *	6	10—400	5	1	—	—	0,6	—	—	—	—	—	6	50—85	90—250
				3	—	—	—	—	1,2	—	—	—			
ТОЛК-6 **	6	20—600	5	1	—	30	—	—	—	—	—	—	Н. д.	Н. д.	Н. д.

* Изготавливаются по ГОСТ 7746—78, применяются в ячейках РВД-6, ЯВ-6400.
** Изготавливаются по ТУ 16.517.913—75, применяются в ячейках КРУВ-6, КРУН-6.

ностью $K_д$ по отношению к амплитуде номинального тока; током термической стойкости $I_т$ или его кратностью $K_т$ по отношению к номинальному току.

Между значениями $i_д$ и $I_т$ должно быть соблюдено соотношение

$$i_д \geqslant 1{,}8\sqrt{2}I_т. \tag{4.42}$$

Если известна кратность односекундной термической стойкости $K_{т1}$, пересчет на другой заданный отрезок времени t, не превышающий 10 с, можно выполнить по формуле

$$K_{т1} = K_{т1}\sqrt{\frac{1}{t}}. \tag{4.43}$$

Класс точности определяют по допустимой токовой погрешности:

$$f_т = \frac{K_т I_2 - I_1}{I_1} 100. \tag{4.44}$$

При этом должны быть соблюдены условия: $\cos\varphi = 0{,}8$; сопротивление нагрузки $Z_{нагр} = (0{,}25 \div 1)\, Z_{НН}$ для ИТТ класса 0,2; 0,5; 1 и $Z_{нагр} = (0{,}5 \div 1)\, Z_{НН}$ для ИТТ класса 3 и 10.

Номинальное напряжение характеризует класс изоляции его первичной обмотки. Номинальный первичный ток характеризует исполнение ИТТ по длительно допустимому току первичной обмотки По номинальному вторичному току ИТТ делятся на пяти- и одноамперные.

Отношение указанных на паспорте ИТТ номинальных токов (первичного ко вторичному) называется номинальным коэффициентом трансформации ($K_т$). Различают также витковый и действительный (истинный) коэффициенты трансформации.

Витковый коэффициент трансформации ($K_в$) представляет собой отношение числа витков вторичной обмотки к числу витков первичной обмотки. Истинный коэффициент трансформации ($K_и$) определяется в каждом конкретном случае с учетом погрешностей ИТТ в заданном режиме работы. Разница между номинальным и истинным коэффициентом трансформации характеризуется токовой погрешностью $f_т$ — арифметической разностью величин вторичного и первичного токов, выраженной в процентах к первичному току. Согласно ГОСТ 7746—78

$$f_т = \frac{K_т I_2 - I_1}{I_1} 100 = \left(\frac{K_т}{K_и} - 1\right) 100\%. \tag{4.45}$$

Токовая погрешность считается положительной при $K_т I_2 > I_1$ и отрицательной при $K_т I_2 < I_1$.

Отклонение номинального коэффициента трансформации от виткового коэффициента характеризуется витковой поправкой

$$\Delta\beta = \frac{K_т - K_в}{K_в} 100\%, \tag{4.46}$$

которая для большинства ИТТ не превышает 3 % и при расчете больших погрешностей может не учитываться.

Ревизию, наладку и испытание ИТТ проводят в зависимости от конкретных условий эксплуатации ИТТ, их конструктивных особенностей и назначения. В полную программу РНИ входят:

а) внешний осмотр. При осмотре следует руководствоваться рекомендациями, изложенными в разд. 3.4—3.8 настоящего Руководства. Необходимо обращать внимание на состояние изоляции корпуса и контактных частей, выявлять повреждения;

б) проверка правильности применения. Проверку производят при пусковых и при необходимости периодических РНИ. ИТТ выбирают по номинальному напряжению, первичному и вторичному токам, классу точности, проверяют на термическую и электродинамическую стойкости при к. з. При выборе следует учитывать род установки (внутренняя, наружная) и особенности ее конструкции. Выбранный ИТТ должен удовлетворять следующим условиям:

$$U_{\text{ном тт}} \geqslant U_{\text{ном. уст}}; \tag{4.47}$$

$$I_{\text{ном тт}} \geqslant I_{\text{ном. уст}}; \tag{4.48}$$

$$\Delta_{\text{тт}} \geqslant \Delta; \tag{4.49}$$

$$Z_{2\text{ном}} \geqslant Z_2 \approx R_2, \tag{4.50}$$

где $U_{\text{ном. тт}}$, $I_{\text{ном тт}}$, $\Delta_{\text{тт}}$ — номинальные напряжение, ток и погрешность ИТТ соответственно; $U_{\text{ном. уст}}$, $I_{\text{ном. уст}}$ — номинальные напряжение и ток электроустановки; Δ — допускаемая погрешность измерений для данного вида электроприемников, включенных во вторичную обмотку ИТТ; $Z_{2\text{ном}}$ — номинальная нагрузка вторичной обмотки ИТН, Ом; Z_2 и R_2 — полное и активное сопротивления включенных во вторичную обмотку ИТТ электроприемников.

Согласно ГОСТ 7746—78 рабочее напряжение сети должно удовлетворять условиям:

номинальное напряжение, кВ	0,66	6	10
максимальное длительно допустимое рабочее напряжение, кВ	0,8	7,2	12

Номинальный ток нагрузки оптимально должен быть в пределах 75 % номинального тока ИТТ. В этом случае можно обеспечить работу ИТТ с допустимыми погрешностями и контролировать ток нагрузки в режиме допустимых длительных перегрузок.

Класс точности ИТТ выбирают исходя из требуемой точности измерения: для расчетных счетчиков необходим ИТТ класса 0,5; для электроизмерительных приборов класса 1 и 1,5 — класса 0,5; для электроизмерительных приборов класса 2,5 — класса 1. Необходимый класс точности ИТТ принимают согласно требованиям ЭП-12-3 и ЭП-12-7 (ПТЭ и ПТБ).

Таблица 4.11

Пределы допускаемых погрешностей ИТТ (ГОСТ 7746—78)

Класс точности ИТТ	Первичный ток $I_{1ном}$, %	Пределы допустимых погрешностей		Пределы вторичной нагрузки $Z_{2ном}$ с $\cos\varphi_2 = 0{,}8$, %
		токовой, %	угловой, мин	
0,2	20 100—120	±0,35 ±0,2	±15 ±10	25—100
0,5	20 100—120	±0,75 ±0,5	±45 ±30	25—100
1	20 100—120	±1,5 ±1,0	±90 ±60	25—100
3	50—120	±3	Не нормируется	50—100
5	50—120	±5	То же	50—100
10	50—120	±10	»	50—100

Пределы допустимых погрешностей вторичных обмоток ИТТ, используемых для измерений, в зависимости от класса точности должны соответствовать ГОСТ 7746—78 (табл. 4.11).

Пределы допустимых погрешностей для вторичных обмоток ИТТ, используемых для защиты, должны отвечать требованиям табл. 5 того же ГОСТа. Согласно руководящим указаниям по релейной защите, ошибка ИТТ при токе срабатывания защиты не должна превышать 10-% ную погрешность, при которой величина тока намагничивания не должна превышать 10 % величины первичного тока.

Для проверки ИТТ по перегрузочной способности при к. з. из условия допустимой погрешности необходимо знать величину действительной вторичной нагрузки.

Действительное сопротивление вторичной нагрузки определяют на переменном токе методом амперметра — вольтметра. Значение тока во вторичной цепи при этом должно соответствовать тому режиму нагрузки, для которого проверяется ИТТ.

Допускается сопротивление нагрузки измерять на постоянном токе, принимая

$$Z_{нагр} = 1{,}15 r_{нагр}, \qquad (4.51)$$

где $r_{нагр}$ — измеренное сопротивление цепи нагрузки постоянному току, Ом.

Если нельзя измерить сопротивление нагрузки, то его можно определить расчетным путем. Например, сопротивление проводов (Ом)

$$r_{пр} = l/jS, \qquad (4.52)$$

где l — длина, м; j — удельная проводимость, м/(Ом·мм^2), равная для меди 57; S — сечение, мм^2.

Сопротивление приборов и реле берется из каталога. Если для реле указана только потребляемая мощность, то его сопротивление определяют по выражению

$$Z_р = S/I^2, \tag{4.53}$$

где $Z_р$ — полное сопротивление реле, Ом; S — потребляемая мощность, В·А; I — ток, при котором задана S, А.

Полное сопротивление нагрузки определяют арифметическим суммированием полученных значений $r_{пр}$ и $Z_р$. Для учета переходных сопротивлений в контактах к величине $Z_р$ добавляется $r_{пер}$, равное 0,05 Ом.

Величину вторичной нагрузки определяют с учетом схемы соединения ИТТ и вида к. з. Данные для определения сопротивления нагрузки для некоторых схем соединения ИТТ и различных видов к. з. приведены в табл. 4.12. В расчетные формулы табл. 4.12 подставляют значения наиболее нагруженной фазы. Для измерительных цепей полученные значения должны быть не более паспортных значений выбранных ИТТ.

Для цепей релейной защиты заключение о пригодности ИТТ делается на основании сопоставления паспортных и фактических значений сопротивления нагрузки и кратности тока к. з., а также с помощью кривых 10 %-ных погрешностей. Для этого на оси абсцисс (ось сопротивлений нагрузки) откладывают фактическое значение сопротивления нагрузки $Z_{нагр}$ и восстанавливают перпендикуляр до пересечения с кривой 10 %-ной погрешности. Из точки пересечения проводят горизонталь до пересечения с осью ординат и находят кратность первичного тока, соответствующую работе ИТТ с 10 %-ной погрешностью при данном сопротивлении нагрузки. Эта величина должна быть больше или равна паспортному значению для данного ИТТ.

Если ИТТ не удовлетворяет по условию допустимой погрешности при к. з., то выбирают один из вариантов:

принимают ИТТ с большим коэффициентом трансформации;

ИТТ заменяют другим, с таким же коэффициентом трансформации, но с бо́льшим допустимым сопротивлением нагрузки;

уменьшают сопротивление нагрузки (увеличением сечения проводов, уменьшением числа включенных реле или их мощности потребления).

Проверку ИТТ по условиям динамической устойчивости при к. з. производят по формуле

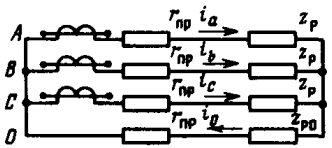
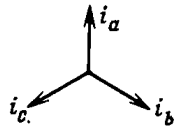
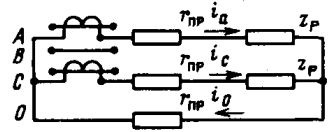
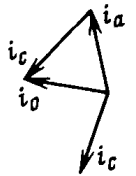
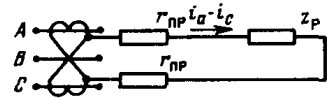
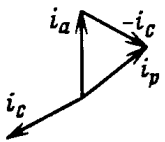
$$m_D = i_у/\sqrt{2}I_{1\,ном}, \tag{4.54}$$

где $i_у$ — амплитудное значение максимального ударного тока к. з.; $I_{1ном}$ — номинальный ток ИТТ.

Полученное значение кратности амплитуды ударного тока к. з. не должно быть больше паспортного. Выполнение условия динамической устойчивости, как правило, гарантирует термическую устойчивость ИТТ.

Таблица 4.12

Данные для определения нагрузки ИТТ

Схема соединения ИТТ и вторичной нагрузки	Векторная диаграмма токов в симметричном режиме	Вид короткого замыкания	Расчетная формула
		Трехфазное и двухфазное Однофазное	$Z_{нагр} = Z_{пр} + Z_р + r_{пер}$ $Z_{нагр} = 2r_{пр} + r_р + r_{рс} + r_{пер}$
		Трехфазное Двухфазное (AB или BC) Двухфазное CA	$Z_{нагр} = \sqrt{3}r_{пр} + Z_р + r_{пер}$ $Z_{нагр} = 2r_{пр} + Z_р + r_{пер}$ $Z_{нагр} = r_{пр} + r_р + r_{пер}$
		Трехфазное Двухфазное AC Двухфазное (AB и BC)	$Z_{нагр} = \sqrt{3}(2r_{пр} + Z_р) + r_{пер}$ $Z_{нагр} = 4r_{пр} + 2Z_р + r_{пер}$ $Z_{нагр} = 2r_{пр} + Z_р + r_{пер}$

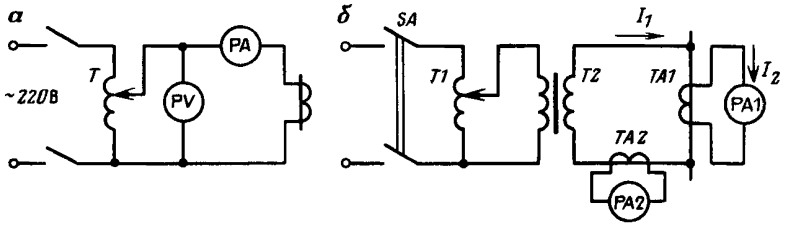


Рис. 4.14. Схемы проверки ИТТ

а — снятие вольт-амперной характеристики (*PV* — вольтметр 150—300 В; *PA* — амперметр 2,5—5 А; *T* — автотрансформатор ЛАТР-1); *б* — измерение коэффициента трансформации (*T1* — автотрансформатор ЛАТР-1; *T2* — нагрузочный трансформатор; *TA1* — испытуемый ИТТ; *TA2* — контрольный ИТТ; *PA1*, *PA2* — амперметры 2,5—5 А)

При выборе ИТТ следует также учитывать следующее: коэффициент трансформации ИТТ, к которым подсоединяются расчетные счетчики, должен быть таким, чтобы при 25 %-ной номинальной нагрузке линии ток во вторичной обмотке был более 0,5 А. ИТТ с номинальным вторичным током 1 А следует применять при установке присоединяемых приборов и реле на большом расстоянии от трансформаторов.

При последовательном соединении вторичных обмоток ИТТ с одинаковым классом точности и коэффициентами трансформации допустимые сопротивления нагрузки вторичной цепи увеличиваются вдвое, а при параллельном соединении — уменьшаются вдвое. Допускается последовательное включение вторичных обмоток трансформаторов тока с разными классами точности при условии одинаковых коэффициентов трансформации;

в) проверка заземления корпуса и вторичных обмоток ИТТ. В целях безопасного обслуживания вторичные обмотки ИТТ (один из выводов или нулевая точка двух трансформаторов) должны быть заземлены. В цепи заземляющих проводов не допускается установка коммутационных аппаратов. Проверку производят как внешним осмотром, так и с помощью омметра;

г) измерение коэффициента трансформации. Измерения производят при пусковых, при необходимости периодических РНИ, но не реже 1 раза в 3 года.

Схема измерения $K_т$ приведена на рис. 4.14, *а*. Ток в первичной обмотке ИТТ при этом должен быть не менее 20 % номинального, но не выше номинального. Измеренный коэффициент трансформации определяют по выражению

$$K_и = I_1/I_2 = K_т I_{1и}/I_{2и}, \qquad (4.55)$$

где $K_т$ — коэффициент трансформации контрольного ИТТ; $I_{1и}$, $I_{2и}$ — измеренные значения тока по амперметрам соответственно *PA1* и *PA2*.

Отклонения от номинального коэффициента трансформации $K_т$, указанного на щитке ИТТ, должны соответствовать требованиям завода-изготовителя. Так как в условиях наладочных работ не

всегда можно обеспечить достаточную точность измерений и строго синусоидальную форму тока, то это следует учитывать при измерениях. ИТТ надо браковать по результатам комплексного анализа всей совокупности данных, полученных при его испытании. Если обнаружено большое отклонение $K_и$ от $K_т$, но вольт-амперная характеристика в пределах нормы, то следует еще раз повторить измерения, проверив при этом правильность выполнения схемы и оценив возможную погрешность измерения;

д) измерение сопротивления изоляции. Измерение производят по методике, приведенной в разд. 2.4.

Сопротивление изоляции ИТТ измеряют относительно корпуса и между всеми обмотками. Для ИТТ с двумя сердечниками, например, должны быть произведены следующие измерения: ВН — (К + $НН_1$ + $НН_2$); $НН_1$ — (К + ВН + $НН_2$); $НН_2$ — (К + ВН + $НН_1$); ВН — $НН_1$; ВН — $НН_2$; $НН_1$ — $НН_2$.

Требования к сопротивлению изоляции ИТТ и их вторичных цепей те же, что и для ИТН (см. разд. 4.4.1, п. «д»).

В схемах ячеек УРВ и РВД первичные обмотки ИТТ имеют электрическую связь через обмотку ИТН, а вторичные обмотки заземлены внутри ячейки и залиты компаундом. Поэтому изоляцию первичных цепей ИТТ контролируют одним измерением на любом из ИТТ. При этом одновременно измеряют сопротивление изоляции обоих ИТТ и ИТН. Проверка сопротивления изоляции вторичных обмоток ИТТ в этих ячейках невозможна;

е) испытание повышенным напряжением частотой 50 Гц (см. разд. 4.4.1, п. «ж»);

ж) проверка полярности выводов обмоток ИТТ. Проверку производят при необходимости в соответствии с методикой, изложенной в разд. 2.10. Для ячеек типа РВД проверка осложняется невозможностью устранения связи между вторичными обмотками ИТТ. При правильно выполненной маркировке выводных концов ИТТ этих ячеек отклонения стрелки гальванометра должны соответствовать данным табл. 4.13. Источник тока под-

Таблица 4.13

Данные для проверки полярности выводов обмоток ИТТ

Зажимы гальванометра	Выводы ИТТ	Отклонение гальванометра	
		Фаза *А*	Фаза *С*
+ / —	5 / 7	Положительное	Нулевое
+ / —	5 / 6	То же	Отрицательное
+ / —	6 / 7	Нулевое	Положительное

ключают к стержням разъединителей. За начало первичной обмотки ИТТ принимают контактный стержень шинного разъединителя (верхний ряд). К нему присоединяется «+» источника. При проверке выключатель должен быть включен, а перемычки *5—8* и *6—9* сняты (см. схемы ячеек);

з) снятие характеристики намагничивания. Эту операцию производят только при необходимости определения неисправностей магнитопровода, обмоток, т. е. при уточнении причин, вызывающих неудовлетворительную работу ИТТ.

Характеристику намагничивания ИТТ $E_2 = f(I_0)$ при проверке заменяют его вольт-амперной характеристикой $U_2 = f(I_2)$, которая имеет такой же характер, но располагается несколько выше (на величину падения напряжения во вторичной обмотке).

Вольт-амперные характеристики ИТТ снимают при разомкнутой первичной обмотке.

Характеристики ИТТ, питающих цепи измерения, снимают по шести—восьми точкам до номинального тока вторичной обмотки.

Характеристики ИТТ, питающих цепи защиты, снимают до начала области насыщения:

$$I_2 = 0{,}1 I_{\text{к max}}/K_{\text{т}}. \tag{4.56}$$

Если для определения исправности ИТТ и пригодности его к работе в схеме защиты используют типовые характеристики намагничивания, то точки снятой характеристики приводят к типовой по формуле

$$E_2 = U_2 - \Delta U = U_2 - I_2 Z_2, \tag{4.57}$$

где Z_2 — сопротивление вторичной обмотки ИТТ.

При отсутствии каталожных данных значения полного Z_2 и индуктивного X_2 сопротивлений вторичной обмотки с достаточной для практических задач точностью могут быть получены из значения сопротивления вторичной обмотки, измеренного на постоянном токе, путем пересчета по формулам

$$Z_2 = \frac{r_2}{\cos \varphi_2} = 1{,}25 r_2; \quad X_2 = Z_2 \sin \varphi_2 = 0{,}75 r_2. \tag{4.58}$$

Угол вторичной обмотки ИТТ при этом принимается равным 37°.

Часто для сравнения применяют характеристики, полученные на однотипных ИТТ. В этом случае снятые характеристики к типовым не приводятся.

Для правильности оценки состояния ИТТ очень важно характеристики сравниваемых ИТТ снимать при одинаковых условиях. Допускаются отклонения точек снятой характеристики от типовой не более чем на 20 % при одинаковом общем характере кривых. При бóльших отклонениях, что свидетельствует о наличии повреждений обмоток или железа, включать ИТТ в работу не рекомендуется.

При оценке пригодности ИТТ для работы в схемах простых защит вычисляют напряжение на выводах ИТТ, необходимое для срабатывания защиты,

$$U_2 = I_{\text{с. з}} Z_{\text{нагр}} \qquad (4.59)$$

и полученную величину сравнивают с напряжением по снятой характеристике при токе намагничивания, равном току срабатывания защиты. Величина напряжения на характеристике должна быть больше необходимого напряжения по расчету.

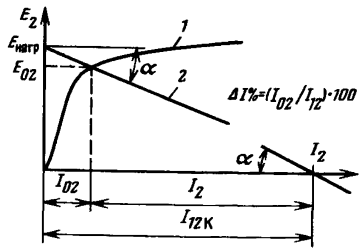


Рис. 4.15. Вольт-амперная (*1*) и нагрузочная (*2*) характеристики для определения погрешности ИТТ

Если проверка по кривым 10 %-ной погрешности дает отрицательный результат или близкий к критическому, либо отсутствуют кривые 10 %-ной погрешности для ИТТ данного типа, то пригодность его к работе в схеме защиты должна быть проверена путем построения нагрузочной характеристики ИТТ на снятой его вольт-амперной характеристике.

Нагрузочная характеристика (рис. 4.15)

$$E_{\text{нагр}} = I_{12} (Z_{\text{нагр}} + Z_2) \qquad (4.60)$$

при линейном характере сопротивления нагрузки $Z_{\text{нагр}}$ и вторичной обмотки Z_2 имеет вид прямой, пересекающей ось ординат E в точке, соответствующей

$$E_{\text{нагр}} = I_{12к} (Z_{\text{нагр}} + Z_2), \qquad (4.61)$$

под углом

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left[(Z_{\text{нагр}} + Z_2) \frac{M_U}{M_I} \right], \qquad (4.62)$$

где $I_{12к}$ — приведенный ко вторичной обмотке максимальный ток к. з., равный $I_{1к}/K_{тт}$; M_U и M_I — соответственно масштаб напряжения (мм/В) и тока (мм/А) при построении вольт-амперной характеристики.

Абсцисса точки пересечения нагрузочной характеристики с вольт-амперной определит величину тока намагничивания I_{02} при токе $I_{12к}$. Погрешность по току при этом определится как отношение $I_{02}/I_{12к}$ и должна быть $\leqslant 10$ %, т. е.

$$\Delta I\% = \frac{I_{02}}{I_{12к}} 100 \leqslant 10\%. \qquad (4.63)$$

Допустимые при этом упрощения ведут к некоторому увеличению запаса надежности работы ИТТ.

Проверку по допустимым погрешностям при к. з. ИТТ комплектных распредустройств производят только в том случае, если к ним подключаются дополнительные устройства защиты.

5. УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

5.1. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ЗАЩИТ И ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКИ ПОДЗЕМНЫХ ШАХТНЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Электрическая энергия в подземных выработках шахт должна распределяться только по радиальным линиям. Примерные схемы распределения и расстановки распределительной аппаратуры в шахтных сетях напряжением выше 1140 В приведены в ПТЭ.

Необходимость, достаточность и допустимые условия применения устройств защиты и автоматики в подземных электрических сетях определены требованиями § 382, 385, 387, 436—440, 443 ПБ, инструкциями к § 436, 438, 472 ПБ, инструкцией по выбору и проверке электрических аппаратов напряжением 3 и 6 кВ и § 446—449 ПТЭ. Устройства защиты и автоматики должны отвечать требованиям ПТЭ и ПТБ, если эти требования не противоречат ведомственным нормативным документам.

В схемах подземного электроснабжения применяют следующие основные виды защиты:

1) от токов к. з. (МТЗ и токовая отсечка);

2) от перегрузки;

3) от замыканий на землю (отсечка нулевой последовательности);

4) от понижения напряжения (минимальная и нулевая защита);

5) тепловая (температурная);

6) от опасных токов утечки на землю;

7) от поражения электрическим током людей. Эта защита согласно § 385 ПБ должна осуществляться с помощью защитного заземления (см. разд. 3.13), а в подземных электроустановках напряжением до 1140 В — кроме того, и с применением реле утечки с автоматическим отключением поврежденной сети.

В подземных электроустановках шахт используют дополнительные виды защиты:

а) от самопроизвольного включения аппарата при замыкании во внешних цепях управления и непрерывный контроль заземления. Эта защита должна обеспечиваться согласно § 443 ПБ схемами управления забойными машинами и механизмами;

б) от самовключения при превышении напряжения до 50 % выше номинального. Этот вид защиты необходимо применять в тупиковых выработках шахт, опасных по газу или пыли, согласно Инструкции к § 395 ПБ;

в) автоматический контроль безопасной величины сопротивления цепи заземления в цепях управления. Должен осуществляться согласно § 440 и 443 ПБ в коммутационных аппаратах для включения РПП участка и другого электрооборудования, расположенного в выработках с исходящей струей воздуха.

В современных электрических системах релейная защита тесно связана с электроавтоматикой, предназначенной для быстрого автоматического восстановления нормального режима и питания потребителей. К основным видам такой автоматики относятся автоматическое повторное включение (АПВ) однократного действия и автоматическое включение резервных источников питания и оборудования (АВР), применяемые согласно § 436 и 437 ПБ. К элементам электроавтоматики следует отнести также дистанционное, телемеханическое и автоматическое управление.

К устройствам АПВ и АВР, применяемым в подземных электрических сетях, предъявляются следующие требования:

несрабатывание при оперативном отключении выключателя (ручном, дистанционном или посредством устройств телемеханики и автоматики), а также при автоматическом отключении непосредственно после оперативного включения;

невозможность многократного включения при повреждении механизма привода или отказе любого контакта в схеме устройства;

автоматический, как правило, возврат устройства АПВ;

после отключения выключателя защитой от токов к. з. АПВ не допускается;

время АПВ должно быть не менее 2 с. Если такая выдержка на включение обеспечивается конструкцией привода или другими устройствами, то устройства АПВ и АВР могут срабатывать без выдержки времени.

Схемой должен предусматриваться запрет на действие устройств:

а) АПВ, установленных на выключателях питающих линий ЦПП, при остановке главных вентиляторов;

б) АПВ и АВР, установленных на выключателях отходящих присоединений ЦПП и РПП, при длительных (более 3 мин) перерывах питания;

в) АПВ, установленных на выключателях линий, которые проложены в тупиковых выработках и на исходящей струе на участке очистного забоя или подготовительной выработки шахты, опасной по газу, при отключении выключателей устройствами контроля проветривания и газовой защиты, а также при длительных (более 3 мин) перерывах питания.

Дистанционное, телемеханическое и автоматическое управление электроприемниками напряжением выше 1140 В должно соответствовать требованиям § 387 ПБ, до 1140 В — § 441 и 442 ПБ.

Дистанционное управление групповым аппаратом (ячейка, автомат, пускатель) в проветриваемых ВМП тупиковых выработ-

ках шахт, опасных по газу, должно осуществляться согласно инструкции к § 395 ПБ по трехпроводной схеме.

В подземных выработках шахт, опасных по внезапным выбросам, разрабатывающих крутые пласты, должно быть обеспечено дистанционное отключение согласно инструкции к § 393 ПБ.

Телеуправление вводными ячейками шахтных подземных подстанций допускается только при наличии встроенного блока АПВ с необходимыми блокировками.

Принцип работы, область применения, объем и методы РНИ основных устройств защиты и автоматики, применяемых в шахтных электроустановках, приведены ниже.

5.2. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Устройства релейной защиты и автоматики подземных электрических сетей должны обеспечивать высокую надежность работы, достаточную чувствительность их измерительных органов, необходимую быстроту действия, избирательность (селективность) действия.

Надежность работы устройств релейной защиты и автоматики в подземных сетях в связи с повышенной опасностью возникновения и развития аварийных режимов охватывает широкий круг специальных требований, основными из которых являются:

безотказность действия при возникновении на защищаемом участке аварийных режимов;

возможность отстройки от режимов переходных процессов при повреждениях вне зоны действия защиты и коммутационных переключениях.

Надежность устройств релейной защиты и автоматики принято характеризовать коэффициентом надежности $K_н$. Его значение зависит от конструктивных особенностей применяемых устройств защиты, допустимой погрешности их срабатывания и разброса срабатывания на уставках, погрешности измерений срабатывания защиты и определения параметров нагрузки, погрешностей и класса точности измерительных трансформаторов, качества монтажа, качества технического обслуживания устройств в периоды хранения и эксплуатации и других факторов.

При определении коэффициента надежности $K_н$ для конкретных условий допустимые погрешности суммируются (перемножаются их коэффициенты).

Для токовой защиты шахтных аппаратов согласно инструкции к § 438 ПБ $K_н$ следует принимать равным 1,2—1,4.

Для согласования смежных защит принимают наиболее тяжелый случай, когда погрешности защиты, расположенной ближе к месту к. з., увеличивают ее ток срабатывания $I_{ср1}$, а погрешности защиты, установленной ближе к источнику питания, действуют на уменьшение ее тока $I_{ср2}$. В этих условиях

$$I_{ср\,2} \geqslant K_н I_{ср\,1}. \qquad (5.1)$$

Чувствительность защиты характеризует ее способность реагировать на отклонение контролируемых параметров сети от их нормальных или заданных значений. Например, для защиты от токов к. з. коэффициент чувствительности

$$K_{\text{ч}} = I^{(2)}_{\text{к min}}/I_{\text{у}}, \tag{5.2}$$

где $I^{(2)}_{\text{к min}}$ — расчетный минимальный ток двухфазного металлического к. з. в электрически наиболее удаленной точке зоны действия защиты, А; $I_{\text{у}}$ — уставка тока срабатывания защиты, А.

Для понижающих трансформаторов 660—380/220—127 В $K_{\text{ч}}$ на стороне первичной обмотки следует определять с учетом коэффициента трансформации $K_{\text{т}}$ и схемы соединения обмоток:

а) схемы соединения первичной и вторичной обмоток одинаковые:

$$K_{\text{ч}} = I^{(2)}_{\text{к min}}/(K_{\text{т}} I_{\text{у}}); \tag{5.3}$$

б) схемы соединения обмоток различные (Д/У, У/Д)

$$K_{\text{ч}} = I^{(2)}_{\text{к min}}/(\sqrt{3} K_{\text{т}} I_{\text{у}}). \tag{5.4}$$

Если вышеуказанные условия не выполняются, то должны быть осуществлены рекомендуемые ПБ меры увеличения $K_{\text{ч}}$.

Для шахтных электрических сетей $K_{\text{ч}}$ определяют с учетом резервирования защиты смежного (последующего) участка сети (рис. 5.1).

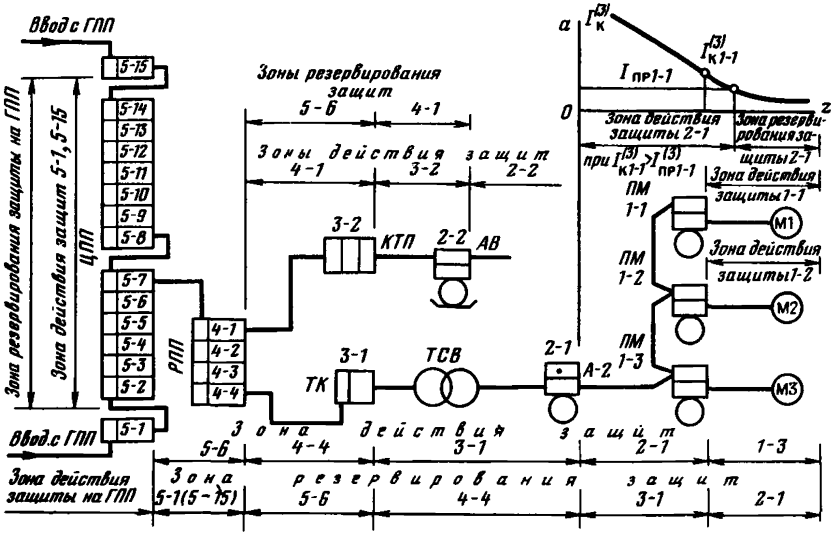


Рис. 5.1. Зона действия МТЗ в подземных сетях с учетом резервирования:

ТК — трансформаторная камера; *ПМ* — магнитный пускатель; *М1—М3* — электродвигатели; *АВ* — автоматический выключатель; *ТСВ* — силовой трансформатор. Под зоной действия МТЗ принято предельное сопротивление сети, при котором еще обеспечивается защита от действия токов к. з. с требуемым коэффициентом чувствительности

В сетях напряжением выше 1140 В следует принимать $K_ч \geqslant 2$, а для защит на питающих линиях ЦПП, РПП, силовых трансформаторов, а также в сетях напряжением до 1140 В — $K_ч \geqslant 1{,}5$.

Для магистральных линий и ответвлений напряжением до 1140 В, выполненных бронированными или экранированными кабелями, в отдельных случаях по согласованию с главным энергетиком объединения (комбината) допускается снижение $K_ч$ до 1,25.

Быстрота действия характеризуется временем, необходимым для срабатывания всех элементов защиты при аварийном режиме.

Полное время отключения повреждения $t_{откл}$ складывается из времени работы защиты $t_з$ и времени действия выключателя $t_в$, т. е. $t_{откл} = t_з + t_в$. Следовательно, для ускорения отключения нужно ускорять действие как защиты, так и выключателей.

Требование быстродействия в некоторых случаях является определяющим условием (например, в устройствах защиты от опасных утечек тока).

Допустимое время отключения зависит от ряда факторов и определяется для каждого конкретного вида устройств защиты и автоматики на основании специальных расчетов.

Селективность (или избирательность) — способность защиты избирательно отключать только поврежденный участок сети — достигается согласованием уставок защит по току и времени путем применения сложных видов защит (фильтровых дифференциальных, направленных, сопротивления и др.).

В подземных сетях селективность защиты от сверхтоков по времени недопустима. А так как применение сложных защит сопряжено с увеличением габаритов взрывобезопасного электрооборудования и усложнением его обслуживания, то в подземных сетях они распространения не получили.

Для согласования защит от междуфазных к. з. по току необходимо, чтобы кратность отношения токов срабатывания каждого из двух последовательно включенных аппаратов была $\geqslant 2$ (меньший ток у аппарата, расположенного дальше от источника питания). Однако выполнение этого условия для всей подземной сети ведет к чрезмерному загрублению защиты и недопустимому снижению коэффициента чувствительности. Более приемлемо для подземных сетей такое согласование защит, когда кроме защиты поврежденного участка сети допускается неселективное срабатывание защит между местом повреждения и источником питания.

Погрешность срабатывания $\Delta A_{ср}$ выражается отношением наибольшей разности между уставкой по шкале $A_ш$ и измеренной величиной срабатывания $A_{ср}$ к уставке по шкале:

$$\Delta A_{ср} = \frac{A_ш - A_{ср}}{A_ш} 100\,(\%). \qquad (5.5)$$

Погрешность срабатывания учитывается для реле со ступенчатой регулировкой срабатывания реле (табл. 5.1). Для реле

Таблица 5.1

Допустимые величины разброса и погрешности срабатывания устройств МТЗ

Устройства защиты	Параметры срабатывания, %	
	Разброс	Погрешность
Максимальные реле прямого действия, встроенные в приводы	$\leqslant\pm4$	$\leqslant\pm10$
Максимальные реле косвенного действия	$\leqslant\pm4$	$\leqslant\pm5$
Отсечка, встроенная в реле с зависимой характеристикой	$\leqslant\pm15$	Не более $\leqslant\pm30$
Устройства МТЗ при выпуске с завода	—	±10
Устройства МТЗ, находящиеся в эксплуатации, при проверке методом первичного тока	—	$\leqslant\pm15$

Примечание. В диапазонах температур от —10 до +15 °С и от 35 до 60 °С допускается дополнительная погрешность ±5 %.

с плавной регулировкой (поскольку настройка реле на заданную уставку всегда ведется по фактическим показаниям измерительных приборов, а не по шкале) она не учитывается.

Разброс срабатывания $\Delta A_р$ на уставке характеризуется отношением наибольшей разности между измеренными величинами срабатывания к их полусумме:

$$\Delta A_р = \frac{2(A_{ср.\,б} - A_{ср.\,м})}{A_{ср.\,б} + A_{ср.\,м}} 100\,(\%), \qquad (5.6)$$

где $A_{ср.\,б}$ и $A_{ср.\,м}$ — соответственно наибольшее и наименьшее измеренные значения срабатывания контролируемого параметра (тока, напряжения, времени и др.).

5.3. ЗАЩИТА ОТ ТОКОВ К. З.

Один из признаков возникновения к. з. — увеличение тока в линии. Этот признак используют для выполнения токовой защиты. Токовые защиты подразделяются на максимальные токовые защиты (МТЗ) и токовые отсечки. Главное различие между этими защитами заключается в способе обеспечения селективности: у МТЗ она обеспечивается с помощью выдержки времени, а у токовых отсечек — выбором тока срабатывания.

МТЗ — основной вид защиты. Принцип действия МТЗ — обеспечение селективности в радиальных сетях с односторонним питанием, что присуще подземным сетям.

Защита от токов к. з. в подземных сетях согласно § 436 и 437 должна применяться:

а) при напряжении выше 1140 В — для кабельных линий, трансформаторов и электродвигателей. На отходящих линиях ЦПП

и РПП-6 защита от токов к. з. должна быть мгновенного действия (без выдержки времени);

б) при напряжении до 1140 В — для трансформаторов и каждого отходящего от них присоединения (автоматами с МТЗ); для электродвигателей и питающих их кабелей (мгновенная или селективная в пределах до 0,2); для искроопасных цепей, отходящих от вторичных обмоток понизительного трансформатора, встроенного в аппарат.

Защита от токов к. з. осуществляется на всех ступенях напряжения во всех коммутационных аппаратах с помощью реле прямого или косвенного действия, предохранителей с плавкими вставками, специальными блоками УМЗ, ПМЗ и др. Защита, как правило, устанавливается в трех фазах. В двух фазах допускается установка устройств защиты с повышенной чувствительностью к несимметричным режимам. Защита от токов к. з., установленная со стороны питания, должна резервировать действие защиты смежного с ним участка сети в направлении удаления от источника питания (например, защита вводной ячейки ЦПП должна резервировать действие защиты каждого из отходящих присоединений ЦПП). На питающих линиях ЦПП и РПП, подключенных к шинам ГПП или другим источникам электроснабжения на поверхности, защиту от токов многофазных к. з. рекомендуется выполнять посредством реле с ограниченно зависимой выдержкой времени и отсечкой мгновенного действия. Защита от токов к. з. после срабатывания должна блокировать аппарат в выключенном положении. Деблокировка должна быть возможной только после открывания крышки аппарата.

Защита от к. з. обязательна для всех силовых кабельных линий, проложенных в подземных выработках (в том числе по стволам и скважинам), электродвигателей и питающих трансформаторов.

Допускается применение устройства автоматического частичного шунтирования обмоток токовых реле на время пуска. При этом должно обеспечиваться автоматическое ограничение времени шунтировки, а ток срабатывания МТЗ при зашунтированных обмотках не должен превышать 7,5 $I_{ном}$ ячейки.

5.3.1. Общие указания по РНИ защит от токов к. з.

Защита подземных электроустановок от токов к. з. осуществляется электромагнитными токовыми реле прямого и косвенного действия, специальными блоками защит УМЗ, ПМЗ, БМЗ, а также плавкими предохранителями, которые встраиваются в РУ, автоматические выключатели, магнитные пускатели, станции управления, аппаратуру автоматизации и т. д.

В объем проверки МТЗ шахтных аппаратов входит:

а) чистка всех элементов реле защиты от ржавчины, удаление влаги и пыли, подтяжка элементов крепления и контактных соединений, смазка трущихся частей;

б) проверка электрической схемы включения реле защиты;

в) регулировка реле защиты;

г) проверка сопротивления изоляции реле и цепей защиты;

д) проверка шкалы реле защиты;

е) проверка выбора уставок защиты;

ж) настройка защиты на расчетные (заданные) уставки;

з) испытание действия защиты на отключение выключателя методом первичного или вторичного тока от постороннего источника (на рабочей уставке).

Проверку в полном объеме рекомендуется производить на поверхности перед спуском аппаратов в шахту. В этом случае перед включением аппарата в сеть допускается не проверять защиту на месте его установки, если время с момента проверки аппарата на поверхности до момента его включения в сеть не превышает двух недель. Если данное условие не выполняется, то перед включением аппарата в сеть необходимо дополнительно проверить МТЗ в вышеуказанном объеме.

Испытание методом вторичного тока допускается при больших значениях тока срабатывания защиты, когда мощность нагрузочного устройства недостаточна для испытания действия защиты на отключение выключателя методом первичного тока. Однако в этом случае после настройки реле на заданную уставку обязательно должна быть выполнена проверка действия защиты на отключение выключателя методом первичного тока на одной из уставок реле, для которой мощность нагрузочного устройства окажется достаточной.

Метод проверки шкалы реле вторичным током имеет следующие преимущества:

в несколько раз снижается потребляемая мощность схемы проверки и соответственно масса и габариты применяемой аппаратуры;

повышается плавность регулировки тока и точность измерения параметров срабатывания реле;

проверку можно производить вдали от коммутационного аппарата и даже на поверхности шахты.

При проверке вне коммутационного аппарата корпус блока реле должен быть закреплен так, чтобы сердечники реле находились в вертикальном положении.

На присоединениях, нагрузка которых непостоянна, при периодической наладке, кроме настройки реле на заданные уставки, рекомендуется проверять ток срабатывания защиты на смежных с рабочей уставках шкалы реле (меньшей и большей). Если хотя бы на одной из проверенных уставок значения погрешности или разброса срабатывания окажутся неудовлетворительными, то шкалу реле необходимо проверить на всех уставках.

Работы по испытанию МТЗ следует производить в строгом соответствии с требованиями § 470, 471 и 472 ПБ.

Перед началом периодических работ по ревизии и наладке высоковольтных КРУ необходимо произвести предварительную проверку устройств защиты.

В объем предварительной проверки входит выполнение работ по п. «з» с одновременным измерением тока срабатывания защиты и вычислением погрешности срабатывания защиты (разброса срабатывания реле). Для реле со ступенчатой регулировкой тока вычисляют погрешность срабатывания защиты, а для реле с плавной регулировкой — разброс срабатывания реле на рабочей уставке. По результатам проверки уточняют объем наладки. Если отклонения измеренного при предварительной проверке тока срабатывания защиты от тока уставки или данных предыдущей проверки не превышают 8—10 %, то проверку можно производить в сокращенном объеме по пп. «а», «г», «е», «ж» и «з». При этом изоляцию реле и цепей защиты проверяют при собранной схеме одним измерением, а работу по п. «а» выполняют без разборки реле.

При неудовлетворительных результатах проверки в сокращенном объеме должен быть осуществлен полный объем работ.

Все работы по проверке защиты, кроме предварительной проверки, должны быть выполнены после ревизии и регулировки механической части выключателя и привода.

Предварительная проверка не производится, если при выводе присоединения в наладку выявлены повреждения выключателя, привода или его схемы управления, препятствующие их нормальной работе.

При работе возле включенного привода необходимо постоянно помнить о высокой опасности подвижных узлов и деталей привода, находящихся под воздействием энергии сжатых отключающих и включающих пружин привода и выключателя. При работе в токовых цепях защиты необходимо учитывать опасность возникновения высокого напряжения на разомкнутых концах трансформаторов тока. При подаче питания в схему привода от постороннего источника должна быть исключена возможность обратной трансформации на трансформаторе напряжения. При каждом включении и отключении напряжения следует подавать предупреждающую команду голосом. Действия всех членов бригады должны быть согласованы и строго подчинены распоряжениям производителя работ.

Проверку МТЗ КРУ, установленных за пределами околоствольных дворов шахт, опасных по внезапным выбросам угля и газа, приборами общего применения разрешается производить при условии соблюдения следующих дополнительных мероприятий, обеспечивающих безопасность работ.

1. КРУ должно быть установлено в камере, проветриваемой свежей струей воздуха, на расстоянии не менее 600 м от забоев пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа.

2. Проверку следует проводить в сменах, когда не производятся работы по добыче угля, проходке горных выработок и вы-

полнению противовыбросных мероприятий, причем не ранее чем через 4 ч после сотрясательных взрываний.

3. На протяжении всей работы должен быть обеспечен непрерывный контроль надзором ВТБ содержания метана в месте установки проверяемого аппарата. При обнаружении содержания метана более 0,5 % все работы по проверке защиты должны быть прекращены, а схема проверки отключена от сети в пункте питания.

4. Работы должны производить бригады наладочных организаций по письменному наряду в соответствии с инструкцией к § 470 ПБ, согласованному (визой на обоих бланках) с руководителем службы ВТБ шахты. Кроме того, должны быть составлены и утверждены главным инженером шахты организационно-технические мероприятия по безопасности работ.

5. Руководство работами должно осуществлять ответственное лицо с квалификационной группой V по технике безопасности. Квалификационные группы у членов бригады должны быть не ниже IV.

6. В квалификационных удостоверениях лиц, производящих работы, должна быть запись о разрешении проведения специальных работ в шахтах, опасных по внезапным выбросам.

5.3.2. Поверочные расчеты защиты от токов к. з.

При выполнении РНИ заказчик обязан предоставить исполнителю вместе с однолинейной схемой электроснабжения, скорректированной по состоянию на начало наладки, значения уставок реле защиты распределительных пусковых аппаратов, а также мощности или тока трехфазного к. з. на шинах подстанций и минимального двухфазного к. з. для наиболее электрически удаленных электроприемников.

По полученным у заказчика данным с учетом конкретных условий монтажа и эксплуатации исполнитель выполняет поверочный расчет уставок защиты по методике, приведенной в инструкции к § 438 ПБ и Инструкции по выбору и проверке электрических аппаратов напряжением 3 и 6 кВ ПТЭ.

Поверочный расчет токов к. з. в подземных сетях в объем РНИ не входит, но в случае необходимости может быть произведен наладочной организацией по отдельному заказу. Все выявленные при этом отклонения от исходных данных и требований действующих нормативных документов исполнитель обязан согласовать с заказчиком. О неустраненных разногласиях исполнитель обязан уведомить письменно заказчика и вышестоящую инстанцию (энергетика производственного объединения).

5.3.3. Защита плавкими предохранителями

В рудничную электроаппаратуру встраиваются предохранители различных типов. В программу РНИ защиты плавкими предохранителями входят проверка состояния предохранителя внешним

осмотром и правильности выбора плавкой вставки и патрона предохранителя в соответствии с указаниями, приведенными в 5.3.2. Патрон предохранителя должен иметь надежный контакт с пружинными губками на панели. Составные части предохранителя не должны иметь механических повреждений. Номинальный ток патрона предохранителя должен быть больше или равен току плавкой вставки. Плавкие вставки должны быть только заводского исполнения (калиброванные).

5.3.4. Защита первичными токовыми реле прямого действия

Максимальные токовые реле прямого действия, встраиваемые в фидерные автоматы и магнитные пускатели, по способу включения относятся к первичным реле, так как включаются непосредственно на рабочее напряжение и ток защищаемой цепи, и их чаще называют максимальными расцепителями (рис. 5.2). Этот вид токовой защиты применяют в фидерных автоматах серий АВ, АФВ, в пускателях ПМВИ-61.

Максимальные расцепители работают следующим образом. При токах в силовой шине-обмотке *2*, превышающих ток уставки расцепителя (устанавливается по шкале), якорь *5* притягивается к сердечнику *1*, преодолевая натяжение пружины *4*, и своим бойком ударяет по скобе отключающего валика *6*. Происходит отключение автомата (пускателя).

Для косвенной проверки работоспособности обоих максимальных расцепителей на их сердечниках предусмотрены контрольные катушки *3* (проверочные обмотки), которые включаются от поворота кнопки (или штурвальчика) на корпусе автомата (пускателя). Контрольные катушки рассчитаны на срабатывание расцепителей при напряжении не ниже 90 % номинального.

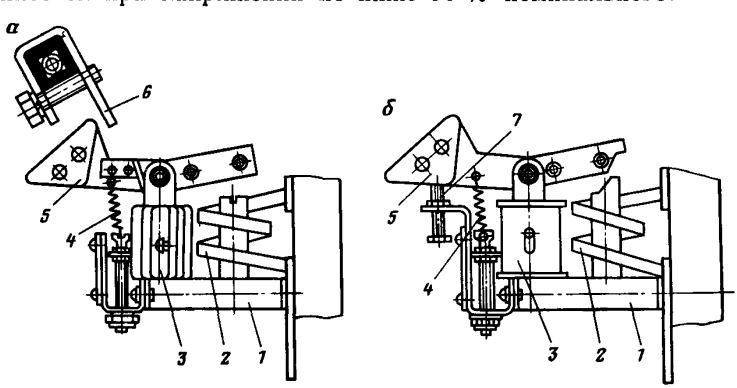


Рис. 5.2. Максимальный расцепитель фидерных автоматов АФВ и магнитных пускателей ПМВИ:

а — первых выпусков; *б* — последних выпусков

ТО и РНИ максимальных расцепителей производят в соответствии с указаниями, изложенными в разд. 5.3.1, и следующими дополнительными.

1. Ревизию расцепителей производят перед спуском в шахту со вскрытием оболочки пускателя (автомата). При осмотре пружин с них удаляют влагу, грязь и коррозию. Регулировочные гайки, винты и пружины смазывают жидкой смазкой, после чего гайки прогоняют по винтам. Шкалы токовых уставок очищают ветошью, смоченной в бензине, до отчетливой видимости меток и цифр, а затем смазывают тонким слоем густой смазки. Производят поджатие всех винтовых и контактных соединений, особенно контактов шин-обмоток (катушек), и осмотр состояния контрольных катушек. Проверяют легкость поворота якорей и их самовозврат в исходное (отключенное) положение. Если необходимо, смазывают и прорабатывают вращением вручную, проверяют действие максимальных расцепителей. Для этого включают автомат и плавно вручную поочередно поворачивают якоря реле. При каждом повороте автомат должен четко отключаться и становиться на защелку механической блокировки. Положение якоря регулируют винтами *7*.

2. Для проверки МТЗ косвенным методом отключают напряжение с проверяемого автомата (пускателя), снимают крышку, устанавливают указатель на обоих реле максимального тока против контрольной отметки (например, «380» или «660» — соответственно фактической величине питающего напряжения), закрывают крышку автомата (пускателя), подают на него напряжение и включают. Повернув рукоятку проверки в положение, соответствующее проверяемому реле, отмечают, сработал ли автомат (пускатель). Время удержания рукоятки в положении проверки не должно превышать 1—2 с. МТЗ исправно, если ее срабатывание происходит при первом повороте рукоятки. Если срабатывание максимальных реле происходит нечетко, то проверяют активное сопротивление этих катушек, которое должно составлять 90—115 % номинального.

3. Если на месте установки автомата (пускателя), испытание защиты первичным током провести нельзя (из-за наличия метана или пыли), то расцепители снимают и испытывают в выработке (камере) с хорошим проветриванием или на поверхности.

Порядок испытания МТЗ:

собрать схему испытания по одному из вариантов, приведенных на рис. 5.3;

подключить разъединитель к отдельному свободному коммутирующему аппарату. При отсутствии свободного аппарата автомат *SF* можно подключить к кабелю, питающему испытуемый автомат (пускатель). При этом кабель отключают от вводных зажимов автомата (пускателя), а неиспользуемые жилы изолируют;

подключить выход собранной испытательной схемы к зажимам максимального реле автомата (пускателя);

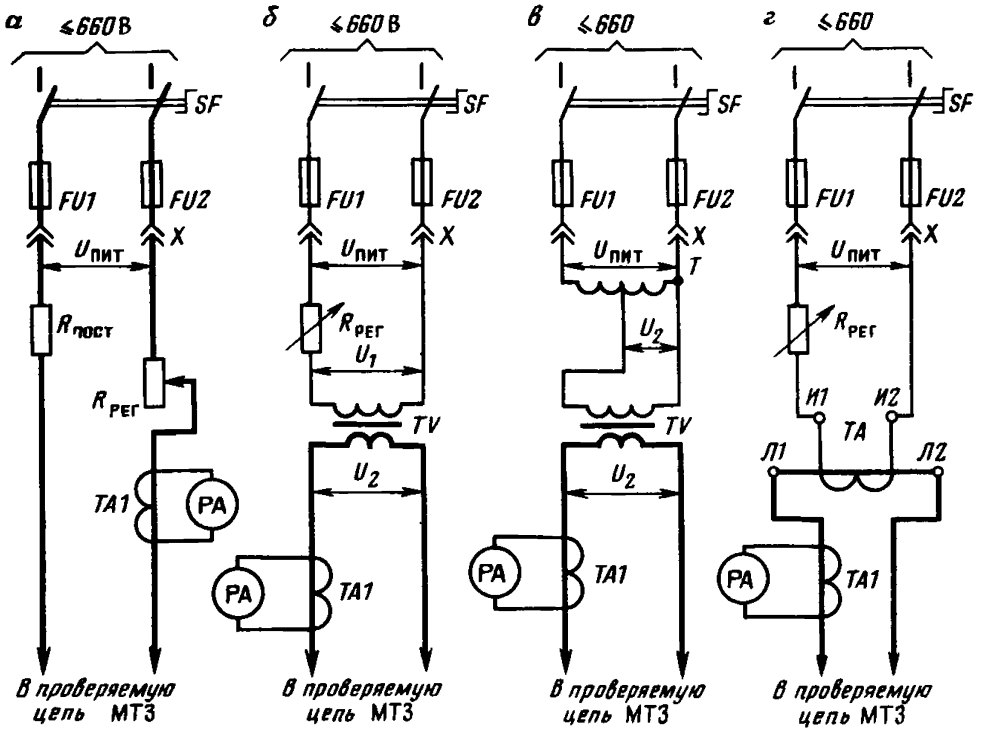


Рис. 5.3. Принципиальные схемы проверки шкалы токовых реле с помощью: *а* — резисторов $R_{пост}$ и $R_{рег}$; *б* — нагрузочного трансформатора *TV* и регулировочного резистора $R_{рег}$; *в* — нагрузочного трансформатора *TV* и регулировочного автотрансформатора *T*; *г* — нагрузочного трансформатора тока *TA* и регулировочного резистора $R_{рег}$

установить указатель шкалы реле на минимальную по шкале уставку тока срабатывания;

установить рукоятку регулировочного реостата $R_{рег}$ или автотрансформатор T в положение, соответствующее минимальной величине тока на выходе схемы;

включить испытуемый автомат (пускатель);

подать напряжение на автомат SF и включить его;

повышая ток в цепи реле перемещением рукоятки реостата $R_{рег}$ или автотрансформатора T, добиться отключения автомата (пускателя);

не меняя положения рукоятки реостата $R_{рег}$ или автотрансформатора T, толчками не менее трех раз отключить и включить автомат SF. При каждом включении SF автомат (пускатель) должен четко отключаться. Ток, при котором происходит четкое отключение, считают током срабатывания реле. Срабатывание реле рекомендуется фиксировать посредством омметра или сигнальной лампы, включенных через контакт реле.

Аналогично проверяют реле на остальных уставках тока срабатывания.

По данным проверки и формуле (5.5) определяют погрешность срабатывания реле. Если погрешность превышает ± 15 %, то

реле должно быть подвергнуто регулировке или ремонту. Регулировку токов срабатывания реле производят натяжением пружины в соответствии с градуировкой шкалы.

В схеме на рис. 5.3, *а* в качестве резистора $R_{пост}$ может быть использован, например, ящик сопротивлений. Величину сопротивления $R_{пост}$ (Ом) определяют по известным величинам напряжения питания $U_{пит}$ и уставке тока срабатывания $I_{ср}$ испытуемого реле

$$R_{пост} \leqslant U_{пит}/1{,}2I_{ср}. \qquad (5.7)$$

Сопротивление регулируемого резистора $R_{рег}$ (Ом) при известном $R_{пост}$ находят по формуле

$$R_{рег} \geqslant 1{,}2U_{пит}/(I_{возвр} - R_{пост}), \qquad (5.8)$$

где $I_{возвр}$ — ток возврата испытуемого реле.

Сопротивления $R_{пост}$ и $R_{рег}$ должны быть рассчитаны на длительное протекание тока $I_{ср}$, и поэтому их следует выбирать по условию

$$I_{доп} \geqslant I_{ср}, \qquad (5.9)$$

где $I_{доп}$ — длительно допускаемый ток резистора.

Схему, показанную на рис. 5.3, *а*, обычно применяют в тех случаях, когда ток срабатывания не превышает 40—50 А (реже до 100 А).

При бóльших токах более удобны схемы с нагрузочным трансформатором *TV* (рис. 5.3, *б* и *в*). Для регулирования тока первичную обмотку подключают к сети через резистор $R_{рег}$ (см. рис. 5.3, *б*) или через регулировочный автотрансформатор *T*, например типа ЛАТР-1 (см. рис. 5.3, *в*).

В качестве нагрузочного трансформатора могут быть использованы специально изготовленные, а также сварочные трансформаторы или обычные измерительные трансформаторы тока (лучше всего многовитковые с коэффициентом трансформации 200/5 или 500/5).

Трансформатор тока *TA*, используемый в качестве нагрузочного (рис. 5.3, *г*), включается вторичной обмоткой (5 А) в сеть через регулировочный реостат $R_{рег}$, а первичный — в цепь катушки испытуемого реле.

Необходимое добавочное сопротивление $R_{рег}$ рассчитывают по формулам:

для схемы на рис. 5.3, *б*

$$R_{рег} \geqslant 1{,}2K_{т\,н}\frac{U_{пит}}{I_{возвр}}, \qquad (5.10)$$

где $K_{тн} = U_1/U_2$ — коэффициент трансформации нагрузочного трансформатора;

для схемы на рис. 5.3, *г*

$$R_{рег} \geqslant 1{,}2K_{т\,т}\frac{U_{пит}}{I_{возвр}}, \qquad (5.11)$$

где $K_{тт}$ — коэффициент трансформации трансформатора тока *TA*.

Испытание этого вида МТЗ в подземных условиях шахт, опасных по газу или пыли, можно производить также с помощью специального устройства типа «Импульс-2» по методике, изложенной в разд. 2.2.4.

5.3.5. Защита вторичными токовыми реле прямого действия (ячейки КРУВ-6 и КРУРН-6)

Максимальные токовые реле прямого действия типа РТМ, встраиваемые в приводы выключателя ВЭВ-6 ячеек КРУВ-6 и КРУРН-6, по способу включения относятся ко вторичным реле, так как подключаются к защищаемой цепи через ИТТ. Технические данные реле РТМ приведены в табл. 5.2, а конструкция — на рис. 5.4.

При ревизии максимальных реле с полной их разборкой следует удалить консервирующую смазку, проверить исправность всех деталей и правильность сборки всех узлов. Дефекты латунных гильз (погнутости, вмятины, перекосы) надо исправлять на специальной медной или латунной оправе. Заусенцы на разрезных гильзах устраняют мелким напильником или надфилем.

Необходимо проверить качество и правильность сборки бойков и их центровку относительно оси контрполюса. Погнутые бойки исправляют на ровной плите с применением деревянной

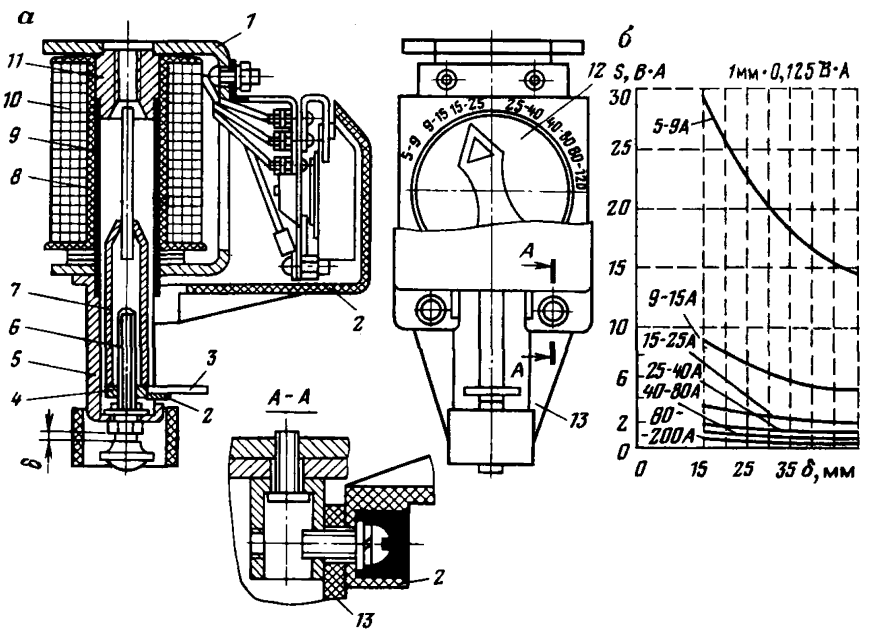


Рис. 5.4. Реле РТМ ячеек КРУВ-6 и КРУРН-6:

а — конструкция реле; *б* — графики зависимости потребляемой реле РТМ мощности от величины воздушного зазора (при токе 5 А на всех уставках); *1* — магнитопровод; *2* — колпак; *3* — указатель; *4*, *6* — упоры; *5*, *13* — стаканы; *7* — сердечник; *8* — каркас; *9* — гильза; *10* — катушка; *11* — контрполюс; *12* — переключатель числа витков

Таблица 5.2

Технические данные реле РТМ

№ секции катушки	Число витков	Сопротивление, Ом (±10 %)	Уставка тока, А	Воздушный зазор, мм	Потребляемая мощность (В·А) при положении сердечника	
					притянутом	отпущенном
1	250	0,249	5—9	30—45	57—120	19,75—52
2	140	0,127	9—15	30—42	67,5—151,5	20,7—48
3	84	0,072	15—25	28—42	72—155	25,5—65
4	50	0,040	25—40	30—45	72,5—175	33—80
5	30	0,025	40—80	30—42	92—320	47—208
6	17	0,015	80—120	18—31	188—1010	133—800

Примечание. Обмоточный провод ПБД (ПСД) диаметром 1,87 мм, массой 1 м — 0,88 кг.

накладки. На боковой поверхности бойка не должно быть царапин, заусенцев, раковин и вмятин. Для систем, у которых шток бойка связан с сердечником, проверить качество резьбовых соединений, наличие и надежность затяжки контргаек, отсутствие эксцентричности в заточках и рассверловке контрполюса и сердечника. Если головкой бойка является специальная гайка, то необходимо проверить отсутствие самопроизвольного проворачивания.

На рабочих поверхностях контрполюса и сердечника не должно быть заусенцев, ржавчины и повреждений антикоррозионного покрытия. Детали с поврежденным защитным покрытием заменить исправными. Дефекты деталей с антикоррозионным покрытием надо устранить в лабораторных условиях.

Проверить наличие латунных шайб (у некоторых реле — кольца) между контрполюсом и сердечником, а также между сердечником и крышкой, если крышка стальная.

Проверить отсутствие сколов и трещин в изолирующих деталях, следов перегрева и старения изоляции обмоток. Для реле, у которых обмотка выполнена с отпайками, проверить исправность переключающего устройства, надежность контактов во всех его положениях и отсутствие перемыкания соседних контактов при фиксированных положениях переключателя.

Шкала реле РТМ разбита на шесть диапазонов: 5—9 А; 9—15 А; 15—25 А; 25—40 А; 40—80 А; 80—200 А.

Для изменения уставок реле РТМ применяют комбинированное регулирование: ступенчатое (изменением числа витков катушки переключателем *12*) и плавное регулирование тока между ступенями (изменением воздушного зазора между сердечником *7* и контрполюсом *11* с помощью упоров *4* и *6*).

При прохождении через катушку РТМ тока, равного или превышающего ток уставки, реле срабатывает мгновенно.

Испытание реле РТМ производят по одной из схем (см. рис. 5.3). При испытании, медленно увеличивая ток, зафиксировать его

величину по амперметру в момент, соответствующий току трогания реле. Максимально допустимое отклонение величин тока срабатывания реле от данных предыдущего испытания ±5 %. Погрешность измерения тока срабатывания для реле прямого действия при проверке защиты не должна превышать 5 %.

При настройке релейной защиты следует учитывать потребляемую РТМ мощность по графику (см. рис. 5.4, *б* и табл. 5.2).

Упрощенная принципиальная схема МТЗ с применением РТМ в шкафах вводных, секционных и отходящих присоединений КРУВ-6 и КРУРН-6 показана на рис. 5.5.

Устройство МТЗ выполнено с применением специальных ИТТ, с двумя вторичными обмотками, одна из которых измерительная, другая — дополнительная.

К измерительным обмоткам ИТТ подключены реле *FA6* и *FA7*, встроенные в привод выключателя. Реле имеют комбинированную ступенчато-плавную регулировку уставки срабатывания и осуществляют мгновенную (без выдержки времени) защиту от токов к. з. Они воздействуют через рычажную передачу непосредственно на замок отключения выключателя.

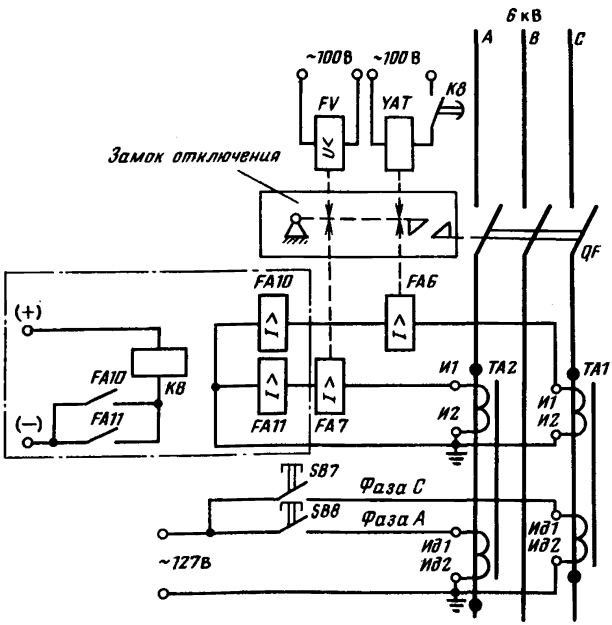
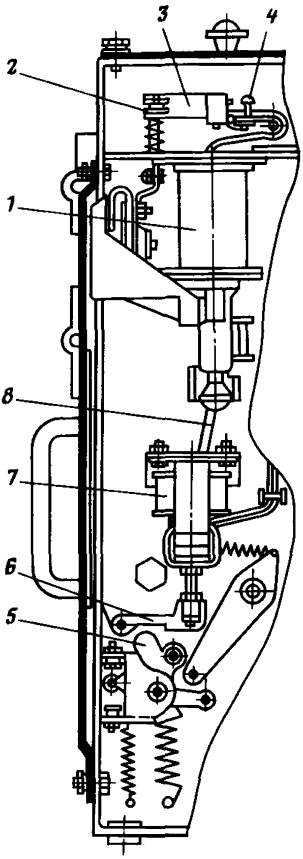


Рис. 5.5. Упрощенная схема МТЗ и защита от перегрузок в шкафах КРУВ-6 и КРУРН-6

Рис. 5.6. Узел регулировки срабатывания МТЗ ячеек КРУВ-6:

1 — реле РТМ; *2* — гайки регулирования положения контактов РТМ; *3* — контакты реле РТМ; *4* — регулировочный винт; *5* — молоток; *6* — собачка; *7* — электромагнит отключения; *8* — тяга



РНИ МТЗ ячеек КРУВ-6 и КРУРН-6 следует производить в соответствии с общими указаниями (см. разд. 5.3.1) и дополнительными условиями:

а) на дополнительных обмотках ИТТ ($И_{д1}$, $И_{д2}$) выполнено устройство проверки функционирования МТЗ с помощью кнопок *SB7* и *SB8*, установленных на двери камеры выключателя. При их нажатии от ИТН на дополнительные обмотки ИТТ подается напряжение ~127 В. Индуктированная при этом в измерительной обмотке ИТТ $И_1$, $И_2$ э. д. с. вызывает срабатывание реле *FA6* или *FA7* и отключение выключателя.

Предварительную проверку функционирования МТЗ производят при всех видах РНИ. Перед проверкой переключатели на реле РТМ необходимо поставить на уставку 5—9 А. Затем при включенном выключателе *QF* надо поочередно нажать кнопки *SB7* и *SB8* (при этом должны сработать реле *FA6* и *FA7* соответственно) и отключить выключатель *QF*. Если защита исправна, то на сигнальном табло загораются лампы «Отключено», «Авария» («Неисправность»).

Во избежание перегорания предохранителя в цепи ИТН не допускается нажимать на кнопки *SB7* и *SB8* одновременно. Интервал между очередными проверками должен быть не менее 5 мин;

б) для регулировки положения контактов РТМ и воздействия его на замок отключения в приводах выключателей ВЭВ-6 необходимо вывинтить винт *4* (рис. 5.6) и включить выключатель, поворачивая его вал вручную. Поднять сердечник реле в верхнее крайнее положение. Удерживая его в таком положении и вывинчивая—отвинчивая гайки *2*, установить контакты *3* реле так, чтобы произошло их переключение, и затянуть контргайки. В таком положении завинчивать винт *4* до тех пор, пока собачка *6* не освободит молоток *5* и не произойдет отключение выключателя, после чего повернуть винт еще на один оборот;

в) проверку погрешностей МТЗ ячеек КРУВ-6 и КРУРН-6 методом первичного тока производят на уставках и при токах

Таблица 5.3

Уставки и токи для проверки погрешности максимальной токовой защиты первичным током

$I_{ном}$ шкафа КРУ, А	$K_т$ встроенного ИТТ	Вторичный ток ИТТ при номинальной нагрузке, А	Пределы измерения амперметров, А	Реле защиты от токов к. з.		Ток в первичной цепи, соответствующий уставке реле, А *	Реле защиты от перегрузки			
				Уставка по шкале, А	Ток настройки, А		Исполнение реле (тип)	Соединение обмоток реле	Уставка реле, А	Ток срабатывания реле, А
20	100/5	1	0—100	40—80	60	1200	РТ 40/2	Параллельное	0,7	1,4
32	100/5	1,5	0—100	40—80	60	1200	РТ 40/2	»	1,0	2,0
40	100/5	2	0—100	40—80	60	1200	РТ 40/6	Последовательное	3,0	3,0
50	100/5	2,5	0—100	40—80	60	1200	РТ 40/10	»	3,5	3,5
80	200/5	2	0—200	25—40	30	1200	РТ 40/6	»	3,0	3,0
100	100/5	5	0—100	40—80	60	1200	РТ 40/10	Параллельное	3,5	7,0
160	150/5	5	0—150	25—40	40	1200	РТ 40/10	»	3,5	7,0
200	200/5	5	0—200	40—80	60	2400	РТ 40/10	»	3,5	7,0
320	300/5	5	0—300	25—40	40	2400	РТ 40/10	»	3,5	7,0
400	400/5	5	0—400	25—40	30	2400	РТ 40/10	»	3,5	7,0
630	600/5	5	0—800	15—25	20	2400				

* Предельное отклонение ±10 %.

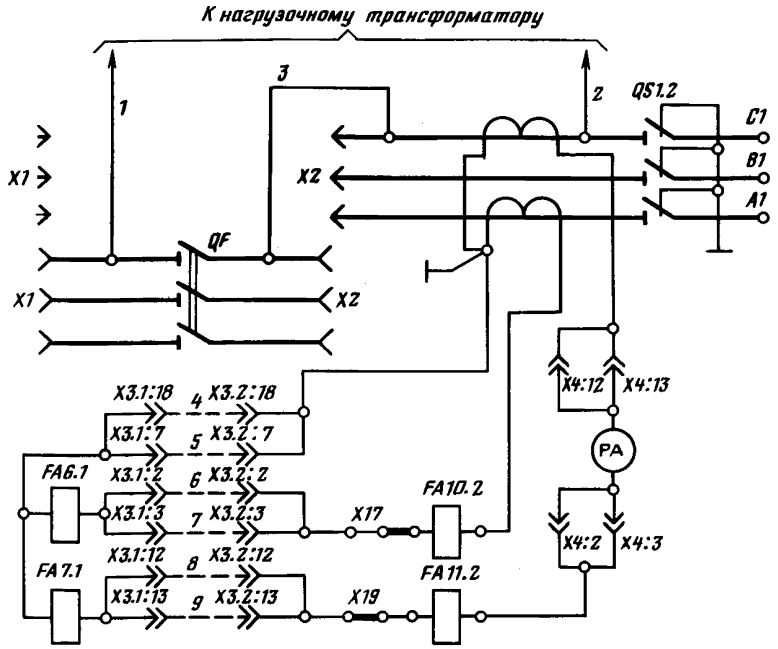


Рис. 5.7. Схема соединения шкафов КРУВ-6 (КРУРН-6) отходящих присоединений для проверки МТЗ первичным током;

1—3 — провода первичных токовых цепей; *4—9* — провода удлинителя для вторичных токовых цепей

настройки, указанных в табл. 5.3, перед спуском в шахту (предпусковая РНИ), перед включением в сеть (пусковая РНИ) и в период эксплуатации не реже одного раза в год (периодическая РНИ).

Перед проверкой МТЗ необходимо отключить разъединитель, установить подставку для выкатывания и выкатить выключатель, зафиксировать реле *FV* (см. рис. 5.5) во втянутом положении, соединить токовые цепи выключателя и шкафа с помощью удлинителей (рис. 5.7) и подключить нагрузочную установку.

Провода *1*, *2* и *3* должны быть, как правило, сечением не менее 150 мм², а провода *4—9* удлинителя — не менее 1,5 мм². Остальные провода удлинителя могут иметь сечение 0,75 мм².

При проверке реле РТМ включение выключателя производится вручную.

Погрешность срабатывания защиты по току не должна превышать 10 % для шкафов, впервые включенных в сеть, и 15 % для шкафов, находящихся в эксплуатации.

Значение тока срабатывания реле на уставке по шкале определяется как среднее арифметическое трех—пяти измерений:

$$I_{ср} = \sum(AC)/n, \qquad (5.12)$$

где A — показания амперметра в делениях шкалы; C — цена деления шкалы амперметра, А/1 дел.; n — число измерений тока срабатывания.

Погрешность срабатывания реле:

$$\Delta I_{ср} = (I_у - I_{ср})/I_у 100\ (\%), \qquad (5.13)$$

где $I_у$ — ток уставки реле по шкале, А.

Разброс тока срабатывания для рассматриваемых реле

$$\Delta I_р = \frac{2\,(I_{ср.\,б} - I_{ср.\,м})}{(I_{ср.\,б} + I_{ср.\,м})}\ 100\ \%, \qquad (5.14)$$

где $I_{ср.\,б}$ и $I_{ср.\,м}$ — соответственно наибольшее и наименьшее значения тока срабатывания на одной уставке, А.

Причиной повышенного разброса срабатывания реле могут быть загрязнение реле, наличие металлической стружки в зазоре между сердечником и гильзой, наличие заусенцев и вмятин на рабочих поверхностях гильзы сердечника, искривление штока бойка, нечеткая работа контактного мостика.

При большой погрешности срабатывания реле необходимо измерить начальное расстояние между контрполюсом и сердечником, проверить, нет ли загрязнения и загустевшей смазки на поверхностях сердечника и гильзы; проверить правильность посадки контрполюса в выточку ярма.

Некоторое изменение тока срабатывания реле со ступенчатой регулировкой достигается регулированием начального расстояния между сердечником и контрполюсом. При отрицательной погрешности ($I_у < I_{ср}$) тока срабатывания реле расстояние между сердечником и контрполюсом нужно уменьшить, при положительной ($I_у > I_{ср}$) — увеличить. Верхний и нижний пределы начального расстояния между сердечником и контрполюсом следует выбирать из условия обеспечения четкой работы реле.

При наличии короткозамкнутых витков в обмотках реле будет происходить увеличение тока срабатывания реле по отношению к уставке. Причем увеличение будет тем больше, чем больше замкнутых витков и чем выше уставка. Обнаружить наличие короткозамкнутых витков в обмотках реле можно по появлению местного нагрева, по данным измерений сопротивления обмоток постоянному току и резкому изменению соотношения токов срабатывания на различных уставках реле.

5.3.6. Защита вторичными токовыми реле косвенного действия

В ячейках РВД-6 максимальная токовая защита осуществляется соленоидными реле косвенного действия со ступенчатой регулировкой тока срабатывания. Конструктивно реле (рис. 5.8, *а*) оформлены в виде блока из двух реле, на котором укреплены общий контактный мостик с одним замыкающим контактом и по-

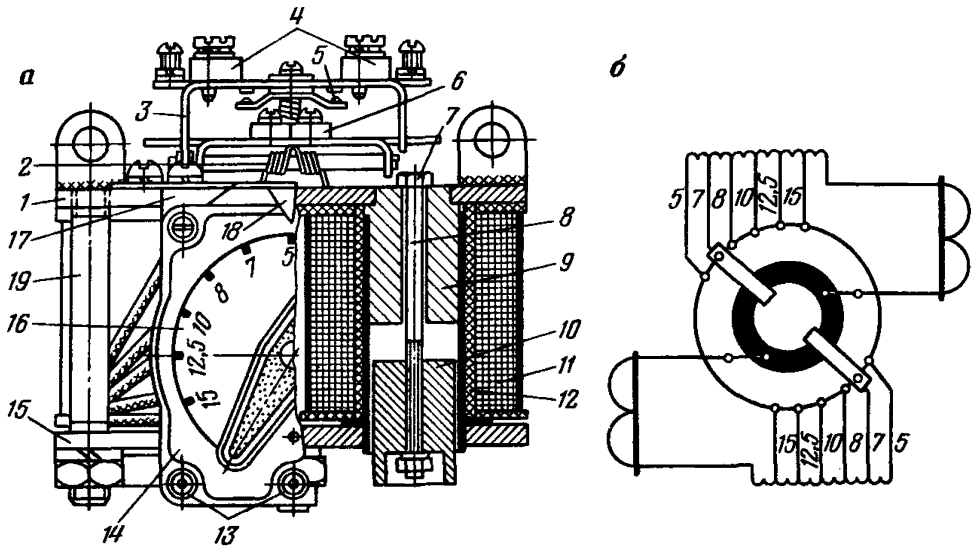


Рис. 5.8. Блок максимальных реле ячейки РВД-6:

а — общий вид; *б* — электрическая схема включения; *1* — ярмо верхнее; *2* — возвратная пружина; *3* — скоба; *4, 6* — колодка изоляционная соответственно неподвижного и подвижного контакта; *5* — контакт подвижный; *7* — головка бойка; *8* — шток бойка; *9* — контрполюс; *10* — сердечник; *11* — обмотка реле на каркасе; *12* — гильза латунная; *13* — входные зажимы; *14* — коммутатор; *15* — ярмо нижнее; *16* — шкала коммутатора; *17* — кронштейн для крепления коммутатора; *18* — указатель уставки срабатывания; *19* — стяжные шпильки

воротный переключатель, выполненный по схеме, показанной на рис. 5.8, *б*. Ячейки фидерного исполнения оборудованы специальным устройством для частичного автоматического шунтирования реле на время пуска мощных двигателей. Шунтирование осуществляется проволочными сопротивлениями $R_ш = 0{,}093$ Ом. К обмоткам сопротивления подключаются контактами промежуточного реле.

РНИ вторичных токовых реле косвенного действия аналогичны описанным в разд. 5.3.5 с учетом следующих особенностей:

а) если шкалу реле проверяли по методу первичного тока, то после проверки максимальной уставки указатель уставки срабатывания надо переключить на заданную уставку, проверить надежность контактов на коммутаторе, обратив внимание на правильную фиксацию коммутатора на заданной уставке и недопустимость контакта со смежными зажимами на коммутаторе. Измерить начальное расстояние между контрполюсом и сердечником. Если подвижность сердечника ограничивается упором в планку контактного мостика, то на время измерения ослабить крепление кронштейна контактного мостика, закрепить в исходном положении кронштейн и измерить начальное расстояние между головкой бойка и планкой контактного мостика. Проверить величину совместного хода планки и сердечника от момента замыкания контакта до остановки сердечника и вычислить величину зазора между контрполюсом при его крайнем верхнем положении $h_з = h_0 - h_р$ (h_0 — начальное расстояние между контрполюсом

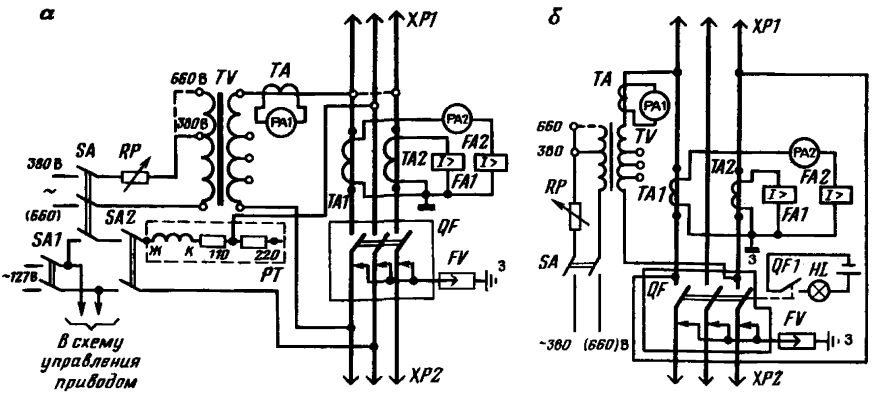


Рис. 5.9. Схема проверки первичным током действия МТЗ на отключение выключателя (*а*) и шкалы реле МТЗ ячеек РВД-6 (*б*)

и сердечником, мм; $h_р$ — рабочий ход сердечника от начального положения до упора, мм).

В крайнем верхнем положении, когда головка бойка ограничена подвижностью планки мостика, расстояние между сердечником и контрполюсом должно быть $\leqslant 2$ мм. После момента замыкания контакта совместный ход сердечника с планкой контактного мостика до упора сердечника в контрполюс должен быть $\geqslant 3$ мм.

В отключенном положении планка контактного мостика не должна ложиться на головку бойка. Между ними должен быть зазор $\geqslant 3$ мм. Если трогание сердечника реле происходит нормально, то при встрече бойка с планкой контактного мостика при неизменном токе в обмотке реле сердечник останавливается, необходимо отрегулировать работу контактного мостика и, по возможности, увеличить начальный зазор между его планкой и головкой бойка;

б) испытание действия защиты на отключение выключателя обязательно только на рабочих уставках реле защиты. На КРУ типа РВД-6 его производят при закрытой крышке привода и поднятом баке выключателя.

В рассматриваемых КРУ один полюс схемы управления имеет глухое защитное заземление, снимать которое при испытании не разрешается, поэтому питание схемы необходимо осуществлять через разделительный трансформатор, вторичная обмотка которого не должна защищаться реле утечки или БРУ.

Порядок испытания:

собрать схему проверки (рис. 5.9, *а*): проверить, отключены ли выключатели *SA*, *SA1* и *SA2*, вывести рукоятку регулятора *RP* в начальное положение;

подать напряжение в схему привода и проверить его работу в режиме дистанционного и местного управления;

включить привод выключателя и подать напряжение на испытательную схему; плавным поворотом рукоятки регулятора *RP* поднять ток до срабатывания защиты (отключения выключателя); отключить выключатель *SA* и вычислить величину тока срабатывания защиты, которая должна быть в пределах значений, полученных при настройке реле на заданные уставки;

не изменяя положения рукоятки регулятора *RP*, включить привод выключателя и испытать действие защиты на отключение выключателя при включении напряжения толчком. При этом привод должен четко отключиться;

включить привод выключателя *QF* и выключатель *SA2*, поставить стрелку электросекундомера на нуль. При положении рукоятки регулятора *RP*, соответствующем однократному току срабатывания защиты, включить выключатель *SA* и измерить время отключения выключателя *QF* от действия защиты. Измерение повторить не менее 2—3 раз. На ячейках РВД-6 фидерного исполнения для проверки времени отключения должно быть отключено БРУ;

отключить выключатели *SA* и *SA2*, подложить под контакт токового реле изолирующую прокладку (на ячейке РВД-6 для этого открыть крышку привода), включить привод выключателя *QF* и выключатель *SA*, рукояткой регулятора установить ток в цепи защиты, равный $1{,}5I_{с.з}$, отключить выключатель *SA* и извлечь изолирующую прокладку из-под контакта реле защиты, на ячейке РВД-6 закрыть крышку привода;

включить одновременно выключатели *SA2* и *SA* и измерить время отключения выключателя *QF* при токе в цепи защиты $1{,}5I_{с.з}$ (не менее 3 раз); среднее арифметическое значение времени отключения не должно быть выше указанного в технической характеристике аппарата;

снять напряжение с испытательной схемы и отключить ее от проверяемого аппарата. Если отключилось блокировочное реле утечки, то подключить его и проверить работу при питании схемы привода от постороннего источника тока. Снять напряжение со схемы управления приводом и отсоединить проводники, по которым подавалось напряжение на привод. Еще раз осмотреть все элементы схемы защиты и управления, установить предохранитель в цепи измерительного трансформатора напряжения, закрыть крышку привода, заблокировать ее и установить пломбу;

в) проверку шкалы реле при пусковой наладке производить на всех уставках при отключенном выключателе. Ее допускается выполнять методом первичного или методом вторичного тока. Срабатывание реле рекомендуется фиксировать посредством омметра или сигнальной лампы, включенных через контакт реле.

Схема для проверки шкалы реле методом первичного тока показана на рис. 5.9, *б*. Для сборки схемы проверки на КРУ типа РВД-6 необходимо опустить бак выключателя.

Проверку шкалы реле рекомендуется выполнять в следующем порядке:

собрать схему проверки, проверить отключенное положение выключателя *SA* и вывести в начальное положение рукоятку регулятора *RP*;

установить минимальную уставку на проверяемом реле; подключить к контактному мостику реле омметр или сигнальную лампу и проверить надежность их работы при замыкании контакта реле;

подключить схему проверки в пункте питания, подать напряжение на питающий кабель и включить выключатель *SA*;

поворотом рукоятки регулятора *RP* плавно поднять ток до срабатывания реле, зафиксировать ток срабатывания реле по показаниям амперметров *PA1* и *PA2*. Не меняя положения рукоятки регулятора *RP*, отключить напряжение выключателя *SA*;

при установленном значении тока, не меняя положения рукоятки *RP*, проверить срабатывание реле при включении тока толчком.

Эти операции должны быть повторены 2—3 раза. По измеренным значениям тока вычислить среднее арифметическое значение тока срабатывания реле ($I_{ср2}$) и тока срабатывания защиты ($I_{с.з}$). Определить погрешность срабатывания защиты и разброс срабатывания реле.

Амперметр *PA1* в момент срабатывания реле показывает значение тока срабатывания защиты, а амперметр *PA2* —тока срабатывания реле. Разница между этими показаниями, приведенными к одному напряжению, равна абсолютному значению погрешности трансформатора тока КРУ;

г) для выполнения предварительной проверки необходимо:

в соответствии с полученным нарядом на выполнение работ отключить присоединение и вывести его в ремонт. Выполнить организационные и технические мероприятия по безопасности выполнения наладочных работ;

собрать схему проверки (см. рис. 5.9, *а*), при этом включение электросекундомера необязательно. Снять предохранитель в цепи вторичной обмотки трансформатора напряжения;

подать напряжение в схему привода и проверить его работу в режиме дистанционного и местного управления;

проверить отключенное положение выключателя *SA*, вывести регулятор в начальное положение, подключить схему проверки в пункте питания и подать напряжение на питающий кабель;

включить привод выключателя. Выключателем *SA* подать напряжение на схему проверки. Регулятором *RP* плавно поднять ток до срабатывания защиты (отключения выключателя) и измерить ток срабатывания защиты. Не меняя положения ручки регулятора *RP*, отключить выключатель,

произвести два-три испытания срабатывания выключателя от действия защиты при подаче тока в схему защиты толчком. Во всех случаях привод и выключатель должны четко отключаться;

отключить выключатель SA, вывести регулятор RP в начальное положение и снять напряжение с испытательной схемы и с привода в пункте питания;

открыть крышку привода, проверить значение выставленных уставок на реле защиты и вычислить погрешность срабатывания защиты.

При неудовлетворительных результатах предварительной проверки разобрать и отрегулировать реле защиты.

Измерение сопротивления изоляции реле и цепей защиты производят одним измерением в общей схеме защиты. При этом на ячейках типа РВД-6 от схемы надо отключить вторичные цепи трансформаторов тока и заземляющий проводник на коммутаторе реле защиты.

Проверку шкалы реле и измерения времени отключения выключателя от действия защиты при периодических РНИ выполняют, если при наладке были изменены параметры регулировки реле, привода или выключателя или если производилась разборка реле.

5.3.7. Защита унифицированными блоками УМЗ

Максимальная токовая защита типа УМЗ состоит из блока защиты и специальных трансформаторов тока типа ТТЗ, которые встраиваются в пускатели, станции управления и другую рудничную аппаратуру.

Техническая характеристика УМЗ

Номинальное напряжение электрических аппаратов, в которые встраивается блок защиты, В	360; 660; 1140
Номинальные токи электрических аппаратов, в которые встраивается блок защиты, А	25; 63; 125; 250; 315
Собственное время срабатывания защиты (мс) при кратности первичного тока ТТ к току уставки:	
1,5	$\leqslant$60
5	$\leqslant$25
Диапазон регулирования уставок (А) для электрических аппаратов на номинальные токи, А:	
25	63—187
63	125—375
125	250—750
250	500—1500
315	800—2400
Погрешность тока срабатывания (%) на каждой уставке при наклоне блока в любом направлении до 30° и при температуре окружающей среды, °С:	
25±10	±10
от —10 до +15 и от +35 до 60	±15
Механическая и коммутационная износостойкость, число срабатываний	6300
Габаритные размеры блока, мм	110×120×210
Масса блока, кг	2,5

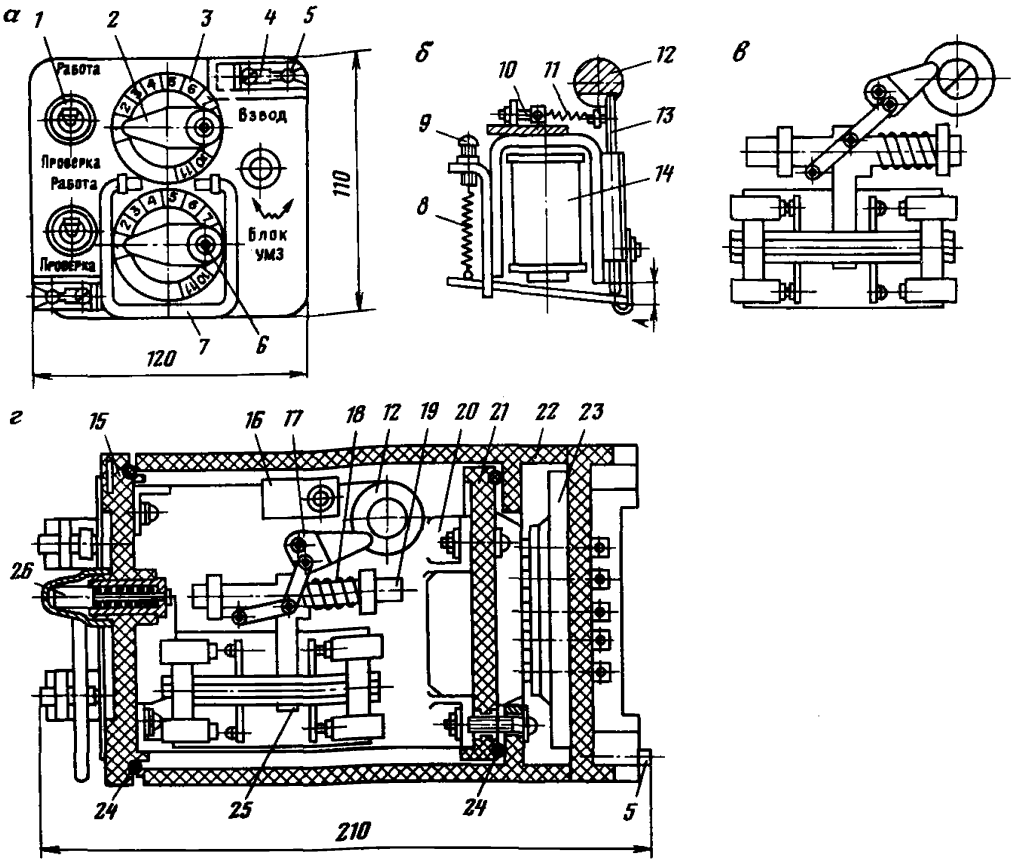


Рис. 5.10. Блок устройства максимальной защиты УМЗ:

а — общий вид; *б* — реле исполнительное; *в* — положение элементов отключающего механизма после срабатывания защиты; *г* — разрез блока; *1* — тумблер; *2* — рукоятка уставок защиты; *3* — шкала уставок; *4* — защелка; *5* — шпилька; *6* — винт; *7* — ручка для переноски блока; *8, 11* — пружина; *9, 10* — винт; *12* — вал; *13* — ось; *14* — катушка реле; *15* — панель передняя; *16* — панель диодов; *17* — защелка; *18* — пружина; *19* — шток; *20* — панель; *21* — панель с контактными кольцами; *22* — легкосъемный пылевлагозащищенный корпус; *23* — контактная установочная панель с контактными губками; *24* — уплотнительное кольцо; *25* — кнопочный элемент; *26* — толкатель взведения отключающего механизма

Блок УМЗ состоит из двух частей (рис. 5.10): контактной установочной панели с набором контактных выводов (для присоединения к схеме пускателя) и контактных губок (для штепсельного соединения с корпусом) и легкосъемного пылевлагозащищенного корпуса, в котором размещены элементы электрической схемы и отключающий механизм блока УМЗ.

При срабатывании любое из двух реле защиты *14*, преодолевая действие пружины *11*, своим якорем перемещает вверх (по рисунку) ось *13*. Ударяя в выточку вала *12*, ось поворачивает его, освобождая взведенную защелку *17* и систему рычагов. Под действием пружины *18* шток *19* перемещается в крайнее левое (по рисунку) положение, увлекая за собой рейку кнопочного элемента *25* с контактными мостиками (размыкается контакт в цепи контакторной катушки и замыкается в цепи сигнальной лампы).

Взведение отключающего механизма в исходное положение производится (при обесточенном пускателе) нажатием на толкатель *26*, который перемещает шток *19* вправо, сжимая пружину *18*. При этом через систему рычагов защелка *17* поворачивается и заходит в выточку вала *12*, оставаясь в этом положении после отпускания толкателя.

Схема защиты УМЗ (рис. 5.11) состоит из двух одинаковых цепей, каждая из которых содержит трансформатор тока *TA1* (*TA2*), шунтирующие резисторы *R*, *R3*, (*R*, *R4*), регулировочный резистор *R1* (*R2*), выпрямительный мост *VC1* (*VC2*) и исполнительное электромагнитное реле постоянного тока *K1* (*K2*). Резистор *R* присоединен непосредственно к вторичной обмотке трансформатора тока *TA1* (*TA2*), а резистор *R3* (*R4*) — через переключатель *SA1* (*SA2*), который в рабочем положении замкнут. Таким образом, сопротивление цепи, присоединенной параллельно вторичной обмотке трансформатора тока (например, *TA1*),

$$\sum R = RR_3/(R + R_3). \qquad (5.15)$$

Ток вторичной обмотки трансформатора тока создает на шунтирующей цепи с сопротивлением *R* напряжение, которое подается

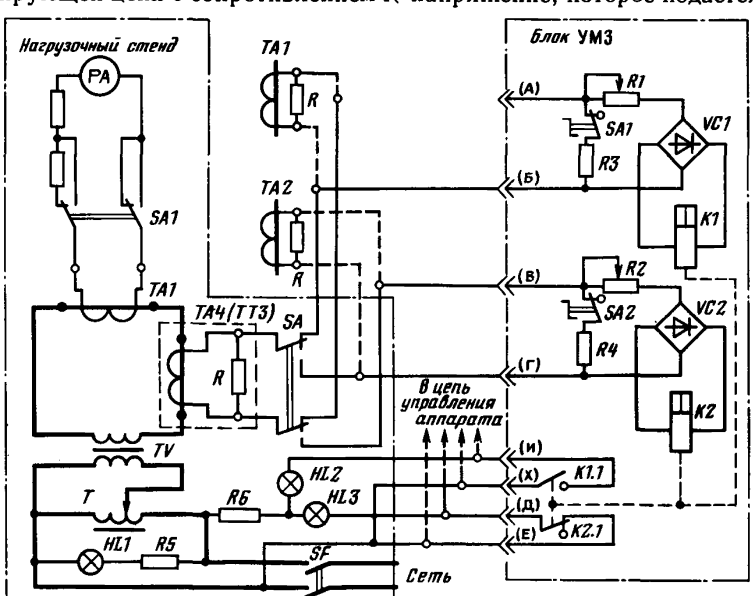


Рис. 5.11. Принципиальная электрическая схема блока УМЗ и схема его подключения к трансформаторам тока силовых цепей защищаемых аппаратов и к нагрузочному стенду конструкции ПКБ треста Ворошиловградуглеавтоматика при проверке:

— — — — цепи, отключаемые при проверке блока УМЗ

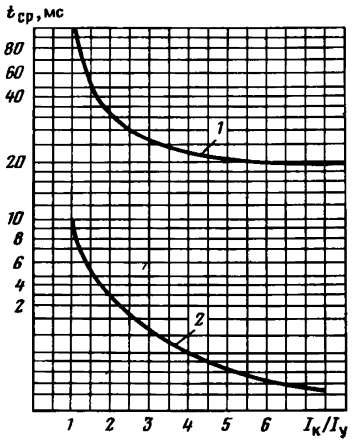


Рис. 5.12. Графики зависимости собственного времени срабатывания блоков УМЗ (*1*) и ПМЗ (*2*) от кратности тока к. з. к току уставки

на выпрямительный мост *VC1* (*VC2*), нагруженный на реле *K1* (*K2*). Следовательно, исполнительное реле *K1* (*K2*) присоединяется к схеме не как токовое, а как реле напряжения. Ток выпрямленного напряжения в его обмотке изменяется по экспоненциальному закону с постоянной времени, определяемой соотношением активных сопротивлений элементов схемы и индуктивности катушки реле *K1* (*K2*).

Особенность защиты УМЗ состоит в подборе шунтирующих резисторов *R*, *R3* и катушек реле. Их параметры выбраны такими, что магнитный поток в магнитопроводе при переходных процессах в сети, обусловленных пусковыми токами электродвигателя, не достигает порога трогания реле. Это позволяет практически отстраивать защиту УМЗ по фактическому пусковому току электродвигателя ($I_у = 1{,}1I_{пуск.ф}$) и, следовательно, значительно расширять зону ее действия.

Требуемые уставки срабатывания защиты УМЗ устанавливают посредством регулировочных резисторов *R1* (*R2*). Действие защиты проверяют поочередно для каждой ее цепи. Для этого, не изменяя уставок защиты, при которых она отстроена от пусковых токов присоединенного электродвигателя, резистор *R3* (*R4*) отключают переключателем *SA1* (*SA2*) от проверяемой цепи защиты. В результате сопротивление цепи, присоединенной параллельно вторичной обмотке трансформатора тока *TA1* (*TA2*), увеличивается и становится равным *R*. Теперь вследствие повышения напряжения на зажимах реле защита УМЗ при пуске электродвигателя должна сработать.

На рис. 5.12 показан график зависимости времени срабатывания $t_{ср}$ защиты УМЗ от кратности тока к. з. к току уставки. Уставки срабатывания УМЗ нанесены на шкалах блока в условных единицах (табл. 5.4). В табл. 5.5 приведены значения токов срабатывания УМЗ, соответствующие условным единицам на шкале блока при установке его в электрические аппараты с различными номинальными токами.

Полную проверку защиты УМЗ производят в соответствии с методикой, разработанной МакНИИ, и, как правило, на поверхности. Допускается производить проверку во всех выработ-

Таблица 5.4

Значения уставок, соответствующие условным единицам шкалы на блоке УМЗ

Деление шкалы уставок	Значения токов уставок (А) трансформаторов тока				
	ТТЗ-320	ТТЗ-250	ТТЗ-125	ТТЗ-63	ТТЗ-25
1	800	500	250	125	62
2	960	600	300	150	75
3	1120	700	350	175	87
4	1280	800	400	200	100
5	1440	900	450	225	112
6	1600	1000	500	250	125
7	1760	1100	550	275	137
8	1920	1200	600	300	150
9	2080	1300	650	325	162
10	2240	1400	700	350	175
11	2400	1500	750	375	187

Таблица 5.5

Значения токов срабатывания защиты УМЗ, соответствующие условным единицам на шкале блока

Номинальный ток коммутационного аппарата, А	Трансформатор тока	Значения токов уставок (А), соответствующие условным единицам по шкале блока защиты										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
25	ТТЗ-25	63	75	87	100	112	125	137	150	163	175	187
63	ТТЗ-63	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375
125	ТТЗ-125	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750
250	ТТЗ-250	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
320	ТТЗ-320	800	960	1120	1280	1440	1600	1760	1920	2080	2240	2400

ках шахт, не опасных по газу и пыли. В шахтах, опасных по газу или пыли (за исключением шахт, опасных по внезапным выбросам угля и газа), допускается осуществлять проверку в ЦПП, в выработках околоствольного двора, в камерах РПП, УПП и в электромашинных камерах шахт. При этом в районе проверки должен быть нормальный режим проветривания и непрерывный замер концентрации метана.

В процессе проверки УМЗ (при отключенном и заблокированном разъединителе пускателя) необходимо:

а) осмотреть трансформаторы тока ТТЗ и блоки защиты, обратив внимание на целость их корпусов, плотность контактов, за-

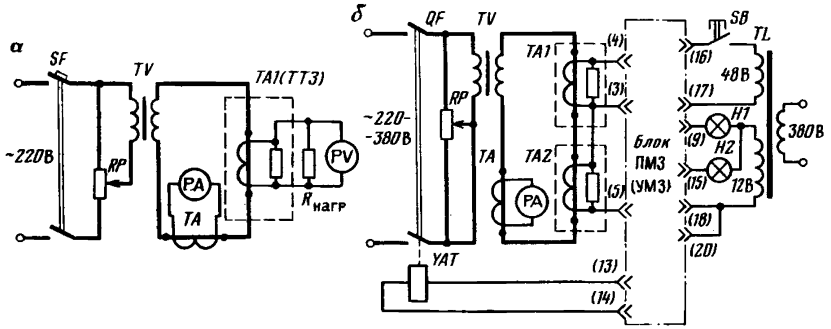


Рис. 5.13. Испытательные схемы проверки:

а — блока трансформатора тока ТТЗ; *б* — токов срабатывания блока ПМЗ; *TA1*, *TA2* — трансформаторы тока ТТЗ; *RP* — потенциометр; *TV* — нагрузочный трансформатор; *TA* — лабораторный трансформатор тока; *SF* — автомат двухполюсный; *QF* — автомат А3732У (А3792); *YAT* — независимый расцепитель автомата *QF*; *TL* — вспомогательный трансформатор напряжения

тяжку крепежных соединений и исправность монтажных проводов. Проверить наличие пломб на блоке УМЗ, об их нарушении или отсутствии поставить в известность руководство ЭМС шахты;

б) мегомметром на 1000 В измерить сопротивление изоляции токоведущих частей ТТЗ и блока УМЗ между фазами и относительно земли (крепежных болтов), которое должно быть не менее 1 МОм;

в) от одного из ТТЗ отключить провода, идущие к блоку УМЗ. Собрать испытательную схему (рис. 5.13) и установить сопротивление нагрузки $R_{нагр} = 180$ Ом. Регулятором *RP* добиться минимального первичного напряжения нагрузочного трансформатора *TV*. Включить выключатель *SF*, с помощью *RP* установить первичный ток (по амперметру *PA*) испытуемого трансформатора тока *TA1*, равный шестикратному номинальному току пускателя. Напряжение на сопротивлении нагрузки $R_{нагр}$ должно быть 66 $\pm$ 1,5 В. При отклонении от этой нормы (что говорит о неисправности вторичной обмотки ТТЗ или залитого вместе с ним эпоксидной смолой шунтирующего резистора) блок ТТЗ должен быть заменен. Так же проверить другой ТТЗ, затем оба блока ТТЗ присоединить к блоку УМЗ;

г) проверить фактические токи срабатывания уставки блока защиты.

Для проверки можно использовать испытательную схему (см. рис. 5.11) и схему, показанную на рис. 5.13, *а*, с подключением на ее выход вместо нагрузочного сопротивления $R_{нагр}$ входов (зажимы *А—Б* или *В—Г*, см. рис. 5.11) блока УМЗ. Секции блока УМЗ испытывают поочередно. Тумблеры блока должны находиться в положении «Работа» (замкнуты). На испытуемой секции блока УМЗ установить уставку блока срабатывания, а регулятором *T* (см. рис. 5.11) и *RP* (см. рис. 5.13, *а*) — минимальное входное напряжение. Включить выключатель *SF* и с помощью

регулятора плавно повышать ток в цепи трансформатора ТТЗ до срабатывания исполнительного реле блока УМЗ (в схеме на рис. 5.11 определяется по лампам *HL2* и *HL3*, а в схеме на рис. 5.13, *а* — по характерному щелчку). Оставив рукоятку *Т* (или *RP*) в том же положении, отключить выключатели *SF*, взвести контактную группу блока УМЗ и повторно включить *SF*, т. е. толчком подать первичный ток. Если при этом реле УМЗ не сработает, то проверку повторить, снижая первичный ток и затем плавно увеличивая его до момента срабатывания блока УМЗ. Проверка должна быть произведена не менее трех раз.

Вычислить среднее значение фактического первичного тока срабатывания блока УМЗ. Аналогичным образом проверить срабатывание блока УМЗ на максимальной и средней (по шкале) уставках, а также на принятой для эксплуатации рабочей уставке. Считается, что таким образом проверяется вся шкала уставок блока УМЗ. Так же проверить и вторую секцию блока УМЗ (второй силовой фазы). По полученным данным вычислить процентное отклонение фактического тока срабатывания от первичного тока уставки (т. е. погрешность защиты). Если погрешность превышает ± 15 %, то блок УМЗ должен быть выдан на поверхность для регулировки;

д) выполнить регулировку блока в мастерской (лаборатории) в следующем порядке:

собрать испытательную схему, как указано в п. «г», и в соответствии с п. «в» произвести испытание блока трансформатора тока, предназначенного для подключения к подлежащему регулировке блоку УМЗ;

вскрыть и осмотреть блок УМЗ, проверить его элементы и коммутацию, обратить особое внимание на скользящий контакт переменных (регулировочных) резисторов;

регулировкой упора установить раствор магнитной системы регулируемого реле у крайнего керна (размер *А*) в пределах 4,5—5 мм (см. рис. 5.10, *б*);

освободить контргайку винта *9* возвратной пружины *8*; на регулируемой секции блока УМЗ установить минимальную уставку «1»;

включить испытательную схему и плавно установить первичный ток, соответствующий минимальной уставке (см. табл. 5.4);

отключая и включая испытательную схему, вращением винта *9* добиться срабатывания реле с погрешностью не более ± 10 % при трехкратной проверке;

слегка смазать пружину *8* и винт *9*, затем винт затянуть контргайкой;

установить максимальную уставку «11» и трехкратно проверить срабатывание реле. Погрешность должна быть ± 10 %.

Аналогичную проверку произвести на промежуточных уставках. Проверка другой секции блока осуществляется аналогично.

Налаженный блок УМЗ собрать, установить рабочую уставку, зафиксировать ее рукояткой *12* и зажать винтом *6*. На резьбу винтов нанести пломбирующую краску.

5.3.8. Защита полупроводниковыми блоками ПМЗ

Во многих рудничных электроаппаратах (АВ-320Д02, ТСВП-630/6-1,2 и др.) устанавливается защита типа ПМЗ.

Блок защиты ПМЗ выполнен быстросъемным, в пылевлагозащищенном исполнении. В корпусе блока на платах с печатным монтажом установлены элементы схемы. На лицевую часть блока выведены ручка установки уставок, рукоятки переключателя положений «Работа» или «Проверка». Для обеспечения быстросъемности блок имеет контактную вилку штепсельного разъема.

Техническая характеристика максимальной токовой защиты ПМЗ

Номинальное напряжение аппаратов, в которых устанавливается защита, В	380; 660; 1140
Номинальный ток аппаратов, А	25; 63; 100; 125; 250; 320
Диапазон регулирования уставок	$2—6I_{ном}$
Собственное время срабатывания, с	По графику на рис. 5.12
Погрешность тока срабатывания (%) при температуре окружающей среды, °С:	
25±10	±10
от —10 до +15 и от 35 до 60	±15
Габаритные размеры, мм	120×64×140
Масса, кг	0,65

Основное отличие ПМЗ от УМЗ — быстродействие (см. рис. 5.12).

Защита ПМЗ состоит из установленных в трех фазах трансформаторов тока *ТА1*, *ТА2*, *ТА3* и блока защиты, в котором размещены элементы схемы (рис. 5.14).

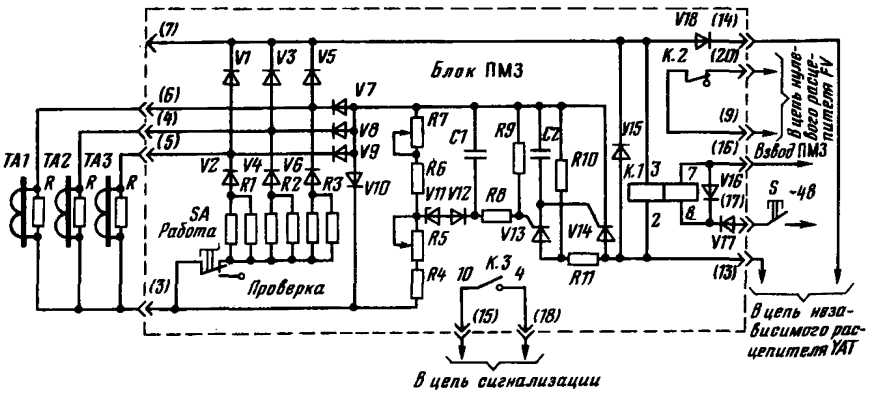


Рис. 5.14. Принципиальная электрическая схема защиты ПМЗ

Вторичные обмотки трансформаторов тока соединены в «звезду», параллельно каждой обмотке присоединены резисторы *R*. Между началами вторичных обмоток трансформаторов тока и нулевым проводом присоединены измерительная и исполнительная части схемы защиты ПМЗ. При таком построении схемы трансформаторы тока являются не только датчиками тока, но и источником питания цепи исполнительного органа защиты, состоящего из последовательно включенных трехфазного выпрямительного моста, собранного на диодах *V1*, *V3*, *V5*, диода *V18*, обмотки независимого расцепителя *YAT* автоматического выключателя, тиристора *V14* и диода *V10*. Параллельно обмотке независимого расцепителя *YAT* присоединена одна из обмоток двухобмоточного электромагнитного реле *K.1* с магнитной защелкой (см. рис. 5.14).

Измерительная часть схемы содержит трехфазный выпрямительный мост, собранный на диодах *V7—V9*, делитель напряжения на резисторах *R4—R7* и полупроводниковое реле короткого замыкания, вход которого присоединен к делителю напряжения, а выход — к управляющему электроду тиристора *V14*.

Полупроводниковое реле короткого замыкания состоит из стабилитрона *V11*, диода *V12*, конденсаторов *C1*, *C2*, резисторов *R8*, *R9* и тиристора *V13*.

Чтобы проверить действие защиты, параллельно измерительной части схемы через переключатель *SA* присоединяется трехфазный выпрямитель, последовательно с вентилями которого *V2*, *V4*, *V6* включены соответственно резисторы *R1*, *R2*, *R3*.

Питание исполнительной части схемы от трансформаторов тока осуществляется напряжением, снимаемым с резисторов *R*, а питание измерительной части схемы — напряжением, снимаемым с резисторов *R* и одного из резисторов *R1* (*R2*, *R3*) дополнительного трехфазного выпрямительного моста.

Уставку срабатывания защиты ПМЗ регулируют переменным резистором *R5* в одном из плеч делителя напряжения.

Схема защиты ПМЗ работает следующим образом. При токе в сети, превышающем уставку защиты, напряжение с резистора *R* подается на электроды силового тиристора *V14*, а напряжение с параллельно соединенных резисторов *R* и *R1* (*R2*, *R3*) — на делитель напряжения *R4—R7*. Если напряжение на плече делителя с резисторами *R6* и *R7* превысит напряжение стабилитрона *V11*, то подается сигнал на управляющий электрод тиристора *V13*, вызывая его открывание и подачу тока смещения на управляющий электрод тиристора *V14*. При этом тиристор *V14* открывается и обусловливает срабатывание независимого расцепителя автомата *YAT* и реле *K.1*. Контакт *K.3* включает цепь сигнализации о срабатывании защиты ПМЗ, а контакт *K.2*, разрывая цепь питания нулевого расцепителя автомата *FV*, блокирует включение. Возврат реле *K.1* в исходное состояние осуществляется подачей напряжения 48 В на его вторичную обмотку (зажимы *16* и *17*) кнопкой *S* (см. рис. 5.14).

Проверка защиты ПМЗ перед спуском в шахту:

1) произвести осмотр трансформаторов тока ТТЗ и блока защиты ПМЗ, обращая внимание на целость их корпусов, состояние контактов штепсельных разъемов, крепежных деталей и проводов. Подтянуть соединения выводов ТТЗ, проверить наличие пломб на блоке ПМЗ;

2) мегаомметром измерить сопротивление изоляции ТТЗ между токоведущими частями разных цепей и между токоведущими частями и корпусом, которое должно быть $\geqslant$1 МОм;

3) испытать ТТЗ по схеме на рис. 5.13, *а*. В качестве нагрузки использовать резистор мощностью не менее 10 Вт сопротивлением 78 $\pm$ 2 Ом. При первичном токе, соответствующем последней (9-й) уставке защиты, напряжение на резисторе должно быть 65 $\pm$ 2,5 В. В случае необходимости измерить сопротивление постоянному току между зажимами вторичной обмотки трансформатора тока, которое должно быть 57 $\pm$ 5 Ом;

4) проверить фактические токи срабатывания блока ПМЗ на нагрузочной установке по схеме на рис. 5.13, *б*. Трансформаторы тока *TA1* и *TA2*, входящие в нагрузочную установку, должны быть такими, чтобы при испытаниях по п. 3 они имели на выходе напряжение 66 $\pm$ 1 В. Автомат *QF* должен иметь независимый расцепитель *YAT* на 110 В постоянного тока (от автомата АВ-320ДО);

5) определить погрешность срабатывания защиты на трех уставках: минимальной (1-й), средней (5-й) и максимальной (9-й). Установив на блоке ПМЗ требуемую уставку $I_{уст}$ и переключатель рода работы в положение «Работа», не менее трех раз плавно повышать ток нагрузки до срабатывания защиты.

Вычислив средний ток срабатывания данной уставки $I_{ср}$, определить погрешность по формуле

$$\Delta I_{ср} = \frac{I_{уст} - I_{ср}}{I_{уст}} 100\ \%. \qquad (5.16)$$

Если погрешность превышает $\pm$15 %, ток срабатывания регулируют резистором *R5* (см. рис. 5.14) на поверхности шахты;

6) проверить действие защиты на месте установки аппарата. Установить переключатель *SA* в положение «Проверка». При этом общая точка выпрямителя, собранного на диодах *V2*, *V4*, *V6* с резисторами *R1*, *R2*, *R3*, оказывается отсоединенной от обмоток трансформаторов тока. При таком положении на измерительную часть схемы напряжение с трансформаторов тока будет подаваться не с параллельно соединенных резисторов *R1*, (*R2*, *R3*), а с резистора *R*, что увеличивает чувствительность схемы. При пуске наиболее мощного электродвигателя защита должна сработать. После проверки переключатель установить в положение «Работа».

Проверку защиты в период эксплуатации необходимо производить не реже одного раза в 6 мес по пп. 1, 2, 4 и 5. По п. 6 проверку выполнять также при установке блока ПМЗ в аппарат.

Через каждые 2 года дополнительно проводят испытания по п. 3.

При работе блока совместно с автоматическим выключателем А3700У и тремя ТТЗ (см. рис. 5.14) контакты штепсельного разъема присоединить: *13* и *14* к независимому расцепителю; *9* и *20* — последовательно в цепь нулевого расцепителя (при наличии его в схеме); *15* и *18* — последовательно в цепь лампы сигнализации; *16* и *17* — к источнику с напряжением 36 В (48 В) для возврата блока в исходное состояние после срабатывания.

При работе блока совместно с контактором и двумя трансформаторами тока контакты штепсельного разъема присоединить: *13* и *14* к резистору МЛТ-2 с сопротивлением 100 Ом; *9* и *20* — последовательно в цепь промежуточного реле; *3* и *7* — к полупроводниковому диоду (плюс к контакту *3*); *15* и *18* — последовательно в цепь лампы сигнализации; *5*, *4* и *6* — к трансформаторам тока (общая точка вторичных обмоток к контакту *3*); *16* и *17* — к источнику с напряжением 36 В (48 В).

5.3.9. Быстродействующая защита блоками БМЗ

В автоматических быстродействующих выключателях АБВ-250 применена быстродействующая максимальная токовая защита БМЗ (рис. 5.15), содержащая три трансформатора тока *ТА1*, *ТА2*, *ТА3* с ферромагнитными сердечниками и немагнитными зазорами. Концы вторичных обмоток соединены в нулевую точку, а начала подключены на вход трехфазного выпрямителя *VC* блока БМЗ.

Конструктивно блок БМЗ состоит из пылевлагонепроницаемого корпуса с контактной штепсельной вилкой и набором компонентов, установленных на платах с печатным монтажом. На лицевую часть блока выведена ручка изменения уставок срабатывания защиты со шкалой в относительных единицах.

Напряжение, снимаемое с переменного резистора *R1*, пропорционально скорости нарастания тока, протекающего в трех

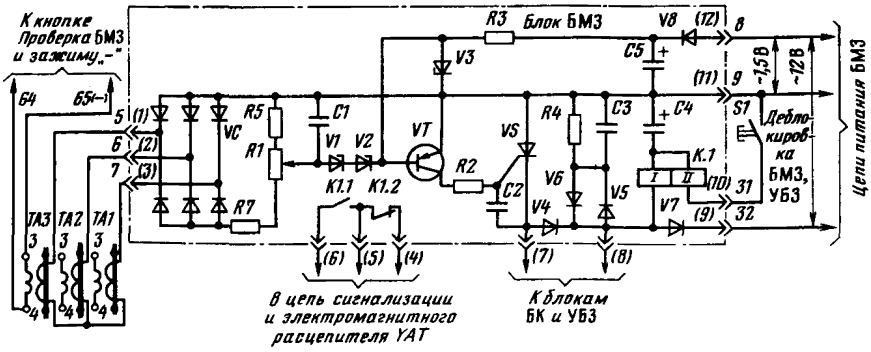


Рис. 5.15. Принципиальная электрическая схема блока БМЗ

фазах защищаемой сети. При превышении скорости нарастания тока в защищаемой сети выше допустимого предела напряжение достигает значения напряжения пробоя последовательно соединенных стабилитронов *V1* и *V2*. Транзистор *VT* открывается и подает сигнал на срабатывание тиристора *VS*.

От заряженного конденсатора *C3* через открытый тиристор *VS* и зажимы *7* и *8* подается сигнал на управляющий электрод тиристора в блоке конденсаторов БК (на схеме не показан). Блок БК за счет заряженной до 510—550 В батареи конденсаторов включает индукционно-динамический привод быстродействующего выключателя-короткозамыкателя (на схеме не показан).

Выпрямление питающего напряжения осуществляется диодами *V4*, *V8* и *V7*. Падение напряжения на стабилитроне *V3* является напряжением положительного смещения для транзистора *VT*.

В блоке БМЗ установлено двухобмоточное реле *K.1* (типа РПС-20) с магнитной защелкой, которое блокирует повторное включение выключателя при срабатывании БМЗ. При включении тиристора *VS* реле *K.1* срабатывает (конденсатор *C4* разряжается по цепи: *C4* — тиристор *VS* — диод *V4* — обмотка *1* реле *K.1* — конденсатор *C4*) и контактом *K1.1* включает сигнальную лампу, а контактом *K1.2* разрывает цепь питания исполнительного реле в блоке БР (блок реле), вследствие чего разрывается цепь электромагнитного расцепителя *YAT*.

Возврат реле *K.1* в исходное положение после выявления и устранения причин, вызвавших срабатывание БМЗ, осуществляется нажатием кнопки *S1* «Деблокировка БМЗ, УБЗ» (конденсатор *C4* разряжается через обмотку *11* реле *K.1*).

В программу РНИ защиты БМЗ входят те же виды работ (операции), что и для блока ПМЗ. Дополнительно необходимо руководствоваться следующим:

а) для проверки функционирования защиты БМЗ на лицевой части блока ручкой изменения уставок установить уставку не более 5 (в относительных единицах). Закрыть быстрооткрываемую крышку автомата, включить его и нажать кнопку «Проверка БМЗ», которая включена в цепь проверочной обмотки трансформатора ТАЗ. При срабатывании БМЗ загорается сигнальная лампа.

После срабатывания защиты нажать кнопку *S1* «Деблокировка БМЗ, УБЗ», ручкой изменения уставок на лицевой части блока установить необходимую уставку тока.

При проверке БМЗ в отделении выводов выключателя АБВ-250 надо установить перемычку между проходными зажимами *2* и *3*, если в цепь короткого замыкания не вводится реактор, ограничивающий ток к. з.;

б) регулировку уставки БМЗ осуществлять резистором *R1*.

При обнаружении неисправностей в работе защиты БМЗ блок подлежит замене. Во время эксплуатации запрещается в шахте вскрывать блоки для ремонта или регулирования его элементов.

5.4. ЗАЩИТА ОТ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ

Защиту от замыканий (утечек) на землю следует применять в подземных сетях напряжением выше 1140 В для линий, трансформаторов и электродвигателей. На вновь строящихся и реконструируемых шахтах установка защиты от замыканий на землю должна быть также и на линиях, питающих ЦПП.

На отходящих линиях ЦПП и РПП-6 защита от замыканий на землю должна быть мгновенного действия.

Защита от утечек тока на землю необходима также в сетях выше 1140 В для питания ПУПП в шахтах, опасных по газу (в проветриваемых ВМП тупиковых выработках). Временно до освоения промышленностью устройств защиты от замыкания на землю допускается эксплуатация ПУПП без такой защиты.

Защита от однофазных замыканий на землю реагирует на напряжение, ток или мощность нулевой последовательности.

В настоящее время в сетях 6—10 кВ наибольшее распространение получили защиты и устройства сигнализации с использованием специальных трансформаторов тока нулевой последовательности различных типов.

Важное преимущество защиты с *ТТ* нулевой последовательности — ее способность не реагировать на нагрузку. Благодаря этому ее не требуется отстраивать от токов нормального режима и перегрузок, что позволяет обеспечить ее высокую чувствительность по сравнению с защитами, реагирующими на фазные токи.

5.4.1. Защита с реле РТЗ-50

Защитой от однофазных замыканий на землю на основе реле типа РТЗ-50 комплектуются шкафы отходящих присоединений ячеек КРУРН-6. Реле РТЗ-50 (*FA*) питается от трансформатора тока нулевой последовательности *ТА* типа ТЗЛМ (рис. 5.16, *а*).

Техническая характеристика реле РТЗ-50

Пределы уставок, А	0,01—0,06
Средняя основная погрешность, %	10
Разброс тока срабатывания, %	4
Коэффициент возврата	$\geqslant$0,9
Кратность увеличения тока срабатывания относительно измеренного при частоте 50 Гц	2
Время срабатывания при $2I_{ср}$, с	0,1
Время возврата при сбросе тока на выходе с (1,1—10) $I_{ср}$ до 0, с	0,06
Потребляемая мощность питания на токе:	
постоянном, Вт	10
переменном, В·А	5
Масса, кг	2,5

Трансформатор *ТА* кроме основной обмотки, питающей реле *FA*, имеет дополнительную обмотку, на которую через кнопку проверки *SB* подается напряжение 100 В от трансформатора на-

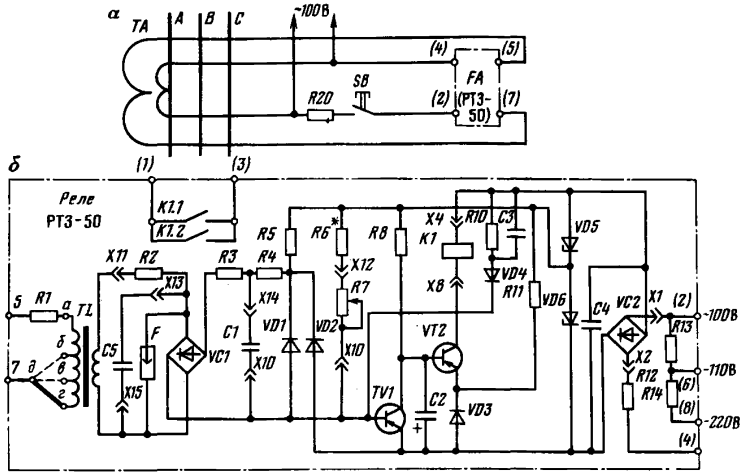


Рис. 5.16. Принципиальная электрическая схема устройства защиты от однофазных замыканий на землю ячеек КРУВ-6 и КРУРН-6 (*а*) и реле РТЗ-50 (*б*)

пряжения. При нажатии на кнопку *SB* в основной обмотке трансформатора *TA* индуктируется ток, от которого срабатывает реле *FA*. Так осуществляется проверка защиты от однофазных замыканий на землю.

При ТО и РНИ защиты от замыканий на землю с помощью реле РТЗ-50 необходимо руководствоваться следующим:

1) сопротивление изоляции реле РТЗ-50 измерить мегаомметром на 1000 В при вынутом блоке полупроводниковых приборов. Одной перемычкой соединить входные зажимы реле, а второй — остальные.

Сопротивление изоляции должно быть $\geqslant$10 МОм;

2) напряжение на вторичной обмотке входного трансформатора *TL* (рис. 5.16, *б*) при нормальной работе должно находиться в пределах 5—5,8 В. При этом условии токи в первичной обмотке должны соответствовать при положении перемычек: *д*—*г* — 0,02 А; *д*—*в* — 0,03 А; *д*—*б* — 0,06 А. Замеры производить прибором класса точности не ниже 1,0 с внутренним сопротивлением $\geqslant$1 МОм;

3) осевой люфт якоря исполнительного реле *К.1* типа РП-220 в горизонтальном направлении должен быть примерно 0,5 мм. Регулирование осуществлять винтами, ввинченными в скобу. Концы подвижных контактных пружин должны выступать за рамку толкателя примерно на 2 мм. При регулировании положения контактов отпустить винт, крепящий контактную систему, и переместить нужную контактную пружину.

При отпущенном якоре зазор между якорем и плоскостью заднего полюса сердечника должен быть около 0,05 мм, между якорем и немагнитной прокладкой переднего полюса — 1 мм. В первом случае для регулирования переместить сердечник при ослабленных винтах, крепящих сердечник, к скобе, во втором — упорный винт, нижний конец которого должен касаться якоря. Межконтактный зазор должен быть $\geqslant 1$ мм;

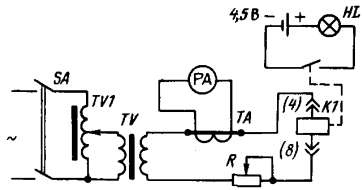


Рис. 5.17. Схема проверки реле РТЗ-50

4) для проверки реле при вынутом блоке полупроводниковых приборов по схеме на рис. 5.17 подать на обмотку реле *К.1* напряжение. Измеренный ток срабатывания реле *К.1* должен быть 8,3 $\pm$ 0,4 мА, а коэффициент возврата — $\geqslant$0,2;

5) проверку калибровки реле производить в следующем порядке (см. рис. 5.16). Подать напряжение питания на зажимы *2—4* (напряжение переменного тока 100 В) или на зажимы *4—8* (напряжение постоянного тока 220 В). Установить перемычку трансформатора в положение *д—г*. Поворотом оси потенциометра *R7* против часовой стрелки полностью ввести переменное сопротивление, подать на вход реле ток 0,01 А и поворотом оси потенциометра добиться срабатывания реле. Не меняя положения оси, ослабить стопорный винт, установить на оси ручку так, чтобы указатель ее приходился примерно на начало сектора шкалы (слева), и закрепить стопорным винтом ручку в этом положении. Найти положение ручки, соответствующее срабатыванию реле при токах, указанных для первого диапазона (табл. 5.6).

Если первая и последняя уставки тока срабатывания не входят в шкалу, произвести индивидуальный подбор резистора *R6* для данного реле (2,7—2,9 кОм) с помощью магазина сопротивлений. На крайних уставках проверяют ток срабатывания при напряжении питания 80 % $U_{ном}$.

Таблица 5.6

Токи срабатывания реле РТЗ-50

Точки шкалы	Уставка шкалы, А	Значения токов срабатывания (А) в диапазоне		
		первом	втором	третьем
1	0,010	0,0092—0,0108	0,0138—0,0162	0,0276—0,0324
2	0,012	0,011—0,013	0,0166—0,0194	0,0331—0,0388
3	0,014	0,0129—0,0151	0,0193—0,0227	0,0386—0,0453
4	0,016	0,0147—0,0173	0,0221—0,0259	0,0442—0,0518
5	0,018	0,0166—0,0194	0,0248—0,0292	0,0497—0,0583
6	0,020	0,0184—0,0216	0,0276—0,0324	0,0552—0,0648

Таблица 5.7

Контрольные напряжения реле РТЗ-50

Состояние реле	Значения напряжения (В) на			
	коллекторе транзистора *VT1*	диоде *VD3*	коллекторе транзистора *VT2*	конденсаторе *C3*
Начальное	0,01—0,04	0,6—0,7	16—19	16—19
Конечное	0,9—1,2	0,6—0,7	0,7—1,0	16—19

Проверить реле совместно с трансформатором тока, определить первичный ток срабатывания и возврата, коэффициент возврата реле;

6) при необходимости выяснения причин отказа или ненадежной работы реле проверить напряжения согласно данным табл. 5.7. Для измерения напряжений использовать вольтметр (при номинальном напряжении питания) с внутренним сопротивлением не менее 20 кОм/В (например, Ц4317). Ток утечки у конденсатора *C2* должен быть не более 27 мкА при напряжении 12 В, у конденсатора *C3* — не более 125 мкА при напряжении 25В (измерять по реостатной схеме).

Для предотвращения ложного срабатывания реле рекомендуется параллельно разряднику *F* установить дополнительно конденсатор *C5* емкостью 10 мкФ и напряжением не менее 160 В типа МБГО или МБГЧ. Для подключения конденсатора использовать выводы *X13* и *X15* штепсельного разъема.

5.4.2. Защита с блоком УБЗ

В автомат АБВ-250 встроена быстродействующая защита от однофазных (двухфазных) замыканий на землю типа УБЗ (рис. 5.18), реагирующая на напряжение нулевой последовательности. На входе УБЗ имеется схема выделения наибольшего по абсолютной величине тока, поступающего от активной или емкостной частей фильтра присоединения (на схеме не показан).

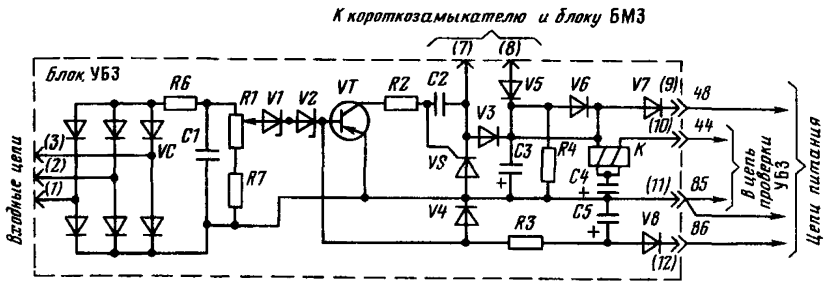


Рис. 5.18. Схема блока УБЗ автомата АБВ-250

Схема выделения максимального сигнала состоит из переменного *R1* и постоянного *R7* резисторов.

При снижении сопротивления изоляции электрической сети ниже уставки УБЗ напряжение, снимаемое с переменного резистора *R1*, достигает значения напряжения пробоя последовательно соединенных стабилитронов *V1* и *V2*. Транзистор *VT* открывается и подает сигнал на срабатывание тиристора *VS*.

Через открытый тиристор *VS* и зажимы *7*, *8* происходит разряд конденсатора *C3* на управляющий электрод тиристора в блоке конденсаторов *БК* (на схеме не показан). Дальнейшая работа схемы протекает аналогично работе схемы БМЗ (см. разд. 5.3.9). Выпрямление питающего напряжения осуществляется диодами *V6* и *V7*.

При РНИ защиты УБЗ необходимо руководствоваться следующим:

а) уставку УБЗ регулировать резистором *R1*;

б) блокирование включения выключателя при срабатывании УБЗ аналогично тому, что происходит при срабатывании БМЗ. Деблокирование производить также кнопкой *S1* «Деблокировка БМЗ, УБЗ» (см. рис. 5.15);

в) проверку функционирования блока УБЗ производить кратковременным нажатием кнопки «Проверка УБЗ» на быстрооткрываемой крышке автомата и включенном в цепь реле *K* (см. рис. 5.18, зажимы *44*, *85*). Длительное нажатие кнопки недопустимо — возможен выход из строя.

5.5. ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕГРУЗОК

Защита от перегрузки согласно § 436 и 437 ПБ должна предусматриваться при напряжении выше 1140 В для электродвигателей, при напряжении до 1140 В для электродвигателей и питающих их кабелей.

5.5.1. Защита токовыми реле РТ-40

В шкафах отходящих присоединений КРУВ-6 и КРУРН-6 установлены реле косвенного действия РТ-40, которые совместно с реле времени РВ-142 осуществляют защиту от перегрузки с независимой выдержкой времени и воздействуют на замок отключения через электромагнит отключения силового выключателя.

Реле РТ-40 (рис. 5.19) имеет два диапазона, в каждый из которых входят по шесть уставок (табл. 5.8). Шкала реле проградуирована на диапазон I уставок, соответствующий параллельному соединению обмоток реле. Последовательному соединению обмоток реле соответствует диапазон II уставок. При работе на диапазоне II фактический ток уставки соответствует удвоенному току уставки по шкале.

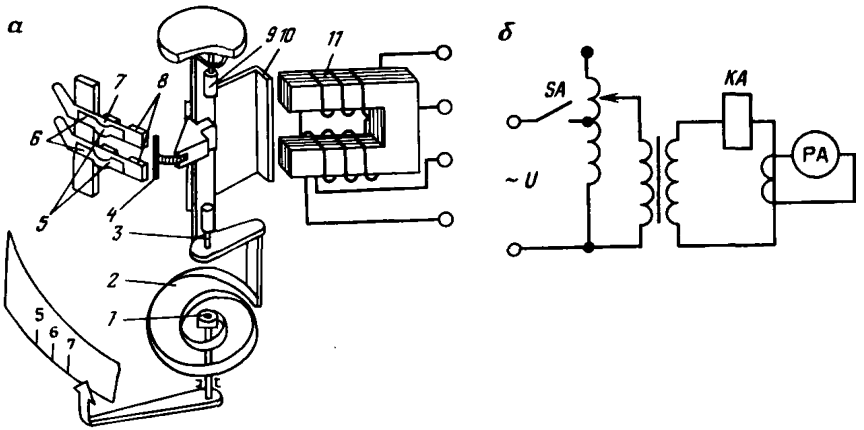


Рис. 5.19. Реле тока РТ-40:
а — конструкция; *б* — схема проверки

РНИ устройств защиты от перегрузок следует производить в соответствии с указаниями, изложенными в разд. 5.3.1, и дополнительно руководствоваться следующим:

а) при осмотре и регулировке механической части реле проверить надежность паек и креплений всех узлов и деталей. Неподвижные контакты *7* реле крепят, затягивая гайки и одновременно удерживая соответствующие винты *6* отверткой. Ось якоря *10* для предотвращения заедания должна иметь продольный люфт 0,2—0,3 мм, регулируемый изменением положения верхней цапфы *9*. Зазоры между якорем *10*, находящимся в притянутом положении, и полюсами магнитопровода *11* регулируют, перемещая магнитопровод. Они должны быть одинаковы и равны 0,4—0,7 мм.

Подвижный контактный мостик *4* должен свободно, без заметного трения, поворачиваться на оси *3*. Контактные пластины *8* неподвижного контакта *7* должны располагаться в одной плоско-

Таблица 5.8

Технические данные реле РТ-40

Тип реле	Уставки (А) на диапазонах		Число витков	Диаметр провода, мм
	I (последовательное соединение обмоток)	II (параллельное соединение обмоток)		
РТ-40/2	0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0.	1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0.	75	1,16
РТ-40/6	1,5; 1,8; 2,1; 2,4; 2,7; 3,0.	3,0; 3,6; 4,2; 4,8; 5,4; 6,0	25	2,02
РТ-40/10	2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0.	5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0.	15	2,2

Примечание. Потребляемая мощность реле: 0,2 Вт — для реле РТ 40/2 и 0,5 Вт — для реле РТ-40/6 и РТ-40/10

сти, иметь одинаковый изгиб и замыкаться подвижным контактным мостиком одновременно. Раствор между неподвижным и подвижным контактами должен быть 2—2,5 мм.

При срабатывании реле подвижный контактный мостик должен коснуться пластин неподвижного контакта в точке, отстоящей от их переднего края на 1—1,5 мм, скользить по ним не менее 1—1,5 мм и остановиться, не доходя 1,5—2 мм от заднего края этих пластин. Между передними жесткими упорами *4* и контактными пружинами *5* должен быть небольшой, просматриваемый на просвет зазор. Задние пружинящие упоры должны отстоять от контактных пружин на расстоянии примерно 1 мм и соприкасаться с ними в конце совместного хода подвижных и неподвижных контактов.

Спиральная противодействующая пружина *2* не должна иметь следов окисления, и все витки должны располагаться в горизонтальной плоскости (перпендикулярно к оси) и не касаться друг друга. Наклон плоскости пружины регулировать перемещением втулки *1*, к которой крепится внутренний конец пружины. После установки пружины в нужное положение втулку закрепить соответствующими винтами;

б) собрав схему (рис. 5.19, *б*), измерить ток срабатывания и ток возврата, рассчитать коэффициент возврата, который должен быть в пределах 0,8—0,85. Коэффициент возврата регулировать, изменяя конечные положения якоря с помощью правого упорного винта (на чертеже не показан). Проверить, нет ли вибрации контактов при силе тока от $1{,}05I_{ср}$ до максимального значения, возможного при токе к. з. в данной сети.

Погрешность срабатывания защиты по току вычислить по формуле (5.16). Она должна быть $\leqslant 5$ %;

в) время срабатывания защиты от перегрузки определить секундомером с момента подачи тока в цепь реле РТ-40 до отключения выключателя. Отклонение времени не должно превышать 2 с по отношению к уставке реле времени РВ-142 блока защиты от перегрузки. Уставка реле времени защиты от перегрузки должна быть несколько больше фактического времени пуска двигателя. С завода КРУВ-6 поступают потребителю с уставкой 20 с;

г) проверить и настроить реле РТ-40 в лабораторных условиях на поверхности.

5.5.2. Защита блоками ТЗП

Блок ТЗП, предназначенный для установки в рудничные коммутационные аппараты, служит для защиты рудничных электродвигателей и кабелей от токовых перегрузок. Конструкция блока аналогична конструкции блока ПМЗ.

Техническая характеристика блока ТЗП

Напряжение питания переменным током, В	36
Уставки тока срабатывания $I_{ном}$ аппарата, в котором устанавливается защита	0,5—1,0

Потребляемая мощность, В·А	$\leqslant 2$
Степень защиты	IP 40
Габаритные размеры, мм	120×64×140
Масса, кг	$\leqslant 0{,}6$

Блок имеет защитную характеристику, обеспечивающую: несрабатывание в течение $\leqslant 5$ с при перегрузках $6I_{ном}$ защищаемого объекта; срабатывание в течение $\leqslant 6$ с при перегрузке $1{,}2I_{ном}$ защищаемого объекта в холодном состоянии.

Исполнительный орган блока имеет переключающий контакт, рассчитанный на коммутацию постоянного тока 0,3 и 2 А в цепи напряжением соответственно до 110 и 30 В. Блок совместно с датчиками тока обеспечивает отключение электродвигателя в случае возникновения токовых перегрузок. В качестве датчиков тока в схеме защиты от перегрузки используются трансформаторы тока типа ТТ3. Электрическая схема (рис. 5.20) состоит из измерительной и исполнительной частей.

Измерительная часть схемы питается от трансформаторов тока через трехфазный однополупериодный выпрямитель на диодах *VD1—VD3*, а исполнительная часть — от источника напряжения 36 В через контакты *8* и *10* штепсельного разъема. Измерительная часть схемы включает делители напряжения из резисторов *R2—R3* и *R5—R6*, активно-емкостные контуры *R7—C3* и *R8—C2*, собирательную схему «ИЛИ» из диодов *VD4* и *VD5*.

Исполнительная часть выполнена на основе порогового устройства на однопереходных транзисторах *VT1* и *VT2*, тиристора *VS1*, исполнительного реле *K1.1* и выпрямителя *VC8—VC11*. При подаче питания на схему и работе электродвигателя в номинальном режиме напряжение со вторичных обмоток трансформаторов тока поступает на выпрямитель и после выпрямления подается на де-

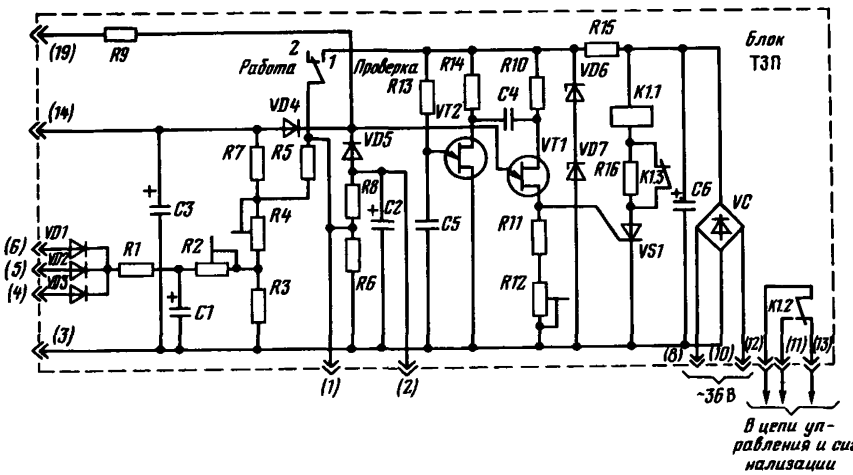


Рис. 5.20. Принципиальная электрическая схема блока ТЗП

лители напряжения *R2—R3* и *R5—R6*. Происходит заряд емкостей *C2* и *C3*. Если двигатель работает без перегрузки, то напряжение на полностью заряженной емкости недостаточно для открывания ключа *VT1* исполнительного органа. По мере увеличения нагрузки происходит дальнейший заряд емкостей. При этом, когда напряжение на одной из емкостей достигает величины напряжения срабатывания ключа (на *C2* — при опрокидывании или затянувшемся пуске электродвигателя, на *C3* — при перегрузках $\geqslant 1{,}1—1{,}2I_{ном}$), транзистор *VT1* переключается и подает импульс на управляющий электрод тиристора *VS1*, в анодную цепь которого включено исполнительное реле *K1.1*. Стабилизация порога срабатывания ключа осуществляется релаксационным генератором, выполненным на однопереходном транзисторе *VT2*. При срабатывании реле *K1.1* своими контактами воздействует на цепи управления и сигнализации аппарата. Время достижения напряжения срабатывания ключа *VT1* зависит от кратности перегрузки электродвигателя.

Работу устройства проверяют переключением тумблера в положение «Проверка». При этом напряжение на измерительную часть схемы подается от источника напряжения 36 В. Установка уставок срабатывания осуществляется с помощью резистора *R4*. Для нормального функционирования схемы при колебаниях напряжения введена стабилизация напряжения с помощью стабилитронов *VD6*, *VD7* и резистора *R15*.

Для обеспечения нормальной работы блока необходимо в процессе эксплуатации один раз в месяц проверять его действие, руководствуясь инструкцией по эксплуатации аппарата, в который устанавливается блок.

При обнаружении неисправностей в работе блока необходимо заменить его на исправный. Во время эксплуатации запрещается непосредственно в шахте вскрывать блок и ремонтировать элементы, встроенные в него. Ремонт блока разрешается на специализированном ремонтном предприятии.

5.6. ЗАЩИТА ОТ ПОНИЖЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ (НУЛЕВАЯ И МИНИМАЛЬНАЯ)

Нулевая защита предназначена для предотвращения самопроизвольного включения коммутационных аппаратов при появлении на их вводах напряжения, снятого с них ранее.

Назначение минимальной защиты — отключение токоприемников при отклонении величины напряжения от заданного значения.

Согласно § 437 и 443 ПБ, нулевую защиту при напряжении до 1140 В следует применять для электродвигателей и питающих их кабелей, за исключением случаев, указанных в п. 7 инструкции к § 395 ПБ.

Для трансформаторов питания рекомендуется устанавливать защиту минимального напряжения, отстроенную по времени от

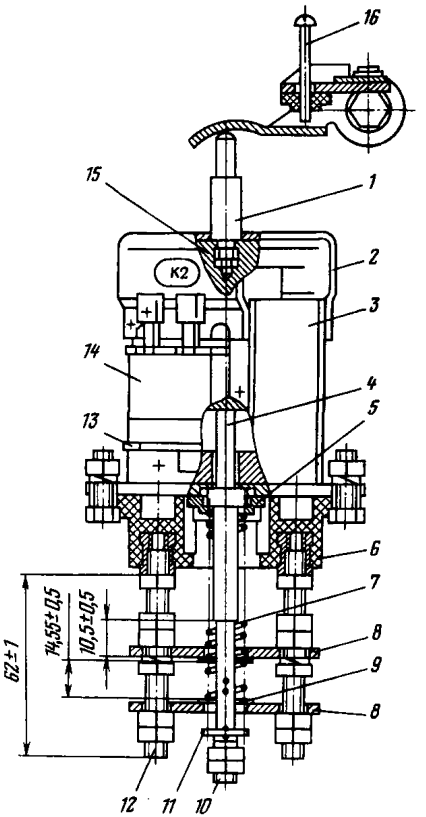


Рис. 5.21. Реле минимального напряжения типа РМН:

1 — толкатель; *2* — скоба; *3* — магнитопровод; *4* — тяга; *5* — вкладыш; *6* — основание; *7*, *9* — пружины; *8* — планка; *10* — гайка; *11* — чека; *12* — шпилька; *13* — каркас; *14* — катушка; *15* — сердечник; *16* — винт

кратковременных глубоких снижений напряжения при внешних к. з. и запуске мощных двигателей. Защита минимального напряжения для трансформаторов (кроме специальных), питающих электрифицированный транспорт, на стороне ВН не обязательна, так как она обеспечивается надежно действующей нулевой защитой магнитных пускателей в распределительных сетях НН. В фидерных автоматах и магнитных пускателях предусматривается нулевая защита без выдержки времени.

Для двигателей с короткозамкнутым ротором и прямым пуском от сети достаточно применение нулевой защиты без выдержки времени с уставкой напряжения срабатывания 40—60 % номинального.

В автоматических выключателях нулевая защита осуществляется нулевыми расцепителями, а в пускателях роль нулевого расцепителя выполняют контакторные катушки или промежуточные реле. Параметры расцепителей, катушек и контакторов позволяют при снижении напряжения сети до 35—40 % обеспечить отключение коммутационного аппарата и не допустить их повторного включения при появлении на их вводах рабочего напряжения без вмешательства оператора.

В шкафах КРУВ-6 (КРУРН-6) вводных, секционных и отходящих присоединений применена защита минимального напряжения, которая выполнена посредством реле прямого действия типа РМН (рис. 5.21), встроенного в привод выключателя ВЭВ-6.

Техническая характеристика реле РМН в приводах выключателей ВЭВ-6

Напряжение, В:	
номинальное питания	100
минимальное втягивания сердечника	85
отпадания сердечника	50—60
Наибольшая потребляемая мощность, В·А	35

Ход сердечника, мм	12,5
Число витков катушки	850
Марка провода	ПЭТВ-0,41

Реле через релейный валик и тягу воздействует на замок отключения при снижении напряжения на его зажимах до 50—60 В. Конструкцией КРУ предусматривается возможность вывода РМН из работы, если это необходимо по условиям эксплуатации и не противоречит требованиям ПБ. Для этого необходимо оттянуть вниз до отказа тягу *4*, используя гайку *10*, и переставить чеку *11* из нижнего отверстия в тяге *4* в верхнее. Если минимальная защита выводится из работы на длительный период, то необходимо исключить из работы и обмотку реле РМН (отсоединить от зажимов проводники и изолировать их). Реле РМН установлено на выключателе и при его отключении воздействует через релейный вал на замок отключения выключателя.

При РНИ минимальной (нулевой) защиты необходимо руководствоваться следующим:

а) от руки проверить, свободное ли движение всех подвижных частей, нет ли перекосов и затираний сердечника, жестко связанного со штоком бойка, при различных его положениях относительно оси;

б) произвести настройку реле на втягивание и отпускание, сжимая и ослабляя пружины *7*, *9* и перемещая планки *8* (верхнюю — при втягивании сердечника, нижнюю — при отпускании);

в) для регулировки действия реле РМН на замок отключения вывинтить винт *16* вверх, включить выключатель вручную и, удерживая якорь реле в верхнем крайнем положении, завинчивать винт *16* до тех пор, пока не произойдет отключение выключателя. Затем произвести еще два оборота винта;

г) при проверке работы защиты минимального напряжения у ячеек КРУВ-6 и КРУРН-6 снять переднюю и верхнюю крышки корпуса и подать на зажимы реле РМН напряжение 85 В от регулируемого независимого источника напряжения. Якорь реле должен втянуться. Включить выключатель, вручную прокачивая заводное устройство, и, не снимая с обмотки реле ранее поданное напряжение 85 В, снизить напряжение до 50—60 В, при котором выключатель должен отключиться;

д) проверить нулевую защиту у низковольтных аппаратов: при включенном аппарате снять напряжение с его ввода (аппарат должен отключиться), затем подать напряжение на ввод (аппарат не должен включиться). Операцию повторить 2—3 раза.

5.7. ТЕПЛОВАЯ (ТЕМПЕРАТУРНАЯ) ЗАЩИТА

Тепловая защита предназначена для отключения электроустановок при длительных перегрузках. Она предусматривается в некоторых типах пусковых агрегатов и специальных устройствах защиты обмоток передвижных подстанций и электродвигателей.

Тепловая защита осуществляется с помощью тепловых реле серий ТРП, ТРН, РТ, ТРА, ТРБ и др., устанавливаемых внутри корпусов пускателей и автоматических выключателей. При токе $I_{пуск} = 7I_{ном}$ (пуск двигателя с короткозамкнутым ротором) реле отключает автоматический выключатель через 10 с; при $I_{пуск} = 3I_{ном}$ — через 35 с; при $I_{пуск} = 1{,}5I_{ном}$ — через 3 мин. Таким образом, тепловое реле не реагирует на кратковременные и неопасные толчки тока при пуске двигателей.

Для защиты от недопустимого нагрева обмоток комбайновых и конвейерных электродвигателей, электродвигателей вспомогательных механизмов, трансформаторной подстанции ТСВП-630/6-1,2 используют разработанные ВНИИВЭ датчики-реле температуры ДТР-3м и ДТР-3м-УТ, реагирующие как на значение температуры, так и на скорость ее нарастания.

Техническая характеристика датчиков-реле температуры ДТР-3м и ДТР-3м-УТ

Напряжение коммутируемой цепи, В	6—36
Номинальный коммутируемый ток, А:	
при переменном напряжении 36 В, частоте 50 Гц	0,6—0,8
при напряжении постоянного тока 36 В и постоянной времени $\leqslant$0,05 с	0,2
Уставки срабатывания, °С	125; 140; 165; 180
Габаритные размеры, мм	12×12×37
Масса (без выводных концов), г	80

Датчик-реле температуры ДТР-3м-УТ (рис. 5.22) состоит из теплостойкого пластмассового корпуса *1*, теплопроводящей крышки *2* с упругой пластиной *3* и термобиметаллической пластиной *4*, контактной группы *5*, в состав которой входят термобиметаллические пластины *6* и *7* с контактами *8* и *9* и бронзовая пластина *10*, а также винтов *12*, *13* и *14*. Винт *13* предназначен для регулирования уставки срабатывания термодатчика, винт *14* — для исключения размыкания контактов *8* и *9* при отрицательных температурах, а винт *12* — для регулирования чувствительности термодатчика к скорости роста температуры. Датчик поставляется настроенным на одну из указанных в характеристике уставок срабатывания температуры. Температура настройки указана на табличке. В собранном виде по всей поверхности датчика наносится слой эпоксидного компаунда, благодаря чему датчик выдерживает испытательное напряжение 4 кВ.

Датчик устанавливают на обмотке таким образом, что теплопроводящая крышка *2* находится в непосредственном тепловом кон-

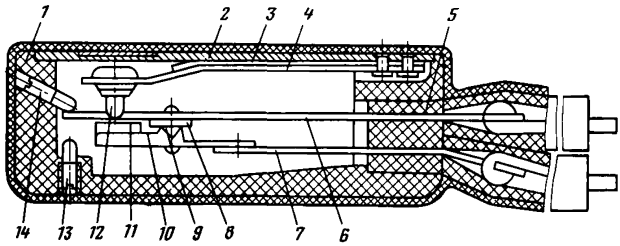


Рис. 5.22. Датчик-реле температуры ДТР-3м-УТ

такте с изоляцией. Такое расположение датчика и теплоизоляционный материал корпуса создают благоприятные условия для направленного движения теплового потока от обмотки через крышку *2* к термобиметаллическим пластинам, изгибающимся при нагреве в одну сторону.

Датчик-реле температуры ДТР-3м отличается от рассмотренного ДТР-3м-УТ тем, что в нем отсутствует дополнительная упругая пластина *3* из материала высокой теплопроводности, которая служит для улучшения теплообмена.

Защита обмотки электродвигателя в различных режимах осуществляется следующим образом. При перегрузках до $2I_{ном}$ скорость роста температуры в обмотке не превышает 0,3—0,5 °С/с и температурный перепад между термобиметаллическими пластинами *4* и *6* незначителен, поэтому они почти одинаково изгибаются в сторону регулировочного винта *13*. При достижении температуры обмотки уставки срабатывания датчика движение пластины *6* останавливается регулировочным винтом *13* и под действием пластины *4* с винтом *12* происходит размыкание контактов датчика; электродвигатель отключается от сети.

В режиме к. з. электродвигателя, когда по обмотке проходит пусковой ток, скорость роста температуры в обмотке резко возрастает. Между термобиметаллическими пластинами *4* и *6* возникает большой температурный перепад. Пластина *4* находится в непосредственном тепловом контакте с крышкой *2*, вследствие чего она изгибается в большей степени, чем пластина *6*. Поэтому размыкание контактов происходит при воздействии на изоляционную прокладку *11* винта *12* до момента стопорения пластины *4* винтом *13*.

При ревизии и наладке тепловых реле необходимо:

1) снять крышку реле и произвести наружный осмотр деталей; поверхности биметаллической пластинки и защелки в местах соприкосновения должны быть гладкими. При нажатии рычага возврата проверить свободный ход защелки и четкость установки ее в исходное положение под действием отключающей пружины;

2) произвести настройку реле по схеме, изображенной на рис. 5.23. Тепловое реле, встроенное в пускатель, с момента соз-

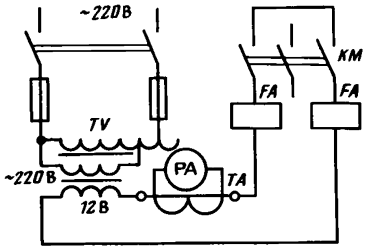


Рис. 5.23. Схема испытания тепловых реле

дания перегрузки 20 % должно сработать за время $\leqslant$20 мин. Если через 20 мин реле не сработает, необходимо, сдвигая регулировочный рычаг, найти такое положение, при котором произойдет отключение контактов.

Если при проверке реле сработало быстро (менее чем за 10 мин), то следует снизить ток до номинального, сдвинуть регулировочный рычаг у реле вправо и повторить испытание аппарата. Если сдвигом рычагов в крайние положения не удается ввести реле в норму, нужно заменить нагревательные элементы.

При проверке большого количества тепловых реле с одинаковой уставкой надо использовать образцовые реле: включить тепловые реле нескольких пускателей последовательно с образцовыми, пропустить ток $1{,}5I_{ном}$ по цепи нагревателей и все реле настроить таким образом, чтобы их срабатывание происходило одновременно с образцовыми.

5.8. ЗАЩИТА ОТ ОБРЫВА ФАЗ

В пускателях ПМВИР-41 применяют защиту от неполнофазного режима работы электродвигателя, возникающего при перегорании плавкой вставки силового предохранителя. Она осуществляется двухобмоточным реле *KF* (рис. 5.24), одна обмотка которого включена параллельно предохранителю *FU1*, а другая — *FU2*. При исправных предохранителях по обмоткам реле *KF* протекает незначительный ток, недостаточный для срабатывания

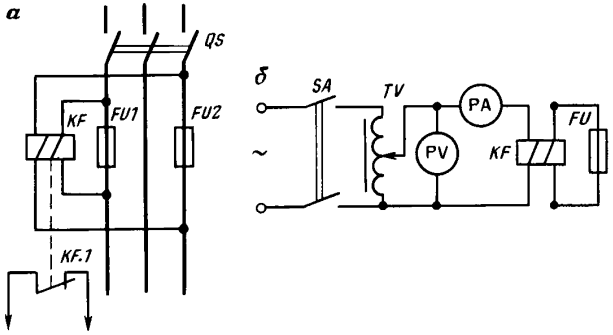


Рис. 5.24. Схема защиты от обрыва фаз:
а — принципиальная; *б* — проверки

реле. При перегорании плавкой вставки в одной из фаз резко возрастает ток в обмотке, подключенной параллельно этому предохранителю. Реле *KF* срабатывает и размыкает свой контакт в цепи управления пускателем, который при этом отключается. Возврат реле в исходное положение осуществляется вручную при открытой крышке пускателя.

При РНИ защиты от обрыва фаз необходимо проверить реле *KF* по схеме на рис. 5.24, *б*. После сборки схемы надо плавно повышать напряжение и определить ток срабатывания реле, который не должен превышать 2,5 А. Аналогичную проверку произвести для второй обмотки реле *KF*.

5.9. ЗАЩИТА ОТ ПОТЕРИ УПРАВЛЯЕМОСТИ И САМОВКЛЮЧЕНИЯ БЛОКАМИ УДБ

Защита от самовключения аппарата при повышении напряжения питающей сети до $1{,}5U_{ном}$, защита от потери управляемости и защита от обрыва или увеличения сопротивления заземляющей сети до 50 или 100 Ом предусматривается в магнитных пускателях и фидерных автоматах с помощью блока дистанционного управления и контроля типа БДУ.

Блок БДУ предназначен для встройки в рудничные коммутационные аппараты и комплектные устройства напряжением до 1140 В и служит для дистанционного (с искробезопасными параметрами) управления рудничными коммутационными аппаратами.

Электрическая схема БДУ обеспечивает защиту от потери управляемости при замыкании или обрыве проводов цепи дистанционного управления, защиту от самовключения при кратковременном повышении напряжения питающей сети до $1{,}5U_{ном}$, отключение исполнительного элемента при достижении электрического сопротивления цепи заземления 45^{+5}_{-10} Ом.

Техническая характеристика блока дистанционного управления и контроля типа БДУ

Номинальное напряжение питания, В	18
Рабочее напряжение питающей сети	(0,85—1,1) $U_{ном}$
Минимальное напряжение удержания	$0{,}65U_{ном}$
Максимальное напряжение, не допускающее самовключения	$1{,}5U_{ном}$
Потребляемая мощность, В·А	$\leqslant 5$
Степень защиты по ГОСТ 14254—80	IP30
Габаритные размеры, мм	120×64×125
Масса, кг	0,6

Блок состоит из панели, к которой крепятся две платы с набором электрорадиоэлементов и контактная вилка штепсельного разъема и кожуха.

Конструкция блока неразборная.

Электрическая схема блока БДУ состоит из двух аналогично работающих измерительных схем (рис. 5.25), содержащих схемы

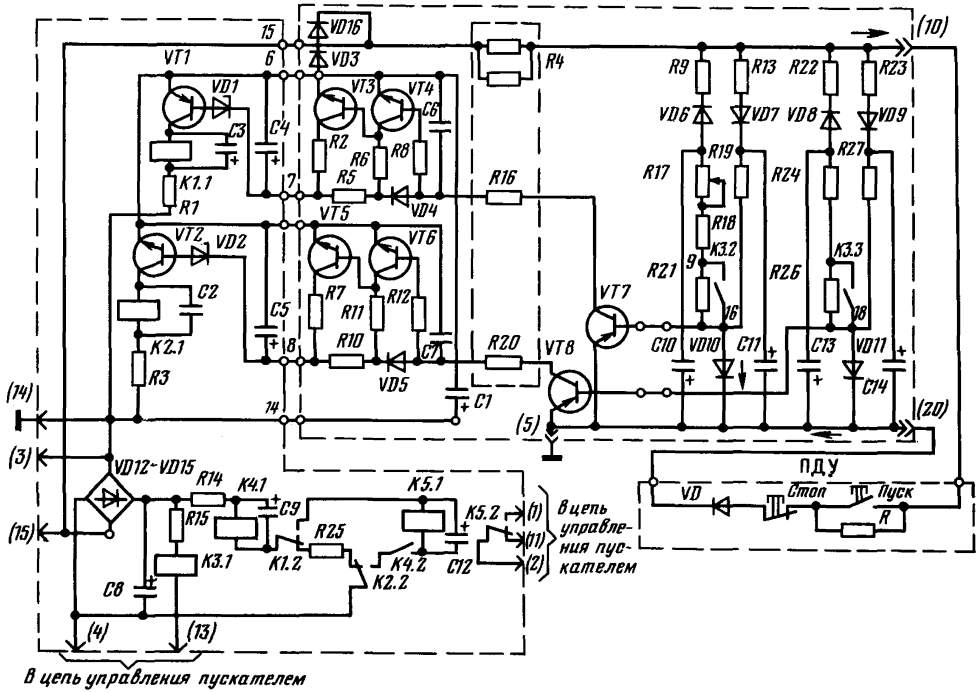


Рис. 5.25. Принципиальная схема блока БДУ

сравнения токов, усилители и выходные реле. Контакты выходных реле включены в логическую схему, которая осуществляет управление промежуточным реле.

Входная цепь представляет собой схему сравнения токов и состоит из резисторов *R9*, *R17*, *R18*, *R21*, *R13*, *R19*, конденсаторов *C10*, *C11*, диодов *VD6*, *VD7*, *VD10*. Сравнение токов происходит на базе транзистора *VT7*, нагрузкой которого является резистор *R16*. В цепь нагрузки включена схема временнóй задержки сигнала управления, состоящая из транзисторов *VT3*, *VT4*, резисторов *R2*, *R5*, *R6*, *R16*, конденсаторов *C4*, *C6*, диода *VD4*, стабилитрона *VD1*.

К входной цепи схемы сравнения токов (зажимам *10* и *20*) подключен пост ПДУ.

При подаче напряжения на схему в положительный полупериод ток от источника напряжения проходит по двум параллельным ветвям (*R13*, *VD7* и *R23*, *VD9*) и ПДУ. В отрицательный полупериод ток течет по цепи *VT7*, *R21*, *R18*, *R17*, *VD6*, *R9*. На базе транзистора *VT7* происходит сравнение токов. При разомкнутой кнопке «Пуск» транзисторы *VT7* и *VT1* заперты, реле *K1.1* обесточено. При замыкании кнопки «Пуск» происходит шунтирование цепи *R13*, *VD7*, *R19*, *VD10*, что приводит к преобладанию тока в цепи *VT7*, *R21*, *R18*, *R17*, *VD6*, *R9*.

В результате открываются транзисторы *VT7*, *VT1* и срабатывает реле *K1.1*. При увеличении сопротивления в цепи дистанционного управления ток в цепи *R13*, *VD7*, *R19*, *VD10* возрастает, что приводит к запиранию транзисторов *VT7*, *VT1* и отключению реле *K1.1*. При замыкании проводов дистанционного управления между собой происходит шунтирование обеих цепей, затем запирание транзисторов *VT7* и отключение реле *K1.1*.

Схема временнóй задержки служит для компенсации фазового сдвига между напряжением питания реле *K1.1* и током управления в базовой цепи *VT1* и для устойчивой работы при переходных процессах в цепях управления.

Контакты выходных реле двух измерительных схем включены в логическую схему таким образом, что реле *K4.1* при подаче напряжения на схему включается и замыкает контакт *K4.2* в цепи реле *K5.1*. При наличии управляющего сигнала в цепях дистанционного управления контакты реле *K1.2* и *K2.2* переключаются. При этом остается включенным реле *K4.1* и включается реле *K5.1*, которое своими контактами *K5.2* включает промежуточное реле. При несогласованной работе контактов *K1.2* и *K2.2* происходит подача напряжения на катушку реле *K4.1*, размыкание контакта *K4.2* и отключение промежуточного реле.

Искробезопасность блока обеспечивается резисторами *R4*, *R16*, *R20*.

При ТО и РНИ блока БДУ необходимо руководствоваться следующим.

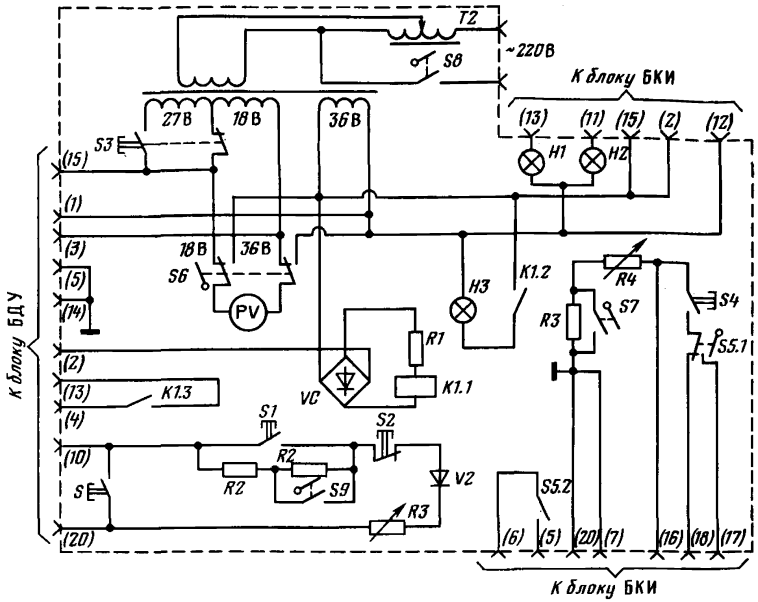


Рис. 5.26. Электрическая схема проверки и настройки блоков БДУ и БКИ

1. Перед установкой блока в аппарат произвести проверку отсутствия механических повреждений и наличие пломб. Обратить внимание на положение направляющего ключа штепсельного разъема.

2. В процессе эксплуатации 1 раз в месяц проверять действие блока согласно инструкции по эксплуатации аппарата, в котором установлен блок.

3. При обнаружении неисправностей в работе блок заменить на исправный. Во время эксплуатации запрещается непосредственно в шахте вскрывать блок и ремонтировать элементы, встроенные в него. Ремонт блока можно производить на специализированном ремонтном предприятии.

4. Произвести проверку и настройку блока по схеме (рис. 5.26):

а) тумблер *S6* установить в положение «18 В». Регулятором *T2* типа ЛАТР (РНО) установить по вольтметру *PV* напряжением $U_{пит} = 1{,}1U_{ном} = 19{,}8$ В. Установить на магазине сопротивлений $R = 30$, замкнуть тумблер *S9* (*R2* = 42,3 Ом). Работу реле *K1.1* контролировать по загоранию лампы *H3*;

б) замкнуть кнопку *S1*. При этом должна загореться лампа *H3*, которая при отпускании кнопки *S1* не должна гаснуть;

в) замкнуть кнопку *S* (лампа *H3* должна погаснуть);

г) регулятором *T2* установить по вольтметру *PV* напряжение $U_{пит} = U_{ном} = 18$ В;

д) при отключенном реле *K1.1* сопротивление *R2* = 42,3 Ом (контакт тумблера *S9* замкнут) и *R3* = 0; на блок БДУ с помощью кнопки *S3* кратковременно (не более 1 с) подать напряжение $U_{пит} = 1{,}5\ U_{ном}$. При этом лампа *H3* не должна загораться;

е) замкнуть кнопку *S1* (лампа *H3* должна загореться, но при отпускании кнопки *S1* не погаснуть);

ж) разомкнуть кнопку *S2* (лампа *H3* должна погаснуть);

з) разомкнуть тумблер *S9* (*R2* = 51,9 Ом), установить на магазине сопротивлений *R3* = 15 Ом;

и) замкнуть кнопку *S1* (лампа *H3* должна загореться), разомкнуть кнопку *S1*, установить на магазине сопротивлений *R3* = = 35 Ом (лампа *H3* не должна погаснуть), установить *R3* = = 50 Ом (лампа *H3* должна погаснуть). Допускается, чтобы лампа погасла при $35 < R3 \leqslant 50$ Ом);

к) регулятором *T2* установить напряжение $U_{пит} = 85\ U_{ном} =$ = 15,3 В;

л) замкнуть кнопку *S1* (лампа *H3* должна загореться), разомкнуть кнопку *S1* (лампа *H3* не должна погаснуть);

м) регулятором *T2* установить напряжение $U_{пит} =$ $= 0{,}65\ U_{ном} = 11{,}7$ В (лампа *H3* не должна погаснуть).

5. Если испытуемый блок соответствует всем предъявляемым требованиям, то считается, что он нормально функционирует и пригоден для промышленного использования.

5.10. ЗАЩИТА ОТ ОПАСНЫХ ТОКОВ УТЕЧКИ НА ЗЕМЛЮ

5.10.1. Общие сведения, требования и определения

Защита от опасных токов утечки на землю осуществляется серийно выпускаемыми в настоящее время устройствами защитного отключения (реле утечки) различных типов, описание которых приведено ниже, и снятыми с производства, но еще находящимися в эксплуатации устройствами УАКИ, АЗАК и др., рассмотренными в первом издании Руководства.

Назначение аппаратуры защиты от токов утечки — защита людей от поражения электрическим током при прикосновении к токоведущим частям и предотвращение эксплуатации сетей с поврежденной изоляцией и опасными утечками тока на землю.

Ток утечки — это ток, проходящий между элементом электрооборудования, электрически связанным с фазами сети, и землей. В частности, это ток, проходящий через тело человека, прикоснувшегося к элементу электрооборудования, которое находится под напряжением.

Утечки в зависимости от числа фаз с пониженным сопротивлением изоляции относительно земли бывают: однофазная, двухфазная, трехфазная.

Токи утечки по их значению разделяют на два вида:

длительные, которые не вызывают срабатывания защитной аппаратуры и поэтому могут протекать в течение неограниченного времени;

кратковременные, обусловливающие срабатывание аппаратов защиты от токов утечки и отключение сети.

Предельный длительный ток утечки — это переменный ток утечки, появляющийся при снижении сопротивления изоляции до такой величины, при которой начинается и заканчивается срабатывание реле утечки под действием возросшего оперативного постоянного тока. Для существующих реле утечки предельный длительный ток утечки принят 0,025—0,03 А. При снижении сопротивления изоляции до величины, соответствующей этому току, реле утечки срабатывает нечетко, с некоторой выдержкой времени. Но так как ток весьма мал, то в случае прикосновения человека в этот момент к токоведущей части поражения за время отключения сети не произойдет.

Предельный кратковременный ток утечки — это переменный ток утечки, появляющийся при снижении сопротивления изоляции до 1000 Ом, т. е. до величины принятого для подземных условий минимального сопротивления человека. Для реле утечки этот ток принят 0,1 А.

Время отключения сети — это время от момента возникновения опасного тока утечки до полного разрыва цепи питания сети от источника питания (подстанции). Оно складывается из времени срабатывания аппарата защиты и времени срабатывания коммутационного аппарата (автомата) с учетом гашения дуги на его контактах. Общее время отключения поврежденной сети напряжением 380, 660 В и контактных сетей не должно превышать 0,2 с, а напряжением 1140 В — 0,12 с. Для сетей напряжением 127 и 220 В, а также для зарядных сетей постоянного тока время срабатывания реле утечки должно быть в пределах, указанных в заводской инструкции.

Основные причины возникновения токов утечки:

снижение активного сопротивления изоляции элементов электрооборудования;

механическое повреждение или перекрытие изоляционных деталей;

прямой контакт человека с токоведущими элементами.

Ток, проходящий через человека, зависит от активного сопротивления изоляции и емкости сети относительно земли.

При прикосновении к одной фазе реальной силовой сети ток, протекающий через человека, $I_ч$ состоит из двух составляющих: активной $I_а$, обусловленной суммой активного сопротивления $R_а$ изоляции фаз A и B с активным сопротивлением человека $R_ч$, и емкостной I_C, обусловленной емкостным сопротивлением изоляции X_C этих же фаз относительно земли (рис. 5.27).

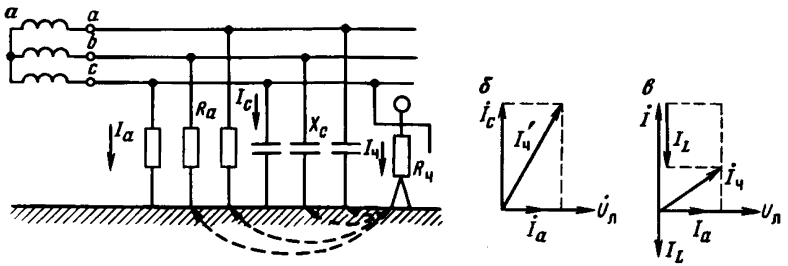


Рис. 5.27. Схема протекания тока утечки через тело прикоснувшегося к сети человека (*а*) и его векторные диаграммы при нескомпенсированной емкости сети (*б*), при частичной компенсации емкости сети относительно земли (*в*)

Вероятность поражения человека электрическим током определяется его значением и длительностью протекания. Чтобы избежать поражения человека электрическим током, необходимо как можно быстрее отключить электроэнергию и ограничить ток, протекающий через человека, до такой величины, чтобы за полное время отключения сети этот ток был безопасен. Поэтому для обеспечения безопасности обслуживающего персонала кроме отключения сети в случае прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением, необходимо применять устройства, ограничивающие значение или длительность тока, проходящего через тело человека, таким образом, чтобы количество электричества, проходящего через тело человека с сопротивлением 1 кОм, не превышало 50 мА·с (ГОСТ 22929—78). Устройство компенсации должно снижать кратковременный ток утечки (ток через тело человека сопротивлением 1 кОм) до $\leqslant$0,1 А.

Для ограничения тока $I_ч$ необходимо повышать активное R_a и емкостное X_C сопротивления сети путем сокращения длины кабеля контролируемой сети. Увеличить R_a можно также улучшением качества и состояния изоляции, а X_C — практически только компенсацией емкости сети, не изменяя ее протяженности.

Суммарная емкость шахтных участковых электросетей колеблется в пределах 0,3—3,0 мкФ, т. е. 0,1—1,0 мкФ на фазу. Это довольно значительная величина, которая в первую очередь определяет величину токов утечки, а затем активное сопротивление изоляции. Так как емкость сети снизить практически нельзя (она зависит от протяженности кабельной сети), то принимают меры по снижению ее влияния на токи утечки путем компенсации емкостных токов. Для этого параллельно емкостям сети включают индуктивность, создавая колебательный контур.

Время воздействия электрического тока на человека, оказавшегося под напряжением, не равно времени отключения сети защитной аппаратурой, так как электродвигатели, присоединяемые к сети, после ее отключения продолжают генерировать напряжение в течение примерно 3—5 с. Таким образом, при требуе-

мом быстродействии максимально возможное время прохождения тока через тело человека определяется электромагнитной постоянной времени снижения обратной э. д. с. отключенных от источника питания электродвигателей, присоединенных к сети.

Минимальное активное сопротивление изоляции сети, при котором никакими средствами невозможно ограничить общий ток утечки до безопасной величины для человека, прикоснувшегося к токоведущей части, называется *критическим сопротивлением изоляции* $r_{кр}$. При снижении сопротивления изоляции до $r_{кр}$ сеть должна быть отключена. Значение критического сопротивления изоляции принимают за уставку отключающего сопротивления защиты от утечек.

В отношении опасности поражения электрическим током различают сопротивление изоляции и сопротивление трехфазной утечки. Сопротивление изоляции — это сопротивление фаз относительно земли, составленное из параллельно включенных сопротивлений множества исправных изоляционных деталей. Сопротивление трехфазной утечки — это сопротивление поврежденных изоляционных деталей, определяющее сосредоточенные в них токи утечки.

Согласно ГОСТ 22929—78, аппараты общесетевой защиты от утечек должны осуществлять непрерывный контроль активного сопротивления изоляции и утечек всей находящейся под рабочим напряжением сети и обеспечивать возможность ее отключения коммутационным аппаратом при снижении указанных сопротивлений ниже нормальных значений.

Основные параметры реле утечки всех видов выбирают, исходя из безопасных величин факторов воздействия электрического тока на человека.

Сопротивление срабатывания аппарата общесетевой защиты при симметричной трехфазной утечке для аппаратов на напряжение 127; 220 и 380; 660; 1140 В должно быть не менее соответственно 3,3; 10; 30; 60 кОм.

Реле утечки в комплексе с фидерными автоматами, используемыми в качестве общесетевых, должны непрерывно контролировать утечки тока на землю и отключать защищаемую сеть при токе утечки 0,03 А в сетях 380 и 660 В (в сетях 1140 В — 0,025 А и выше).

Защиту от опасных утечек тока следует применять:

а) согласно § 436 ПБ — в подземных сетях напряжением выше 1140 В — в схемах защиты линий, трансформаторов и электродвигателей;

б) согласно Инструкции к § 393 ПБ — в схемах электроснабжения передвижных подстанций (ПУПП) в сетях напряжением 6000 В, расположенных в выработках с исходящей струей воздуха на шахтах, опасных по внезапным выбросам, разрабатывающих крутые пласты;

в) согласно Инструкции к § 395 ПБ — в сетях напряжением выше 1140 В, от которых питаются ПУПП, установленные в проветриваемых ВМП тупиковых выработках шахт, опасных по газу;

г) согласно § 437 ПБ — во всех электрически связанных сетях напряжением до 1140 В, подключенных к одному или группе параллельно работающих трансформаторов автоматическими выключателями в комплексе с одним реле утечки. При срабатывании реле утечки должна отключаться вся сеть, подключенная к силовым трансформаторам, кроме отрезка кабеля длиной не более 10 м, соединяющего общесетевой автоматический выключатель с трансформатором. Для цепей на напряжение не более 42 В, цепей дистанционного управления и блокировки КРУ, а также цепей местного освещения ПУПП допускается не применять защиту от утечек тока на землю при условии металлического жесткого или гибкого наружного соединения их с корпусом подстанции, наличия выключателя в цепи освещения и надписи на светильниках: «Вскрывать, отключив от сети».

Требование защиты от утечек тока не распространяется на искробезопасные системы.

Защиту от опасных утечек на землю необходимо выполнять с блокировкой, исключающей подачу напряжения на сеть с поврежденной изоляцией относительно земли.

Защиту от включения напряжения при сниженном сопротивлении изоляции относительно земли согласно § 437 ПБ следует применять для электродвигателей и питающих их кабелей напряжением до 1140 В и осуществлять в основном блокировочными реле утечки (БРУ).

Согласно § 440 ПБ, БРУ применяют в КРУ для присоединения к сети передвижных подстанций и трансформаторов, устанавливаемых в выработках с исходящей струей воздуха шахт III категории по газу и выше (КРУ нужно устанавливать в камерах на свежей струе воздуха). БРУ следует применять в коммутационных аппаратах для включения РПП участка и другого электрооборудования, расположенного в выработках с исходящей струей воздуха.

Аппараты защитного отключения выполняют либо в виде отдельного аппарата, либо в виде блоков, встроенных в автоматы, пускатели, пусковые агрегаты и другие шахтные электроустановки.

5.10.2. Общие указания по РНИ устройств защиты от опасных токов утечки

В программу пусковых РНИ входят:

а) проверка правильности применения аппарата, которую производят для отдельно стоящих аппаратов по их назначению, исполнению, роду тока и напряжению согласно указаниям, из-

ложенным в разд. 3.2. Дополнительно следует убедиться в правильности выбора фидерного выключателя, работающего в комплексе с ним;

б) проверка правильности монтажа отдельно стоящего аппарата (см. разд. 3.3).

Параллельное подключение двух и более реле утечки на стороне низшего напряжения одного трансформатора или КТП не допускается, так как в этом случае реле загрубляются на столько раз, сколько аппаратов подключено параллельно (ток опасной утечки, попав на землю, разветвляется через n обмоток параллельно подсоединенных реле, снижая качество защиты от утечек в n раз).

Если в подстанции два и более трансформаторов, сети низшего напряжения которых не соединены, то к общему фидерному выключателю каждого трансформатора присоединяют одно реле утечки. Для каждого реле должен быть предусмотрен отдельный дополнительный заземлитель — Дз.

Если трансформаторы в подстанции работают параллельно, то устанавливают одно реле утечки, подключаемое к общему фидерному выключателю.

Присоединение кабельной перемычки между отдельно стоящим реле утечки и АФВ следует проверять у обоих ее концов. Если реле контролирует сеть 660 В, то перемычка должна быть выполнена экранированным кабелем с обязательным заземлением экрана на двух концах (на резиновой изоляции заземляющей жилы экранная оплетка должна быть оставлена и зажата под корончатую шайбу заземляющей шпильки). Через заземляющую жилу корпус реле должен быть надежно соединен с корпусом фидерного автомата (пускателя). На кабеле, отходящем к Дз, все жилы для увеличения сечения должны быть соединены вместе;

в) осмотр знаков исполнения и пломб, осмотр и проверка разъемных и неразъемных соединений, корпусов, кабельных вводов и средств взрывозащиты. Осмотр производят согласно указаниям, изложенным в разд. 3.4—3.8;

г) осмотр и испытание заземляющих устройств по указаниям разд. 3.13. Следует учесть, что измеренное возле любого заземлителя переходное сопротивление имеет значение 2 Ом и менее только при соединении всех шахтных заземлителей в одну общую сеть (переходное сопротивление для одного, отсоединенного от общешахтной сети заземлителя не замеряют, так как его сопротивление обычно больше 2 Ом). При проверке особое внимание следует обратить на подключение дополнительного заземлителя Дз;

д) осмотр и проверка дополнительного заземлителя Дз. Реле утечки имеют цепь дополнительного заземлителя, присоединяемого, как и обычный местный заземлитель Мз, и располагаемого не ближе 5 м от последнего.

Дополнительный заземлитель Дз следует подключать кабелем. Применение голого или изолированного провода вместо кабеля

недопустимо, так как при проверке исправности защиты кнопкой устройство может сработать даже при отсутствии заземления корпуса аппарата, создав ложное представление об исправности защиты. При несоблюдении этих условий существует опасность поражения человека, производящего проверку реле. Опасность эта значительно возрастает при нарушении Мз.

У реле на 380 и 660 В (и у большинства реле на 127 В) Дз подключен к заземленным участкам схемы реле утечки, т. е. резервирует Мз и общешахтное заземление корпуса реле. При обрыве цепи Мз реле утечки продолжает исправно работать через Дз. При нажатии кнопки «Проверка» Дз отключается от заземленного участка схемы реле и через сопротивление определенной величины подключается к одной из фаз сети. При этом создается искусственная утечка сети на землю, и исправное реле с исправным Мз сработает, а исправное реле с нарушенным Мз — нет. Таким образом, наличие Дз позволяет проверить исправность как самого реле, так и Мз.

Требование удаления Дз от Мз на расстояние не менее 5 м объясняется следующим. При проверке исправности реле Дз оказывается под потенциалом сети. Если бы Мз и Дз были расположены в непосредственной близости друг от друга, то при достаточно большом удельном сопротивлении грунта (земли) растекание тока искусственной утечки создавало бы опасность поражения человека, производящего проверку реле, так как он в этот момент соприкасается рукой с кнопкой (заземленным корпусом) реле, а ногами — с землей. Эта опасность значительно возрастала бы при нарушении Мз корпуса реле. При удалении Дз от Мз на 5 м и более опасность практически не существует. Отсюда ясно также предъявляемое требование к Дз о его присоединении к реле только кабелем с хорошей изоляцией.

В случае расположения на одном низковольтном РП подстанции нескольких пусковых агрегатов для каждого из них должен быть установлен отдельный Дз, удаленный на расстояние 5 м и более как от собственного пускового агрегата, так и от Дз других агрегатов (аппаратов) или реле утечки. При несоблюдении этих условий, особенно при использовании одного Дз для двух и более схем реле утечки (отдельно установленных или встроенных в пусковые агрегаты), во время нажатия на одном из реле кнопки «Проверка» корпуса остальных реле (агрегатов) могут оказаться под напряжением (относительно земли), опасным как для лица, проверяющего реле, так и для лиц, случайно прикоснувшихся к корпусам других реле утечки (агрегатов).

При вынутой и отключенной панели реле можно проверить исправность сети Дз. Для этого омметром замеряют сопротивление между изолированными зажимами Дз и корпусом реле. При нормально выполненном Дз сопротивление будет не более: 15 Ом при заземлителе из листа, уложенного в сточную канаву, 30 Ом

при заземлителе из листа, уложенного в сырое место с засыпкой породой, и 50 Ом при заземлителе из трубы в шпуре;

е) проверка срабатывания аппарата косвенным методом. Кратковременным нажатием не менее трех раз на кнопку проверки проверяют срабатывание реле и отключение электроэнергии. Если при нажатии кнопки электроэнергия не отключается, то прежде всего надо проверить цепи Мз и Дз. Если причина не в этом, то следует проверить работу самого реле и цепи отключающей катушки фидерного автомата, а также отсутствие залипания промежуточного реле и контактора у пускателей нажатием кнопки «Стоп». При открытой крышке (в негазовых шахтах) это делают визуально, при закрытой — по показаниям килоомметра.

Если реле срабатывает, а электроэнергия не отключается, то причина, вероятно, в фидерном автомате. Срабатывание отключающей катушки можно определить на слух.

Если при включении АФВ (или пускателя) реле утечки срабатывает сразу, то имеет место опасное снижение сопротивления изоляции. Возможно, что каждый отключаемый участок будет иметь сопротивление изоляции больше критического значения (уставки срабатывания), а в совокупности меньше. В этом случае следует произвести поиск утечки осмотром кабельных коробок, вводов, разделок кабельных концов и т. п., а также проверить степень компенсации емкости сети. Особое внимание надо обратить на разделки концов экранированных кабелей внутри аппаратов. С кабельных жил обязательно должна быть снята экранная оплетка. Прикосновение экранного слоя к зажимам создает утечку на землю.

Проверить журнал ежесменного опробования реле утечки и сделать отметку о проверке реле и замечания по ведению журнала;

ж) проверка блокировки от включения автомата при отключенном реле утечки. При отключенном реле пытаются включить фидерный автомат. Автомат не должен включиться;

з) испытание реле утечки производят измерением общего времени срабатывания защиты. Измерения в шахтных условиях выполняют перед вводом аппаратуры в эксплуатацию и в период эксплуатации систематически не реже 1 раза в 6 мес.

Для измерений времени срабатывания аппаратуры защиты следует применять специальные приборы, например ИВ-3 (см. разд. 2). Измерения должны выполнять не менее двух человек по письменному наряду с указанием в нем мер безопасности.

Порядок выполнения основных операций при измерении времени:

по килоомметру аппарата защиты от утечек определить сопротивление изоляции отходящей кабельной сети. При измерении времени срабатывания защиты оно должно быть не менее 30 и 50 кОм в сети напряжением соответственно 380 и 660 В. Если сопротивление изоляции ниже указанных величин, то на время

измерений необходимо отключить всю пусковую аппаратуру или фидерные автоматы (если их несколько) или отсоединить и изолировать жилы отходящего магистрального кабеля в камере ввода общего фидерного автомата (распредустройства низшего напряжения передвижной трансформаторной подстанции), так как иначе точность замеров будет нарушена;

проверить действие аппарата защиты от утечек с помощью его кнопки «Проверка». Если при этом сеть не отключается, то необходимо устранить неисправность в схеме аппарата защиты;

произвести необходимые отключения, установить (встроить) измеритель времени, подать напряжение и осуществить проверку;

если полное время срабатывания защиты и отключения сети по прибору не превышает 0,2 с, то на этом измерения закончить. При показаниях $>0{,}2$ с измерить время срабатывания фидерного автомата. Если оно будет $>0{,}1$ с, то неисправность в автомате, если $<0{,}1$ с — то в реле утечки. Если измеренное время окажется большим, но близким к нормированной величине, то для его уточнения опыты следует повторить не менее 3 раз.

Для сетей напряжением 127 и 220 В, а также зарядных сетей время срабатывания реле утечки устанавливается заводскими инструкциями и может быть $>0{,}2$ с;

и) внутренний осмотр. Обычно проводят на поверхности с извлечением из корпуса выемной панели. При этом следует проверить внешнее состояние элементов блока, контактов реле, килоомметров. При необходимости произвести зачистку контактов. При ревизии элементов схемы следует протереть контакты реле замшей, смоченной в спирте, проверить зазоры и провалы контактов реле; проверить, нет ли следов перегрева и повреждений элементов схемы; при необходимости прозвонить гибкие провода, очистить все элементы от пыли и грязи; проверить предохранитель; проверить легкость хода рукоятки блокировочного разъединителя (выключателя) и штока кнопки проверки на крышке аппарата;

к) измерение величины сопротивления изоляции элементов схемы относительно корпуса и выемной панели. Выполняют, как правило, на поверхности. Для этого после открытия передней панели аппарата следует осторожно вынуть выемную панель, затем отсоединить только один провод, соединяющий схему реле с корпусом аппарата, заизолировать его и при включенном разъединителе измерить мегаомметром на 500 В сопротивление изоляции элементов схемы в сборе относительно корпуса и панели, которое должно быть $\geqslant 1$ МОм. При неудовлетворительной изоляции следует отыскать поврежденное место;

л) проверка электрической схемы. Ее производят на поверхности в соответствии с указаниями разд. 3.12;

м) измерение величины сопротивления однофазной утечки, при которой четко срабатывает реле утечки. Результаты измерений должны быть не ниже заводских данных. При проверке реле

подсоединяют к сети зажимами *Л1*, *Л2* и *Л3*. Затем магазин сопротивлений поочередно присоединяют к этим же зажимам и к корпусу. Изменяя величину сопротивления магазином, определяют значение сопротивления, при котором происходит четкое срабатывание исполнительного реле. Поочередное подключение магазина сопротивлений к зажимам *Л1*, *Л2* и *Л3* производят при отключенной сети.

При проверке реле утечки на поверхности шахты следует применять соответствующие трехфазные разделительные трансформаторы либо полностью изолировать от земли корпус реле и испытательную схему, так как в поверхностных сетях нейтрали трансформаторов, как правило, заземлены. Испытуемое реле утечки присоединить к источнику питания через зажимы *Л1*, *Л2* и *Л3*, а зажимы входного контакта реле включить в цепь сигнальной лампы. Между корпусом реле и одной из фаз подключить магазин сопротивлений и магазин емкости (0—1 мкФ), а последовательно сопротивлению включить миллиамперметр переменного тока. Плавно изменяя сопротивление магазинов, добиться срабатывания реле. Сопротивление магазина должно быть не менее $r_{кр}$ и соответствовать заводским данным испытуемого реле, а предельный длительный ток утечки — в пределах 0,025—0,03 А. Затем отключить реле, установить сопротивление утечки 1000 Ом и замерить предельный кратковременный ток утечки, который также должен соответствовать заводским данным испытуемого реле. Проверку произвести поочередно на всех трех фазах, определяя параметры срабатывания реле при однофазной утечке;

н) измерение уставки реле при трехфазной утечке. Методика аналогична описанной в п. «м», но магазины сопротивления и емкости должны быть соединены между собой, каждой фазой и корпусом реле. На каждой фазе установить одинаковые сопротивления и снижать их до величины $r_{ср}$ плавно и одновременно на всех фазах. Миллиамперметр включить в общий участок сети. Замеренное сопротивление должно быть не более $r_{кр}$, приведенного в паспортных данных испытуемого реле.

Время срабатывания реле проверить с помощью дополнительно присоединенного автоматического выключателя.

5.10.3. Особые условия ТО реле утечки

Реле утечки подвергают проверке:

а) ежесменно на срабатывание. Выполняют горный мастер, дежурный персонал в подземных подстанциях, лебедочных камерах, электровозных гаражах и других электромашинных камерах. Проверку следует производить согласно п. «е» (см. разд. 5.10.2). Все реле утечки должны быть закреплены распоряжением по шахте за сменным надзором, ответственным за еже-

сменные проверки реле утечки. Если при проверке реле утечки окажется неисправным, то горный мастер или лицо, производившее проверку, обязаны немедленно отключить и заблокировать автоматический выключатель и поставить в известность горного диспетчера шахты. Работа электрооборудования, питающегося от этого выключателя или подстанции, должна быть запрещена до устранения неисправности реле утечки. Надзор участка ВТБ обязан осуществлять контроль за наличием ежесменных записей о проведенных проверках и принимать немедленные меры для устранения выявленных при этом нарушений;

б) ежеквартально. Выполняет главный энергетик или назначенное и утвержденное приказом по шахте лицо со вскрытием передвижных подстанций КТП (или оболочек отдельно стоящих реле утечки или автоматических выключателей), осмотром и ревизией электрической части реле и деталей механизма свободного расцепления автоматического выключателя, проверкой правильности устройства дополнительного заземлителя Дз. Проверку производить в соответствии с указаниями, изложенными в соответствующих разделах настоящего Руководства;

в) один раз в 6 мес — аналогично вышеизложенному в п. «б» с дополнительной проверкой общего времени отключения сети под действием реле утечки согласно методике, изложенной в п. «з» (см. разд. 5.10.2). Результаты ежеквартальных и полугодовых ревизий должны быть занесены в Книгу ревизий передвижных подстанций и реле утечки по форме, установленной главным энергетиком объединения.

Каждое реле утечки (за исключением встроенных в пусковые агрегаты) и КТП со встроенными реле утечки должны быть опломбированы именным пломбиром главного энергетика шахты или лица, утвержденного приказом по шахте. Пусковые агрегаты на участках может опломбировать механик участка. Ответственность за сохранность пломб на реле утечки и КТП на участках должен нести участковый сменный надзор. При отсутствии пломбы на реле утечки или КТП горный мастер обязан сообщить об этом горному диспетчеру шахты, который должен поставить в известность главного энергетика шахты.

Оболочку реле утечки (за исключением встроенных в пусковые агрегаты) и КТП разрешается вскрывать только лицам, утвержденным приказом по шахте.

В исключительных случаях, вызванных производственной необходимостью, разрешается вскрыть только оболочку РУНН КТП, питающей участок, механику участка, который должен поставить об этом в известность главного энергетика или главного механика шахты. После этого в суточный срок главный энергетик или лицо, уполномоченное им, обязаны проверить и опломбировать подвергшиеся вскрытию оболочки реле утечки или КТП.

5.10.4. Реле утечки РУ-127/220

Реле утечки РУ-127/220 применяют в трехфазных электрических сетях переменного тока с изолированной нейтралью трансформатора.

Техническая характеристика реле РУ-127/220

Номинальное напряжение защищаемой сети переменного тока, В	127/220
Максимальное сопротивление срабатывания при однофазной утечке, кОм	$\leqslant$5/8
Сопротивление срабатывания при симметричной трехфазной утечке, кОм/фазу	3,3/10
Собственное время срабатывания реле при возникновении однофазной утечки сопротивлением 1 кОм, с	$\leqslant$0,1
Уровень взрывозащиты	РВ
Габаритные размеры, мм	370×360×280
Масса, кг	25

Конструктивно реле РУ-127/220 состоит из стального корпуса, установленного на опорные лапы, и выемной части. Корпус имеет три кабельных ввода: для цепей управления, подключения к сети и подключения Дз. На передней крышке корпуса размещены приводы кнопок «Проверка» и «Взвод», смотровое окно для наблюдения за шкалой килоомметра и лампой. Корпус снабжен блокировочным устройством, которое не позволяет снять крышку, закрывающую доступ к выемной части, пока выключатель включен. Включенное и отключенное положение выключателя фиксируется блокировочным винтом с отверстием для пломбирования реле во включенном положении.

Принцип самоконтроля исправности элементов схемы реле утечки (рис. 5.28) обеспечивается его реакцией не на увеличение, а на снижение тока в исполнительном реле. Поэтому повреждения схемы реле утечки, приводящие к уменьшению или полному исчезновению тока в реле *К*, вызывают соответственно увеличение уставки реле утечки или отключение сети.

Источник оперативного постоянного тока (выпрямитель *VD1—VD3*) через токоограничительные резисторы *R4—R9* включен между тремя фазами сети и землей параллельно сопротивлению изоляции сети $R_{ут}$ и реле *К*, присоединенному между точками *01* и *02*. При таком включении величина оперативного тока I_{01}, протекающего в цепи обмотки реле *К*, тем выше, чем больше сопротивление изоляции.

При высоком сопротивлении $R_{ут}$ реле *К* притягивает и удерживает свой якорь. При снижении $R_{ут}$ увеличивается часть оперативного тока I_{02}, ответвляющаяся по цепи утечки, а ток I_{01} в цепи реле *К* уменьшается и при сопротивлении изоляции, равном уставке отключающего сопротивления $r_{кр}$, становится равным току возврата реле и последнее отпускает свой якорь.

Для создания в обмотке реле *К* тока, достаточного для притягивания его якоря, в схеме реле утечки применена кнопка *SB2*

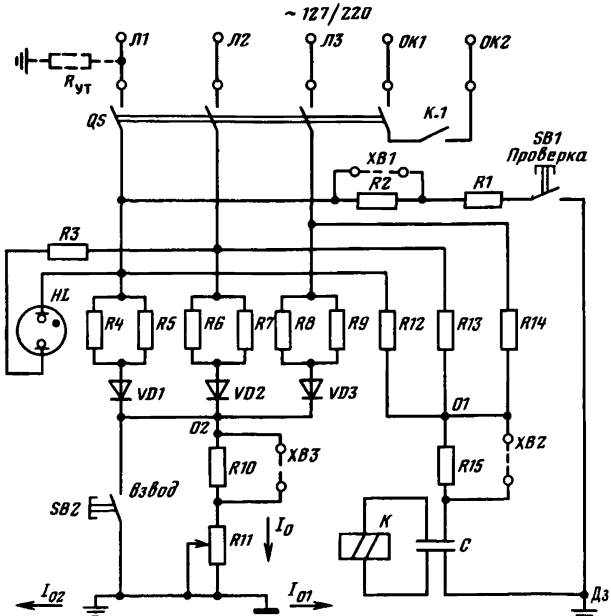


Рис. 5.28. Электрическая схема реле утечки РУ-127/220

(«Взвод»), при нажатии которой происходит шунтирование ограничительных резисторов *R11* (*R10, R11*) и увеличение тока в обмотке реле *K*. В результате реле *K* срабатывает и замыкает свои контакты в цепи управления пускателем.

При отсутствии утечек в сети оперативный ток протекает по цепи: резисторы *R4—R9* — диоды *VD1*, *VD2*, *VD3* — резисторы *R10*, *R11* — дополнительный заземлитель Дз — конденсатор *C* — реле *K* — резистор *R15* — резисторы *R12—R14*.

При снижении сопротивления изоляции цепи ниже критического ($r_{кр}$) реле *K* отпадает и контактом *K.1* отключает магнитный пускатель.

ТО и РНИ реле РУ-127/220 производят в соответствии с указаниями, изложенными в разд. 5.10.2 и 5.10.3, с учетом следующих особенностей.

1. Полную проверку реле утечки требуется производить перед спуском в шахту и в дальнейшем 1 раз через каждые 6 мес эксплуатации квалифицированным персоналом со вскрытием оболочки на поверхности.

2. Проверку уставок отключающих сопротивлений утечек рекомендуется сначала производить в режиме работы реле утечки с сетью 220 В, а затем в режиме работы с сетью 127 В. Реле утечки

присоединяют к сети зажимами *Л1*, *Л2*, *Л3*, а зажимы «з» и Дз соединяются вместе. Реле утечки должно четко срабатывать при сопротивлении утечки 3,0—5,8 кОм при напряжении сети 220 В и 2,0—5,0 кОм при напряжении сети 127 В. При необходимости допускается регулировка с помощью резистора *R11*.

3. Время срабатывания реле утечки следует определять при одном из номинальных напряжений сети в условиях искусственной однофазной утечки $R_{ут} = 1$ кОм согласно указаниям, изложенным в разд. 5.10.2. Время срабатывания должно быть $\leqslant 0{,}1$ с.

4. Завод выпускает реле утечки включенным на напряжение 220 В. Переключение реле на 127 В производят на панели путем переключения перемычек *XB1*, *XB2*, *XB3*.

5.10.5. Реле утечки РУ-380

Реле утечки с самоконтролем исправности элементов схемы РУ-380 предназначено для тех же целей, что и реле РУ-127/220, но в сетях напряжением 380 В.

Техническая характеристика реле утечки РУ-380

Номинальное напряжение защищаемой сети частотой 50 Гц, В	380
Сопротивление срабатывания при симметричной трехфазной утечке (критическое сопротивление изоляции), кОм/фазу, не менее	10
Максимальное сопротивление срабатывания при однофазной утечке в диапазоне емкостей от 0 до 1 мкФ/фазу и номинальном напряжении сети, кОм	$\leqslant 20$
Собственное время срабатывания реле утечки при возникновении однофазной утечки сопротивления 1 кОм, с	$\leqslant 0{,}1$
Время отключения сети при срабатывании реле утечки, с	$\leqslant 0{,}2$
Уровень и вид взрывозащиты	РВ; 3В
Степень защиты	IP54
Габаритные размеры, мм	390×375×315
Масса, кг	40

Реле утечки РУ-380 конструктивно аналогично реле РУ-127/220, но имеет только два кабельных ввода и не имеет кнопки «Взвод». Электрическая схема реле утечки (рис. 5.29) состоит из трехфазного трансформатора *TV*, который одновременно является фильтром присоединения для реле *K1*, источника оперативного тока (диоды *VD8—VD10*), ограничительных резисторов *R12*, *R13*, *R17*, источника вспомогательного тока (диоды *VD2*, *VD6*, *VD7*), двухобмоточного реле *K1*, стабилитрона *VD4*, сглаживающих конденсаторов *C1* и *C4* и компенсирующего дросселя *L*.

Источник оперативного тока подсоединен между землей и фазами сети через трансформатор *TV*. К источнику оперативного тока подключена цепь контроля изоляции, состоящая из стабилитрона *VD4*, основной обмотки (*1—2*) реле *K1* и фильтра присоединения (первичные обмотки трансформатора *TV*). Сопротивление утечки $R_{ут}$ оказывается подключенным параллельно цепи кон-

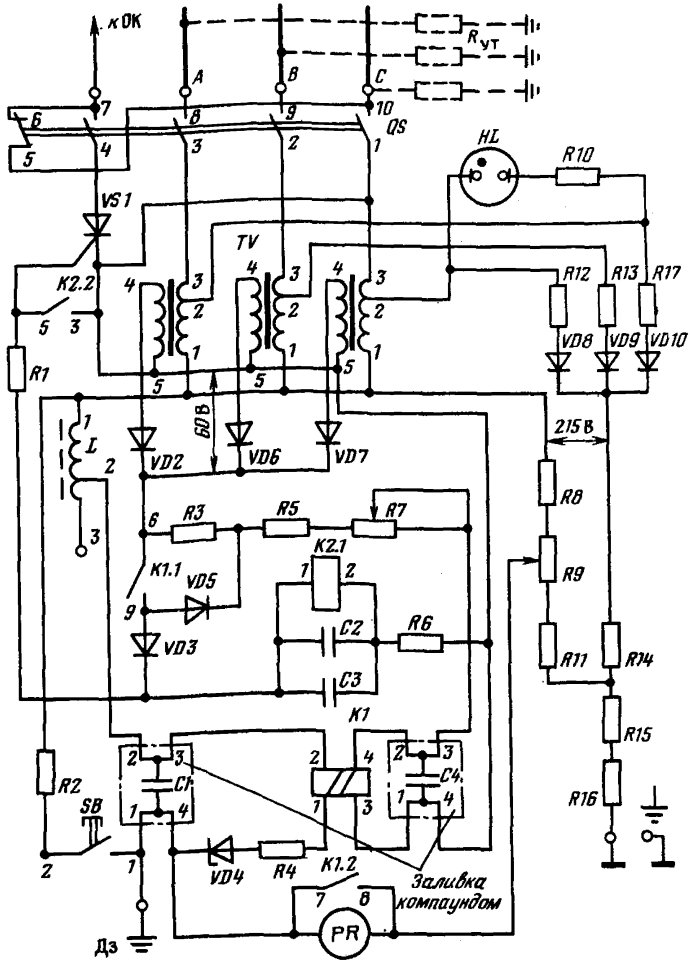


Рис. 5.29. Принципиальная электрическая схема реле утечки РУ-380

троля изоляции. Поэтому ток в основной обмотке реле *K1* достигает наибольшего значения при высоком сопротивлении изоляции. Вторая, вспомогательная обмотка (*3*—*4*) реле *K1* подключена к вспомогательному источнику тока. Обмотки реле включены таким образом, что их магнитные потоки направлены встречно. Магнитный поток вспомогательной обмотки больше магнитного потока основной обмотки, но их разность недостаточна для притягивания якоря реле.

При снижении $R_{ут}$ вследствие его шунтирующего действия ток в основной обмотке уменьшается и при $R_{ут} = r_{кр}$ (сопротивлению срабатывания) результирующий магнитный поток стано-

вится достаточным для срабатывания реле. При этом оно своим контактом воздействует на цепь отключающей катушки *ОК* фидерного автомата, который отключается.

Ввиду того, что реле утечки реагирует на разность магнитных потоков основной и вспомогательной обмоток, любое повреждение схемы реле утечки, приводящее к уменьшению или полному исчезновению тока в одной из обмоток, вызывает либо увеличение сопротивления уставки срабатывания, либо отключение сети. В этом заключается принцип самоконтроля исправности элементов схемы реле утечки.

Резисторы *R3*, *R5* являются ограничивающими в цепи вспомогательного источника тока (диоды *VD2*, *VD6*, *VD7*). Стабилитрон *VD4* включен в цепь обмотки (*1—2*) реле *K1* как нелинейный элемент в целях уменьшения влияния изменения напряжения сети на величину сопротивления срабатывания реле утечки. Конденсатор *C4* предназначен также для отстройки реле утечки от ложных срабатываний. Резисторы *R8*, *R9*, *R11* являются составляющими плечей измерительного моста, в диагональ которого включен килоомметр *PR*.

При возникновении опасной утечки тока на землю исполнительное реле *K1* замыкает свой контакт *K1.1*, воздействуя на цепь управления тиристором *VS1* и одновременно замыкая цепь питания реле *K2*. При этом тиристор открывается и обеспечивает питание отключающей катушки фидерного автомата на короткий промежуток времени, до момента шунтирования его входа контактом реле *K2.2*, после чего тиристор закрывается и прерывает питание отключающей катушки фидерного автомата.

Фидерный автомат успевает сработать и отключить сеть с поврежденной изоляцией. Тиристор *VS1* позволяет предотвратить перегрев катушки и к. з. в выходной цепи реле утечки при отказе механизма свободного расцепления фидерного автомата.

Для компенсации емкостной составляющей токов утечки в схеме реле утечки применен компенсирующий дроссель *L*, подсоединенный между землей и сетью с помощью фильтра присоединения *TV*. Это позволяет значительно уменьшить токи, протекающие через человека, прикоснувшегося к сети.

РНИ и ТО реле утечки РУ-380 следует выполнять в соответствии с указаниями, изложенными в разд. 5.10.2 и 5.10.3. Дополнительно следует руководствоваться следующим:

а) так как дроссель имеет промежуточную отпайку от обмотки, позволяющую изменять его индуктивное сопротивление, то компенсатор можно настраивать на два значения максимальной емкости сети: 0,5 мкФ/фазу (соответствует положению *3* на панели переключений реле утечки и длине кабельной сети до 1,5 км) и 1 мкФ/фазу (соответствует положению *2* на панели переключений реле утечки и длине кабельной сети до 3 км).

Магнитопровод дросселя выполнен с воздушным зазором, который устанавливается на заводе-изготовителе и в условиях эксплуатации не регулируется;

б) для проверки исправности реле утечки служит кнопка проверки *SB*, посредством которой создается искусственная утечка через проверочный резистор *R2*. Для сигнализации о наличии на реле утечки напряжения сети и подсветки шкалы килоомметра предусмотрена неоновая лампа *HL*;

в) резистор *R7* служит для настройки реле утечки (на заводе) на соответствующие сопротивления срабатывания.

5.10.6. Аппарат АЗПБ

Аппарат защиты для подстанций в блочном исполнении типа АЗПБ предназначен для отключения (с помощью автоматического выключателя) сети переменного тока промышленной частоты напряжением 380 и 660 В с изолированной нейтралью трансформатора при снижении общего сопротивления изоляции сети до опасной величины и для снижения токов утечек путем автоматической компенсации их емкостной составляющей. АЗПБ обеспечивает также контроль сопротивления изоляции отключенного магистрального кабеля.

Конструктивно аппарат выполнен для встройки в РУНН подстанций ТСШВП, ТСВП и может воздействовать как на расцепитель нулевого напряжения, так и на независимый расцепитель (а также на оба расцепителя одновременно) автоматического выключателя А-3700.

Аппарат АЗПБ состоит из выемной части, заключенной в металлический корпус в пылевлагозащищенном исполнении, и отдельно устанавливаемого в РУНН подстанции килоомметра, который подсоединяется к аппарату АЗПБ согласно схеме соединений подстанции.

В состав аппарата АЗПБ (рис. 5.30) входят устройство контроля сопротивления изоляции и устройство автоматической компенсации емкостной составляющей тока утечки.

Устройство контроля сопротивления изоляции состоит из источника питания, измерительной схемы и исполнительного реле *K2*. Источник питания состоит из диода *VD14*, резистора *R39* и конденсатора *C18*. При отсутствии напряжения в сети к источнику питания через контакт *K1.4* подключена только обмотка *W2*, а при поданном на сеть 380/660 В напряжении — две обмотки *W2* и *W4* трансформатора *T4*.

Измерительная схема выполнена на транзисторах *VT9—VT11*, вход которых подключен к схеме сравнения сигналов, обусловленных эталонным (мост *VC3*) и оперативным (диод *VD14* и конденсатор *C18*) источниками.

Исполнительное реле *K2* включается при разряде конденсатора *C10* по цепи: плюс конденсатора *C20*, диод *VD10*, обмотка

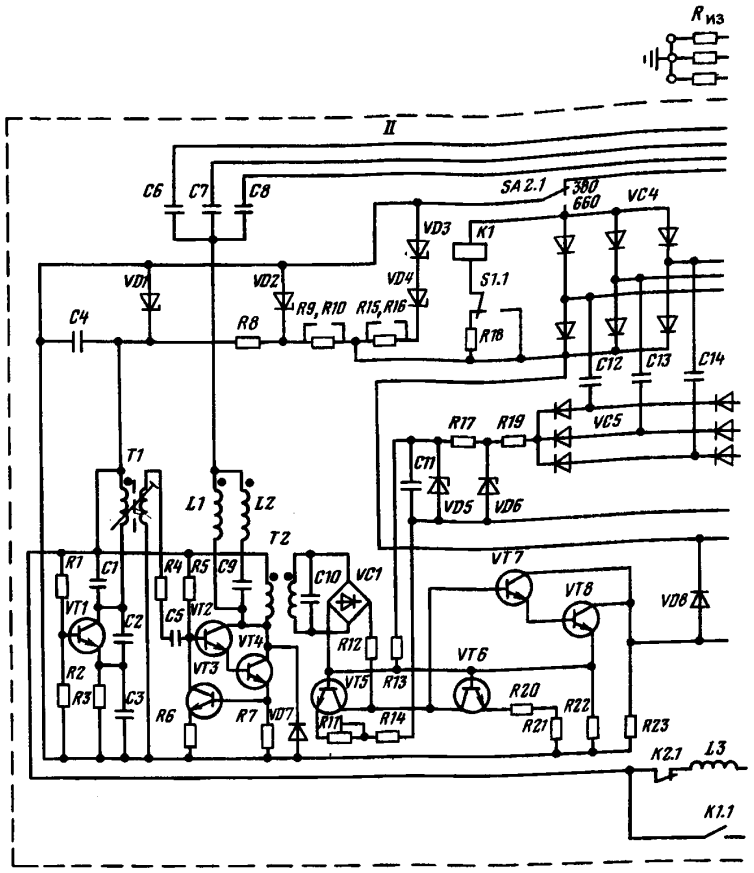
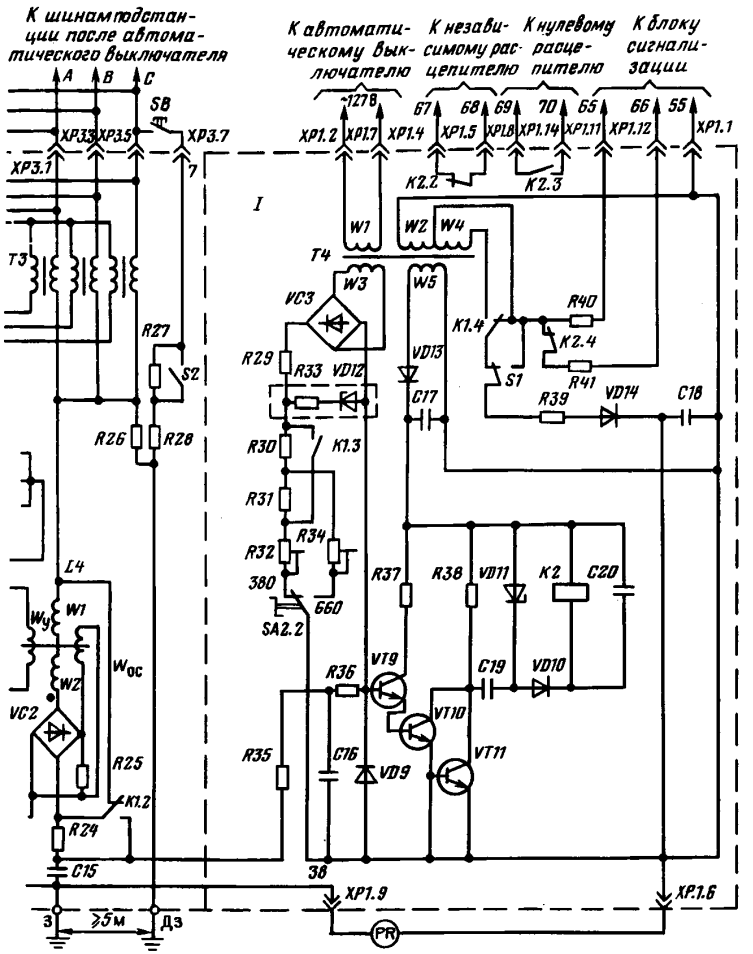


Рис. 5.30. Принципиальная электрическая схема аппарата АЗПБ

реле *K2*, резистор *R38*, минус конденсатора *C19*. Заряд конденсатора *C19* осуществляется по цепи: плюс конденсатора *C17*, стабилитрон *V11*, конденсатор *C19*, эмиттер-коллекторный переход транзистора *VT11*, минус конденсатора *C17*. Заряд и разряд конденсатора *C20* соответствует открытому и закрытому состоянию измерительной схемы. С целью ликвидировать неустойчивую работу исполнительного реле *K2* при перемежающихся утечках и $R_{из}$, близком к уставке срабатывания, цепь состоящую из дрос-



селя *L3* и контактов *K2.1* и *K1.1*, шунтируют разделительным конденсатором *C1*.

Реле напряжения *K1*, предназначенное для измерения уставок срабатывания аппарата при контроле сопротивления изоляции включенной или отключенной сети, присоединено к мосту *VC4*.

Устройство автоматической компенсации емкостной составляющей токов утечки содержит цепь компенсации, составленную из дроссель-трансформатора *T3*, компенсирующего дросселя *L4*,

разделительного конденсатора *C15* и электронной схемы ее настройки.

Электронная схема настройки компенсирующей цепи состоит из схемы измерения емкости сети и усилителя постоянного тока, собранного на транзисторах *VT6—VT8*, в выходную цепь которого включена обмотка управления $W_у$, зашунтированная диодом *VD8*.

Схема измерения емкости сети состоит из источника питания, выполненного на стабилитронах *VD1*, *VD2* и резисторах *R8—R10*, подключенных к мосту *VC4*, *LC* — генератора, собранного на транзисторе *VT1*, и усилителя переменного тока на транзисторах *VT2*, *VT3*, *VT4*.

LC-генератор через трансформатор *T1* соединен с усилителем (*VT2—VT4*), между коллектором которого и «землей» присоединена первичная обмотка трансформатора *T2*. Параллельно обмотке трансформатора включены балластная емкость *C9* и две катушки индуктивности *L1* и *L2*, соединенные последовательно. Между точками их соединения и фазами сети включен емкостной присоединительный фильтр *C6—C8*.

Вторичная обмотка трансформатора *T2* подключена на вход усилителя постоянного тока. Вход составного усилителя *VT7*, *VT8* зашунтирован база-коллекторным переходом регулирующего транзистора *VT6*, эмиттер которого и эмиттер составного усилителя через делитель тока (резисторы *R20—R22*) присоединены к источнику питания. Делитель тока задает своим соотношением коэффициент усиления составного транзистора *VT7*, *VT8*.

Параллельно обмотке обратной связи $W_{о.с}$ и питающему ее выпрямителю *VC2*, включенному последовательно с рабочими обмотками *W1* и *W2* дросселя *L4*, присоединен резистор *R25*.

Принцип действия устройства контроля изоляции основан на методе сравнения постоянного измерительного тока с пульсирующим эталонным током.

Амплитудное значение тока оперативного источника изменяется в зависимости от величины сопротивления изоляции $R_{из}$.

Первичная обмотка трансформатора собственных нужд КТП включена до автоматического выключателя, а трансформатор *T3* типа АЗПБ включен после автоматического выключателя. Поэтому при отключенном автомате, но поданном на подстанцию ВН и включенном разъединителе на трансформатор *T4* подается напряжение 127 В, а на *T3* напряжение отсутствует. Следовательно, реле *K1* отключено, а его контакт *K1.3* в блоке регулировки уставок разомкнут.

При этом измерительный ток протекает через заземлитель по цепи: плюс конденсатора *C18*, килоомметр, «земля», а далее по двум параллельным цепям: через дополнительный заземлитель Дз, резистор *R26* и через сопротивление $R_{из}$, фазы сети, первичную обмотку дросселя-трансформатора *T3*. Далее измерительный ток проходит через контакт *K1.2*, резисторы *R24* (или через дрос-

сель *L4*, мост *VC2* — при включенном реле *K1*), *R36*, *R35* и вход усилителя *VT9—VT11*, где опять разветвляется и проходит к минусу конденсатора *C18* или через эмиттер-базовый переход составного транзистора *VT9*, *VT10* (если амплитудное значение оперативного тока больше мгновенного значения выпрямленного сигнала эталонного источника) или обратный переход диода *VD9* (если оперативный ток меньше мгновенного значения выпрямленного сигнала эталонного источника). Транзисторы *VT9—VT11* в обоих случаях работают в режиме переключения.

Эталонный ток проходит через резисторы *R29*, *R30* и далее через резисторы *R31*, *R32* (при напряжении сети 660 В) или *R34* (при напряжении 380 В) в зависимости от положения контактов переключателя *SA2.2*. Замыкается эталонный ток через диод *VD9*. Цепь стабилитрона *VD12* и резистора *R33* частично стабилизирует измерительный ток и позволяет обеспечить изменение уставок аппарата, соответствующее изменению напряжения сети. При отсутствии такой цепи уставки аппарата не зависят от напряжения сети, так как и измерительный, и эталонный токи изменяются в этом случае пропорционально напряжению сети.

Если сопротивление изоляции велико и измерительный ток меньше амплитуды эталонного тока, то в интервалы времени, когда эталонный ток превышает измерительный, ток через эмиттер-базовые переходы транзисторов *VT9*, *VT10* прекращается, а когда эталонный ток меньше измерительного, то ток, равный их разности, проходит через указанные переходы транзисторов *VT9—VT11*. В результате усилитель периодически открывается и закрывается. Когда транзисторы *VT9—VT11* открыты, через стабилитрон *VD11* заряжается конденсатор *C19*. Когда транзисторы заперты, конденсатор *C19* разряжается через обмотку реле *K2*, которое включается и своими контактами воздействует на независимый и нулевой расцепители автоматического выключателя.

При снижении $R_{из}$ сети до уставки $R_{уст}$ аппарата измерительный ток в течение всего периода изменения эталонного тока превышает амплитудное значение последнего. Усилитель при этом постоянно открыт, и конденсатор *C19* прекращает периодически разряжаться через обмотку *K2*. Это реле отключается и своими контактами препятствует включению автомата, т. е. подаче напряжения на сеть с поврежденной изоляцией.

Работа устройства в режиме общесетевой защиты аналогична описанной. При этом реле *K1* включено и измерительный ток проходит через обмотки *W1*, *W2* и $W_{о.с}$ компенсирующего дросселя *L4*, выпрямитель *VC2* и контакт *K1.2*. Такое построение схемы обеспечивает отключение реле *K2* не только при снижении $R_{из}$ сети, но и при повреждениях схемы или заземлителей «з» и *Дз*.

Устройство автоматической компенсации представляет собой замкнутую систему автоматического регулирования индуктивности компенсирующего дросселя *L4*, в которой этот дроссель

является одновременно и объектом регулирования, и датчиком для системы регулирования его индуктивности.

Система работает таким образом, что при любой емкости сети измерительный колебательный контур настраивается в резонанс на оперативную частоту.

Компенсирующий дроссель *L4* (дроссель насыщения с положительной обратной связью $W_{о.с}$) включен параллельно емкости сети (с помощью трансформатора *T3*, и конденсатора *C15*). Индуктивность дросселя *L4* изменяется путем подмагничивания его постоянным током, протекающим по обмотке управления $W_у$. Регулирование величины тока управления дросселя *L4* производится электронной схемой настройки. Параллельный контур, настроенный в резонанс и образованный компенсирующей цепью и емкостью цепи, обеспечивает снижение емкостной составляющей токов утечки.

При изменении распределительной емкости сети изменяется эквивалентная емкость, вносимая в колебательный контур усилителя переменного тока (*VT2—VT4*). В связи с этим меняется собственная частота этого контура и на выходе трансформатора *T2* напряжение увеличивается по мере приближения собственной частоты *LC* — контура усилителя (*VT2—VT4*) к частоте задающего генератора *VT1*. Ток, пропорциональный этому напряжению, усиливается усилителем *VT7—VT8* и подается на обмотку управления $W_у$ дросселя *L3*. Ток в обмотке $W_у$, а следовательно, и индуктивность дросселя линейно зависят от емкости сети.

Начальный ток измерительного усилителя при емкости сети, равной нулю, срезается транзистором *VT5*, база-коллекторный переход которого присоединен параллельно входу усилителя мощности, а эмиттер-базовый переход через резисторы *R11*, *R13*, *R14* — к источнику постоянного напряжения. Этот источник состоит из выпрямительного моста на диодах *VC5*, резисторов *R17*, *R19*, стабилитронов *VD5*, *VD6* и конденсатора *C11*. Питается указанный выпрямитель от вторичных обмоток трансформатора *T3* через конденсаторы *C12—C14*, осуществляющие гальваническую развязку с источником напряжения *VC4*. От этого источника питаются цепи генератора и усилителей, а также обмотка реле *K1*. Для обеспечения искробезопасности выходных цепей аппарата в режиме БРУ обмотки *W1*, *W2* компенсирующего дросселя *L4* зашунтированы контактом *K1.2* реле *K1*, а в цепь разряда разделительного конденсатора *C15* включен резистор *R24*.

При РНИ аппарата АЗПБ в дополнение к изложенному в разд. 5.10.2 и 5.10.3 необходимо руководствоваться следующим:

1) аппарат поставляется заводом включенным на 660 В. В период эксплуатации колпачок на переключателе напряжения должен быть опломбирован;

2) при напряжении сети 660 В уставки сопротивления срабатывания при необходимости регулировать резистором *R32*, при напряжении 380 В — резистором *R34*;

3) лицевую панель аппарата следует заземлить с помощью специального заземляющего болта, а зажим *Дз* соединить с проходным зажимом трансформаторной подстанции и вывести на *Дз*;

4) осуществление аппаратом функций самоконтроля исправности его элементов и цепей заземления *з* и *Дз* может вызвать затруднения в определении причины срабатывания аппарата. Для проверки аппарата необходимо рассоединить штепсельный разъем на напряжение 660 В и, повернув его на 180° в плоскости разъема, поставить на прежнее место. При этом аппарат окажется отсоединенным от контролируемой цепи проверки. Если сигнальная лампа *H2* погаснет (реле *K2* взведется), значит, аппарат исправен, повреждена изоляция сети или цепи заземления аппарата. Если лампа *H2* будет гореть, то аппарат неисправен. Погасание лампы *H1* свидетельствует о нарушении в цепи питания аппарата напряжением 127 В;

5) если при нажатии кнопки *SB* «Проверка» стрелка килоомметра отклоняется, но аппарат не срабатывает, это означает, что сопротивление заземлителей *з* или *Дз* выше нормы, но недостаточно для срабатывания аппарата. При дальнейшем увеличении сопротивления аппарат срабатывает и загорается сигнальная лампа *H2*. В этом случае для проверки следует замкнуть зажимы *з* и *Дз*. Если работоспособность аппарата восстановится, необходимо проверить исправность заземлителей.

5.10.7. Аппарат защиты АЗУР

Прокопьевский завод шахтной автоматики серийно изготовляет аппарат защиты от токов утечки АЗУР (аппарат защиты унифицированный рудничный) по ТУ12.48.222—85, который предназначен для защиты людей от поражения электрическим током и других опасных последствий утечек тока частотой 50 Гц, напряжением 380 и 660 В с изолированной нейтралью трансформатора. Применяется он в подземных выработках и на поверхности угольных и горнорудных предприятий.

Аппарат имеет три варианта исполнения (рис. 5.31):

АЗУР.1 — конструктивно выполнен в виде блока, устанавливаемого в РУНН передвижной подстанции типа ТСВП. Может воздействовать на расцепитель нулевого напряжения, на независимый расцепитель и на оба расцепителя одновременно автоматического выключателя А-3700. Аппарат АЗУР.1 заменяет аппараты АЗПБ и АЗШ-1.

АЗУР.2 — конструктивно выполнен в виде блока, устанавливаемого в РУНН подстанций ТКШВП и ТСШВП. Может воздействовать на автоматический выключатель аналогично аппарату АЗУР.1 или на независимый расцепитель автоматического выключателя АВ или АВМ (АВМУ), осуществляет также тепловую

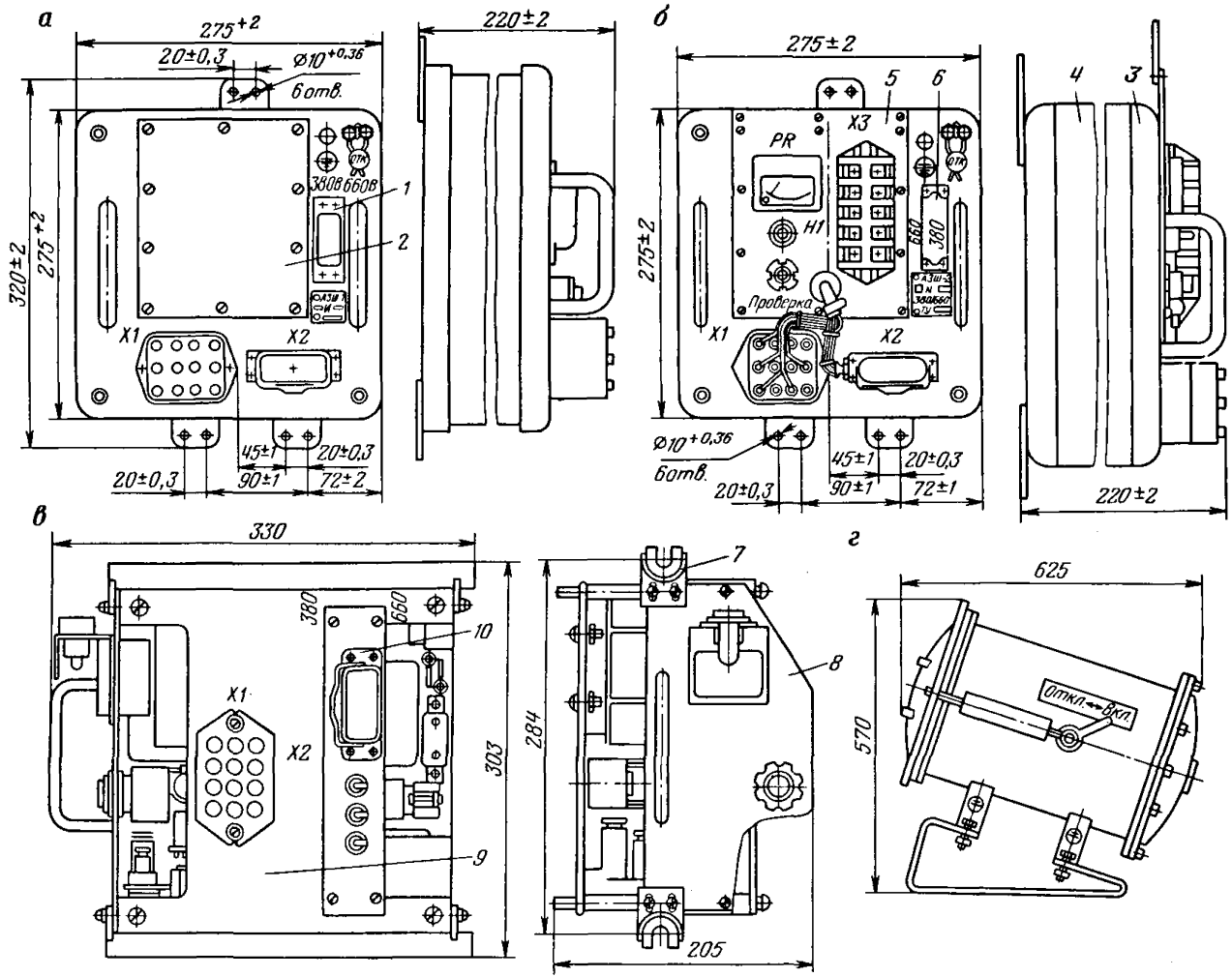


Рис. 5.31. Аппарат защиты АЗУР:

а — АЗУР.1; *б* — АЗУР.2; *в* — выемная часть АЗУР.3; *г* — АЗУР.3

защиту подстанции. Аппарат АЗУР.2 заменяет аппараты БЗП-1А и АЗШ-2.

АЗУР.3 — конструктивно выполнен в отдельной взрывобезопасной оболочке. Может воздействовать на независимый расцепитель автоматического выключателя. Аппарат АЗУР.3 заменяет аппараты АЗАК-380/660 и АЗШ-3.

Техническая характеристика АЗУР

Уровень и вид взрывозащиты	РВ, 3В
Степень взрывозащиты	IP54
Номинальное напряжение, В	380/660
Потребляемая мощность, кВ·А	0,13
Сопротивление срабатывания (кОм) при симметричной трехфазной утечке (критическое сопротивление изоляции), емкости сети 0—1 мкФ/фазу и при напряжении:	
380 В	10
660 В	30
Сопротивление срабатывания (кОм) при однофазной утечке, емкости сети 0—1 мкФ/фазу и напряжении:	
380 В	12
660 В	20
Собственное время срабатывания аппарата при сопротивлении однофазной утечки 1 кОм, емкости сети 0—1 мкФ/фазу и снижении напряжения на зажимах аппарата до $0{,}6U_{ном}$, обусловленного возникновением междуфазных дуговых замыканий с касанием дугой стенок оболочки электрооборудования, с	0,1
Продолжительность автоматической настройки компенсатора, с	0,1
Длительный ток утечки при изменении емкости сети от 0 до 1 мкФ/фазу, А	0,025
Кратковременный ток через однофазную утечку сопротивлением 1 кОм в диапазоне изменения сопротивления изоляции от ∞ до критического значения и емкости сети 0—1 мкФ/фазу, А	0,1
Сопротивление срабатывания в режиме БРУ:	
АЗУР.1	То же, что при срабатывании в режиме РУ
АЗУР.2	То же
АЗУР.3	Не имеет
Сопротивление автоматической деблокировки в режиме БРУ, % от сопротивления срабатывания (кроме АЗУР.3)	150
Сопротивление срабатывания тепловой защиты (кОм), только для АЗУР.2	1,3±0,3
Габаритные размеры, мм:	
АЗУР.1	335×275×250
АЗУР.2	400×275×250
АЗУР.3	620×500×440
Масса, кг:	
АЗУР.1	17
АЗУР.2	18
АЗУР.3	70
Сопротивление изоляции аппарата, МОм:	
в нагретом состоянии до 338 °К (65 °С)	2
в нормальных условиях	5

Аппарат АЗУР.1

Аппарат АЗУР.1 (рис. 5.31, *а*) представляет собой выемную часть, заключенную в металлический корпус. На лицевой панели

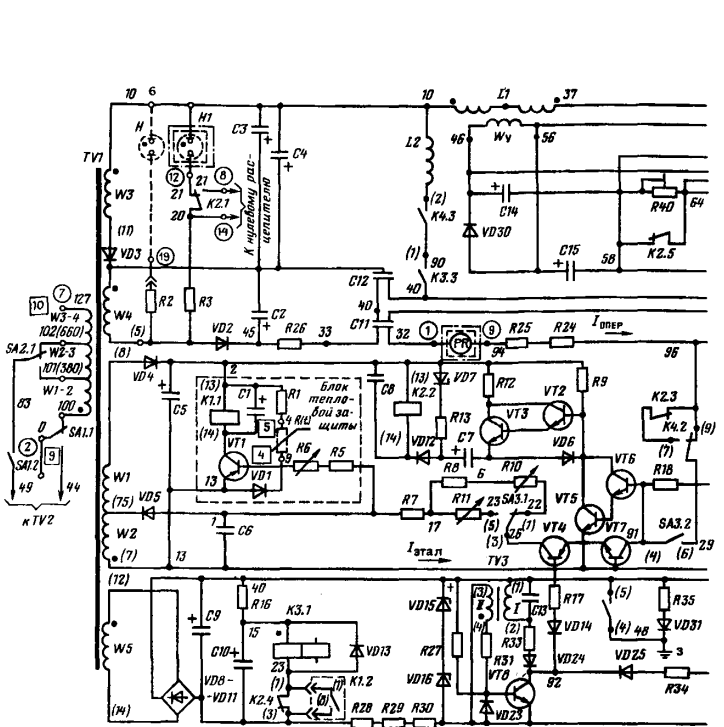


Рис. 5.32. Принципиальная электрическая схема аппаратов серии АЗУР

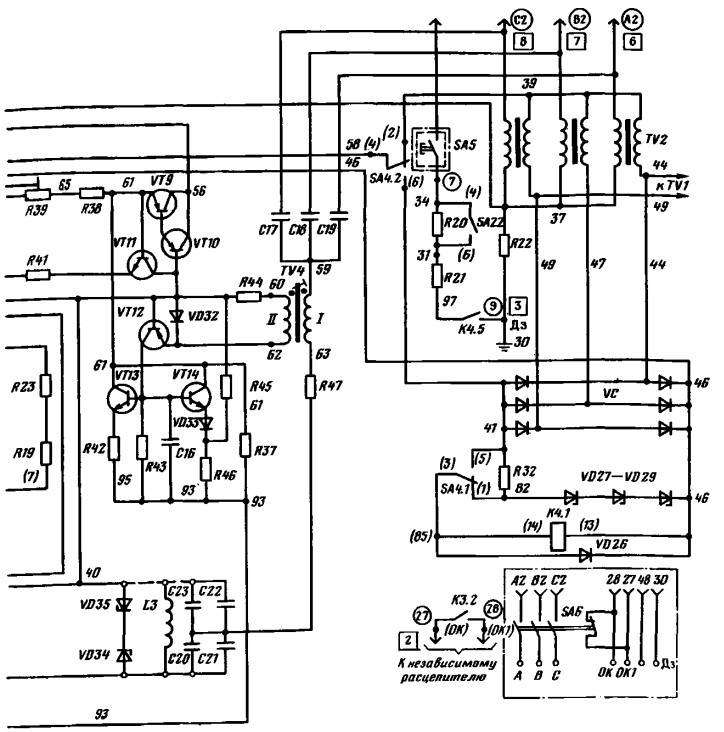
установлены штепсельные разъемы для подключения аппарата к подстанции.

В состав АЗУР.1 входят устройство контроля сопротивления изоляции и устройство автоматической компенсации емкостной составляющей тока утечки.

Устройство контроля сопротивления изоляции состоит из источников питания эталонного и оперативного напряжения, генератора повышенной частоты, измерительной схемы, исполнительного реле *К3.1* (рис. 5.32).

Источником питания служат трансформатор *TV1* (обмотка *W1*) диод *VD4* и конденсатор *C5*.

Источник эталонного напряжения состоит из трансформатора *TV1* (обмотка *W2*), диода *VD5*, конденсатора *C6* и формирователя прямоугольных импульсов, собранного на транзисторе *VT4*, управляемый вход которого связан с генератором повышенной частоты через резистор *R17* и диод *VD14*.



Генератор повышенной частоты состоит из колебательного контура *TV3*, конденсатора *C13*, резисторов *R31*, *R33*, *R27*, диодов *VD23*, *VD24* и транзистора *VT8*.

Формирование прямоугольных импульсов происходит за счет работы транзистора *VT8* и генератора повышенной частоты в ключевом режиме, который получается при подключении вторичной обмотки индуктивности колебательного контура *TV3* генератора повышенной частоты к эмиттер-базовому переходу транзистора *VT8* указанного генератора. Тогда при открытом состоянии транзистора *VT8* транзистор *VT4* открывается током по цепи: плюс источника питания генератора (стабилитрон *VD15*), база-эмиттерный переход транзистора *VT7*, эмиттер-базовый переход транзистора *VT4*; резистор *R17*, диод *VD14*, эмиттер-коллекторный переход транзистора *VT8*, минус источника питания генератора (стабилитрон *VD16*). При закрытом состоянии транзистора *VT8* генератора повышенной частоты транзистор *VT4* закрыт. Таким образом,

транзистор *VT4* работает в ключевом режиме с частотой переключения транзистора *VT8* генератора повышенной частоты.

Источник оперативного напряжения состоит из трансформатора *TV1* (обмотки *W3* и *W4*), диодов *VD2* и *VD3*, конденсаторов *C2—C4*.

Измерительная схема состоит из элемента сравнения — транзистора *VT7*, усилителя (составного транзистора *VT5*, *VT6*), к выходу которого через конденсатор *C7* подключено исполнительное реле *K2.2*. Источник оперативного напряжения представляет собой два источника (основной и дополнительный), соединенных последовательно. Основной источник включен в компенсирующую цепь между нулевой точкой присоединительного дросселя-трансформатора *TV2* и разделительным конденсатором *C12*, а дополнительный — к выходу *RC*-фильтра, состоящего из резисторов *R18*, *R19*, *R23*, *R24*, *R25* и конденсатора *C11*.

Источники эталонного и оперативного напряжений подключены встречно к элементу сравнения — транзистору *VT7* на входе усилителя *VT5*, *VT6*.

Источником питания исполнительного реле *K2.2* является заряженный конденсатор *C7*. Заряд конденсатора *C7* осуществляется по цепи: плюс конденсатора *C5*, стабилитрон *VD7*, резистор *R13*, плюс конденсатора *C7*, диод *VD6*, коллектор-эмиттерный переход открытого составного транзистора *VT5*, *VT6*, минус конденсатора *C5*. Разряд конденсатора *C7* осуществляется по цепи: плюс конденсатора *C7*, диод *VD12*, обмотка реле *K2.2*, резистор *R12*, коллектор-эмиттерный переход составного транзистора *VT2*, *VT3*, минус конденсатора *C7*.

Когда оперативный ток $I_{опер}$ меньше амплитудного значения эталонного тока $I_{этал}$, через переход база-эмиттер усилителя *VT5*, *VT6* протекает импульсный ток, обусловленный разностью $I_{этал}$ и $I_{опер}$. В связи с этим усилитель периодически открывается и закрывается, что определяет заряд и разряд конденсатора *C7*. Среднее значение разрядного тока конденсатора *C7* через обмотку реле *K2.2* обеспечивает срабатывание *K2.2*. При бесконечно большой величине сопротивления изоляции контролируемой сети оперативный ток $I_{опер}$ замыкается по цепи: плюс конденсатора *C2*, резистор *R26*, килоомметр *PR*; резисторы *R25*; *R24*; *R23*; *R19*; *R18*, параллельное соединение база-эмиттерных переходов *VT5*, *VT6* и база-коллекторного перехода *VT7*, замкнутый контакт *K4.4*, *З*, дополнительный заземлитель *Дз*, резистор *R22*, рабочая обмотка компенсирующего дросселя *L1*, минус конденсаторов *C3*, *C4*.

Для предотвращения неустойчивой работы исполнительного реле *K2.2* при перемежающихся утечках и сопротивлении изоляции, близком к сопротивлению срабатывания аппарата АЗУР.1, разделительный конденсатор *C12* шунтируется последовательно соединенными контактами *K4.3*, *K3.3* и дросселем *L2*.

Устройство автоматической компенсации емкостной составляющей тока утечки аппарата АЗУР.1 состоит из дроссель-трансформатора *TV2*, компенсирующего дросселя *L1*, разделительного конденсатора *C12* и электронной схемы настройки.

Компенсирующий дроссель *L1* представляет собой дроссель насыщения, который через присоединительный дроссель-трансформатор *TV2* и разделительный конденсатор *C12* подключается параллельно емкости сети, образуя с ней параллельный колебательный контур.

Индуктивность компенсирующего дросселя *L1* регулируется изменением постоянного тока подмагничивания, протекающего по обмотке управления $W_у$. Регулирование величины тока управления компенсирующего дросселя *L1* выполняется электронной схемой настройки. Настроенный в резонанс параллельный колебательный контур обеспечивает снижение емкостной составляющей токов утечки. Электронная схема настройки состоит из блока измерения емкости сети и усилителя постоянного тока (УПТ). УПП собран на транзисторах *VT9*, *VT10*, *VT11*, в выходную цепь которого включена обмотка управления $W_у$, зашунтированная диодом *VD30*. Блок измерения емкости сети состоит из генератора повышенной частоты, трансформатора *TV4*, присоединительного фильтра *C17*, *C18*, *C19*, катушки индуктивности *L3*. Присоединительный фильтр подключен к выходу генератора повышенной частоты; вторичная обмотка трансформатора *TV4* подключена к эмиттер-базовому переходу транзистора *VTi2*. Ток, пропорциональный напряжению на контуре *TV4*, проходит через база-эмиттерный переход транзистора *VT12*, к база-коллекторному переходу которого подключены входы эмиттерных повторителей *VT13*, *VT14*. Ток от источника питания генератора (стабилитроны *VD15*, *VD16*) проходит через эмиттер-базовый переход транзисторов *VT9*, *VT10* и открытый этим током эмиттер-коллекторный переход эмиттерного повторителя *VT13*. Выбором соотношений резисторов *R45*, *R46* регулируется открывание второго *VT14* эмиттерного повторителя. Ток через вход УПТ увеличивается в связи с уменьшением сопротивления в цепи источника генератора повышенной частоты, так как резисторы *R42*, *R46* включаются параллельно между собой. Эмиттеры транзисторов *VT8*, *VT11* подключены к источнику питания через резисторы *R38—R41* соответственно, которые выполняют роль делителя тока и своим соотношением величины задают коэффициент усиления составного транзистора *VT9*, *VT10*.

При изменении распределительной емкости сети меняется собственная частота колебательного контура, образованного присоединительным фильтром *C17—C19*, *L3* и первичной обмоткой трансформатора *TV4*. По мере приближения собственной частоты колебательного контура к частоте задающего генератора *VT8* напряжение на вторичной обмотке трансформатора *TV4* возрастает. Это напряжение усиливается и подается на вход усили-

теля УПТ, на выходе которого включена обмотка управления компенсирующего дросселя *L1*.

При снижении сопротивления изоляции контролируемой сети до величины ниже допустимого значения по условиям базопасности амплитудное значение $I_{опер}$, проходящее через база-коллекторный переход транзистора *VT7*, превысит амплитудное значение $I_{этал}$, проходящее через база-эмиттерный переход транзистора *VT7*, и усилитель *VT5*, *VT6* будет находиться только в открытом состоянии. Поэтому разрядный ток конденсатора *C7* уменьшается до нуля. В результате якорь реле *K2.2* отпадает и реле своими контактами *K2.4* и *K2.1* воздействует на промежуточное реле *K3.1* и на нулевой расцепитель автоматического выключателя А-3700. Реле *K3.1* воздействует контактом *K3.2* на независимый расцепитель автоматического выключателя, отключая сеть с поврежденной изоляцией.

Реле напряжения *K4.1* присоединено через выпрямительный мост *VC* к обмоткам трехфазного дросселя трансформатора *TV2*. При работе аппарата в режиме БРУ через реле напряжения *K4.1* ток не проходит, так как отсутствует напряжение на зажимах *A2*, *B2*, *C2*. Работа аппарата в этом режиме аналогична работе в режиме реле утечки. Однако для обеспечения искробезопасности выходных цепей аппарата в режиме БРУ в цепь разряда разделительного конденсатора вводятся резистор *R35* и диод *VD31*, в оперативной цепи предусмотрено шунтирование резисторов *R19*, *R23* для исключения снижения сопротивления срабатывания аппарата в указанном режиме. Поэтому путь оперативного тока в режиме БРУ отличается от пути в режиме реле утечки прохождением его через размыкающий контакт *K4.2* реле напряжения *K4.1*, резистор *R35* и диод *VD31*. В остальном контроль сопротивления изоляции в режиме БРУ не отличается от контроля сопротивления изоляции в режиме реле утечки.

При снижении сопротивления изоляции магистрального кабеля оперативный ток увеличивается и при достижении им величины амплитудного значения импульсов эталонного тока оперативное реле *K2.2* отпадает и не дает возможности включить автоматический выключатель подстанции и, следовательно, подать напряжение на магистральный кабель при низком сопротивлении его изоляции.

Аппарат АЗУР.2

Аппарат АЗУР.2 состоит из выемной части в металлическом корпусе и панели сигнализации (см. рис. 5.31, *б*).

Килоомметр, кнопка «Проверка», лампа *H1* и сборка зажимов устанавливаются на лицевой панели аппарата.

В аппарат АЗУР.2 входят устройство контроля сопротивления изоляции и устройство автоматической компенсации емкост-

ной составляющей тока утечки (аналогичные этим же устройствам аппарата АЗУР.1) и блок тепловой защиты.

Блок тепловой защиты состоит из датчика нагрева $R(t)$ (терморезистор), усилителя постоянного тока *VT1* (см. рис. 5.32), задатчика порога срабатывания УПТ (резисторы *R5*, *R6*, диод *VD1*, реле *K1.1*), интегрирующего конденсатора *C1* и ограничителя тока *R1* через терморезистор $R(t)$.

При нагреве станции (в месте установки датчика) выше установленной температуры возрастает ток через терморезистор $R(t)$, транзистор *VT1* открывается, срабатывает реле *K1.1* и своим контактом *K1.2* подключает к источнику питания обмотку *1* исполнительного реле *K3.1*, которое своим контактом *K3.2* воздействует на отключающую катушку автоматического выключателя.

Аппарат АЗУР.3

Аппарат АЗУР.3 (см. рис. 5.31, *в*, *г*) состоит из взрывонепроницаемой стальной оболочки, блокировочного устройства, выемной части и вводного отделения. На перегородке, разделяющей корпус на два отделения (аппаратное и вводное), расположены проходные зажимы. На оболочке размещено два кабельных ввода: для подключения цепей управления и сети и для подключения дополнительного заземлителя. Передняя крышка аппарата снабжена блокировочным устройством в виде блокировочного кольца, закрывающего головки болтов крепления передней крышки при включенном аппарате, блокировочного винта и разъединителя. Блокировочное устройство препятствует открытию передней крышки при включенном разъединителе. Винт блокировочный и скоба имеют отверстие для пломбирования аппарата во включенном положении. На передней крышке располагаются кнопка «Проверка» и смотровое окно для наблюдения за показаниями килоомметра.

Аппарат АЗУР.3 состоит из устройства контроля сопротивления изоляции и устройства автоматической компенсации емкостной составляющей тока утечки. Оба устройства аналогичны устройствам аппарата АЗУР.1, но в трансформаторе *TV1* используются отводы для питания через тумблер *SA2.1* (в положение 660 и 380) от присоединительного дросселя-трансформатора *TV2*. Переключение аппарата в режим АЗУР.2 осуществляется тумблером *SA1*, расположенным на текстолитовой панели (вводится разъединитель, который на схеме не показан).

При РНИ и ТО аппаратов АЗУР необходимо дополнительно к изложенному в разд. 5.10.2 и 5.10.3 руководствоваться следующим (см. рис. 5.31 и 5.32):

1) ошибка в подключении разъема *X1* (поворот его на 180°) ведет к выходу аппарата из строя;

2) в начале каждой смены обслуживающий персонал должен проводить проверку исправности аппарата посредством кнопки

«Проверка». При неисправности аппарата проводящий проверку должен немедленно сообщать об этом энергетику (механику) шахты;

3) полную проверку аппарата на поверхности в мастерской следует проводить перед спуском в шахту и в дальнейшем через каждые 6 мес при нормальном напряжении сети (380—660 В). При этом необходимо проверять исправность и состояние изоляции деталей аппарата; величину сопротивления, при которой срабатывает аппарат; длительный ток через сопротивление однофазной утечки и ток, протекающий через однофазную утечку сопротивлением 1 кОм при емкости между фазами и заземляющими зажимами 0—1 мкФ/фазу;

4) для проверки уставки аппарат, установленный на изолированную от земли подставку, следует подключать к сети зажимами *А2*, *В2*, *С2*. К этим же зажимам и корпусу требуется подключать три магазина емкостей и магазин сопротивлений. Подключение магазинов и аппарата выполнять при отключенной сети.

Регулируя сопротивление между фазой и корпусом аппарата, определить сопротивление срабатывания аппарата и измерить ток, протекающий через сопротивление однофазной утечки (длительный ток), вызвавший срабатывание аппарата. Длительный ток через указанное сопротивление не должен превышать 25 мА. В случае превышения величины 25 мА необходимо повысить сопротивление срабатывания аппарата. Измерить ток через сопротивление однофазной утечки величиной 1 кОм (кратковременный ток).

Величина кратковременного тока не должна превышать 100 мА, иначе необходимо выполнить регулировку автоматического компенсатора.

Проверку времени срабатывания аппарата производить с помощью специальных приборов (например, ИВ-3) не реже 1 раза в 6 мес. Если результат проверки окажется неудовлетворительным, то аппарат следует выдать на поверхность для ремонта;

5) взрывозащитные поверхности аппарата АЗУР.3 необходимо содержать в чистоте, предохранять от повреждений, своевременно протирать и покрывать тонким слоем смазки. Смотровое окно должно быть чистым, блокировочное устройство исправным;

6) порог срабатывания усилителя на транзисторах *VT5*, *VT6* и, следовательно, величину контролируемого сопротивления изоляции регулировать резисторами *R10* (при 660 В) и *R11* (при 380 В);

7) порог срабатывания УПТ блока тепловой защиты устанавливается резистором *R6*;

8) в случае работы АЗУР.2 с подстанцией, в которой встроены автоматические выключатели серии АВ, АВМ (АВМУ), установить перемычку между фазой сети *А* (контакт сборки зажимов *6*) и проводом *28* (контакт сборки зажимов *1*);

9) перед спуском аппарата в шахту при подготовке к работе аппарата АЗУР.1 следует произвести внешний осмотр и проверку

его работы. Аппарат установить в РУНН подстанции на специальных шпильках.

Завод-изготовитель выпускает аппарат включенным на напряжение 660 В. Тумблер *SA1* на текстолитовой панели внутри аппарата установлен между печатными платами в положении «АЗУР.1» и «АЗУР.2» (питание трансформатора *TV1* от трансформатора освещения подстанции напряжением 127 В).

Переключение аппарата с напряжения 660 на 380 В и наоборот осуществляется с помощью тумблеров на лицевой панели. Для этого снять крышку *1* (см. рис. 5.31, *а*) и установить тумблеры на нужное напряжение согласно надписям. Затем крышку закрыть и опломбировать.

Аппарат присоединить к подстанции с помощью разъемов *X1* и *X2*. Лицевую панель аппарата заземлить с помощью специального заземляющего зажима *Дз*, соединить с проходным зажимом подстанции и вывести на дополнительный заземлитель;

10) подготовка к работе аппарата АЗУР.2 аналогична подготовке аппарата АЗУР.1. Аппарат присоединяют к подстанции с помощью сборки зажимов *X3*;

11) при подготовке к работе аппарата АЗУР.3 тумблер *SA1* (см. рис. 5.32) на текстолитовой панели внутри аппарата между печатными платами установить в положение «АЗУР.3» (питание трансформатора *TV1* от присоединительного дросселя трансформатора *TV2*) в соответствии с надписью на текстолитовой панели около тумблера *SA1.1*.

Аппарат АЗУР.1 и АЗУР.2 располагают в камерах трансформаторных подстанций (рис. 5.33, *а*, *б*). При установке нескольких фидерных автоматов, присоединенных к одному трансформатору, аппарат АЗУР.3 присоединяют к общему фидерному автомату, от которого питаются все остальные (рис. 5.33, *в*).

Перед спуском аппарата в шахту произвести внешний осмотр и проверку его работы. Завод-изготовитель выпускает аппарат включенным на напряжение 660 В; переключение аппарата с напряжения 660 на 380 В и обратно осуществляется с помощью тумблеров. Один кабельный ввод предназначен для соединения с фидерным автоматом гибким шестижильным кабелем, второй — для ввода кабеля, соединяющего зажим *Дз* аппарата с дополнительным заземлителем.

Дополнительный заземлитель должен быть устроен согласно указаниям, приведенным в разд. 5.10.1. По окончании монтажа включить блокировочный разъединитель аппарата поворотом рукоятки до положения «Вкл», включить автомат и подать напряжение в сеть. При этом аппарат АЗУР.1 окажется включенным (свечение шкалы лампой подсветки, видимой через смотровое окно). Включенный аппарат опломбировать;

12) Аппарат АЗУР универсален, и поэтому путем несложных монтажных операций возможна сборка любого из вариантов исполнения (АЗУР.1 или АЗУР.3) с использованием аппарата АЗУР.2.

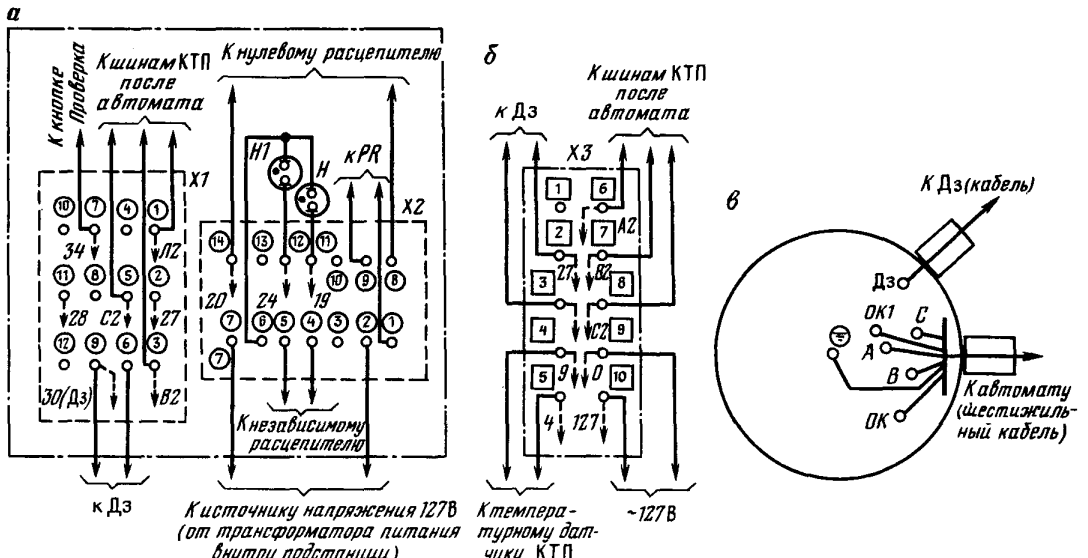


Рис. 5.33. Схема внешних соединений аппаратов АЗУР.1 (*а*), АЗУР.2 (*б*) и АЗУР.3 (*в*)

Порядок сборки аппарата АЗУР.1. У аппарата АЗУР.2, отсоединив розетки штепсельных разъемов *X1* и *X3* (см. рис. 5.31, *б*), снять устройство сигнализации *5* без прокладки. Снять вилку штепсельного разъема *X2* и подпаять провода *27*, *28* к зажимам *4* и *5* этого разъема. Закрепить штепсельный разъем *X2* этими же винтами на корпусе аппарата.

На место снятого устройства сигнализации установить предварительно снятую металлическую пластину *2* с аппарата АЗУР.1 (см. рис. 5.31, *а*) и закрепить ее этими же винтами, которыми было закреплено устройство сигнализации.

С выполнением перечисленных операций из аппарата АЗУР.2 будет смонтирован аппарат АЗУР.1.

Порядок сборки аппарата АЗУР.3. Необходимые монтажные части вместе с их крепежными элементами использовать с имеющегося в наличии аппарата АЗУР.3. У аппарата АЗУР.2 снять корпус *4* (см. рис. 5.31, *б*), предварительно сняв пломбу и элементы крепления корпуса к выемной части.

Чтобы снять крышку с аппарата АЗУР.2, предварительно необходимо: снять пломбу и элементы крепления крышки к выемной части; снять крышку *6*, закрывающую тумблеры, запомнить положение, в котором находятся тумблеры. Извлечь тумблеры и вилки разъемов *X1* и *X2*, запомнив их положение и вывернув винты крепления.

Снять крышку *3* вместе с устройством сигнализации, отсоединив провод *48—з* (см. рис. 5.32). Выемная часть аппарата АЗУР.2 подготовлена. Затем подготовить требуемые монтажные части, которые снимаются с имеющейся в наличии выемной части аппарата АЗУР.3 (см. рис. 5.31, *в*).

У выемной части АЗУР.3 отключить розетки штепсельных разъемов *X1* и *X2*, вывернуть винты, которые крепят направляющие *7*, и снять обе направляющие. С панели *10* снять тумблеры и вилку штепсельного разъема *X2*, предварительно вывернув винты крепления разъема. С панели *9* снять вилку штепсельного разъема *X1*, предварительно вывернув винты крепления разъема *X1* к панели *9*. Снять панель *9*, отсоединить провод *48—з*. Вывернуть два винта крепления панели сигнализации *8*, снять панель вместе со жгутом с выемной части аппарата АЗУР.3. Выемную часть аппарата АЗУР.3 отложить и взять подготовленную выемную часть аппарата АЗУР.2. Панель сигнализации установить на подготовленную выемную часть аппарата АЗУР.2, закрепить винтами. Установить направляющие *7*, закрепив их винтами. Установить панель *9* на выемную часть АЗУР.2. Подключить провод *48—з*. Установить вилку разъема *X1*, закрепить винтами.

На панель *10* установить тумблеры и закрепить их гайками, вилку разъема *X2* закрепить винтами. Подсоединить розетки штепсельных разъемов *X1* и *X2*, установить тумблеры на соответствующее напряжение контролируемой аппаратом сети. Установить выемную часть во взрывонепроницаемую оболочку и закрепить ее, закрыть крышку аппарата АЗУР.3.

5.10.8. Реле утечки РУ-1140

Система защиты от токов утечки в сетях 1140 В (рис. 5.34) состоит из комплекса аппаратов, которые:

контролируют сопротивление изоляции сети — блок БЗО-1140;

производят защитное отключение сети в случае снижения сопротивления изоляции до опасного уровня — блок БЗО-1140 и автомат *QF*;

снижают кратковременный ток утечки (ток через тело человека) до нужной величины — блок БКЗ-1140;

отключают КТП при повреждении ее изоляции или отказе автомата *QF* — блок БЗО и высоковольтная ячейка КРУ.

Блоки БЗО-1140 (блок защитного отключения) и БКЗ-1140 (блок компенсации емкостных токов и шунтирования поврежденной фазы) составляют реле утечки РУ-1140, которое встраивается в подстанцию ТСВП-630/6-1,2.

Техническая характеристика реле утечки РУ-1140

Номинальное напряжение защищаемой сети, В	1140
Потребляемая мощность (В·А) блока:	
БЗО	$\leqslant$100
БКЗ	$\leqslant$60
Диапазон изменения емкости сети, мкФ/фазу	0—6
Сопротивление срабатывания блока БЗО:	
для основной защиты при однофазной утечке, кОм	$\leqslant$50
для резервной защиты при однофазной утечке, кОм	28—35
в режиме БРУ, % номинального значения сопротивления срабатывания при однофазной утечке	$\geqslant$150
при симметричной трехфазной утечке, кОм/фазу	$\geqslant$60
Сопротивление срабатывания блока БКЗ, кОм	$\geqslant$4
Собственное время срабатывания (с) блока БЗО:	
при снижении напряжения на сетевых зажимах до 60 % номинального, обусловленном возникновением междуфазных дуговых к. з. с касанием дугой стенок оболочек электрооборудования	$\leqslant$0,1
при сопротивлении однофазной утечки 1 кОм:	
основной защиты	0,07
резервной защиты	0,20
Собственное время срабатывания блока БКЗ с момента срабатывания блока БЗО до момента шунтирования поврежденной фазы на землю, с	$\leqslant$0,1
Время с момента появления однофазной утечки 1 кОм на землю до момента шунтирования поврежденной фазы на землю, с	$\leqslant$0,17
Габаритные размеры каждого блока, мм	275×295×355
Масса (кг) блока:	
БЗО	20
БКЗ	25

Блок БЗО собран из двух независимо работающих устройств: контроля изоляции и защитного отключения.

Одно из них выполняет функции основной защиты, в котором измерительный релейный элемент *K2* включен в измерительную цепь последовательно. Трансформатор *TL2* присоединен после контактов автомата *QF*, поэтому до его включения основная за-

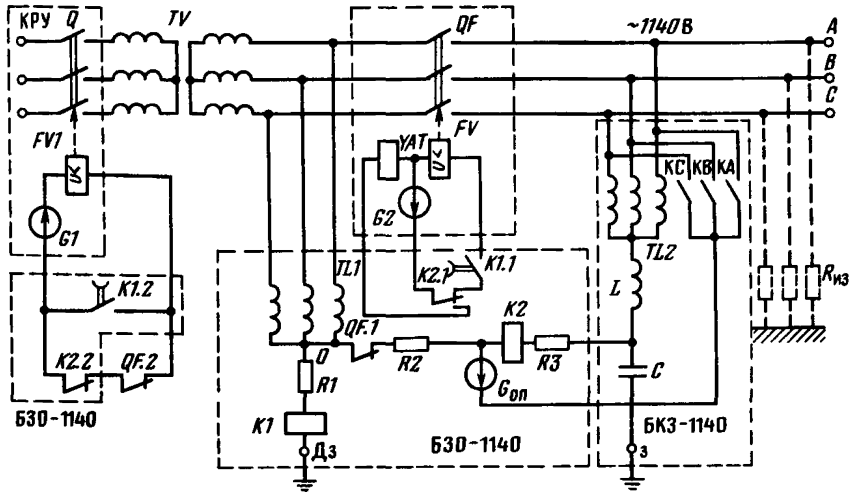


Рис. 5.34. Упрощенная принципиальная схема защиты от токов утечки в сетях 1140 В

щита выполняет функцию БРУ, а после включения — общесетевой защиты от токов утечки.

Второе устройство выполняет функции резервной защиты, в котором обмотка реле *K1* включена параллельно источнику оперативного напряжения $G_{оп}$ и сопротивлению изоляции $R_{из}$.

Искусственная нулевая точка *0* соединена с $G_{оп}$ через контакт *QF.1* автомата и резистор *R2*, поэтому при отключенном автомате это устройство осуществляет контроль изоляции элементов, расположенных в РУНН КТП до автомата *QF*. После включения *QF* устройство контролирует всю сеть, на которую подано напряжение. Устройство отключает сеть при опасных токах утечки или отказе основной защиты или автомата *QF*.

До подачи высокого напряжения на трансформатор *TV* контакты *K2.2* и *QF.2* в цепи нулевого расцепителя *FV1* ячейки *КРУ* замкнуты и дают возможность включить *КРУ*.

При включении *КРУ* реле *K1* срабатывает и замыкает контакты *K1.1*, *K1.2* в цепях нулевых расцепителей *FV* и *FV1*. Расцепитель *FV* срабатывает и дает возможность, включив автомат *QF*, подать напряжение на сеть. Если сопротивление $R_{из}$ мало, то реле *K2* срабатывает и размыкает контакты *K2.1* и *K2.2* в цепях питания *FV* и *FV1*. При этом *FV* отключается и блокирует от включения автомат *QF*. Реле *K1* резервной защиты остается включенным, а его контакт *K1.2* — замкнутым. Поэтому *КРУ* не отключается и на трансформатор *TV* продолжает подаваться напряжение.

Если уставки основной защиты выше, а время ее срабатывания ниже, чем те же параметры резервной защиты, то при исправной аппаратуре и появлении опасных токов утечки всегда срабаты-

вает автомат *QF*, а *КРУ* отключается лишь в случае повреждения изоляции элементов подстанции, включенных до главных контактов автомата *QF*, или при отказе этого автомата или основной защиты (реле *К2*).

Для повышения надежности работы системы защиты реле *К2* своим контактом *К2.1* воздействует не только на нулевой *FV*, но и на независимый *YAT* расцепители автомата.

Блок БЗО-1140 предназначен для осуществления непрерывного контроля активного сопротивления изоляции и утечки всей находящейся под рабочим напряжением сети и обеспечения возможности ее отключения коммутационным аппаратом при снижении указанных сопротивлений ниже нормируемых значений, а также для контроля $R_{из}$ трех фаз участка сети относительно земли при отключенном коммутационном аппарате, препятствует его включению при снижении сопротивления изоляции $R_{из}$ до значения, равного сопротивлению срабатывания в режиме предупредительного контроля и блокировки.

В отличие от рассмотренной на рис. 5.34 упрощенной схемы реле *К2* основной защиты (рис. 5.35) включено через усилитель на транзисторах *V1* и *V2* (рис. 5.35, *а*). Этот усилитель представляет собой схему сравнения постоянных измерительного и эталонного токов.

Эмиттер-базовый переход транзистора *V11* включен параллельно входу усиливающих транзисторов *V1*, *V2*. Поэтому измерительный ток, который меньше эталонного, протекающего через эмиттер-базовый переход транзистора *V11*, замыкается, минуя вход усиливающих транзисторов. Когда измерительный ток превысит эталонный, разностный ток потечет через базовые переходы транзисторов *V1*, *V2*, которые откроются и реле *К2* сработает.

Взвод реле *К1* резервной защиты при подаче напряжения на трансформаторную подстанцию осуществляется с помощью реле *К3*, кратковременно срабатывающего за счет разряда конденсаторов *С12*, *С13*, и затем отключающегося. Если цепи *Дз* и *з* исправны, то конденсатор *С3* заряжается до напряжения на стабилитроне *V19—V21* и затем разряжается через обмотку реле *К1*.

В режиме БРУ цепи оперативного тока БЗО искробезопасны. Изменение сопротивления срабатывания БЗО при работе его в этом режиме осуществляется контактом реле *К2*, расположенным в БКЗ-1140 и присоединенным параллельно резистору *R17* (зажимы *18*, *19* блока *БЗО*). После включения автомата резистор *R17* шунтируется, уменьшая уставку основной защиты.

Блок БКЗ-1140 (рис. 5.35, *б*), предназначенный для шунтирования поврежденной фазы и компенсации емкостных токов утечки, состоит из двух устройств: статического компенсатора и устройства обнаружения и замыкания на землю фазы сети с поврежденной изоляцией.

Статический компенсатор (дроссель *L*) настроен на емкость сети 0,5 мкФ/фазу.

Устройство обнаружения и замыкания на землю фазы с поврежденной изоляцией состоит из трех одинаковых узлов *A*, *B*, *C*, каждый из которых контролирует напряжение между соответствующей фазой сети и землей, и релейного блока *РБ*.

Измерительные узлы *A*, *B*, *C* построены на принципе сравнения эталонного i_2 тока, пропорционального линейному напряжению сети, и тока i_1, определяемого напряжением относительно земли той фазы, к которой присоединен блок.

При снижении сопротивления изоляции между фазой сети и землей ток i_1 уменьшается и, когда он становится меньше эталонного, транзисторы *V2*, *V3* открываются и реле *K1* срабатывает. Своим контактом *K1-A*, *K1-B* или *K1-C* (в зависимости от того, какой узел сработал) реле *K1* включает цепь питания реле *K4*, *K5* или *K6*, которые через резистор *R15* (*R16* или *R17*) соответствующего блока замыкают накоротко фазу сети на землю.

Во избежание ложных срабатываний блока БКЗ его работой управляет блок БЗО. Контакт реле *K2* блока БЗО включен между зажимами *11*, *16* релейного блока *РБ*, а входы усилителей узлов *A*, *B*, *C* зашунтированы контактами реле *K4*.

При РНИ реле РУ-1140 необходимо дополнительно к изложенному в разд. 5.10.2 и 5.10.3 руководствоваться следующим:

1) проверку (ежесменную) срабатывания реле производить нажатием кнопки *SB4* «Проверка РУ-1140». Если при нажатии кнопки *SB4* стрелка прибора *PR* не отклоняется и сеть не отключается, следует найти и устранить обрыв в цепи резисторов *R3* (блок *БКЗ*), *R14* (блок *БЗО*) или кнопки *SB4*.

Одновременное срабатывание основной и резервной защит при нажатии *SB4* указывает на разрегулировку резервной защиты. Следует отрегулировать ее резистором *R6*.

Если после подачи питания реле *K1* (блок *БЗО*) не срабатывает и не включается независимый расцепитель, то следует найти и устранить обрыв в измерительной цепи или в цепи реле *K3*;

2) при проведении РНИ произвести проверку отключения высоковольтной ячейки (проверку резервной защиты). Для этого отсоединить провод с зажима *4* блока *БКЗ* и присоединить к зажиму *17* этого же блока, нажать кнопку *SB4* — высоковольтная ячейка должна отключиться с выдержкой времени 0,2 с. Кроме того, произвести проверку времени срабатывания реле с помощью прибора ИВ-3 в соответствии с методическими указаниями, изложенными в разд. 2;

3) при регулировке уставок необходимо соблюдать следующую последовательность. Сначала регулировать уставку резервной защиты, а затем основной в режиме общесетевой защиты и в режиме БРУ.

Уставку резервной защиты (реле *K1*) регулировать резистором *R6*. Уставку основной защиты (реле *K2*) регулировать: в ре-

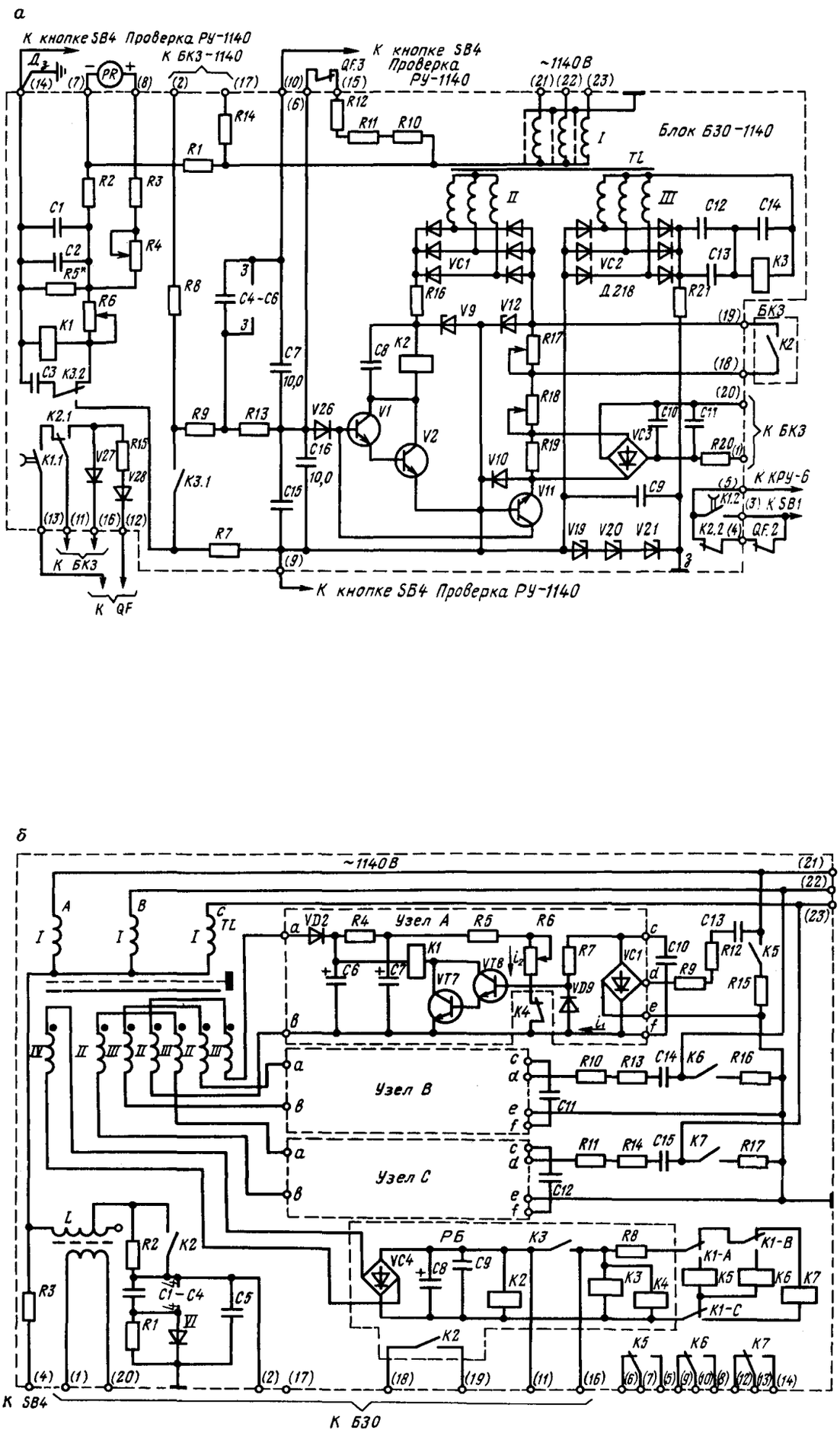


Рис. 5.35. Принципиальная электрическая схема реле утечки РУ-1140;
а — блока БЗО-1140; *б* — блока БКЗ-1140

жиме БРУ — резистором *R17*; в режиме реле утечки — резистором *R18* при закороченных зажимах *18* и *19* (см. рис. 5.35, *а*).

5.10.9. Блок контроля изоляции типа БКИ

Блок БКИ (рис. 5.36) предназначен для встройки в рудничные коммутационные аппараты и распредустройства напряжением до 1140 В и служит для контроля сопротивления изоляции в отходящих от аппаратов силовых цепях.

Электрическая схема блока обеспечивает блокирование отключенного аппарата при снижении сопротивления изоляции отходящего присоединения ниже уставки 30 или 100 кОм и световую сигнализацию о срабатывании блока.

Техническая характеристика БКИ

Номинальное напряжение питания, В	36
Рабочее напряжение питающей сети, % номинального	85—110
Предупредительная уставка по контролю сопротивления изоляции (кОм) для сети, В:	
660	100
1140	200
Аварийная уставка по контролю сопротивления изоляции (кОм) для сети, В:	
660	30
1140	100
Потребляемая мощность, В·А	⩽2
Степень защиты	IP30 по ГОСТ 14254—80
Габаритные размеры	120×64×150
Масса, кг	0,6

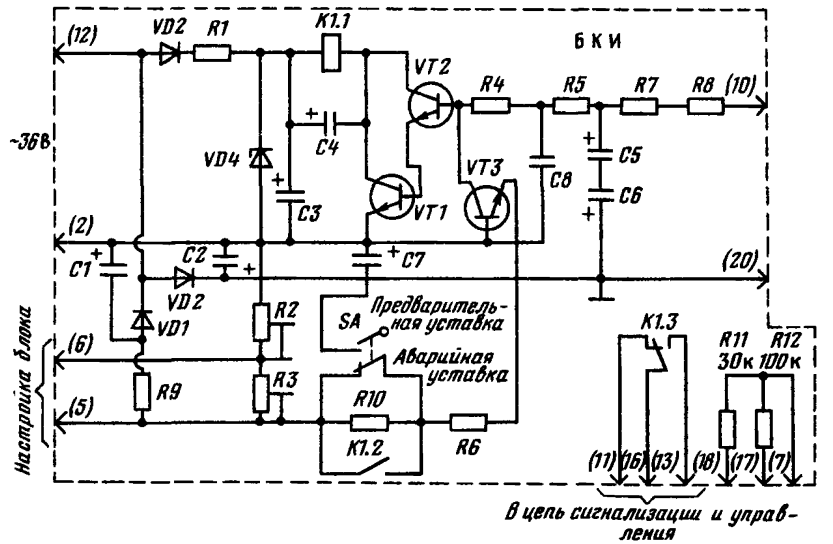


Рис. 5.36. Принципиальная электрическая схема блока БКИ

Блок состоит из кожуха, передней и задней панелей, между которыми расположены две печатные платы с набором электрорадиоэлементов.

Схема рассчитана на работу блока в двух режимах: «Предупредительная уставка» и «Аварийная уставка». Для перевода служит тумблер *SA*, рукоятка которого выведена на переднюю панель блока.

Схема состоит из транзисторного усилителя, выполненного на составном транзисторе *VT1*, *VT2*, нагрузкой которого является реле *K1.1*. В основе измерения сопротивления — сравнение токов управления составного транзистора *VT1*, *VT2* и коллекторного тока *VT3*.

Устройство работает следующим образом. Тумблер *SA* находится в положении «Предварительная уставка». При подаче напряжения на блок *БКИ* при сопротивлении изоляции выше уставки срабатывания открывается транзистор *VT3*, а составной транзистор *VT1*, *VT2* закрыт. Реле *K1.1* обесточено.

При снижении сопротивления изоляции ток через база-эмиттерный переход транзистора *VT3* уменьшается и приводит к открыванию транзисторов *VT1*, *VT2* и срабатыванию реле *K1.1*. Это реле своим контактом *K1.3* блокирует цепь включения пускателя и включает сигнальную лампу. Одновременно с этим при открывании транзисторов *VT1*, *VT2* происходит разряд конденсатора *C7*. После разряда транзисторы *VT1*, *VT2* снова закрываются и реле *K1.1* отключается. Во время последующего за этим заряда конденсатора усилитель *VT1*, *VT2* остается закрытым. По окончании заряда конденсатора *C7* транзистор *VT3* открывается и цикл повторяется.

Мигающий свет лампы с белым светофильтром в аппарате, в который встроен БКИ, свидетельствует о снижении сопротивления изоляции отходящего кабеля до значения менее 200 кОм.

Для дальнейшей работы аппарата необходимо вскрыть пускатель и перевести тумблер *SA* на блоке БКИ в положение «Аварийная уставка». В результате переключения *SA* конденсатор *C7* отключится, а транзисторы *VT1*, *VT2* откроются только при снижении утечки в силовом кабеле до 30 кОм. При этом срабатывает реле *K1.1* и своими контактами подает команду на отключение аппарата. Сигнальная лампа с белым светофильтром после этого горит постоянно.

При ТУ и РНИ блока БКИ необходимо руководствоваться следующим:

1) перед установкой блока в аппарат произвести внешний осмотр. Тумблер *SA* установить в положение «Предупредительная». При снижении сопротивления изоляции до величины предупредительной уставки необходимо обратить внимание на состояние отходящего от аппарата присоединения (кабеля), а для дальнейшей работы переключить тумблер *SA* в положение «Аварийная»;

2) для обеспечения нормальной работы блока в процессе эксплуатации следует один раз в месяц проверять его действие, руководствуясь инструкцией по эксплуатации аппарата, в который устанавливается блок;

3) в случае обнаружения неисправностей в работе блок заменить на исправный;

4) для настройки схемы на желаемые уставки служат резисторы *R2*, *R3*. При настройке на уставку 100 кОм резистор *R3* нужно зашунтировать посредством зажимов *5* и *6*. Настройку производить только резистором *R2*. При настройке на уставку 30 кОм перемычку на зажимах *5* и *6* не ставить, настройку производить резисторами *R2*, *R3*;

5) резистор *R11* предназначен для проверки исправности схемы при уставке 30 кОм (сеть 660 В), а резистор *R12* — при уставке 100 кОм (сеть 1140 В);

6) проверку и настройку блока БКИ проводить по схеме (см. рис. 5.26) в следующем порядке:

а) установить тумблер *S6* в положение «36 В»;

б) регулятором *T2* установить на вторичной обмотке трансформатора питания напряжение $U_{пит} = U_{ном} = 36$ В;

в) для настройки блока *БКИ* на аварийную уставку 100 кОм подключить магазин сопротивлений *R4*;

г) тумблер *S7* поставить в положение «Включено», при этом последовательно с *R4* включается сопротивление величиной 30 кОм;

д) тумблер *S5* поставить в положение 100 кОм;

е) переключатель уставок *SA* на блоке БКИ (см. рис. 5.36) установить в положение «Аварийная утечка». Сопротивление магазина установить на максимальное. При этом должна гореть лампа *H2* (см. рис. 5.26). Лампа *H1* не горит;

ж) замкнуть кнопку *S4*. При этом лампа *H2* должна погаснуть, а лампа *H1* — загореться. При отпускании кнопки *S4* загорается лампа *H2* и гаснет лампа *H1*. Это свидетельствует о нормальном функционировании блока БКИ;

з) плавно снизить сопротивление магазина *R4* до момента переключения ламп (*H2* должна погаснуть, *H1* — загореться). Величина сопротивления магазина *R4* при этом будет соответствовать (с учетом сопротивления 30 кОм) уставке срабатывания блока БКИ. При помощи подстроечного резистора *R2* (в блоке БКИ) настроить срабатывание блока БКИ на величину $R4 = 100 \pm 70$ кОм;

и) установить на магазине *R4* максимальное сопротивление. Переключатель уставок *SA* на блоке БКИ установить в положение «Предупредительная уставка». Мигание ламп *H1* и *H2* при величине $R4 = 200 \pm 80$ кОм свидетельствует о работоспособности блока на предупредительной уставке (аварийная уставка 200 кОм);

к) для настройки блока БКИ на аварийную уставку 30 кОм тумблер *S5* переключить в положение 30 кОм. Тумблер *S7* переключить в положение «Выключено», при этом дополнительный резистор 30 кОм исключается и отсчет величины уставки ведется по показаниям магазина сопротивлений;

л) переключатель уставок на блоке БКИ установить в положение «Аварийная уставка». Сопротивление магазина установить на максимальное. При этом должна гореть лампа *H2*, а *H1* — не гореть;

м) замкнуть кнопку *S4*. При этом лампа *H2* должна погаснуть, а лампа *H1* — загореться. При отпускании кнопки *S4* загорается лампа *H2* и гаснет *H1*;

н) плавно снижать сопротивление магазина *R4* до момента переключения ламп. Величина сопротивления магазина при этом будет соответствовать уставке срабатывания блока БКИ. С помощью подстроечного резистора *R3* (в блоке БКИ) настроить срабатывание блока БКИ на величину $R4 = 35 \pm \frac{10}{5}$ кОм;

о) установить на магазине *R4* максимальное сопротивление. Переключатель *SA* на блоке БКИ установить в положение «Предупредительная уставка». Мигание ламп *H1* и *H2* при величине $R4 = 100 \pm 30$ кОм свидетельствует о работоспособности блока на предупредительной уставке (аварийная уставка 30 кОм).

5.10.10. Блокировочные реле утечки (БРУ)

Наиболее простые из всех устройств контроля изоляции кабельных сетей — встроенные блокировочные реле утечки (БРУ). Они предназначены для предварительного контроля изоляции сетей, отходящих от коммутирующего аппарата (пускателя, станции управления, автоматического выключателя), при отсутствии рабочего напряжения.

На рис. 5.37 приведена схема БРУ, применяемая в пускателях серии ПВИ.

Сопротивление изоляции фаз сети относительно земли $R_{из}$ контролируется при отключенном контакторе *KM* с помощью реле *K1*, обмотка которого включена последовательно в цепь измерительного тока: плюс выпрямителя *VC*, обмотка реле *K1*, контакт *KT1.1*, кнопка *SB1*, контакты *KM.2*, фаза сети, сопротивление изоляции $R_{из}$ земли, минус выпрямителя *VC*. Питание выпрямителя *VC* производится через резистор *R2*, обеспечивающий искробезопасность цепи, от феррорезонансного стабилизатора напряжения, состоящего из трансформатора *TV* и конденсатора *C2*. При снижении $R_{из}$ до опасной величины реле *K1* срабатывает. Контакт *K1.1* этого реле разрывает цепь управления аппаратом и включает сигнальную лампу, в результате чего аппарат оказывается заблокированным в выключенном положении. Если контактор *KM* включен и на ответвление сети подано напряжение, то БРУ отключено от сети контактом *KM.2*. После

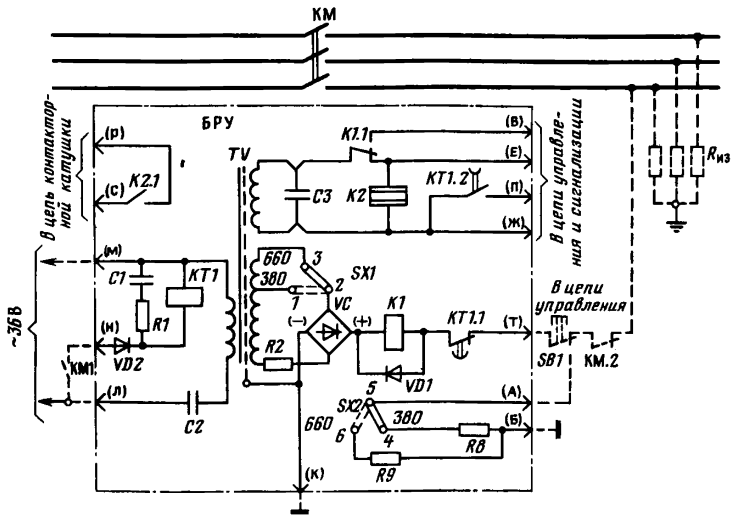


Рис. 5.37. Принципиальная электрическая схема БРУ, применяемых в пускателях ПВИ

отключения контактора *КМ* генерируемое в течение некоторого времени вращающимся по инерции электродвигателем напряжение может привести к ложному срабатыванию реле *К2.1* даже при $R_{из}$, значительно превышающем допустимую величину. Чтобы исключить это явление, применено реле времени, состоящее из реле *КТ1*, диода *VD2*, резистора *R1* и конденсатора *С1*. Когда контактор *КМ* включается, реле *КТ1* срабатывает через диод *VD2*, контакт *КМ.1*. Одновременно заряжается конденсатор *С1*. После отключения *КМ* его контакт *КМ.1* размыкается, но реле *КТ1* отключается с выдержкой времени примерно 3 с из-за разряда конденсатора *С1* через его обмотку и резистор *R1*. В результате оперативная цепь на время действия обратной э. д. с. электродвигателя оказывается разомкнутой контактом *КТ1.1*.

Проверка работоспособности БРУ осуществляется с помощью кнопки *SB1*. Недостаток схемы — большой разброс уставок, вызванный изменением тока срабатывания электромагнитного реле *К1*, и большой измерительный ток, при котором срабатывает устройство. Это обстоятельство не позволяет использовать подобные схемы в аппаратах с номинальным напряжением выше 660 В. Уставка срабатывания не менее 30 кОм.

В пускателях ПМВИ-61, ПМВИР-51 и ПМВИР-41 применена электронная схема контроля изоляции БРУ-2С (рис. 5.38). Схема собрана на транзисторах *VT1*, *VT2*, запертых при нормальном

режиме. В случае снижения сопротивления изоляции присоединения ток, проходящий от выпрямителя *VC2* через резистор *R5*, сопротивление изоляции, заземлитель, резистор *R9* и эмиттер-базовые переходы транзисторов, открывает их. При этом транзистором *VT1* и мостовым выпрямителем *VC1* шунтируется первичная обмотка трансформатора *TL3*. В результате напряжение на обмотках этого трансформатора и, следовательно, на реле *K1* снижается, пускатель блокируется от включения. Транзистор *VT2* включает лампу сигнализации *HL*. Схема БРУ-2С имеет две уставки: предупредительную и аварийную. Изменение уставки производится с помощью переключателя *SA*.

В фидерных автоматах серии АВ использованы БРУ (рис. 5.39), питание которых осуществляется от трансформатора *TV*, установленного в автомате. БРУ состоит из электромагнитного реле *K1*, сглаживающих конденсаторов *C1* и *C2*, выпрямительного моста *VC*, усилителя постоянного тока, выполненного на транзисторах *VT1* и *VT2*, измерительного моста из резисторов *R1* (*R2*) — *R5* и сопротивления изоляции сети относительно земли $R_{из}$. В одну из диагоналей моста включен эмиттер-базовый переход транзистора *VT1*. Измерительная цепь присоединяется к сети через размыкающий контакт выключателя *QF* и блок присоединения (БПВ).

Контроль $R_{из}$ осуществляется по цепи: плюс моста *VC*, резистор *R1*, диод *VD1*, контакт выключателя *QF*, кнопка *SB1* «Проверка БРУ», блок присоединения БПВ, фазы сети, $R_{из}$, земля, резистор *R5*, минус моста *VC*. Кроме того, ток вторичной обмотки

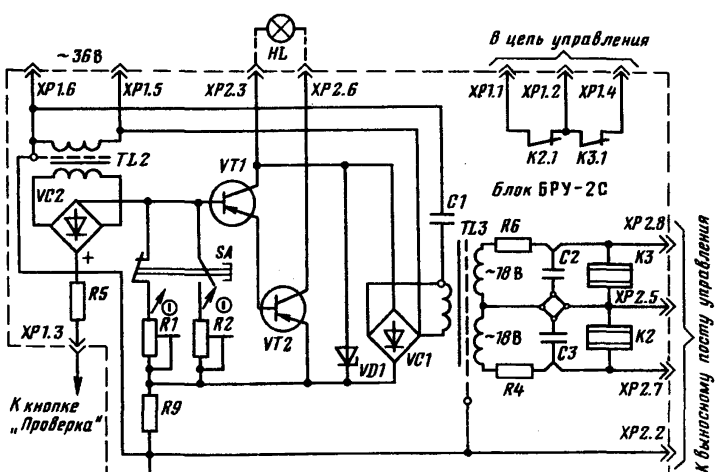


Рис. 5.38. Принципиальная электрическая схема блока БРУ-2С

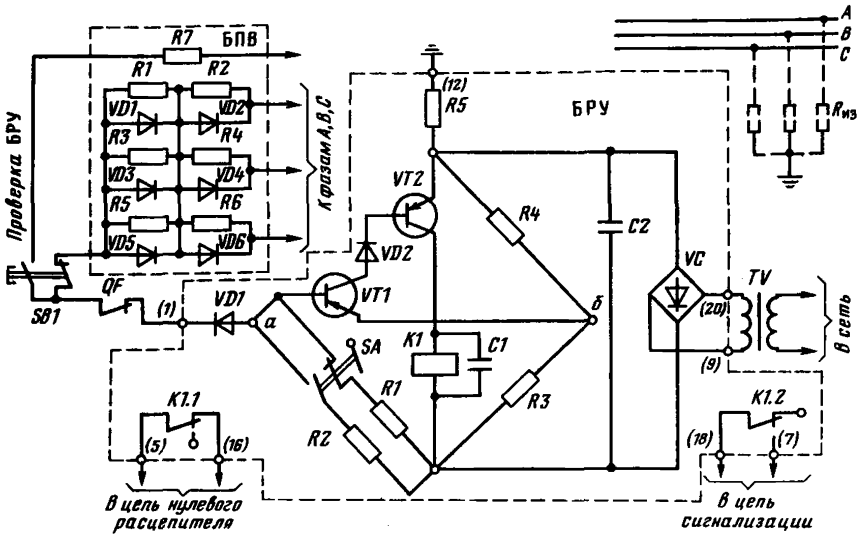


Рис. 5.39. Принципиальная электрическая схема блока БРУ автоматов серии АВ напряжением до 660 В

трансформатора *TV* протекает через резисторы *R3* и *R4*. При изменении величины $R_{из}$ изменяется ток утечки, который вызывает соответствующие изменения величины и полярности напряжения диагонали моста из резисторов. Параметры схемы выбраны так, что при $R_{из}$, равном или меньшем уставки срабатывания устройства, потенциал точки *а* диагонали моста из резисторов становится больше потенциала точки *б*, транзисторы *VT1* и *VT2* отпираются, вызывая срабатывание реле *K1*. При этом размыкается контакт *K1.1* в цепи нулевого расцепителя выключателя, что не позволяет произвести его включение. Одновременно контактом *K1.2* включается сигнальная лампа. Переключение уставок осуществляется тумблером *SA*, рукоятка которого выведена на крышку корпуса блока.

Техническая характеристика БРУ

Оперативное напряжение контроля сопротивления изоляции, В	50
Уставки срабатывания, кОм:	
предупредительная	$\geqslant$200
аварийная	$\geqslant$30
Габаритные размеры, мм	120×46×126
Масса, кг	0,9

Проверку действия БРУ производят с помощью кнопки *SB1* «Проверка БРУ». При нажатии кнопки в контролируемом аппарате должна загореться сигнальная лампа БРУ с белым светофильтром, а цепь нулевого расцепителя — разомкнуться.

В выключателях АБВ-250 применена схема БРУ (рис. 5.40), состоящая из следующих узлов: источника питания постоянного

напряжения *VC1*, источника оперативного постоянного напряжения *VC2* и мостовой измерительной схемы. В измерительную схему входят резистор *R8* и конденсатор *C1* (первое плечо), переменный резистор *R10* и конденсатор *C2* (второе плечо), резисторы *R1—R6* и диод *VD1* (третье плечо), диод *VD2* с контролируемым сопротивлением изоляции $R_{из}$ (четвертое плечо). В диагональ моста включены: резистор *R9*, зашунтированный емкостью *C4*, эмиттерный переход транзистора *VT3*, выходной усилитель на транзисторе *VT4* и электромагнитное реле *K*.

Через первое и третье плечи протекает выпрямленный ток постоянного значения, практически не зависящий от величины $R_{из}$, а через второе и четвертое плечи протекает ток, зависящий от величины $R_{из}$. Если величина $R_{из}$ становится меньше допустимой, то наступает разбаланс моста, потенциал на эмиттере транзистора *VT3* становится выше потенциала базы и транзистор открывается. Одновременно открывается транзистор *VT4*, включая реле *K*, которое своим контактом *K.1* замыкает цепь сигнальной лампы и одновременно блокирует автомат от включения. После восстановления сопротивления изоляции сети схема БРУ приходит в исходное состояние.

В схеме БРУ, применяемой в магнитных пускателях ПВВ-320, ПВ-1140, в станциях управления и др. на напряжение 1140 В (рис. 5.41), имеются две уставки срабатывания: предупредительная и аварийная. В зоне предупредительной уставки (сопротивление 250—90 кОм) БРУ сигнализирует свечением сигнальной лампы с зеленым светофильтром без разрыва цепи управления пускателем. В зоне аварийной уставки (сопротивление <90 для 1140 В и 30 кОм для 660 В) БРУ разрывает цепи управления

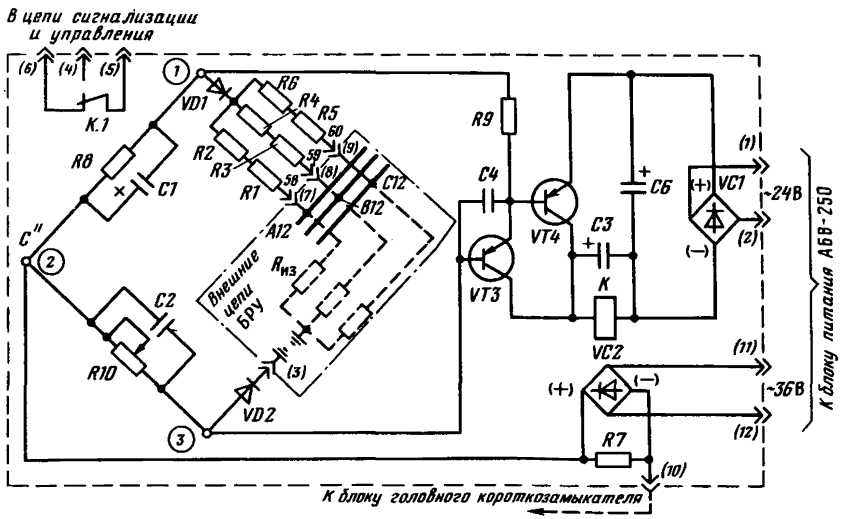


Рис. 5.40. Принципиальная электрическая схема блока БРУ автоматов АБВ-250

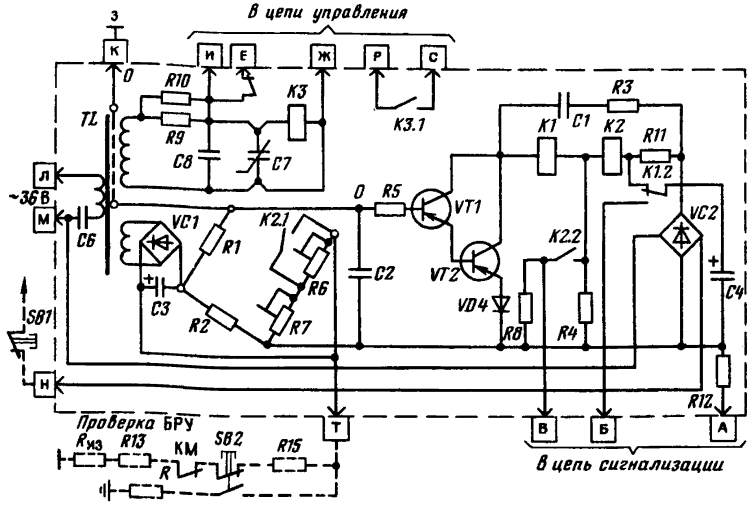


Рис. 5.41. Принципиальная электрическая схема БРУ в сетях напряжением 1140 В для пускателей ПВ-1140-250, ПВВ-320

пускателем, сигнализируя об этом свечением сигнальной лампы с красным светофильтром.

БРУ представляет собой мостовую измерительную схему (плечи: *R6*, *R7*; *R2*; *R1*; *R13*, $R_{из}$, *R15*). Измерительный мост питается через выпрямитель *VC1* от феррорезонансного стабилизатора напряжения, состоящего из трансформатора *TL* и конденсатора *C6*. К диагонали измерительного моста через резистор *R5* и диод *VD4* присоединен вход усилителя на составном транзисторе *VT1*, *VT2*. Нагрузкой усилителя являются обмотки реле *K1* и *K2*. Питание стабилизатора и испытательной части схемы производится переменным напряжением 36 В от трансформатора собственных нужд аппарата, в который встроено БРУ. Для контроля тока утечки мостовая схема БРУ подключается одним проводником через контакт *Т* штепсельного разъема, резистор *R13*, размыкающий контакт контактора *КМ* и размыкающий контакт кнопки *SB2* «Проверка БРУ» к силовой фазе, а вторым проводником через контакт *К* штепсельного разъема — к заземляющему зажиму, расположенному внутри оболочки пускателя.

При сопротивлении изоляции сети $R_{из}$ выше предупредительной уставки напряжение на диагонали моста имеет полярность, при которой усилитель заперт и, следовательно, реле *K1* и *K2* отключены.

Если сопротивление изоляции ниже 250 кОм, потенциал базы транзистора *VT1*, *VT2* становится отрицательным, эмиттер-кол-

лекторный переход открывается, замыкая при этом цепь питания, реле *K2* срабатывает и своими замыкающими контактами *K2.2* включает предупредительную сигнальную лампу с зеленым светофильтром. Одновременным шунтированием резистора *R6* подготавливается схема для работы в зоне аварийной уставки. Потенциал базы *VT1*, *VT2* приближается к нулю, транзистор закрывается, но реле *K2* остается включенным через резистор *R4*.

После срабатывания реле *K2* удерживается во включенном положении током, проходящим от выпрямителя *VC2* через резисторы *R11*, *R4*, *R8* и замыкающий контакт *K2.2*, независимо от величины $R_{из}$. Поэтому после увеличения $R_{из}$ выше предупредительной уставки БРУ реле *K2* необходимо вернуть в исходное (отключенное) положение нажатием кнопки *SB1*, разрывающей своим контактом цепь питания выпрямителя *VC2*.

При $R_{из}$ ниже аварийной уставки (90/30 кОм) потенциал базы *VT1*, *VT2* становится отрицательным и транзистор, открываясь, включает реле *K1*. Своим размыкающим контактом *K1.1* реле разрывает цепь управления пускателем, а переключающим контактом *K1.2* включает аварийную сигнальную лампу с красным светофильтром.

В основу БРУ распредустройств КРУРН-6 (рис. 5.42) положен метод измерения, при котором усилитель реагирует на два параметра сигнала (величину и его полярность). В качестве измерительного органа применен электрический мост, по одной из вет-

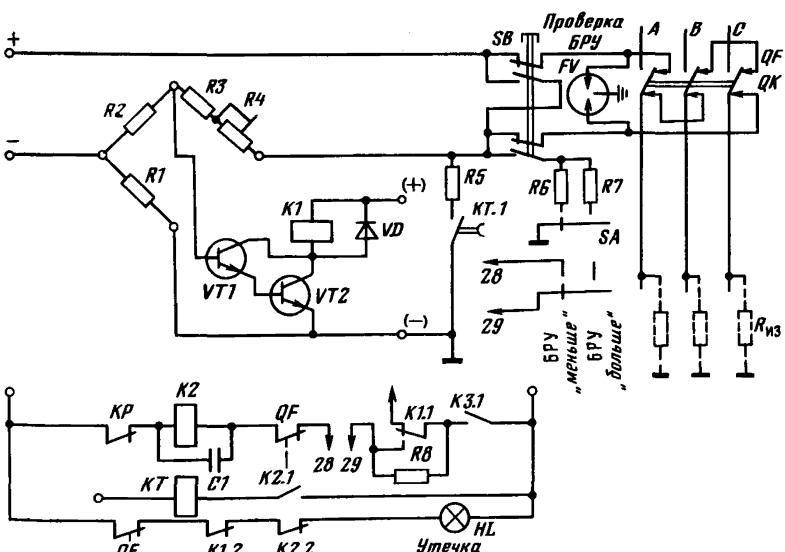


Рис. 5.42. Принципиальная электрическая схема БРУ распредустройств КРУРН-6

вей которого ток проходит по цепи: плюс источника питания, верхний размыкающий контакт кнопки проверки *SB*, короткозамыкатель *QK* (показан стрелками), сопротивление изоляции $R_{из}$, земля, резистор *R1*, минус источника питания. По другой ветви ток проходит в направлении: плюс источника питания, верхний контакт кнопки *SB*, короткозамыкатель *QK*, нижний размыкающий контакт кнопки *SB*, резисторы *R4*, *R3*, *R2*, минус источника питания. Мост сбалансирован таким образом, что если сопротивление $R_{из} > 360$ кОм, то сигнал на входе усилителя практически отсутствует. При сопротивлении $R_{из} \leqslant 360$ кОм к входу транзистора приложено напряжение, полярность которого противоположна полярности эмиттер-базовых переходов составного транзистора *VT1*, *VT2*. В обоих случаях транзисторы будут закрытыми, а исполнительное реле *K1* — отключенным. Переключающим контактом *K1.1* цепь реле *K2* будет разорвана и, следовательно, цепь включения привода выключателя будет заблокирована реле *K2*. Если сопротивление $R_{из} > 360$ кОм, то полярность напряжения на входе транзистора будет соответствовать полярности эмиттер-базовых переходов транзисторов *VT1*, *VT2*, вследствие чего они откроются и реле *K1*, сработав, переключит свой контакт *K1.1* в нижнее положение и зашунтирует резистор *R8*. Реле *K2* включится и своими контактами запустит привод выключателя и включит реле времени *KT*, которое своим замыкающим контактом *KT.1* замкнет плечо моста, содержащее измеряемое сопротивление $R_{из}$, на резистор *R5*. Реле *K1* отключится вследствие перебалансировки моста и подачи запирающего сигнала на вход транзисторов. Контакт *K1.1* создаст цепь блока питания привода выключателя и будет удерживать во включенном положении реле *K2* (за счет шунтирования разомкнувшегося контакта *K1.1* резистором *R8*).

Схемой предусматривается автоматическая проверка исправности схемы БРУ, которая осуществляется следующим образом. В случае пробоя любого транзистора реле *K1* оказывается включенным (независимо от величины $R_{из}$) и контакт *K1.1* находится в нижнем положении. При подаче команды на включение контакт *K3.1* замыкает цепь реле *K2* (контакты в его цепи замкнуты), которое срабатывает и включает привод и реле *KT*. Несмотря на замыкание контакта *KT.1*, транзистор не закроется, реле *K1* не отключится и не замкнет цепь электромагнита включения привода.

В случае обрывов цепей в схеме БРУ (например, транзистора или обмотки реле *K1*, а также к. з. этой обмотки) реле *K1* оказывается отключенным независимо от величины $R_{из}$. При этом его переключающий контакт остается в верхнем положении и препятствует срабатыванию реле *K2*, которое не может запустить привод выключателя. В этом случае в аккумуляторе привода не будет запасена механическая энергия для включения выключателя.

В случае потери цепи в любом контакте короткозамыкателя *QK* также невозможно включение выключателя. При потере цепи верхнего контакта *QK* фазы *A* прерывается цепь питания измерительного моста. При потере цепи любого другого контакта *QK* на базу транзистора через сопротивление $R_{из}$ одной из фаз подается отрицательный (запирающий) потенциал. В обоих случаях транзистор будет закрыт, а реле *K1* — отключенным, следовательно, включить выключатель не удастся.

Для оперативной проверки работоспособности БРУ предусмотрены кнопка проверки *SB*, переключатель *SA* и резисторы *R6* и *R7* сопротивлением 240 и 360 кОм. В исходном (рабочем) состоянии переключатель *SA* установлен в положении, соответствующем величине сопротивления утечки 240 кОм, при котором не срабатывает БРУ.

Проверка БРУ производится следующим образом. Нажатием на кнопку *SB* БРУ отключается от контролируемого присоединения и вместо сопротивления $R_{из}$ подключается резистор *R6* (положение БРУ «Меньше»). При этом БРУ не должно срабатывать.

Затем переключателем *SA* подключается резистор *R7* (положение БРУ «Больше») сопротивлением, соответствующим величине $R_{из} \geqslant 360$ кОм. В этом случае при нажатии на кнопку *SB* БРУ должно сработать. Об исправности БРУ свидетельствует загорание лампы «Утечка» *HL* в первом случае и ее погасание во втором случае проверки.

Для исключения возможности включения выключателя манипулированием переключателя *SA* при пониженном сопротивлении $R_{из}$ на момент проверки БРУ при удовлетворительном сопротивлении $R_{из}$ контактом переключателя *SA* размыкается цепь реле *K2*, включающего привод выключателя (точки *28—29*).

БРУ, применяемое в ячейках КРУВ-6, по принципу действия и устройству аналогично вышеописанному для ячеек КРУРН-6.

5.10.11. Реле утечки РУВ-Зар

Реле утечки РУВ-Зар предназначено для защиты людей от поражения электрическим током и предотвращения опасных утечек на землю в шахтных комбинированных электрических сетях переменного и постоянного тока зарядных устройств тяговых аккумуляторных батарей, в шахтах, опасных по газу или пыли.

Техническая характеристика реле утечки РУВ-Зар

Номинальное напряжение питания трехфазной сети, В	380
Уставка срабатывания (кОм) на стороне тока:	
переменного	12—13
выпрямленного	2—3
Собственное время срабатывания реле при возникновении утечки 1 кОм на стороне переменного тока, с	0,1
Уровень взрывозащиты	РВ
Степень защиты	IP54

Погрешность показаний килоомметра в оцифрованных точках шкалы, %	$\leqslant \pm 15$
Сигнализация о срабатывании	Звуковая
Габаритные размеры, мм	440×500×420
Масса, кг	56

Реле РУВ-Зар состоит из взрывонепроницаемого корпуса, выемной части и взрывобезопасной сигнальной сирены ВСС-3. Корпус реле снабжен блокировочным устройством, состоящим из блокировочного кольца, закрывающего головки болтов крепления передней крышки, блокировочного винта и рукоятки блокировочного выключателя. Рукоятка выключателя имеет отверстие для пломбирования реле во включенном состоянии. На крышке корпуса расположены кнопки проверки и смотровое окно для наблюдений за показаниями килоомметра.

В схеме реле РУВ-Зар (рис. 5.43) для контроля состояния изоляции сети и отключения ее в случае опасной утечки на стороне постоянного тока используется оперативное напряжение частотой 25 Гц, снимаемое со вторичной обмотки делителя частоты *UZ*.

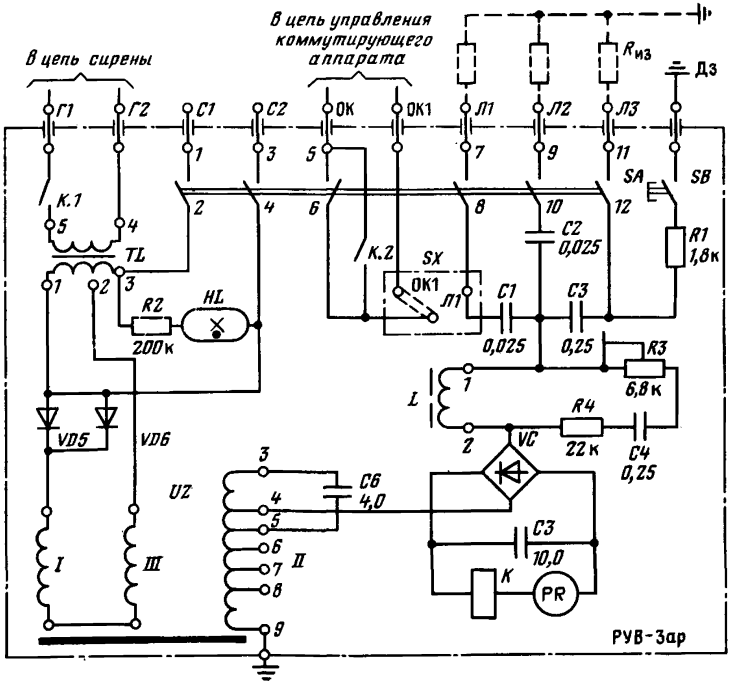


Рис. 5.43. Принципиальная схема реле РУВ-Зар

При возникновении утечки оперативный ток течет по цепи: обмотка *II UZ* (отвод *4*), выпрямитель *VC*, обмотка реле *K*, килоомметр *PR*, заграждающий параллельный контур (*L*, *R4*, *C4*, *R3*), присоединительный фильтр (*C1*, *C2*, *C3*), блокировочный выключатель *SA*, зажимы (*Л1*, *Л2*, *Л3*), сопротивление утечки $R_{из}$, «земля», обмотка *II UZ* (отвод *9*). При однофазной утечке на стороне трехфазного переменного тока по оперативной цепи, кроме тока частотой 25 Гц, протекает ток, обусловленный напряжением сети 380 В, частотой 50 Гц, в результате чего отключающее сопротивление при такой утечке оказывается повышенным.

При снижении $R_{из}$ до $r_{кр}$ как на стороне переменного, так и на стороне выпрямленного тока зарядного устройства ток, протекающий по оперативной цепи, возрастает до величины тока срабатывания реле *K*. Реле *K* при срабатывании отключает коммутирующий аппарат и включает сирену.

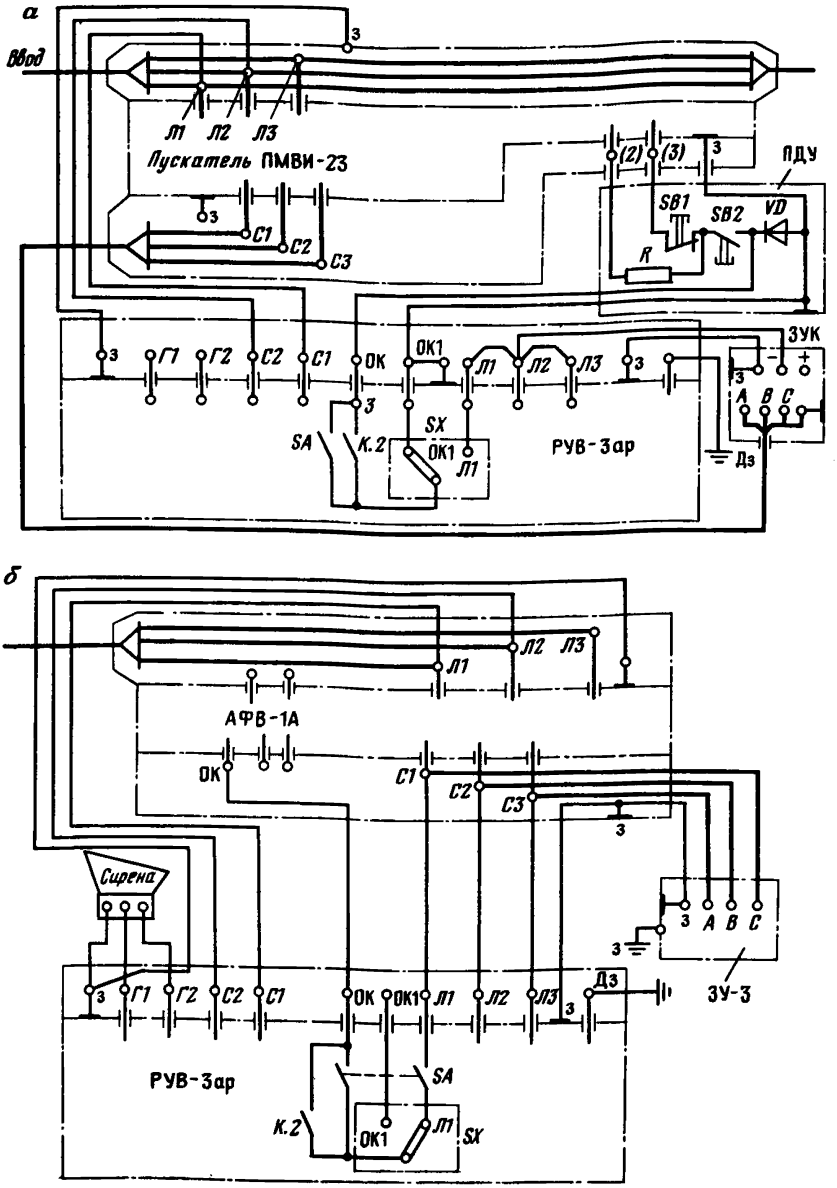
Поскольку питание источника оперативного напряжения частотой 25 Гц осуществляется от входных зажимов автомата, оперативный ток продолжает протекать по цепи утечки и после отключения автомата аппаратом защиты. При этом если утечка, вызвавшая срабатывание защиты, возникла на стороне постоянного тока, то реле *K* остается во включенном состоянии и звуковой сигнал будет подаваться до тех пор, пока пускателем не будет отключено зарядное устройство. Если утечка возникла на стороне переменного тока, то в момент срабатывания реле *K* будет подан кратковременный звуковой сигнал, который прекратится после отключения автомата, так как при этом реле *K* не будет удерживаться во включенном состоянии оперативным током частотой 25 Гц.

При РНИ реле утечки РУВ-Зар дополнительно к указаниям, изложенным в разд. 5.10.2 и 5.10.3, необходимо руководствоваться следующим:

1) полную проверку реле РУВ-Зар производить на поверхности перед спуском в шахту. Проверить исправность реле РУВ-Зар (с помощью кнопки *SB*), уставку однофазной утечки и время срабатывания аппарата защиты при создании утечки на стороне переменного тока.

Проверку уставки выполняют следующим образом. Магазин сопротивлений присоединяют к одному из зажимов *Л1*, *Л2* или *Л3* и к корпусу реле РУВ-Зар, затем реле присоединяют к сети зажимами *Л1*, *Л2*, *Л3*. С помощью магазина определяют сопротивление, при котором происходит четкое срабатывание реле *K*. Реле должно срабатывать при однофазной утечке 12—13 кОм при номинальном напряжении питания и отсутствии емкости сети.

Проверку времени срабатывания реле РУВ-Зар производить с АФВ в соответствии с Методическими указаниями по измерению времени срабатывания аппаратуры защиты от утечек тока в подземных электрических сетях напряжением 380 и 660 В;



2) реле РУВ-3ар завод выпускает подготовленным к работе с магнитным пускателем с искробезопасной схемой управления (перемычка на панели *SX* устанавливается под вывод *ОК1*);

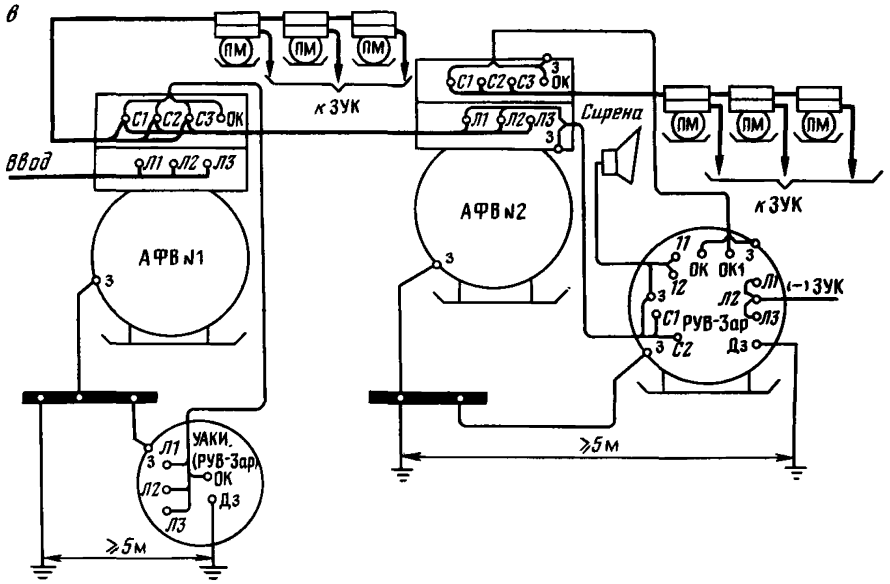


Рис. 5.44. Схема подключения реле РУВ-Зар:

а — к зарядным устройствам ЗУК и пускателям ПМВИ; *б* — к зарядным устройствам автоматам АФВ; *в* — на группу зарядных устройств типа ЗУК

3) монтаж реле РУВ-Зар с магнитным пускателем и устройством ЗУК производить по схеме, показанной на рис. 5.44, *а*. В реле установить перемычку между зажимами *Л1*, *Л2*, *Л3*;

4) для работы реле РУВ-Зар с фидерным автоматом АФВ и зарядными устройствами ЗУ-3 произвести переключение перемычки *SX* на вывод *Л1*. Подключение реле РУВ-Зар произвести по схеме, показанной на рис. 5.44, *б*;

5) при питании от одного силового трансформатора нескольких зарядных устройств типа ЗУК каждое из них должно иметь собственную защиту от утечек — реле РУВ-Зар. Все зарядные устройства подключить к силовому трансформатору через общий фидерный автомат, к которому по обычной схеме подключается реле утечки типа УАКИ или реле РУВ-Зар.

Допускается установка одного реле РУВ-Зар на группу зарядных устройств типа ЗУК (рис. 5.44, *в*). В этом случае реле утечки типа УАКИ или реле РУВ-Зар осуществляет защиту от утечек на стороне переменного тока и подключается к фидерному автомату АФВ № 1, установленному у силового трансформатора (зажимы *Л1*, *Л2*, *Л3*, *ОК* и *з* реле РУВ-Зар подсоединить соответственно к зажимам *С1*, *С2*, *С3*, *ОК* и *з* фидерного автомата АФВ № 1).

Реле РУВ-Зар осуществляет защиту на стороне постоянного тока, воздействуя на фидерный автомат АФВ № 2. При этом зажимы *ОК*, *з* и *ОК1* подсоединяются соответственно к зажимам *ОК*,

з и *С1* фидерного автомата АФВ № 2, перемычка на панели *SX* реле РУВ-Зар должна быть установлена под зажим *ОК1*. Зажимы реле РУВ-Зар, *Л1*, *Л2*, *Л3* соединяются общей перемычкой и с помощью кабеля присоединяются к зажимам «минус» всех зарядных устройств. Так как в этом случае все зарядные устройства окажутся подключенными параллельно, то для их отключения в процессе работы (в случае возникновения недопустимой утечки в одном из них) на стороне выпрямленного тока каждого зарядного устройства должны быть установлены ручные или магнитные пускатели.

Одним реле РУВ-Зар можно осуществлять защиту не более трех-четырех зарядных устройств одновременно, так как при большем числе общее сопротивление изоляции параллельно включенных зарядных устройств может оказаться ниже критического, что приведет к ложному срабатыванию реле РУВ-Зар.

При установке в электровозном гараже нескольких реле РУВ-Зар для них можно использовать одно общее заземление *Дз*.

Для защиты зарядного устройства ЗУК-155/230 при питании его от сети напряжением 660 В можно использовать реле РУВ-Зар. В этом случае питание реле РУВ-Зар напряжением 380 В должно осуществляться не от магнитного пускателя, а от зажимов *А1*, *В1*, *С1* (см. рис. 5.44, *а*) зарядного устройства, к которым подводится напряжение 380 В от специальных отпаек разделительного трансформатора ЗУК-155/230, для чего зажимы *С1* и *С2* с помощью кабеля должны быть соединены с любыми двумя из трех зажимов *А1*, *В1*, *С1*. Подключение оперативной цепи реле РУВ-Зар может осуществляться аналогично схеме (см. рис. 5.44, *в*), но соединенные вместе зажимы *Л1*, *Л2*, *Л3* реле РУВ-Зар с помощью кабеля должны подключаться к зажиму «минус» зарядного устройства, а зажим *з* реле РУВ-Зар — к зажиму *з* зарядного устройства.

Следует иметь в виду, что при таком питании реле РУВ-Зар сигнал о возникновении утечки и срабатывании защиты будет подаваться кратковременно — до отключения магнитного пускателя.

При достаточно высоком сопротивлении изоляции по отношению к «земле» по оперативной цепи протекает ток, обусловленный наличием емкости сети. Поскольку емкость шахтных зарядных сетей в подавляющем большинстве случаев мала (не более 0,1 мкФ/фазу), величина оперативного тока также весьма мала и его влиянием можно пренебречь. Но в тех случаях, когда сеть имеет значительную емкость, может оказаться, что после срабатывания реле РУВ-Зар не возвращается в исходное состояние даже после ликвидации утечки, так как величина оперативного тока оказывается больше тока удержания реле. В подобных случаях питание реле РУВ-Зар допустимо с вывода автомата АФВ. Для этого зажимы *С1* и *С2* реле РУВ-Зар соединить перемычками с его зажимами *Л1* и *Л2*, а на освободившемся кабельном вводе реле

РУВ-Зар поставить заглушку для сохранения его взрывобезопасности;

6) перед пуском реле РУВ-Зар в эксплуатацию и в период эксплуатации необходимо проверить надежность заземления корпуса, надежность подсоединения заземляющих жил кабеля внутри отделения вводов, наличие уплотняющих резиновых прокладок на передней и задней крышках, наличие всех болтов и пружинных шайб для крепления крышек, зазор фланцевых соединений корпуса и крышек (не должен превышать 0,2 мм), наличие уплотнительных резиновых колец в кабельных вводах, затяжку гаек кабельных вводов (до упора) и наличие скоб, предохраняющих гайки от отвинчивания, исправность механической блокировки реле;

7) в начале каждой смены проверить исправность реле РУВ-Зар нажатием кнопки *SB* (см. рис. 5.43). При исправном реле РУВ-Зар должно произойти срабатывание автомата (пускателя) и отключение сети, которую контролирует реле РУВ-Зар. Сопротивление изоляции сети контролируется по килоомметру. При неисправном реле РУВ-Зар проводящий проверку должен немедленно сообщить об этом техническому руководителю шахты.

5.10.12. Реле контроля утечки РКУ-Зар и РКУ-Зар.1М

Реле РКУ-Зар и РКУ-Зар.1М предназначены для защиты от утечки тока на землю в смешанной электрической сети переменного трехфазного и постоянного токов зарядных устройств. Реле утечки изготовляются для встройки в зарядные устройства ЗУК-155/230М и ЗУК-75/120М.

Техническая характеристика реле РКУ-Зар.1М

Уровень взрывозащиты	РП *
Степень защиты по ГОСТ 14254—80	IP51
Номинальное напряжение (В) частотой 50 Гц:	
питания реле утечки	36
на конденсаторах фильтра	230 или 120
Уставки отключающих сопротивлений (кОм) при возникновении утечки на стороне выпрямленного тока и номинальном напряжении питания:	
основная	5
резервная	3
Уставки отключающих сопротивлений (кОм) при возникновении утечки на стороне переменного тока, номинальном напряжении питания и линейном напряжении на конденсаторах фильтра, В:	
230	$\geqslant 3$
120	$\geqslant 2{,}4$
Собственное время срабатывания реле утечки (с) при возникновении утечки 1000 Ом на стороне переменного тока	$\leqslant 0{,}1$

* Обеспечивается при условии коммутации выходными контактами реле утечки искробезопасных цепей.

Габаритные размеры, мм:

реле утечки	150×220×145
килоомметра	54×60×60
Масса, кг:	
реле утечки	5
килоомметра	0,2

Реле утечки заключено в пластмассовую оболочку, состоящую из корпуса и основания, соединенных четырьмя винтами, один из которых пломбируется. На основании установлена колодка для переключения уставок на 5 или 3 кОм. Килоомметр представляет собой прибор М2001/1—29 со шкалой, отградуированной в килоомах.

Реле РКУ—Зар.1М изготавливается взамен реле РКУ-Зар, которое отличается от реле РКУ-Зар.1М (рис. 5.45) следующим: в цепи конденсатора *С1* отсутствует резистор *R1*; в цепи конденсатора *С3* отсутствует резистор *R2*, в цепи конденсатора *С4* отсутствует резистор *R3*; между точками *4* и *5* отсутствует конденсатор *С5*.

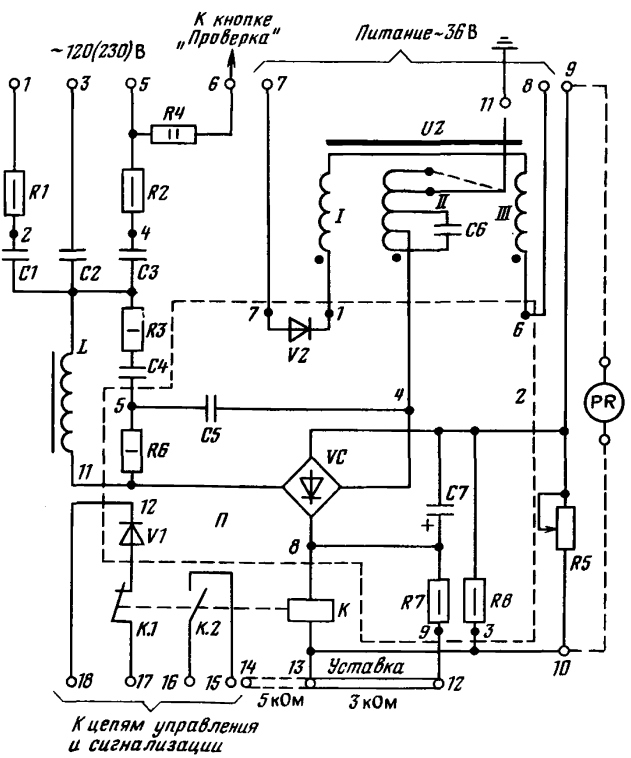


Рис. 5.45. Принципиальная электрическая схема реле РКУ-Зар 1М

При подаче напряжения 36 В на делитель частоты *UZ* и 120 (230) В на конденсаторы *C1—C3* фильтра оперативное напряжение частотой 25 Гц, получаемое от делителя частоты, прикладывается между землей и тремя фазами сети через выпрямительный мост *VC*, заграждающий контур *L*, *C4*, *R6* и фильтр *C1*, *C2*, *C3*.

При отсутствии в сети активных утечек и высоком сопротивлении изоляции по отношению к земле по оперативной цепи ток не протекает.

При снижении $R_{из}$ как на стороне переменного тока, так и на стороне выпрямленного тока зарядного устройства, ток, протекающий по оперативной цепи, возрастает и реле *K* срабатывает.

При возникновении однофазной утечки на стороне переменного тока по оперативной цепи, кроме тока частотой 25 Гц, будет протекать также ток, обусловленный напряжением сети 120 (230) В, частотой 50 Гц. Требуемую точность измерения $R_{из}$ сети настраивают с помощью резистора *R5* на заводе-изготовителе.

При срабатывании реле *K* размыкаются контакты *K.1* и замыкаются контакты *K. 2*. Первый воздействует на промежуточное реле магнитного пускателя, который отключает зарядное устройство, второй замыкает цепь питания сигнального устройства.

При РНИ реле РКУ-Зар дополнительно к изложенному в разд. 5.10.2 и 5.10.3 необходимо руководствоваться следующим:

1) для проверки исправности реле утечки и целости цепи заземления предназначен резистор *R4*, через который при нажатии расположенной на лицевой панели зарядного устройства кнопки «Проверка» фаза *C* соединяется с добавочным заземлителем;

2) не допускается коммутировать выходными контактами реле искроопасные цепи;

3) перед отсоединением реле утечки выключить разъединитель пускателя зарядного устройства;

4) при выборе уставок отключающих сопротивлений по утечке на стороне выпрямленного тока рекомендуется, как правило, принимать основную уставку 5 кОм (переключающая колодка устанавливается на зажимы *13*, *14*) для всех типов аккумуляторных батарей. Переключение на резервную уставку 3 кОм (переключающая колодка устанавливается на зажимы *12*, *13*) допускается производить временно после профилактики или ремонта аккумуляторных батарей. Завод выпускает реле утечки с уставкой 5 кОм;

5) проверку исправности реле утечки производить в следующем порядке:

а) подать напряжение питания 36 В на реле утечки;

б) определить по килоомметру *PR* величину $R_{из}$;

в) нажать кнопку «Проверка» (должна загореться сигнальная лампа);

г) отпустить кнопку «Проверка» (должна погаснуть сигнальная лампа); если после отпускания кнопки «Проверка» сигнальная лампа не гаснет, то необходимо найти причину;

д) подать напряжение на зарядное устройство;

е) проверить исправность системы отключения (реле утечки совместно с магнитным пускателем зарядного устройства). При нажатой кнопке «Проверка» должно отключиться напряжение питания зарядного устройства.

5.10.13. Аппарат защитного отключения АЗО-6

Аппарат общесетевой защиты от утечек тока АЗО-6 предназначен для осуществления совместно с высоковольтной ячейкой защитного отключения при появлении одно-, двух- и трехфазной утечки тока на землю и непрерывного контроля сопротивления изоляции в обособленных кабельных сетях 3 и 6 кВ на шахтах, опасных по газу или пыли. Его можно применять также в кабельных сетях, питающихся через разделительные трансформаторы 6/3 и 6/6 кВ, а также от отдельных оболочек трансформаторов 35/6-6 или 110/6-6 кВ при суммарной емкости сети от 0,1 до 2,0 мкФ/фазу и емкости отдельных отходящих линий до 1,0 мкФ/фазу.

Техническая характеристика аппарата АЗО-6

Исполнение	РВ; ЗВ
Номинальная потребляемая мощность, В·А	$\leqslant$50
Номинальное напряжение питания, В	100
Номинальное напряжение защищаемой сети, кВ	3; 6
Суммарная емкость сети, мкФ/фазу	0,1—2,0
Емкость отходящей линии, мкФ/фазу	$\leqslant$1,0
Длина отходящей линии, км	$\leqslant$3,0
Параметры срабатывания:	
ток утечки, мА	$\leqslant$30
отключающее сопротивление одно-, двух- и трехфазной утечки для напряжения сети 3 кВ, кОм	60; 120; 180
собственное время срабатывания при сопротивлении однофазной утечки 1 кОм и менее, с	0,06 *
Габаритные размеры, мм	680×660×810
Масса, кг	216

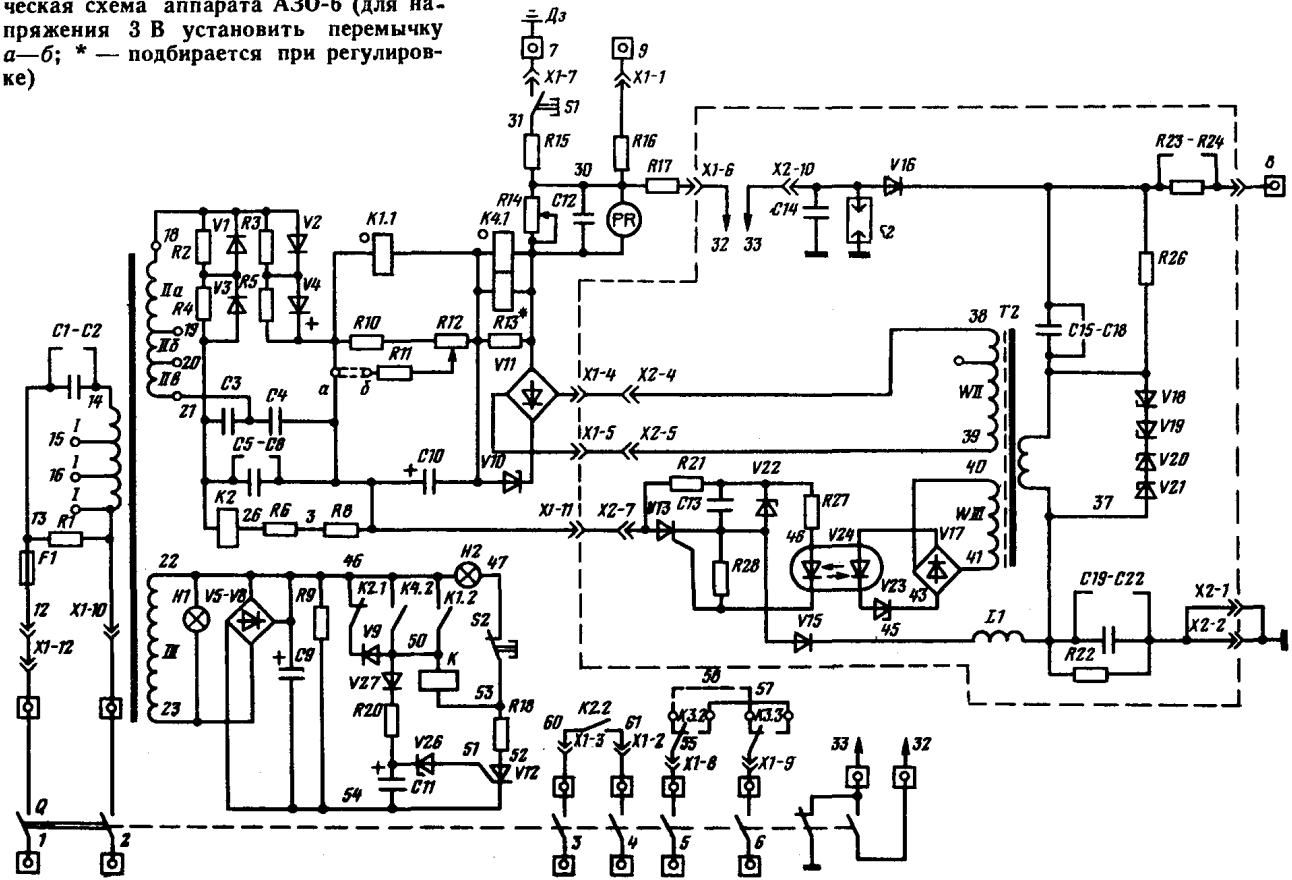
* При сопротивлении утечки, равном сопротивлению срабатывания, время не нормируется.

Аппарат АЗО-6 основан на принципе наложения постоянного оперативного тока на рабочую сеть и контроля его величины в цепи «три фазы — земля», а также контроля составляющей тока утечки, обусловленной соединением нейтрали силового трансформатора с аппаратом защиты.

Конструктивно аппарат представляет собой взрывобезопасную оболочку, в которой заключены два выемных блока: блок фильтра присоединения и релейный блок.

Электрическая схема аппарата АЗО-6 (рис. 5.46) содержит следующие функциональные узлы: источник оперативного (выпрямленного) тока, питающий переменным током 100 В; вспомогательный источник выпрямленного напряжения; узел измерительных

Рис. 5.46. Принципиальная электрическая схема аппарата АЗО-6 (для напряжения 3 В установить перемычку *а—б*; * — подбирается при регулировке)



реле; узел промежуточного реле и сигнализации; узел форсировки заряда емкости включаемой линии отходящего присоединения; фильтр присоединения.

При коммутациях линий срабатывает узел формировки, вызывая ускоренный заряд емкости линий и препятствуя протеканию оперативного тока на заряд линии через обмотки измерительных реле *K*, *K1.1*, *K2*, *K4.1*.

При снижении $R_{из}$ до значения, равного или меньшего сопротивлению срабатывания (120 кОм), оперативный ток, проходящий через обмотку чувствительного реле *K4*, вызывает его срабатывание с ненормируемым временем.

При металлических, дуговых или замыканиях через активное сопротивление 1 кОм и менее нормированное время срабатывания обеспечивается за счет форсированного срабатывания реле *K1* при протекании через его обмотки выпрямленного тока со вторичной обмотки трансформатора фильтра присоединения.

Посредством контактов реле *K1* и *K4* осуществляется включение световой сигнализации утечки и промежуточного реле *K3*, являющегося выходным реле аппарата. Лампа световой сигнализации остается включенной, пока сигнал не будет снят вручную (квитирован) с помощью кнопки *SB2*.

Схемное решение аппарата позволяет осуществить постоянный самоконтроль (на реле *K2*), обеспечивающий срабатывание выходного реле *K3* при повреждении источника оперативного тока или цепи питания.

При ТО и РНИ аппарата АЗО-6 необходимо руководствоваться указаниями, изложенными в разд. 3, 5.10.2 и 5.10.3, и эксплуатационной документацией, прилагаемой к аппарату АЗО-6.

В период эксплуатации аппарата АЗО-6 необходимо ежесменно проверять его исправность с помощью кнопки *SB1*. При ее нажатии цепь оперативного тока замыкается на «землю» и *Дз* через резистор на 100 кОм. При этом проверяются срабатывание аппарата и показания индикатора, проградуированного в килоомах или обеспечивающего визуально контроль сопротивления изоляции сети.

6. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НА НАПРЯЖЕНИЕ ДО 1140 В

6.1. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ АППАРАТОВ

Аппараты на напряжение до 1140 В по рабочему режиму должны удовлетворять следующим требованиям:

$$U_{ном} \geqslant U_c; \quad I_{ном} \geqslant I_р, \tag{6.1}$$

где $U_{ном}$, U_c — соответственно номинальное напряжение аппарата и сети, В; $I_{ном}$ — номинальный ток аппарата, А; $I_р$ — рабочий ток нагрузки (А) без учета кратковременных перегрузок.

Пускатели для одиночного электродвигателя с короткозамкнутым ротором, работающего в длительном режиме, рекомендуется выбирать по одному из вариантов:

1) при $\eta_д \cos \varphi_д \geqslant 0{,}75$ и $K_{пуск} < 8$ пускатель выбирают по допустимой мощности двигателя

$$P_{max} \geqslant P_д; \tag{6.2}$$

$\eta_д$, $\cos \varphi_д$ — номинальный КПД и коэффициент мощности двигателя по паспорту или каталогу; $K_{пуск}$ — кратность пускового тока двигателя (по паспорту или каталогу); P_{max} — наибольшая мощность двигателя, допустимая для данного пускателя (из технической характеристики); $P_д$ — мощность двигателя;

2) при $\eta_д \cos \varphi_д < 0{,}75$ и $K_{пуск} < 8$

$$P_{max} \geqslant P_д 0{,}75/\eta_д \cos \varphi_д; \tag{6.3}$$

при $K_{пуск} > 8$

$$P_{max} \geqslant P_д K_{пуск}/8. \tag{6.4}$$

Пускатели для электродвигателей с короткозамкнутым ротором, работающих в повторно-кратковременном режиме, следует выбирать исходя из тех же условий, что и для длительного режима, но с дополнительным коэффициентом (1,1—1,2), учитывающим тяжелые условия его работы.

Пускатели для электродвигателей с фазным ротором, трансформаторов и осветительных приборов нужно выбирать по номинальному току защищаемого аппарата, т. е. по условию (6.1).

Автоматические фидерные выключатели и магнитные пускатели, используемые как общие (групповые), по номинальному току должны отвечать требованию

$$I_{ном} \geqslant K_c \sum I_{ном}, \tag{6.5}$$

где K_c — коэффициент спроса; $\sum I_{ном}$ — сумма номинальных токов всех установленных токоприемников, А.

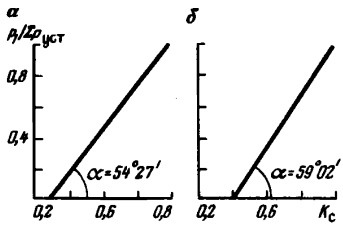


Рис. 6.1. Зависимость коэффициента спроса K_c от отношения $P_1/P_{уст}$ для группы токоприемников без блокировки (*а*) и с автоматической блокировкой (*б*) очередности пуска

Коэффициент спроса следует определять по одному из вариантов:

1) для участков очистных и подготовительных работ с индивидуальным креплением и без электрической блокировки очередности пуска двигателей

$$K_c = 0{,}286 + 0{,}714\frac{P_1}{\sum P_{уст}}; \qquad (6.6)$$

2) для комплексов с механизированной крепью и автоматической электрической блокировкой очередности пуска электродвигателей:

$$K_c = 0{,}4 + 0{,}6\frac{P_1}{\sum P_{уст}}, \qquad (6.7)$$

где P_1 — установленная мощность наиболее мощного электродвигателя в группе, кВт; $\sum P_{уст}$ — суммарная установленная мощность всех потребителей в группе, кВт.

Графическая зависимость K_c от отношения $P_1/\sum P_{уст}$ для обеих групп потребителей показана на рис. 6.1.

Аппараты, выбранные по условиям рабочего режима, должны быть проверены по надежности отключения ими максимальных токов к. з. сети в месте установки согласно инструкции по определению токов короткого замыкания, выбору и проверке уставок максимальной токовой защиты в сетях напряжением до 1140 В к § 438 ПБ.

В аппаратах, в которых защита осуществляется предохранителями, условию (6.1) должны отвечать патроны предохранителей.

6.2. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО РНИ КОНТАКТОРНО-РЕЛЕЙНОЙ АППАРАТУРЫ

РУ подземных электроустановок напряжением до 1140 В комплектуют из коммутирующих устройств, состоящих из контакторно-релейной аппаратуры (КРА) — контакторов и реле постоянного и переменного тока.

В подземных условиях обычно применяют КРА, встраиваемую в рудничные автоматические выключатели, магнитные пускатели и другие аппараты, имеющие конструктивные и другие особенности, от которых зависят объем и методы их ревизии и наладки.

Объем работ при пусковой и периодической РНИ имеет некоторые различия и в каждом конкретном случае определяется в зависимости от конструкции, состояния аппаратов, местных условий и требований, предъявляемых к данному виду КРА. Если при пусковых РНИ новых аппаратов объем работ в значительной степени сводится к проверке монтажа аппарата, соответствия его характеристик заводским параметрам, то при периодических РНИ основное внимание уделяется оценке общего состояния аппарата, износа контактов и подвижных связей, проверке и регулировке КРА в соответствии с требованиями технологии производства.

Несмотря на указанные различия, для всех видов КРА можно руководствоваться общей программой работ, объем и методика которых приведены ниже (особенности РНИ конкретных типов КРА изложены отдельно в соответствующих разделах Руководства).

В программу РНИ всех видов КРА в полном объеме входят:

а) осмотр, проверка и наладка электромагнитной системы;

б) осмотр, проверка, наладка контактной системы и дугогасительных устройств;

в) измерение сопротивления изоляции;

г) измерение электрических и временны́х параметров срабатывания;

д) проверка работы в схеме.

Допустимые сокращения по всем вышеуказанным пунктам программы РНИ оговорены ниже.

В зависимости от общего состояния КРА, результатов предварительных измерений, условий и требований эксплуатации проверка производится без разборки, с частичной или полной разборкой.

Частичную разборку КРА производят при заеданиях, неравномерности хода, вялом и нечетком возврате подвижных частей, а также при замене поврежденных или изношенных деталей.

Полная разборка КРА необходима в случае общего сильного загрязнения, наличия внутри следов влаги и ржавчины или при механических повреждениях. Проверку КРА с полной разборкой разрешается производить в лабораторных условиях силами персонала высокой квалификации. После проверки КРА в лаборатории обязательна проверка работы на месте установки.

6.2.1. Электромагнитные системы КРА

Путем внешнего осмотра проверяют надежность крепления всех деталей магнитной системы, исправность опорных призм или подшипников, пружин, отсутствие перекосов, легкость и плавность хода подвижной системы включением аппарата от руки.

Для новых и вводимых после капитального ремонта КРА удаляют смазку с рабочих поверхностей электромагнита.

От пыли КРА очищают мягкими кистями. Металлические опилки и стружки на магнитопроводе, якоре и в зазорах между якорем и сердечником, полюсными наконечниками и диском удаляют металлическими пластинками. Допускается чистка деталей КРА и контактов кистью, смоченной в этиловом спирте, с последующим тщательным проветриванием корпуса. Растворители (бензин, ацетон, дихлорэтан, скипидар, нашатырный спирт) применять для промывки контактов не допускается из-за образования на контактах плохо проводящей пленки.

Удалять ржавчину с деталей с антикоррозионным покрытием абразивными материалами, напильниками и другими средствами запрещается.

При необходимости проверяют плотность прилегания якоря к ярму. Для этого между ними прокладывают листок копировальной и листок тонкой белой бумаги и контактор (реле) замыкают вручную. По отпечатку, полученному на белой бумаге, судят о площади соприкосновения. Если обе половины магнитной системы соприкасаются только частью (<60 % соприкасающихся поверхностей), то якорь нуждается в подгонке, которую выполняют шабрением.

Смещение кромок полюсов якоря и сердечника контакторов переменного тока относительно друг друга допускается в пределах 1—2 мм, осевой люфт вала в подшипниках должен быть <0,3 мм.

Для Ш-образных шихтованных магнитопроводов из электротехнической стали у контакторов поворотного типа следует обращать внимание на наличие невыключаемого воздушного зазора между средними его выступами, величина которого в зависимости от типоразмера контактора составляет 0,3—0,5 мм. У магнитопроводов из стали ХВП необходимости в неотключаемом воздушном зазоре нет.

Для некоторых типов реле следует проверить наличие и соответствие заводским или эксплуатационным нормам начального и конечного зазора между якорем и сердечником. Величины зазоров проверяют на глаз. При неудовлетворительных параметрах срабатывания и возврата проверку и регулировку зазоров производят посредством щупов.

Для реле необходимо, очистив кожух от пыли и грязи, проверить наличие пломб, целость кожуха и стекла, плотность прилегания стекла к кожуху и цоколю; наличие и качество уплотнений; надежность крепления реле к панели, состояние амортизирующих прокладок (если они предусмотрены), исправность механического указателя срабатывания, плотность прилегания крышки реле к корпусу.

Проверку и регулировку механической части и контактов реле выполняют в зависимости от типа реле и конкретных условий его применения: на месте установки либо в лаборатории. Цель проверки — установить:

правильность сборки подвижных систем, свободу их перемещения в требуемых пределах (легкость и равномерность хода механизма, отсутствие застреваний и затираний, четкость возврата из любого промежуточного положения в исходное);

наличие и надежность упоров, целость, правильность установки и надежность крепления пружин (возвратных, ведущих, противодействующих и др.);

правильность установки механических передач, возможность свободного хода шестерен, червячных пар и достаточность глубины зацепления;

правильность установки и четкость работы храповых механизмов, анкерных и центробежных регуляторов;

отсутствие искривлений осей, наличие необходимого продольного люфта, целость и правильность установки подшипников и подпятников, правильность заточки осей.

При неудовлетворительных параметрах срабатывания и возврата (затирание, заедание) реле частично следует разобрать и осмотреть оси и подпятники через лупу пяти-шестикратного увеличения. Перед осмотром оси и подпятники (подшипники) тщательно очистить, промыть очищенным бензином и просушить (вытирать не рекомендуется). Для чистки подпятников применять заостренную палочку из твердых лиственных (несмолистых) пород. Рабочие поверхности осей, цапф и подпятников не должны иметь царапин, раковин, следов ржавчины и заусенцев. Дефектные детали заменить новыми. Не допускается применение смазки, так как ее вязкость изменяется в зависимости от окружающей температуры, она впитывает пыль и густеет настолько, что может вызвать отказ в работе.

Короткозамкнутый успокоительный виток (при его наличии) должен быть изготовлен сплошным (или на сварке) и плотно зажат в пазах. Пайка витка не допускается. Крепление витка производят подгибанием специальных пластин, забиванием узких клиньев в паз или накернованием края паза. Замена материала короткозамкнутого витка, изменение сечения или средней длины его недопустимы. Нормальная температура нагрева витка около 200 °С.

Электрическая катушка должна быть плотно закреплена, не должна препятствовать свободному движению якоря при включении и отключении. Катушку с высохшей, потрескавшейся и осыпавшейся изоляцией необходимо заменить.

Особое внимание следует обращать на отсутствие сколов, трещин, оплавлений, следов перекрытия на изолирующих деталях реле (цоколях, колодках, рамах, мостиках и т. д.), на повреждение изоляции обмоток. Проверить состояние изоляции внутренних соединительных проводов.

Осмотром и легким подергиванием проверить прочность паек. Ненадежные и окислившиеся соединения перепаять в мастерской на поверхности, причем быстро (в течение 2—3 с) хорошо разогре-

тым паяльником с применением легкоплавких припоев. В качестве флюса при пайке использовать канифоль (в сухом виде или растворенную в этиловом спирте). Соединяемые детали должны быть тщательно подготовлены. Выводы контактных пластин с внешними проводами, присоединенными пайкой, должны быть защищены полихлорвиниловыми трубками на длину 20—30 мм. Не должно быть механического натяжения проводов на контактных соединениях. Проверить затяжку винтов и гаек, крепящих детали реле и выводы. Для этого рекомендуется применять торцовые ключи. Винты, крепящие выводы внутри реле к втулке, и шпильки (винты) для присоединения внешних проводов не должны соприкасаться, между ними должен быть зазор 2—3 шага резьбы.

6.2.2. Контактные системы и дугогасительные устройства КРА

В программу РНИ контактных систем КРА в полном объеме входят:

а) проверка контактных поверхностей. Контакты должны быть сухими, смазка их поверхностей во время работы не допускается. Контакты контакторов зачищают мелкой стеклянной бумагой или бархатным напильником.

Слегка оплавленные или окислившиеся контакты из мягких металлов и сплавов (серебряные) зачищают острым лезвием ножа. Твердые металлокерамические контакты зачищают мелким надфилем. Нельзя чистить контакты мелом, крокусом или наждачным полотном. После чистки и промывки контакты должны быть отполированы воронилом (чистоделом) или замшей, наклеенной на деревянную несмолистую палочку. После полировки не рекомендуется касаться пальцами рабочих поверхностей контактов. При зачистке следует сохранять первоначальную форму рабочей поверхности контактов (профиль, радиус закругления) и стараться снять возможно меньший слой, удаляя только капли и наплывы до выравнивания поверхности, а не до выведения раковин.

Замену медных силовых контактов необходимо производить после уменьшения их первоначальной толщины на 50 %. Силовые контакты с накладками заменяют после уменьшения толщины накладки на 80—90 % первоначальной. Установив новые контакты, необходимо отрегулировать их положение так, чтобы соприкасание было по линии с суммарной длиной не менее 75 % ширины подвижного контакта; смещение контакта по ширине при этом не должно превышать 1 мм;

б) измерение и регулировка растворов и провалов контактов. У контакторов измерения производят линейкой, штангенциркулем или пластинкой. Одна сторона пластинки, равная минимальному раствору, должна проходить между контактами, а вторая, равная максимально допустимому раствору, — не должна.

Поскольку провал замерить практически невозможно, замеряют зазор, контролирующий провал, т. е. зазор, образующийся

между кронштейном и подвижным контактом при замкнутом положении контактов. По мере износа контактов провал и, следовательно, конечное нажатие уменьшаются, что может привести к перегреву контакта. Когда зазор уменьшится вдвое, контакт следует сменить.

Регулировку растворов и провалов контактов производят в зависимости от конструкции контактной системы контакторов согласно рекомендациям заводов-изготовителей.

У электромагнитных реле измеряют величины зазоров между контактами в крайних положениях якоря, совместный ход и прогиб контактов, взаимную центровку и правильность касания (или скольжения) рабочих поверхностей контактов. Способы измерения и регулировки зависят от конструкции реле;

в) проверка одновременности замыкания силовых контактов контакторов. Неодновременность замыкания контактов контакторов можно определить как разность наибольшего и наименьшего провалов отдельных полюсов. Допустимая неодновременность замыкания в каждом конкретном случае определяется заводской инструкцией по эксплуатации. У электромагнитных реле необходимо проверить, не имеют ли одновременно замкнутого положения замыкающие и размыкающие контакты (кроме контактов с безобрывным переключением, для которых непрерывно замкнутое положение обязательно);

г) измерение и регулировка начального и конечного нажатий контактов. У контакторов необходимо наметить линию соприкосновения контактов, разомкнуть контакты (открыть якорь) и проложить полоску бумаги между подвижным контактом и кронштейном. Наложить на линию соприкосновения петлю из киперной ленты и зацепить ее крюком динамометра. Оттянуть динамометр в направлении, перпендикулярном к плоскости касания контактов, до тех пор, пока контакт не поднимется настолько, чтобы бумагу можно было передвигать. Показания динамометра в этот момент дают величину начального нажатия.

Для проверки конечного нажатия следует произвести полное включение КРА (включить катушку); зажать между контактами полоску бумаги, надеть на подвижный контакт петлю из киперной ленты. Оттянуть петлю крюком динамометра в направлении, перпендикулярном к плоскости касания контактов, до тех пор, пока контакты не разойдутся настолько, чтобы бумагу можно было передвигать. Динамометр при этом покажет величину конечного нажатия.

Начальное и конечное нажатие контактов регулируют по наибольшим значениям, чтобы после износа контактов его не снижать ниже допустимых значений. Регулировку нажатий производят в зависимости от конструкций контактной системы КРА согласно рекомендациям заводов-изготовителей.

д) ревизия дугогасительных устройств. Снять дугогасительные камеры, проверить целость асбоцементных частей, комплект-

ность и правильность установки в пазах деионных решеток. При повреждении асбоцементных частей камеру следует заменить, отсыревшие камеры высушить. В случае необходимости перебрать деионные решетки или заменить камеру. Камеру изнутри очистить от нагара. Если камера крепится с помощью конических гаек, то проверить их наличие. Поджать гайки и шпильки, стягивающие стенки камер;

е) измерение сопротивления изоляции КРА. Выполняют в соответствии с указаниями, изложенными в разд. 2 настоящего Руководства. Величина сопротивления изоляции КРА должна соответствовать заводским требованиям.

6.2.3. Снятие электрических и временны́х характеристик КРА

Параметры, которые необходимо замерить у данного типа КРА, определяются в основном их функциями в электрической схеме. Методы измерения электрических и временных параметров приведены в разд. 2 настоящего Руководства, а характерные особенности их измерения для конкретных типов КРА — при их описании. Ниже изложены только общие указания и рекомендации по проверке параметров КРА.

При периодических или внеочередных наладках КРА в зависимости от местных условий проверяют либо напряжение (ток) срабатывания каждого реле (контактора), либо взаимодействие реле (контактора) в полностью собранной схеме.

Для КРА постоянного тока напряжение срабатывания не должно превышать 70—80 % номинального напряжения реле (контактора), указанного в паспорте.

Чрезмерное снижение напряжения (тока) срабатывания нежелательно из-за ухудшающихся при этом условий работы контактов и увеличивающейся вероятности ложного срабатывания от толчков и сотрясаний. Оптимальное значение напряжения срабатывания 60—70 % номинального.

Напряжение (ток) возврата, как и срабатывания, характеризует исправность КРА и правильность его регулировки. Для большинства видов КРА (контакторов, промежуточных и указательных реле) напряжение (ток) возврата обычно не нормируется. Основное требование для них — четкий возврат при полном снятии напряжения. Однако при напряжении возврата более 60 % номинального вероятность ложного отключения при кратковременных глубоких посадках напряжения повышается, а при чрезмерном снижении напряжения (тока) возврата (ниже 20—30 % от их номинальных значений) теряется четкость возврата и ухудшаются условия работы контактов.

Проверку КРА необходимо выполнять, плавно регулируя напряжение (ток). Начальное напряжение (ток), включаемое толчком, должно быть не более 30—40 % номинального значения

измеряемой величины. Скорость изменения напряжения (тока) при регулировании вблизи рабочей точки не должна превышать 2—3 % в секунду (от номинальной величины), чтобы достигалась необходимая точность отсчета показаний по измерительным приборам. Кроме того, при плавном и медленном изменении напряжения (тока) все дефекты КРА выявляются наиболее полно.

Сопротивление обмоток КРА постоянному току измеряют только в целях выявления причины их неудовлетворительной работы одним из методов, приведенных в разд. 2.

Обмотка КРА считается исправной, если измеренное сопротивление отличается от заводских данных не более чем на ± 10; 7 и 5 % при диаметре провода соответственно до 0,16; до 0,25 и более 0,25 мм.

У КРА с несколькими обмотками при новом включении определяют однополярные выводы. Сначала измеряют напряжение (ток) срабатывания каждой обмотки при разомкнутых остальных. Затем на одну из обмоток подают напряжение (ток) несколько меньше измеренного значения срабатывания и в этом положении определяют напряжение (ток) срабатывания остальных обмоток. Если новое значение напряжения (тока) срабатывания проверяемой обмотки меньше, чем при первом измерении, значит, однополярные выводы обмоток соединены с одноименными полюсами источника тока.

При проверке взаимодействия КРА имитируют различные режимы работы (замыканием и размыканием от руки контактов реле в определенных комбинациях в соответствии с принципиальными схемами) в целях проверки правильности выполнения схемы, отсутствия обрывов и обходных цепей, правильной последовательности работы реле в соответствии с принципиальными схемами, надежности замыкания контактов и выпадания указателей срабатывания реле, правильности выбора параметров реле, дополнительных сопротивлений, диодов, конденсаторов и пр.

После проверки взаимодействия КРА никакие дополнительные регулировки КРА и пересоединения в схеме не допускаются. Еще раз тщательно осматривают все элементы схемы, проверяют затяжку гаек и винтов, реле закрывают кожухом, функциональные реле и ответственные узлы схемы пломбируют.

При регулировке электромагнитных реле и контакторов необходимо учитывать следующее:

изменение начального зазора между якорем и сердечником влияет на величину напряжения срабатывания и замедления на включение. При его увеличении напряжение срабатывания и замедление на включение увеличиваются;

от изменения конечного зазора между якорем и сердечником (толщина пластины отлипания) зависят значения напряжения возврата и замедления на возврат: с его увеличением коэффициент возврата увеличивается, а замедление на возврат уменьшается; чрезмерное увеличение вызывает сильную вибрацию контактов;

слишком малый конечный зазор может явиться причиной прилипания якоря к сердечнику;

при ослаблении возвратной пружины уменьшаются значения напряжения срабатывания и возврата, коэффициент возврата и время замедления на включение; увеличивается время возврата, но ухудшаются условия работы контактов; при чрезмерном ослаблении пружины возврат реле становится нечетким, вследствие чего усиливается подгорание и возможно сваривание контактов;

увеличение давления контактных пружин замыкающих контактов увеличивает напряжение возврата, улучшает четкость и коэффициент возврата, уменьшает время возврата; при ослаблении давления и уменьшении числа замыкающих контактов напряжение и коэффициент возврата уменьшаются, а время замедления на возврат увеличивается;

рост давления пружин размыкающих контактов увеличивает время и напряжение срабатывания, а уменьшение числа размыкающих контактов и ослабление давления их пружин сокращают время и напряжение срабатывания; чрезмерное ослабление давления снижает надежность работы размыкающих контактов;

уменьшение хода якоря ведет к уменьшению зазоров между разомкнутыми контактами, вследствие чего ухудшаются условия разрыва дуги на контактах;

для реле, у которых замедление осуществляется с помощью медных шайб на сердечнике, время срабатывания регулируют изменением числа медных шайб (при увеличении числа шайб время замедления на срабатывание и возврат увеличивается); для максимального времени срабатывания шайбы должны быть поставлены ближе к якорю, а для максимального замедления на возврат — ближе к якорю ставится катушка реле.

Для повышения надежности работы контактов рекомендуется устанавливать максимальные значения хода якоря, усилия возвратных пружин, давления и прогиба контактов.

6.2.4. Особенности РНИ электромагнитных реле

Электромагнитные реле по своему функциональному признаку разделяются на реле защиты, времени, промежуточные и указательные. Общий объем РНИ и требования, предъявляемые к ним, изложены выше. Реле защиты описаны в разд. 5, указательные (электромагнитные) реле в рудничной аппаратуре не применяются.

Ниже изложены только особенности РНИ наиболее часто применяемых в рудничном электрооборудовании типов электромагнитных промежуточных реле и реле времени.

Промежуточные реле. Реле РПУ-1 и РПУ-2 должны иметь следующие характеристики:

а) якорь реле должен иметь небольшой осевой люфт (для

РПУ-2 0,05—0,7 мм). Положение якоря регулируют перемещением скобы при отпущенных винтах крепления;

б) ход якоря под упором якоря должен быть в пределах 3,6—3,8 мм (для РПУ-1) и 2,5—2,7 мм (для РПУ-2); ход якоря регулируют перемещением упора якоря;

в) межконтактный зазор замыкающих и размыкающих контактов должен быть не менее 1,8 мм (для РПУ-1);

г) провал размыкающих и замыкающих контактов должен быть не менее 1,2 мм (для РПУ-1) и не менее 0,8 мм (для РПУ-2), для переключающих контактов — не менее 0,6 мм (для РПУ-2), при этом между неподвижными контактными и упорными пластинками должен быть зазор не менее 0,6 мм. В разомкнутом положении контактов упорные пластины должны касаться контактных пластин;

д) контакты каждой контактной пары должны замыкаться по центру с допустимым отклонением от соосности не более 0,5 мм. Контактные и упорные пластины не должны касаться вертикальных поверхностей траверсы;

е) при отпущенном якоре между подвижными контактными пластинами замыкающих контактов и полочкой траверсы должен быть зазор 0,4—0,7 мм (для РПУ-1);

ж) шлифованные поверхности якоря и сердечника реле переменного тока должны плотно прилегать друг к другу; якорь реле постоянного тока должен плотно прилегать к полочкам скобы магнитопровода, при этом между якорем и сердечником должен быть зазор до 0,4 мм (для РПУ-1) и 0,3—0,8 мм (для РПУ-2);

з) немагнитная прокладка должна прилегать к якорю без видимого выпучивания; в притянутом положении якоря она должна плотно опираться на переднюю часть выступа сердечника;

и) при отсутствии немагнитной прокладки якорь в притянутом положении должен опираться на передний выступ сердечника, не касаясь заднего, с видимым зазором не более 0,12 мм для реле переменного тока. При этом между якорем и полочкой скобы магнитопровода (с задней стороны реле) должен быть зазор не более 0,15 мм.

Регулирование контактов следует производить подгибанием контактных и упорных пластин у места их выхода из изоляционных колодок.

Реле серии РП-250 (251-256). Свободный, без затираний ход траверсы должен быть 3,5—4 мм. Перекос и затирание устраняют за счет люфтов крепящих колодок. Зазор между контактами регулируют перемещением неподвижных контактных угольников при отпущенных винтах и дополнительно — незначительным подгибанием этих угольников. Для регулировки тока срабатывания пользуются специальным винтом с контргайкой на скобе. Время замедления регулируют изменением числа медных шайб. Особое внимание следует обратить на то, не происходит ли затирание

подвижной траверсы в направляющих пазах колодок неподвижных контактов.

Реле ПЭ-21 и МКУ-48. Начальный зазор между якорем и сердечником регулируют перемещением упора, в который входит выступ якоря. Конечный зазор не регулируют, он определяется толщиной медного упора. Некоторое изменение напряжения срабатывания можно получить, изменив усилие возвратной пружины. Отдельные контакты регулируют изгибанием упоров у закрепленного конца. При этом контактные и упорные пластины не должны касаться боковых стенок фигурной рамки.

Реле РПН. В притянутом положении якорь должен устанавливаться параллельно сердечнику. Зазор между ними определяется толщиной пластины отлипания. В месте крепления якоря к сердечнику зазор должен быть равен нулю. Поперечный (осевой) люфт регулируют изменением положения направляющего угольника. Начальный зазор регулируют по контактной группе, требующей наибольшего хода якоря, изгибанием ограничивающего выступа мостика. При отпущенном якоре рабочие лапки контактных пружин не должны касаться изоляционной планки мостика (зазор 0,1—0,2 мм устанавливают перемещением изоляционной планки).

Реле РКН. Якорь должен плотно прижиматься пружиной к ножевому выступу ярма. Ход якоря регулируют изгибанием его в нужную сторону, зазор между упорами контактных пластин и изоляционной планкой на якоре при отпущенном реле должен быть 0,1—0,2 мм. Нужное давление в контактах устанавливают изгибанием контактных пружин у закрепленного конца.

Реле времени. Наиболее часто в рудничной аппаратуре используется электромагнитное реле времени РВ-142. При его РНИ необходимо учитывать следующие особенности:

а) потребляемая мощность реле — 30 Вт;

б) при притянутом якоре и замкнутых на максимальной установке контактах между якорем и заводным рычагом часового механизма должен быть зазор 0,5—1 мм;

в) касание подвижного мгновенного контакта должно быть примерно по центру неподвижного контакта. Зазор между мгновенными контактами должен быть $\geqslant$2,5 мм. Регулируют зазор подгибанием неподвижных контактных пластинок;

г) прогиб пластинки переключающего мгновенного контакта должен быть таким, чтобы после замыкания замыкающего контакта якорь проходил еще 0,8—1,2 мм (это соответствует контактному нажатию 0,12—0,18 Н);

д) провал неподвижных контактов, замыкающих с выдержкой времени, должен быть на любой уставке $\geqslant$0,4 мм. Подвижный контактный мостик должен замыкать оба неподвижных контакта одновременно и не должен касаться контактных пружин;

е) напряжение срабатывания реле должно соответствовать техническим данным;

Таблица 6.1

Функциональные параметры реле времени серии РВ-100

Диапазон уставок, с	Разброс времени срабатывания, с	Отклонение от уставки, с		Время проскальзывания, с
		минимальной	максимальной	
0,1—1,3	0,06	±0,05	±0,15	0,05—0,12
0,25—3,5	0,12	±0,1	±0,4	0,1—0,4
0,5—9	0,25	±0,2	±0,85	0,25—0,7
1—20	0,8	±0,2	±1,5	0,6—1,6

ж) шкалу реле на минимальной и максимальной отметках, а также на рабочей уставке проверяют по схеме (см. рис. 2.11, *а*). Результаты проверки должны соответствовать данным табл. 6.1. Разброс времени срабатывания проверяют на максимальной отметке шкалы. При проверке шкалы реле может наблюдаться следующее:

время на максимальной уставке выходит за плюсовой допуск. Для устранения этого шкалу устанавливают так, чтобы на наименьшей уставке выдержка времени соответствовала минусовому допуску отклонения (см. табл. 6.1);

время на максимальной уставке выходит за минусовой допуск. Для устранения этого шкалу устанавливают так, чтобы на наименьшей уставке выдержка времени соответствовала плюсовому допуску (см. табл. 6.1);

з) при проверке времени срабатывания проскальзывающего контакта можно использовать схему (см. рис. 2.11, *д*). Продолжительность замкнутого состояния проскальзывающего контакта регулируется изменением провала неподвижных контактов. Этот параметр должен соответствовать данным табл. 6.1.

6.3. РУДНИЧНЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ ФИДЕРНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Рудничные автоматические фидерные выключатели (автоматы) предназначены для применения в трехфазных сетях с изолированной нейтралью трансформатора угольных и сланцевых шахт, в том числе опасных по газу или пыли.

Кроме оперативных включений и отключений подземных электрических установок выключатели обеспечивают ряд функций (табл. 6.2), в том числе защиту от токов к. з. Режим работы выключателей — продолжительный. По характерным особенностям систем управления рудничные автоматические выключатели могут иметь следующие исполнения: с ручным управлением, с дистанционным отключением, с ручным управлением и дистанционным отключением, с дистанционным управлением быстродействующие.

Таблица 6.2

Функции, обеспечиваемые электрическими схемами выключателей серий АФВ, АВ, АБВ

Наименование функций	Типы выключателей								
	АФВ-1А, АФВ-2А, АФВ-3	АФВД-2БК	АВ-315Р	АВ-200ДО	АВ-320ДО	АВ-320ДО2	АВ-400ДО	АВ-400ДО2	АБВ-250
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ручное управление (В—0)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Дистанционное отключение (аварийное)	—	X	—	X	X	X	X	X	X
Защита от токов к. з.	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Защита от потери управляемости при замыкании между собой проводов, обрыве и увеличении сопротивления цепи ДО	—	X	—	X	X	X	X	X	X
Нулевая защита	—	—	—	X	X	X	X	X	X
Электроблокировка, предотвращающая включение автомата при сопротивлении изоляции в сети ниже допустимого	—	—	—	X	X	—	X	—	X
Электромагнитная блокировка, предотвращающая включение автомата при срабатывании МТЗ	—	—	X	X	X	X	X	X	X
Световая сигнализация:									
о включении автомата	—	—	X	X	X	X	X	X	—
о срабатывании МТЗ	—	—	X	X	X	X	X	X	X
о срабатывании БРУ	—	—	—	X	X	—	X	—	X
Проверка действия МТЗ	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Проверка действия БРУ	—	—	—	X	X	—	X	—	X
Возможность подключения аппаратуры защитного отключения (реле утечки, анализатора метана и т. п.)	X	X	X	X	X	X	X	X	X

6.3.1. Общие указания по РНИ рудничных автоматических выключателей

Объем и методика РНИ рудничных выключателей различных типов имеют как много общего, так и существенные различия. Общие объемы и методы РНИ для всех рудничных выключателей изложены ниже, а основной объем и особенности РНИ отдельных видов выключателей — в последующих разделах Руководства.

В программу РНИ, общую для всех рудничных выключателей, входят:

1) осмотр горной выработки, в которой смонтирован выключатель (см. разд. 3.1);

2) проверка правильности применения автомата в соответствии с указаниями, изложенными в разд. 3.2. Если автомат

отдельной магистрали или распредпункта не в состоянии отключить максимальный ток трехфазного к. з. без повреждения контактов, то он должен быть заменен более мощным или со стороны источника питания установлен дополнительный автомат;

3) проверка правильности монтажа автомата (см. разд. 3.3). Фидерный выключатель должен быть установлен на салазках горизонтально с отклонением не более 15° в любую сторону и свободным доступом к рукоятке взведения при любом ее положении;

4) осмотр знаков исполнения и пломб (см. разд. 3.4);

5) осмотр и проверка оболочки автомата и кабельных вводов (см. разд. 3.6 и 3.7). Для проверки надо открыть крышку корпуса. Штыковой затвор туго открывающейся крышки протереть ветошью, смоченной керосином, и проработать его, проворачивая крышку вручную. Открывать крышку ударами молотка запрещается. Смазать сопрягаемые детали консистентной смазкой. При необходимости проработать рукоятку включения, смочив ее валик сначала керосином, затем жидкой смазкой. Обратить особое внимание на плотность соединения рукоятки с валиком и на исправность шпонки (штифта), так как при ее износе могут произойти рассоединение рукоятки с валиком и нарушение блокировки рукоятки с крышкой;

6) осмотр, проверка и ревизия средств взрывозащиты автомата (см. разд. 3.8.1 и 3.8.2);

7) осмотр и испытание изоляции токоведущих частей (см. разд. 3.9). Измерение сопротивления изоляции аппаратов на напряжение до 660 В необходимо производить мегаомметром на напряжение 1000 В, на напряжение 1140 В — мегаомметром на напряжение 2500 В, предварительно установив силовые контакты в положение «Включено». Сопротивление изоляции замерять относительно земли (корпуса) и относительно подшипников главного вала автомата — на всех трех фазах, между фазами, относительно земли на всех зажимах контрольных цепей, между разомкнутыми во включенном положении АФВ блок-контактами, между разомкнутыми силовыми контактами каждой фазы и между разомкнутыми при отключенном положении АФВ блок-контактами. Минимально допустимая величина сопротивления изоляции относительно земли для новых АФВ — общее 3 МОм, каждой фазы 10 МОм; для эксплуатируемых АФВ — общее 0,5 МОм, каждой фазы и цепей вторичной коммутации 1 МОм. Так как эти нормы те же, что и для сопротивления изоляции гибких и бронированных кабелей, то допускается производить замеры без отсоединения кабелей, соблюдая, однако, меры безопасности, обеспечивающие невозможность открытого искрения и прикосновения человека к другому концу кабеля, изоляция которого проверяется. В случае заниженного сопротивления изоляции следует поочередным отсоединением кабелей отыскать элемент или фазу с ухудшенной изоляцией и принять меры к ее улучшению (ремонт изоляции проводов или их замена, чистка или замена

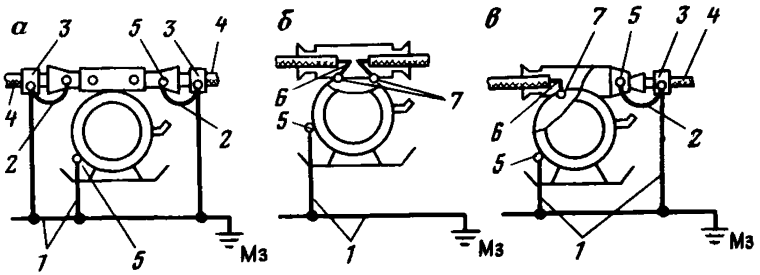


Рис. 6.2. Схема заземления фидерных автоматов:

а — при подключении бронированным кабелем; *б* — при подключении гибким кабелем; *в* — при подключении гибким и бронированным кабелем; *1* — заземляющие проводники; *2* — перемычки; *3* — хомуты; *4* — броня кабеля; *5* — наружный заземляющий зажим; *6* — заземляющие жилы гибких кабелей; *7* — внутренние заземляющие зажимы

изолирующих деталей, перезаделка концов кабелей, замена кабелей, замена катушек косвенной проверки максимальных реле или независимого расцепителя и т. п.);

8) осмотр и испытание кабелей (см. разд. 3.10). Следует помнить, что присоединение кабельных жил без скоб, корончатых шайб и других деталей, предотвращающих расчленение проволок жил, не допускается. У гибких экранированных кабелей экранирующая оболочка жил внутри вводного устройства должна быть снята;

9) осмотр, проверка и испытание электрических цепей (см. разд. 3.12);

10) осмотр и испытание заземляющих устройств в соответствии с указаниями, изложенными в разд. 3.13. Заземление автоматов должно соответствовать схемам на рис. 6.2;

11) осмотр, проверка, ревизия, наладка и испытание КРА (см. разд. 6.2);

12) проверка и наладка механических и электромеханических блокировок выключателя (при их наличии). Порядок проверки блокировок изложен при описании конкретных типов автоматов;

13) осмотр, проверка, ревизия, наладка и испытание устройств защиты (см. разд. 5).

6.3.2. Выключатели серий АВМУ, А3700У и ВА13-18

Выключатели АВМУ используются для встройки в рудничные автоматические выключатели серии АФВ.

Техническая характеристика выключателей АВМУ

Номинальное напряжение главной цепи, контрольных катушек и независимого расцепителя, В	660
Номинальный ток выключателя (определяется номинальным током максимальных расцепителей), А	$\leqslant$630
Номинальный ток максимальных расцепителей, А	200, 400, 630
Уставки по току срабатывания (А) максимальных расцепителей при номинальном токе, А:	
200	300, 450, 600

400	600, 900, 1200
630	1000, 1500, 2000
Допускаемые отклонения токов срабатывания от уставки, %	±10
Напряжение срабатывания независимого расцепителя, % номинального	45—110

Более подробное описание конструкции выключателей АВМУ и указания по их РНИ изложены ниже при описании рудничных выключателей серии АФВ.

Выключатели серии А3700У (табл. 6.3) применяют в рудничных автоматических выключателях серии АВ, рудничных передвижных подстанциях, станциях управления и др.

Основное преимущество встроенных в рудничные автоматы выключателей серии А3700У — их высокая коммутационная способность при относительно небольших габаритах. Они называются токоограничивающими, так как в отличие от обычных не только отключают токи к. з., но и позволяют при превышении аварийного тока выше определенного уровня управлять его величиной и продолжительностью. Это достигается применением в них электродинамического устройства, благодаря которому при достижении тока к. з. заданной величины (уставки срабатывания электродинамического устройства) еще до срабатывания механизма управления происходит отброс контактов электродинамическими силами, и в размыкаемой цепи через 1—2 мс после возникновения к. з. появляется дуга, ограничивающая величину аварийного тока. Контакты после их отброса уже не могут соприкасаться, так как своевременно срабатывает механизм управления автомата.

Выключатель серии А3700У типа А3732У (рис. 6.3) кроме позиций, указанных на рисунке, содержит вспомогательные контакты, независимый расцепитель и нулевой расцепитель напряжения.

Контактная система выключателя состоит из подвижных и малоподвижных контактов. К контактам припаяны металлокера-

Таблица 6.3

Техническая характеристика автоматических выключателей серии А3700У

Параметры	Значения параметров выключателей			
	А3732У	А3792У	А3722У	А3742У
Номинальный ток, А	400	630	250	630
Номинальное напряжение, В	600 (1140)	1140	660	660
Уставка тока срабатывания максимального расцепителя, А (нерегулируемая)	2500, 3200 4000 (2500)	2500, 3200	1600, 2000 2500	4000, 5000 6300
Предельная коммутационная способность, кА	42 (18)	25, 42	35	42

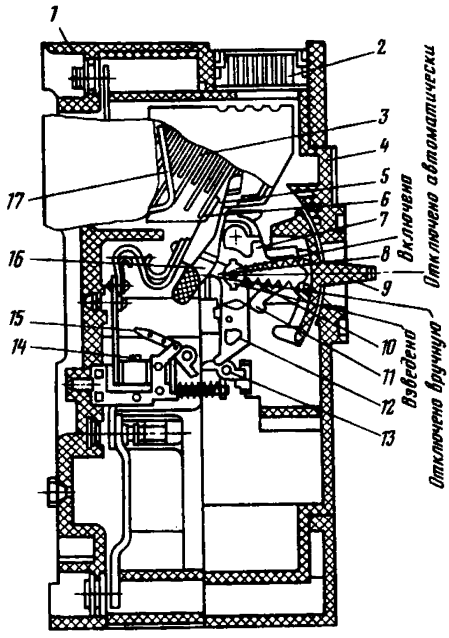


Рис. 6.3. Конструкция автоматического выключателя А3732У:

1 — корпус; *2* — пламегасительная решетка; *3* — камеры с деионными решетками; *4* — крышка; *5* — контакты; *6* — металлокерамические накладки; *7, 8* — ломающиеся рычаги; *9* — рукоятка; *10* — пружина; *11* — рычаг; *12* — собачка; *13* — отключающая рейка; *14* — сердечник; *15* — якорь максимального расцепителя; *16* — контактный рычаг; *17* — контакты токоограничивающего устройства

мические накладки на основе серебра, никеля и графита.

Подвижные контакты каждого полюса устанавливаются в изоляционные контактодержатели, которые закрепляются на валу и связаны с механизмом управления.

Механизм управления выключателя выполнен по принципу ломающихся рычагов. Он обеспечивает моментное замыкание и размыкание контактов, не зависящее от скорости движения рукоятки при включении и отключении выключателя, а также моментное размыкание контактов при повороте отключающей рейки, вызванном срабатыванием максимального, нулевого или независимого расцепителя.

Для гашения дуги в каждой фазе выключателя установлены камеры с деионными решетками. Форма пластин с рядом несимметричных вырезов способствует входу дуги в решетку. Горячие газы и пламя, вышедшие из деионной решетки камеры, охлаждаются металлическими пластинами пламегасителя.

Выключатели ВА13-18 предназначены для встройки во взрывобезопасные пусковые и осветительные агрегаты.

Техническая характеристика выключателя ВА13-18

Номинальный ток, А	5
Номинальное напряжение, В	1140
Предельная коммутационная способность, кА	1,5
Номинальная уставка тока срабатывания максимального расцепителя, А	22 или 35
Номинальное напряжение переменного тока независимого расцепителя, В	36
Габаритные размеры, мм	157×88×122
Масса, кг	1,7

6.3.3. Выключатели серии АФВ

Автоматические фидерные выключатели серии АФВ (табл. 6.4) в настоящее время выпускаются следующих типов: АФВ-2А, АФВ-2А, АФВ-3 и АФВД-2БК. Остальные типы выключателей

Таблица 6.4

Технические характеристики фидерных выключателей серии АФВ

Тип	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Уставки тока срабатывания максимального расцепителя	
			с цифровой маркировкой	без цифровой маркировки
АФВ-1А	380 660	200	380, 450, 600	375—525
АФВ-2А	380	350	600, 900, 1200	750—1050
АФВД-2БК	660	350	600, 900, 1200	750—1050
АФВ-3	380, 660	500	1000, 1500, 2000	1250—1750

Тип	Амплитудное значение предельно разрываемого тока, (А) при напряжении, В		Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Тип встроенного выключателя
	380	660			
АФВ-1А	10 000	7 000	930×870×620	200	АВМ-4У
АФВ-2А	10 000	7 000	950×910×620	205	АВМ-4У
АФВД-2БК	10 000	7 000	1000×920×750	205	АВМ-4У
АФВ-3	16 000	10 500	1020×920×720	220	АВМ-6У

серии АФВ сняты с производства и здесь не рассматриваются. В дальнейшем предполагается замена всех выключателей серии АФВ выключателями серии АВ. Автомат АФВД-2БК отличается от автоматов АФВ-1А, АФВ-2А и АФВ-3 наличием блока дистанционного отключения.

Конструктивно выключатели серии АФВ представляют собой трехполюсные выключатели серии АВМУ, смонтированные на специальной панели и снабженные механизмом свободного расцепления, независимым расцепителем, максимальными реле (максимальными расцепителями) на двух крайних фазах и другими узлами, встроенными во взрывонепроницаемую оболочку с быстрооткрываемой крышкой. Сверху оболочки помещена коробка вводов (имеет две камеры — сетевую и моторную) для присоединения кабелей. Для удобства открывания—закрывания крышки со штыковым затвором с лабиринтным уплотнением на корпусе предусмотрен кронштейн с шестерней, входящей в зацепление с зубчатым сегментом на ней. Крышка и корпус снабжены блокировкой, осуществляемой винтом, закрытым кожухом от повреждений.

Так как эти автоматы не имеют блокировочных разъединителей, обеспечивающих снятие напряжения при открытой крышке со всех доступных токоведущих частей, то на крышке выполнена надпись «Открывать, отключив от сети!». На корпусе справа

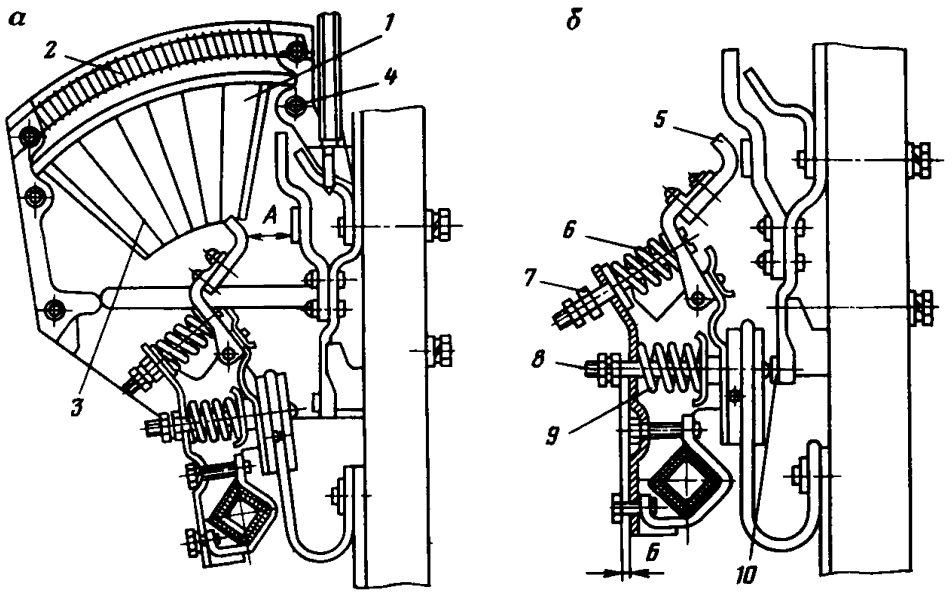


Рис. 6.4. Контактная система автоматов серии АФВ:

а — в отключенном положении и с дугогасительной камерой; *б* — во включенном положении без дугогасительной камеры; *1* — дугогасительная камера; *2* и *3* — омедненные пластины; *4* — винт; *5* — контакты разрывные; *6*, *9* — пружины; *7*, *8* — гайки регулирования; *10* — контакты главные; *А* — раствор разрывных контактов; *Б* — провал главных контактов

имеется двухпозиционная кнопка для проверки максимальных расцепителей.

Дугогасительные камеры *1* (рис. 6.4, *а*) служат для гашения электрической дуги с помощью деионных решеток, состоящих из омедненных пластин *2* и *3*. Пластины *3* дробят дугу на части, охлаждают и гасят ее. Пластины *2*, размещенные более часто, ограничивают выброс дуги вверх. Дугогасительные камеры устанавливают симметрично относительно оси контактов и закрепляют винтами *4*.

Контактная система (рис. 6.4, *б*) каждой фазы фидерного выключателя состоит из двух параллельно включенных пар контактов — главных и разрывных. При включении вначале замыкаются разрывные, потом главные, при отключении вначале размыкаются главные, затем разрывные, на которых гасится возникающая дуга.

Механизм свободного расцепления (рис. 6.5, *а*) представляет собой систему шарнирно связанных друг с другом рычагов, препятствующих удержанию контактов во включенном положении при срабатывании какого-либо расцепителя и обеспечивающих независимость скорости размыкания контактов от скорости действия отключающих элементов.

Для включения АФВ необходимо поворотом рукоятки включения до отказа от себя взвести механизм свободного расцепления.

При взведении механизма свободного расцепления рычаги *15* и *16* выпрямляются, создавая жесткую связь между рычагами *11* и *18*, а зуб *5* рычага *13* заходит за промежуточный валик *4*.

Включение автомата возможно только после взведения механизма свободного расцепления и осуществляется вращением рукоятки в сторону, противоположную взведению. Во включенном положении выключателя рычаг *11* заходит за мертвое положение и прижимается к валику *12* рычага *13*, чем надежно удерживает выключатель во включенном положении.

Отключение выключателя вручную производится поворотом рукоятки в направлении, как при взведении механизма свободного расцепления. При этом рычаг *11* выводится из мертвого положения и происходит излом рычагов *15* и *16*. Зуб *5* рычага *13* остается в зацеплении с промежуточным валиком *4*.

Автоматическое отключение выключателя происходит при воздействии расцепителей на отключающие валики или скобу *9*. Излом рычагов *15* и *16* осуществляется роликом *14* при освобождении зуба *5* из зацепления с промежуточным валиком *4*.

Скоба *9* помещается на левой щеке механизма свободного расцепления и при отключении выключателя предотвращает отброс подвижных контактов в сторону включения — фиксирует главный вал выключателя.

Защелка *21* (рис. 6.5, *б*) помещается на левой щеке механизма свободного расцепления и при отключении автоматического выключателя (по любой причине) с помощью пружины *22* фиксирует вал выключателя. При взведении механизма свободного расцепления защелка поворачивается валиком *20* и освобождает главный вал *23*.

Буфер (рис. 6.5, *в*) расположен на левом подшипнике главного вала выключателя и служит для поглощения кинетической энергии подвижных контактов при их размыкании за счет удара по буферу кулачка, связанного с главным валом.

Независимый расцепитель (рис. 6.5, *д*) предназначен для автоматического отключения АФВ при срабатывании реле утечки или дистанционного отключения. Расцепитель укрепляется на щеке механизма свободного расцепления и состоит из якоря *35*, сердечника со штоком *36* и катушки *37*. При подаче напряжения на катушку *37* якорь втягивается и, ударяя по скобе *34* промежуточного валика механизма свободного расцепления, отключает выключатель.

Максимальные расцепители мгновенного срабатывания, установленные в двух крайних фазах, служат для отключения АФВ при к. з. и описаны в разд. 5.3.4.

Механизм блокировки не допускает ручное включение АФВ после его отключения максимальным расцепителем. Включение автомата в этом случае возможно только после ручного возврата блокировочного устройства в исходное положение. Блокировочное

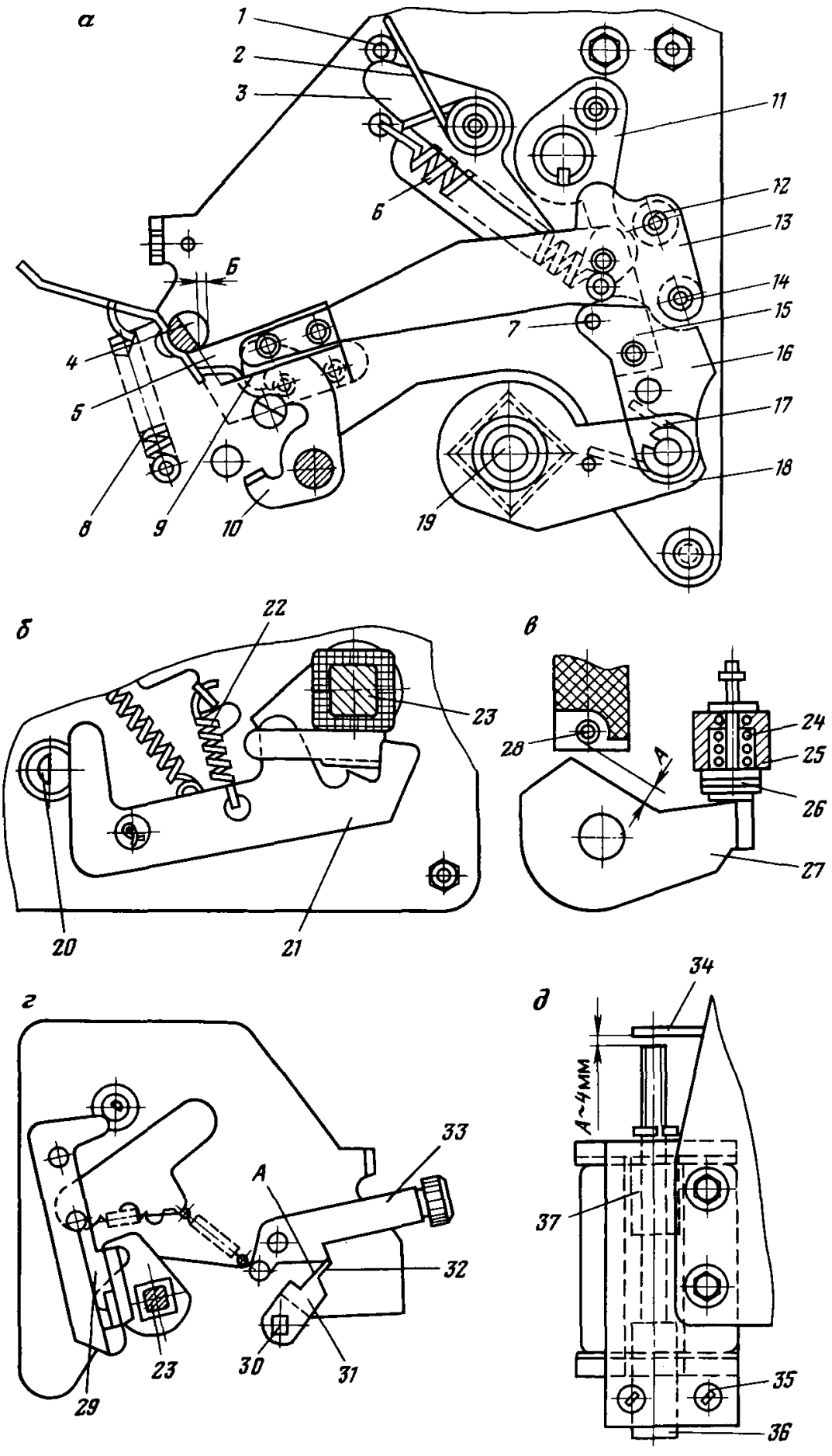

а
1
2
3
6
11
12
13
14
15
16
17
18
19
Б
4
5
7
8
9
10
б
22
23
20
21
в
24
25
26
27
28
А
г
33
А
32
23
30
31
29
д
34
А~4мм
37
35
36

Рис. 6.5. Элементы выключателей серии АФВ:

а — механизм свободного расцепления; *б* — защелка; *в* — буфер; *г* — механизм блокировки; *д* — независимый расцепитель; *1, 35* — винт; *2, 6, 8, 17, 22, 24* — пружины; *3, 21, 29* — защелки; *4* — промежуточный валик; *5, 32* — зуб; *7, 12, 19, 20* — валики; *9, 10, 34* — скобы; *11, 13, 15, 16, 18* — рычаги; *14, 28* — ролики; *23* — главный вал автомата; *25* — катушка; *26* — упорные шайбы; *27* — кулачок; *30* — отключающий валик; *31* — пластина; *33* — фиксатор; *36* — якорь; *37* — сердечник со штоком

устройство не препятствует включению после отключения его независимым расцепителем или рукояткой.

Электрическая схема выключателей АФВ-1А (-2А и -3), показанная на рис. 6.6, *а*, обеспечивает автоматическое отключение при к. з. сети за счет максимальных расцепителей (максимальных реле) мгновенного действия *FA1* и *FA2*. Выключатели имеют механическую блокировку, которая не допускает повторного включения автомата от срабатывания реле *FA1* (*FA2*). Возврат блокировочного устройства в исходное положение производится вручную. Схемой предусматривается возможность отключения автомата от отдельно стоящего реле утечки (РУ) за счет независимого расцепителя с отключающей катушкой *YAT*.

Электрическая схема выключателя АФВД-2БК (рис. 6.6, *б*) отличается от схемы на рис. 6.6, *а* наличием блока дистанционного отключения, представляющего собой панель со смонтированными на ней элементами искробезопасной схемы отключения: трансформатором *TL1* 380—660/36В, стабилизирующим трансформатором *TL2* 36/18 В, конденсатором *C*, промежуточным реле *KV*, предохранителем *FU*. Схема дистанционного отключения допускает включение промежуточного реле *KV* при уменьшении сопротивления цепи управления до 20 ± 5 Ом и отключение при увеличении сопротивления цепи управления до 150 Ом.

При подаче напряжения на зажимы *A*, *B* и *C* автомата и ненажатой кнопке *SB* «Стоп» ПДО реле *KV* шунтируется диодом *VD1* и обтекается выпрямленным током, достаточным для его включения. Включившись, реле *KV* разрывает цепи катушки независимого расцепителя *YAT*, что дает возможность включить автомат вручную при помощи рукоятки. При нажатии кнопки *SB* «Стоп» реле *KV* отключается, включается катушка расцепителя *YAT* и автомат *QF* отключается.

При РНИ выключателей серии АФВ дополнительно к изложенному в разд. 6.3.1 необходимо руководствоваться следующим:

1) механизм свободного расцепления при необходимости смазывать консистентной смазкой. Для безотказной работы механизма свободного расцепления необходимо, чтобы заход зуба за промежуточный валик был не менее 1 мм и не больше величины, при которой происходит четкое отключение выключателя. Регулируется подгибанием скобы *9* (см. рис. 6.5).

При повороте рукоятки до отказа для взвода выключателя заход зуба *5* рычага *13* за промежуточный валик *4* (размер *Б*) должен быть не менее 5 мм. При этом ролик *14* должен касаться

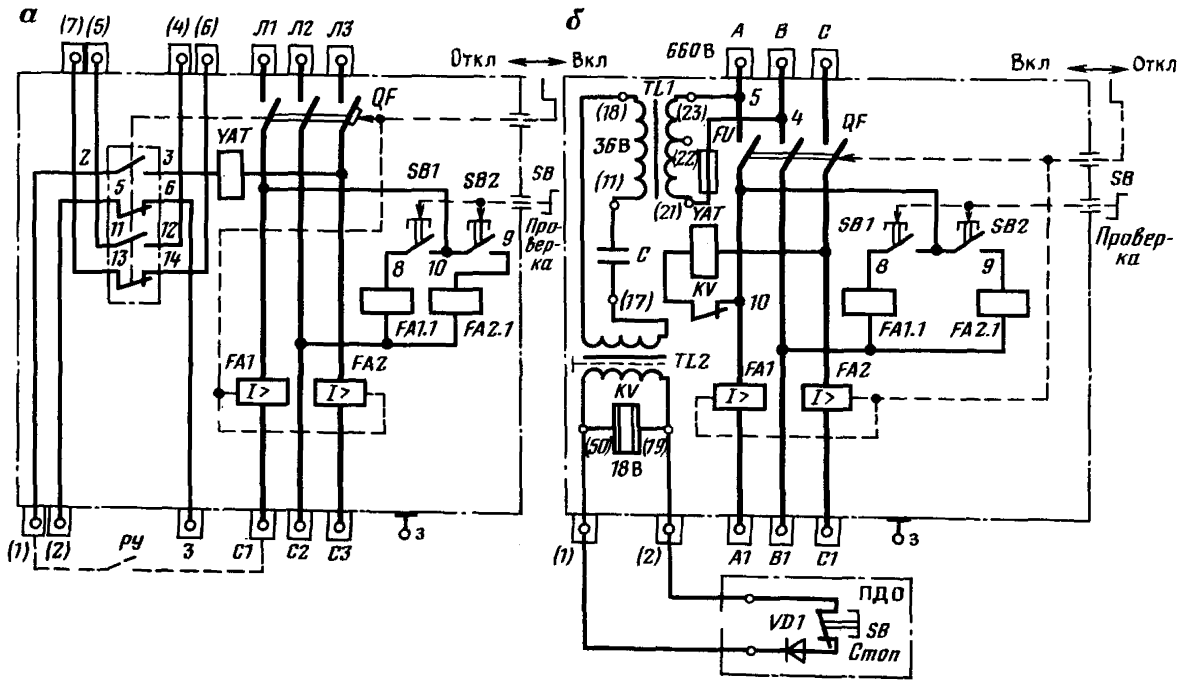


Рис. 6.6. Принципиальные электрические схемы рудничных выключателей АФВ-1А, АФВ-2А, АФВ-3 (*а*) и АФВД-2БК (*б*)

панели выключателя. Регулируется количеством шайб *26* буфера (см. рис. 6.5, *в*);

2) работу узла защелки проверять при отключенном автомате. Для этого попытаться вручную (но не с помощью рукоятки) подать главные контакты в сторону включения, защелка должна этому воспрепятствовать. Затем взвести автомат рукояткой и повторить действия, защелка должна допустить поворот главного вала рукой;

3) работу узла механической блокировки (см. рис. 6.5, *г*) проверять медленным поворотом отключающего валика механизма путем воздействия на него поочередно поворачиваемыми от руки якорями максимальных реле *FA1* и *FA2*. При растворе магнитной системы не менее 1 мм фиксатор *33* должен зайти за зуб *32* пластины *31* и удерживать отключающий валик *30* в положении, не позволяющем включить выключатель. При поднятом вверх до упора фиксаторе *33* отключающий валик должен вернуться в исходное положение, при котором возможно включение автомата;

4) механическую блокировку регулировать после калибровки максимальных расцепителей подгибом зуба *32* в месте, обозначенном буквой *А*, и проверять медленным поворотом отключающего валика при воздействии на него якорем максимального расцепителя;

5) работу независимого расцепителя проверять перемещением его сердечника вручную при включенном автомате. При этом должно произойти четкое отключение АФВ. Затем наружным осмотром проверить состояние и крепление катушки расцепителя. Якорь расцепителя в любом положении (при поворачивании вокруг оси) должен свободно перемещаться. Зазор между скобой *34* (см. рис. 6.5, *д*) и штоком *37* должен быть в пределах 4 мм. Следует помнить, что катушка независимого расцепителя рассчитана на кратковременную работу и допускает не более 10 отключений подряд с интервалом 15 с;

6) при проверке работы механических узлов следует медленно перемещать рукоятку от себя и наблюдать за взаимодействием деталей механизма в процессе взведения. Не доведя рукоятку немного до крайнего положения (неполный взвод), попытаться включить АФВ. Включения произойти не должно. Произвести нормальное включение АФВ, оно должно осуществляться плавно, без заеданий. Повернуть у включенного АФВ рукоятку плавным нажатием от себя. Автомат должен резко отключиться. Повторить цикл В — О 3—4 раза;

7) проверку уставок МТЗ и время ее срабатывания выполнять в соответствии с указаниями, изложенными в разд. 5.3.4 и 2.3 Руководства.

Проверку срабатывания реле максимального тока производить косвенным методом путем поворота флажка (кнопки) проверки максимальных реле в положение, соответствующее проверяемому

реле (*FA1* или *FA2*). Время удержания рукоятки в положении «Проверка» не должно превышать 2 с. При таком испытании проверяется только исправность механизма максимального реле, но не его защитная характеристика.

Если на месте установки автомата проверку максимальных расцепителей методом первичного тока согласно рис. 5.3 произвести нельзя из-за повышенного содержания в рудничной атмосфере метана или пыли, то расцепители снять и проверить в выработке со свежей струей или на поверхности;

8) проверку работы ПДО у автомата АФВД-2БК производить путем нажатия кнопки *SB*. Проверку срабатывания реле *KV* (см. рис. 6.6, *б*) выполнять путем снижения сопротивления цепи управления до 20 Ом, а его отключения — путем увеличения сопротивления цепи управления до 150 Ом;

9) при проверке состояния контактной системы иметь в виду, что главные контакты должны соприкасаться по плоскости, а разрывные — по линии. Относительное смещение подвижных и неподвижных контактов по ширине допускается не более 1 мм и устанавливается передвижением подвижных контактов по главному валу.

После зачистки или замены контактов и регулировки их смещения по ширине следует замерить основные величины, определяющие характер их работы: раствор, провал, начальное и конечное усилия нажатия, одновременность касания.

Раствор у разрывных контактов (см. размер *А* на рис. 6.4) должен быть не менее 60 мм для АФВ всех типов. При этом обеспечивается необходимый зазор главных контактов. При растворе менее допустимого нарушаются изоляционные расстояния и ухудшается гашение электрической дуги (особенно при отключении сверхтоков). Раствор регулируется изменением расположения держателя на главном валу автомата с помощью крепящих его болтов. Для правильной совместной работы контактов в одной фазе следует дополнительно отрегулировать зазор между главными контактами в момент соприкосновения разрывных контактов, который должен быть не менее 5,5 мм.

Для всех типов АФВ нормируется провал лишь главных контактов не менее 2 мм (см. размер *Б* на рис. 6.4, *б*). Регулируется провал изменением положения всей контактной группы одной фазы относительно граней главного вала автомата. При уменьшении провала до 50 % от номинальной величины и невозможности его восстановления изношенные контакты должны быть заменены.

Начальное нажатие нормируется только для разрывных контактов (должно быть 30 Н) и регулируется с помощью гаек *7* предварительным сжатием пружины *6*.

Конечное нажатие контакта (усилие сжатия подвижного и неподвижного контактов силой пружины при полном включении коммутационного аппарата) нормируется только для главных

контактов. Оно должно быть 550 Н. Конечное нажатие уменьшается по мере износа контактов и потери пружинной упругости, отчего работающий контакт начинает перегреваться.

Регулировку одновременности касания главных контактов осуществлять с помощью гаек *8* (неодновременность замыкания и размыкания допустима не более 0,75 мм), регулировку разрывных контактов — гайками *7* (допустимая неодновременность не более 1,5 мм). Соблюдение норм на одновременность касания контактов предохраняет их от перегрузки и подгорания;

10) для проверки состояния блок-контактов вынуть узел коммутатора, снять нагар с контактирующей поверхности тряпочкой, смоченной в бензине, а при необходимости зачистить бархатным напильником, проверить подвижность траверсы и состояние пружин. Негодные контакты заменить. Пружины слегка смочить жидкой смазкой. При потере упругости и усиленной коррозии пружины заменить. Установить коммутатор на место;

11) при проверке гибких токоведущих связей изломанные пластинки фольги (или проволочки у плетеных гибких связей) должны быть удалены, так как они могут явиться причиной короткого замыкания или замыкания на корпус. При потере сечения на 25 % и более гибкая связь должна быть заменена;

12) для стационарно установленных в ЦПП и УПП фидерных выключателей рекомендуется совмещать их ежегодную окраску, производимую персоналом шахты, с ежегодной ревизией и наладкой. Обозначение исполнения и предупредительную надпись на крышке вводного (кабельного) устройства следует покрывать красной краской. Надпись на крышке АФВ с наименованием питаемого объекта (фидера) и током уставки максимальной защиты рекомендуется выполнять светлой краской.

6.3.4. Выключатели серии АВ

Автоматы серии АВ (табл. 6.5) по техническому уровню значительно превосходят автоматы серий АФВД-2БК и АФВ, так как благодаря встроенным в них выключателям серии А3700У имеют

Таблица 6.5

Основные технические характеристики выключателей серии АВ

Тип выключателя	Номинальный ток, А	Номинальное напряжение, В	Предельная коммутационная способность (действующее значение), кА	Тип встроенного автомата	Износостойкость, циклы В—О		Масса, кг
					общая	коммутационная	
АВ-315Р	315	660/380	20/23	А3732У	16 000	10 000	265
АВ-200ДО	200	660/380	17/20	А3732У	16 000	10 000	340
АВ-320ДО	320	660/380	20/23	А3732У	16 000	10 000	340
АВ-320ДО2	320	1140	10	А3732У	16 000	6 000	355
АВ-400ДО	400	660/380	20/23	А3792У	16 000	10 000	340
АВ-400ДО2	400	1140	11	А3792У	16 000	6 000	340

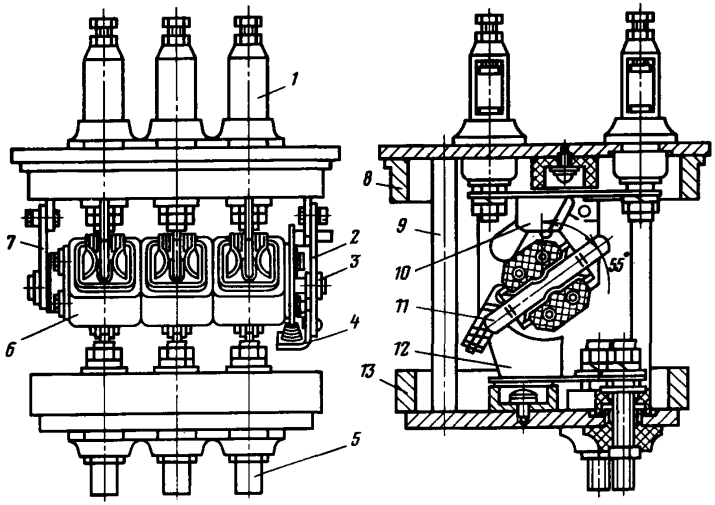


Рис. 6.7. Блокировочный разъединитель автоматов АВ-200ДО и АВ-3209ДО

повышенные более чем в 2 раза предельную коммутационную способность, в 1,6 раза механическую износостойкость и в 2,5 раза коммутационную износостойкость. Кроме того, предельные токи к. з. отключают за время не более 0,05 с при кратности $I_к/I_у = 1,5$ (вместо 0,1 с выключателями серии АФВ) и выполняют большее число защитных функций (см. табл. 6.2). За счет установки блокировочного разъединителя в отдельной взрывобезопасной камере повышена безопасность его обслуживания, усовершенствована конструкция взрывозащиты.

У выключателей с блоками дистанционного отключения ДО имеются нулевой и независимый расцепители на напряжение 110 В постоянного тока. Выключатели АВ с ручным управлением имеют только независимый расцепитель.

Выключатели серий АВ-200ДО и АВ-320ДО по конструкции не отличаются друг от друга. Взрывонепроницаемая оболочка этих автоматов представляет собой сборный сварной корпус, разделенный на отделения: разъединителя, коммутационного аппарата (выключателя), вводов, выводов.

Блокировочный разъединитель ножевого типа (рис. 6.7) представляет собой жесткую конструкцию, состоящую из двух оснований *8* и *13*, которые соединены между собой стяжками *9*. На верхнем основании *8* установлены проходные зажимы *1*, к которым в отделении вводов присоединяются жилы кабеля, а с противоположной стороны закреплены неподвижные контакты *10* разъединителя. На нижнем основании *13* установлены проходные

зажимы *5*, на которых находятся неподвижные контакты *12* разъединителя. Подвижные контактные губки *11* закреплены на валу *6*, установленном на втулках *3* стоек *2* и *7*. Включенное и отключенное положения разъединителя фиксируются фиксатором *4*.

Быстрооткрываемая крышка (рис. 6.8, *а*) запирается с помощью поворотных зажимов *7*, приводимых в действие роликами *10*. Ролики расположены на поворотном кольце *9*, поворачивающемся под действием эксцентрика *8*. Привод эксцентрика выведен на наружную поверхность крышки и поворачивается с помощью специального ключа, устанавливаемого в гнездо *4* привода затвора *5*. Для запирания крышки ключ следует повернуть по часовой стрелке. При этом под действием эксцентрика *8* произойдет поворот кольца *9* с роликами *10*, поворот зажимов и запирание крышки. На наружной поверхности крышки расположены: смотровые окна сигнальных ламп *3* и вольтметра *2*, пластина *6* для фиксации блокировочной скобы, петли *11* для подвески крышки, рукоятка *1*.

Механическая блокировка (рис. 6.8, *б*) позволяет открывать быстрооткрываемую крышку только при отключенном разъединителе и не допускает включения разъединителя при открытой

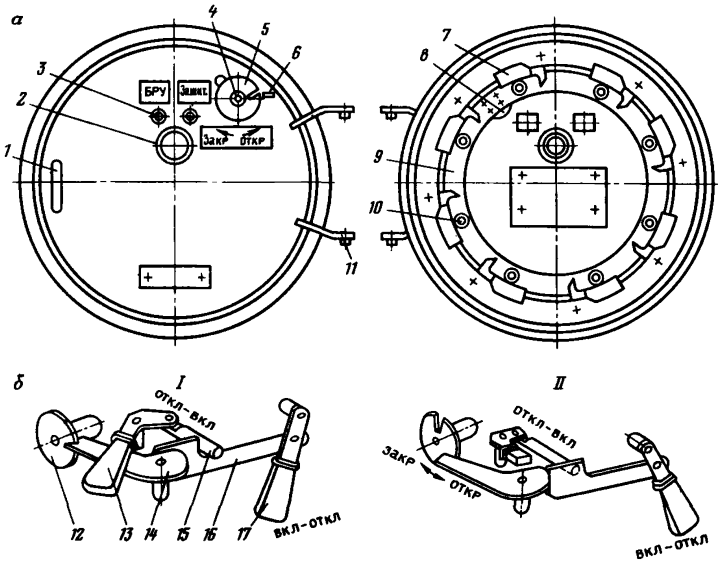


Рис. 6.8. Быстрооткрываемая крышка (*а*) и механизм блокировки (*б*) выключателей АВ-200ДО и АВ-320ДО:

I — выключатель и разъединитель включены, крышка закрыта; *II* — выключатель и разъединитель отключены, крышка открыта

крышке и его отключения при включенном автоматическом выключателе. Отключить разъединитель можно только при отключенном выключателе. Для открывания быстрооткрываемой крышки рукоятку привода выключателя *13* повернуть в положение «Отключено», при этом блокировочный валик *15* уходит в сторону, позволяя осуществлять отключение разъединителя с помощью рукоятки *17*. В отключенном положении разъединителя блокировочная пластина *16* препятствует включению автоматического выключателя и позволяет вывести блокировочную скобу *14* из паза диска привода эксцентрика *12*. После поворота блокировочной скобы разъединитель и автоматический выключатель оказываются заблокированными, а диск привода эксцентрика быстрооткрываемой крышки разблокирован, что позволяет с помощью ключа отпереть затвор крышки и открыть крышку. При включении разъединителя все операции производят в обратном порядке.

Электрические схемы (рис. 6.9) отличаются только типами встраиваемых в них трансформаторов тока *TA1* — *TA3*.

Понижающий трансформатор *TL* имеет первичную обмотку на напряжения 660 и 380 В и вторичные обмотки на напряжения 12, 18, 122 В с отпайками 36 и 110 В.

Вместо перемычки *5—6* можно подключить искробезопасный контакт дополнительного аппарата защиты.

Блок дистанционного отключения ДО предназначен для дистанционного отключения выключателя АВ с помощью кнопки «Стоп» выносного ПДО и контроля целости и величины сопротивления цепи заземления.

Блок ДО состоит из корпуса с контактной вилкой, внутри которого на платах с печатным монтажом установлены элементы схемы. Блок залит эпоксидным компаундом, благодаря чему обеспечивается герметизация всех элементов. Габаритные размеры блока 120×46×136 мм, масса 0,9 кг.

Электрическая схема блока ДО (рис. 6.10) состоит из измерительной и исполнительной частей.

Измерительная часть схемы, осуществляющая контроль величины сопротивления цепи отключения, построена по принципу моста постоянного тока. Мост собран на резисторах *R2*, *R5*, *R6* и сопротивлении цепи отключения с диодом *VD*, вынесенным в ПДО. В измерительную диагональ моста включен эмиттер-базовый переход транзистора *VT*, который включен по схеме с общим эмиттером и осуществляет управление исполнительной частью. Измерительная часть схемы питается напряжением 18 В от вторичной обмотки трансформатора (зажимы *16*, *13*).

Исполнительная часть схемы содержит эмиттер-коллекторный переход транзистора, обмотку реле *K1*, конденсатор *C2*, выпрямительный мост *VD4* — *VD7*, резистор *R7*. Питание исполнительной части схемы осуществляется от вторичной обмотки трансформатора (зажимы *10*, *3*).

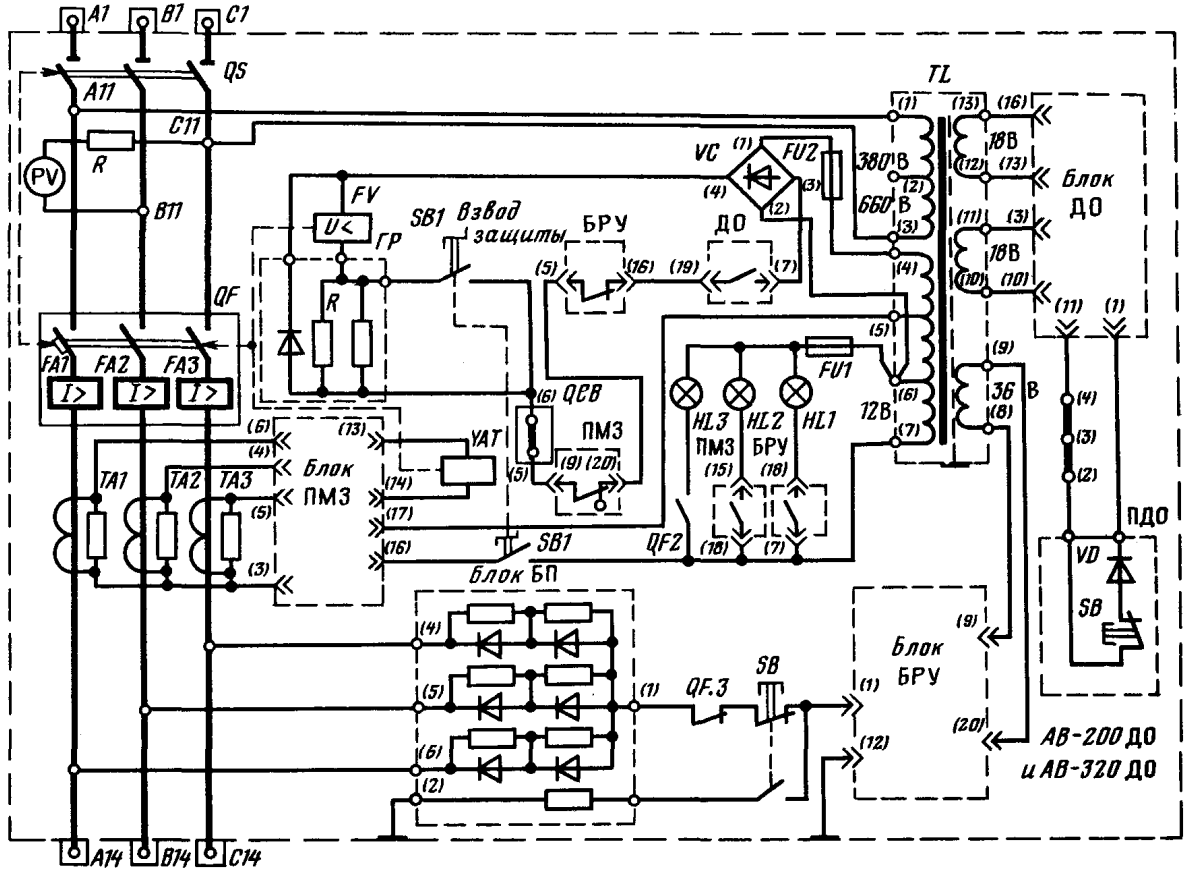


Рис. 6.9. Принципиальная электрическая схема выключателя АВ-200ДО (АВ-320ДО):

ОСВ — отделение силовых выводов

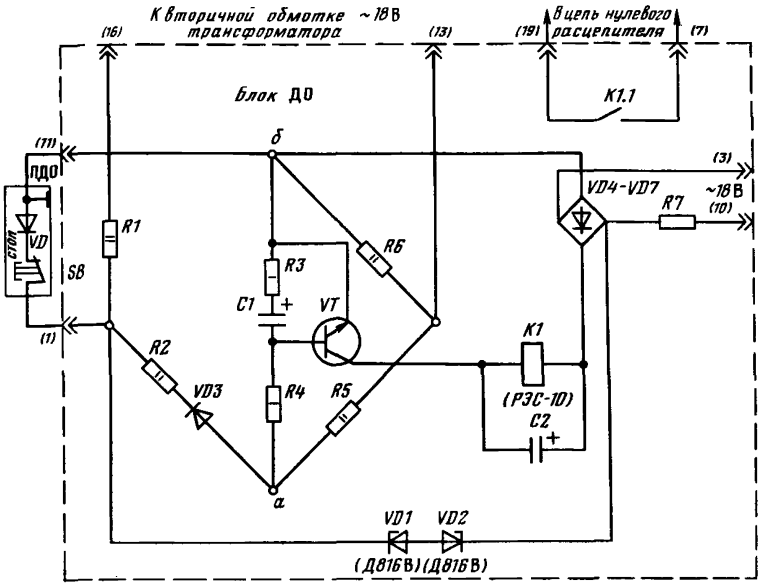


Рис. 6.10. Принципиальная электрическая схема блока ДО автоматов АВ

Для обеспечения искробезопасности в схему введены ограничительные резисторы *R1*, *R7* и стабилитроны *VD1* и *VD2*.

Параметры резисторов моста выбраны таким образом, что в нормальном режиме работы схемы при ненажатой (замкнутой) кнопке *SB* точка *а* находится под положительным потенциалом по отношению к точке *б*. Следовательно, к эмиттер-базовому переходу приложено прямое, т. е. отпирающее транзистор *VT*, напряжение. Это приводит к включению реле *К1* и замыканию контакта *К1.1* в цепи нулевого расцепителя, обеспечивая тем самым возможность его включения.

При нажатой (разомкнутой) кнопке *SB* (аварийный режим) точка *а* находится под отрицательным потенциалом по отношению к точке *б*, транзистор *VT* запирается и реле *К1* отключается, размыкая своим контактом цепь нулевого расцепителя. Автомат отключается.

Очевидно, то же самое произойдет и при увеличении сопротивления цепи заземления и при ее обрыве.

Блок *DO* обеспечивает защиту при замыкании цепи дистанционного отключения. Такая защита осуществляется с помощью диода *VD* и конденсатора *C1*, шунтирующего эмиттер-базовый переход транзистора *VT*. При замыкании между собой жил цепи блока ДО происходит шунтирование диода *VD* и в цепи будет проходить переменный ток, а не выпрямленный (как в нормальном режиме). В один полупериод ток от вторичной обмотки трансфор-

матора проходит по цепи: контакт *13*, резисторы *R5* и *R4*, конденсатор *C1*, резистор *R3*, контакт *11*, место замыкания цепи, контакт *1* штепсельного разъема, резистор *R1*, контакт *16*, обмотка 18 В трансформатора. В рассматриваемый полупериод ток, проходя через конденсатор *C1*, заряжает его. В момент зарядки конденсатора эмиттер-базовый переход шунтируется и транзистор *VT* находится в запертом состоянии. В следующий полупериод конденсатор *C1* разряжается по той же цепи, что и при его зарядке. Так как при разрядке конденсатора *C1* потенциал базы транзистора *VT* поддерживается отрицательным относительно эмиттера, то транзистор *VT* остается в запертом состоянии, что приводит к отключению реле *K1* и соответственно автомата.

При включении разъединителя *QS* (см. рис. 6.9) напряжение подается на трансформатор *TL* и вольтметр *PV*. Если кнопка *SB* «Стоп» выносного поста отключения не зафиксирована и нет обрыва или замыкания цепи отключения, то срабатывает исполнительное реле блока *ДО*, которое своим контактом замыкает цепь питания нулевого расцепителя *FV*. Перед включением выключателя необходимо нажать кнопку *SB1* (ручку привода кнопки повернуть в положение «Взвод защиты»). Один из контактов кнопки замыкается и шунтирует резисторы *R* в блоке гасящих резисторов *ГР*. При включении выключателя замыкается цепь питания сигнальной лампы *HL3* (белая). Отключение выключателей осуществляется вручную и дистанционно с поста ПДО.

Уставки ПМЗ соответствуют приведенным в табл. 5.7 при $I_{ном} = 200$ А (для АВ-200ДО) и при $I_{ном} = 320$ А (для АВ-320ДО). Конструкция блока ПМЗ аналогична конструкции блока ДО.

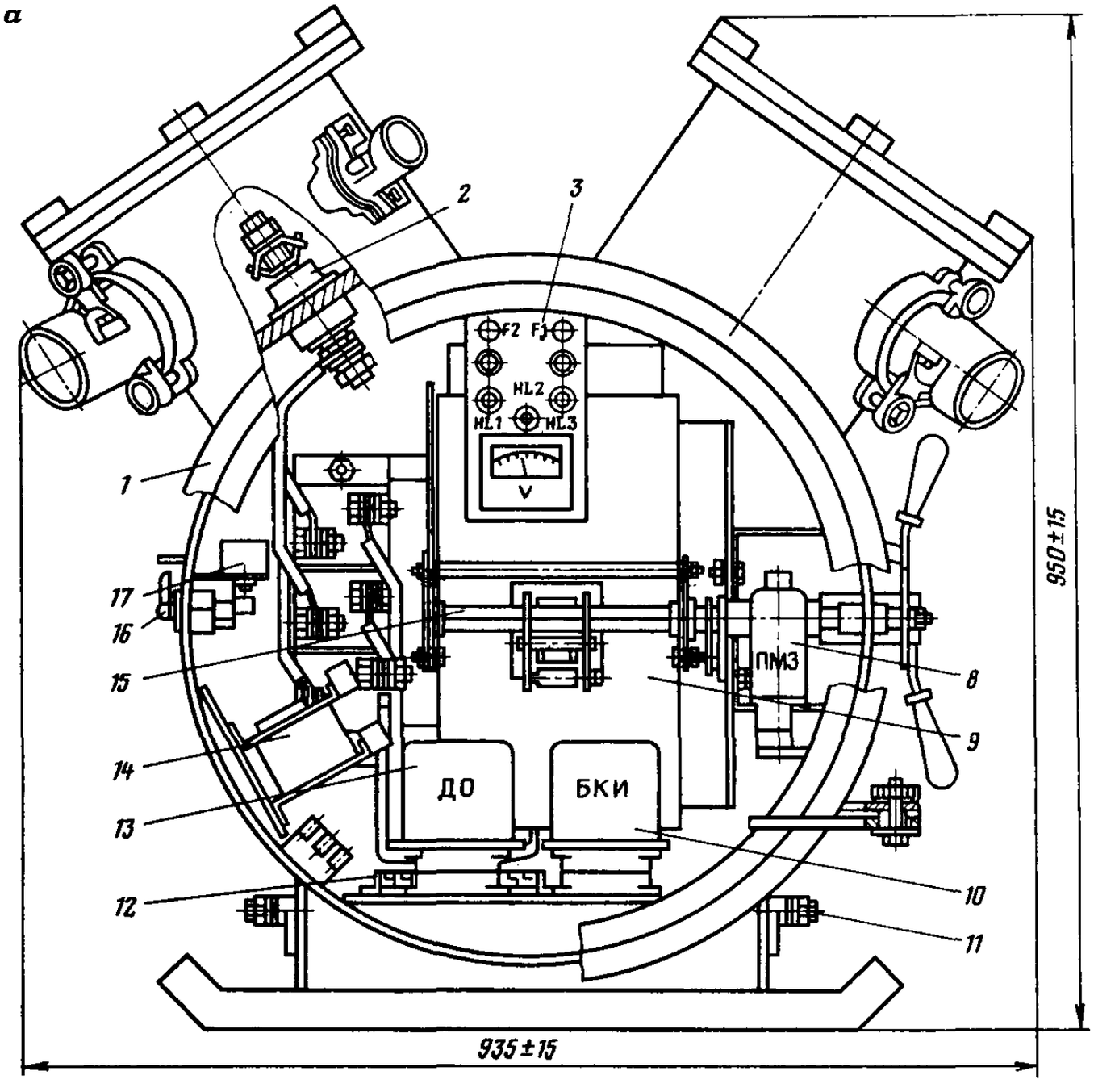
При срабатывании максимальной токовой защиты ПМЗ подается сигнал на включение независимого расцепителя *YAT*, который отключает выключатель *QF*. Одновременно размыкающий контакт исполнительного реле блока ПМЗ, размыкая цепь питания нулевого расцепителя *FV*, блокирует выключатель от повторного включения, а замыкающий контакт замыкает цепь питания сигнальной лампы *HL2* (красная).

При срабатывании БРУ (см. разд. 5.10.10) размыкается цепь *FV*, блокируя выключатель от включения, и загорается сигнальная лампа *HL1* (желтая).

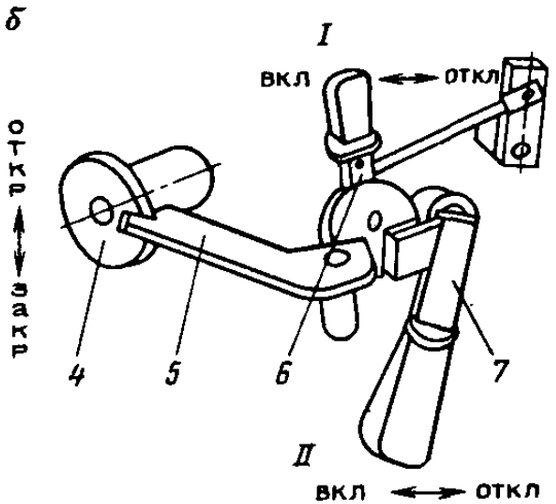
Вместо перемычек *2*, *3*, *4* можно включить дополнительно контакты других видов защит (например, АМТ).

Автомат АВ-400ДО (рис. 6.11, *а*) конструктивно аналогичен автомату АВ-320ДО, но имеет следующие отличия: вводные и выводные устройства более компактны, за счет чего уменьшен размер по ширине; в крышке, закрывающей отделение разъединителя, имеются смотровые окна для визуального контроля положения контактов разъединителя; встроенный выключатель А3792У; вместо блока БРУ применен блок БКИ. Имеется механическая блокировка (рис. 6.11, *б*).

а


1
2
3
17
16
15
14
13
12
8
9
10
11
HL1
HL2
HL3
V
ПМЗ
ДО
БКИ
950±15
935±15

б


I
ВКЛ
ОТКЛ
ОТКР
ЗАКР
4
5
6
7
II
ВКЛ
ОТКЛ

в

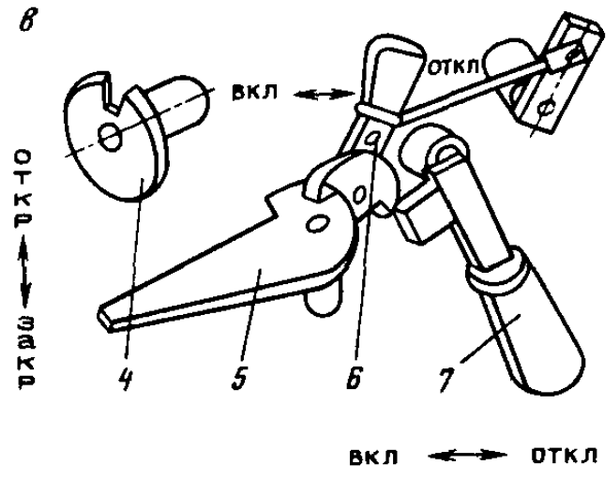

ВКЛ
ОТКЛ
ОТКР
ЗАКР
4
5
6
7
ВКЛ
ОТКЛ

Рис. 6.11. Выключатель АВ-400ДО:

а — общий вид; *б* — механизм блокировки со встроенным выключателем А3792; *1* — корпус; *2* — набор силовых проходных зажимов; *3* — панель с лампами, предохранителями и индикатором напряжения; *4* — эксцентрик; *5* — блокировочная скоба; *6* — рукоятка разъединителя; *7* — рукоятка привода выключателя; *8* — блок ПМЗ; *9* — панель автоматического выключателя и трансформаторов тока; *10* — блок БКИ; *11* — заземляющий зажим; *12* — клеммник; *13* — блок ДО; *14* — трансформатор; *15* — привод выключателя; *16* — ручка привода кнопок; *17* — кнопки. *I* — выключатель и разъединитель включены, крышка закрыта, *II* — выключатель и разъединитель отключены, крышка открыта

Принцип работы и конструкция быстрооткрываемой крышки такие же, как и у выключателей АВ-200ДО и АВ-320ДО.

Электрическая схема автомата АВ-400ДО (рис. 6.12) выполняет функции, указанные в табл. 6.2. Для подключения аппаратуры защитного отключения следует применять кабель длиной не более 5 м.

Работа схемы выключателя АВ-400ДО аналогична работе выключателя АВ-200(320)ДО. Трансформатор понижающий *TL1* имеет катушку с первичной обмоткой на напряжение 380/660 В. С завода поставляется для работы в сети 660 В.

От вторичных обмоток трансформатора питаются цепи:

сигнализации (зажимы *6*, *7*) — 12 В; блока ДО (зажимы *10*, *11*, *12*, *13*) — 18 В; блока БКИ (зажимы *8*, *9*) — 36 В; возврата блокировки ПМЗ (зажимы *5*, *7*) — 48 В; расцепителя нулевого *FV* (зажимы *4*, *7*) — 122 В.

По согласованию с предприятием-изготовителем выключатели могут быть изготовлены с уставками МТЗ в диапазоне 500—1500 А. При этом номинальный ток продолжительного режима выключателя должен быть 250 А.

При срабатывании ПМЗ подается сигнал на срабатывание независимого расцепителя *YAT*, который отключает автоматический выключатель *QF*. При этом загорается лампа *HL3*. Для подготовки выключателя *QF* к повторному включению ручку привода кнопки *SB1* необходимо повернуть в положение «ПМЗ». Блок ПМЗ приходит в исходное состояние, лампа *HL3* должна погаснуть, выключатель *QF* можно включить. Переключением выключателя кнопкой *SB* (Стоп) ПДО блок ДО воздействует на нулевой расцепитель *FV* выключателя *QF*.

Блок БКИ (см. разд. 5.10.9) осуществляет предварительный контроль сопротивления изоляции относительно земли отключенного выключателем участка сети, не допуская его включения, если сопротивление изоляции ниже допустимого уровня.

Уставки блока БКИ (не менее): предупредительная 100 и аварийная 30 кОм. Если при отключенном положении выключателя величина сопротивления изоляции отходящего от выключателя участка электрической сети по отношению к земле окажется равной уставке или ниже ее (30 кОм или 100 кОм), то размыкающий контакт реле этого блока разомкнет цепь питания катушки нулевого расцепителя *FV*, блокируя выключатель от включения, и включит сигнальную лампу *HL1*.

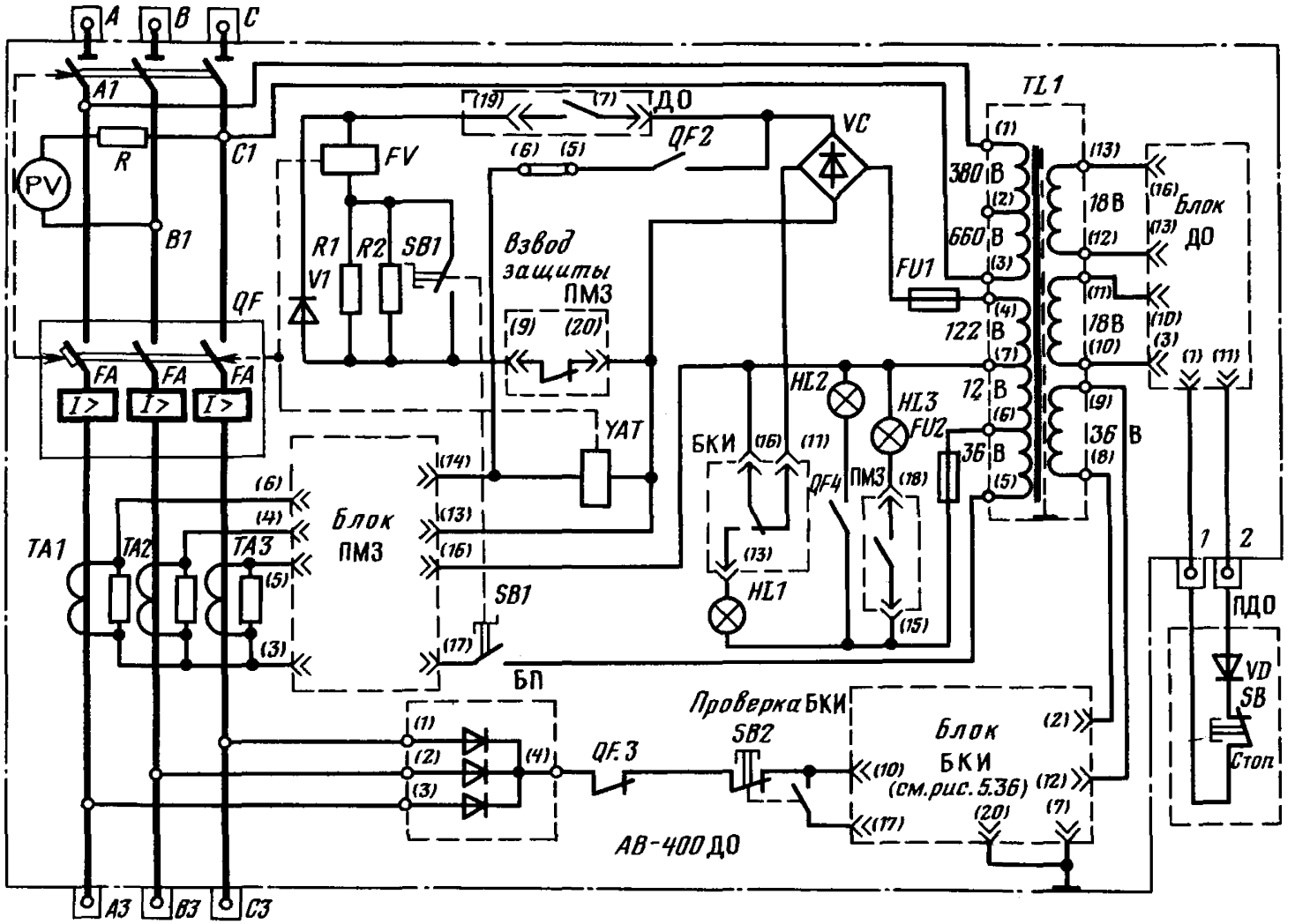


Рис. 6.12. Принципиальная электрическая схема автоматического выключателя АВ-400ДО

Выключатели АВ-320ДО2 и АВ-400ДО2 на 1140 В по конструкции отличаются от аналогичных им автоматов на 660 В тем, что имеют на боковой части корпуса два смотровых окна для визуального контроля положения контактов разъединителя *QS* (рис. 6.13), а конструкция этого разъединителя обеспечивает заземление его ножей в отключенном состоянии. Кроме того, в них отсутствуют блок контроля изоляции БКИ и блок присоединения БП. Вольтметр присоединен к сети не через добавочный резистор, а к дополнительной обмотке трансформатора *TL*. Добавлен второй блок ДО. Конструкция коробки вводов обеспечивает ввод кабелей ЭВТ или ГРШЭ на 1140 В.

Автомат АВ-400ДО2 отличается от автомата АВ-320ДО2 некоторыми техническими данными (см. табл. 6.5) и тем, что имеет реверсирующий разъединитель.

Изоляционные детали встроенных автоматов, разъединителей *QS*, силовых и контрольных выводов, трансформаторов тока и напряжения выполнены из дуго- и влагостойких пресс-материалов. Пути утечки и зазоры увеличены. Активная часть трансформаторов тока, блоки ДО и обмотка 1140 В трансформатора напряжения *TL* залиты эпоксидным компаундом. Длительная эксплуатация автоматов показала, что благодаря указанным конструктивным решениям сопротивление изоляции автоматов относительно корпуса в условиях эксплуатации не снижалось ниже 5 МОм.

Электрические схемы автоматов позволяют подключать к зажимам *5* и *6* в коробке силовых выводов (КСВ) аппаратуру защитного отключения (реле утечки, анализатора метана и т. п.).

В выключателе АВ-320ДО2 перемычка *5—6* установлена в цепи минимального расцепителя *FV*, в выключателе АВ-400ДО2 — в цепи независимого расцепителя *YAT*. Длина кабеля подсоединения при этом не должна превышать 5 м.

При срабатывании ПМЗ расцепитель *YAT* включается и отключает автомат *QF*, а расцепитель *FV* отключается, блокируя автомат от повторного включения. Возврат электрической блокировки защиты ПМЗ в рабочее состояние осуществляется кнопкой *SB1*.

Выключатель АВ-315Р (рис. 6.14) с ручным приводом в отличие от выключателей АВ-200(320)ДО не имеет блокировочного разъединителя силовых цепей, блока ДО, нулевой защиты и блока БРУ. Электрическая схема содержит следующие элементы: автоматический выключатель *QF* с независимым *YAT* и максимальными *FA* расцепителями; блокировочный разъединитель цепей управления *SAT*, блок ПМЗ, трансформаторы тока *TA1 — TA3*; трансформатор напряжения *TL*; выпрямительный мост *VC*; кнопку *SB2* возврата защиты ПМЗ; кнопку *SB1* для контроля уставки блока ПМЗ; сигнальные лампы *H1* и *H2*. Функции, выполняемые схемой пускателя, приведены в табл. 6.2, а технические данные — в табл. 6.5. Описание блока ПМЗ дано в разд. 5.3.8.

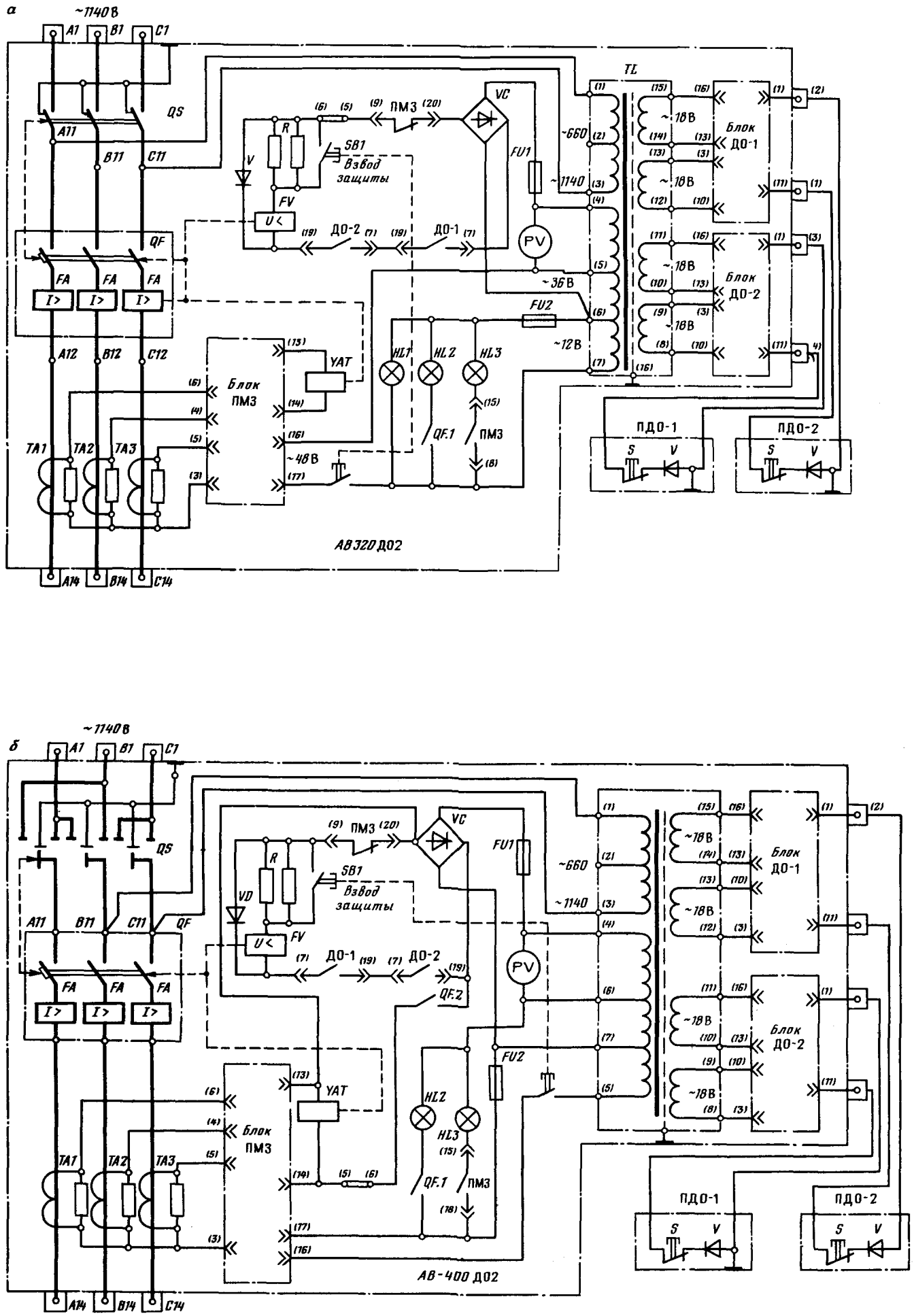


Рис. 6.13. Принципиальная электрическая схема выключателей АВ-320ДО2 (*а*) и АВ-400ДО2 (*б*)

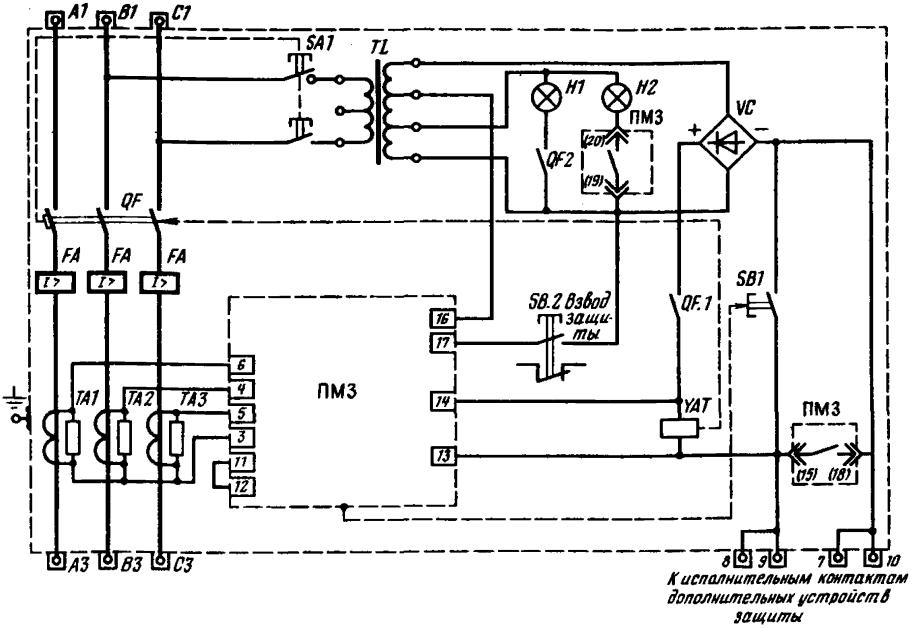


Рис. 6.14. Принципиальная электрическая схема выключателя АВ-315Р

При РНИ автоматов серии АВ дополнительно к изложенному в разд. 6.3.1 необходимо руководствоваться следующим:

1) измерение сопротивления изоляции силовых цепей автомата производить при отсоединенном блоке БРУ, сопротивление изоляции автоматов на 1140 В измерять мегаомметром на 2500 В. По данным завода-изготовителя величина сопротивления изоляции должна быть перед спуском в шахту $\geqslant$6 МОм, а в период эксплуатации — $\geqslant$2 МОм. Так как у автомата, не находящегося под напряжением, нулевой расцепитель препятствует его включению, то измерять сопротивление изоляции относительно земли целесообразно в два приема: сначала от вводных зажимов *A1*, *B1*, *C1* (см. рис. 6.13) до неподвижных контактов автомата *QF* (при включенном *QS*), затем от выходных зажимов *A14*, *B14*, *C14* до подвижных контактов автомата *QF*;

2) при новом включении автоматов АВ обращать внимание на полярность диода в ПДО в соответствии со схемой, так как при обратной полярности подключения диода включение автомата невозможно;

3) уставку тока срабатывания выбирать установкой рукоятки потенциометра блока ПМЗ на соответствующее значение шкалы согласно табл. 5.6;

4) при подаче напряжения на ввод автоматов и включении его блокировочного разъединителя вольтметр должен показывать

напряжение сети, а после нажатия на кнопку «Взвод защиты» и установки рукоятки автоматического выключателя в положение «Включено» должна загораться лампа подсветки шкалы вольтметра с белым светофильтром. При нажатии на кнопку «Стоп» в ПДО или при установке рукоятки выключателя в положение «Отключено» лампа подсветки должна погаснуть;

5) работоспособность БРУ проверять в отключенном положении коммутационного аппарата нажатием кнопки «Проверка БРУ». У выключателей АВ-400ДО нажатием кнопки *SB2* проверить работоспособность блока БКИ. При исправных блоках в обоих случаях должны загораться лампы с желтым светофильтром;

6) проверку блокировки, препятствующей включению автомата при снижении сопротивления в отходящем участке сети ниже уставок 30 или 200 кОм у выключателей АВ-200ДО и ниже уставок 30 или 100 кОм у выключателя АВ-400ДО производить следующим образом. В отделении выводов при отключенном автомате соединить одну из фаз на корпус через сопротивление, равное уставке 30 или 200 (100) кОм либо ниже ее, и попытаться включить автомат. При нормальной работе блокировки автомат не должен включиться.

В случае если к автомату присоединено реле утечки, то, нажимая на его кнопку «Проверка», проверить срабатывание независимого расцепителя автомата;

7) для проверки МТЗ автоматов рукоятку автомата установить в положение «Отключено», открыть быстрооткрываемую крышку автомата, переключатель на блоке ПМЗ установить в положение «Проверка», закрыть быстрооткрываемую крышку и включить автомат. При включении наиболее мощного токоприемника участка должна сработать МТЗ и загореться сигнальная лампа с красным светофильтром;

8) срабатывание электромагнитных расцепителей *FA*, встроенных в привод автомата, проверить в соответствии с указаниями, изложенными в разд. 5.3.4. Ток срабатывания их не должен отличаться от тока уставки более чем на ± 15 %;

9) проверить нулевую защиту автомата снятием с него напряжения. При этом он должен отключиться, а лампа подсветки вольтметра погаснуть. При повторной подаче напряжения на выключатель он должен оставаться в отключенном положении;

10) при срабатывании защиты от обрыва цепи дистанционного отключения и от потери управляемости дистанционного отключения (включенный автомат отключается, а отключенный при включении отключается) выявить причину. Для этого:

а) проверить целость диода в выносном ПДО и полярность его подключения. При необходимости заменить диод;

б) прозвонить контрольный кабель. В случае обрыва жил или их короткого замыкания перейти на резервные жилы (при их наличии) или заменить кабель;

в) в случае невключения аппарата при устранении указанных в пп. «а» и «б» неисправностей заменить блок ДО;

11) длину кабеля, соединяющего выключатель с ПДО, выбрать такой, чтобы общее сопротивление двух жил цепи дистанционного отключения не превышало 25 Ом.

6.3.5. Быстродействующий выключатель АБВ-250

Быстродействующие выключатели АБВ-250 (рис. 6.15) предназначены для применения в очистных и подготовительных выработках шахт, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа и оснащенных системой электроснабжения с автоматическим защитным (опережающим) отключением. Функции, выполняемые автоматом, приведены в табл. 6.2.

Техническая характеристика выключателей АБВ-250

Исполнение	РВ-3В; Иа
Номинальное напряжение, В	660/380
Частота, Гц	50
Номинальный ток, А	250
Предельный допустимый ток отключений, кА, действующее значение при напряжении, В:	
660	11
380	19
Коммутационная износостойкость, циклов включения—отключения	6300
Механическая износостойкость разъединителя, циклов включения—отключения	$\geqslant$2500
Механическая износостойкость выключателя, срабатываний	$\geqslant$10 000
в том числе от быстродействующего привода	2 000
Собственное полное время срабатывания (мс) при трех двухфазных к. з. и однофазных замыканиях на землю через сопротивление экрана кабеля $R_э \leqslant$ 100 Ом	$\leqslant$2,5
Допустимое значение внешней искробезопасной цепи:	
емкости, мкФ	$\leqslant$0,5
индуктивности, мГ	$\leqslant$5
Горизонтальное рабочее положение с допустимым уклоном	$\leqslant$15° в любую сторону
Габаритные размеры, мм	870×850×980
Масса, кг	420

Аппаратура защиты и управления выполнена в виде отдельных, конструктивно аналогичных друг другу блоков БМЗ, УБЗ, РУ, РК-ДО, БРУ, БР в пылевлагонепроницаемых корпусах с контактной штепсельной вилкой. На лицевую часть блоков выведены ручки управления.

Блок питания состоит из двух трансформаторов напряжения, предназначенных для питания блоков выключателя и блоков с искробезопасными выходными цепями. Фильтр присоединения (блок конденсаторов) и головной короткозамыкатель представляют собой блоки, залитые компаундом.

Блокировочный разъединитель (рис. 6.16) ножевого типа предназначен для разрыва силовой электрической цепи при отсут-

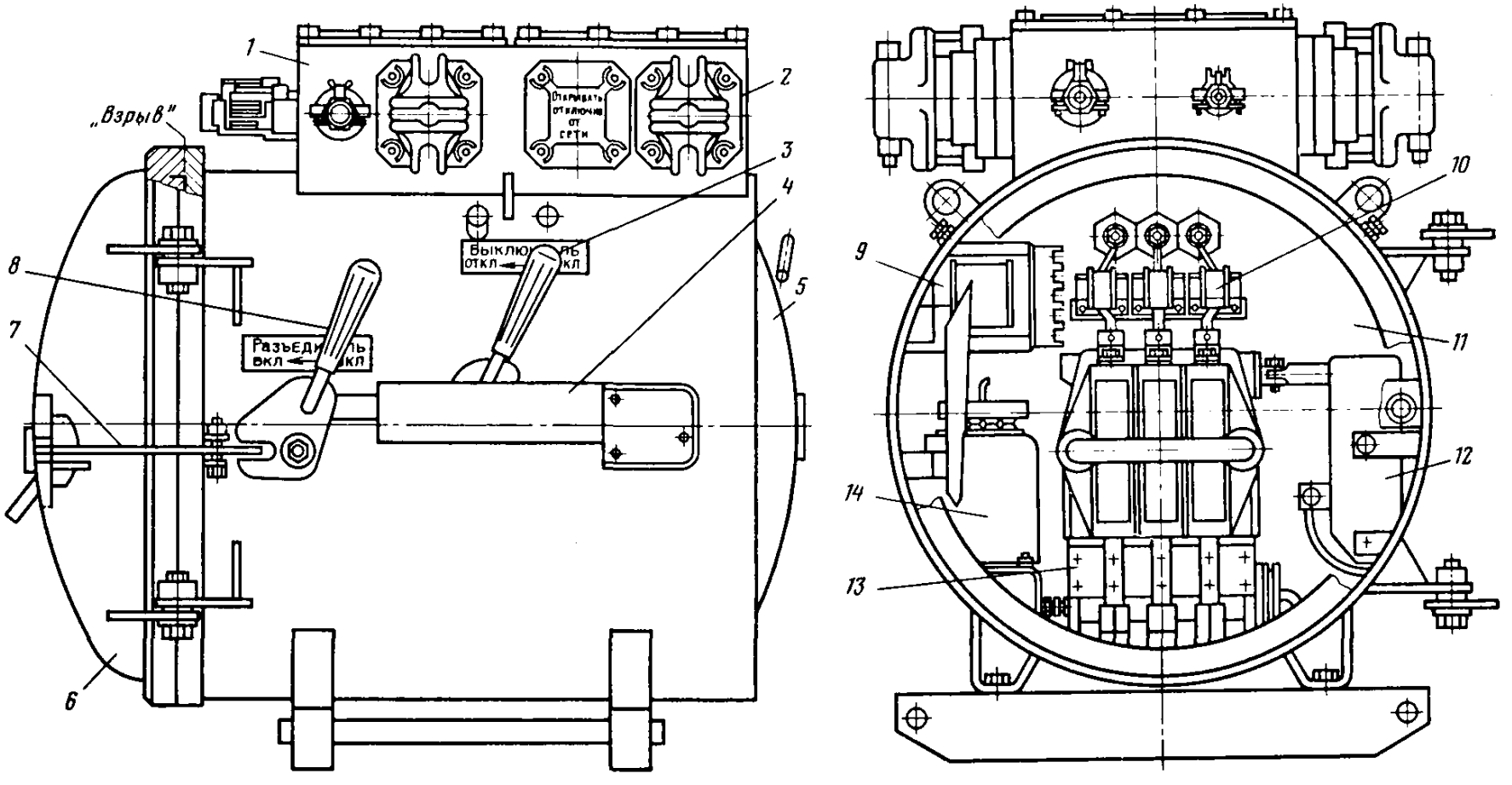


Рис. 6.15. Выключатель АБВ-250:

1 — отделение выводов; *2* — отделение вводов; *3* — рукоятка привода автоматического выключателя; *4* — механическая блокировка; *5* — крышка камеры разъединителя; *6* — быстрооткрываемая крышка; *7* — блокировочная скоба; *8* — рукоятка привода разъединителя; *9* — трансформатор напряжения; *10* — трансформатор тока; *11* — отделение быстродействующего выключателя; *12* — головной короткозамыкатель; *13* — автоматический выключатель; *14* — блок конденсаторов

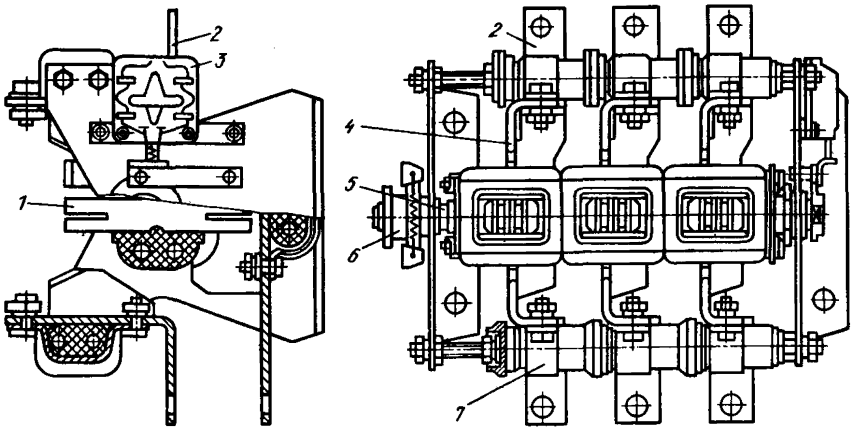


Рис. 6.16. Блокировочный разъединитель ножевого типа выключателя АБВ-250:

1 — подвижные контактные ножи; *2* — выводы; *3* — кнопка закорачивания батареи конденсаторов; *4* — неподвижные контакты; *5* — вал; *6* — фиксатор; *7* — изоляционные втулки

ствии в ней тока нагрузки и закорачивания батареи конденсаторов с помощью блок-контактов. Включение разъединителя осуществляется рукояткой путем поворота вала *5* с подвижными контактными ножами *1* и замыкания их с неподвижными контактами *4*. Включенное и отключенное положение разъединителя фиксируется фиксатором *6*.

Отделения ввода и вывода кабеля допускают подключение и взрывобезопасное уплотнение как гибкого кабеля марок ГРШО, ГРШОП, ГРШЭ, так и бронированного марки СБН с сухой разделкой или заливкой кабельной массой места разделки. Силовые вводы (два) и выводы (четыре) допускают подключение кабеля с жилами сечением 70—120 мм^2 при его наружном диаметре 36—58 мм, а контрольные вводы (два) и вывод — кабеля с жилами сечением 1,5—4 мм^2 при наружном диаметре 18—28 мм.

Быстрооткрываемая крышка предназначена для закрывания и запирания отделения коммутационного аппарата и по принципу действия аналогична крышке автоматов АВ-320ДО.

Механическая блокировка (рис. 6.17) выполнена таким образом, что крышку можно открывать только при отключенном разъединителе и нельзя включить разъединитель при открытой крышке, а также нельзя отключить разъединитель при включенном выключателе.

Схема выключателя (рис. 6.18) объединяет следующие блоки и отделения: БМЗ — блок быстродействующей максимальной токовой защиты; ФП — фильтр присоединения; УБЗ — быстродействующее реле защиты от замыканий на землю; РУ — реле утечки; БК — блок конденсаторов; РК-ДО — блок реле контроля дистанционного отключения; БП — блок питания; ГК — головной

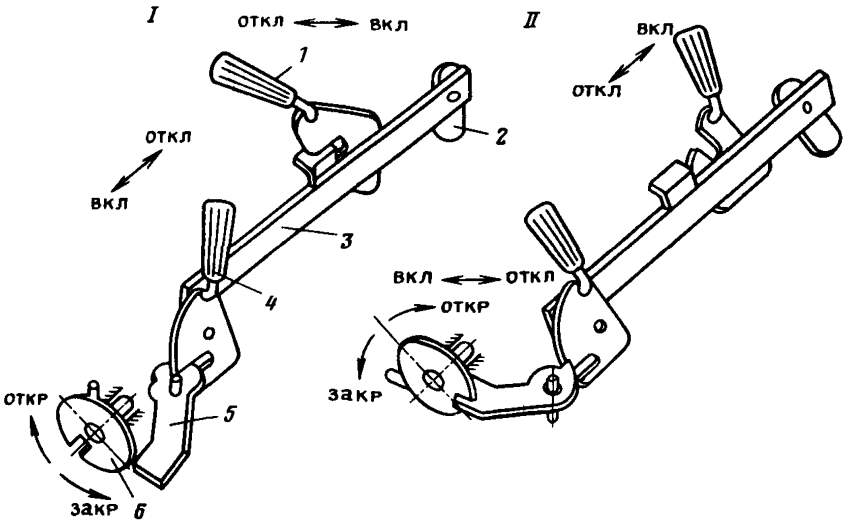


Рис. 6.17. Механизм блокировки выключателя АБВ-250:

1 — рукоятка выключателя; *2* — поводок; *3* — блокировочная тяга; *4* — рукоятка разъединителя; *5* — блокировочный рычаг; *6* — диск-привод со шлицевым вырезом; *I* — разъединитель и выключатель отключены, крышка открыта; *II* — разъединитель и выключатель включены, крышка закрыта

короткозамыкатель; БРУ — *блокировочное реле утечки*; БР — блок реле.

Схема выключателей кроме функций, указанных в табл. 6.2, обеспечивает:

быстродействующую защиту от однофазных (двухфазных) замыканий на землю с сопротивлением изоляции кабеля 3 кОм, проверку ее исправности, сигнализацию об аварийном замыкании на землю;

защиту от однофазных утечек тока на землю с сопротивлением изоляции кабеля 9 кОм при $U_{ном}$ = 380 В и 15 кОм при $U_{ном}$ = = 660 В и от симметричных трехфазных утечек тока с сопротивлением изоляции кабеля 10 кОм/фазу при $U_{ном}$ = 380 В и 30 кОм/фазу при $U_{ном}$ = 660 В, проверку ее исправности и сигнализацию;

блокировку, препятствующую включению выключателя и производящую его отключение при снижении уровня напряжения (менее 500 В) на батарее конденсаторов *С1—С6* в блоке БК и сигнализацию об этом повреждении;

блокировку, препятствующую включению выключателя после срабатывания быстродействующих защит и последующую деблокировку;

подачу отключающего импульса на моторные короткозамыкатели;

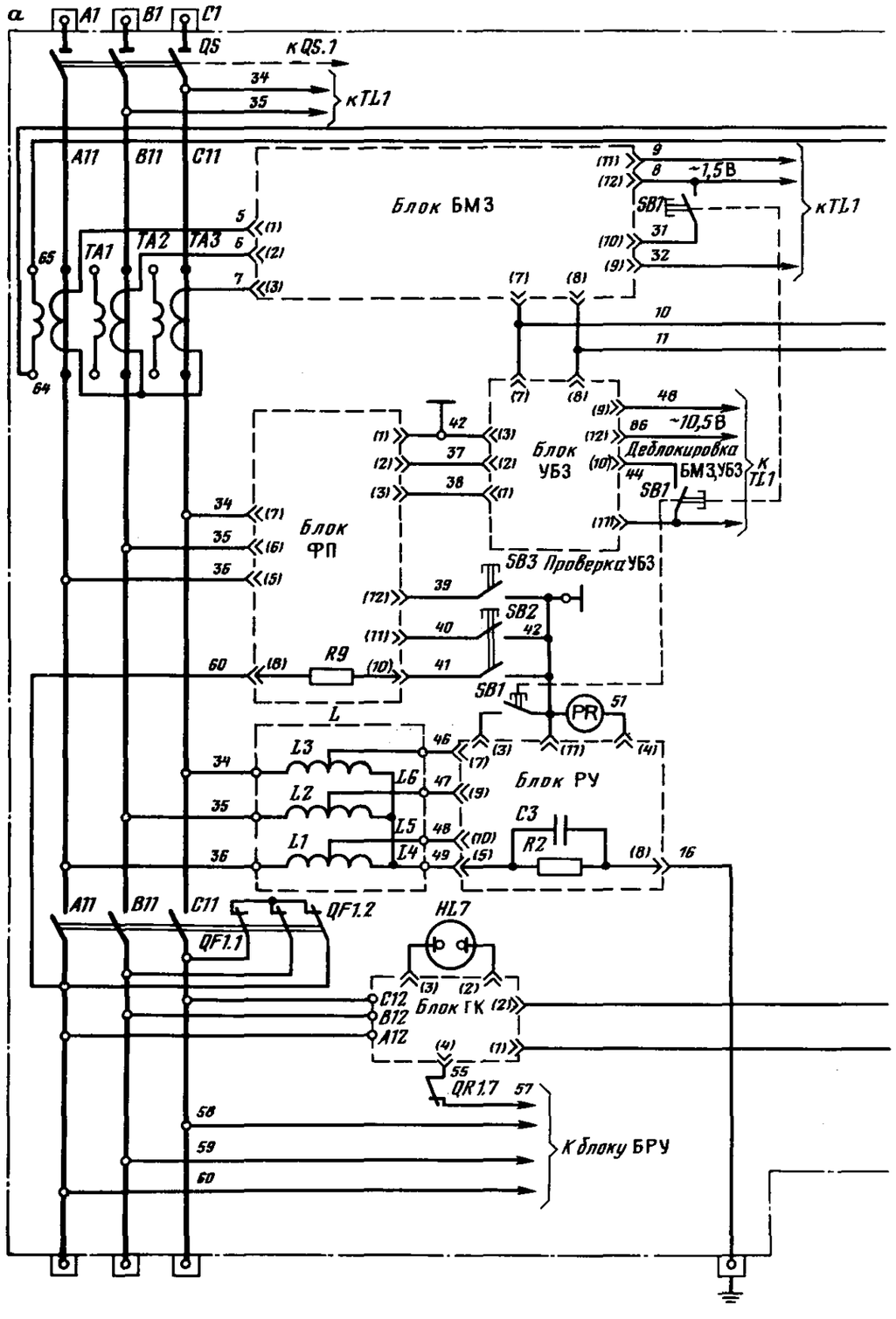
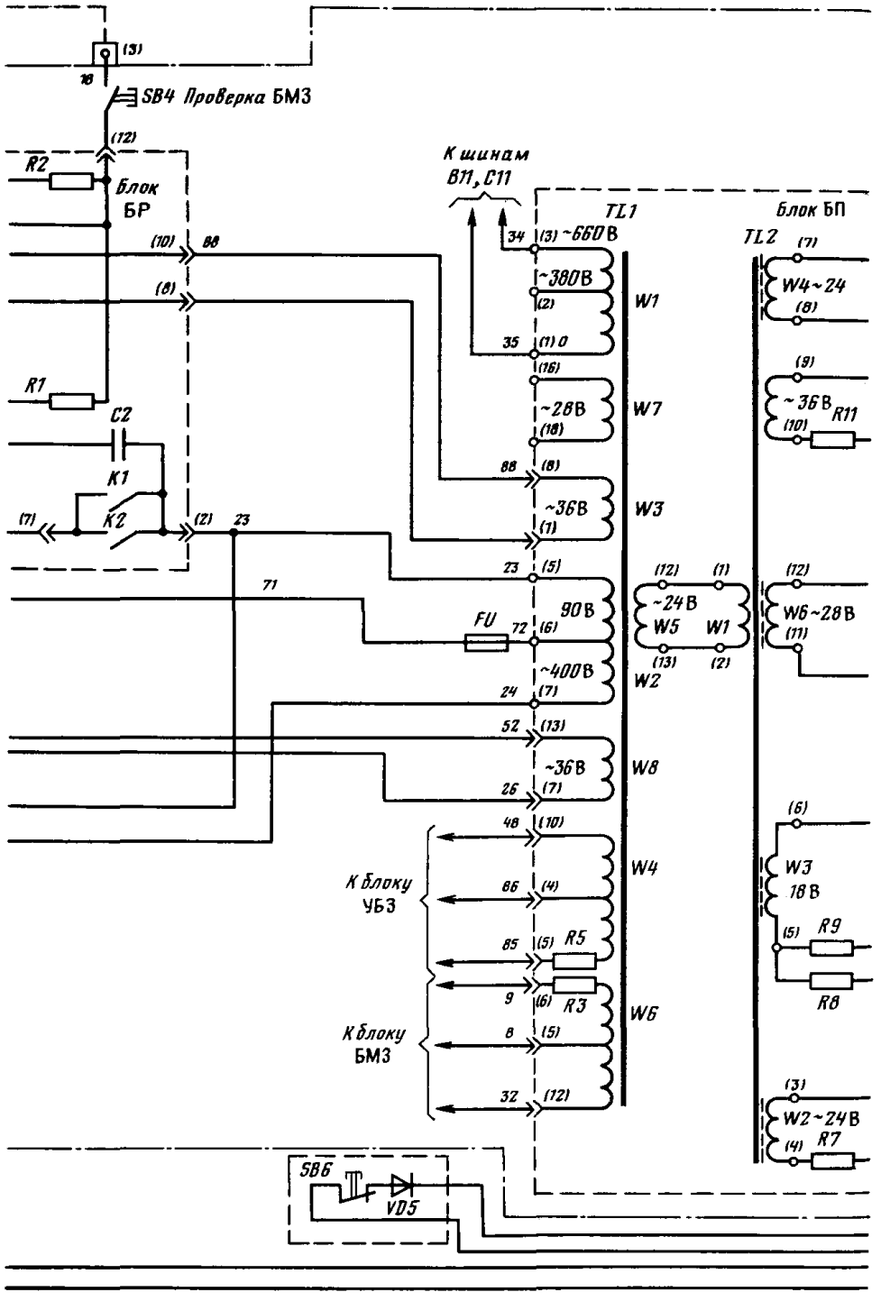


Рис. 6.18. Принципиальная схема выключателя АБВ-250:

а — силовые цепи и блоки управления защиты и сигнализации; *б* — цепи блока питания БП и блока РК-ДО1; *в* — блок фильтра присоединения ФП; *г* — блок головного коротказамыкателя ГК; *д* — блок РУ



Продолжение

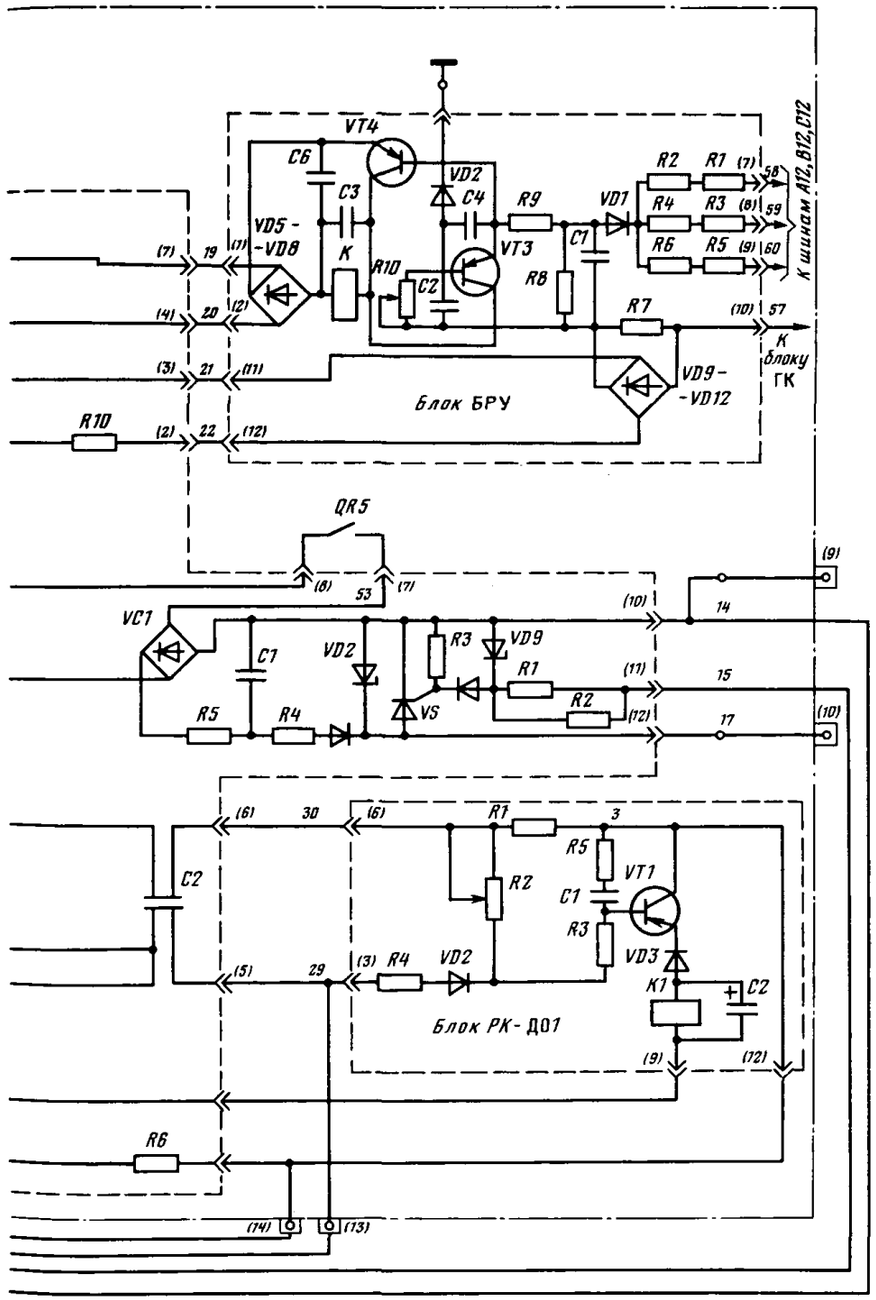
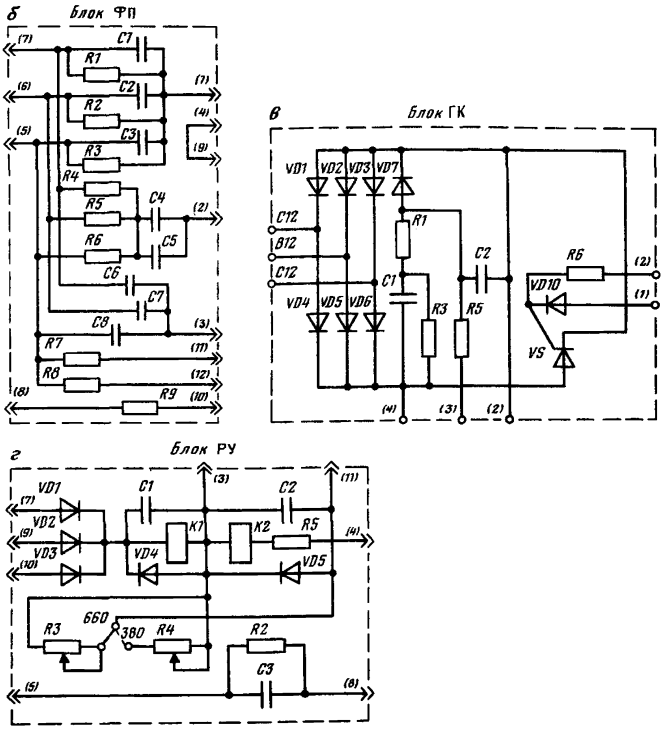


рис. 6.18.



Продолжение рис. 6.18

закорачивание отходящего кабеля при срабатывании быстродействующих защит полупроводниковым головным *ГК* и механическим *QF* короткозамыкателями;

автоматический заряд батареи конденсаторов *C1—C6* в блоке БК при включении разъединителя.

Блок БМЗ (см. разд. 5.3.9). При срабатывании защита подает сигнал в блок БК (см. рис. 6.18, *а*), который воздействует на индукционно-динамический привод быстродействующего выключателя-короткозамыкателя *QF1*. Одновременно от блока БК на зажимы *1* и *2* головного полупроводникового короткозамыкателя *ГК* подается сигнал на его срабатывание.

Возврат защиты БМЗ в исходное состояние после его срабатывания осуществляется кнопкой *SB1* «Деблокировка БМЗ, УБЗ».

Блок УБЗ (см. разд. 5.4). На входе УБЗ имеется схема выделения наибольшего по абсолютной величине тока, поступающего от активной или емкостной частей фильтра присоединения ФП (резисторы *R4—R6* и конденсаторы *C6—C8* в схеме блока ФП

на рис. 6.18, *б*). При снижении сопротивления изоляции сети ниже уставки срабатывания УБЗ последний выдает сигнал в блок БК (см. рис. 6.18, *а*). Дальнейшая работа схемы протекает аналогично, как и при срабатывании БМЗ.

Реле утечки РУ срабатывает во включенном состоянии выключателя при симметричных и несимметричных утечках тока и вызывает отключение выключателя без срабатывания короткозамыкателей.

Напряжение, снимаемое с части обмоток дросселя *L*, выпрямляется диодами *VD1—VD3* и подается на обмотки реле *K1* и *K2*. Через обмотки этих реле протекает ток, зависящий от величины суммарного сопротивления изоляции электрической сети. Реле *K1*, контролирующее заземление автоматического выключателя, включается кнопкой *SB1* «Деблокировка БМЗ, УБЗ». При этом замыкается контакт *K1.1* в цепи питания обмотки реле *K* в блоке БР. Если величина суммарного сопротивления изоляции сети относительно земли становится меньше уставки, реле *K2* в блоке РУ срабатывает. Сработав, реле *K2* своим контактом *K2.1* разрывает цепь питания реле *K* в блоке БР и включает сигнальную лампу *HL1*. Реле *K* блока БР замыкает цепь катушки электромагнитного расцепителя *QF2*. Выключатель отключается.

В блоке БК батарея конденсаторов *C1—C6* является исполнительным органом быстродействующего автоматического выключателя, который заряжается от блока питания БП через резисторы *R9* и диод *VD12* до напряжения 500—530 В. Цепь разряда состоит из тиристора *VS* и катушки индукционно-динамического привода *QF1*. При срабатывании быстродействующих защит подается сигнал на открытие тиристора *VS* и батарея конденсаторов разряжается через катушку индукционно-динамического привода *QF1*.

Блок РК-ДО2 содержит измерительную и исполнительную части схемы контроля заряда батареи конденсаторов *C1—C6* в блоке БК. Измерительная часть схемы состоит из делителя напряжения *R6—R8* и резистора уставки срабатывания *R9* в блоке РК-ДО2. Напряжение, пропорциональное напряжению на батарее конденсаторов *C1—C6*, снимается с переменного резистора *R9* блока РК-ДО и подается на вход усилителя исполнительной части схемы на транзисторах *VT4* и *VT5* и электромагнитном реле *K2*.

Контакты реле *K2* включены в цепь сигнальной лампы *HL2* и в цепь катушки реле *K* в блоке БР. Если на батарее конденсаторов *C1—C6* в блоке БК во время работы заряд окажется ниже 500 В, то сработает блок РК-ДО2 и разорвет своим замыкающим контактом цепь питания реле *K* в блоке БР и замыкающим контактом замкнет цепь питания лампы *HL2*. Реле *K* в блоке БР обесточивается и разрывает цепь электромагнитного расцепителя *QF2* выключателя.

Блок реле контроля дистанционного отключения РК-ДО1 имеет искробезопасные параметры и контролирует увеличение

активного сопротивления, обрыв и замыкание между жилами управления.

Схема ДО содержит мостовую измерительную и исполнительную части.

Плечами мостовой измерительной части схемы являются резисторы *R1*, *R2*, R_x и *R4* (R_x — контролируемая величина сопротивления жил кабеля управления). Исполнительная часть схемы питается от искробезопасной обмотки *W2* трансформатора *TL2* (24 В) и состоит из усилителя на транзисторе *VT1* и реле *K1*, контакт которого *K1.1* включен в цепь катушки реле *K* в блоке БР. Диоды *VD3* и *VD5* служат для однополупериодного выпрямления питающего напряжения.

При замыкании между жилами (аварийный режим) емкость *C1* в отрицательную полуволну напряжения заряжается по цепи *R2*, *R3*, *R5* и разряжается по этому же пути в положительную полуволну. Сопротивление *R3* выбрано таким, чтобы при разряде емкости *C1* в положительную полуволну к базе транзистора *VT1* прикладывался положительный потенциал относительно эмиттера. Транзистор *VT1* при этом будет заперт. Резистор *R5* служит для устранения влияния конденсатора *C1* на рабочие характеристики схемы. Вариконд *C2* введен для обеспечения искробезопасности в режиме коммутации первичной цепи трансформатора *TL2*.

При обрыве или увеличении активного сопротивления жил цепи дистанционного отключения наступает разбаланс моста и к базе транзистора *VT1* прикладывается положительный относительно эмиттера потенциал и транзистор *VT1* запирается.

Головной короткозамыкатель ГК (см. рис. 6.18, *в*) предназначен для закорачивания отходящего кабеля при срабатывании быстродействующих защит. Он присоединяется параллельно выходной силовой кабельной сети и состоит из силовой части и цепей управления и сигнализации.

Силовая часть схемы включает мост *VD1—VD6*, преобразующий переменный ток в постоянный, который коммутируется тиристором *VS*. Для уменьшения скорости нарастания напряжения тиристор *VS* зашунтирован цепочкой *RC*, состоящей из емкости *C1* и резистора *R1*. При включении автоматического выключателя конденсатор *C1* заряжается до напряжения 900 В.

При срабатывании быстродействующих защит со вторичной обмотки *W2* импульсного трансформатора *T* блока БК подается импульс напряжения на управляющий электрод тиристора *VS*, который открывается и закорачивает через трехфазный выпрямительный мост отходящую сеть. Через открытый тиристор *VS* конденсатор *C1* разряжается по цепи *C1 — VS — C2 — R1 — C1*. Конденсатор *C2*, в свою очередь, разряжается через неоновую лампу *HL7*, которая сигнализирует о срабатывании короткозамыкателя. Ориентировочная продолжительность свечения этой лампы 1,5 мин.

Через 1,5 мс (не более) после поступления сигнала на тиристор *VS* ГК срабатывает автоматический выключатель-короткозамыкатель *QF1*, разрывает силовую цепь и контактами *QF1.2* закорачивает отходящий кабель.

Разъединитель имеет вспомогательный размыкающий блок-контакт *QS.1* на напряжение 660 В, который подключается к блоку конденсаторов БК (через резистор *R4* на батарею конденсаторов *C1—C6*). При отключении разъединителя батарея конденсаторов разряжается за время $\leqslant 1$ с. Это время обусловлено постоянной времени τ, которая зависит от параметров *RC* — цепочки, состоящей из резистора *R4* и конденсаторов *C1—C6* в блоке БК.

Автоматический выключатель *QF1* и полупроводниковый короткозамыкатель ГК закорачивают отходящий кабель лишь при срабатывании быстродействующих защит. При срабатывании других защит, которые выдают сигнал только на электромагнитный расцепитель *QF2*, короткозамыкатели выключателя не срабатывают.

При РНИ и ТО выключателя АБВ-250 в дополнение к изложенному в разд. 6.3.1 необходимо руководствоваться следующим:

1) проверку защиты БМЗ производить кнопкой *SB4* «Проверка БМЗ», причем при уставке, выбираемой по шкале в относительных единицах (не более 5). Для проверки БМЗ в отделении выводов установить перемычку между проходными зажимами *2* и *3*, если в цепь короткого замыкания не вводится реактор, ограничивающий ток к. з.;

2) уставку БМЗ регулировать переменным резистором *R1* в блоке БМЗ (см. разд. 5.3.9);

3) проверку УБЗ производить кратковременным нажатием кнопки *SB3* «Проверка УБЗ»;

4) настройку схемы блока РК-ДО1 производить резистором *R2* (см. рис. 6.18, *а*), а блока РК-ДО2 — резистором *R9*.

Завод-изготовитель настраивает блок РК-ДО2 так, чтобы он срабатывал при напряжении 500—530 В на батарее конденсаторов *C1—C6* в блоке БК;

5) сопротивление изоляции силовых цепей должно быть $\geqslant 6$ МОм. При измерении снять блоки управления и защиты;

6) при ежесуточном осмотре проверить целость оболочки и состояние выключателя внешним осмотром (см. разд. 3), работоспособность реле РУ и БРУ (проверку защит УБЗ и БМЗ производить ежесменно). При обнаружении неисправных блоков заменить их исправными;

7) при ежемесячной ревизии, проводимой силами ЭМС шахты, кроме работ, выполняемых ежесуточно, проверить взрывозащитные поверхности, качество уплотнений оболочки и кабелей, зазоры (см. разд. 3), надежность крепления проводов внутреннего монтажа силовой цепи, цепей управления и сигнализации; целость изоляторов проходных зажимов; состояние механической блоки-

ровки; работоспособность блоков УБЗ, БМЗ, РУ, БРУ, РК-ДО, ГК;

8) при периодической РНИ выполнить все работы, проводимые ежемесячно, а также измерить сопротивление изоляции, проверить соответствие уставок БМЗ току срабатывания, измерить напряжения трансформаторов *TL1* и *TL2* согласно рис. 6.18.

6.4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПУСКАТЕЛИ

Шахтные (рудничные) электромагнитные пускатели — коммутирующие устройства, предназначены для работы в трехфазных сетях с изолированной нейтралью напряжением до 1140 В.

Конструктивно рудничный магнитный пускатель представляет собой контактор, который вместе с другими электрическими аппаратами, входящими в схему пускателя (разъединитель, элементы управления, защиты, сигнализации и блокировок), заключен в металлическую оболочку.

Магнитные пускатели бывают реверсирующими и нереверсирующими. В корпуса реверсирующих пускателей встроены два контактора, снабженные механической и электрической блокировками от их одновременного включения.

Рудничные пускатели во взрывобезопасном исполнении выпускаются с искробезопасными цепями управления.

Электрические схемы различных типов магнитных пускателей по своим функциональным возможностям имеют как много общего, так и существенные различия (табл. 6.6). Все пускатели имеют дополнительные выводы, обеспечивающие питание $\approx$36 В цепей освещения, автоматики и т. п. При этом допустимая предельная снимаемая мощность не должна превышать 75 В·А. Электрическая схема пускателей исключает возможность работы пускателя с несколькими видами управления.

Значения максимальных мощностей асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, подключаемых к магнитным пускателям, приведены в табл. 6.7.

6.4.1. Общие указания по ТО и РНИ магнитных пускателей

ТО и РНИ пускателей следует проводить в соответствии с указаниями разд. 3.

В объем ТО перед спуском в шахту входят:

а) проверка правильности выбора пускателя;

б) расконсервация, наружный и внутренний осмотр с частичным вскрытием (см. разд. 3);

в) проверка состояния и измерение сопротивления изоляции электрических цепей (см. разд. 2);

г) проверка и испытание устройств защиты и блокировок (см. разд. 5);

Таблица 6.6

Функции рудничных магнитных пускателей

Функции магнитных пускателей, обеспечиваемые электрическими схемами	Типы магнитных пускателей						
	ПМВИ-03М, ПМВИ-03А	ПМВИ-61, ПМВИР-41, ПМВИР-51	ПВИ-25Б (63Б, 125Б, 250Б), ПВИ-320	ПВИР-250	ПВИ-63БТ, ПВИ-125БТ	ПВИ-32	ПВ-1140, ПВВ-320—1140/660
1	2	3	4	5	6	7	8
Местное отключение кнопкой «Стоп»	X	X	X	X	X	X	X
Дистанционное управление	X	X	X	X	X	X	X
Защита от токов к. з. (МТЗ)	X	X	X	X	X	X	X
Сигнализация о срабатывании МТЗ	X	—	X	X	X	X	X
Проверка МТЗ	X	—	X	X	X	—	X
Нулевая защита	X	X	X	X	X	X	X
Защита от потери управляемости при обрыве или замыкании жил дистанционного управления между собой и с заземляющей жилой	X	X	X	X	X	X	X
Защита от обрыва или увеличения сопротивления заземляющей жилы выше допустимой величины	X	X	X		X	X	X
Блокировочное реле утечки (БРУ)	X	X	X	X	X	X	X
Сигнализация о срабатывании БРУ	X	X	X	X	X	X	X
Проверка БРУ	X	X	X	X	X	X	X
Проверка исправности схемы управления и цепи втягивающей катушки без подачи напряжения в отходящее присоединение со световой сигнализацией	X *1	—	X	X	X	X	X
Взаимная электрическая блокировка последовательности включения пускателей	X	X	X	X	X	X	X
Защита от перегрузки со световой сигнализацией о срабатывании и проверка ее исправности	—	—	—	—	X	X	—
Защита от самовключения при $U_c = 1{,}5\ U_{ном}$	X	—	X	X	X	X	X
Реверсирование ручное	X	X *2	X	—	X	—	X
Реверсирование дистанционное	—	X *3	—	X	—	—	—

*1 — Имеют только выводы блок-контактов контактора (без встроенных диодов).
*2 — Для пускателей ПМВИ-61.
*3 — Кроме пускателей ПМВИ-61.

Таблица 6.7

Значения максимальных мощностей асинхронных двигателей с к. з. ротором, подключаемых к магнитным пускателям

Тип пускателя	Мощность (кВт) при напряжении сети, В		
	380	660	1140
ПВИ-25Б	13	22	—
ПВИ-32	28	28	—
ПВИ-63Б; ПВИ-63БТ	32	55	—
ПМВИ-13М, ПМВИ-13А	32	55	—
ПМВИР-41	30	40	—
ПМВИР-51	55	75	—
ПМВИ-23М, ПМВИ-23А	55	100	—
ПВИ-125Б; ПВИ-125БТ	55	100	—
ПМВИ-61	105	140	—
ПВИ-250Б; ПВИ-250БТ; ПВИР-250	125	200	—
ПВИ-320А	160	280	—
ПВ-1140-2×25	—	—	2×30
ПВ-1140-2×63	—	2×55	2×80
ПВ-1140-250	—	280	320
ПВВ-320, ПВВ-320Т	—	280	400

Примечание. Приведенные значения соответствуют прерывисто-продолжительному режиму работы пускателей.

д) контрольная проверка работоспособности пускателя в электроцехе (по испытательным схемам) с измерением и фиксированием отдельных параметров пускателя.

После монтажа дополнительно требуется произвести:

а) проверку состояния выработки в месте монтажа пускателя;

б) проверку правильности монтажа (см. разд. 3);

в) проверку состояния заземляющих устройств и измерение сопротивления заземления (см. разд. 3.13);

г) пробное включение пускателя под напряжение, настройку и регулировку его в рабочем режиме.

ТО-1, ТО-2, ТО-3, текущие и неплановые ремонты выполняют в объемах и в сроки согласно указаниям, изложенным в разд. 1 и в технологических картах, разработанных Институтом горного дела им. А. А. Скочинского.

При выполнении всех видов ТО и РНИ магнитных пускателей необходимо руководствоваться как общими для всех магнитных пускателей требованиями и методическими указаниями, так и конкретными для каждого типа пускателя. В зависимости от конкретных условий эксплуатации и состояния оборудования может быть выполнен полный или сокращенный объем работ.

Общие для большинства магнитных пускателей методические указания при выполнении ТО и РНИ:

1) проверить условия работы эксплуатируемого пускателя и состояние подвижных элементов (контактов, подшипников,

электромагнитов, пружин, зазоров «Взрыв» и т. д.), проверить крепления, отрегулировать элементы защиты. Оценить, пригодны ли отдельные элементы и пускатель в целом для эксплуатации в заданном режиме работы;

2) установить пускатели горизонтально (допускается отклонение в любую сторону до 15°);

3) не отключая пускатель от сети, проверить четкость его включения — отключения (цикл В—О) при способе управления, который выбран на момент проверки (произвести кнопками не менее трех циклов В—О), и убедиться, что при нажатой кнопке «Стоп» пускатель не включается кнопкой «Пуск». Проверить на слух работу пускателя — во включенном положении он должен издавать легкий и ровный гул. Причинами усиленного или неровного гудения контактора могут быть: плохое крепление якоря и сердечника; нарушение шихтовки магнитопровода (сердечника якоря); отсутствие или повреждение короткозамкнутого медного витка на верхней части сердечника; неплотное прилегание якоря к сердечнику вследствие загрязнения, перекоса, искривления или забоин на плоскостях прилегания; чрезмерное нажатие контактов; несоответствие контакторной катушки паспортным данным;

4) крышку вскрывать в последовательности:

а) у пускателей серий ПМВИ и ПМВИР снять напряжение с ввода пускателя; нажать на толкатель кнопки «Стоп» пускателя и поворотом рукоятки разъединителя выключить его; специальным ключом ввернуть блокировочный винт, расположенный на корпусе пускателя; повернуть крышку против часовой стрелки и снять ее на себя;

б) у пускателей серий ПВИ, ПВИР, ПВ-1140-250, ПВ-1140, ПВВ-320 нажать на толкатель привода кнопки «Стоп» пускателя и повернуть рукоятку привода разъединителя в положение «Отключено»; разблокировать привод замка крышки; с помощью специального ключа повернуть приводной валик замка быстрооткрываемой крышки в направлении «Откр»; открыть крышку;

5) проверить исправность блокировки быстрооткрываемой крышки. При повороте рукоятки в любую сторону от положения «Отключено» кнопка «Стоп» должна сама выйти из гнезда. Не нажимая ее, попытаться перевести рукоятку в положение «Отключено», рукоятка не должна переводиться. Обратить внимание на целость штифта (шпонки) между рукояткой и валиком;

6) все подвижные части (вал разъединителя, шарниры быстрооткрываемой крышки и т. п.) проверить на легкость работы (от руки), промыть керосином с удалением старой смазки и нанесением новой;

7) соблюсти порядок операций при проверке УМЗ, встроенных в пускатели:

выключить разъединитель, открыть быстрооткрываемую крышку, перевести рукоятки тумблеров блока УМЗ в положе-

ние «Проверка», закрыть быстрооткрываемую крышку и включить разъединитель, кнопкой «Пуск» запустить двигатель (при этом должна сработать УМЗ и загореться сигнальная лампа с красным светофильтром);

после проверки взвести УМЗ, перевести рукоятки тумблеров в положение «Работа», закрыть быстрооткрываемую крышку и опломбировать замок;

8) при наличии выведенных в камеру контрольных выводов дополнительных зажимов напряжением 36 В от встроенных в пускатели промежуточных трансформаторов проверить величину суммарной мощности подключенных к ним потребителей, которая не должна превышать 75 В·А, а потребители должны быть подключены отрезком кабеля длиной $\leqslant$10 м без применения тройниковых муфт и кабельных коробок;

9) при совмещении в одном кабеле силовых и искробезопасных цепей применять только экранированные кабели;

10) при измерении сопротивления изоляции электрических цепей пускателя в сборе блоки управления и защиты должны быть сняты. Кроме того, следует отсоединять контрольные жилы искробезопасных цепей и снять предохранитель цепей управления.

Изоляцию силовых цепей пускателей на напряжение 1140 В измерять мегаомметром на 2500 В, пускателей на напряжение до 660 В — мегаомметром на 1000 В между фазами и относительно земли. Норма для новых пускателей: одной фазы — 10 МОм, общая для трех фаз — $\leqslant$3 МОм; норма для находящихся в эксплуатации: одной фазы — 5 МОм, общая — 2 МОм.

Изоляцию контрольных цепей проверять мегаомметром на 500 В также на всех участках, но только относительно земли. Минимальное сопротивление изоляции 0,5 МОм.

При заниженном сопротивлении изоляции следует, разбивая схему на участки и отсоединяя кабели, отыскать место повреждения изоляции.

6.4.2. Особенности РНИ контакторов серий КТ 6000, КТ 7000, КТ 7100, КТУ, КТ 12Р

В рудничных магнитных пускателях в качестве главного коммутирующего аппарата применяют в основном контакторы серий КТ 6000, КТ 7000, КТ 7100 и КТ 12Р с индексами «Р» или «У», специально предназначенные для использования их во взрывобезопасных оболочках шахтных электроаппаратов. Большое применение в рудничных магнитных пускателях получили контакторы серии КТУ (КТУ-2А, КТУ-4А, КТУ-4Б).

Краткое описание и методические указания по РНИ контакторов приведены ниже.

Контакторы КТ 6043АР и КТ 6043БР встраивают в оболочки рудничных пускателей ПВИ-320 и ПВИ-1140-250. Контакторы

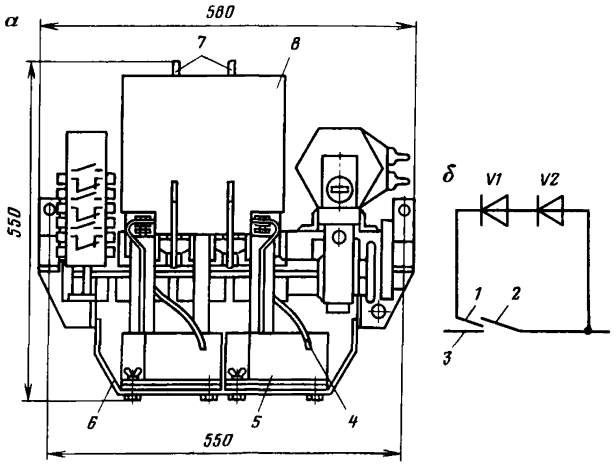


Рис. 6.19. Контактор КТ 6043БР:
а — общий вид; *б* — схема шунтирования диодами дугового промежутка

имеют изоляционные детали из дугостойкой пластмассы и керамические дугогасительные камеры с пламегасителями, ограничивающими выброс дуги в оболочку.

Контактор КТ 6043БР (рис. 6.19, *а*) отличается от КТ 6043АР тем, что для повышения эффективности дугогашения и, следовательно, его работоспособности при напряжении 1140 В часть дугового промежутка зашунтирована диодами (рис. 6.19, *б*). Для этого в дугогасительную камеру введен дополнительный рог *1*. К нему и к контакту, связанному с подвижным контактом *2*, присоединены диоды *V1*, *V2*. В полупериод, когда ток через контакты проходит в направлении, совпадающем с проводящим направлением диодов, дуга горит лишь между дополнительным рогом *1* и неподвижным контактом *3*, а в промежутке между рогом *1* и подвижным контактом *2* она не горит, так как промежуток зашунтирован диодами *V1*, *V2*. При изменении направления тока в цепи контактов дуга, как правило, повторно не загорается, так как электрическая прочность воздушного промежутка между рогом *2* и контактом *1* оказывается достаточно высокой.

Блоки диодов *5* (см. рис. 6.19, *а*) смонтированы на скобе *6* и присоединены к контактам и дополнительным рогам проводами *4*. Чтобы дуга, образующаяся при размыкании контактором силовой цепи, не могла касаться стенки оболочки пускателя и, следовательно, чтобы не сработал аппарат защиты от тока утечки, все три дугогасительные камеры контактора КТ 6043БР закрыты изоляционной крышкой *8*. Между дугогасительными камерами раз-

личных полюсов устанавливают изоляционные перегородки *7*, препятствующие соприкосновению дуг соседних полюсов и возникновению дугового к. з. на контактах контактора.

При РНИ контакторов КТ 6043АР и КТ 6043БР дополнительно к изложенному в разд. 6.4.1 необходимо руководствоваться следующим:

1) к катушкам электромагнитов контакторов КТ 6043АР подается выпрямленный однополупериодный ток от источника переменного напряжения 380 В с шунтированием катушки во второй полупериод дополнительным диодом;

2) для обеспечения нормальной работы контакторов КТ 6043АР и КТ 6043БР растворы, провалы, начальное и конечное нажатия главных контактов должны соответствовать данным табл. 6.8;

3) произвести замеры параметров контактной системы (рис. 6.20). Раствор $l_р$ контактов регулируют поворотом четырехгранного бруска *1* вокруг его оси, который служит упором для якоря магнитной системы в отключенном положении контактора. Расстояние от оси до разных граней бруска *1* различное, поэтому вращением бруска изменяют раствор магнитной системы и, следовательно, раствор контактов — главных и вспомогательных.

Провал $l_п$, т. е. положение подвижного контакта, регулируют винтом *4*.

Начальные нажатия измеряют при разомкнутых контактах. Для этого между держателем *5* и регулировочным винтом *4* вкла-

Таблица 6.8

Технические характеристики и регулировочные данные контакторов КТ 6043АР и КТ 6043БР

Параметры	Тип контактора	
	КТ 6043АР	КТ 6043БР
Номинальное напряжение, В	660	1140
Номинальный ток, А	400	
Предельная отключающая способность, кА	4,8	3,2
Данные катушек контакторов:		
марка провода	ПЭТВ	
диаметр провода, мм	0,62	
число витков	2200	2000
сопротивление постоянному току, Ом	40	
Нажатие на один главный контакт, Н:		
начальное	63,7 ± 1,96	
конечное	130 ± 12	
Раствор главных контактов, мм	11,25 ± 1,25	
Провал главных контактов, мм	3,85 ± 0,15	
Неодновременность касания главных контактов, мм	0,5	
Габаритные размеры, мм	580×383×337	580×530×345
Масса, кг	52	58

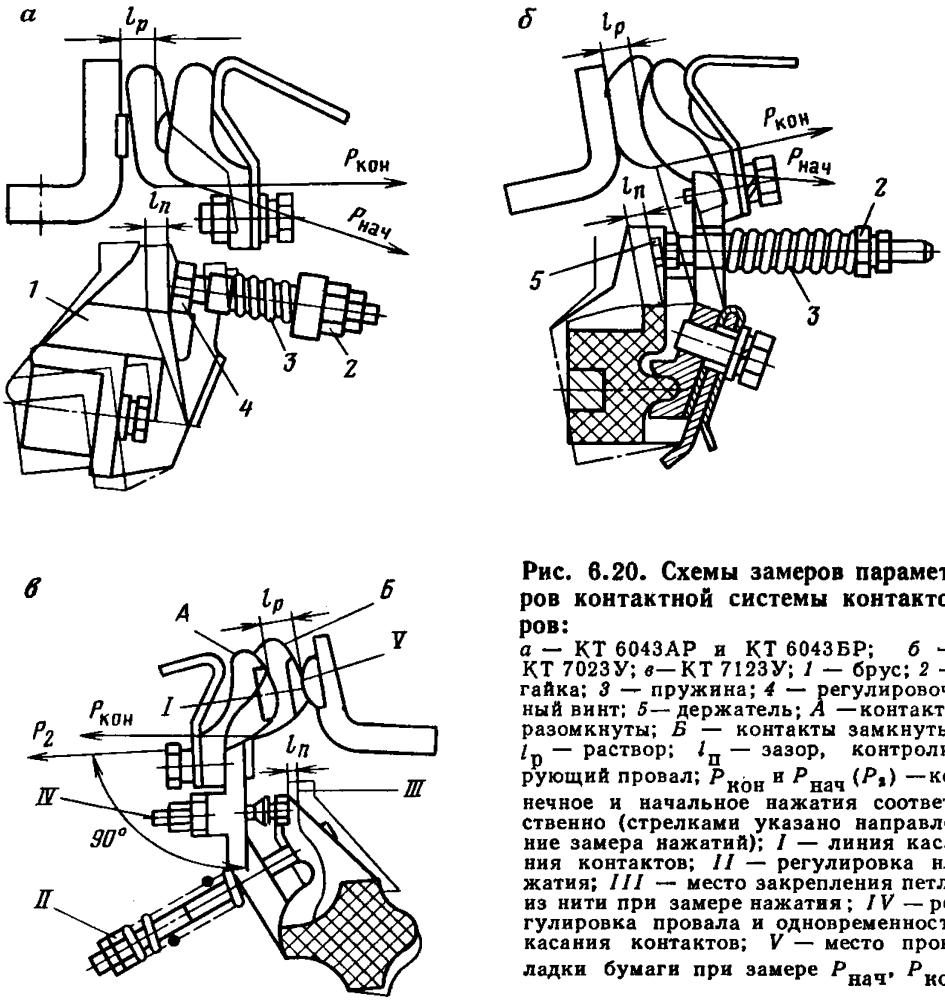


Рис. 6.20. Схемы замеров параметров контактной системы контакторов:
а — КТ 6043АР и КТ 6043БР; *б* — КТ 7023У; *в* — КТ 7123У; *1* — брус; *2* — гайка; *3* — пружина; *4* — регулировочный винт; *5* — держатель; *А* — контакты разомкнуты; *Б* — контакты замкнуты; $l_р$ — раствор; $l_п$ — зазор, контролирующий провал; $P_{кон}$ и $P_{нач}$ (P_2) — конечное и начальное нажатия соответственно (стрелками указано направление замера нажатий); *I* — линия касания контактов; *II* — регулировка нажатия; *III* — место закрепления петли из нити при замере нажатия; *IV* — регулировка провала и одновременности касания контактов; *V* — место прокладки бумаги при замере $P_{нач}$, $P_{кон}$

дывают тонкую бумажную полоску. Затем через динамометр оттягивают главный контакт, увеличивая усилие до тех пор, пока винт *4* не оторвется от держателя *5*. Это положение определяют по моменту, когда полоску бумаги можно свободно вынуть. По показанию динамометра в этот момент определяют начальное нажатие на контакт, регулируя его гайкой *2*, изменяющей сжатие пружины *3*. После регулировки положение гайки *2* должно быть зафиксировано контргайкой.

Для определения конечного нажатия на контактах между подвижным и неподвижным контактом вкладывают бумажную полоску и включают контактор. В остальном конечное нажатие определяется так же, как и начальное. Конечное нажатие главных контактов контакторов КТ 6043АР и КТ 6043БР не регулируется. Если это нажатие не соответствует значениям, указанным в табл. 6.8, то следует заменить пружину *3* и заново произвести регулировку начального нажатия контактов. Затем повторно замерить их конечное нажатие;

4) параметры вспомогательных контактов контакторов выставляются на заводе-изготовителе и в условиях эксплуатации не регулируются.

Контакторы КТ 7013У и КТ 7023У (индекс «У» — угольный означает применение в оболочках взрывобезопасных аппаратов) имеют конструкцию поворотного (клапанного) типа. На стальной рейке смонтированы все элементы: три изоляционные колодки с установленными в их верхней части неподвижными контактами и шинами для присоединения подводящих проводов. На нижних частях колодок имеются болты для подключения отходящих к нагрузке проводок и для гибких связей этих болтов с подвижными контактами. Подвижные контакты закреплены на изоляционном валу, вращающемся в подшипниках. Подшипники установлены в скобках, смонтированных на рейках. Подвижные и неподвижные контакты находятся в дугогасительных асбестоцементных камерах, механически соединенных в один блок.

При РНИ контакторов КТ 7013У и КТ 7023У дополнительно к изложенному в 6.4.1 необходимо руководствоваться следующим:

1) контакторы выпускаются для применения в сетях на напряжение до 660 В частотой 50 Гц;

Таблица 6.9

Технические характеристики и регулировочные данные контакторов КТ 7013У и КТ 7023У

Параметры	Тип контактора	
	КТ 7013У	КТ 7023У
Номинальное напряжение, В	660	
Номинальный ток, А	63	125
Данные катушек контакторов:		
число витков при напряжении, В:		
380	2470	
660	4290	
марка провода	ПЭВ-2	
диаметр провода (мм) при напряжении, В:		
380	0,27	
660	0,2	
сопротивление (Ом) при напряжении, В:		
380	130	
660	450	
Нажатие на один главный контакт, Н:		
начальное	14,7—15,7	
конечное	17,6—21,6	
Раствор контактов, мм	7,5—8,5	
Провал контактов, мм	1,7—2,0	
Неодновременность касания главных контактов, мм	$\leqslant$0,3	
Габаритные размеры, мм	380×213×177	
Масса, кг	7,4	

Таблица 6.10

Технические характеристики контакторов КТ 7100У

Параметры	Тип контактора		
	КТ 7113У	КТ 7123У	КТ 7133У
Номинальное напряжение, В	660		660
Номинальный ток, А	63	125	160
Коммутационная способность, кА:			
включающая (амплитудное значение)	2,7	4,6	5,75
отключающая (действующее значение)	1,5	2,5	3,12
Данные катушек контакторов:			
марка провода	ПЭТВ		—
диаметр провода (мм) при напряжении, В:			
380	0,28		—
660	0,224		—
число витков при напряжении, В:			
380	2210 ± 20		—
660	3840 ± 20		—
сопротивление (Ом) при напряжении, В:			
380	140		—
660	294		—
Масса, кг	7,4		7,6

2) методика замеров параметров контактной системы контакторов такая же, как для контакторов КТ 6043АР и КТ 6043БР (см. рис. 6.20). Параметры должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 6.9.

Контакторы серии КТ 7100У (табл. 6.10) по конструкции аналогичны контакторам КТ 7000У, но в отличие от них имеют узкощелевые дугогасительные камеры из пластмассы ДО-2 и катушки магнитного дутья, расположенные в этих камерах. Катушки создают силу, перемещающую дугу в дугогасительные камеры. На выводе из камер установлены пламегасители в виде витых пружин. Для повышения надежности электромагнитов катушки опрессованы пластмассой: это исключает доступ к проводам обмоток агрессивной шахтной атмосферы.

Контакторы имеют по два или три замыкающих и размыкающих вспомогательных контакта со следующими параметрами.

Наибольшее напряжение, В 660
Наибольший длительный ток, А 10
Коммутационная способность (А) при напряжении, В:
660
включающая 20
отключающая 3
380
включающая 50
отключающая 5

Блок вспомогательных контактов закреплен на рейке сзади контактора. Благодаря этому сокращены длина контакторов и диаметр взрывонепроницаемых оболочек, в которые встраиваются контакторы.

РНИ контакторов КТ 7100У проводят в том же объеме и по той же методике, что и для контакторов КТ 7000У. Регулировочные данные нажатий, растворов и провалов те же, что и для КТ 7000У.

Контакторы типов КТУ-2, КТУ-4 (табл. 6.11) предназначены для работы в условиях, аналогичных условиям применения контакторов КТ 7100У.

Контактор КТУ-2А (рис. 6.21) имеет подвижную прямоходную систему, приводимую в движение якорем электромагнита, ярмо которого с надетой на средний стержень катушкой закрепляется в пластмассовом корпусе. Нажатия на контактах обеспечиваются пружинами, установленными между подвижными контактами и втулками, упирающимися в рейку. Между контактами и рейкой укреплены дугогасительные рога — стальные омедненные треугольные пластины, соединенные заклепками. Каждый неподвижный контакт с дугогасительным рогом и соответствующая ему часть мостика подвижного контакта и дугогасительного рога размещены в отдельных дугогасительных камерах. Камера представляет собой две керамические щеки с пазами на внутренних стенках, соединенные пластинчатой пружиной. В пазы вставлены стальные омедненные пластины деионной решетки. Одна дугогасительная камера каждого полюса контактора вставляется в корпус контактора, а другая — в пластмассовую крышку.

Группа вспомогательных контактов содержит по два контакта, каждый из которых может быть собран как замыкающий или размыкающий. В контакторе имеются также два замыкающих вспомогательных контакта, цепи которых выведены на зажимы, расположенные внизу корпуса контактора.

Контакторы КТУ-4А, КТУ-4Б (рис. 6.22) аналогичны по конструкции контактору КТУ-2А, но отличаются тем, что в каждом полюсе главной цепи установлены по два контакта, включенных параллельно друг другу. Для этого на неподвижных контактах каждого полюса предусмотрены две металлокерамические напайки, с которыми контактируют два подвижных мостиковых контакта, смонтированных на контактной рейке.

Ярмо электромагнита контакторов КТУ-4А, КТУ-4Б имеет П-образную форму. На каждый стержень надет каркас с катушкой. Катушки соединяются последовательно и согласно, т. е. так, чтобы магнитные потоки в магнитопроводе, создаваемые токами в катушках, были направлены согласно. Якорь электромагнита плоский. Контакторы КТУ-4А и КТУ-4Б различаются только тем, что электромагниты контакторов КТУ-4А питаются переменным током, а КТУ-4Б — выпрямленным (рис. 6.23).

Таблица 6.11

Технические характеристики и регулировочные данные контакторов серии КТУ

Параметры	Тип контактора				
	КТУ-2А	КТУ-2Е	КТУ-4А	КТУ-4Б	КТУ-4Е
Номинальное напряжение, В	660	1140	660	660	1140
Номинальный ток, А	63	63	250	250	250
Коммутационная способность, кА:					
включающая (амплитудное значение)	2,7	1,65	7,0	7,0	5,6
отключающая (действующее значение)	1,5	1,0	4,0	4,0	3,0
Коммутационная способность вспомогательных контактов, А:					
при напряжении 660 частотой 50 Гц:					
включающая	40	40	20	20	20
отключающая	6	6	6	6	6
при постоянном токе в сети 36, 110, 220 В	2,5	2,5	1; 0,5 *	1; 0,5 *	1; 0,5 *
Масса, кг	6,9	6,9	25,5	25,5	25,5
Данные катушек контакторов:					
выпрямленное напряжение, В	—	—	—	380	380
напряжение частотой 50 Гц, В	36; 127	40	127; 220;	—	40
	380; 400;	40	380; 400;	—	40
	415; 440;	40	415; 440;	—	40
	500; 660	40	500; 660	—	40
марка провода	ПЭТВ	ПЭТВ	ПЭТВ	ПЭТВ	ПЭТВ
диаметр провода, мм	0,21	0,57	0,69	0,29	0,9
число витков	3380	650	660	4000	380
сопротивление, Ом	300 ± 20	7,5 ± 0,4	7,5 ± 0,4	257 ± 10	2,4 ± 0,1
Неодновременность касания главных контактов, мм			⩽0,5		
Нажатие на один мостик главного контакта, Н:					
начальное	12,2—17,1	12,2—17,1	24,5±2,45	24,5 ± 10 %	24,5 ± 10 %
конечное	20,4—24,3	20,4—24,3	31,85±3,2	31,85 ± 10 %	31,85 ± 10 %
Раствор контактов, мм	7,2—8,5	7,2—8,5	8±0,5	8 ± 0,5	8 ± 0,5
Провал контактов, мм	4,5—5,8	4,5—5,8	5±0,5	5 ± 0,5	5 ± 0,5

Примечание. Обмоточные данные для КТУ-4А и КТУ-4Б приведены для одной катушки. Для контакторов КТУ-2А и КТУ-4А, обмоточные данные приведены на напряжение 660 В.

* При выпрямленном токе

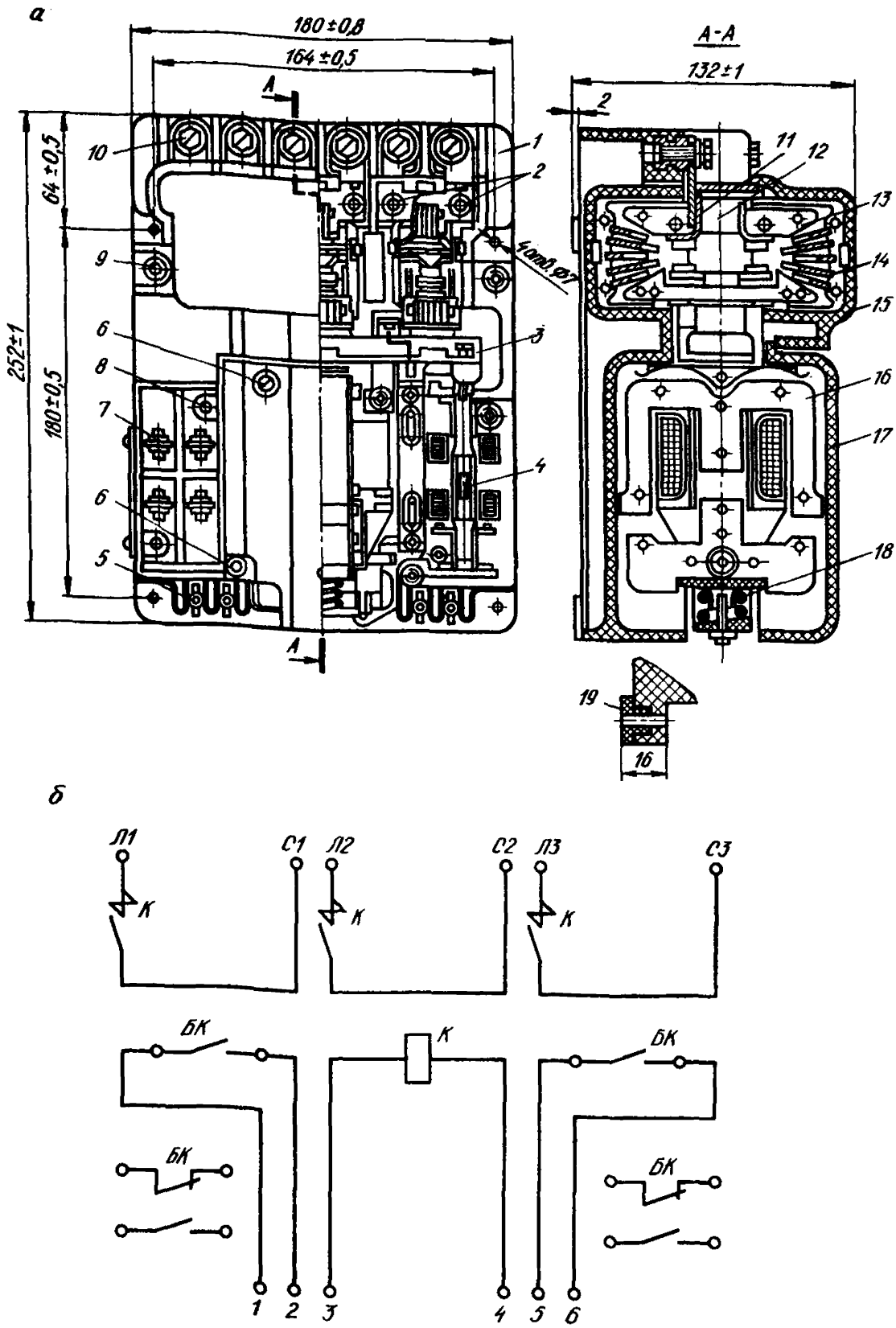


Рис. 6.21. Контактор КТУ-2А:

а — конструкция; *б* — электрическая схема; *1* — основание; *2* — винт; *3* — подвижная система (траверса); *4* — блок-контакты; *5, 7* — винты; *6, 9* — винты; *8* — крышка блок-контактов; *10* — болт; *11, 12* — неподвижные контакты; *13* — дугогасительный рог; *14* — дугогасительная камера; *15* — крышка камер; *16* — магнитная система; *17* — крышка магнитной системы; *18* — пружина; *19* — втулка резиновая (амортизатор); *БК* — блок-контакты; *К* — главные контакты и катушка контактора

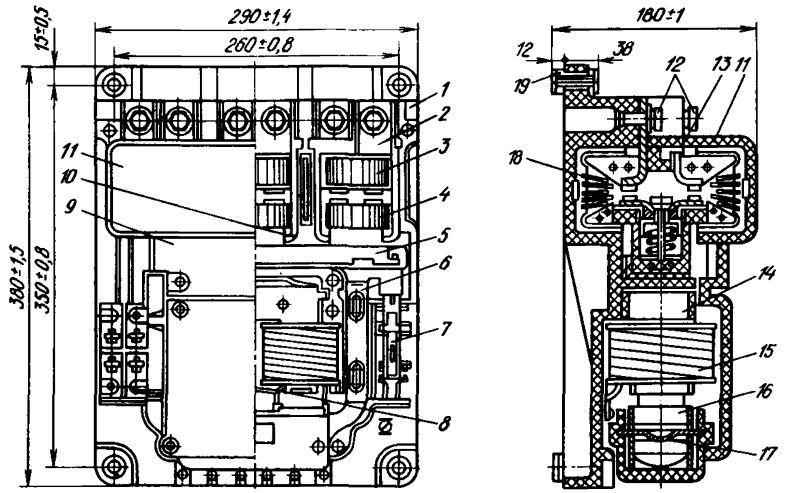


Рис. 6.22. Контактор КТУ-4А:

1 — основание; *2* — контакт неподвижный; *3* — дугогасительный рог; *4* — рог мостика; *5* — траверса; *6* — подвижная система; *7* — блок-контакты; *8* — магнитный шунт; *9, 11* — крышки; *10* — рейка контактная; *12* — болт (зажим); *13* — колодка контактов; *14* — сердечник; *15* — втягивающая катушка; *16* — якорь; *17* — пружина; *18* — дугогасительная камера; *19* — втулка резиновая

Таким образом, особенность контакторов серии КТУ — гашение дуги в замкнутых объемах дугогасительных камер с затрудненным выбросом продуктов горения электрической дуги в атмосферу. Электрическая дуга непосредственно в атмосферу не выбрасывается, поэтому контакторы серии КТУ можно встраивать во взрывонепроницаемые оболочки, не увеличивая расстояния между контактором и стенками оболочек, как при использовании контакторов с выбросом дуги в атмосферу. Эта особенность системы дугогашения контакторов серии КТУ позволяет также значительно снизить концентрацию образовавшихся под действием электрической дуги окислов азота в оболочках взрывобезопасных аппаратов и, следовательно, повысить надежность их работы.

Контакторы КТУ-2Е, КТУ-4Е отличаются от контакторов соответственно КТУ-2А и КТУ-4А тем, что контактные мостики крайних полюсов контакторов КТУ-2Е, КТУ-4Е электрически соединены с зажимами на корпусах контакторов. Для этого контактные мостики соединены с дугогасительными рогами гибкими связями, а дугогасительные рога — с зажимами на корпусах контакторов подпружиненными контактами, соприкасающимися с боковыми поверхностями дугогасительных рогов. Неподвижные контакты в крайних полюсах контакторов соединены через диоды с соответствующими подвижными мостиковыми контактами *2* (рис. 6.24). Поэтому при размыкании главных контактов дуга в камерах, в которых расположены зашунтированные диодами *VD* контакты *2*, *3*, горит лишь тогда, когда ток в силовой цепи и дуга

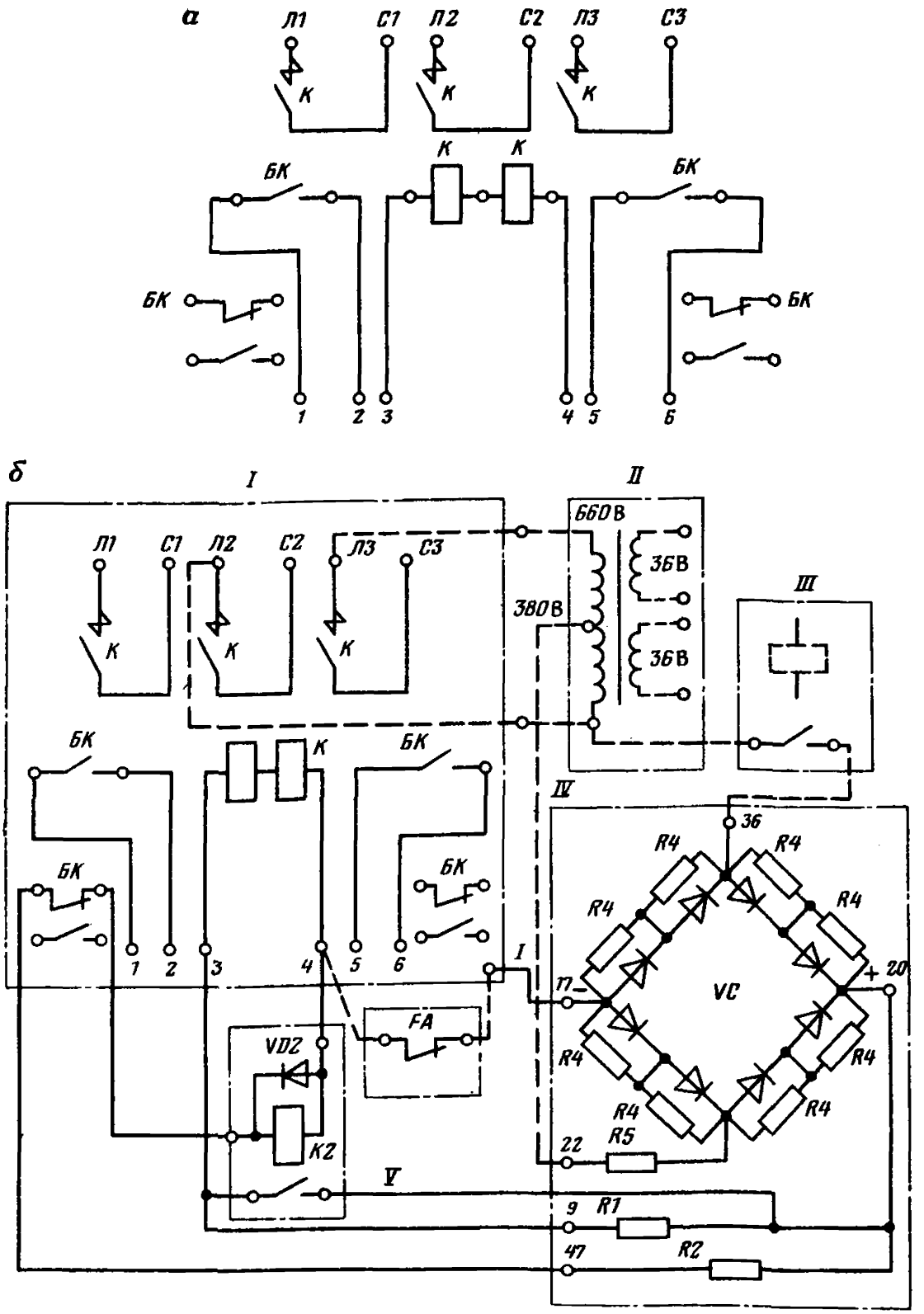


Рис. 6.23. Электрическая схема питания втягивающих катушек контакторов КТУ-4А (*а*) и КТУ-4Б (*б*):

I — контактор КТУ-4Б; *II* — трансформатор; *III* — блок управления; *IV* — блок выпрямителя; *V* — реле (блок управления и трансформатор в комплект поставки контактора КТУ-4Б не входят); *К* — главные контакты и катушка контактора; *БК* — блок-контакты

имеют направление, встречное проводящему направлению диодов. Изменение направления тока приводит к шунтированию контактов *2*, *3* и горящей между ними дуги. В результате дуга между контактами *2*, *3* гаснет и в дугогасительной камере происходит деионизация воздуха. Дуга между контактами *1* и *2* продолжает в этот полупериод гореть. Однако при последующем изменении направления тока в силовой цепи диоды запираются, а электрическая прочность воздушного промежутка оказывается достаточно высокой для предотвращения пробоя его восстанавливающимся напряжением. В результате ток между контактами *2*, *3* прекращается и дуга между не зашунтированными диодами контактами *1*, *2* гаснет.

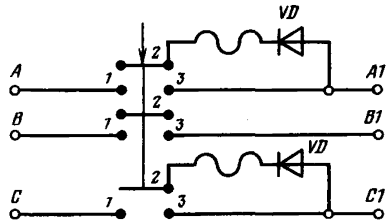


Рис. 6.24. Схема шунтирования дугового промежутка контакторов КТУ-2Е и КТУ-4Е:

1, *3* — неподвижные контакты; *2* — подвижный мостиковый контакт

Для разрыва тока в трехфазной цепи достаточно размыкания двух фаз, поэтому диодами зашунтированы только два полюса контактора. При разрыве дуги в этих полюсах автоматически гасится дуга и в третьем полюсе, не зашунтированном диодом.

Конструктивно блок диодов *VD* собирают на отдельной панели и монтируют в оболочке взрывобезопасного аппарата (электромагнитного пускателя, станции управления) отдельно от контактора. С зажимами *2* контактора диоды *VD* соединяют монтажными проводами.

При РНИ контакторов серии КТУ необходимо руководствоваться следующим:

1) контакторы КТУ-4Б обеспечивают четкое включение при снижении напряжения питания в момент замыкания главных контактов до 60 % номинального;

2) к катушкам электромагнитов контакторов КТУ-2Е и КТУ-4Е подается постоянное или выпрямленное напряжение;

3) контакторы КТУ-2Е и КТУ-4Е не могут устойчиво работать без дугоподавляющих диодов *VD*, поэтому при эксплуатации необходимо следить за состоянием этих диодов и цепей связи их с подвижным и неподвижным контактами. Полярность подключения диодов при замене в обоих полюсах контактора должна быть одинаковой, а аноды диодов присоединены к контактам, связанным с нагрузкой. Это требование обусловлено тем, что источник оперативного напряжения блока защиты от токов БЗО-1140 присоединяется плюсом к «земле», и поэтому при указанной полярности присоединения дугоподавляющих диодов и появлении утечки между контактами *1*, *2* образовавшийся ток утечки будет увеличивать ток в оперативной цепи блока БЗО-1140, вызывая при определенном токе утечки срабатывание этого блока и от-

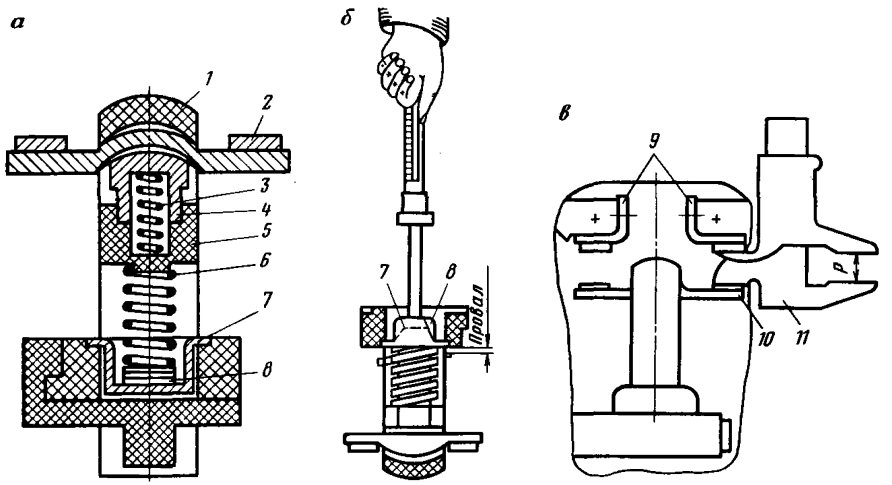


Рис. 6.25. Подвижный контакт контактора КТУ-2А (*а*) и схемы измерения нажатий (*б*) и раствора (*в*) главных контактов:

1 — рейка; *2* — контактный мостик; *3* — внутренняя пружина; *4* — сферический упор; *5* — направляющая; *6* — пружина; *7* — колпачок; *8* — регулировочные шайбы; *9* — неподвижные контакты; *10* — подвижные контакты; *11* — штангенциркуль

ключение сети. При обратной полярности присоединения дугогасящих диодов ток утечки между контактами *1*, *2* направлен навстречу оперативному току блока БЗО-1140. В результате уставки этого блока могут снизиться до опасного уровня, а при определенных токах утечки блок БЗО-1140 может быть вообще заблокирован и сеть остаться без защиты от токов утечки;

4) зазоры между торцами мостиковых (подвижных) контактов (рис. 6.25, *а*) и их подвижными дугогасительными рогами должны быть не менее 1 мм на сторону. Мостиковые контакты при включении должны свободно погружаться в обойму с дугогасительными рогами;

5) начальное и конечное нажатия главных контактов измерять динамометром (рис. 6.25, *б*). Начальное нажатие контакта замерять в момент трогания колпачка, а конечное — в момент, когда колпачок переместится на величину провала. Усилия начального и конечного нажатий контакта регулировать шайбами *8*, которые закладываются в колпачок;

6) растворы и провалы контактов измерять с помощью омметра и штангенциркуля (рис. 6.25, *в*) в следующем порядке:

а) присоединить зажимы омметра к выводам главных контактов контактора и с помощью штангенциркуля определить положение подвижной системы относительно какой-либо точки корпуса контактора;

б) поднимая рукой подвижную систему, по показаниям омметра зафиксировать положение, в котором замыкаются главные контакты. Штангенциркулем замерить расстояние до подвижной

системы от выбранной точки корпуса контактора. Разность между значениями этого и предыдущего замеров составляет величину раствора главных контактов контактора;

в) поднимая далее подвижную систему контактора до соприкосновения якоря магнитной системы с ярмом, замерить расстояние до подвижной системы от выбранной точки корпуса контактора. Разность значений этого и предыдущего замеров равна провалу главных контактов контактора. Приведение величин параметров контактных систем к нормам производят заменой мостиковых контактов или (не рекомендуется) их подгибкой. Провал главных контактов может быть замерен непосредственно или косвенно измерением раствора магнитной системы и раствора главных контактов (или замыкающих блок-контактов). Место непосредственного замера выбирают между любыми легкодоступными точками подвижной и неподвижной частей контактора и производят их в момент касания силовых контактов (в каждом полюсе) и в момент соприкосновения якоря с сердечником. Разность измерений дает величину провала контакта, которую надо сравнить с допустимой. Регулировка провала конструкцией контактора не предусмотрена, поэтому если величина провала меньше минимально допустимой, то контакты следует заменить. Так как в контакторе типа КТУ якорь и сердечник имеют демпферные пружины (рис. 6.26, *а*), которые при включении в момент гашения кинематической энергии позволяют подвижной системе после выбора провала перемещаться с отклонениями 2—4 мм, то необходимо внимательно и точно определить момент первоначального касания якоря о сердечник. Иначе в действие вступят демпферные пружины и замеренная величина провала получится завышенной.

Косвенное измерение растворов и провалов блок-контактов и раствора магнитной системы показано на рис. 6.26, *б*. Сначала

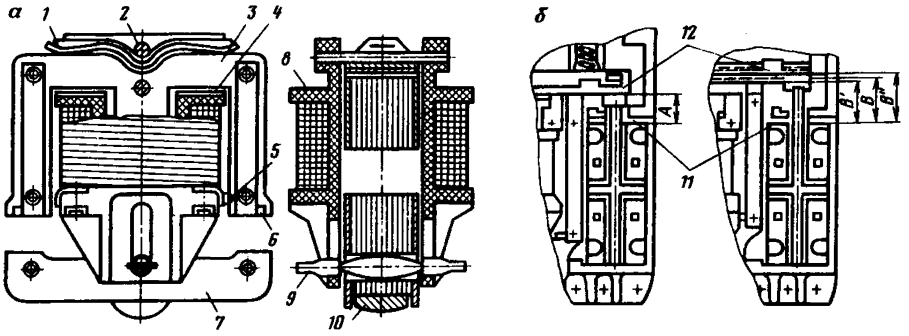


Рис. 6.26. Магнитная система КТУ-2А:

а — конструкция; *б* — схема измерения раствора магнитной системы и раствора и провалов блок-контактов; *1* — пружина; *2* — ось упорная; *3* — неподвижный сердечник; *4* — регулировочные пластины; *5*— стыковой контакт; *6* — короткозамкнутый виток; *7* — якорь; *8* — катушка; *9* — ось подвижной системы; *10* — колодка; *11* — траверса; *12* — крышка блок-контакта; *A* — замеряемый размер между траверсой и крышкой блок-контакта в отключенном положении; *B*, *B'*, *B''* — размеры для определения соответственно раствора блок-контактов, провала блок-контактов ($B' < B$) и раствора магнитной системы ($B'' > B'$)

измеряют расстояние A между крышкой блок-контакта и траверсой (в отключенном положении контактора), затем вручную траверсу перемещают до соприкосновения замыкающих блок-контактов (регистрируется заранее подключенным омметром) и замеряют расстояние между теми же точками как размер B. Разница $B—A$ дает величину раствора замыкающих блок-контактов, который должен быть $10 \pm 0{,}5$ мм. Затем траверсу перемещают далее, до полного соприкосновения полюсов сердечника и якоря, и замеряют расстояние между теми же точками, как размер B''. Разность $B''—A$ дает раствор магнитной системы, а разность между раствором магнитной системы и раствором главных контактов (или замыкающих блок-контактов) определяет провалы главных контактов (или замыкающих контактов), которые для главных контактов приведены ранее, а для блок-контактов равны $3 \pm 0{,}5$ мм (аналогично для размыкающих блок-контактов);

7) раствор, провал и одновременность касания контактов регулировать с помощью винтов, крепящих контактные мостики к контактодержателю. Для этого нажать на мостик, чтобы квадратная шейка винта вышла из прямоугольного отверстия в мостике, и затем вращением винта отрегулировать положение контактного мостика;

8) начальные и конечные нажатия контактов регулировать подкладыванием шайб под контактные пружины.

Для регулирования одновременности касания главных контактов и равенства их зазоров и провалов рекомендуется переставлять контактные мостики в фазе и между фазами с учетом неравномерного износа мостиковых контактов в процессе эксплуатации или полностью заменять контакты также при снижении их провала до 0,7 мм или при износе самого контакта до толщины 0,5 мм;

9) заменять главные подвижные контакты в следующем порядке. При снятых крышках *9* и *11* (см. рис. 6.22) извлечь контактную рейку *10*. Для этого вывести подвижные дугогасительные рога *3* из пазов в основании *1*, а траверсу *5* освободить от оси якоря, оттянуть рейку *10*, сжимая пружину так, чтобы вывести выступ на траверсе из пазов на рейке. Когда рейка свободно отделится от траверсы, нажать на колпачок *7* (см. рис. 6.25) у основания контактной пружины *6*, повернуть его на 45° в любую сторону и отпустить. После этого от рейки *1* легко отделяются колпачок *7*, пружина *6*, направляющая *5*, внутренняя пружина *3*, сферический упор *4*, мостик *2*, регулировочные шайбы *8* и дугогасительные рога подвижной системы. Отрегулировав все силовые контакты, проследить за правильностью сборки контактора, особенно блок-контактов, которые должны быть предварительно зачищены. После сборки проверить легкость хода подвижной системы, затяжку винтовых соединений, наличие пружинных шайб, работу блок-контактов и затем надеть контакторную крышку.

Для замены неподвижных контактов (см. рис. 6.22) необходимо:

а) извлечь колодку неподвижных контактов *13* вместе с неподвижными контактами *2*, отвернув винты *12* и выдвинуть колодку на себя;

б) сдвинуть дугогасительные рога *3* с неподвижных контактов *2* вбок и отвернуть винты, крепящие контакты к колодке. Снять неподвижные контакты.

Порядок сборки — обратный.

Главные контакты подлежат замене, если их провал уменьшился до 1 мм;

10) при необходимости замены контакторной катушки извлечь магнитную систему из основания контактора (см. рис. 6.26). Для этого, придерживая рукой траверсу подвижной системы, освободить магнитную систему от подвижной пружины и потянуть ее перпендикулярно к плоскости крепления контактора на себя за неподвижный сердечник *3*; освободить катушку *8* от якоря *7*, удалив ось *9* подвижной системы и прижимая пластинчатую пружину *1* к сердечнику, вынуть упорную ось *2* пластинчатой пружины. Отсоединить выводы катушки. У контактора КТУ 4Б пускателя ПВИ-250 (см. рис. 6.22) для замены контакторных последовательно соединенных катушек необходимо:

отвернуть винты на выводах катушек *15*;

извлечь сердечники *16* вместе с катушками *15* из основания, выдвинув их на себя;

снять катушки с сердечников.

Контакторы серии КТ 12Р (табл. 6.12) предназначены для применения в оболочках шахтных взрывобезопасных аппаратов при тяжелых режимах работы. Они снабжены вакуумными дугогасительными камерами, имеют высокую электрическую износостойкость. Особенность этих контакторов — гашение дуги между контактами в вакууме.

В отличие от обычных воздушных контакторов усилие электромагнита в контакторах с вакуумными дугогасительными камерами требуется для размыкания, а не замыкания контактов. Замыкание контактов в вакуумных дугогасительных камерах происходит под действием атмосферного давления.

Поскольку электрическая прочность вакуумного зазора между контактами значительно превышает прочность воздушного промежутка, гашение дуги между размыкающими контактами в вакууме происходит значительно интенсивнее, чем в воздухе. Поэтому эффективность дугогашения и, следовательно, электрическая износостойкость контактора с вакуумными дугогасительными камерами весьма высокие.

Преимущество этих контакторов — отсутствие выброса дуги в атмосферу, т. е. отсутствие нормально искрящих силовых контактов. При работе такого контактора в оболочке взрывобезопасного аппарата не выделяются окислы азота, не происходит тер-

Таблица 6.12

Технические характеристики и регулировочные данные контакторов КТ 12Р

Параметры	Тип контактора	
	КТ 12Р-33	КТ 12Р-37
Номинальное напряжение, В	1140 (660)	
Номинальный ток, А	160	400
Коммутационная способность, А:		
включающая (амплитудное значение)	2880 (4600)	6500 (8800)
отключающая (действующее значение)	1750 (2500)	3450 (4800)
Данные катушек контакторов:		
напряжение питания одной катушки, В	55	
марка провода	ПЭТВ	
диаметр провода, мм	0,49	0,55
число витков	4770	4600
электрическое сопротивление, Ом	77 ± 4	72 ± 3,5
Регулировочные данные главных контактов:		
начальное нажатие, Н	63 ± 2	93 ± 2
конечное нажатие, Н	63 ± 2	93 ± 2
раствор, мм	1,2 ± 0,1	
провал, мм	2,0	
неодновременность касания контактов, мм	⩽0,1	
Регулировочные данные вспомогательных контактов:		
конечное нажатие, Н	2,2—2,5	
раствор, мм	6 ± 0,5	
провал, мм	3 ± 0,5	
Масса, кг	18,5	32

Примечание. В скобках приведены данные для контакторов на напряжение 660 В.

мическое воздействие дуги на элементы аппарата, снижается вероятность взрыва атмосферы внутри оболочки.

При РНИ контактов КТ 12Р необходимо учитывать особенности конструкции вакуумных дугогасительных камер и при их снятии соблюдать особую осторожность. Кроме рекомендаций, изложенных в 6.4.1, необходимо руководствоваться следующим:

1) контакторы имеют восемь вспомогательных контактов: четыре размыкающих, два замыкающих и два контакта, которые допускают перестановку и включение их размыкающими или замыкающими. Один вспомогательный контакт, позволяющий производить перестановку, рассчитан на коммутацию тока 0,1 А при напряжении 1140 В; два размыкающих и один замыкающий — на коммутацию тока до 6 А при напряжении 660 В и группа контактов (один с перестановкой, два размыкающих и один замыкающий) — на коммутацию тока 0,6 А при переменном напряжении 36 В или постоянном напряжении 24 В;

2) контакторы следует осматривать 1 раз в 6 мес, но не реже чем через каждые 300 000 циклов В—О. Методика осмотра контактора такая же, как и для воздушных контакторов;

3) контроль вакуумных камер заключается в проверке раствора контактов и неодновременности их замыкания и размыкания. Для этого необходимо, перемещая якорь контактора, убедиться, что контакты замыкаются (размыкаются) при растворе магнитной системы 3,5—4 мм, что соответствует раствору контактов внутри камер 1,2—2 мм. Раствор контактов регулировать гайками, расположенными на контактах вне камер.

6.4.3. Пускатели серий ПМВИ и ПМВИР

Пускатели серий ПМВИ и ПМВИР (табл. 6.13) предназначены для работы в режимах продолжительном, прерывисто-продолжительном, кратковременном и повторно-кратковременном. Изготавливаются в исполнении РВ-2В-И.

Пускатели ПМВИ-13М и ПМВИ-23М имеют одинаковые конструкцию и электрическую схему (рис. 6.27). Контактор, блок управления, блок УМЗ, трансформаторы тока и напряжения, блок сигнальных ламп, переключатель рода управления, кнопки «Стоп» и «Проверка» смонтированы в виде отдельного устройства — блока контактора, который можно выдвинуть или вынуть из оболочки.

Электрическая схема состоит из силовой цепи, защиты типа УМЗ (см. разд. 5) и блока управления БУ. Функции, выполняемые схемой пускателей, приведены в табл. 6.6.

В силовую цепь входят проходные зажимы сетевой и моторной камер, блокировочный реверсирующий разъединитель *QS*, силовые контакты *KM1* контактора и первичные обмотки трансформаторов тока *TA1* и *TA2*.

Блок управления — нереверсивный, выполняет функции дистанционного управления пускателем, БРУ и ограничения частоты включений пускателя. Питание (36 В) от трансформатора *TL1* пускателя подается на стабилизирующий трансформатор *TS*. От этой же обмотки получает питание цепь реле времени *KT1*. Реле *K2* питается от вторичной обмотки 18 В трансформатора *TS*, а схема реле *БРУ* — от другой вторичной обмотки *TS*, которая переключается в зависимости от напряжения силовой сети путем перестановки подвижных несъемных перемычек *XT1* и *XT2* на крышке блока БУ в положение «380 В» или «660 В». Переставлять следует обе перемычки одновременно, так как одна из них подает напряжение 45 или 80 В к выпрямительному мосту *VC*, а другая обеспечивает подключение в цепь проверки исправности БРУ соответствующего проверочного резистора *R8* или *R9*, создающего искусственную утечку на землю.

Подключенные параллельно обмотке реле времени *KT1* конденсатор *C2* и сопротивление *R7* создают выдержку времени

Таблица 6.13

Технические характеристики пускателей серий ПМВИ и ПМВИР

Параметры	Тип пускателя		
	ПМВИ-13М	ПМВИ-13А	ПМВИ-23М
Номинальный ток, А	63	63	120
Предельная коммутационная способность, А:			
на отключение (действующее значение)	1400	1500	2400
на включение (амплитудное значение)	2400	2700	3380
Тип встроенного контактора	КТ 7023У	КТ 7123У	КТ 7023У
Напряжение цепи БРУ (В) при напряжении сети, В:			
380	80	80	80
660	110	110	110
Уставка БРУ (кОм, не менее):			
аварийная	30	30	30
предупредительная	—	—	—
Габаритные размеры, мм	610×620×675	600×650×685	750×620×675
Масса, кг	145	150	150

Параметры	Тип пускателя			
	ПМВИ-23А	ПМВИ-61	ПМВИР-41	ПМВИР-51
Номинальный ток, А	125	240	80	120
Предельная коммутационная способность, А:				
на отключение (действующее значение)	2500	2100	800	1200
на включение (амплитудное значение)	4600	—	—	—
Тип встроенного контактора	КТ 7123У	КТ 7023У	КТ 7023У	КТУ-4А
Напряжение цепи БРУ (В) при напряжении сети, В:				
380	80	100	100	100
660	110	100	100	100
Уставка БРУ (кОм, не менее):				
аварийная	30	18/30	18/30	18/30
предупредительная	—	100/200	100/200	100/200
Габаритные размеры, мм	600×650××685		940×610××870	
Масса, кг	155	229	207	220

Примечание. Напряжение цепей управления для всех пускателей 18 В, искробезопасное. Номинальное напряжение сети для всех пускателей 380/660 В.

(2—3 с) на отпадание якоря реле после разрыва его цепи. Конденсатор *С1* выполняет роль шунта искробезопасности цепи реле *К2*. Искробезопасность цепи БРУ создается за счет достаточно большого сопротивления обмотки *К1* (БРУ).

Дистанционное управление осуществляется с помощью выносного или встроенного в управляемую машину кнопочного поста *КП* по трех- или двухпроводной схеме. Заземляющая жила кабеля, питающего электроприемник, соединяется с диодом *VD*, установленным в кнопочном посту. При нажатии кнопки *SB4* реле *К2* включается и своим контактом *К2.1* включает контактор *КМ1*. При этом контакт *КМ1.2* контактора замыкается и реле *К2* остается включенным и при отпускании кнопки *SB4*. При нажатии кнопки *SB5* «Стоп» цепь управления разрывается, отключаются реле *К2* и контактор *КМ1*. При сопротивлении заземляющей цепи более 20 Ом реле *К2* при нажатии кнопки *SB4* не включится, а при увеличении указанного сопротивления свыше 150 Ом происходит отключение включенного реле *К2* и, следовательно, отключение пускателя. Включение его возможно только после восстановления сопротивления изоляции цепи заземления управляемого токоприемника. Таким же будет режим, если снизится сопротивление изоляции между жилами *1* и *2*, а также при пробое диода *VD* поста *КП*.

Схема ограничения частоты включения пускателя работает следующим образом. При включении пускателя его блок-контакт *КМ1.2* замыкает цепь реле *КТ1*, которое мгновенно включается. Это реле замыкающим контактом *КТ1.2* и размыкающим контактом *КМ1.4* подготавливает цепь, шунтирующую промежуточное реле *К2*, а размыкающим контактом *КТ1.1* дублирует (вслед за блок-контактом *КМ1.3* пускателя) размыкание цепи утечки *К1* (БРУ). При отключении пускателя блок-контакт *КМ1.2* размыкает цепь питания реле *КТ1*, но оно остается в течение 2—3 с включенным за счет тока разрядки конденсатора *С2* через резистор *R7* и обмотку *КТ1*. В течение этого времени катушка реле *К2* зашунтирована через контакт *КТ1.2* и размыкающий контакт *КМ1.4*, чем обеспечивается пауза перед очередным включением пускателя, а катушка реле БРУ отключена от силовой отходящей цепи контактом *КТ1.1*.

При ТО и РНИ пускателей ПМВИ-13М и ПМВИ-23М дополнительно к изложенному в разд. 6.2, 6.4.1, 6.4.2 необходимо руководствоваться следующим:

1) для проверки исправности схемы пускателей необходимо вскрыть крышку, переключатель *SA* установить в положение «Проверка схемы» (*43—44*), закрыть крышку и нажать кнопку *SB3* «Проверка схемы», выведенную на корпус пускателя. Реле *К2*, сработав, включает контактор *КМ1*, который будет находиться во включенном состоянии до отпускания кнопки *SB3*. Далее вскрыть пускатель и установить переключатель *SA* в положение «Работа»;

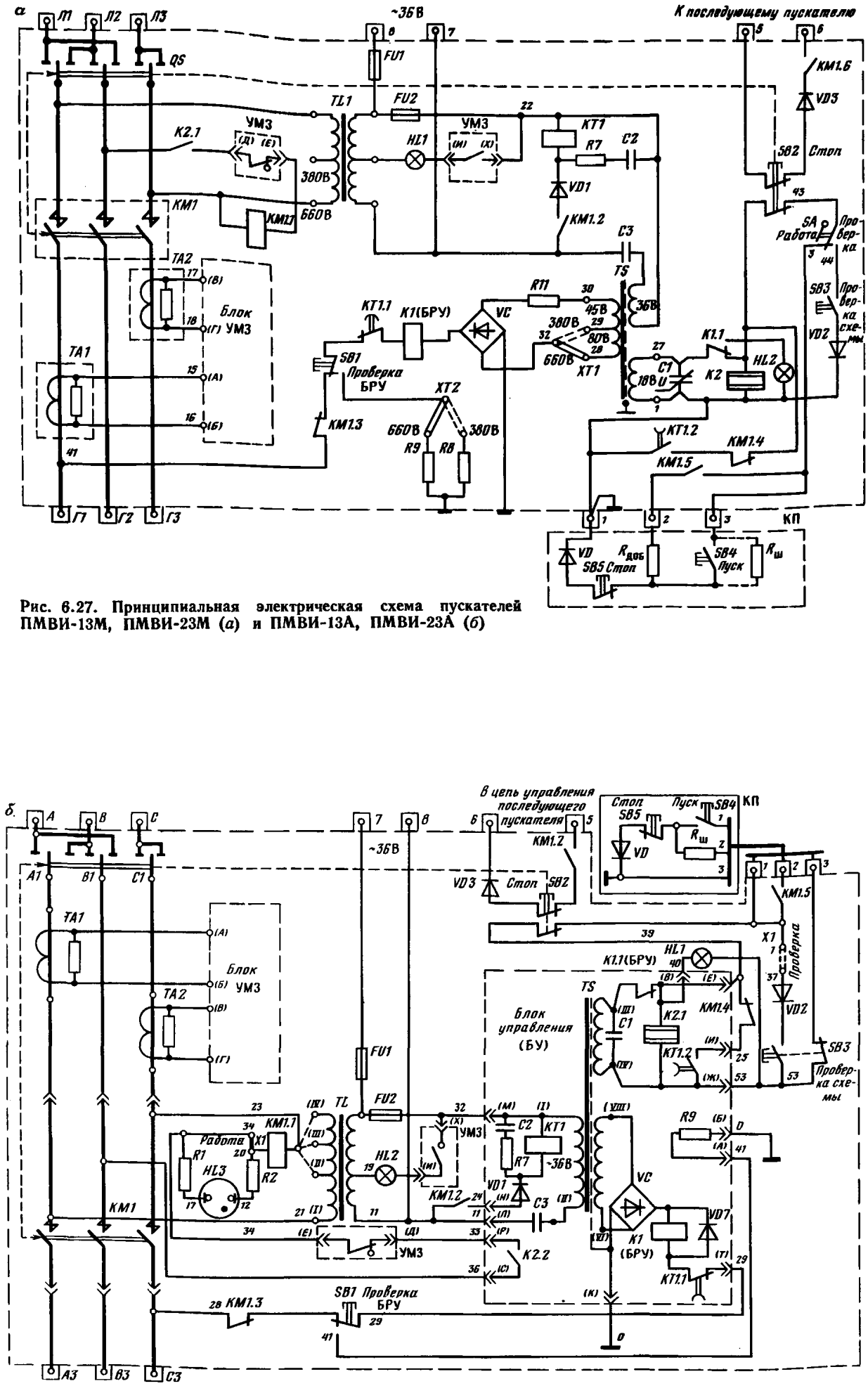


Рис. 6.27. Принципиальная электрическая схема пускателей ПМВИ-13М, ПМВИ-23М (*а*) и ПМВИ-13А, ПМВИ-23А (*б*)

2) для проверки защиты УМЗ необходимо руководствоваться указаниями, изложенными в разд. 5.3.7. При срабатывании УМЗ в пускателях загорается лампа *HL1*. В случае несрабатывания заменить блок УМЗ. После проверки переключатели рода работы вернуть в положение, соответствующее дистанционному управлению пускателем;

3) для проверки БРУ нажать кнопку *SB1* «Проверка БРУ». При срабатывании БРУ загорается лампа *HL2*. Включенный пускатель должен отключиться. При несрабатывании заменить блок БРУ;

4) для проверки работы реле времени *KT1*, ограничивающего частоту включений пускателя и ложные срабатывания от э. д. с., наводимой отключенным, но еще вращающимся электродвигателем, кнопкой «Стоп» в пускателе или в *КП* отключить включенный пускатель и попытаться включить его с интервалом времени <2 с. Пускатель не должен включаться. По истечении 3 с пускатель вновь должен включаться (за это время э. д. с., наводимая отключенным вращающимся двигателем, практически близка к нулю). Элементом, запрещающим повторное включение, является реле БРУ, поэтому при включении пускателя с интервалом <3 с следует предварительно проверить работу БРУ;

5) в схеме взаимной блокировки пускателей ПМВИ-03М кроме замыкающего блок-контакта *KM1.6* и размыкающего контакта кнопки «Стоп» имеется диод *VD3*. Полярность включения этого диода следует согласовать при ревизии взаимно сблокированных пускателей.

Пускатели ПМВИ-13А и ПМВИ-23А не различаются как по конструкции (рис. 6.28), так и по принципиальной электрической схеме (см. рис. 6.27, *б*).

Электрическая схема пускателей ПМВИ-13А и ПМВИ-23А принципиальных отличий от схемы пускателей ПМВИ-13М и ПМВИ-23М не имеет. У пускателей с индексом «А» отсутствуют перемычки в схеме БРУ *XT1* и *XT2*, но имеется перемычка *X1*. Кроме того, блок УМЗ (см. разд. 5) включен сразу после разъединителя, что позволяет защищать и цепи самого пускателя. На рис. 6.27, *б* показан вариант, когда схема подготовлена к работе (перемычка *X1* в положении *34—20* подготавливает катушку *KM1.1* к включению); при проверке схемы управления перемычку *X1* необходимо переставить в положение *1—37*.

В цепи контакторной катушки *KM1.1* имеется узел, состоящий из неоновой лампы *HL3* и резисторов *R1* и *R2*, который обеспечивает проверку исправности цепи контакторной катушки без подачи напряжения в отходящую линию.

ТО и РНИ пускателей ПМВИ-13А и ПМВИ-23А производятся так же, как и пускателей ПМВИ-13М и ПМВИ-23М, с учетом следующих особенностей:

1) при напряжении сети 380 В провод *23* следует подключить к зажиму *II* первичной обмотки трансформатора *TS*, а при 660 В — к зажиму *III*;

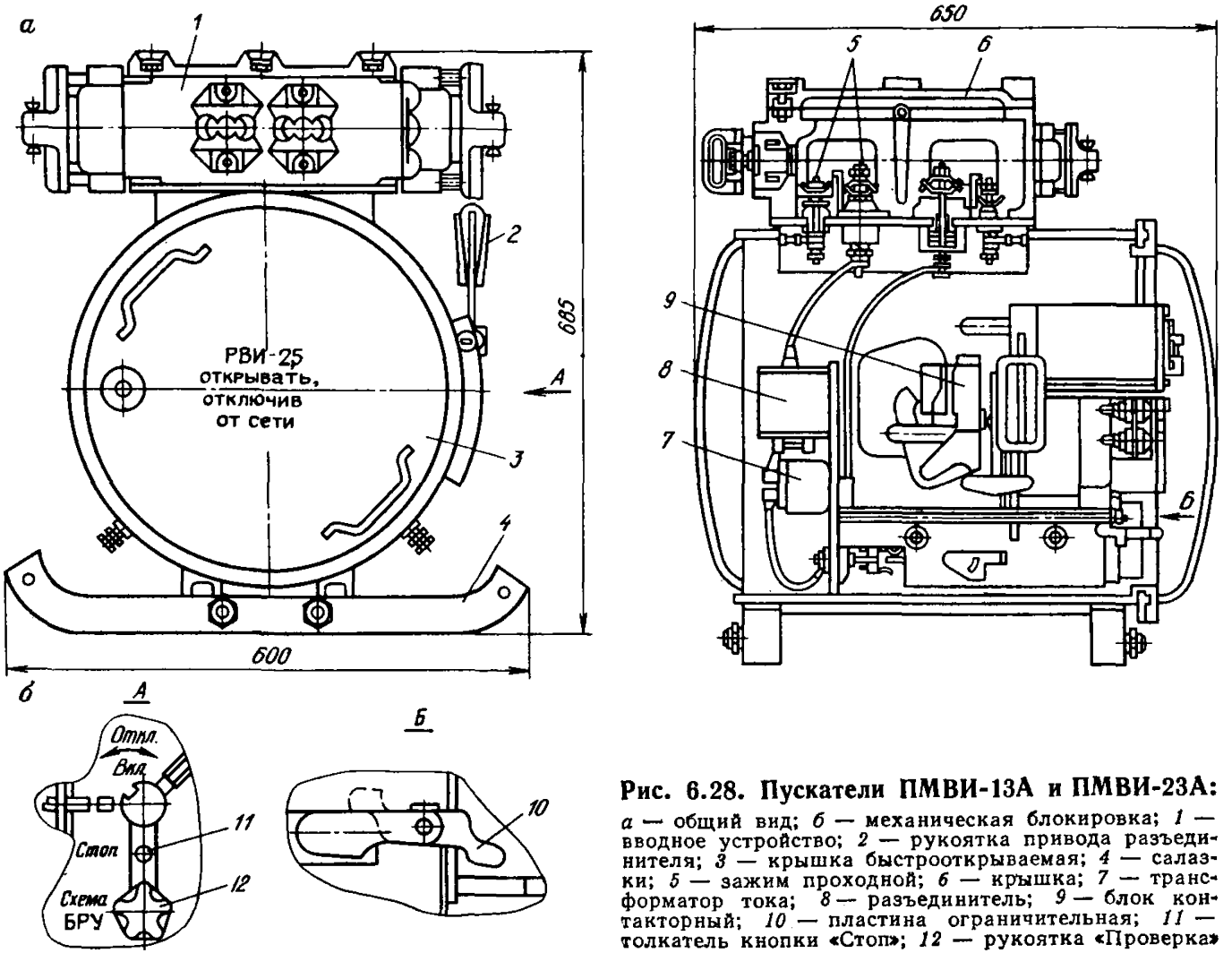


Рис. 6.28. Пускатели ПМВИ-13А и ПМВИ-23А:

а — общий вид; *б* — механическая блокировка; *1* — вводное устройство; *2* — рукоятка привода разъединителя; *3* — крышка быстрооткрываемая; *4* — салазки; *5* — зажим проходной; *6* — крышка; *7* — трансформатор тока; *8* — разъединитель; *9* — блок контакторный; *10* — пластина ограничительная; *11* — толкатель кнопки «Стоп»; *12* — рукоятка «Проверка»

2) для проверки исправности цепи втягивающей катушки контактора без подачи напряжения на электродвигатель необходимо снять перемычку *X1* (*20—34*) в цепи катушки контактора, установить ее на зажимы *1—37* и проверить работу схемы включением кнопки *BS3* («Проверка схемы»). Сопротивления резисторов *R1* и *R2* подобраны таким образом, что ток, протекающий через катушку контактора, недостаточен для срабатывания контактора. При исправной цепи питания катушки контактора загорается неоновая лампа *HL3*;

3) проверить механическую блокировку пускателя.

Пускатели ПМВИ-61, ПМВИР-51 и ПМВИР-41 конструктивно отличаются друг от друга следующим: пускатели ПМВИ-61 и ПМВИР-41 имеют контакторы поворотного типа, а пускатель ПМВИР-51 — прямоходового типа.

Технические характеристики пускателей приведены в табл. 6.13 и 6.7.

Кроме функций, изложенных в табл. 6.6, пускатель ПМВИ-61 осуществляет поддержание высокого уровня изоляции пускателя с помощью устройства влагопоглощения (силикагеля) с подогревом (рис. 6.29, *а*, резистор *R7*).

В пускателях ПМВИ-61 защита от токов к. з. осуществляется реле максимального тока прямого действия, а в ПМВИР-41, ПМВИР-51 — с помощью предохранителей. В последних применена дополнительно защита от обрыва фаз с помощью реле *KV1*.

Схемы пускателей состоят из силовых цепей, цепей управления и блокировки от утечки, цепей питания местного освещения. Схемы даны на напряжение 660 В. При напряжении 380 В провод с маркировкой *44* следует подсоединить к зажиму *22* на трансформаторе *TL1*.

Схема управления работает на выпрямленном токе. При замыкании кнопки «Пуск» реле *K1* (см. рис. 6.29, *а*) срабатывает и замыкает свой контакт *K1.1* в цепи контакторной катушки *KM1.1*. При отпускании кнопки «Пуск» цепь реле *K1* остается замкнутой через блок-контакт *KM1.3* контактора. Чтобы отключить пускатель, следует нажать кнопку «Стоп». У пускателей ПМВИР-51 и ПМВИР-41 схема управления работает аналогичным образом, но только от кнопок *SB5* «Вперед» и *SB4* «Назад» (рис. 6.29, *б*).

В пускателях ПМВИ-61, ПМВИР-41 и ПМВИР-51 применяют БРУ с электронной схемой (типа БРУ-2с), описание которого приведено в разд. 5.10.10. Если сопротивление изоляции ниже уставки срабатывания, то ток утечки будет протекать через эмиттер-базовые переходы транзисторов БРУ, которые перейдут в открытое состояние. При этом включится мост *VC1* и зашунтирует первичную обмотку стабилизатора *TL3*. Реле *K1* не включится при нажатии кнопки «Пуск» в цепи управления пускателем. Включение пускателя в этом случае возможно только после улучшения изоляции или переключения уставки срабатывания

с помощью переключателя *SA*. О срабатывании БРУ сигнализирует лампа *HL1*.

Цепь местного освещения и схем автоматизации защищена предохранителем. Влагопоглотитель с подогревом в отключенном состоянии контактора пускателя ПМВИ-61 включается через размыкающий блок-контакт *KM1.5* (для реверсивных пускателей — через *KM1.2*, *KM2.2*).

При РНИ пускателей ПМВИ-61, ПМВИР-51 и ПМВИР-41 дополнительно к изложенному в разд. 6.2, 6.4.1, 6.4.2 необходимо руководствоваться следующим:

1) при использовании в схеме управления заземляющей жилы установить перемычку *1-з* в коробке выводов и кнопочном посту КП;

2) для проверки работы реле обрыва фаз *K1* (см. рис. 6.29, *б*) изъять один из предохранителей (*FU1* или *FU2*) силовой цепи. При включении пускателя реле *KV1* должно сработать и разорвать свой контакт *KV1.1*, включенный последовательно с кнопкой «Стоп» местного управления. При несрабатывании заменить реле *KV1*;

3) для проверки блокировки от одновременного включения обоих контакторов пускателей ПМВИР-41 (ПМВИР-51) одновременно нажать кнопки *SB5* «Вперед» и *SB4* «Назад». Пускатель не должен включаться;

4) для проверки электромеханической блокировки кнопки «Стоп» местного управления с разъединителем попытаться рукояткой отключить разъединитель при включенном контакторе. Разъединитель не должен отключаться. Затем нажать кнопку «Стоп» местного управления. Контактор пускателя должен отключиться;

5) контроль за работой схемы выполнить замыканием цепи БРУ через проверочный резистор *R3* кнопкой *SB1* «Проверка». Бесконтактное БРУ имеет коэффициент возврата, практически равный 1, действие обратной э. д. с. электродвигателя не вызывает ложных срабатываний защиты. Поэтому в схемах этих пускателей нет реле времени, которое имеется в пускателях ПМВИ-03М и ПМВИ-03А;

6) проверку силикагеля для уменьшения влажности внутри пускателя производить визуально. При изменении розового цвета на голубой (что свидетельствует о его увлажненности) силикагель заменить.

6.4.4. Пускатели серии ПВИ

Пускатели серии ПВИ (табл. 6.14) значительно отличаются от пускателей серии ПМВИ (см. табл. 6.6) как конструкцией, так и некоторыми функциями. Они имеют маркировку по уровню и виду взрывозащиты РВ-3В, И.

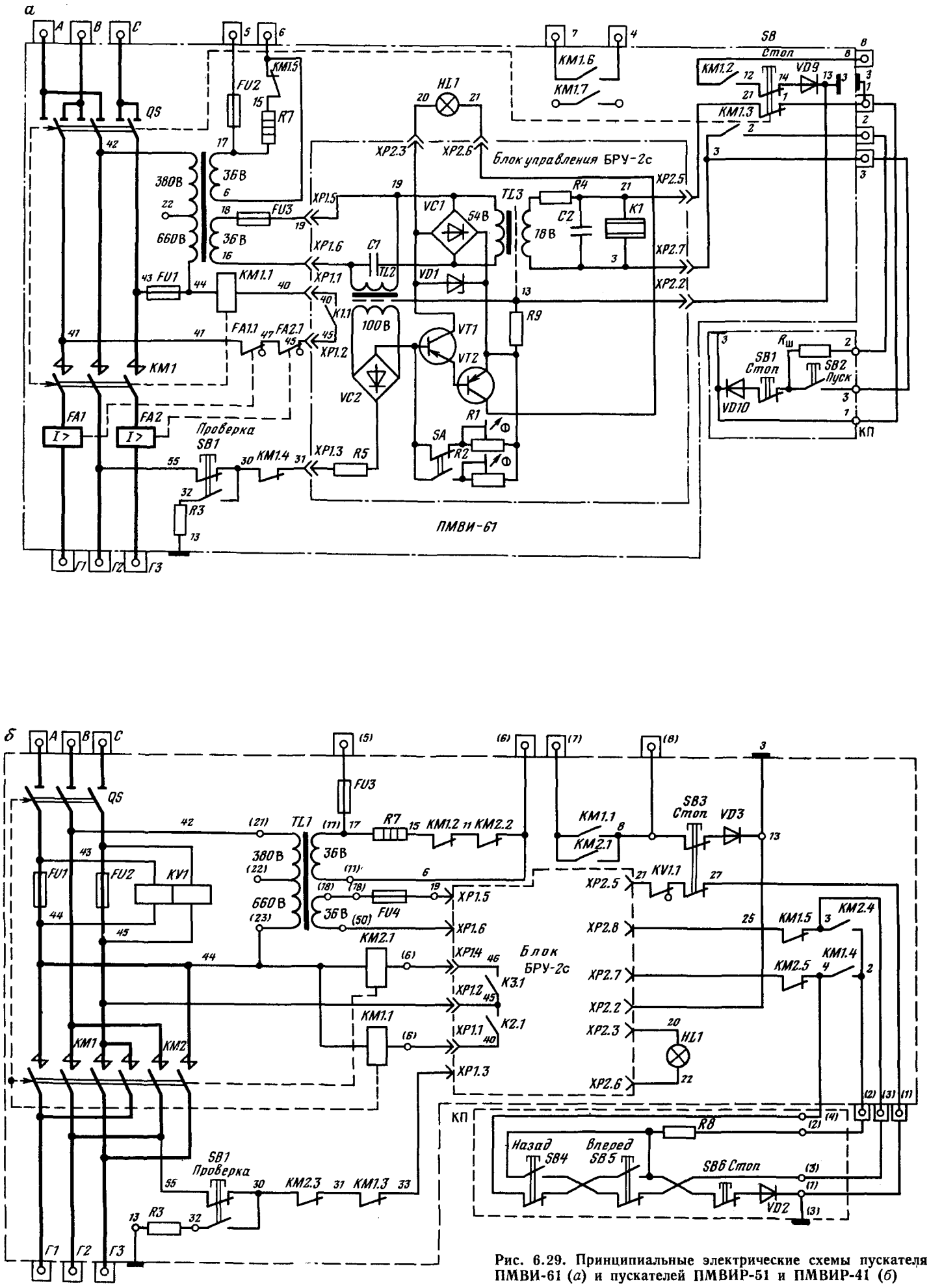


Рис. 6.29. Принципиальные электрические схемы пускателя ПМВИ-61 (*а*) и пускателей ПМВИР-51 и ПМВИР-41 (*б*)

Таблица 6.14

Техническая характеристика пускателей серии ПВИ

Параметры	Тип пускателя			
	ПВИ-25Б	ПВИ-63Б (ПВИ-63БТ)	ПВИ-125Б (ПВИ-125БТ)	ПВИ-32
Номинальный ток, А	25	63	125	32
Тип встроенного контактора (пускателя)	КТ 7123У	КТ 7123У	КТ 7123У	ПМА-3102 (2 шт.)
Тип встроенной МТЗ	УМЗ	УМЗ (ПМЗ)	УМЗ (ПМЗ)	Автомат АЕ2046
Диапазон уставок МТЗ	63—187	125—375	250—750	384
Уставка БРУ (кОм) в сети напряжением, В:				
380	18	18	18	—
660	30	30	30	30
Коммутационная способность, А:				
на отключение (действующее значение)	1500	1500	2500	1100
на включение (амплитудное значение)	2700	2700	4600	1900
Габаритные размеры, мм		700×775×700		700×550××450
Масса, кг	200	200	100	130

Параметры	Тип пускателя		
	ПВИ-250Б (ПВИ-250БТ)	ПВИР-250	ПВИ-320
Номинальный ток, А	250	250	320
Тип встроенного контактора (пускателя)	КТУ-4Б	КТУ-4А (2 шт.)	КТ 6043АР
Тип встроенной МТЗ	УМЗ (ПМЗ)	УМЗ	УМЗ
Диапазон уставок МТЗ	500—1500	500—1500	800—2400
Уставка БРУ (кОм) в сети напряжением, В:			
380	—	—	—
660	30	30	30
Коммутационная способность, А:			
на отключение (действующее значение)	4000	4000	4800
на включение (амплитудное значение)	7000	7000	8800
Габаритные размеры, мм	830×870×860	830×1050×860	820×940×910
Масса, кг	350	415	415

Примечания: 1. Номинальное напряжение пускателей 380/660 В, частота 50 Гц. 2. Напряжение цепей управления 18 В. 3. У пускателя ПВИ-32 применено два встроенных пускателя, силовые контакты которых соединены последовательно. 4. Расшифровка обозначения типа пускателя: П — пускатель; В — взрывобезопасный; И — искробезопасная схема управления; Б — модификация пускателя; Т — с токовой защитой от перегрузки отходящих присоединений; Р — реверсирующий; цифры — номинальный ток. 5. Понижающие трансформаторы пускателей допускают подключение к их вторичной обмотке (36 В) дополнительной нагрузки мощностью $\leqslant 75$ В·А.

Конструктивно все пускатели серии ПВИ состоят из четырех разделенных взрывонепроницаемыми перегородками отделений: сетевого, моторного, разъединителя (где находятся разъединитель и трансформаторы тока МТЗ) и контакторного (в нем размещены контактор, аппаратура защиты, управления и сигнализации, кнопки управления и проверок, механическая блокировка разъединителя с кнопкой «Стоп»). Рукоятка разъединителя, толкатели кнопок «Стоп» и «Проверка» выведены наружу оболочки. Контакторное отделение закрывается быстрооткрываемой крышкой.

Пускатели ПВИ-25Б, ПВИ-63Б, ПВИ-125Б, ПВИ-63БТ, ПВИ-125БТ образуют группу пускателей, которые в конструктивном отношении практически не отличаются друг от друга (рис. 6.30). Однако пускатели с индексом «БТ» имеют иной состав аппаратуры в контакторном отделении, чем в пускателях с индексом «Б», и в связи с чем их электрические схемы различаются (рис. 6.31 и 6.32).

Пускатели ПВИ-25Б, ПВИ-63Б и ПВИ-125Б одинаковы как по конструкции, так и по схемным решениям (см. рис. 6.30) и отличаются лишь типами встроенных трансформаторов тока.

Механическая блокировка (см. рис. 6.30, *б*) выполнена таким образом, что быстрооткрываемую крышку контакторного отделения можно открыть только при включенном блокировочном разъединителе, а разъединитель можно выключить только при закрытой быстрооткрываемой крышке. Отключить разъединитель можно только при отключенном контакторе. Для исключения реверсирования электродвигателя разъединителем до полной его остановки в механической блокировке предусмотрен блокировочный (ограничительный) кулачок *23*. Переключение разъединителя из одного включенного положения в другое осуществляют поворотом ограничительного кулачка на 180°.

Электрическая схема (см. рис. 6.31) этих пускателей принципиально не отличается от схем пускателей ПМВИ-03А (см. рис. 6.27, *б*): имеют одинаковые блоки БУ, УМЗ (см. разд. 5.3.7) и основные схемные решения.

Контактор типа КТ 7123У (см. разд. 6.4.2) — основной элемент этих пускателей.

Пускатели ПВИ-63БТ и ПВИ-125БТ отличаются от аналогичных пускателей с индексом «Б» главным образом тем, что в контакторном блоке установлены: блок ПМЗ (вместо УМЗ), блок токовой защиты от перегрузки ТЗП (см. разд. 5.5), пускатель ПМЛ-1100, блок предварительного контроля изоляции типа БКИ (см. разд. 5.10.9) и блок дистанционного управления типа БДУ (см. разд. 5.9).

В пускателях ПВИ-63БТ и 125БТ блок ПМЗ (см. разд. 5.3.8) работает с двумя трансформаторами тока.

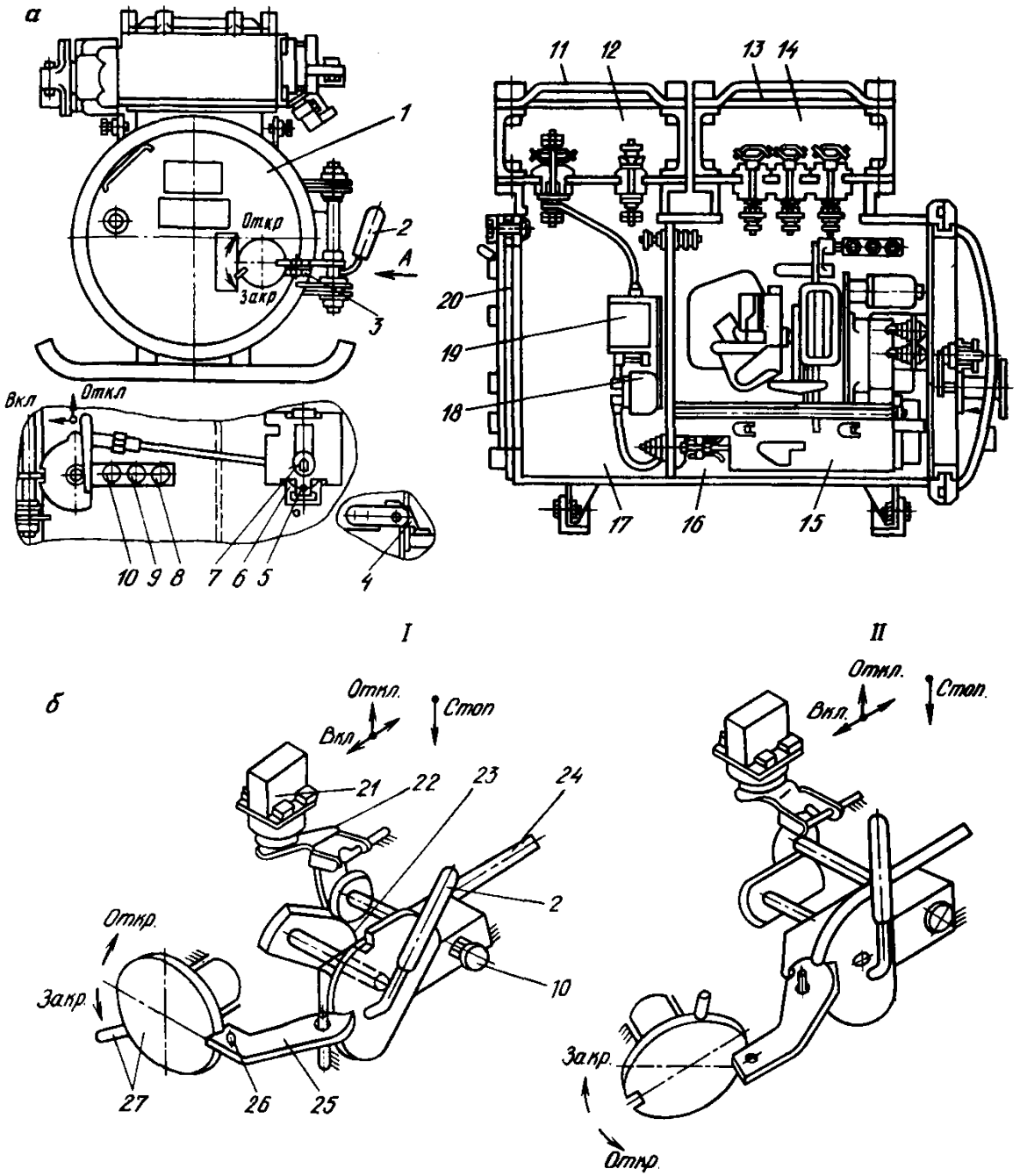


Рис. 6.30. Пускатели ПВИ-63БТ и ПВИ-125БТ:

а — общий вид; *б* — механизм блокировки; *1* — крышка быстрооткрываемая; *2* — рукоятка привода разъединителя; *3* — отверстие для установки пломбы или замка; *4* — пластина ограничителя; *5* — пломба; *6* — фиксатор ограничителя; *7* — кулачок ограничительный; *8* — толкатель кнопки взвода ПМЗ, ТЗП и проверки БКИ; *9* — толкатель кнопки «Проверка схемы»; *10* — толкатель кнопки «Стоп»; *11* — крышка сетевого отделения; *12* — отделение сетевое; *13* — крышка отделения выводов; *14* — отделение выводов; *15* — блок контакторный; *16* — отделение контакторное; *17* — отделение разъединителя; *18* — трансформатор тока; *19* — разъединитель; *20* — крышка отделения разъединителя; *21* — кнопка «Стоп»; *22* — скоба поворотная; *23* — кулачок блокировочный; *24* — тяга привода разъединителя; *25* — рычаг блокировочный; *26* — отверстие для установки пломбы; *27* — привод замка быстрооткрываемой крышки; *I* — разъединитель включен, крышка закрыта; *II* — разъединитель отключен, крышка открыта

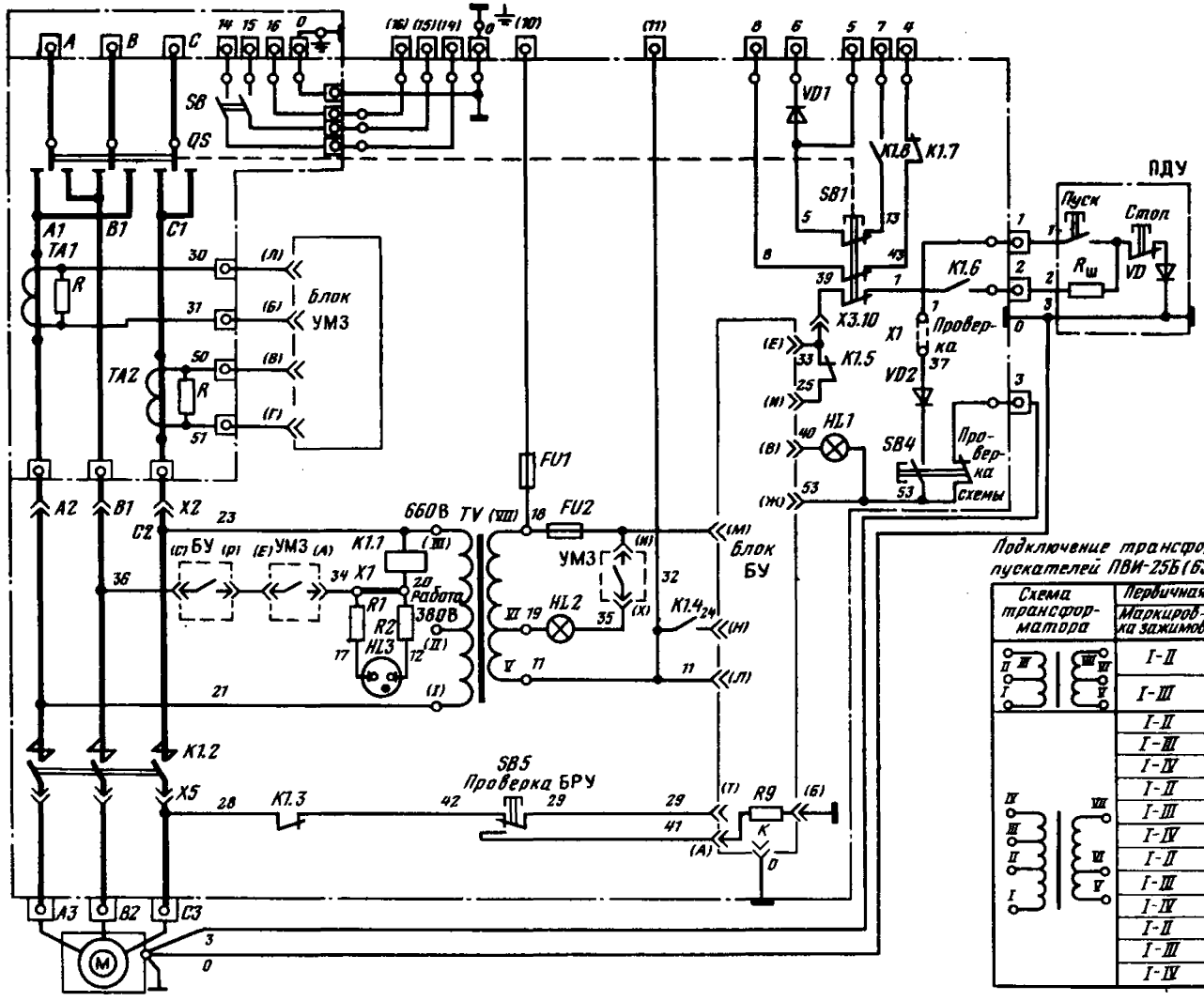
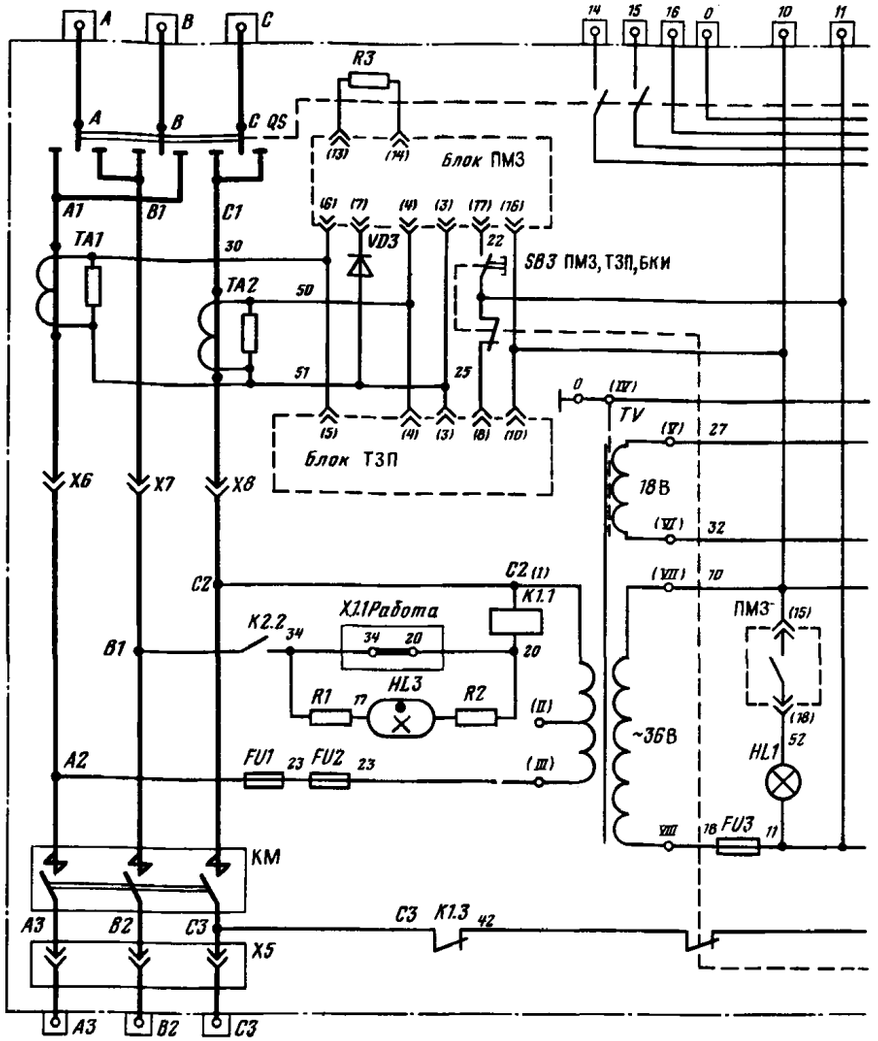


Рис. 6.31. Принципиальная схема пускателей ПВИ-25Б, ПВИ-63Б, ПВИ-125Б

Подключение трансформатора ТА пускателей ПВИ-25Б (63Б-125Б)

Схема трансформатора	Первичная обмотка	
	Маркировка зажимов	Напряжение, В
	I-II	380
	I-III	660
	I-II	110-115
	I-III	127
	I-IV	220
	I-II	220
	I-III	230
	I-IV	240
	I-II	380
	I-III	400,415
	I-IV	440
	I-II	380
	I-III	500
	I-IV	550



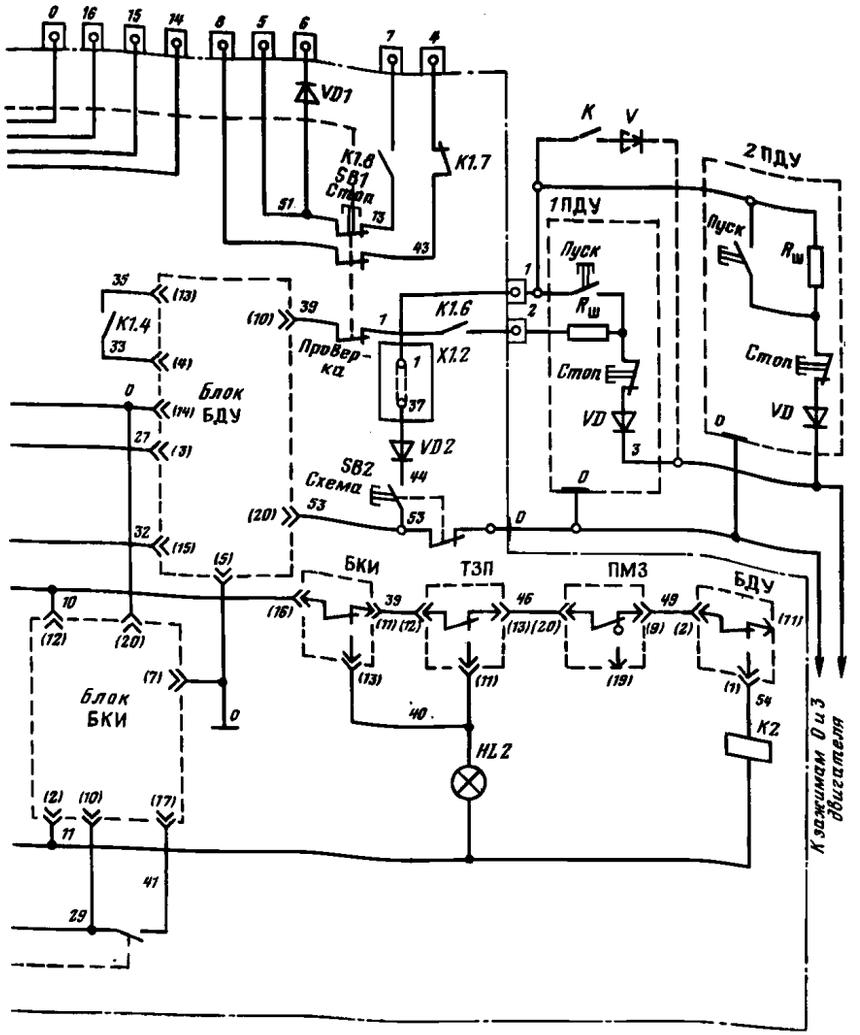


рис. 6.32. Принципиальная электрическая схема пускателей ПВИ-63БТ и ПВИ-125БТ:

1ПДУ, 2ПДУ — посты дистанционного управления при трех- и двухпроводной схеме управления пускателем соответственно; — — — — — механические связи, контуры блокировочных выводов показаны для пускателей специального исполнения применительно ков. Соединения зажимов *0*, *14*, *15*, *16* между сетевым отделением и камерой контактов мами *14* и *15* отсутствуют к системам с опережающим отключением. В обычных пускателях контакты между зажи

При ТО и РНИ пускателей серии ПВИ на номинальные токи 25, 63 и 125 А дополнительно к изложенному в разд. 6.2, 6.4.1 и 6.4.2 необходимо руководствоваться следующим:

а) для проверки исправности схемы пускателя и катушек контакторов снять перемычку *X1* (зажимы *20—34*) в цепи катушки контактора, установить ее на зажимы *1—37* в цепи кнопки «Пуск» ПДУ и нажать кнопку *SB4* «Проверка схемы». При исправной цепи катушки контактора загорается неоновая лампа *HL3*;

б) для проверки исправности БРУ в пускателях с индексом «Б» нажать кнопку *SB5* «Проверка БРУ». О срабатывании сигнализирует лампа *HL1* с белым светофильтром;

в) проверку работы блоков УМЗ и ПМЗ выполнить согласно методике, изложенной в разд. 5.3.7 и 5.3.8 соответственно;

г) при работе нескольких механизмов (или отдельных двигателей) проверить блокировку последовательности включения пускателей. Блокировка обеспечивается тем, что в цепь управ-

ления пускателем, который включается вторым, вводится вспомогательный контакт *К1.8* контактора пускателя, включающийся первым (шпильки *6—7*);

д) для проверки блокировки кнопки местного управления с разъединителем включенный пускатель попытаться выклю-

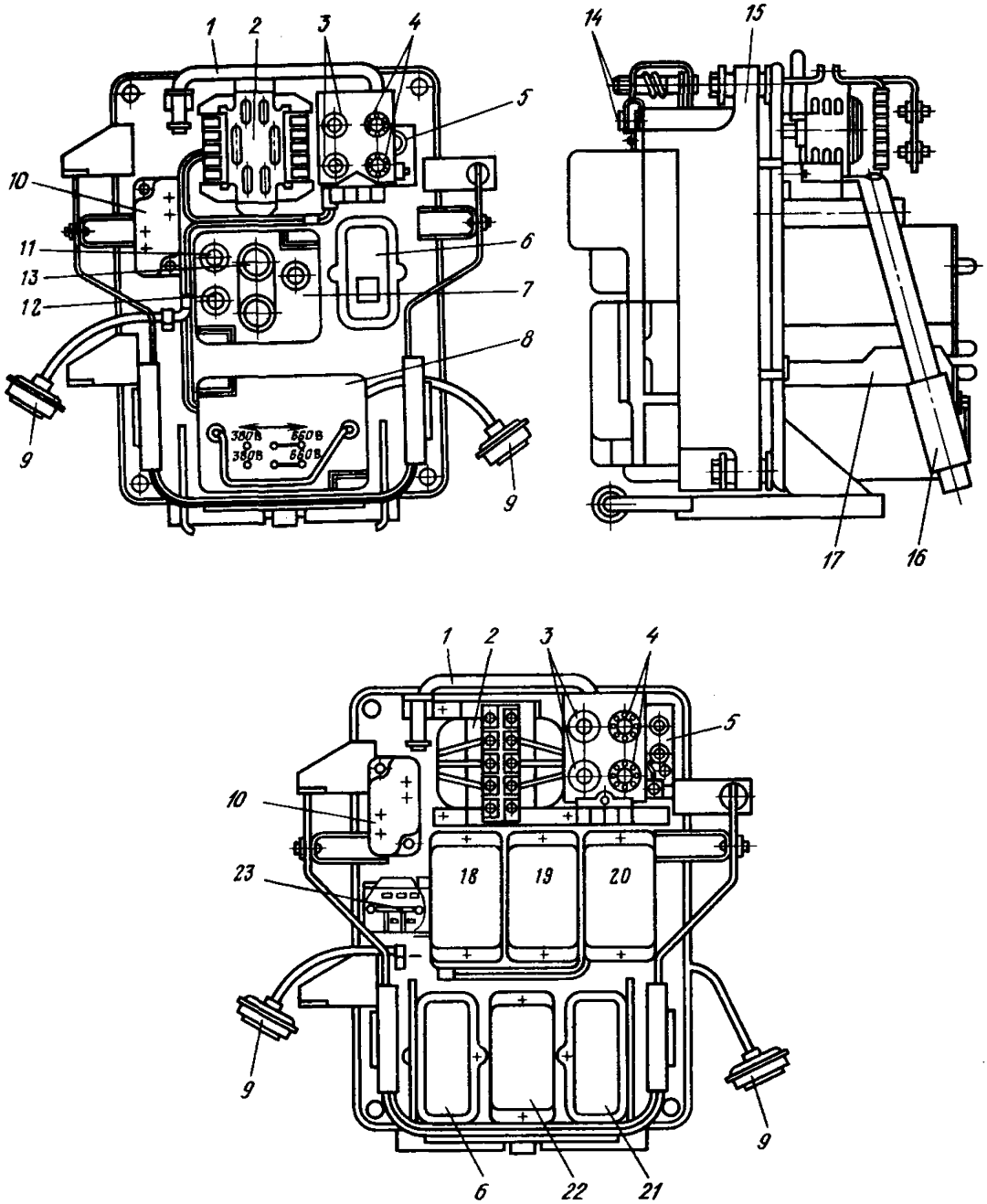


Рис. 6.33. Контакторные блоки пускателя:

а — ПВИ-250Б; *б* — ПВИ-250БТ; *1* — ручка для переноски; *2* — трансформатор напряжения; *3* — лампы сигнальные; *4* — предохранители; *5* — блок сопротивлений; *6* — реле форсировки; *7* — блок УМЗ; *8* — блок управления; *9* — штепсельные разъемы контрольных цепей; *10* — блок диодов; *11, 12, 13* — кнопки соответственно «Работа», «Проверка работы», «Взвод»; *14* — стыковые контакты силовой цепи; *15* — контактор; *16* — запорный рычаг; *17* — защелка; *18* — блок ПМЗ; *19* — блок БДУ; *20* — блок БКИ; *21* — реле промежуточное; *22* — блок ТЗП; *23* — трансформатор напряжения

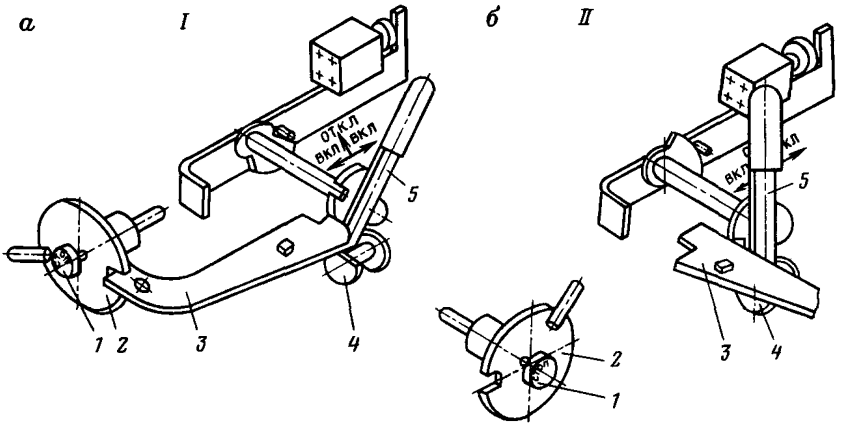


Рис. 6.34. Механическая блокировка пускателей ПВИ-250Б и ПВИ-250БТ:
1 — толкатель; *2* — привод замка быстрооткрываемой крышки; *3* — блокировочная пластинка; *4* — ограничитель разъединителя; *5* — рукоятка привода разъединителя; *I* — крышка заперта, разъединитель включен; *II* — крышка открыта, разъединитель отключен

чить рукояткой разъединителя (отключения не должно быть). Затем нажать кнопку «Стоп» местного отключения (пускатель должен отключиться). Разъединитель можно отключать рукояткой;

е) подключать провод *23* трансформатора *TV* в пускателях с индексом «Б» согласно напряжению сети;

ж) зажимы *0—8*; *14—16* только для искробезопасных цепей;

з) для работы в шахтных сетях с опережающим отключением предусмотрено специальное исполнение пускателя. В этом случае моторный короткозамыкатель подключить в отделение выводов к цепям *14*, *15*. Через вспомогательные контакты, которые размыкаются при отключении блокировочного разъединителя *QS*, и зажимы *14*, *15* в сетевом отделении его присоединить к кабелю от автоматического выключателя;

и) проверку исправности блока ТЗП производить согласно указаниям разд. 5.5;

к) проверить работу механической блокировки пускателя;

л) проверку блоков БДУ и БКИ производить согласно указаниям в разд. 5.9 и 5.10.9 соответственно.

Пускатели ПВИ-250Б и ПВИ-250БТ по конструкции аналогичны друг другу и отличаются устройством контакторных блоков (рис. 6.33). Контактор КТУ-4Б, примененный в пускателе, описан в разд. 6.4.2. Технические данные пускателей приведены в табл. 6.14 и 6.7.

Механическая блокировка пускателей (рис. 6.34) кроме своих основных функций выполняет функцию запрета включения кнопки «Проверка схемы» без предварительного нажатия на толкатель кнопки «Стоп». Запирание быстрооткрываемой крышки контак-

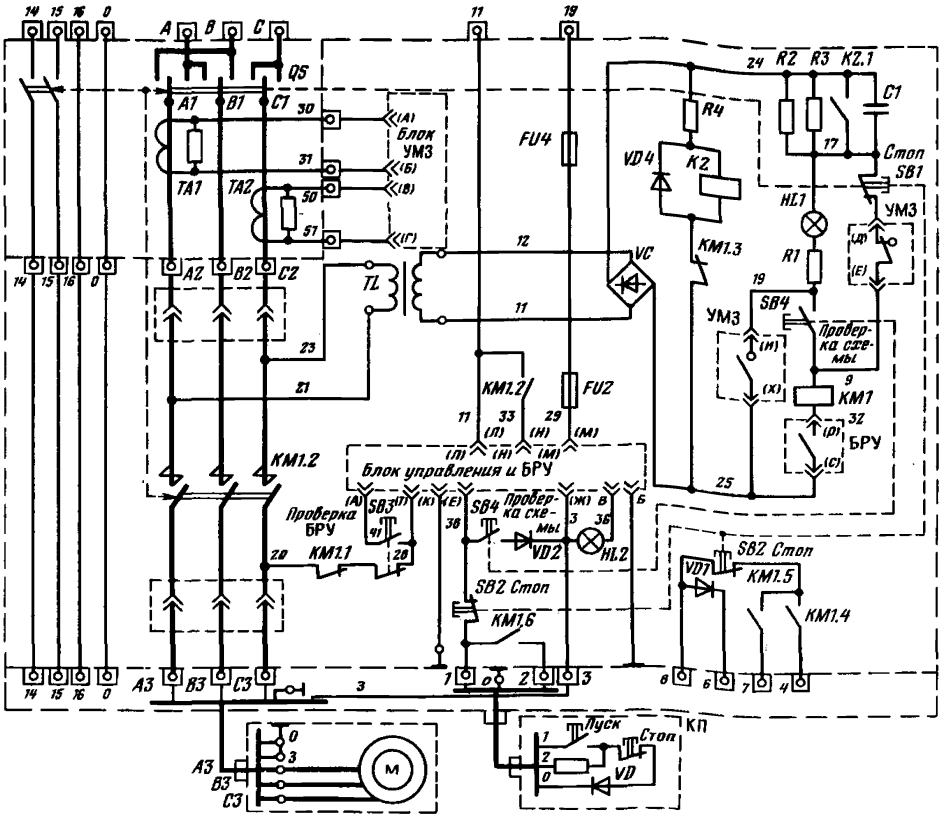


Рис. 6.35. Принципиальная электрическая схема пускателя ПВИ-250Б

торного отделения пускателей осуществляется аналогично показанному выше (см. рис. 6.8).

Параметры элементов электрической схемы (рис. 6.35) включения контактора пускателя ПВИ-250Б выбраны такими, чтобы пускатель мог включиться при сниженном напряжении на зажимах втягивающей катушки контактора (в момент замыкания контактов) до 60 % номинального, а при включенном контакторе втягивающая катушка контактора потребляла бы малую мощность.

При подаче напряжения на трансформатор *TL* от выпрямительного моста *VC* получает питание через размыкающий контакт *KM1.3* контактора *KM1* реле форсировки *K2*, которое своим замыкающим контактом *K2.1* шунтирует резисторы *R2* и *R3* в цепи питания катушки контактора *KM1*.

При подаче питания на БРУ его контакт замыкается и обеспечивает питание катушки *KM1* по цепочке: мост *VC*, контакт БРУ, катушка *KM1*, размыкающий контакт УМЗ, кнопка *SB1*, контакт *K2.1*, мост *VC*. Контактор *KM1*, включаясь, отключает своим контактом *KM1.3* реле *K2*, контакт *K2.1* которого вводит

в цепь питания катушки *KM1* резисторы *R2* и *R3*. В результате этого ток в катушке *KM1* снижается до величины тока удержания.

При срабатывании УМЗ его контакт в цепи питания катушки *KM1* размыкается и контактор отключает силовую цепь. Одновременно замыкающий контакт УМЗ включает цепь сигнальной лампы *HL1* с красным светофильтром.

БРУ, схема реле времени и блока УМЗ пускателей ПВИ-250Б аналогичны БРУ и УМЗ пускателей ПВИ-25Б, ПВИ-63Б, ПВИ-125Б.

Блокировка последовательности включения двух или нескольких пускателей может быть осуществлена при любом виде управления. Для этого в цепь управления пускателя, который должен включаться вторым, вместо кнопки «Пуск» можно ввести вспомогательный контакт контактора *KM1.5*, включенный последовательно с кнопкой *SB2* «Стоп» пускателя (зажимы *6*, *7*) и замыкающийся первым.

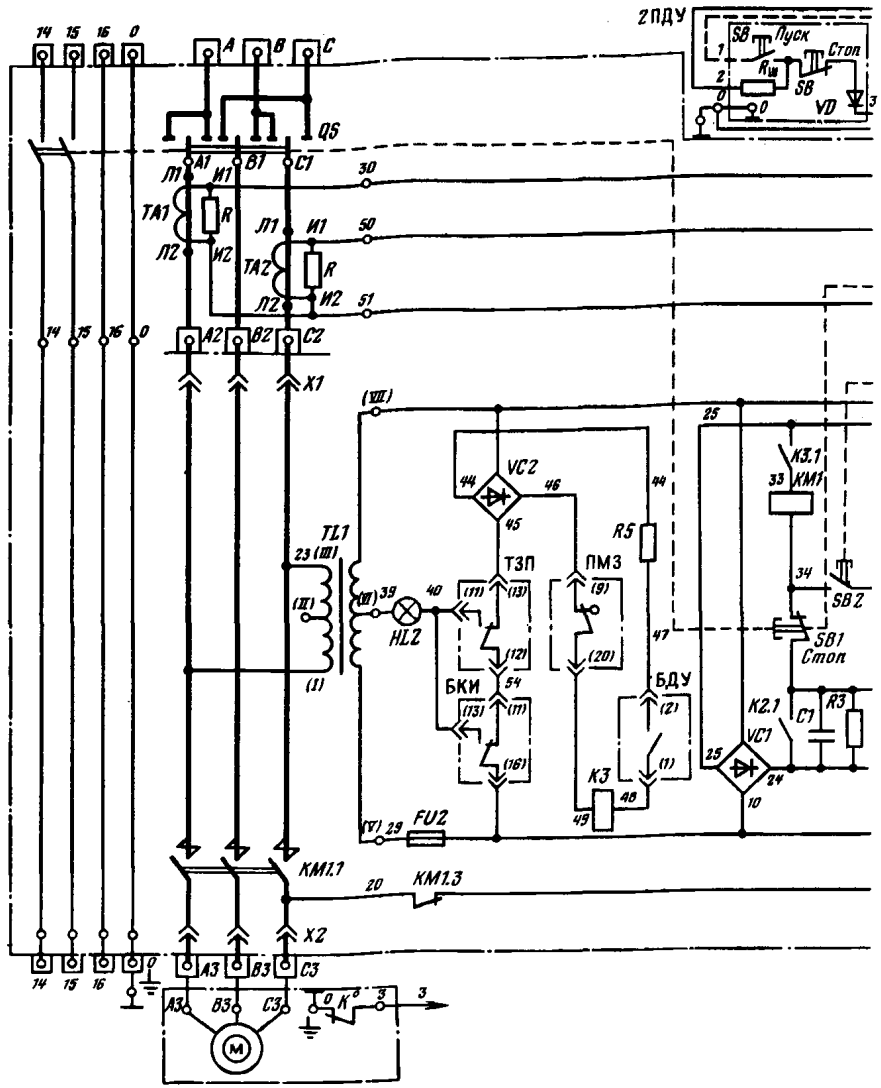
Элементы схемы управления пускателей ПВИ-250БТ (рис. 6.36) размещены в блоке БДУ (см. разд. 5.9).

При включении разъединителя *QS* от трансформаторов *TL1* и *TL2* на блок БДУ подается напряжение. Схема подготовлена к работе. Реле форсировки *K2* срабатывает и контактом *K2.1* шунтирует резисторы *R2* и *R3* в цепи контакторной катушки *KM1*. При нажатии кнопки «Пуск» поста управления 1ПДУ (2ПДУ) срабатывает блок БДУ и своим контактом включает реле *K3*. Реле срабатывает и контактом *K3.1* включает контактор *KM1*, который блок-контактом *KM1.2* размыкает цепь форсировочного реле *K2*. Отключившись, реле вводит в цепь питания контактора резисторы *R2* и *R3*. В результате ток в катушке контактора снижается до величины тока удержания.

ТО и РНИ пускателей ПВИ-250Б и ПВИ-250БТ проводят аналогично ТО и РНИ вышеописанных пускателей с учетом следующих особенностей:

а) схемой пускателей предусмотрена возможность проверки исправности цепи втягивающей катушки контактора без подачи напряжения на отходящие цепи. Для этого необходимо нажать толкатель кнопок *SB1* (см. рис. 6.35), *SB2* «Стоп» на быстрооткрываемой крышке и, не отпуская его, нажать флажок привода кнопки *SB4* «Проверка схемы», а затем отпустить толкатель кнопок *SB1* и *SB2* «Стоп». При нажатии на кнопку *SB4* «Проверка схемы» промежуточное реле БРУ обтекается выпрямленным током через кнопку *SB4* «Проверка схемы» и диод *VD2* (выводы *3*, *38*). Реле срабатывает и замыкает своим контактом (выводы *25*, *32*) цепь питания катушки контактора *KM1.1*, который не включается ввиду того, что последовательно с катушкой через контакт *SB4* кнопки включены сигнальная лампа *HL1* и резистор *R1*, величина которого подобрана так, что контактор не срабатывает.

Если цепь катушки контактора исправна, то загорается сигнальная лампа *HL1* с красным светофильтром. Для возврата в ис-



ходное состояние следует вновь нажать на толкатель кнопок *SB1*, *SB2* «Стоп» и отпустить флажок привода кнопки *SB4* «Проверка схемы». Механическая блокировка не позволяет включить кнопку *SB4* без предварительного нажатия на толкатель кнопок *SB1*, *SB2* «Стоп»;

б) защиту УМЗ и БРУ пускателей ПВИ-250Б выполнять согласно указаниям в разд. 5.10.2 и 5.3.7;

в) блоки ПМЗ, ТЗП, БКИ и БДУ пускателей ПВИ-250БТ описаны в разд. 5.3.8, 5.5.2, 5.10.9 и 5.9 соответственно;

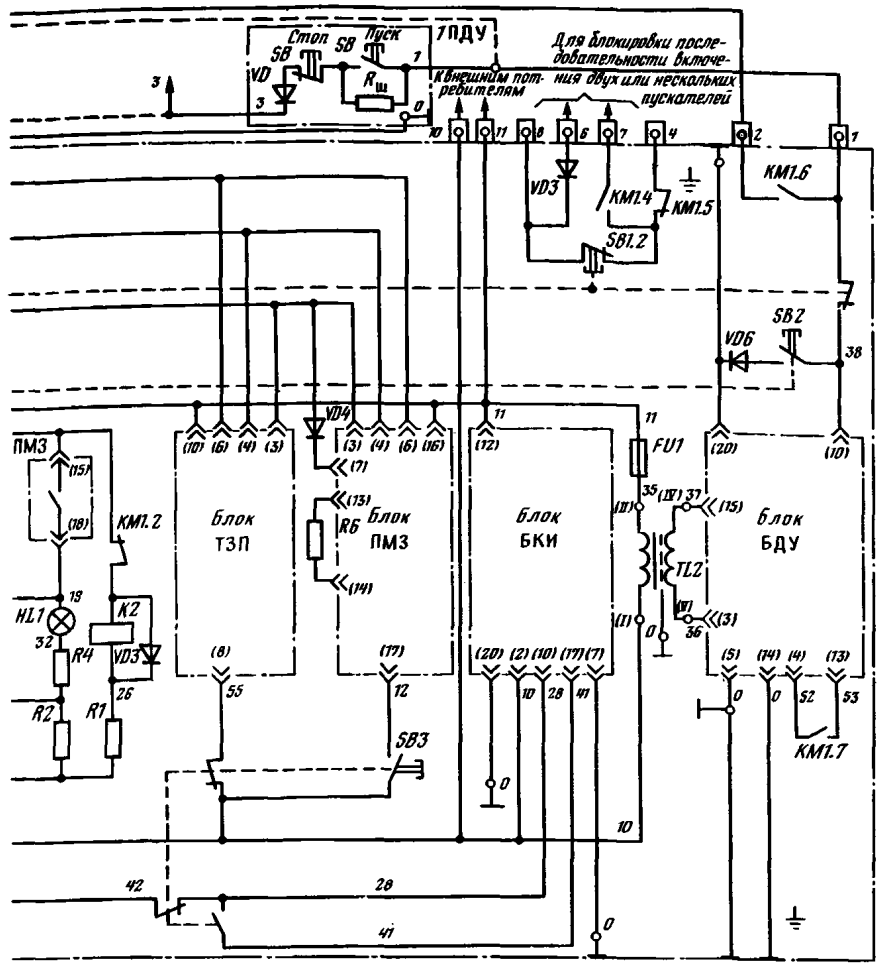


Рис. 6.36. Принципиальная электрическая схема пускателя ПВИ-250БТ

г) блокировку последовательности включения двух или нескольких пускателей можно осуществлять при любом виде управления. Для этого в цепь управления пускателем, который должен включаться вторым, вместо кнопки «Пуск» ввести вспомогательный контакт контактора *KM1.5*, включенный последовательно с контактом кнопки *SB2* «Стоп» пускателя (зажимы *6*, *7*);

д) у пускателей ПВИ-250БТ при дистанционном управлении с вынесенного поста управления по отдельному кабелю для обеспечения контроля целости заземляющего провода присоединяют

на технологической машине в электродвигателе перемычку между зажимами *0* и *3*. В отделении выводов пускателя присоединяют жилы управления кабеля от вынесенного поста к зажимам *1* и *3*, а к зажимам *0* и *3* — жилы управления от электродвигателя;

е) схема управления пускателей — двухпроводная с использованием заземляющей жилы силового кабеля в качестве провода управления. Однако при установке пускателя в шахтах с контактной электровозной откаткой следует применять трехпроводную схему управления;

при дистанционном управлении по общему силовому кабелю с кнопочного поста, установленного на рабочем механизме, в камере контрольных выводов пускателя установить перемычку между зажимами *0—3*, а к зажимам *1*, *2*, *3* подсоединить жилы управления силового кабеля;

при дистанционном управлении с вынесенного поста управления по отдельному кабелю в электродвигателе установить перемычку между проводами *3* и *0* для обеспечения контроля целости заземляющего провода. К зажимам *1*, *2*, *0* в камере контрольных выводов присоединить жилы управления кабеля от вынесенного кнопочного поста.

Пускатель ПВИ-320А несколько отличается от пускателя ПВИ-250Б: в нем применен контактор поворотного типа КТ 6043АР, на крышке имеются не два, а три смотровых окна для сигнальных ламп БРУ, УМЗ и «Проверка схемы».

Функции, выполняемые пускателем, отражены в табл. 6.6, блоки УМЗ и БРУ описаны в разд. 5.3.7 и 5.10.12 соответственно.

Электрическая схема пускателя ПВИ-320А (рис. 6.37) во многом схожа со схемой пускателя ПВИ-250Б, но отличается наличием блока БФ с реле форсировки *К6*.

Работа блока управления и БРУ аналогична их работе у пускателей ПМВИ-13М и ПМВИ-23М. Однако здесь контакт реле времени не включен в цепь шунтирования катушки промежуточного реле, поэтому ограничения частоты включения у этих пускателей нет.

Дистанционное управление осуществляется так же, как и у пускателей ПВИ-250Б, однако процесс включения контактора у пускателей ПВИ-320А имеет существенное отличие: в нем применена схема однополупериодного выпрямления группой диодов *VD9—VD11* с шунтированием катушки контактора *КМ1* и второй группой диодов *VD12—VD14*, включенных встречно первой группе. Ограничение тока в катушке контактора после его включения достигается вводом в шунтирующую цепь резисторов *R13* и *R14*. Этим достигается снижение мощности, рассеиваемой на резисторах *R13*, *R14*, в десятки раз по сравнению со схемой с вводом балластных резисторов последовательно в цепь питания катушки контактора.

Выпрямленное напряжение подается на контакторную катушку *КМ1*, которая подключена к питающей сети через диоды

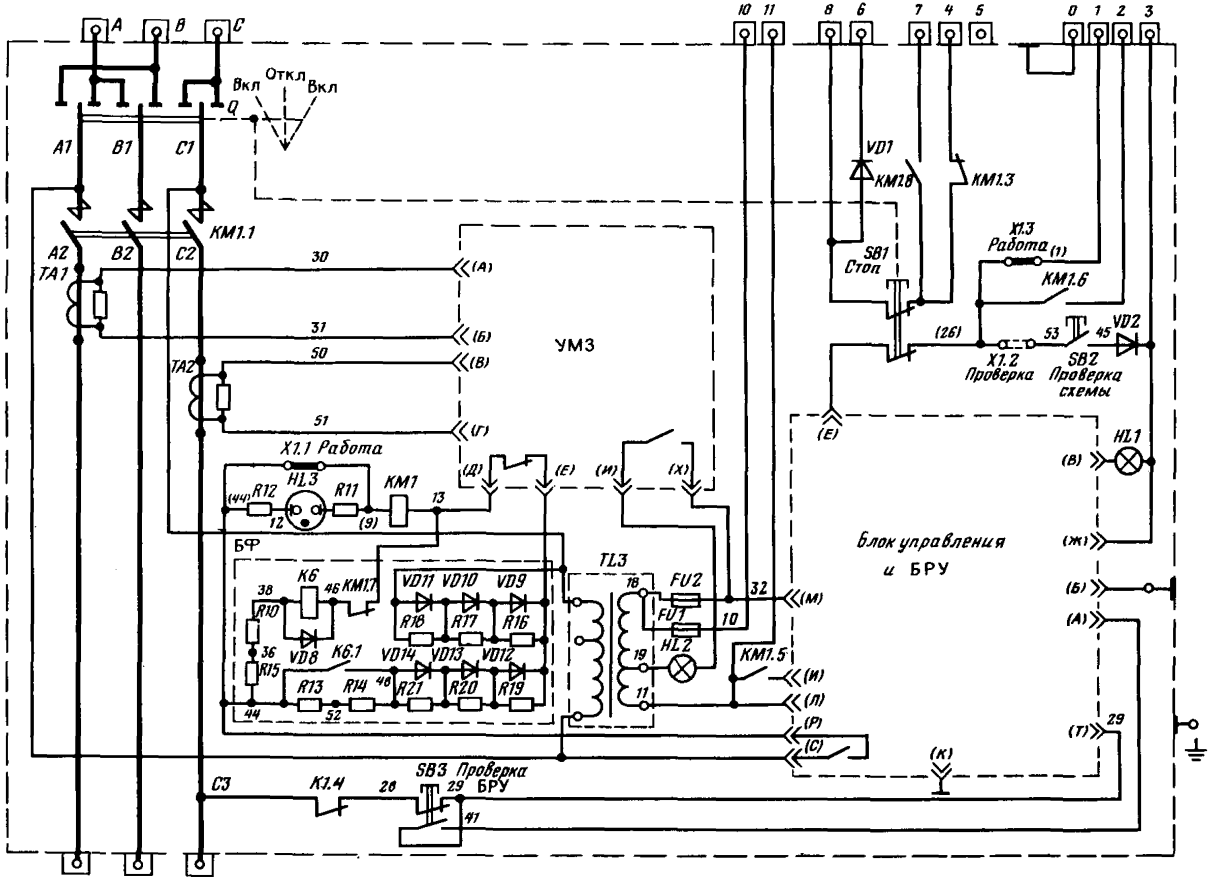


Рис. 6.37. Принципиальная электрическая схема пускателя ПВИ-320А

VD9—VD11, размыкающий контакт УМЗ и замыкающий контакт промежуточного реле блока управления. Параллельно катушке *KM1* включены размыкающий контакт *KM1.7* контактора *KM1*, реле форсировки *K6* с диодным шунтом *VD8*, резисторы *R10*, *R15* и цепь, состоящая из контакта *K6.1*, диодов *VD12—VD14*, резисторов *R13*, *R14*, шунтируемых замыкающим контактом *K6.1* реле форсировки. В цепь катушки *KM1* включены резисторы *R11*, *R12* и лампа *HL3*, которые зашунтированы перемычкой *X1.1*.

При срабатывании промежуточного реле блока управления получает питание реле форсировки, которое срабатывает и своим контактом шунтирует резисторы *R13*, *R14*, вследствие чего через катушку контактора *KM1* протекает пусковой ток. Контактор срабатывает и своим контактом *KM1.7* разрывает цепь реле форсировки *K6*. Однако реле, имея выдержку времени на отключение, продолжает своим контактом *K6.1* шунтировать резисторы *R13*, *R14*. После отключения реле *K6* подключаются резисторы *R13*, *R14* и ток в катушке снижается до величины тока удерживания. При напряжении сети 380 В зажимы *36*, *44* и *52* должны быть перемкнуты.

По принципу действия механической блокировки и блокировки последовательности включения двух или нескольких пускателей рассмотренный пускатель аналогичен пускателю ПВИ-250Б.

ТО и РНИ пускателя ПВИ-320А производятся аналогично ТО и РНИ пускателя ПВИ-250Б с учетом нижеизложенных особенностей:

1) проверку и регулировку контактора КТ 6043АР производить согласно указаниям разд. 6.4.2;

2) проверку исправности схемы управления и цепи питания контакторной катушки выполнять по тому же принципу, что и у пускателей ПВИ-250Б: нажатием кнопки *SB2* «Проверка схемы», предварительно установив одну перемычку колодки *X1* в положение *26—53* (*X1.2*), а другую снять с зажимов *9—44* (*X1.1*). Об исправности схемы сигнализирует неоновая лампа *HL3*. При нажатии кнопки *SB2* последовательно с катушкой контактора включаются неоновая лампа *HL3* и резисторы *R11* и *R12*, величины которых подобраны таким образом, что контактор не срабатывает, а при исправной цепи лампа загорается. После проверки перемычки колодки *X1* установить в положение *1—26* (*X1.3*) и *9—44* (*X1.1*);

3) работу схемы БРУ проверить кнопкой *SB3* «Проверка БРУ»;

4) настройку реле форсировки при необходимости производить на поверхности (рис. 6.38). При полном притяжении якоря *6* установить зазор *А* в пределах 0,1—0,15 мм с помощью шайб *2*. Перемещением скобы *5* установить раствор *Б* 2,7—3 мм, а перемещением кронштейна *4* — раствор контактов 3,5—4 мм. После регулировок провал контактов должен быть 1—1,2 мм. Нажатие

контактов при расположении реле якорем вниз составляет: начальное 0,7—0,8 Н, конечное 0,85—1,5 Н. Ток срабатывания реле от источника выпрямленного однополупериодного тока должен быть 68—72 мА. Регулировку тока срабатывания производить натяжением либо ослаблением пружины *7* якоря.

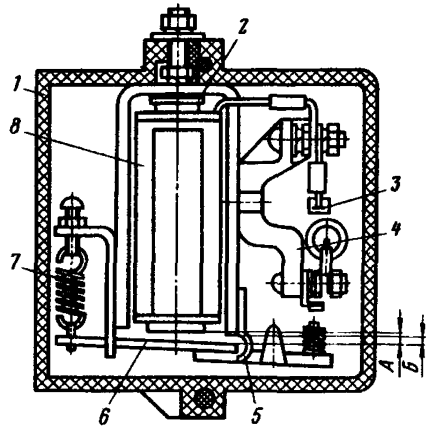


Рис. 6.38. Реле форсировки пускателя ПВИ-320А:

1 — корпус; *2* — набор шайб; *3* — диод; *4* — кронштейн; *5* — скоба; *6* — якорь; *7* — пружина; *8* — катушка

Пускатель реверсивный ПВИР-250 конструктивно аналогичен пускателю ПВИ-250Б, но отличается конструкцией контакторного блока (рис. 6.39). Блок имеет два контактора КТУ-4А.

Блок УМЗ описан в разд. 5.3.7, а контактор КТУ-4А — в разд. 6.4.2. Функции пускателя приведены в табл. 6.6.

Электрическая схема пускателя ПВИР-250 (рис. 6.40) отличается от схемы ПВИ-250Б тем, что имеет два контактора (*КМ1* и *КМ2*), два промежуточных реле (*К2* и *К3*) в схеме реверсивного (БУР) блока управления и другие элементы, позволяющие осуществлять дистанционное реверсирование.

Цепи питания контакторных катушек и процесс включения контакторов аналогичны цепям пускателя ПВИ-250.

При подаче напряжения на трансформатор *TL1* через выпрямительный мост *VC1* получает питание цепь: размыкающие кон-

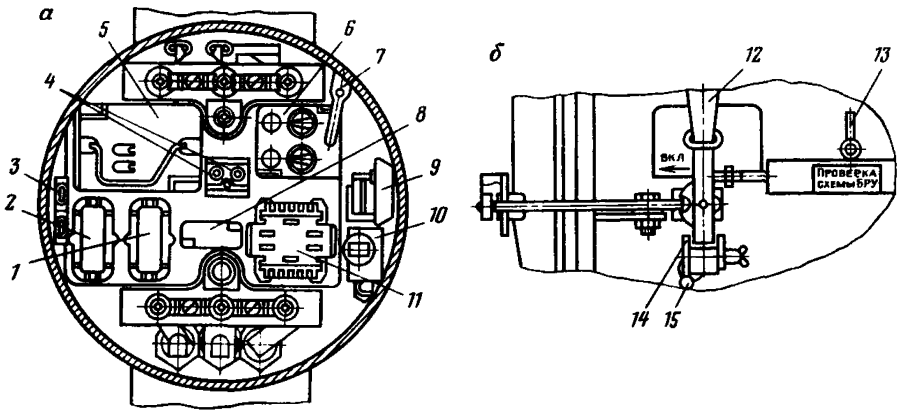


Рис. 6.39. Пускатель ПВИР-250:

а — вид на контакторную панель спереди в разрезе; *б* — механическая блокировка (вид с боку пускателя на рукоятку разъединителя); *1* — реле времени; *2* — реле форсировки; *3* — штепсельный разъем контрольных цепей; *4* — предохранители; *5* — блок управления; *6* — блок МТЗ; *7* — механизм взвода блока МТЗ; *8* — блок диодов; *9* — переключатель режима управления; *10* — механическая блокировка; *11* — трансформатор напряжения; *12* — рукоятка разъединителя; *13* — флажок привода кнопок «Проверка»; *14* — пломбировка разъединителя; *15* — фиксатор разъединителя

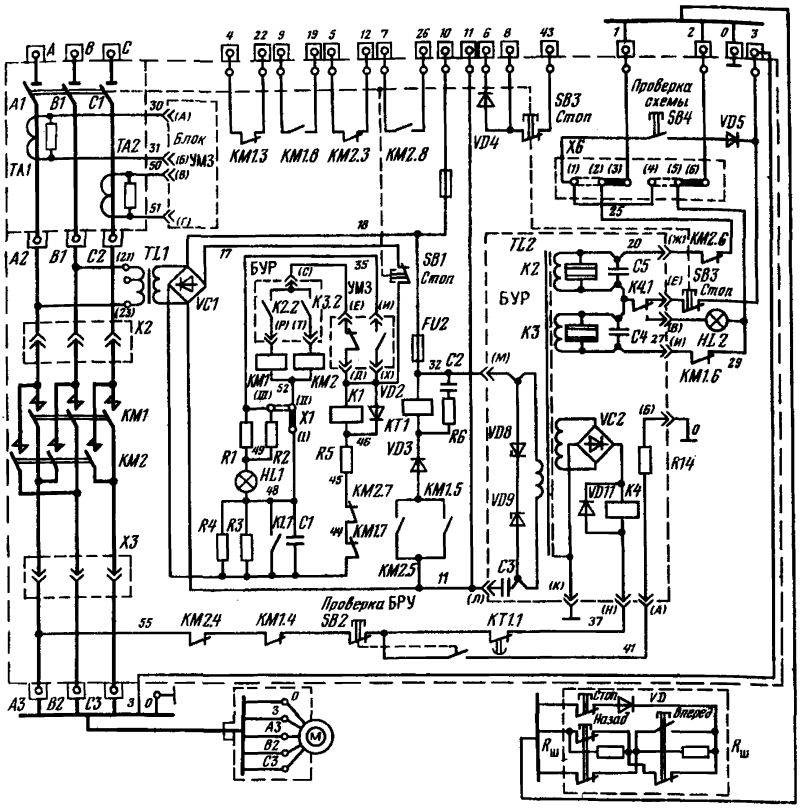


Рис. 6.40. Принципиальная электрическая схема пускателя ПВИР-250

такты *KM1.7*, *KM2.7* контакторов *KM1* и *KM2*, резистор *R5*, реле форсировки *K1*, кнопка *SB1* «Стоп». Реле *K1* срабатывает и своим замыкающим контактом *K1.1* шунтирует резисторы *R3* и *R4* в цепи питания втягивающих катушек контакторов *KM1*, *KM2*.

При срабатывании одного из реле блока управления, например *K2*, его контакт *K2.2* замыкается, обеспечивая питание катушки контактора *KM1* по цепочке: мост *VC1*, контакт *K1.1*, перемычка *X1*, катушка *KM1*, контакт *K2.2*, размыкающий контакт УМЗ, кнопка *SB1* «Стоп» и мост *VC1*.

Контактор *KM1*, включаясь, размыкает своим контактом *KM1.7* цепь реле *K1*, контакт *K1.1* которого, размыкаясь, вводит в цепь питания катушки контактора резисторы *R3* и *R4*. В результате этого ток в катушке контактора снижается до величины тока удержания.

Схема реле времени состоит из реле *KT1*, электролитического конденсатора *C2*, резистора *R6* и диода *VD3*. При включении

одного из контакторов *КМ1* или *КМ2* цепь реле времени *КТ* подключается к трансформатору *TL1* одним из контактов *КМ1.5* или *КМ2.5*. При отключении контактора прекращается питание реле времени *КТ*, но его якорь остается в притянутом положении за счет обтекания обмотки реле током разрядки конденсатора *С2* через резистор *R6*. По истечении 2—3 с (время разряда конденсатора) размыкающий контакт *КТ1.1* замыкается и включает в работу цепь БРУ.

ТО и РНИ пускателя ПВИР-250 производятся аналогично ТО и РНИ пускателя ПВИ-250Б с учетом следующих особенностей:

1) для проверки исправности цепи втягивающих катушек контакторов без подачи напряжения на электродвигатель установить перемычку *X1* в цепи питания катушек *КМ1*, *КМ2* в положение *II—III*, а перемычку переключателя *X6* в положения: *1—2* (для проверки схемы «Вперед») и *4—5* (для проверки схемы «Назад»). Затем с помощью кнопки *SB4* «Проверка схемы» произвести поочередное опробование исправности цепей катушек контакторов *КМ1* и *КМ2*. При нажатии на кнопку *SB4* (для контактора *КМ1*) обмотка реле *К2* обтекается выпрямленным током через размыкающий контакт *КМ2.6*, перемычку *1—2* переключателя *X6*, кнопку *SB4*, диод *VD5*, кнопку *SB3* и размыкающий контакт *К4.1*. Реле *К2* срабатывает и замыкает своим контактом *К2.2* цепь питания катушки контактора *КМ1*. При исправной цепи катушки контактора *КМ1* загорается сигнальная лампа *HL1* (красная); контактор не включается, так как последовательно с катушками контактора *КМ1* включены сигнальная лампа *HL1* и резисторы *R1*, *R2*.

Аналогично проверяют исправность цепи катушки контактора *КМ2.1*.

После проверки схемы установить перемычки переключателя *X6* в положение *2—3*, *5—6*, а переключатель *X1* — в положение *I—II*;

2) работоспособность БРУ проверить кнопкой «Проверка БРУ»: загорание сигнальной лампы с белым светофильтром указывает на исправность БРУ;

3) настройку реле форсировки производить так же, как и для пускателя ПВИ-320А;

4) при дистанционном управлении по общему силовому кабелю с кнопочного поста, установленного на рабочем механизме, в пускателе установить перемычки переключателя режима управления *X6* в положение *2—3*, *5—6*, в камере контрольных выводов пускателя установить перемычку между зажимами *0—3*, а к зажимам *1*, *2*, *0* подсоединить жилы управления силового кабеля;

5) при дистанционном управлении с вынесенного поста управления по отдельному кабелю на рабочем механизме в электродвигателе установить перемычку между проводами *3* и «Земля». В пускателе установить перемычки переключателя режима управления *X6* в положение *2—3*, *5—6*. К зажимам *1*, *2*, *0* камеры кон-

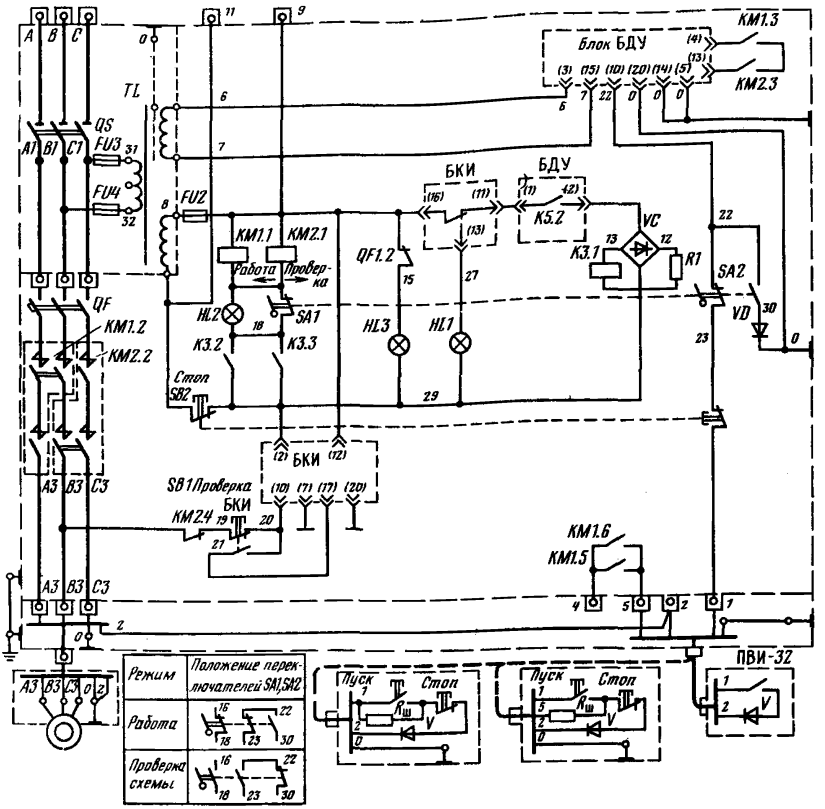


Рис. 6.41. Принципиальная электрическая схема пускателя ПВИ-32

трольных выводов подсоединить жилы управления кабеля от выносного кнопочного поста.

Пускатель ПВИ-32 по конструкции аналогичен пускателю ПВИ-25Б и отличается лишь внутренней оснасткой.

Коммутирующие пускатели ПМА-3102, примененные в ПВИ-32, без теплового реле, нереверсивные. Контактор имеет прямоходовую заключенную в пластмассовый корпус Ш-образную магнитную систему из якоря и сердечника. Электрическая схема (рис. 6.41) состоит из силовой цепи, блока управления БДУ, блока предварительного контроля изоляции БКИ, цепей и аппаратуры управления и сигнализации.

В силовую цепь входят блокировочный разъединитель *QS*, расположенный в отделении разъединителя совместно с трансформатором напряжения *TL*, выключатель *QF* АЕ-2046, выполняющий защиту от токов к. з. с нерегулируемой уставкой; два пускателя *KM1.2* и *KM2.2* типа ПМА-3102.

При включении разъединителя на блоки БКИ и БДУ подается напряжение. Работа блока БДУ описана в разд. 5.9. Устройство и работа блока БКИ описаны в разд. 5.10.9.

Схема управления пускателем работает следующим образом. При подаче напряжения 18 В на блок БДУ срабатывает вспомогательное реле *К4.1* (см. рис. 5.25) и своим замыкающим контактом *К4.2* подготавливает цепь для включения исполнительного реле *К5.1*. Устройство управления готово к работе. При нажатии на кнопку «Пуск» вынесенного поста управления срабатывает реле *К5.1* и замыкает свой контакт *К5.2* в цепи промежуточного реле *К3.1* (см. рис. 6.41), которое замыкает контакты *К3.2* и *К3.3* в цепи катушек контакторов *КМ1.1* и *КМ2.1*. Контакторы включаются и замыкают свои вспомогательные контакты *КМ1.3* и *КМ2.3* в цепи вспомогательного реле *К3.1* блока БДУ (см. рис. 5.25). Реле *К3.1* (см. рис. 6.41) срабатывает и замыкает свои контакты *К3.2* и *К3.3* (см. рис. 5.25) в двух измерительных схемах устройства управления, шунтируя при этом резисторы *R21* и *R26*, за счет чего при отпускании кнопки «Пуск» поста управления устройство остается во включенном состоянии.

Отключение пускателя производится нажатием кнопки «Стоп» поста управления.

ТО и РНИ пускателей ПВИ-32 проводят, как ТО и РНИ пускателей ПВИ-25Б, с учетом следующих особенностей:

1) устройство БКИ проверяют замыканием кнопки *SB1* «Проверка БКИ». Об исправности сигнализирует лампа *HL1*;

2) электрической схемой пускателя предусмотрена возможность проверки исправности цепи втягивающих катушек контакторов без подачи напряжения на токоприемник, поэтому следует установить переключатели *SA1* и *SA2* в положение «Проверка» и затем включить разъединитель. При включении разъединителя к блоку БДУ подключается диод *VD*. В результате этого срабатывает исполнительное реле, контакты которого замыкают цепь катушек контакторов. Так как контакт переключателя *SA1* в цепи катушек контакторов разомкнут, то ток в этой цепи проходит через катушки контакторов *КМ1.1*, *КМ1.2* и лампу *HL2* с зеленым светофильтром, которая загорается, свидетельствуя об исправности цепи втягивающих катушек контакторов;

3) токоограничивающее действие силовой цепи пускателя эквивалентно 15 м кабеля сечением 50 мм^2.

6.4.5. Пускатели серии ПВ-1140

Пускатели серии ПВ-1140 (табл. 6.15 и см. табл. 6.7) конструктивно аналогичны друг другу (рис. 6.42) и отличаются лишь конструкцией встроенных панелей.

Пускатели ПВ-1140-2×25 и ПВ-1140-2×63 применяют для управления одним двигателем по реверсивной схеме (или двумя двигателями раздельно) горных машин и механизмов, не переме-

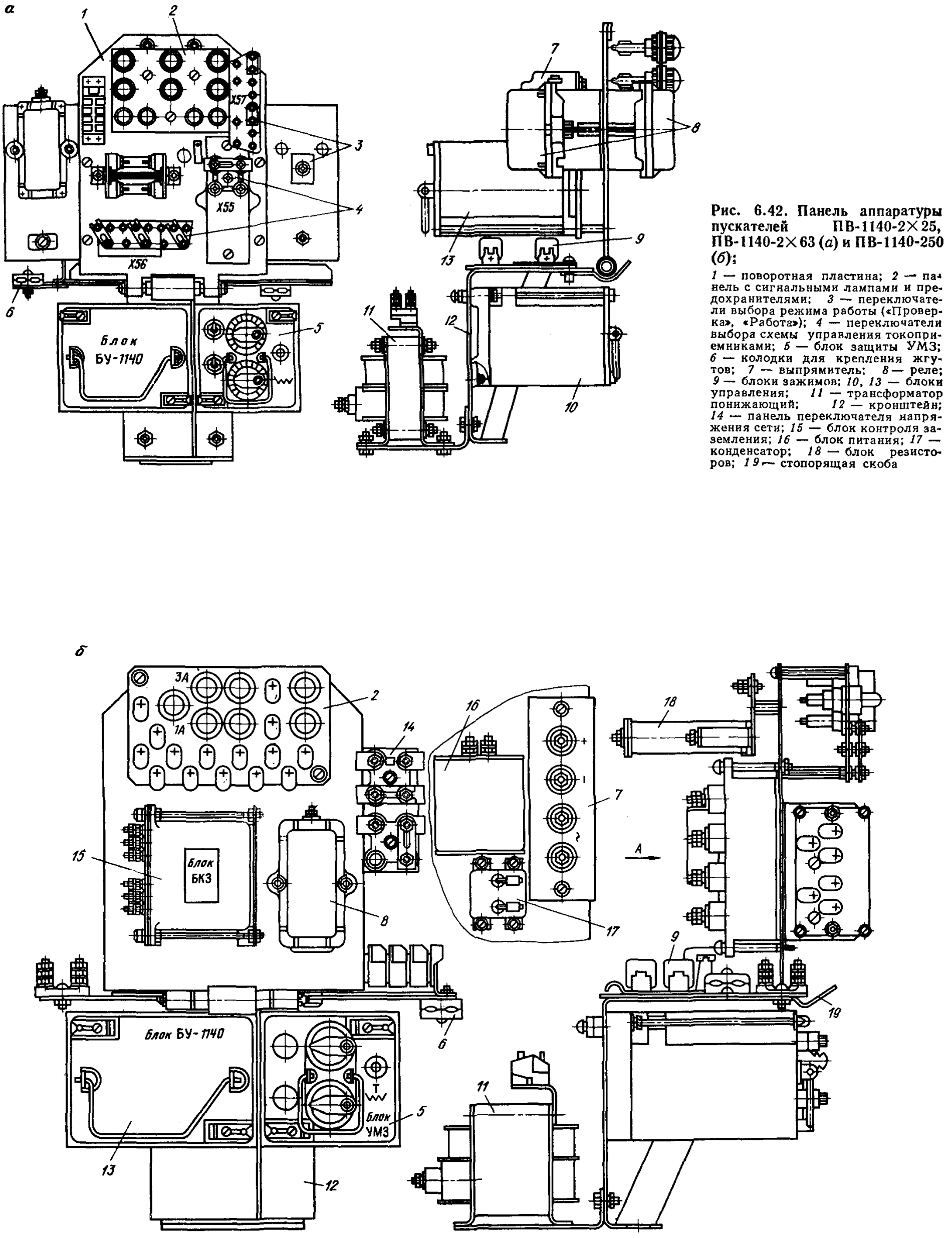


Рис. 6.42. Панель аппаратуры пускателей ПВ-1140-2×25, ПВ-1140-2×63 (*а*) и ПВ-1140-250 (*б*):

1 — поворотная пластина; *2* — панель с сигнальными лампами и предохранителями; *3* — переключатели выбора режима работы («Проверка», «Работа»); *4* — переключатели выбора схемы управления токоприемниками; *5* — блок защиты УМЗ; *6* — колодки для крепления жгутов; *7* — выпрямитель; *8* — реле; *9* — блоки зажимов; *10*, *13* — блоки управления; *11* — трансформатор понижающий; *12* — кронштейн; *14* — панель переключателя напряжения сети; *15* — блок контроля заземления; *16* — блок питания; *17* — конденсатор; *18* — блок резисторов; *19* — стопорящая скоба

Таблица 6.15

Техническая характеристика пускателей ПВ-1140

Параметры	Тип пускателя		
	ПВ-1140-2×25	ПВ-1140-2×63	ПВ-1140-250
Номинальное напряжение, В	1140 (660)		
Частота, Гц	50		
Номинальный ток продолжительного режима, А	2×25	2×63	250 (320)
Максимальная мощность управляемого двигателя, кВт	2×30	2×80 (2×55)	320 (280)
Ток транзитной нагрузки, А	150	150	63
Напряжение искробезопасных цепей управления, В	18		
Напряжение цепи БРУ, В	127		
Уставки БРУ, кОм:			
предупредительная	250 (190)	250 (190)	250
аварийная		90 (30)	
Предельная коммутационная способность, А:			
включающая (мгновенное значение ударного тока)	Не нормируется	1650 (2700)	5600 (8800)
отключающая (эффективное значение тока)	То же	1000 (1500)	3000 (4800)
Габаритные размеры, мм	850×980×870		
Масса, кг	410	410	430

щающихся в процессе работы. Пускатели имеют одинаковую конструкцию и отличаются друг от друга только числом первичных витков трансформаторов тока. Конструкции разъединителя этих пускателей обеспечивают его заземление в отключенном положении. Пускатели имеют по два контактора КТУ-2Е (см. разд. 6.4.2) и аппаратуру, расположенную на отдельной панели.

Электрическая схема пускателей ПВ-1140-2×25 и ПВ-1140-2×63 (рис. 6.43) состоит из силовых цепей, двух блоков управления с БРУ, блока типа УМЗ, аппаратуры и цепей управления и сигнализации.

Блоки УМЗ и БРУ описаны в разд. 5.3.7 и 5.10.10 соответственно.

От вторичных обмоток напряжением 36 В (зажимы *4* и *5*) трансформатора *Т1* питаются блоки управления с БРУ; от обмотки напряжением 60 В (зажимы *1*, *3* и *4*, *6*) — лампы *Н3—Н6*, сигнализирующие о срабатывании блокировочных реле утечек БРУ и блоков управления; от обмотки напряжением 46 В (зажимы *7* и *8*) — выпрямитель *VC*, питающий катушки *КМ1.1* и *КМ2.1* контакторов, а также реле *К3*, *К4* и сигнальные лампы *HL1* и *HL2*. От обмотки напряжением 36 В (зажимы *10* и *11*) может питаться внешняя нагрузка.

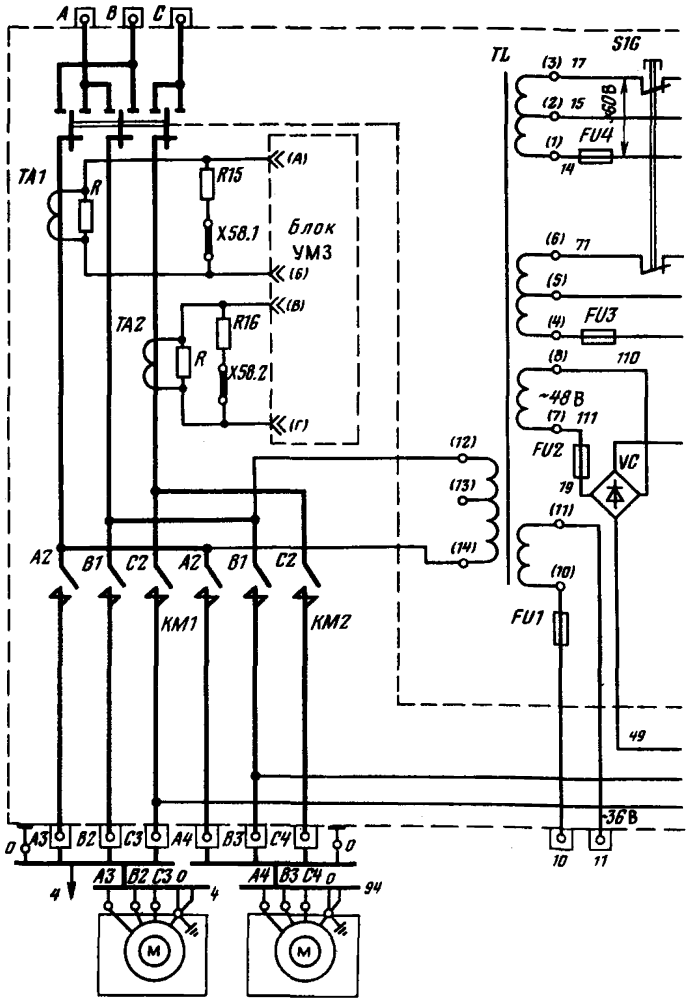


Рис. 6.43. Принципиальная электрическая схема пускателей ПВ-1140-2×25 и ПВ-1140-2×63 (в положении рукоятки разъединителя «Откл» контакты кнопок *S2Q* и *S5Q* разомкнуты)

При подключении к пускателю двух нереверсивных токоприемников работа электрической схемы осуществляется следующим образом. При нажатии на кнопку «Пуск» поста управления 1ПДУ или 2ПДУ включается промежуточное реле *K3* блока БУ. Замыкающий контакт этого реле подключит реле *K1.1* к выпрямительному мосту *VC*. Реле *K1.1* блока *K3* включается и своим контактом *K1.2* шунтирует резисторы *R1*, *R3*, в результате этого через втягивающую катушку *KM1* потечет пусковой ток, достаточный для четкого включения контактора. При включении контак-

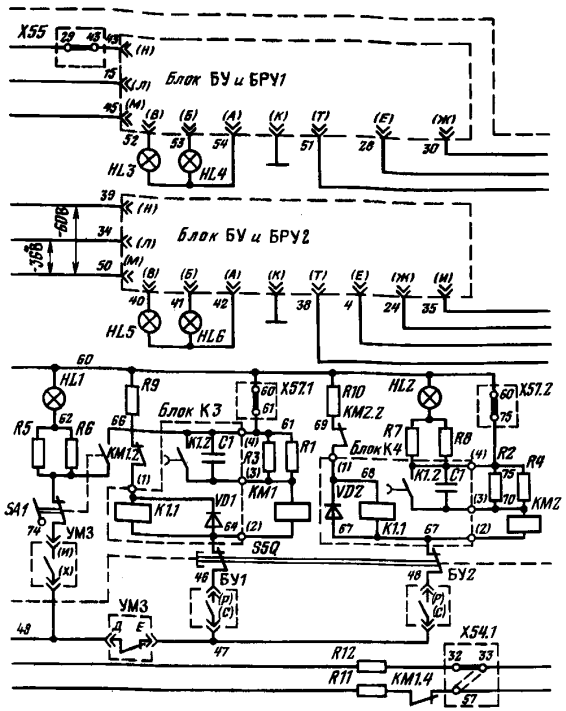
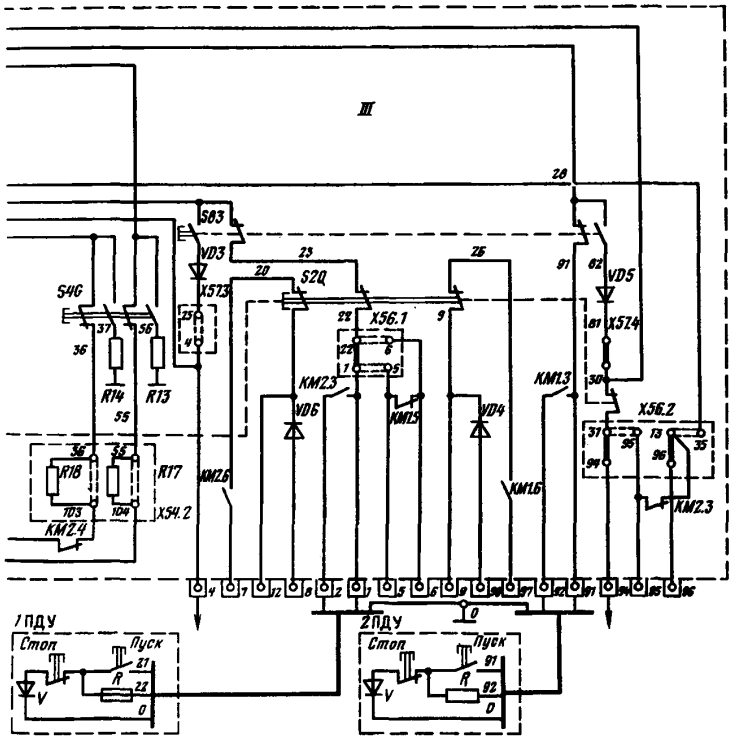


Рис. 6.43. (Продолжение)

тора его блок-контакт *KM1.2* размыкает цепь питания реле *K1.1* блока *K3* и это реле отключается с выдержкой времени, достигаемой параллельным включением диода *VD1*. После отключения реле *K1.1* блока *K3* ток в катушке *KM1* контактора ограничивается резисторами *R1* и *R3*. Величина этого тока достаточна для удержания магнитной системы контактора в замкнутом положении даже при глубоких посадках напряжения, обусловленных пуском мощных электродвигателей. Включение втягивающей катушки *KM2* другого контактора происходит аналогичным образом.

При ТО и РНИ пускателей ПВ-1140-2×25 и ПВ-1140-2×63 необходимо руководствоваться общими указаниями, изложенными в разд. 6.2 и 6.4.1, с учетом следующих особенностей:



1) монтаж электрической схемы пускателей выполнен заводом-изготовителем для напряжения сети 1140 В при раздельном управлении двумя токоприемниками. Для подключения пускателя к сети 660 В необходимо:

в зависимости от числа электроприемников выполнить переключение цепей управления на панелях *X54—X56* в соответствии с табл. 1 (рис. 6.44);

при управлении одним электроприемником по реверсивной схеме между проходными зажимами *C4—A4*, *B2—B3* и *A3—A4* установить перемычки с соответствующей маркировкой, поставляемые в комплекте с пускателем;

провод с маркировкой *A2* снять с зажима *14* (см. рис. 6.43) панели трансформатора *TL1* и присоединить к зажиму *13*;

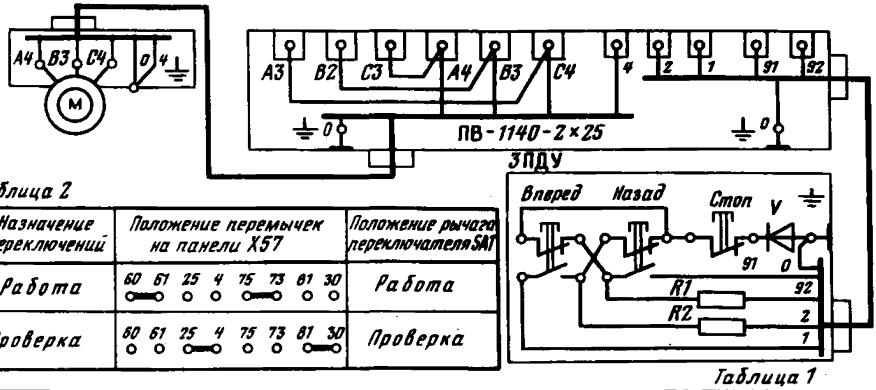


Таблица 2

Назначение переключений	Положение перемычек на панели X57	Положение рычага переключателя SA1
Работа	60 61 25 4 75 73 81 30	Работа
Проверка	60 61 25 4 75 73 81 30	Проверка

Таблица 1

Назначение переключений	Номинальное напряжение сети, В: 1140	660	1140, 660 — Положение перемычек на панелях: X54	X55	X56	Подключение электроприемника к зажимам моторного отделения
Раздельное управление двумя электроприемниками по нереверсивной схеме	55 36 104 103 57 33 32	55 36 104 103 57 33 32	29 43	1 6 5 94 95 96 35 22 31 13		С3 А4 В2 В3 А3 С4 — Нагрузке; Нагрузке
Управление одним электроприемником по реверсивной схеме	55 36 104 103 57 33 32	55 36 104 103 57 33 32	29 43	1 6 5 94 95 96 35 22 31 13		С3 А4 В2 В3 А3 С4 — Нагрузке

Рис. 6.44. Электрическая схема подключений при управлении одним электроприемником по реверсивной схеме и таблицы переключений перемычек и переключателей пускателей ПВ-1140-2×25 и ПВ-1140-2×63

2) последовательно соединенные элементы схемы пускателя — диоды *VD6*, *VD4*, контакты *KM2.6*, *S2Q*, *KM1.6*, подключенные к проходным зажимам *7*, *8*, *12* и *9*, *97*, *98*, служат для осуществления (при необходимости) блокировки последовательности включения двух или более пускателей. К этим зажимам допускается подключение как искробезопасных, так и искроопасных внешних цепей управления напряжением до 60 В;

3) порядок операций при поверке БРУ:

повернуть и удержать флажок *S4G* в положении «БРУ»; при исправных БРУ сигнальные лампы с красным светофильтром *HL1* и *HL6* загораются;

вернуть флажок в среднее положение; при этом остаются включенными лампы *HL3* и *HL5* с зеленым светофильтром, а лампы *HL4* и *HL6* с красным светофильтром выключаются;

4) при пусковых токах двигателя, недостаточных для срабатывания защиты УМЗ (при ее проверке согласно разд. 5.3.7), кроме перевода рукояток тумблеров в положение «Проверка», следует снять перемычки *X58.1* и *X58.2*;

5) порядок операций при проверке схемы дистанционного управления и цепи катушек контакторов: отключить разъеди-

нитель; открыть быстрооткрываемую крышку; установить перемычки на панели *X57*, размещенной на поворотной части панели аппаратуры, в соответствии с табл. 2 (см. рис. 6.44 и 6.43); перевести рукоятку тумблера *SA1* в положение «Проверка»; закрыть быстрооткрываемую крышку; включить разъединитель; повернуть флажок кнопок *S4G* в положение «Схема» — при исправности проверяемых цепей включаются лампы с красным (*HL1*) и зеленым (*HL2*) светофильтром; после проверки перемычки *X57* рукоятку тумблера *SA1* установить в соответствии с табл. 2 (см. рис. 6.44) для режима «Работа»; закрыть быстрооткрываемую крышку и опломбировать ее замок;

6) в схему управления контактором входят блоки *K3* и *K4*, от исправности которых зависит четкая работа контакторов. При необходимости настройка их производится по методике, изложенной для пускателя ПВИ-320А (см. разд. 6.4.6).

Пускатель ПВ-1140-250 предназначен для управления только одним двигателем горных машин, передвигающихся в процессе работы, и для случая, когда реверсирование двигателя можно осуществить разъединителем. Функции, выполняемые пускателем, приведены в табл. 6.6, а его технические данные — в табл. 6.15 и 6.13.

Конструкция пускателей ПВ-1140-250 максимально унифицирована с пускателями ПВ-1140-2×25 и ПВИ-320, но в отличие от последних конструкция его блокировочного разъединителя обеспечивает заземление ножей в отключенном положении.

Контактор КТ 6043БР, примененный в пускателе, описан в разд. 6.4.2.

Пускатель ПВ-1140-250 (рис. 6.45) отличается от пускателей ПВ-1140-2×25 и ПВ-1140-2×63 также панелью аппаратуры (см. рис. 6.41, *б*) и нереверсивной схемой управления.

Отличительной особенностью пускателя ПВ-1140-250 является то, что он имеет съемный блок БКЗ, который служит для контроля величины сопротивления цепи заземления управляемого электродвигателя.

БРУ имеет две уставки срабатывания: предупредительную и аварийную. В зоне предупредительной уставки (сопротивление от 250 до 9 кОм) БРУ сигнализирует свечением сигнальной лампы *HL4* с зеленым светофильтром без разрыва цепи схемы управления пускателем. В зоне аварийной уставки (сопротивление ниже 90 кОм для 1140 В и 30 кОм для 660 В) БРУ разрывает цепь схемы управления пускателем, сигнализируя об этом свечением сигнальной лампы *HL5* с красным светофильтром.

Основная часть элементов БРУ размещена в блоках БУ и БРУ (см. разд. 5.10.10).

Блок контроля цепи заземляющего провода (БКЗ) предназначен для:

а) контроля обрыва, замыкания между контрольным и заземляющим проводами и контроля величины сопротивле-

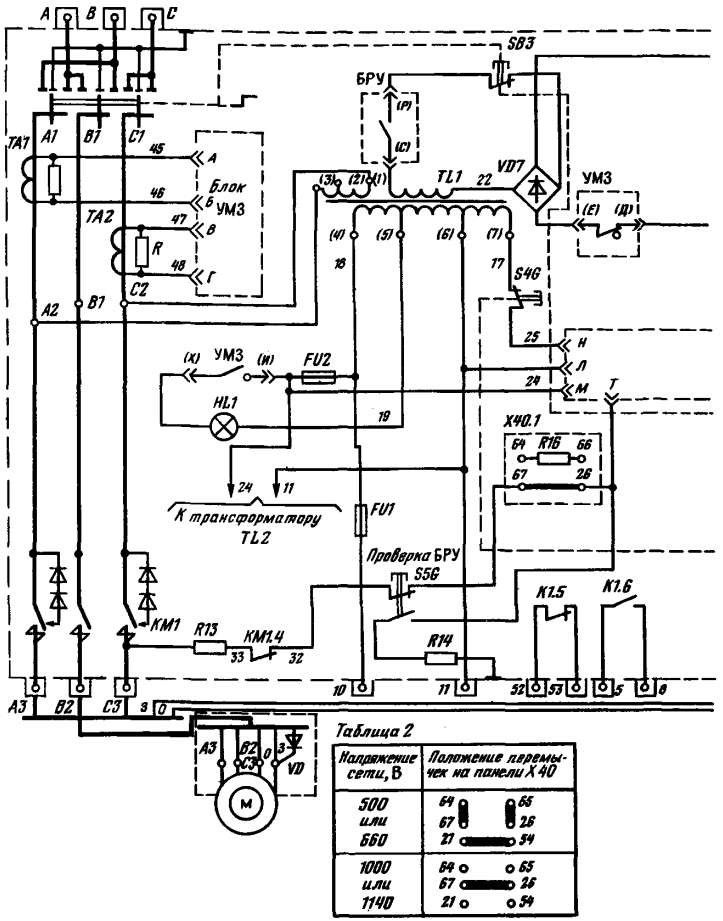
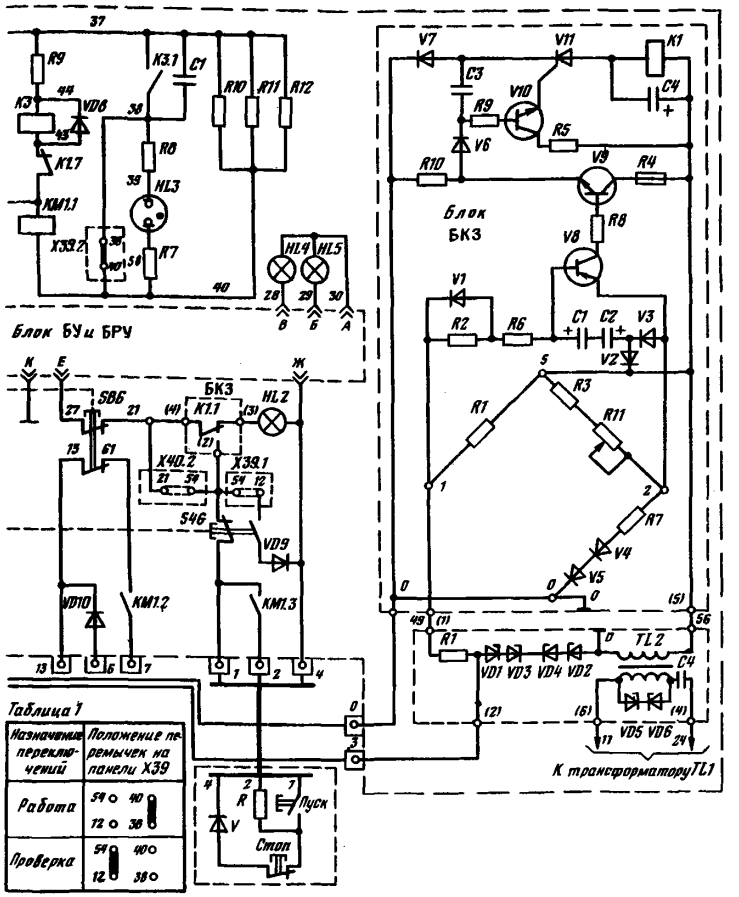


Рис. 6.45. Принципиальная электрическая схема пускателя ПВ-1140-250

ния цепи заземляющего провода управления электродвигателя;

б) осуществления блокировки против включения пускателя при обрыве, замыкании или увеличении сопротивления цепи заземляющего провода >50 Ом.

БКЗ представляет собой мостовую измерительную схему, мост которой составлен из резисторов *R1*, *R3*, *R11*, *R7*. В одно из плеч моста входят измеряемое сопротивление цепи заземляющего провода *R3*. К измерительной диагонали моста подключен тран-



зистор *V8*, эмиттер-коллекторный переход которого управляет тиристором *V11* посредством транзисторов *V9*, *V10*. Тиристор *V11* работает в режиме ключа в цепи питания катушки исполнительного реле *K1*.

Питание схемы осуществляется от стабилизирующего источника питания напряжением 18 В с искробезопасными выходными параметрами *TL2*. Искробезопасность источника обеспечивается шунтом, состоящим из стабилитронов *VD1—VD4* и резистора *R1*. Для обеспечения искробезопасных параметров источника пи-

тания и блока БКЗ в режиме аварийных коммутаций первичная обмотка трансформатора *TL2* зашунтирована стабилитронами *VD5* и *VD6*.

Для ограничения тока в катушке контактора в ее цепь включены резисторы *R10—R12*. Эти резисторы на время включения контактора шунтируются контактами реле *K3*. Контакт *K3.1* коммутирует цепь большой индуктивности и работает в тяжелом режиме. Для повышения электрической износостойкости этот контакт зашунтирован конденсатором *C1*.

Для контроля цепи заземляющего провода необходимо заземляющий провод силового кабеля подключить к зажиму *0* камеры контрольных выводов, а в токоприемнике — к зажиму «Земля». Контрольный провод силового кабеля подключить к зажиму *3* камеры контрольных выводов, а в токоприемнике — через диод к зажиму «Земля». При этом «+» диода подключается к контрольному проводу, а «—» — к зажиму «Земля» токоприемника.

При сопротивлении цепи заземляющего провода <50 Ом измерительный мост находится в состоянии разбаланса и транзистор *V8* открыт. При этом транзисторы *V9*, *V10* и тиристор *V11* находятся в открытом состоянии. Реле *K1* включено, и переключающий контакт *K1.1* реле замкнут в цепи схемы управления пускателем и разомкнут в цепи сигнальной лампы *HL2* с красным светофильтром. При увеличении сопротивления цепи заземляющего провода до 50 Ом и выше или ее разрыве напряжение на измерительной диагонали моста снижается до нуля и транзистор *V8* закрывается. При этом закрываются транзисторы *V9*, *V10* и тиристор *V11*. Это приводит к отпаданию реле *K1*, переключающий контакт которого *K1.1* разрывает цепь схемы управления пускателей и включает сигнальную лампу *HL2* с красным светофильтром. При закорачивании заземляющего провода с контрольными жилами шунтируется диод *VD*, установленный у заземляющего зажима токоприемника. Это приводит к появлению переменной составляющей, которая перезаряжает конденсаторы *C1*, *C2* таким образом, что на базе транзистора *V8* возникает положительный потенциал. Транзистор *V8* закрывается, а исполнительное реле *K1* отключается, разрывая своим переключающим контактом *K1.1* цепь схемы управления пускателем и включая сигнальную лампу *HL2*.

При ТО и РНИ пускателей ПВ-1140-250 необходимо руководствоваться указаниями, изложенными в разд. 6.2, 6.4.1—6.4.3, с учетом следующих особенностей:

1) в цепях управления пускателем ПВ-1140-250 запрещается использовать заземляющую жилу силового кабеля. При $U_{ном}$ = = 1140 В вспомогательные жилы силового кабеля могут быть использованы для цепей управления только при условии, что кнопочные посты и другие нормально искрящие элементы, включенные в эти цепи, заключены во взрывобезопасные оболочки;

2) контакты температурной защиты, контроля и блокировки в цепь устройства контроля заземляющего провода подключать с условием обеспечения суммарного переходного сопротивления $\leqslant$30 Ом — для 1140 В и $\leqslant$6 Ом — для 660 В;

3) перемычки на панели *X40* устанавливать в соответствии с табл. 2. Для сети 660 В провод с маркировкой А2 на *TL1* следует пересоединить с зажима *3* на зажим *2*, а между зажимами *0* и *4* в камере контрольных выводов установить перемычку;

4) соблюдать порядок операций при проверке БРУ: повернуть и удерживать флажок кнопки *S5G* в положении «БРУ», при этом включение сигнальной лампы *HL5* с красным светофильтром указывает на исправность БРУ; вернуть флажок в среднее положение (при этом остается включенной лампа *HL4* с зеленым светофильтром, а лампа *HL5* выключается). Для включения лампы *HL4* перевести флажок в положение «Схема», а затем вернуть его в среднее положение. После этого лампа *HL4* выключится;

5) соблюдать порядок операций при проверке схемы управления пускателем и цепи включения катушки контактора: отключить разъединитель; открыть быстрооткрываемую крышку; на изоляционной панели с зажимами *12*, *38*, *40* и *54* перемычку между зажимами *38* и *40* снять и переставить между зажимами *54* и *12*; закрыть быстрооткрываемую крышку; включить разъединитель; повернуть флажок кнопки *S4G* в положение «Схема». При исправности схемы управления и цепи включения катушки контактора включается неоновая лампа *HL3* с белым светофильтром; после проверки перемычку с зажимов *54* и *12* снять и переставить на зажимы *38* и *40*, закрыть быстрооткрываемую крышку и опломбировать ее замок.

6.4.6. Пускатели серий ПВВ-320 и ПВВ-320Т

Отличительная особенность пускателя ПВВ-320 — наличие в нем вакуумного контактора КТ 12Р-37 с вакуумными дугогасительными камерами (см. разд. 6.4.2).

Пускатели ПВВ-320 конструктивно унифицированы с пускателями серии ПВ-1140. Технические данные приведены в табл. 6.16 и 6.13, а общий вид пускателя ПВВ-320Т — на рис. 6.46.

Пускатели ПВВ-320 на 660 В и на 1140 В имеют между собой некоторые отличия в конструкции крышки отделения разъединителя и панели аппаратуры (рис. 6.47).

Электрическая схема пускателя на напряжение 1140 В (рис. 6.48) объединяет силовые цепи, блок БКЗ (аналогичен блоку БКЗ пускателя ПВ-1140-250), защиту типа УМЗ (см. разд. 5.3.7), блок управления БУ с блокировочным реле утечки БРУ, аппаратуру и цепи управления и сигнализации. Работа схемы управления аналогична работе схеме пускателей ПВ-1140-250.

Питание катушки контактора *KM1.1* (см. рис. 6.48) осуществляется от обмотки напряжением 110 В трансформатора *TL*

Таблица 6.16

Техническая характеристика пускателей ПВВ-320 и ПВВ-320Т

Наименование параметров	Тип пускателя	
	ПВВ-320	ПВВ-320Т
Номинальное напряжение, В	660/1140	
Частота, Гц	50	
Номинальный ток продолжительного режима, А	320	
Ток транзитной нагрузки, А	63	
Напряжение искробезопасных цепей управления, В	18	
Напряжение цепи блокировочного реле утечки, В	110/127	—
Уставка БРУ, кОм:		
предупредительная	190/250	—
аварийная	30/90	—
Предельная коммутационная способность, А:		
при включении (амплитудное значение)	8800/6000	
при отключении (действующее)	4800/3200	
Габаритные размеры, мм	980×850×870	980×820×910
Масса, кг	430	

Примечание. Структура условного обозначения пускателей: П — пускатель электромагнитный; В — взрывобезопасный; В — с вакуумным контактором; 320 — номинальный ток, А; Т — с токовой защитой от перегрузки отходящих присоединений.

через выпрямительный мост *VC*. Процесс включения цепи катушки контактора под напряжение происходит аналогично такому же процессу у пускателя ПВ-1140-250.

Электрическая схема пускателя на напряжение 660 В (рис. 6.49) отличается от схемы пускателя на напряжение 1140 В тем, что в ней отсутствует блок БКЗ с источником питания, блокировочное реле утечки — контактное типа БРУ. Ножи блокировочные разъединителя в отключенном положении не заземляются.

В остальном схемы и их работа аналогичны.

Пускатели ПВВ-320Т конструктивно аналогичны пускателям ПВВ-320 на 1140 В и отличаются главным образом наличием блоков ТЗП, а вместо БРУ и УМЗ в них применены блоки БКИ, ПМЗ и БДУ (рис. 6.50).

При ТО и РНИ пускателей ПВВ-320 в дополнение к изложенному в разд. 6.2, 6.4.1 и 6.4.2 необходимо выполнить тот же объем, что и для пускателей ПВ-1140-250, с учетом особенностей БРУ и блока БКЗ.

ТО и РНИ пускателя ПВВ-320 Т аналогичны ТО и РНИ пускателей ПВВ-320 на 1140 В с учетом особенностей, обусловленных наличием блоков ПМЗ, БКИ, БДУ и ТЗП, для которых методика ТО и РНИ изложена в соответствующих разделах настоящего Руководства.

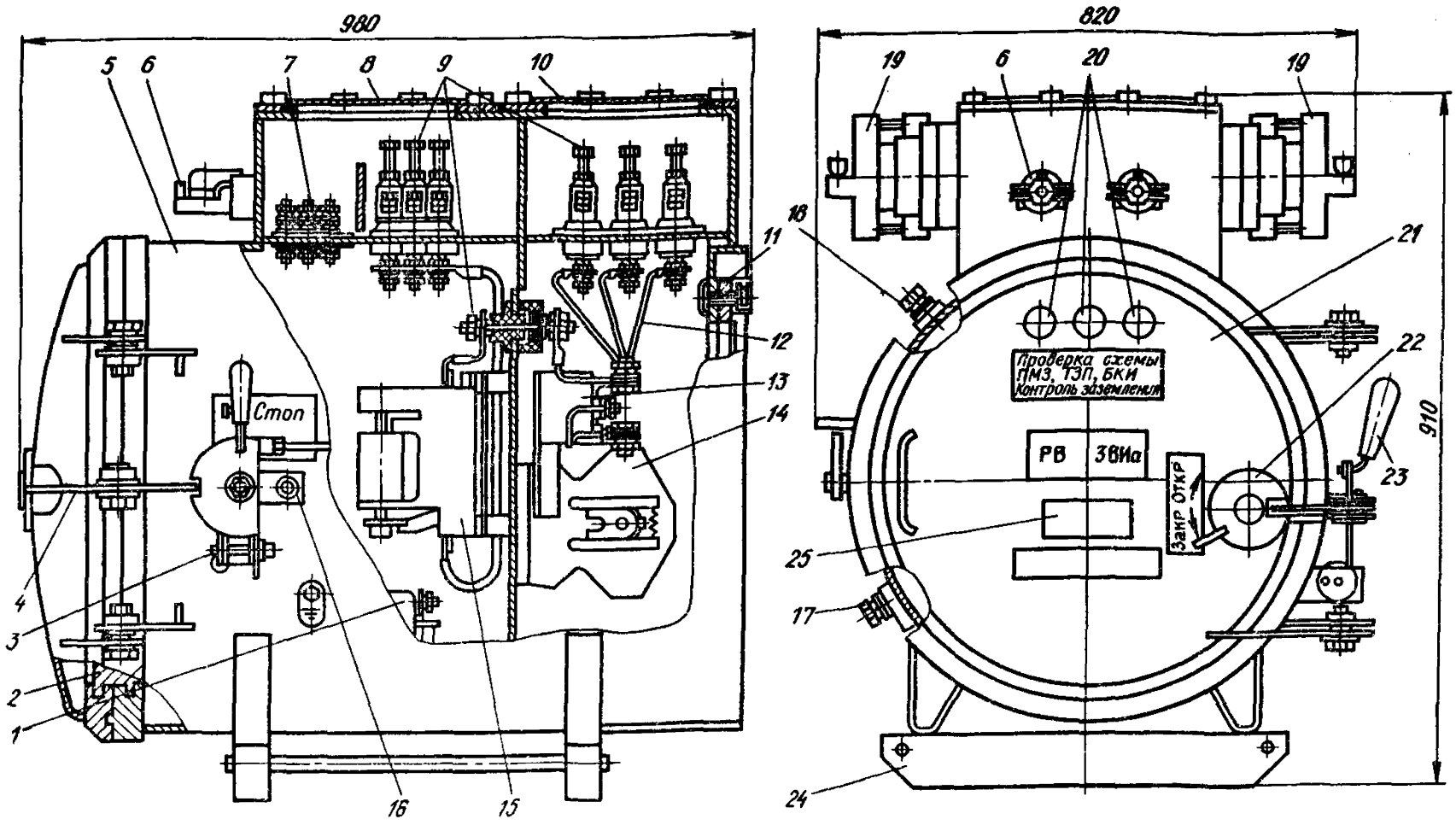
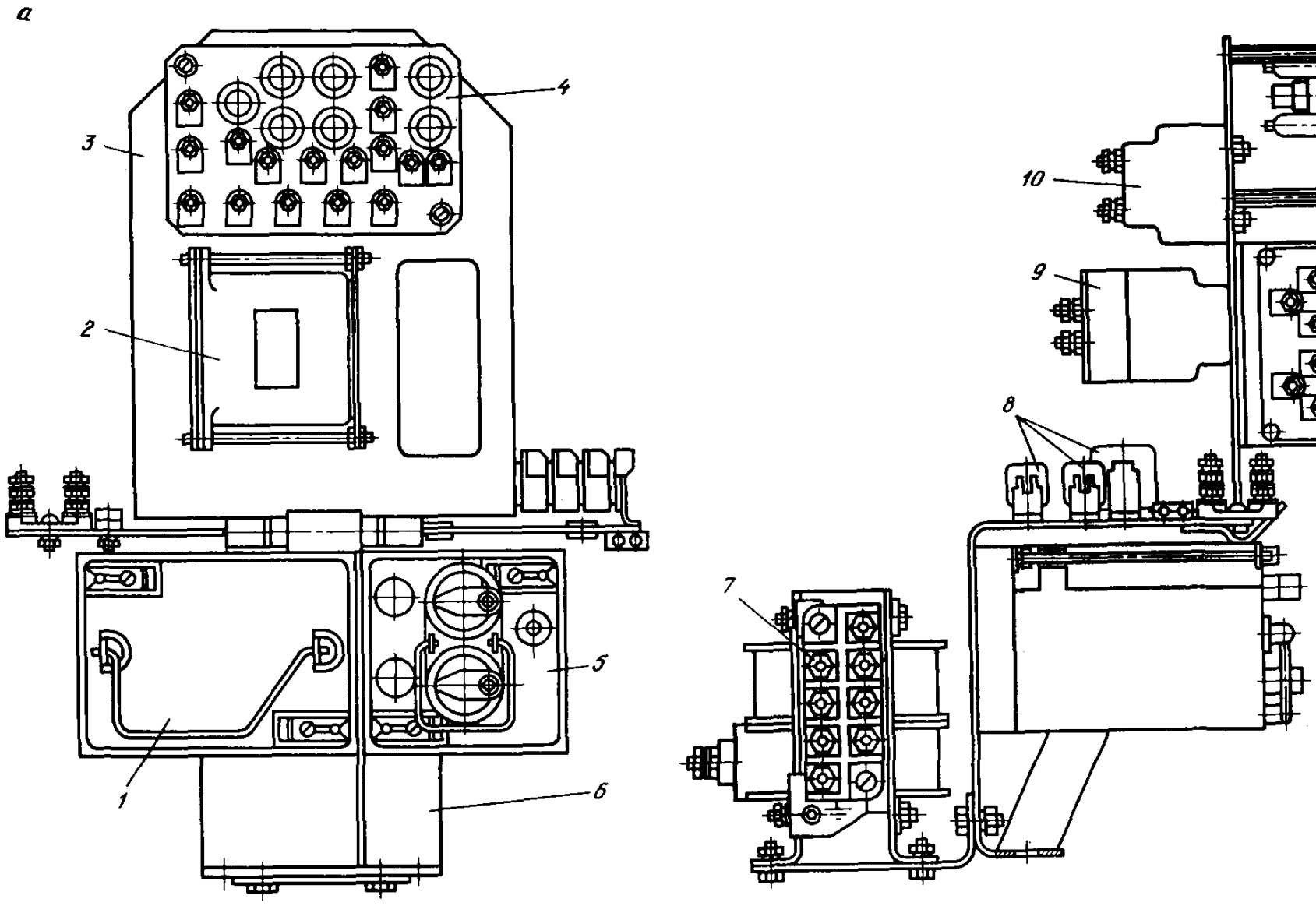


Рис. 6.46. Общий вид пускателя ПВВ-320Т:

1 — блок аппаратуры; *2* — запорное кольцо быстрооткрываемой крышки; *3* — блокировочный кулачок рукоятки привода разъединителя; *4* — блокировочная скоба рукоятки привода разъединителя с приводом замка быстрооткрываемой крышки; *5* — корпус пускателя; *6* — кабельные вводы контрольных цепей; *7* — проходные зажимы контрольных цепей; *8* — крышка моторного отделения; *9* — силовые проходные зажимы; *10* — крышка сетевого отделения; *11* — крышка отделения разъединителя; *12* — монтажные провода; *13* — трансформаторы тока; *14* — разъединитель; *15* — контактор вакуумный; *16* — толкатель кнопки «Стоп»; *17, 18* — зажим заземления; *19* — силовые кабельные вводы; *20* — смотровые окна сигнальных ламп; *21* — быстрооткрываемая крышка; *22* — привод замка быстрооткрываемой крышки; *23* — рукоятка привода разъединителя; *24* — салазки; *25* — щиток заводской



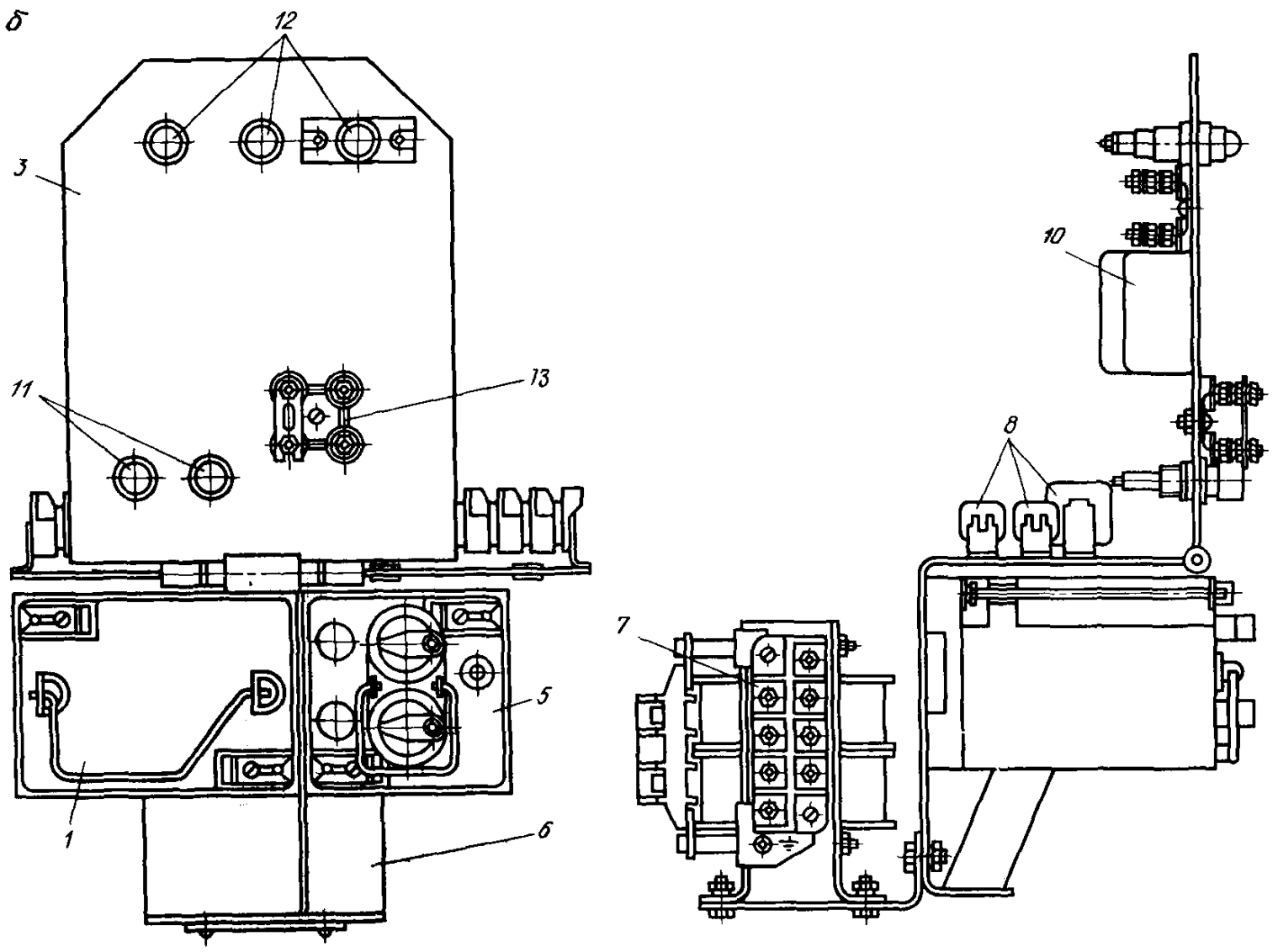


Рис. 6.47. Панель аппаратуры пускателя ПВВ-320 на 1140 В (*а*) и на 660 В (*б*):

1 — блок управления; *2* — блок контроля заземления; *3* — поворотная пластина; *4* — панель с сигнальными лампами и предохранителями; *5* — блок устройства максимальной защиты; *6* — кронштейн; *7* — сборка зажимов; *8* — трансформатор понижающий; *9* — блок питания; *10* — блок диодов; *11* — предохранители; *12* — лампы сигнальные; *13* — переключатели проверки схемы

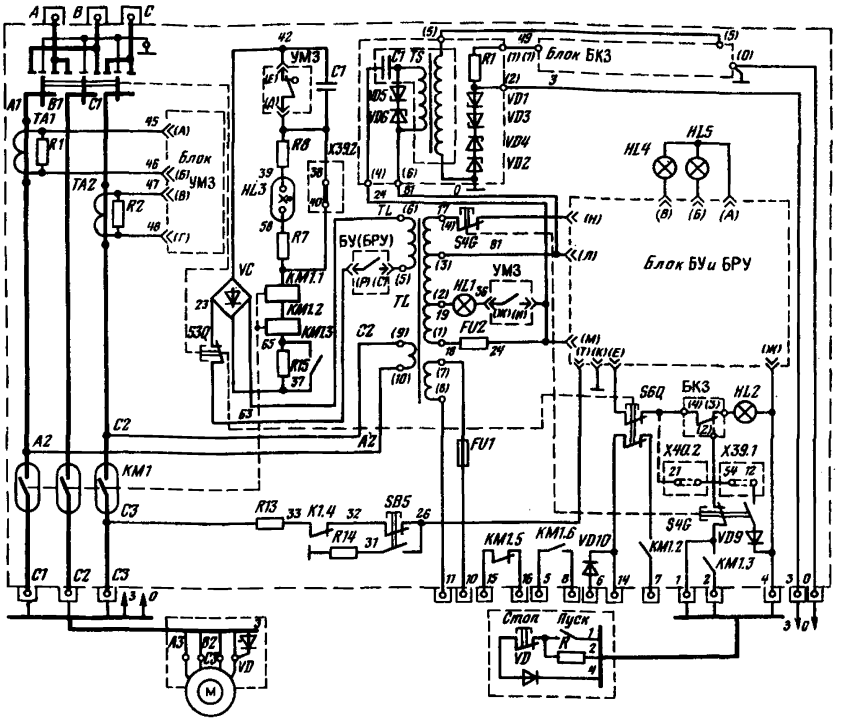


Рис. 6.48. Принципиальная электрическая схема пускателя ПВВ-320 на 1140 В

6.5. РУЧНЫЕ ПУСКАТЕЛИ ПРШ-1

Шахтные ручные пускатели (с ручным управлением ПРШ-1, рис. 6.51) — самые простые коммутирующие устройства, предназначенные для местного управления маломощными потребителями электроэнергии (вспомогательными электродвигателями, сетями освещения и т. п.). Кроме силовых коммутирующих элементов ручные пускатели имеют МТЗ — плавкие предохранители.

Техническая характеристика ручных пускателей ПРШ-1

Номинальное напряжение, В	660
Номинальный ток $I_{ном}$ (А) при напряжении, В:	
380	10
660	6
Максимальная подключаемая мощность, кВт	4,0
Тип предохранителя	ПР-2
Ток патрона, А	15
Предельно разрываемый (отключаемый) предохранителем ток, А	600
Раствор контактов, мм	6—8
Провал контактов, мм	2—2,5
Габаритные размеры, мм	330×230×240
Масса, кг	21

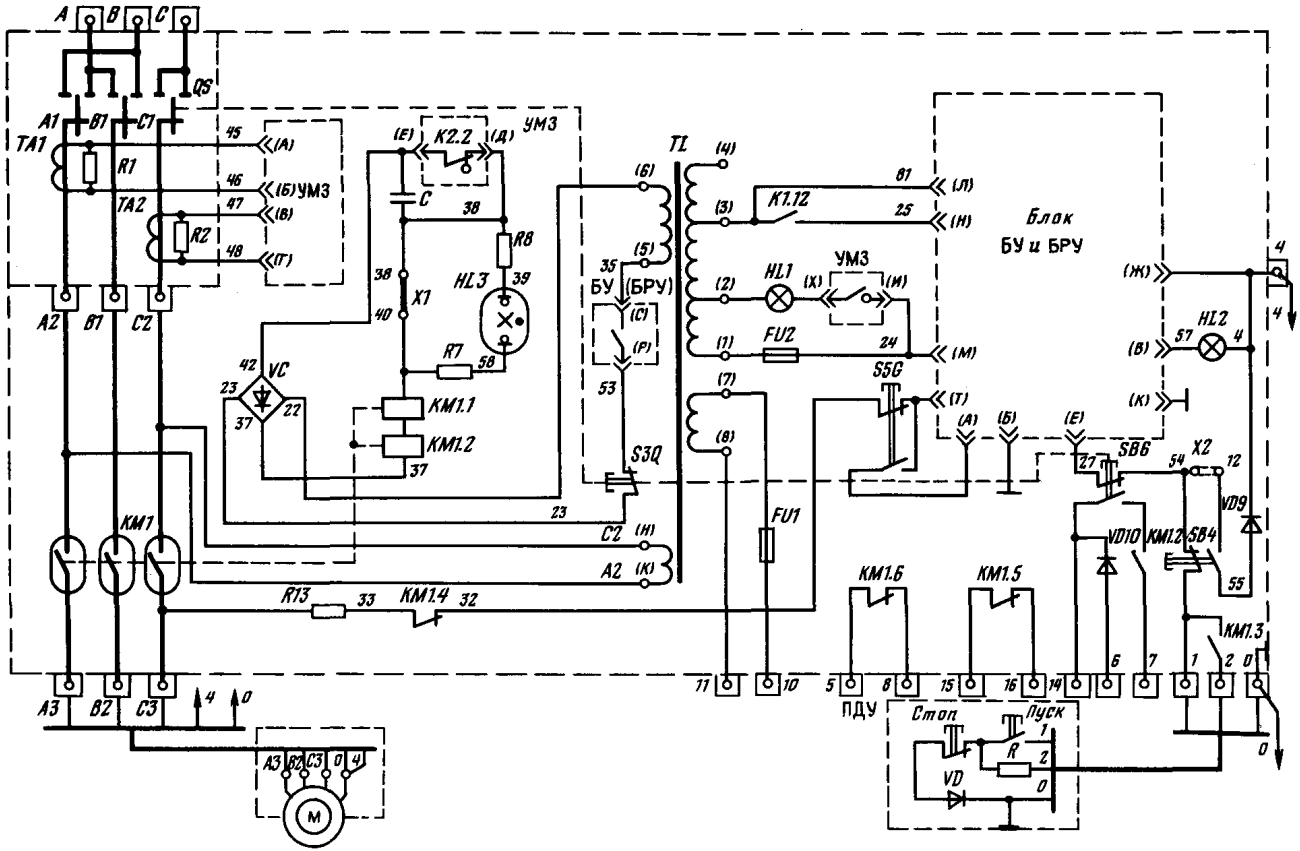


Рис. 6.49. Принципиальная электрическая схема пускателя ПВВ-320 на 660 В

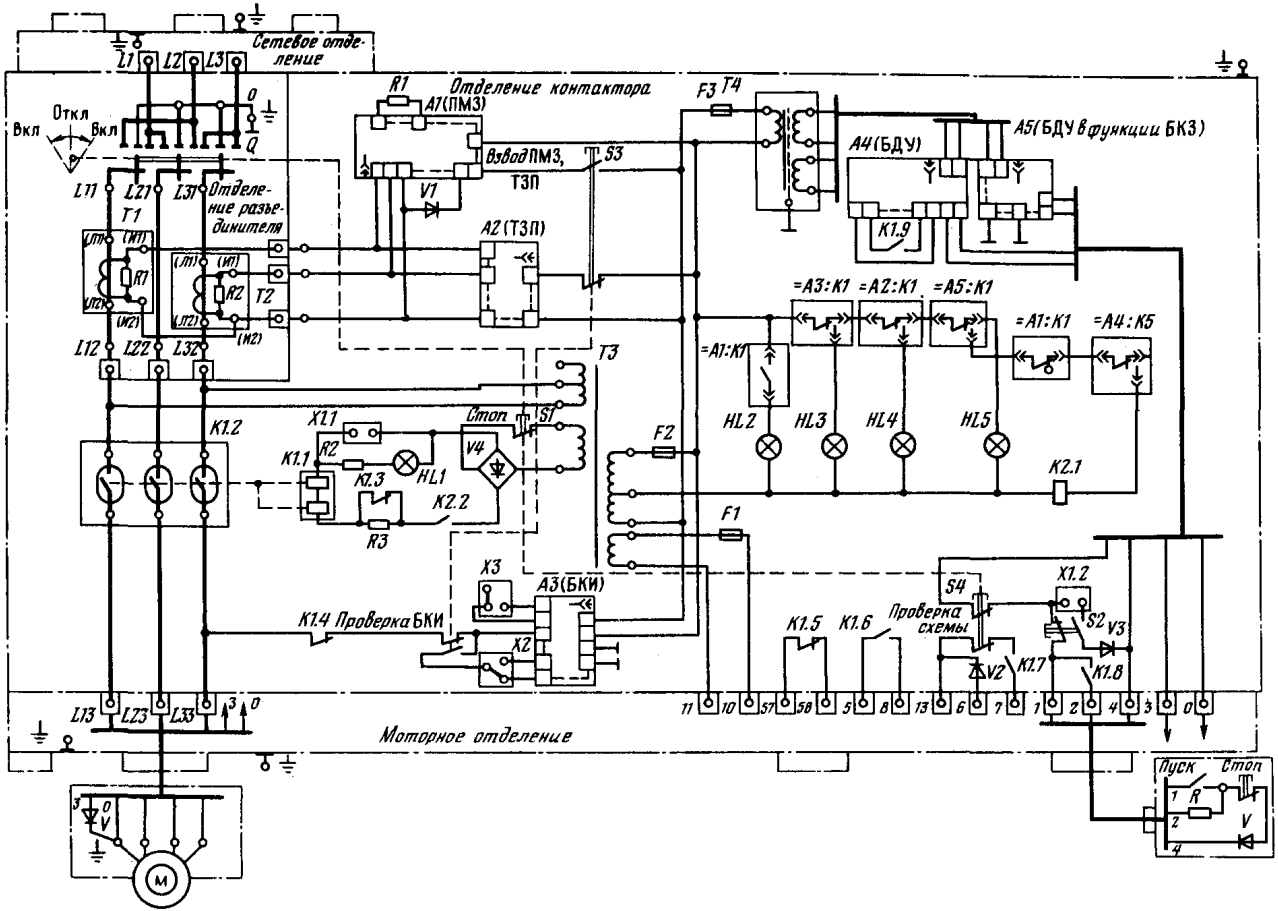
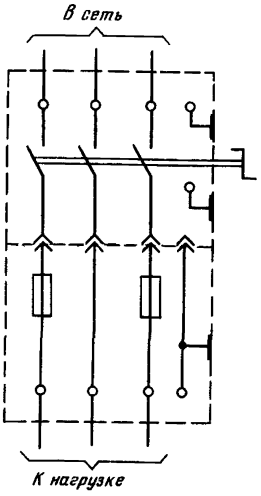


Рис. 6.50. Принципиальная электрическая схема пускателя ПВВ-320 Т

Рис. 6.51. Принципиальная электрическая схема пускателей ПРШ-1



При ТО и РНИ пускателей ПРШ-1 необходимо руководствоваться указаниями, изложенными в разд. 6.2 и 6.4.1, с учетом следующих особенностей:

а) помнить, что при выключенном пускателе на неподвижных контактах контактора (разъединителя) остается напряжение;

б) проверить легкость вращения поворотного выключателя барабанного типа, четкость работы механизма ускорения включения (отключения), фиксацию рукоятки в положениях «Включено» и «Отключено»;

в) проверить блокировку, исключающую снятие крышки камеры предохранителей под напряжением. Для этого при открытой крышке подать напряжение на пускатель и убедиться с помощью прибора в отсутствии напряжения на предохранителях. Затем утопить блокировочный винт, повернуть рукоятку в положение «Включено» и убедиться в наличии напряжения на предохранителях. Так же проверить блокировку, запрещающую подачу напряжения на контактные гнезда штепселя при вынутой штепсельной вилке. Отключив подаваемое к пускателю напряжение, попытаться вынуть штепсельную вилку при положении рукоятки «Включено». Затем отключить пускатель, вынуть вилку и попытаться повернуть рукоятку в положение «Включено»;

г) проверить состояние гнезд и штырей штепсельного разъема и легкость их соединения;

д) проверить состояние контактных пластин барабана и неподвижных пружинящих контактов, величины провалов и растворов. Для этого снять крышку и панель предохранителей, осмотреть контакты, ввернуть винт, повернуть рукоятку в положение «Включено» и проверить прилегание контактов во включенном положении. При необходимости зачистить подгоревшие контакты и отрегулировать их нажатие.

7. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НА НАПРЯЖЕНИЕ ВЫШЕ 1140 В

7.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Комплектные распределительные устройства (КРУ) на напряжение выше 1140 В предназначены для распределения электрической энергии и управления электроприемниками, а также защиты сетей и электроприемников. КРУ могут быть групповые или одиночные.

В распределительных электрических сетях подземных выработок шахт применяют в основном рудничные КРУ типов РВД-6, КРУВ-6, КРУРН-6, ЯВ-6400 * (табл. 7.1—7.3).

7.1.1. Обследование шахтных подземных подстанций при РНИ

При РНИ шахтных подземных подстанций необходимо руководствоваться следующим.

1. Состояние камеры, в которой смонтировано распределительное устройство, должно удовлетворять требованиям, изложенным в разд. 3.1.

2. В ЦПП должно быть не менее двух вводов с собственными секциями шин РУ-6 кВ. При числе вводов до трех применяют одно РУ-6 кВ, при четырех и более — два и более самостоятельных РУ-6 кВ.

3. В групповых КРУ применение вводных ячеек для вводов и секционных между секциями обязательно.

4. Каждый ввод может состоять из двух кабелей, если их присоединение предусмотрено конструкцией КРУ.

5. Каждая секция должна иметь по одному резервному КРУ.

6. Для питания электроустановок околоствольного двора в ЦПП должно быть установлено два трансформатора, каждый на 100 % нагрузки.

7. Для РПП-6 при числе КРУ до трех допускается присоединение вводного кабеля непосредственно к шинам КРУ. При числе отходящих присоединений от четырех до семи питание РПП-6 должно осуществляться по одной кабельной линии с установкой вводного КРУ, при числе присоединений более семи — по двум кабельным линиям с двумя вводными КРУ и одним секционным

* В настоящее время КРУ типа ЯВ-6400 сняты с производства и поэтому здесь не рассматриваются. При необходимости можно пользоваться материалом, изложенным в первом издании Руководства.

Таблица 7.1

Функциональные возможности комплектных распредустройств

Наименование функции	Тип распредустройства			
	РВД-6	КРУВ-6	КРУРН-6	ЯВ-6400
Оперативное дистанционное, местное и ручное включение и отключение	X	X	X	X
Возможность жесткой комплектации КРУ	X	X	X	X
Защита от токов к. з.	X	X	X	X
Шунтирование МТЗ на период пуска асинхронных двигателей *	X	—	—	X
Защита от перегрузки с выдержкой времени *	—	X	X	—
Защита от однофазных замыканий на землю *	—	X **	X	—
Блокировочное реле утечки (БРУ) *	X	X	X	X
Защита минимального напряжения (нулевая защита)	X	X	X	X
Защита от потери управляемости при обрыве или замыкании цепи дистанционного управления	X	X	X	X
Однократное АПВ или АВР	—	X	X	X
Измерение тока и напряжения в силовых цепях	X	X	X	X
Сигнализация о включенном и отключенном положении выключателя:				
местная	—	X	X	X
дистанционная	X	X	X	X
Сигнализация о срабатывании:				
МТЗ	—	X	X	X
аварийной блокировки схемы включения	—	X	X	—
защиты от перегрузки *	—	—	X	—
защиты от однофазных замыканий на землю *	—	—	X	—
БРУ *	X	X	X	X
Закорачивание отходящей линии при отключении выключателя *	X	X	X	X
Заземление отходящей линии при отключении разъединителя *	—	X	X	—
Функциональная проверка:				
исправности БРУ *	X	X	X	X
защиты от однофазных замыканий на землю *	—	—	X	—
защиты от токов к. з. *	—	X	X	—
Возможность:				
вывода из работы (при необходимости) минимальной защиты	—	X	X	—
подключения внешних дополнительных защитных устройств	X	X	X	X
блокировки АПВ и АВР присоединений, отключенных защитой от сверхтоков	—	X	X	X

* По спецзаказу.
** Только в шкафах отходящих присоединений.

Таблица 7.2

Блокировки, применяемые в КРУ, и их функции

Наименование функций блокировок	РВД-6	КРУВ-6	КРУРН-6	ЯВ-6400
Запрещающая механическая блокировка:				
включение и отключение разъединителей при включенном выключателе	X	X	X	X
включение выключателя при промежуточных положениях разъединителей	—	X	X	—
включение выключателя при промежуточных положениях выдвижной части	X	X	X	X
включение разъединителей при выдвинутой выдвижной части	—	X	X	—
включение разъединителей при открытой двери камеры выключателя	—	X	X	X
выкатывание выдвижной части при включенных разъединителях	—	X	X	—
выкатывание выдвижной части при включенном выключателе	X	—	—	X
открывание крышки привода при вдвинутой выдвижной части	X	—	—	—
открывание двери камеры выключателя при включенных разъединителях	—	X	—	X
опускание бака выключателя при вдвинутой выдвижной части	X	—	—	—
вкатывание выдвижной части при включенном выключателе	X	—	—	X
вкатывание выдвижной части при открытой двери камеры выключателя (крышки привода)	X	—	—	X
Электрическая блокировка:				
от многократных включений выключателя при отказе механизма, удерживающего его во включенном положении	X	X	X	X
от подачи напряжения на отходящую линию, отключенную защитой от сверхтоков *	X	X	X	X
от подачи напряжения на присоединение с сопротивлением утечки на землю меньше * допустимой	X	X	X	X

* В шкафах отходящих присоединений.

Таблица 7.3

Основные технические данные шахтных КРУ на напряжение выше 1140 В

Наименование параметров	Значение параметров распредустройств			
	РВД-6	КРУВ-6	КРУРН-6	ЯВ-6400
Исполнение и уровень взрывозащиты	РП	РВ	РН	РВ
Степень защиты	IP54	IP54	IP54	IP54

Окончание табл. 7.3

Наименование параметров	Значение параметров распредустройств			
	РВД-6	КРУВ-6	КРУРН-6	ЯВ-6400
Номинальное напряжение, кВ	6,0	6,0	6,0	6,0
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	7,2	7,2	7,2	7,2
Частота, Гц	50	50	50	50
Номинальный ток, А:				
сборных шин, разъединителей и выключателей	300	630	630	400
вводных и секционных ячеек (*шкафов*)	100; 150; 200; 300	100; 160; 200; 320; 400; 630	320; 400; 630	75; 100; 150; 200; 300; 400
отходящих присоединений	20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300	20; 32; 40; 50; 80; 100; 160; 200; 400	50; 100; 160; 320; 400	20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400
Номинальный ток отключения, кА	1,5; 2,3; 3,1; 3,8; 4,8	9,6	10	2,7; 4,6; 5,6; 6,8; 7,2
Ток включения и электродинамической стойкости (амплитудное значение), кА	4,8	25	25	Н. д.
Ток термической стойкости (односекундный), кА	15,8	9,6	10	9,4
Мощность отключения, МВ·А	50	100	100	75
Тип встроенного автоматического выключателя	ВМ-10	ВЭВ-6	ВЭВ-6	ВС-6400
Масса, кг	800	1250	910	1850

КРУ. Каждый кабель должен быть рассчитан на 85 % нагрузки РПП-6.

8. ЦПП должны быть обеспечены резервным питанием от ГПП, а главные водоотливные установки — от ЦПП или ГПП.

9. Приемники 1-й категории должны получать питание от двух независимых источников с применением АВР. Применение АВР обязательно для главного водоотлива и гидроподъема, совмещенного с главным водоотливом. К электроприемникам 2-й категории рекомендуется подавать питание от двух независимых источников. Допускается резервное питание от РПП смежных установок при условии, что они получают питание от другой секции шин ГПП. Питание всех подземных электроприемников должно осуществляться через ЦПП. Для питания подземных электроустановок на напряжение 6—10 кВ должно быть предусмотрено обособленное от поверхностных сетей питание с применением специальных трехобмоточных или разделительных трансформаторов. При наличии на шахте двух и более ЦПП их питание должно произво-

диться по радиальным линиям. Допускается в качестве одной из питающих линий использовать перемычку между двумя ЦПП, присоединенную к взаиморезервируемым секциям шин ГПП.

10. Запрещается применение в подземных выработках кольцевых схем электроснабжения. Как правило, работа силовых трансформаторов должна быть раздельной.

11. Питание нескольких ПУПП, обеспечивающих один очистной или подготовительный забой и расположенных в непосредственной близости друг от друга (до 50 м), допускается по одному кабелю 6 кВ от КРУ, установленного в ЦПП или РПП-6. При этом должно обеспечиваться дистанционное отключение всех подстанций одновременно.

12. Для шахт, опасных по внезапным выбросам и разрабатывающих крутые пласты, должно быть предусмотрено обособленное питание ПУПП от отдельных обмоток понижающих или разделительных трансформаторов с защитой от утечек тока по высокой стороне (применение КРУ с блокировочным реле утечки). При питании ПУПП с поверхности шахты необходима установка не менее двух трансформаторов, прокладка по стволу не менее двух кабелей и устройство двухсекционного РПП-6. Применяемые при этом бронированные кабели должны быть экранированными, повышенной прочности и гибкости, с изоляцией и наружным покровом, не распространяющим горение.

13. В выработках шахт со свежей струей воздуха допускается установка разделительных трансформаторов. В этом случае устройство двухсекционного РПП-6 после разделительных трансформаторов и резервирование питания ПУПП необязательны.

14. КРУ, применяемые для питания ПУПП и РПП-6, должны иметь короткозамыкатели без выдержки времени и БРУ с искробезопасными внешними цепями.

15. Для шахт, опасных по внезапным выбросам и разрабатывающих пологие и наклонные пласты, требование обособленного питания ПУПП обязательно при установке их на исходящей струе в выработках, непосредственно примыкающих к забоям очистных и подготовительных выработок.

16. В ячейках, включенных по «опрокинутой схеме», не должно быть короткозамыкателя, вольтметр должен быть снят, а корпус ячейки окрашен в отличительный цвет. На крышке кабельной муфты должна быть надпись: «Ввод. Открывать, сняв напряжение». Не допускается включать по «опрокинутой схеме» ячейки КРУВ-6 и ЯВ-6400.

17. При наличии в подстанции нормального рудничного электрооборудования и электрооборудования общего назначения следует проверить выполнение требований инструкции к § 402 ПБ.

7.1.2. Поверочный расчет аппаратов на напряжение выше 1140 В

Аппараты на напряжение выше 1140 В должны удовлетворять следующим условиям:

а) по рабочему режиму

$$U_{\text{ном. а}} \geqslant U_{\text{ном. с}}; \quad I_{\text{ном. а}} \geqslant I_{\text{р}}; \tag{7.1}$$

б) по отключающей способности

$$I_{\text{о}} \geqslant I_{\text{к}}^{(3)} \quad \text{или} \quad S_{\text{о}} \geqslant S_{\text{к}}^{(3)}, \tag{7.2}$$

где $U_{\text{ном. а}}$, $I_{\text{ном. а}}$ — номинальные напряжение и ток аппарата соответственно; $U_{\text{ном. с}}$ — номинальное напряжение сети; $I_{\text{р}}$ — номинальный рабочий ток электропотребителя; $I_{\text{о}}$, $S_{\text{о}}$ — предельные значения тока и мощности отключения аппарата (по паспорту или каталогу); $I_{\text{к}}^{(3)}$, $S_{\text{к}}^{(3)}$ — максимальные расчетные ток и мощность трехфазного к. з. сети (соответственно) в месте установки аппарата.

Поверочный расчет токов к. з. в подземных сетях в случае необходимости может быть произведен согласно указаниям, изложенным в разд. 5.3.2.

Мощность к. з. в подземной сети шахты не должна превышать 50 МВ·А. Для вновь строящихся шахт она может быть повышена до 100 МВ·А при условии, что этому будут отвечать характеристики установленного в шахте оборудования и сечение кабелей.

КРУ, питающее одиночный силовой трансформатор или передвижную трансформаторную подстанцию, по номинальному току $I_{\text{ном}}$ должно отвечать условию:

$$I_{\text{ном}} \geqslant 1{,}1 I_{\text{ном. тр}}, \tag{7.3}$$

где $I_{\text{ном. тр}}$ — номинальный ток трансформатора.

При параллельной работе двух и более силовых трансформаторов все трансформаторы на стороне высшего напряжения могут включаться одним КРУ, удовлетворяющим условию:

$$I_{\text{ном}} \geqslant \sum I_{\text{ном. тр}}. \tag{7.4}$$

При двух последовательно включенных на одну общую нагрузку ячейках (на обоих концах фидерного кабеля) ток срабатывания защиты для обеих ячеек следует принимать одинаковым. На ячейке, расположенной ближе к источнику питания, допускается увеличивать по отношению к расчетному значению ток срабатывания защиты в пределах выполнения условия

$$I_{\text{к}}^{(2)} / I_{\text{с. з}} \geqslant 2, \tag{7.5}$$

где $I_{\text{с. з}}$ — ток срабатывания защиты.

Максимальный рабочий ток защищаемой линии $I_{\text{р max}}$ для питающих линий ЦПП и ГПП следует вычислять для наиболее тяжелого случая питания — от одного вводного кабеля двух секций подстанции. При числе вводных кабелей на подстанции более двух для каждой вводной ячейки следует просчитать все возможные варианты при различных режимах секционирования

подстанции и из полученных значений принять наиболее тяжелые:

для питающих линий ЦПП и РПП и сборных шин этих подстанций

$$I_{\text{р max}} = I_{\text{р}} + I_{\text{пуск max}} = \sum I_{\text{ном}} + K_{\text{пуск}} I_{\text{ном max}}; \quad (7.6)$$

для электродвигателей (без шунтировки реле)

$$I_{\text{р max}} = I_{\text{пуск}} = K_{\text{пуск}} I_{\text{ном. д}}; \quad (7.7)$$

для силовых трансформаторов

$$I_{\text{р max}} = I_{\text{ном. тр}} + I_{\text{пуск max}}/K_{\text{т}}, \quad (7.8)$$

где $I_{\text{ном}}$, $I_{\text{пуск}}$ — номинальный и пусковой токи электроприемников, А; $I_{\text{ном тр}}$ — номинальный ток силового трансформатора, А; $I_{\text{ном max}}$ и $I_{\text{пуск max}}$ — номинальный и пусковой токи наиболее мощного электроприемника, А; $K_{\text{пуск}}/I_{\text{ном}}$ — коэффициент пуска; $K_{\text{т}}$ — коэффициент трансформации силового трансформатора.

Чувствительность защиты трансформаторов необходимо проверить на соответствие данным табл. 1 и 2 Инструкции по выбору и проверке электрических аппаратов напряжением 3 и 6 кВ ПТЭ.

7.2. ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ЯЧЕЙКИ РВД-6

7.2.1. Назначение, технические характеристики и конструкция ячеек

Распредустройства РВД-6 с масляным выключателем ВМ-10 и моторно-пружинным приводом в зависимости от функционального назначения (см. табл. 7.1 и 7.2) и конструктивных особенностей имеют две модификации: вводные (РВД-6-В) и отходящие (РВД-6-О). Между собой они различаются числом кабельных и соединительных муфт, а вводные — местом установки (с левой или правой стороны КРУ).

Конструктивно ячейка РВД-6 состоит из двух частей (рис. 7.1): неподвижной и выдвижной.

Выдвижную часть ячейки составляют масляный выключатель с моторно-пружинным приводом *4*, закрепленные на выдвижной камере, а также механизмы перемещения выдвижной части *3* и подъема бака выключателя.

Неподвижная часть ячейки состоит из стойки (основания), на которой жестко закреплена шинная камера с кабельными и соединительными (на рис. 7.1 не показаны) муфтами.

Камера выдвижная представляет собой сварную конструкцию прямоугольной формы. В ней смонтированы два трансформатора тока, трансформатор напряжения и штепсельные разъединители,

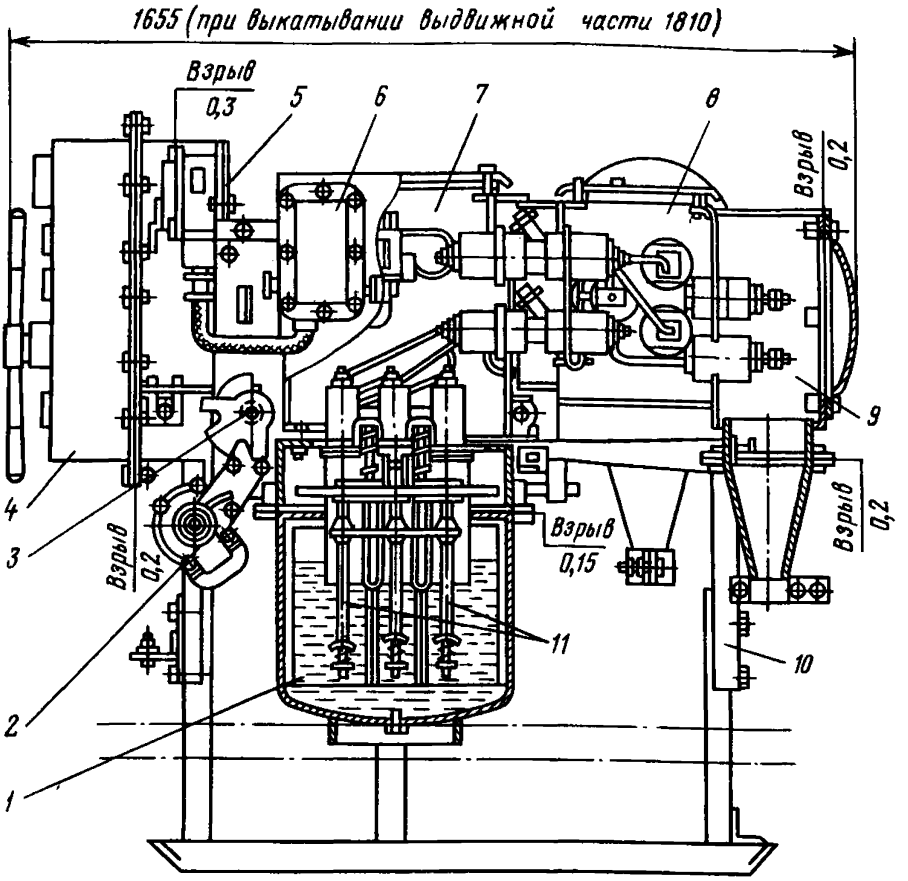


Рис. 7.1. Конструкция ячейки РВД-6:

1 — масляный выключатель; *2* — механизм подъема бака выключателя; *3* — механизм перемещения выдвижной части; *4* — привод выключателя; *5* — пост дистанционного управления; *6* — камера промежуточного трансформатора; *7* — выдвижная камера; *8* — шинная камера; *9* — кабельная муфта; *10* — стойка; *11* — контактная система выключателя

осуществляющие связь схемы выдвижной части с камерой силовых шин. Свободный объем камеры заполнен битумным составом, сверху камера закрывается крышкой. На внешней боковой стенке выдвижной камеры имеется специальная взрывозащитная камера *6* для установки промежуточного трансформатора и предохранителя. На корпусе привода справа закреплен пост дистанционного управления.

Конструкция ячеек РВД-6 имеет механические блокировки, приведенные в табл. 7.3. Кроме того:

выкатить и вкатить выдвижную часть можно только при отключенном выключателе, включить выключатель — только в крайних положениях выдвижной части;

крышку привода с механизмом перемещения можно открыть только при выдвинутой выдвижной части;

опустить бак можно только при выдвинутой части, при опущенном баке выдвижную часть вкатить нельзя;

нельзя выкатить выдвижную часть за один прием, так как после разрыва цепи в штепсельных разъединителях выдвижная часть останавливается в промежуточном положении. Для дальнейшего ее движения необходимо приподнять рычаг задерживателя.

7.2.2. Разъединители и их привод

Распредустройство РВД-6 имеет два трехполюсных штепсельных разъединителя: шинный (верхний) и линейный (нижний).

Неподвижные контакты разъединителей (розетки) вмонтированы в проходные фарфоровые изоляторы специальной конструкции (ИРШ-6, 5504-Т, кат. 9203), которые прикреплены к внутренней стенке шинной камеры на неподвижной части ячейки. Подвижные контакты (штыри) также закреплены на выдвижной камере.

Приводом разъединителей является механизм перемещения *3*.

Привод разъединителей ячейки РВД-6 (рис. 7.2) состоит из вала *8* с закрепленными на нем зубчатыми секторами *7* и пальцев *2*, укрепленных на раме *5*. Вал смонтирован в отверстиях боковых стенок выдвижной части. Для облегчения передвижения на валу установлены два ролика *4*, которые обкатываются по направляющим лыжам *3* рамы *5*. На одном конце вала (правом) имеется четырехгранник, на который надевается специальный рычаг *9*. При повороте рычага зубчатый сектор опирается на пальцы и перемещает выдвижную часть ячейки. На стойке справа шарнирно закреплен рычаг-задерживатель *6*, который обеспечивает выполнение операции отключения разъединителей в два приема. На первом этапе происходит разрыв цепи в контактах разъединителей. Для окончания операции отключения (выкатывания до упоров *1* на стойке) необходимо приподнять рычаг-задерживатель и освободить вал.

При ревизии разъединителей необходимо:

а) снять напряжение с шинной сборки и принять необходимые меры для исключения обратной трансформации и случайной подачи напряжения. Отсутствие напряжения на всех разетках шинного и линейного разъединителей в порядке допуска к работе должно быть проверено заведомо исправным указателем высокого напряжения (УВН-80) в присутствии производителя работ. После такой проверки шинную сборку и отходящую кабельную линию разрядить временным наложением защитного заземления;

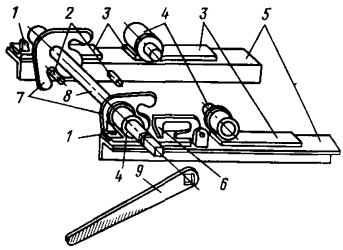


Рис. 7.2. Кинематическая схема привода разъединителей ячейки РВД-6

б) проверить состояние проходных фарфоровых изоляторов и прессованных втулок согласно 3.9;

в) проверить состояние и надежность крепления штыревых контактов разъединителей на выдвижной камере. Их необходимо очистить и смазать техническим вазелином. Они не должны иметь заусениц, раковин, оксидных пленок, следов действия дуги и других деформаций. Окись и мелкие дефекты следует удалять мелкозернистой стеклянной бумагой с последующей протиркой ветошью, смоченной в бензине;

г) проверить исправность и надежность работы предохранительных шторок;

д) проверить выставку и центровку выдвижной части относительно шинной камеры. Перекос штырей разъединителя относительно гнезд на шинной камере недопустим;

е) проверить наличие сальникового уплотнения, качество стыковки и надежность крепления выдвижной части к шинной камере;

ж) проверить работу и при необходимости отрегулировать блокировочные устройства.

При РНИ в период пуска необходимо дополнительно открыть крышки шинной и выдвижной камер, проверить наличие и качество битумного заполнения камер. На поверхности мастики не должно быть трещин, пузырей, глубоких раковин, инородных предметов, следов влаги.

При периодической наладке, если не представляется возможным отключение напряжения со сборных шин, осмотр изоляторов и штырей разъединителей на выдвижной камере в крайнем выдвинутом положении необходимо производить, соблюдая особую осторожность, и только при зашторенных розетках разъединителя на шинной камере. Работу шторок проверять с помощью изолирующей штанги.

Категорически запрещается обтирать изоляторы и шторки, прикасаться к ним при осмотре, если не произведено полное отключение напряжения с шинной сборки.

7.2.3. Масляный выключатель ВМ-10 и его привод

Выключатели ВМ-10, которыми комплектуются распредустройства РВД, представляют собой измененную модификацию выключателей ВМБ-10 и отличаются от них следующим.

1. Бак выключателя имеет взрывобезопасное исполнение, поэтому изменено крепление бака к крышке (фланцевое посредством болтов), маслоуказатель заменен металлическим патрубком с герметичной пробкой, снята выхлопная труба, установлена червячная лебедка для подъема и опускания бака.

2. Изменена конструкция верхней крышки бака. Высоковольтные вводы (проходные изоляторы) смонтированы вертикально. Крышка закрывает камеру, которая после монтажа заливается кабельной массой. Изменение пространственного рас-

положения проходных изоляторов для регулировки соосности контактов в смонтированной ячейке невозможно.

3. Отсутствует узел регулировки кривошипно-шатунного приводного механизма выключателя.

4. Изменен узел подвески контактной траверсы, поэтому нажатие контактов можно регулировать только изменением угла поворота вала выключателя.

5. Контактная система выключателя на ячейках отходящего исполнения имеет короткозамыкатель, который при отключении выключателя автоматически закорачивает отходящую линию, снимает с нее остаточный заряд и подключает к ней блокировочное реле утечки.

6. На свободном конце вала выключателя укреплен специальный кулак, блокирующий включение выключателя при не полностью выдвинутой выдвижной части распредустройства. Опустить бак выключателя можно только в ремонтном положении выдвижной части.

Привод масляного выключателя предназначен для дистанционного управления выключателем. Предусматривается режим ручного управления и автоматическое отключение выключателя от действия защит.

Техническая характеристика привода

Время отключения, с	0,15
Время включения (без времени подготовки механизма), с	0,25
Максимальный статический крутящий момент на валу при работе пружин, Н·м	$\leqslant$98
Максимальное динамическое усилие на выключающем рычаге привода, Н	1090
Максимальное усилие при ручном включении, Н	220

Привод состоит из следующих узлов: электродвигательного устройства с редуктором, пружинного привода, главного вала привода и механизма свободного расцепления.

При работе электродвигателя *7* (рис. 7.3) зубчатое колесо *8*, свободно сидящее на валу *5*, вращается по часовой стрелке. При этом уголок *9* захватывает ролик *12* на пальце *14* и растягивает включающие пружины *10*. После прохождения нижней нейтральной точки под действием растянутых пружин *10* ролик *12* захватывает палец *13* рычага включения и поворачивает вал *5* привода.

При повороте вала *5* привода рычаг *6*, жестко связанный с этим валом, тянет вверх звенья *26* и *22* механизма расцепления. Палец *23*, соединяющий эти звенья, обкатывается по направляющим защелки *25* и отводит ее влево. Одновременно с этим закрепленный на другом конце вала привода рычаг *4* посредством тяги *3* и рычага *27* поворачивает вал выключателя. Соединенная шарнирно с рычагом *4* тяга (на схеме не показана) сообщает поступательное движение указателю положения выключателя. Посредством двух рычагов и соединительной тяги поворачивается вал сигнальных контактов (КСА).

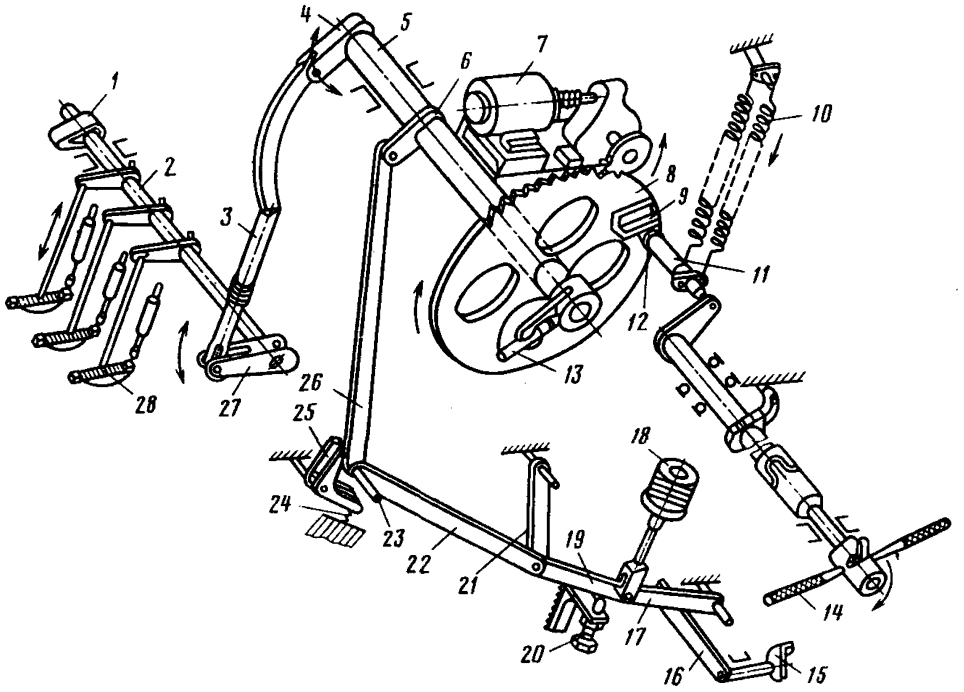


Рис. 7.3. Кинематическая схема привода ячейки РВД-6:

1 — кулак; *2* — вал выключателя; *3* — тяга; *4, 6, 16, 27* — рычаги; *5* — вал привода; *7* — электродвигатель; *8* — зубчатое колесо; *9* — уголок; *10, 24* — пружина; *11, 13* — палец; *12* — ролик; *14* — рычаг ручного включения; *15* — рычаг ручного отключения; *17, 19, 21, 22, 26* — звенья МСР; *18* — электромагнит; *20* — регулировочный винт; *23* — ось; *25* — защелка; *28* — траверса; *29, 32* — контргайка; *30* — серьга; *31* — ось

Отключение привода путем преломления звеньев *17* и *19* механизма расцепления производит отключающий электромагнит *18*. При этом звено *21* поворачивается относительно оси и тянет за собой звено *22*. Палец *23* выходит на скошенную поверхность кулачка защелки *25* и выключатель отключается.

При ручном включении взвод пружины *10* осуществляется рычагом *14* ручного включения. При ручном отключении преломление звеньев *17* и *19* происходит под действием рычага *16*. Рукоятка ручного отключения *15* выведена на боковую стенку корпуса привода и фиксируется в двух положениях: разрешающем и запрещающем включение привода. Во втором положении звенья *17* и *19* преломлены и постановка привода на защелку во включенном положении исключается. Кроме того, кнопкой местного отключения размыкается цепь питания привода.

На валу выключателя закреплен кулак *1*, блокирующий включение выключателя при промежуточных положениях выдвижной камеры.

Ячейки поступают с завода полностью собранными и отрегулированными. При монтаже и плановых проверках привод без надобности разбирать не следует.

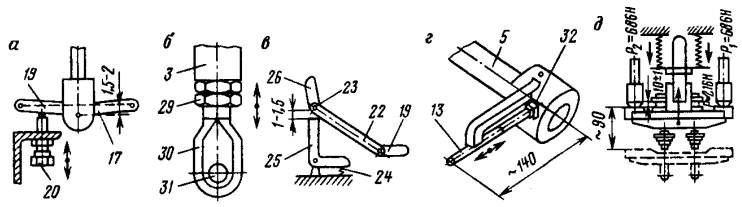


Рис. 7.4. Схемы регулирования выключателя и привода ячейки РВД-6:
а — положения «мертвой точки»; *б* — нажатия контактов; *в* — преломления звеньев МСР; *г* — включения привода; *д* — контактной системы (нумерация позиций соответствует принятой на рис. 7.3)

При РНИ механической части выключателя и привода необходимо:

а) разблокировать крышку привода, отвернуть болты и открыть ее. Снять включающую пружину. Произвести осмотр всех узлов и механизмов привода, выполнить обтяжку крепежа и контактных соединений;

б) проверить и при необходимости отрегулировать преломление звеньев механизма свободного расцепления. Четкость включения и отключения привода во многом зависит от правильного выбора величины преломления звеньев *17* и *19*. Их провал (переход за «мертвую точку») должен быть в пределах 1,5—2 мм (рис. 7.4, *а*). При провале >2 мм необходимое усилие для преломления звеньев будет больше тягового усилия отключающего электромагнита, а при провале <1,5 мм возможно самовыпадание привода. Величину провала регулируют упорным винтом *20* и фиксируют контргайкой;

в) проверить правильность сборки и надежность крепления пружинного привода и электродвигателя. Соединительные валики и шплинты должны быть правильно подобраны по установочным отверстиям (длина, диаметр). Штифты следует устанавливать с натягом, чтобы из тела (вала, втулки) они выступали не менее чем на 3—5 мм с обеих сторон. Проверить работу и надежность крепления уголка *9* (см. рис. 7.3) на большом зубчатом колесе *8*, свободное вращение ролика *12*, надежность крепления и работу храпового механизма. Не должно быть смещения электродвигателя на плите. Электродвигатель должен приводиться в действие при свободном поворачивании от руки соединительной муфты. При повороте муфты на 3—5 оборотов не должно увеличиваться вращающее усилие, а биение муфты не должно превышать 1—2 мм;

г) проверить крепление тросиков на баке выключателя и барабанах, выбрать их напуск лебедкой, отвинтить болты на фланце бака выключателя и с помощью лебедки опустить бак выключателя;

д) визуально проверить уровень масла в баке, наличие механических примесей и взвешенного углерода; состояние проходных изоляторов, изолирующих тяг, наличие болтов, гаек, шплинтов; при необходимости произвести подтяжку или замену поврежденных элементов; проверить наличие и исправность изоляционного экрана и междуфазных перегородок;

е) мегаомметром на напряжение 1000—2500 В (М-4100) измерить сопротивление изоляции цепей высокого напряжения. Допустимая величина при новом включении должна быть $\geqslant$150 МОм. При эксплуатационных проверках величина сопротивления изоляции не нормируется;

ж) осмотреть контакты выключателя и короткозамыкателя (предельная допустимая величина выгорания контактов 3 мм); при необходимости произвести их чистку или замену. Обратить внимание на состояние гибких связей и соединительного проводника;

з) измерить и при необходимости отрегулировать одновременность включения контактов (допуск $\pm$3 мм по одной стороне). При проверке использовать контрольные лампы или омметр. При этом выключатель включать рукояткой ручного включения при снятом пружинном приводе. При медленном включении выключателя на изолирующей штанге (тяге) отмечать положения, при которых происходит касание первого и всех последующих контактов. Разности этих отметок по ходу траверсы (мм) представляют собой разновременность включения контактов. Регулировку одновременности касания контактов выполнять путем изменения положения наконечников неподвижных контактов (ввинчиванием или вывинчиванием). После регулировки затянуть контргайки, которыми фиксируется положение контактного наконечника на штыре;

и) рукояткой ручного включения включить масляный выключатель и проверить соосность подвижных и неподвижных контактов и их нажатие.

Частично перекос контактных траверс и нарушение соосности устраняют за счет люфта в месте крепления изоляционных тяг к коромыслу и путем изменения числа пружинных шайб на направляющих стержнях.

Нажатие контактов масляного выключателя контролируют величиной провала контактов. Для регулировки нажатия нужно отвернуть контргайку *29* (рис. 7.4, *б*), снять шплинт, вынуть ось *31* из серьги *30* и освободить тягу *3*. Удлиняя или укорачивая тягу, добиться требуемого нажатия контактов масляного выключателя, т. е. такого положения тяги, при котором провал контактов выключателя составит 10 $\pm$ 1 мм (рис. 7.4, *д*). После регулировки вставить шплинт в ось *31* (рис. 7.4, *в*) и застопорить серьгу контргайкой *29*. При сжатии пружин до провала контактов на 10 $\pm$ 1 мм усилие нажатия контактов должно быть 216 $\pm$ 30 Н на каждой паре контактов;

к) проверить и при необходимости отрегулировать включение привода. Обратить внимание на недопустимость зависания пальца включающего рычага на ролике пружинного привода. При установленной длине рычага и отрегулированной длине тяги *16* (см. рис. 7.3) не должно быть ни одного случая зависания пальца на ролике или заметного на глаз замедления движения ролика в момент схода его с пальца.

Ось вала ручного включения, относительно которой происходит вращение пальца *14* и ролика *12*, смещена относительно оси вала привода. Траектория точки касания на ролике рассчитана так, что срыв ролика с пальца *13* происходит тогда, когда ось пальца составляет с вертикалью угол около 40°. При этом в точке срыва зазор между рабочими поверхностями соединительного пальца *23* и защелки *25* должен составлять 1—1,5 мм (см. рис. 7.4, *в*). При меньшем зазоре не обеспечивается надежность замыкания привода во включенном положении, так как защелка *25* под действием пружины *24* не успевает вернуться в исходное положение. При большем зазоре сила удара будет такая, что вследствие упругой деформации звеньев механизма расцепления и защелки привод не зафиксируется во включенном положении.

При включении масляного выключателя в момент соскакивания ролика *12* с пальца *13* зазор между осью *23* звена механизма свободного расцепления и защелкой *25* должен быть 1—1,5 мм. Для регулировки необходимо отвернуть контргайку *32* (рис. 7.4, *г*) и, удлиняя или укорачивая рычаг *13*, подобрать такую длину его, при которой в крайнем верхнем положении рычага будет обеспечен зазор 1—1,5 мм между углом и осью. После регулировки рычаг застопорить контргайкой. Глубина ввертывания рычага *13* в тело втулки должна быть не менее пяти полных неповрежденных ниток резьбы.

После окончания всех регулировок измерить зазор (90 $\pm$ 1 мм) между контактами при отключенном выключателе (см. рис. 7.4, *д*), величину хода траверсы (100 $\pm$ 2 мм) и провал (натяг) контактов (10 $\pm$ 1 мм);

л) очистить и проверить состояние взрывозащитных поверхностей фланцевого соединения, смазать их тонким слоем технического вазелина или другой консистентной смазки. Закрыть бак выключателя и затянуть все болты. При подъеме бака выключателя следить за правильностью намотки тросов и не допускать попадания электрокартонных перегородок между контактами. Для контроля необходимо включить выключатель и прозвонить каждую фазу через штыри разъединителя. Присоединение прибора к штырям необходимо выполнять в диэлектрических перчатках.

Плоским щупом 0,2 мм измерить взрывозащитные зазоры фланцевого соединения бака выключателя не менее чем в четырех точках. Щуп не должен входить в щель глубже чем на 5 мм;

м) проверить состояние и работу КСА привода. При необходимости отрегулировать тяги и очистить (заменить) контакты. Проверить работу механического указателя положения МВ и надежность крепления блокировочного кулака на валу выключателя.

По окончании всех регулировок проверить шплинтовку и болтовые соединения, протереть изоляторы и контактную систему чистой сухой тряпкой. Произвести три—пять включений—отключений выключателя.

7.2.4. Схемы управления

Питание цепей управления и защиты ячейки РВД-6-О (рис. 7.5, *а*) осуществляется от обмотки 127 В встроенного трансформатора напряжения *TL1* типа НОСК-6-66. Для питания цепей дистанционного управления установлен промежуточный трансформатор *TL2* 127/27 В.

Часть элементов схемы управления приводом собрана в блоке реле управления и заключена в пыленепроницаемый кожух. В блоке две изоляционные панели: внутренняя, на которой смонтированы все элементы схемы блока, и наружная с 24 контактными шпильками М4. Между кожухом и наружной панелью установлена уплотнительная резиновая прокладка.

В левом верхнем углу корпуса установлены блок максимальных токовых реле *FA1*, *FA2* и блок конденсаторов *C5*.

Коммутирующим аппаратом для включения электродвигателя привода и шунтирования максимальных токовых реле на время пуска служит реле *1К* типа РПУ-1. Справа в нижней части привода установлен электромагнит отключения *YAT*, осуществляющий автоматическое и дистанционное отключение привода за счет запасенной энергии конденсаторов *C5*.

Блокировочные контакты *QF1—QF6* типа КСА-6 (три замыкающих и три размыкающих) используются для коммутации цепей управления привода и в схемах автоматики.

Кнопочный пост дистанционного управления выполнен отдельным блоком в исполнении РВ. Предусмотрена фиксация рычага кнопки управления в положении «Стоп». Вводное устройство поста рассчитано на подключение одного кабеля диаметром не более 28 мм.

При подаче напряжения на ячейку включаются реле *2К* и *КТ*; заряжаются конденсаторы *C5* и *C1*.

В цепи реле управления *К1* конденсатор *C3* служит для сглаживания пульсации выпрямленного однополупериодного тока, шунтирующее сопротивление *R2* (510 Ом), включенное через размыкающий контакт *К1.1* реле *К1*, повышает напряжение срабатывания этого реле, сопротивление *R3* (1 кОм) снижает ток в ждущем режиме.

Минимальный ток срабатывания реле *К1* 9—10 мА. При разомкнутой кнопке *SB2* в зависимости от длины линии связи ($\leqslant$3 км

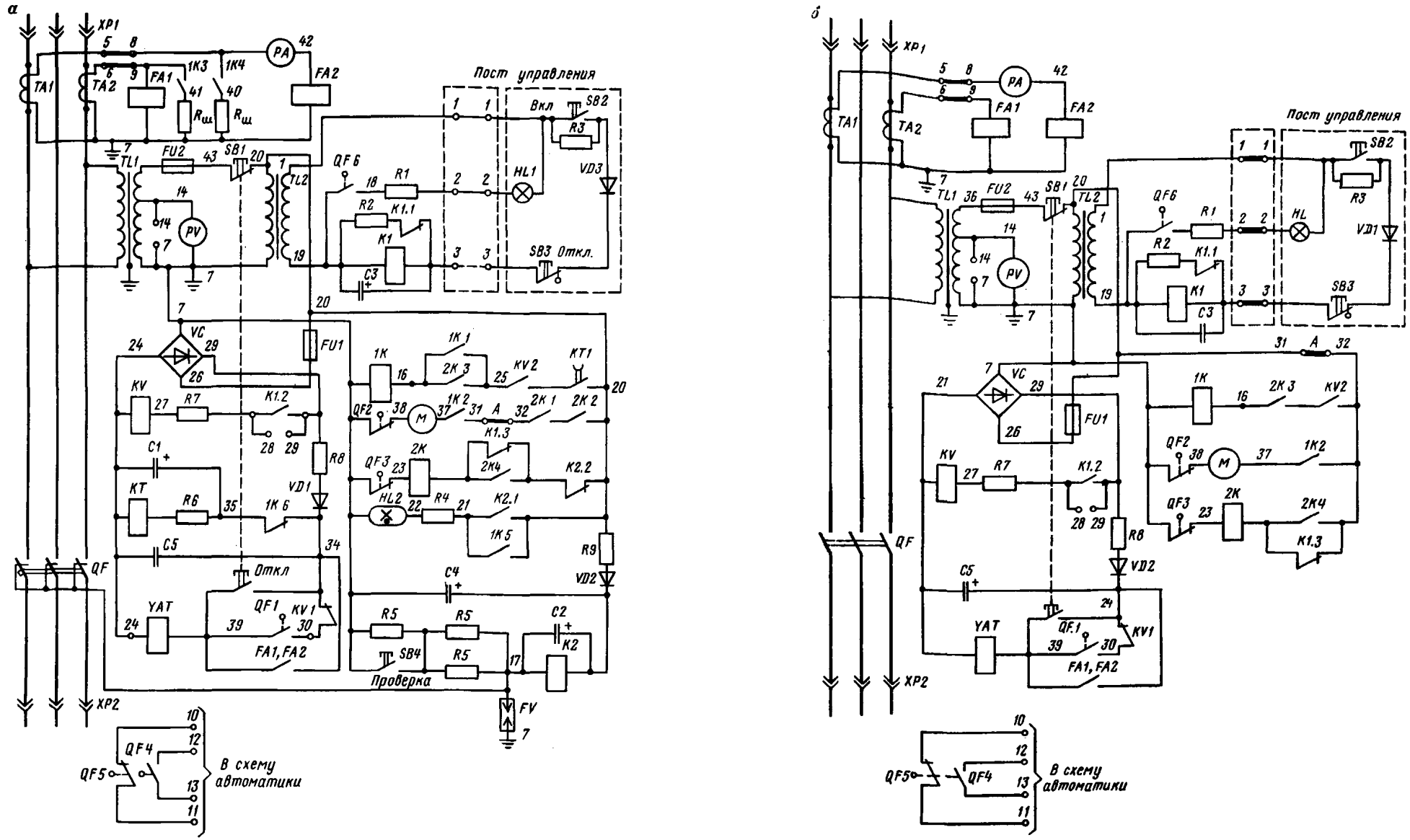


Рис. 7.5. Принципиальные схемы ячеек РВД-6-О (*а*) и РВД-6-В (*б*)

при сечении 2,5 мм^2) и допускаемой величины отклонения от номинального напряжения ток в цепи дистанционного включения ячейки может принимать значения 8—12 мА. Ток, протекающий через обмотку реле, из-за наличия параллельной цепи и перераспределения токов будет составлять 3—4 мА, что значительно ниже срабатывания реле *K1*. Завод гарантирует невозможность самовключения реле *K1* при напряжении $2U_{ном}$ в цепи управления.

В цепи реле блокировки *K2* сопротивление *R9* (390 Ом) ограничивает ток, протекающий через вентиль *VD2* при зарядке конденсатора *C4* и повреждениях в цепи реле *K2*. Сопротивления *R5* (три по 100 кОм) служат для повышения кон-

тролируемой величины сопротивления изоляции отходящей кабельной линии и проверки исправности схемы при нажатии кнопки *SB4*. Конденсатор *C2* сглаживает пульсации напряжения в цепях реле *K2*.

Если сопротивление изоляции отходящего кабеля выше 80 кОм, то суммарный ток в обмотке реле *K2* ниже тока срабатывания реле ($\approx$2 мА).

Для включения привода необходимо кратковременно нажать кнопку *SB2*. При этом в цепи дистанционного включения ток достигает 35—40 мА. Непосредственно в обмотке реле *K1* значение тока превышает величину его минимального тока срабатывания и реле включается. При этом размыкающий контакт *K1.1* реле *K1* разрывает цепь шунтирующего сопротивления *R2* и ток в обмотке реле несколько возрастает. После отпускания кнопки *SB2* (дешунтирование сопротивления *R3*) ток в обмотке реле уменьшается до 10—12 мА. Этого достаточно для удержания реле во включенном положении, ток возврата которого равен 5 мА. Контакт *K1.3* реле *K1* в цепи включения реле *2K* размыкается, и этим осуществляется блокировка от повторного включения при самовыпадании привода или при отключении его от защиты (при отключении привода реле *2K* разомкнет свой контакт *2K3* в цепи включения реле *1K*, чем исключается повторное включение двигателя *M*). Реле *KV* включается и контактом *KV.2* замыкает цепь реле *1K*, подготавливая схему к включению привода. Реле *1K* становится на самоподхват (блокирует контакт реле *2K.3*), контактами *1K.3* и *1K.4* включает шунтирующие сопротивления $R_ш$ в цепях токовой защиты, контактом *1K.6* отключает реле *KT* и конденсатор *C1*, контактом *1K.2* включает электродвигатель *M*, контактом *1K.5* — лампу *HL2*. Двигатель заводит пружинный привод, а конденсатор *C1* разряжается на обмотку реле *KT* и удерживает реле включенным в течение 8—10 с.

В момент включения масляного выключателя контакты *KCA QF2* отключают электродвигатель, *QF5* размыкают цепь реле *2K*, *QF1* подготавливают цепь соленоида отключения *YAT* и *QF6* замыкают цепь лампы *HL1* в посту управления.

По истечении времени разрядки конденсатора *C1* реле *KT* отключается и разрывает цепь промежуточного реле *1K*, которое дешунтирует реле токовой защиты, отключает лампу *HL2* и вновь замыкает цепь реле *KT*. На этом процесс включения привода заканчивается.

В положении «Включено» в приводе включены реле *K1*, *KV* и *KT*, постоянно получают подзаряд конденсаторы *C5* и *C1*, обтекается малым током обмотка реле *K2*, в посту управления горит лампа *HL1*.

Привод дистанционно отключается нажатием кнопки *SB3* в посту управления или местной кнопкой *SB1* на ячейке. Автоматическое отключение привода происходит в следующих случаях:

при срабатывании реле максимальной токовой защиты *FA1*, *FA2*;

при снижении напряжения в сети ниже 40—60 % номинального;

при повреждении цепи заряда батареи конденсаторов *C5*;

при обрыве или к. з. в цепи дистанционного управления приводом.

При дистанционном отключении привода или обрыве цепи дистанционного управления отключается реле *K1* и разрывает цепь питания реле *KV*, контакт *KV.1* которого замыкает цепь разряда конденсаторов батареи *C5* и конденсатора *C1* на обмотку электромагнита *YAT*.

При к. з. в цепи дистанционного управления реле *K1* обтекается переменным током, вследствие чего оно отключается и разрывает цепь реле *KV*.

При отключении привода кнопкой местного отключения *SB1* разрывается цепь питания промежуточного трансформатора *TL2* и выпрямительного моста *VC*. Замыкающий контакт кнопки *SB1* дополнительно замыкает цепь разряда конденсаторов батареи *C5* и *C1* на обмотку *YAT*.

При снижении напряжения в сети до 40—60 % номинального, а также при исчезновении напряжения на выпрямителе *VC* реле *KV* отключается и замыкает цепь соленоида отключения *YAT*.

Для включения привода, отключенного от действия максимальной токовой защиты, а также после неуспешного включения его вследствие неисправности или неправильной регулировки необходимо предварительно подать команду на отключение привода кнопкой *SB1* или *SB3*. При этом отключится реле *K1*, и схема возвратится в исходное состояние.

Для перевода ячейки на ручное управление нужно:

кнопку *SB1* зафиксировать в положении «Откл.»;

выкатить выдвижную часть ячейки в ремонтное положение, разблокировать и открыть крышку привода;

перемычку *A* с зажимов *31—32* в цепи электродвигателя переставить на зажимы *28—29* (в цепи реле *KV* на панели блока управления);

закрыть и заблокировать крышку привода, вкатить выдвижную часть в рабочее положение;

кнопку *SB1* вернуть в рабочее положение и быстро включить привод вручную.

Если привод переведен на ручное управление, но не включен, а кнопка *SB1* находится в рабочем положении, то при отключенной ячейке реле *KT* и *1K* образуют постоянно работающую пульспару, что может явиться причиной повреждения некоторых элементов схемы. Кроме того, периодически загорается лампа *HL2*, выдавая ложный сигнал работы привода. Этим и обусловлено требование быстрого включения ячейки после перевода кнопки *SB1* в рабочее положение.

В отличие от ячейки РВД-6-О в схеме ячейки РВД-6-В (рис. 7.5, *б*) отсутствуют устройство контроля изоляции (реле *К2*, сопротивления *R9* и *R5*, конденсаторы *С4* и *С2*, кнопка *SB4*, диод *VD2*, разрядник *FV* и короткозамыкатель в выключателе *QF*, кнопка *SB4* «Проверка», шунтировка МТЗ при пуске (резисторы $R_ш$); лампа *HL2* и сопротивление *R4*; в цепи включения двигателя *М* нет контактов реле *2К*). Блокировка от повторного включения при самовыпадании привода осуществляется за счет контакта *2К.3* в цепи включения реле *1К*.

Перевод на ручное управление приводом происходит так же, как и для ячейки РВД-6-О, но перемычка *А* в этом случае стоит не в цепи питания электродвигателя, а разрывает общую цепь 127 В.

В остальном работа схем обеих ячеек аналогична.

7.2.5. Особенности РНИ ячеек РВД-6

При РНИ ячеек РВД-6 дополнительно к изложенному в разд. 2, 3 и 5 необходимо руководствоваться следующим:

1) установка ячеек в камерах околоствольных дворов шахт, опасных по внезапным выбросам и проветриваемых свежей струей, а также в камерах шахт III категории, сверхкатегорных и с суфлярными выделениями, проветриваемых исходящей струей шахты или крыла, допускается с разрешения технического директора производственного объединения при условии оборудования камеры автоматической газовой защитой и выполнения требований:

а) контроля содержания метана в камере не реже 1 раза в сутки;

б) осмотра ячеек не реже 1 раза в сутки персоналом, специально закрепленным приказом по шахте;

в) профилактического осмотра ячеек не реже одного раза в месяц в присутствии главного механика (энергетика) шахты или выделяемого по его письменному указанию лица надзора с записью результатов осмотра в книге регистрации состояния электрооборудования и заземления;

г) текущего ремонта ячеек, проверки сопротивления изоляции ячеек не реже 1 раза в 6 мес;

д) проверки и наладки ячеек специализированной наладочной организацией не реже 1 раза в 2 года;

2) для установки ячеек в выработках вне околоствольного двора шахт, опасных по внезапным выбросам, должны быть соблюдены следующие условия:

а) расстояние от камеры, в которой устанавливаются ячейки, до ближайшего забоя $\geqslant$600 м;

б) проветривание камеры свежей струей воздуха;

в) установка в 10—20 м от камеры в сторону забоев датчиков аппаратуры газовой защиты, обеспечивающих автоматическое отключение ячейки, которая подает питание на установленное в камере РУ и питает очистной (подготовительный) забой;

г) наличие световой и звуковой сигнализации от аппаратуры АГЗ в пункте управления ячейкой;

д) включение ячеек после срабатывания газовой защиты только по разрешению диспетчера.

В тупиковых выработках всех газовых шахт, в выработках с исходящей струей воздуха шахт, опасных по внезапным выбросам угля и газа, применение РВД-6 не допускается;

3) перед началом работы по РНИ необходимо:

а) выключить масляный выключатель кнопкой *SB1* и зафиксировать ее рычаг в отключенном положении;

б) выкатить выдвижную часть ячейки с помощью специального рычага и зафиксировать ее в ремонтном положении предохранительными крюками;

в) убедиться в исправной работе защитных шторок на шинной камере. При их отсутствии или неисправности, соблюдая требования безопасности, установить на шинной камере переносный, специально изготовленный защитный экран. При этом нужно помнить, что розетки штепсельного разъединителя на шинной камере остались под напряжением.

Штыри штепсельных разъединителей на выдвижной камере ячейки следует считать находящимися под напряжением до тех пор, пока не исключена возможность обратной трансформации (снятие предохранителя *FU2*).

Отключение присоединения и вывод его в ремонт должен выполнять оперативный персонал шахты, имеющий допуск. Производитель работ по наряду имеет право принимать участие в отключении присоединения и подготовке рабочего места в качестве второго лица;

г) переносным прибором газового контроля проверить наличие метана на рабочем месте и осуществить допуск бригады к работе по наряду;

4) при наружном осмотре ячейки необходимо:

а) проверить исправность заземления стационарной и выдвижной частей ячейки в соответствии с указаниями разд. 3.13;

б) убедиться в отсутствии механических повреждений, вспучиваний оболочек корпуса, течи заливочной массы и масла;

в) проверить наличие знаков исполнения и необходимых надписей, исправность защитных стекол, комплектность крепежных деталей, правильность монтажа и надежность сочленения ячеек согласно разд. 3;

г) проверить, нет ли чрезмерного загрязнения оболочек и состояние антикоррозионных покрытий, удалить посторонние предметы;

5) при осмотре и проверке кабельных вводов (вводных устройств) при всех видах РНИ полностью выполнять указания разд. 3.7 Руководства;

6) осмотр, проверку и ревизию средств взрывозащиты ячейки проводить в соответствии с требованиями разд. 3.8;

7) при всех видах РНИ убедиться в наличии и исправности:

а) устройства блокировки крышки привода с механизмом передвижения выдвижной части. Обратить внимание на состояние и достаточность резьбы на блокировочной шпильке, возможность открывания крышки привода только в ремонтном положении выдвижной части, недопустимость случайного вкатывания выдвижной части при открытой крышке привода;

б) блокировочного кулака на валу выключателя и ограничителя на раме (стойке) ячейки, препятствующих вкатыванию (подключению к сети) и выкатыванию (отключению от сети) выдвижной части при включенном выключателе;

в) ограничителя на стойке ячейки и рамки на баке выключателя, препятствующих опусканию бака выключателя во всех положениях выдвижной части, кроме полностью выдвинутой;

г) блокировочного узла, не позволяющего вкатывание выдвижной части при опущенном баке выключателя;

8) при наладке схемы привода и проверке защит требуется:

а) проверить состояние изоляции цепей привода, надежность и правильность крепления жгутов, отсутствие повреждения их подвижными частями привода и защемления при закрывании крышки привода;

б) измерить сопротивление изоляции цепей управления, защиты и сигнализации относительно корпуса и между разноименными цепями мегаомметром на напряжение 1000 В (М-1101, М-4100). При подготовке к измерениям снять предохранители *FU1*, *FU2* и разрядник *FV*, отсоединить от корпуса заземляющие проводники и принять меры против повреждения полупроводниковых приборов и электролитических конденсаторов. Вторичные обмотки трансформаторов тока и напряжения заземлены внутри залитой битумным составом выдвижной камеры. Для измерения сопротивления изоляции токовых цепей и цепей напряжения их следует отсоединить в камере промежуточного трансформатора. Сопротивления изоляции должны быть $\geqslant$2 МОм при новом включении и 1 МОм при периодических проверках. По окончании измерений все цепи должны быть восстановлены.

При периодических проверках допускается контроль изоляции только цепи дистанционного управления. При неудовлетворительных результатах сокращенной проверки измерения по полной программе обязательны;

в) для питания схемы в камере промежуточного трансформатора в цепь трансформатора напряжения *TL1* на зажимы *7* и *20* подключить источник переменного регулируемого напряжения 0—200 В, 50 Гц и вольтметр переменного напряжения с пределом измерения 300 В. Следует помнить, что зажим *7* в схеме привода заземлен, поэтому прямое использование шахтной сети, защищенной реле утечки, без гальванической развязки недопустимо. Мощность разделительного (понижающего) трансформатора должна быть $250 \leqslant P_т \leqslant 500$ В·А (автотрансформатор РНО).

При проверке допускается питание схемы привода от трансформатора напряжения другой ячейки (резервной или неответственного присоединения, для которого по условиям эксплуатации разрешаются непродолжительные отключения).

Во всех случаях питание к схеме привода должно подводиться через коммутирующий аппарат (автоматический выключатель, пускатель, рубильник) и должна предусматриваться возможность образования видимого разрыва в цепи питания.

Каждый раз подачу напряжения на схему привода производить по команде производителя работ;

г) проверить не менее чем в 3—5 циклах В—О совместную работу привода с выключателем и схемы его управления при номинальном напряжении питания (127 В). Не должно быть ни одного случая отказа в выполнении команды управления или нечеткой работы отдельных узлов и элементов схемы. Не должно быть также чрезмерного искрения на щетках электродвигателя моторного привода и резкого снижения частоты вращения. Если при проверке произойдет отказ в выполнении команды или будут выявлены другие отклонения от нормы, то после их устранения проверку повторить в полном объеме.

При пусковой РНИ проверку работы привода и схемы управления повторить при $0{,}8U_{ном}$ и $1{,}1U_{ном}$. После этого напряжение питания поднять до $1{,}5U_{ном}$ (190 В) и проверить на отсутствие самовключения привода при трех-пятикратной подаче напряжения толчком;

д) измерить напряжение срабатывания и отпускания реле нулевой защиты *KV*. Для этого необходимо восстановить предохранители *FU1* и *FU2*, перемычку с зажимов *31—32* в цепи электродвигателя переставить на зажимы *28—29* в цепи реле *KV*, отключить проводник на зажиме *16* в цепи реле *1K*; на зажимы *24—30* в цепи электромагнита отключения *YAT* блока реле управления подключить вольтметр постоянного тока с пределом измерения 300 В. Кнопку местного отключения *SB1* установить в положение, разрешающее включение; кнопку дистанционного отключения *SB3* зафиксировать в положении «Отключено». Подключить питание на зажимы *7—20* и автотрансформатором плавно поднять напряжение от нуля до срабатывания реле *KV*. Момент срабатывания реле фиксируется по разрыву цепи вольтметра, подключенного на зажимы *24* и *30*. Напряжение срабатывания реле измеряется вольтметром, включенным в цепь питания (зажимы *7—20*). Поднять напряжение питания до номинального (127 В) и плавно снижать его до момента отпускания реле *KV* (замыкание цепи контрольного вольтметра на зажимах *24* и *30*). Если при наличии питания в схеме на зажимах *24* и *30* напряжение отсутствует (при отключенном реле *KV*), необходимо проверить предохранитель *FU1*. При исправном предохранителе отключить внешние цепи блока управления, извлечь блок из привода и заменить его на

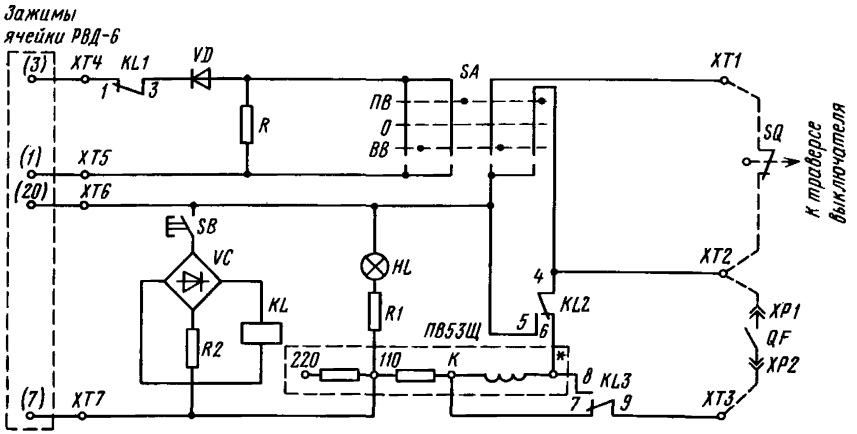


Рис. 7.6. Блок-схема для измерения временны́х параметров ячейки РВД-6

исправный. Ремонт блоков реле управления производить в лабораторных условиях.

Измерение напряжения срабатывания и отпускания реле *KV* повторить не менее 3 раз и найти их средние арифметические значения. Напряжение срабатывания реле *KV* должно быть $\leqslant 0{,}85U_{\text{ном}}$ (108 В), а напряжение отпускания — в пределах $0{,}4—0{,}6U_{\text{ном}}$ (51—76 В). При неудовлетворительных значениях напряжения срабатывания и отпускания блок реле управления заменить.

По окончании измерений привести схему к исходному состоянию (перемычку установить на зажимы *31—32*, присоединить проводник *16*, отключить вольтметр постоянного тока);

е) проверить работу привода на отключение МВ при срабатывании нулевой защиты в случае плавного снижения напряжения питания и при отключении напряжения питания толчком не менее 3—5 раз. Не должно быть ни одного случая отказа на отключение МВ;

ж) измерить временны́е параметры ячеек РВД-6 (рис. 7.6). Пост дистанционного управления ячейки и проводник на зажиме *17* (только для РВД-6-О) блока реле управления в приводе (см. рис. 7.5) на время измерения отключить. Установить дополнительный концевой выключатель *SQ* с таким расчетом, чтобы его контакт замыкался в момент начала движения вала в направлении положения «Включено», а размыкался в момент окончания движения вала в направлении «Отключено».

Измерить время включения (от момента начала движения вала выключателя до замыкания силовых контактов) и время отключения выключателя (от момента подачи команды на отключение до момента размыкания силовых контактов). Время включения, измеренное по этой схеме, должно быть $\leqslant 0{,}25$ с, а время отключения — 0,07 с + 10 %. При бо́льших значениях измеренных

величин проверить регулировку выключателя и его отключающих пружин, выполнить ревизию трущихся частей привода.

Измерение временны́х параметров выключателя обязательно при пусковых РНИ и периодически не реже 1 раза в 3 года. Значение любого временно́го параметра следует определять как среднее арифметическое не менее чем трех измерений.

Для измерения времени включения тумблер *SA* (см. рис. 7.6 и 7.5) установить в положение *ВВ* и удерживать его до остановки секундомера. При включении тумблера подается команда на включение реле *K1* ячейки. Запуск электросекундомера осуществляется после замыкания контакта *SQ* (трогания вала выключателя), остановка — после замыкания силового контакта *QF*.

Для измерения времени отключения нажать кнопку *SB*. При этом одновременно с подачей команды на отключение контактом *KL1* реле *KL* включается электросекундомер. Остановка секундомера осуществляется при размыкании силового контакта *QF*.

Время переброса контактов реле *KL* в блок-схеме должно быть $\leqslant$5—10 мс, что почти на порядок ниже основной погрешности прибора ПВ-53, и им можно пренебречь.

Блок-схема кроме обязательных измерений, описанных выше, позволяет производить измерение полного времени включения и полного времени отключения выключателя, а также продолжительность шунтировки МТЗ при пуске.

Измерение полного времени включения с учетом продолжительности заводки пружинного привода осуществляется при переводе тумблера *SA* в положение *ПВ*. Измеренное время не должно быть более 4—6 с. При этом большее значение относится к случаю пониженного напряжения питания привода.

Для измерения полного времени отключения выключателя (от момента подачи команды на отключение до останова контактных траверс в нижнем положении) на зажимы *XP1* и *XP2* блок-схемы необходимо подключить контакт концевого выключателя *SQ* взамен *QF*. Включить выключатель, перевести тумблер *SA* в положение *ПВ* и нажать кнопку *SB*. Измеренная величина не должна превышать 0,2 с.

Для измерения времени шунтирования МТЗ при пуске концевой выключатель *SQ* необходимо отключить. Проводник от зажима *20* блок-схемы переключить на зажим *16* блока реле управления в приводе. При переключении тумблера *SA* в положение *ВВ* измеряется продолжительность шунтирования МТЗ после включения выключателя (без времени включения МВ), если между клеммами *XT1* и *XT3* блок-схемы включен силовой контакт *QF* выключателя, или полная выдержка времени реле *KT*, если между ними поставлена перемычка.

По данным завода-изготовителя продолжительность частичной шунтировки МТЗ при пуске должна составлять 6—10 с. При неудовлетворительном результате необходимо проверить

исправность конденсатора *C1*, резистора *R6*, реле *KT* и работу отключающего электромагнита *YAT*. Если при замыкании контактов *FA1*, *FA2* электромагнит не включается, то следует проверить диод *VD2*, сопротивление *R8*, предохранитель *FU1* и полупроводниковый выпрямитель *VC*.

Продолжительность шунтировки можно изменять путем регулировки реле *KT* и подбором емкости конденсатора *C1*. Все элементы схемы реле времени, кроме конденсатора *C1*, размещены в блоке реле управления. Их проверку и регулировку следует выполнять в условиях электролаборатории.

После окончания измерений отключить блок-схему и восстановить подключение поста дистанционного управления и проводника на зажиме *17* блока реле управления для ячеек типа РВД-6-О.

Измерение времени отключения можно совмещать с проверкой МТЗ первичным током;

з) проверить работу БРУ (на ячейках отходящих присоединений). Для этого на зажимы *7* и *20* подать напряжение 127 В и при отключенном выключателе нажать кнопку *SB4*. При этом должна загореться лампа *HL2*. Не отпуская кнопку *SB4*, нажать кнопку *SB2* на посту дистанционного управления. Должен быть отказ схемы на включение. Проверку повторить три—пять раз.

При отключенном выключателе и номинальном напряжении на схеме привода через предварительное заземленное сопротивление 70 кОм поочередно соединить с «землей» каждый штырь линейного разъединителя на выдвижной камере ячейки. При каждом касании должна загораться лампа *HL2*. Операции выполнять в диэлектрических перчатках под непосредственным контролем производителя работ.

Проверить работу БРУ при замыкании на «землю» одного из штырей через резистор 90 кОм. Лампа *HL2* включаться не должна;

и) проверить максимальную токовую защиту ячейки в соответствии с требованиями, изложенными в разд. 4;

9) заменить блоки реле управления старых выпусков. В эксплуатации на шахтах имеются ячейки РВД-6 выпуска до 1974 г., у которых применен трансформатор напряжения НОСК-6 (без дополнительной обмотки на 127 В). Соответственно изменены схема и элементная база блока реле управления этих ячеек. Наличие однотипных ячеек с различными схемами и блоками реле управления создает для эксплуатации определенные трудности. Поэтому при очередной РНИ рекомендуется схему этих ячеек приводить к виду, при котором можно использовать блоки реле управления последней модификации. Возможность и методика приведения согласованы с заводом-изготовителем. Для этого необходимо:

а) отсоединить внешние присоединения блока реле управления в камере привода выключателя, обратив внимание на наличие и правильность маркировки концов. Отсутствующую или нечеткую

маркировку восстановить. Отвинтить гайки, крепящие блок реле управления в камере привода и снять старый блок. Установить и закрепить гайками новый блок реле управления. Подключить внешние присоединения блока согласно маркировке на концах и на панели блока. Концы с маркировкой *24*, *29*, *34* и *35* к блоку не присоединять;

б) отвинтить гайку и винт, крепящие блок конденсаторов в блоке максимальных токовых реле, и снять старый блок конденсаторов;

в) установить и закрепить новый блок конденсаторов. Отходящие концы с маркировкой *24*, *34* и *35* подключить на соответствующие зажимы блока реле управления;

г) снять и отключить от схемы резистор *R7* (ПЭ-50; 3,9 кОм). На его место установить и подключить к схеме (зажимы *27* и *28*) резистор ПЭВ-15; 1 кОм;

д) снять и отключить от схемы резистор *R8* (ПЭ-50, 3 кОм). Если в схеме последовательно с резистором *R8* включен диод Д-226Б, то его также необходимо снять. Проводник *29* от блока реле управления к резистору *R8* произолировать на обоих концах либо извлечь его из схемы. Проверить наличие и правильность подключения проводника *34* от блока реле управления к контактам реле *FA* и *1K*;

е) на панели промежуточного трансформатора отключить от зажимов *43* и *14* выводы обмотки 380 В и заизолировать их концы. Установить на сборке зажимов промежуточного трансформатора перемычки между зажимами *20—43* и *7—14*;

ж) заменить катушку электромагнита отключения на новую с сопротивлением постоянному току 28 Ом;

з) упорядочить разводку вторичной коммутации в приводе. На зажимы *7* и *20* промежуточного трансформатора подать регулируемое напряжение и проверить работу схемы в соответствии с методикой, приведенной выше.

7.2.6. Особые условия применения и ТО ячеек РВД-6

Ячейки РВД-6 оснащены максимальной токовой и нулевой защитами косвенного действия. Если включить ячейку вручную при отсутствии напряжения на шинах РУ, а затем подать напряжение, то ячейка останется в работе. При этом в схеме привода реле *KV* (РН) останется отключенным. Контактом *KV.1* будет постоянно поддерживаться цепь разряда батареи конденсаторов *C5* на катушку отключающего электромагнита. Вследствие этого конденсаторы не смогут зарядиться до напряжения срабатывания отключающего электромагнита. Отключение ячейки от действия нулевой и максимальной токовой защит, а также по цепям дистанционного или телемеханического управления будет невозможно. Внешне ячейка не будет отличаться от нормально включенной, и не будет никаких признаков, указывающих на аварийное

состояние схемы. То же возможно при включении вручную ячейки, в схеме которой перегорел предохранитель *FU1*.

Для снижения вероятности возникновения аварийных отказов ячеек РВД-6 МакНИИ рекомендует (письмо от 14.09.84 г. № 14/8774 «О повышении безопасности ячеек РВД-6»):

1) обеспечить проверку исправности схемы управления ячеек РВД-6 не реже 1 раза в неделю;

2) выполнять требования Инструкции по выбору и проверке электрических аппаратов напряжением 3 и 6 кВ в части резервирования защиты сети;

3) принять в качестве основного режима работы ячеек РВД-6 дистанционное (телемеханическое) управление.

При эксплуатации ячеек бывают случаи поломки изоляционных колодок контактной системы реле *FA* и зависания подвижного контакта реле *FA* на неподвижных его контактах после отключения ячейкой тока к. з.

Начальный зазор между сердечником и контрполюсом у правильно отрегулированного реле больше, чем возможный ход изоляционной колодки подвижного контакта. При к. з. в зоне действия защиты ячейки динамический удар сердечников реле *FA* прикладывается к изоляционным колодкам контактной системы реле. В некоторых случаях в процессе очередного отключения тока к. з. разрушается одна из колодок (чаще у подвижного контакта). Из-за упругой деформации деталей контактной системы и наличия люфтов возможны также заход подвижного контакта за неподвижные и зависание его на них после отключения ячейки.

Для устранения этого явления предлагается вместо одного из винтов, крепящих изоляционную колодку подвижного контакта, устанавливать ограничитель хода подвижного контакта — винт М4×20 с пружинной шайбой и контргайкой. Ограничитель следует регулировать так, чтобы при упоре его в корпус реле между витками спиральной пружины подвижного контакта оставался суммарный зазор $\geqslant$1 мм. Провал контакта при этом должен быть $\geqslant$3 мм. В этом случае при срабатывании реле независимо от кратности тока к. з. к контактной системе будет прикладываться только усилие сжатой пружины подвижного контакта. Динамический удар сердечников реле будет воздействовать на металлическую отключающую планку и скобу, на которой она закреплена. Повреждение изоляционных колодок и зависание подвижного контакта при этом исключаются.

В схемах ячеек РВД-6 отходящего исполнения при отключенном выключателе отходящий кабель через короткозамыкатель подключен к цепи блокировочного реле утечки (БРУ). По цепи БРУ к кабелю прикладывается однополупериодное выпрямленное напряжение 127 $\sqrt{2}$ В. При достаточной длине кабеля его емкостной заряд может достигать значений, опасных для жизни человека. Цепи БРУ в ячейке РВД-6 неискробезопасны. Эти данные необходимо иметь в виду при организации ремонтных и профилакти-

ческих работ на ячейке и отходящем кабеле. Для допуска к работам обязательны выдвижение ячейки в ремонтное положение, разрядка кабельной линии и наложение защитного заземления.

Ячейки РВД-6 (отходящих присоединений, фидерные) можно применять только в радиальных цепях, где исключена обратная подача напряжения на ячейку. Если по нормальным или аварийным оперативным схемам возможность обратной подачи напряжения не исключается (или предусматривается), следует применять ячейки вводного исполнения, у которых нет короткозамыкателя. Условия применения ячеек РВД-6, включенных по «опрокинутой схеме», оговорены в разд. 5.1.

Согласно § 436 ПБ, нулевая защита обязательна только на присоединениях, непосредственно включающих высоковольтные электродвигатели. На остальных присоединениях, работающих в режиме местного или ручного управления, если это необходимо по условиям эксплуатации, нулевую защиту можно исключить из работы. Для этого на КСА (*QF1*) необходимо отсоединить проводник с маркировкой «30» и тщательно заизолировать его конец. Следует помнить, что одновременно с этим ячейка теряет функцию дистанционного отключения и поэтому нельзя исключить из работы нулевую защиту на присоединениях, работающих в режиме дистанционного, автоматического или телемеханического управления. В любом случае исключение из работы нулевой защиты при РНИ допускается только по письменному требованию главного энергетика шахты или лица, его замещающего.

На КРУ в исполнении отходящих присоединений, оборудованных устройством для частичного шунтирования МТЗ на время пуска, если они используются для включения групповой нагрузки (ЦПП, РПП) и в кольцевых цепях, рекомендуется исключать из работы устройство для шунтировки. Для этого надо на реле *1К* с его контактов *1К3* и *1К4* отсоединить шунтирующие сопротивления $R_ш$.

7.3. КОМПЛЕКТНЫЕ РАСПРЕДУСТРОЙСТВА КРУВ-6

7.3.1. Общие сведения

Комплектные распредустройства КРУВ-6 (см. табл. 7.3) имеют четыре модификации шкафов: вводной (В), секционный (С), отходящего присоединения без встроенного трансформатора тока нулевой последовательности (ОП) и отходящего присоединения с встроенным трансформатором тока нулевой последовательности (ОТ). Каждая модификация имеет варианты исполнения по номинальному току и комплектующим принадлежностям.

Номинальный ток вводных и секционных шкафов определяется номинальным током трансформаторов тока, которые в них установлены, а шкафов отходящих присоединений — параметрами

защиты от перегрузки. Все шкафы с номинальным током 20; 31,5; 40; 50 и 100 А имеют трансформаторы тока 100/5. Различаются эти шкафы номинальными токами реле РТ-40 защиты от перегрузки (2; 6; 10 А). Шкафы на ток 20 и 31,5 А отличаются друг от друга схемой соединений (последовательно или параллельно) обмоток реле защиты от перегрузки. Шкафы с номинальным током 80 и 200 А различаются между собой током уставки срабатывания реле защиты от перегрузки.

В условиях эксплуатации следует учитывать, что путем замены реле РТ-40 и трансформаторов тока любой шкаф КРУВ-6 можно привести к нужному номиналу по току и, следовательно, при изменении нагрузки заменять реле, а не шкафы.

Функциональные возможности КРУ и блокировки, которыми они оснащены, см. в табл. 7.1 и 7.2.

КРУВ-6 состоит из выключателя и двух высоковольтных разъединителей, размещенных во взрывонепроницаемом шкафу и связанных блокировочным комплексом.

Шкафы КРУ по конструкции имеют одинаковые для всех исполнений габаритные и присоединительные размеры и отличаются друг от друга внутренней оснасткой. Корпус шкафа установлен на салазки. Для удобства монтажных работ по жесткой комплектации шкафов на каждом полозе предусмотрено по два винтовых домкрата.

Ошиновка шкафа выполнена медными прямоугольными шинами и закреплена в шкафу на шести опорных (ИОР-6-250-0,35) и проходных изоляторах. Штыри проходных изоляторов являются неподвижными контактами силовых разъединителей.

Для присоединения к шкафу КРУ питающих и отходящих кабелей используют кабельные вводы. К каждому шкафу одновременно могут быть присоединены по два питающих и отходящих кабеля диаметром до 70 мм. Кабельные вводы для бронированных кабелей допускают монтаж кабелей при их сухой разделке и заливке компаундом.

Для жесткого соединения шкафов в групповое РУ применяют соединительные муфты, а для ошиновки группового РУ — специальный одножильный высоковольтный кабель марки КОВГ, рассчитанный на длительное прохождение тока 630 А.

По требованию заказчика в комплекте со шкафом может быть поставлен пульт дистанционного управления и сигнализации о состоянии выключателя.

7.3.2. Конструкция шкафа и блокировочный комплекс

Основа конструкции шкафа (рис. 7.7) — стальной корпус камеры выключателя. На корпусе сверху размещены камеры вводов и камеры шинного и линейного разъединителей. На крышках камер шинного разъединителя имеются по два смотровых окна

для визуального контроля положения контактов разъединителей.

Ниже на боковых поверхностях шкафа размещены коробки вторичных цепей. Все камеры и коробки шкафа между собой разделены взрывонепроницаемыми перегородками.

В камере выключателя смонтированы два трансформатора тока ТОЛК-605 (на задней стенке камеры), трансформатор напряжения типа НОЛ-11-605 и предохранитель ПКТН-10. На стенке камеры укреплен разъединитель вторичных цепей КСА-1-12У12 с приводом от вала силовых разъединителей.

В КРУ секционного исполнения трансформатора напряжения и высоковольтного предохранителя нет.

На внутренней стороне двери шарнирно закреплен предохранительный ограничитель открывания двери.

В шкафах ОП дополнительно установлен блок из двух максимальных токовых реле защиты от перегрузки. Кроме того, на двери выполнены оперативные и предупредительные надписи и установлено блокировочное кольцо для предотвращения отвинчивания болтов, крепящих дверь к корпусу при включенных разъединителях (на шкафах последних выпусков установлен блокировочный сектор, который закрывает доступ к части болтов на двери).

Шкафы исполнения ОТ дополнительно комплектуются трансформатором тока нулевой последовательности типа ТЗЛМ.

Блокировочный комплекс (рис. 7.8) в шкафах КРУВ-6 осуществляет блокировку привода разъединителей с приводом выключателя и с дверью камеры выключателя, автоматически запрещая:

включать и отключать разъединители при включенном выключателе;

открывать двери при включенных разъединителях;

включать разъединители при открытой двери;

включать выключатель при промежуточных положениях привода разъединителей.

Ключ *6* для включения разъединителей имеет блокировочный диск *7* с двумя пазами. Скоба *9* позволяет вставить ключ в отверстие блок-замка *4* и вынуть его только в крайних (включенном и отключенном) положениях разъединителей.

При отключенном выключателе паз на блокировочном диске *1* расположен против пластины *17*. Для включения разъединителя необходимо вывести из зацепления с блок-замком *4* зуб фиксатора *11*. При повороте фиксатора *11* по часовой стрелке поворачивается вал *13* и закрепленный на нем рычаг *15*. Пластина *17* вводится в паз диска *1*. При этом зуб фиксатора *11* выходит из паза в блок-замке *4* и позволяет выполнить включение привода разъединителя. Одновременно положением пластины *17* в пазу диска *1* осуществляется запрет включения выключателя при любом промежуточном положении привода разъединителя.

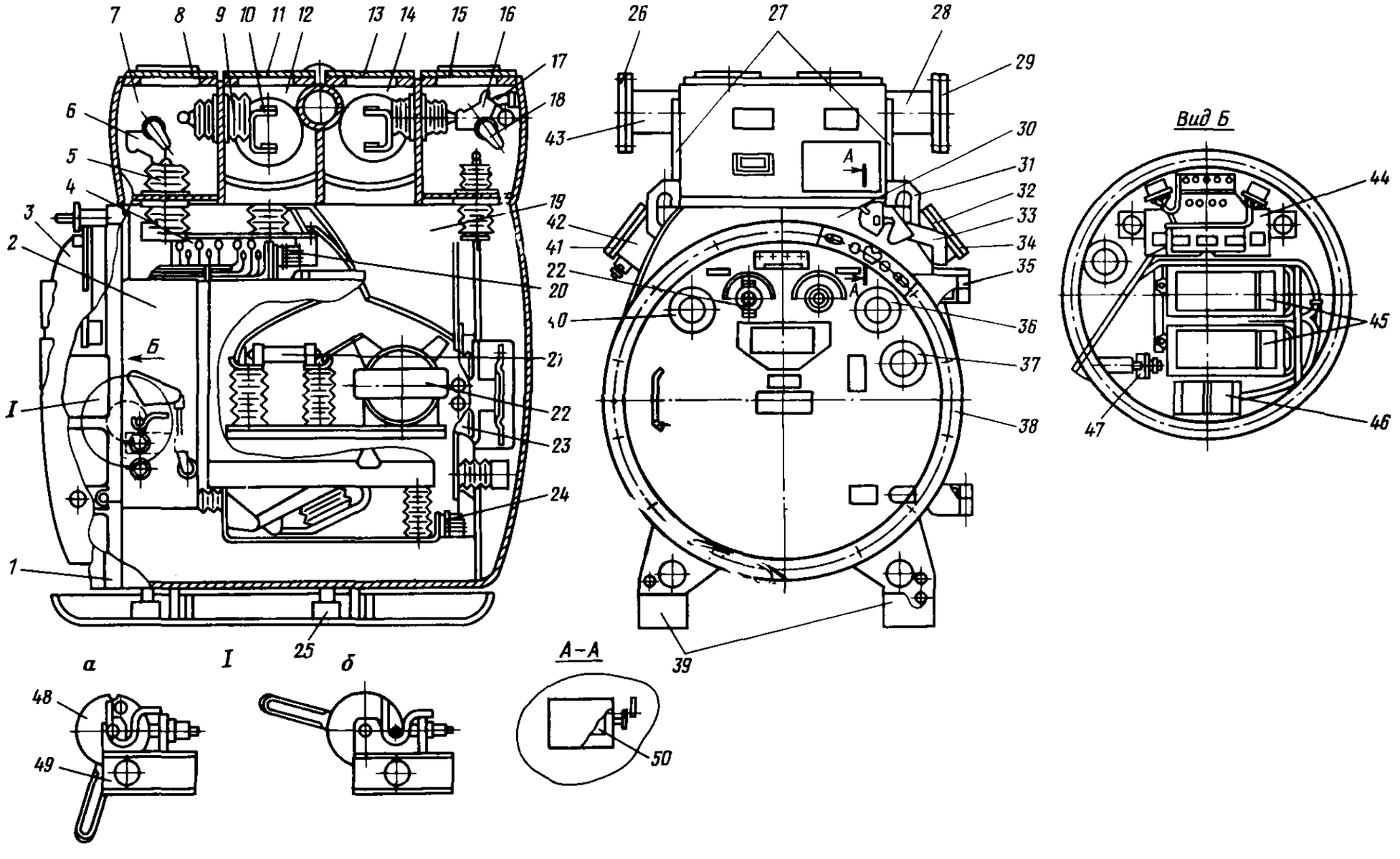

7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
1
2
3
4
5
6
Б
I
А
А-А
Вид Б
а
б

Рис. 7.7. Шкаф КРУВ-6;

1 — взрывонепроницаемый корпус; *2* — выключатель; *3* — дверь камеры выключателя; *4* — проходные зажимы цепей вторичной коммутации; *5, 9* — проходные изоляторы; *6, 18* — разъединители; *7, 16* — камеры разъединителей; *8, 11, 13 15* — крышки камер вводов и разъединителей; *10* — присоединительные зажимы; *12, 14* — вводные камеры; *17* — контакты для закорачивания и заземления отходящего присоединения; *19* — камера выключателя; *20, 24* — штепсельные разъемы; *21* — высоковольтный предохранитель; *22* — трансформатор напряжения; *23* — трансформаторы тока; *25* — винтовые домкраты; *26, 29* — крышки; *27* — фланцы; *28, 43* — трубы вводов; *30* — крышка разъединителя; *31* — проушина; *32, 41* — крышки коробок вторичных цепей; *33* — фиксатор блокировки разъединителя; *34, 42* — коробки вторичных цепей; *35* — шарнир; *36, 37, 40* — смотровые окна; *38* — блокировочное кольцо двери; *39* — салазки; *44* — панель управления; *45* — релейные блоки; *46* — панель максимальных токовых реле; *47* — вилка привода ручного включения выключателя; *48* — эксцентриковый фиксатор; *49* — направляющие выключателя; *50* — разъединитель вторичных цепей; *а* — выключатель находится в корпусе, но не зафиксирован в крайнем положении; *б* — выключатель зафиксирован в корпусе

При включенном выключателе блокировочный диск *1*, связанный с приводом выключателя через скобу *18* и палец *12*, повернется по стрелке и заблокирует поворот рычага *15* вала *13* и фиксатора *11*. Блок-замок *4*, соединенный с валом *14* привода разъединителей кулачковой муфтой *10*, будет замкнут зубом фиксатора *11* и поворот вала *14* будет невозможен.

При включенных разъединителях диск блок-замка *4* входит в вырез накладки *5* и препятствует смещению кольца *3*. Доступ к болтам, прикрытым кольцом *3*, возможен только при отключенных разъединителях. В этом случае диск на блок-замке *4* развернут так, что против выреза в накладке *5* находится его сегментный срез.

На верхнем шарнире двери приварен сектор *2*, который поворачивается вокруг оси вместе с дверью и при открывании ее блокирует поворот фиксатора *11*. Этим исключается возможность включения разъединителей при открытой двери. После закрытия двери блок-замок *4* остается заблокированным накладкой *5*, пока не будут закручены болты *8* и не возвращено в начальное положение кольцо *3*.

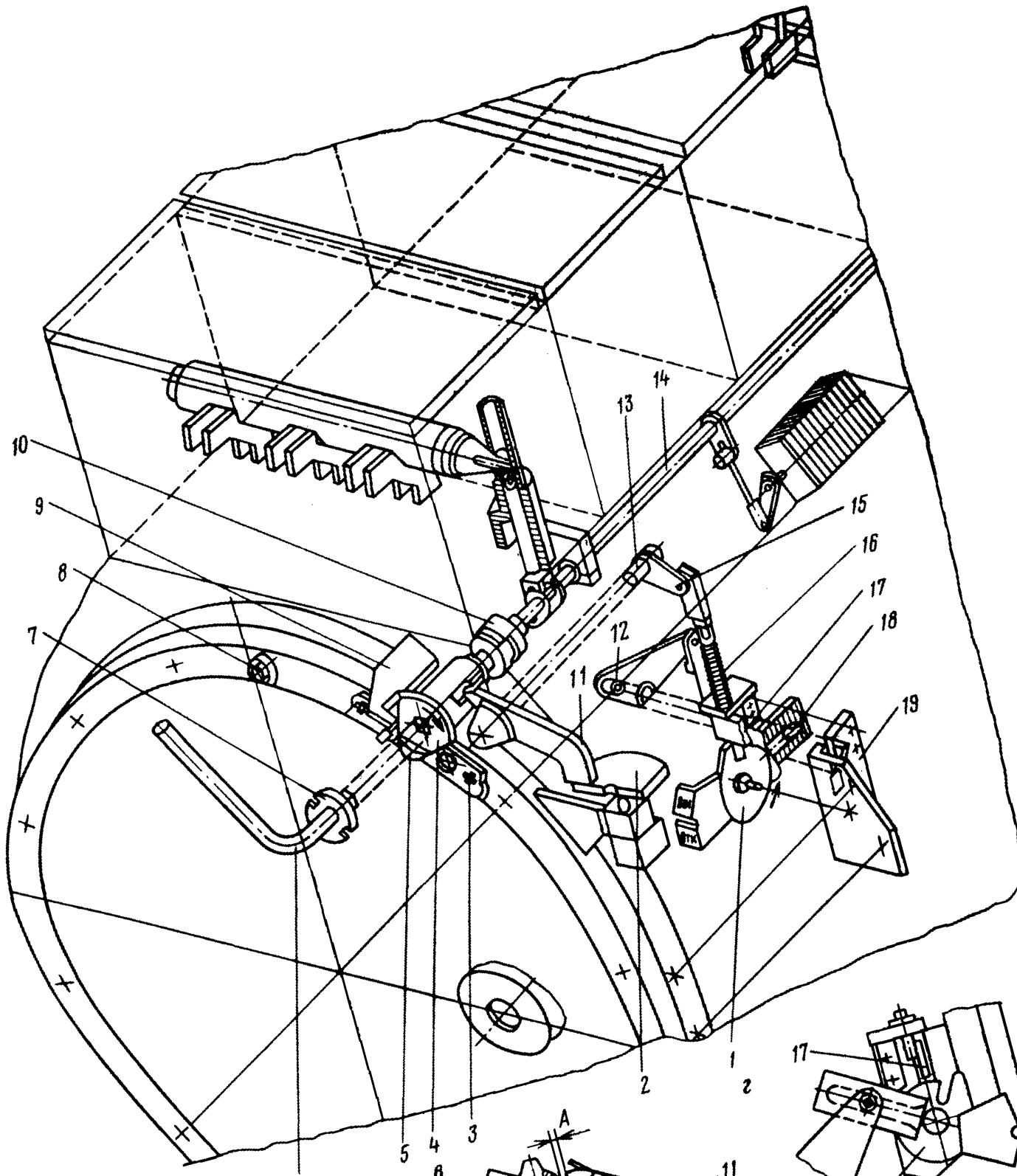
При РНИ шкафов КРУВ-6 необходимо руководствоваться указаниями разд. 3. В дополнение произвести следующее:

1) проверить выставку шкафов (допускается наклон в любую сторону $\leqslant 15°$) и правильность их жесткой комплектации, плотность прилегания стыкующихся поверхностей, комплектность крепежа двери шкафа и всех его крышек, исправность защитных стекол, наличие предупредительных надписей, заводских табличек, состояние защитных антикоррозионных покрытий;

2) выполнить ревизию кабельных вводов и шинных камер согласно указаниям разд. 3.7 при полном снятии напряжения с секции (подстанции) и после принятия достаточных мер против случайной подачи напряжения на рабочее место.

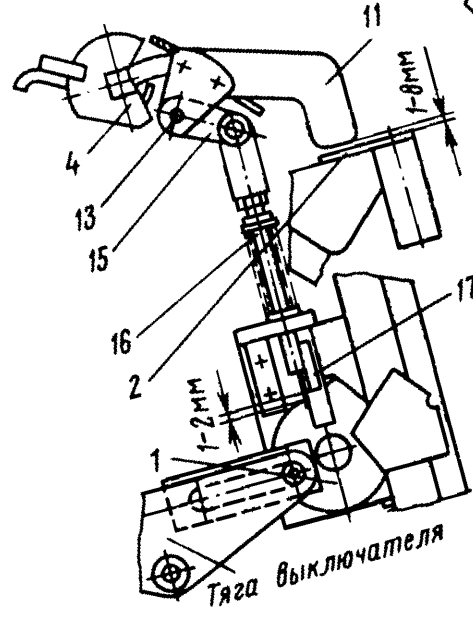
Жилы кабеля в коробках кабельных вводов не должны касаться друг друга и стенок корпуса. Минимальное расстояние от жилы кабеля до стенки должно быть $\geqslant 60$ мм. Разделка кабелей должна отвечать требованиям разд. 3.10. При проверке шинных

а



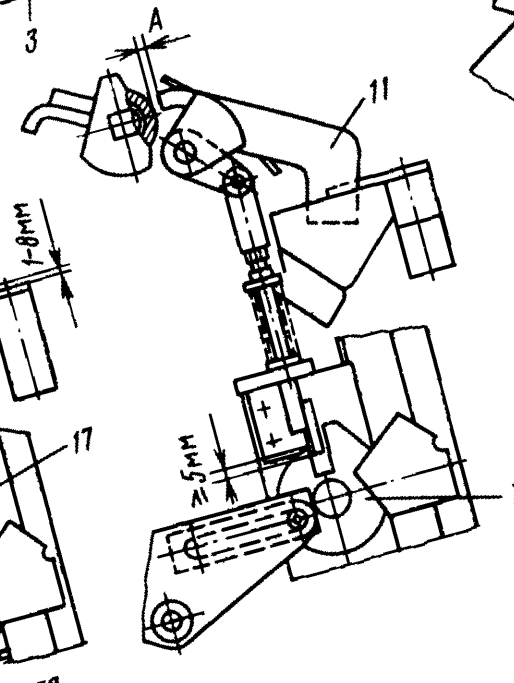
г

б



Тяга выключателя

в



д

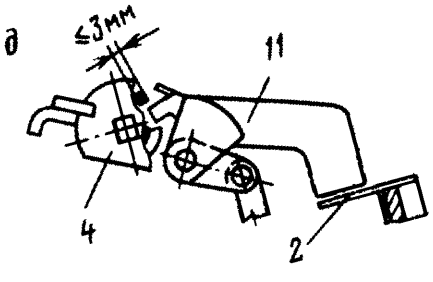


Рис. 7.8. Кинематическая схема:

а — блокировочного комплекса; *б—д* — положения блокировочного комплекса: привод разъединителей зафиксирован, выключатель отключен (*б*); привод разъединителей расфиксирован, выключатель отключен и зафиксирован (*в*); привод разъединителей зафиксирован, выключатель включен (*г*); дверь шкафа открыта, разъединители отключены и зафиксированы (*д*)

камер обратить внимание на состояние изоляции соединительного одножильного кабеля марки КОВГ, рассчитанного на длительное прохождение тока 630 А. Следить, чтобы оболочки этих кабелей не были повреждены. Запрещается замена их отрезками кабелей других марок. Торцы и боковые поверхности соединительных патрубков не должны иметь острых кромок и заусенцев. Выполнить обтяжку контактов силовых цепей и крепления изоляторов;

3) осмотреть блокировочный комплекс, проверить затяжку резьбовых соединений, наличие шайб и шплинтов, фиксирующих подвижные части, осмотреть трущиеся поверхности блокировочного комплекса;

4) проверить установку и снятие рукоятки включения *6* (рис. 7.8, *а*) в приемное гнездо блок-замка *4* (разрешается выполнять только в крайних положениях привода разъединителей). При включенном разъединителе кольцо *3* должно быть заблокировано диском блок-замка *4* в положении, когда доступ к болтам на двери камеры невозможен. Зуб фиксатора *11* должен свободно входить в паз блок-замка *4* и упираться в его втулку. При этом между сектором *2* и задним концом фиксатора *11* (рис. 7.8, *б*) должен быть зазор 1—8 мм. Если это условие не выполняется (зазор $>$8 мм) или имеется зазор между зубом фиксатора *11* и втулкой блок-замка *4*, то необходимо проверить невозможность расфиксирования привода разъединителей при открытой двери камеры выключателя.

При включенном выключателе убедиться, что зуб фиксатора *11* нельзя вывести из паза блок-замка *4* и нельзя повернуть вал разъединителя.

Отключить выключатель и разъединители, сдвинуть кольцо и проверить невозможность включения при этом привода разъединителей.

Открыть дверь камеры выключателя и при отключенном и зафиксированном приводе разъединителей проверить наличие зазора 1—2 мм между нижней кромкой пластины *17* и диском *1* (рис. 7.8, *г*). Повернуть фиксатор *11* до упора в сегмент *2*. Зазор между зубом фиксатора *11* и втулкой блок-замка *4* должен быть $\leqslant$3 мм (рис. 7.8, *д*).

Закрыть дверь камеры, разблокировать привод разъединителя и убедиться в наличии зазора *А* между зубом фиксатора *11* и втулкой блок-замка *4* (рис. 7.8, *в*).

Проверить работу механического указателя положения выключателя при включении и отключении.

7.3.3. Разъединители

Шкаф КРУВ-6 любого исполнения содержит два разъединителя силовых цепей с общим приводным валом, размещенных в изолированных взрывозащищенных камерах.

Разъединители смонтированы в камерах *4*, *5* (см. рис. 7.7). Пластмассовый вал *5* (рис. 7.9) разъединителя установлен в камере на двух регулируемых конусных опорах *4*. В пазах вала *5* укреплены подвижные контакты *2*. Контактное нажатие осуществляется пружинами *3*. Неподвижными контактами служат сферические головки штырей проходных изоляторов *1* (или см. рис. 7.7, поз. *5*).

В колонке *10* (см. рис. 7.9) помещен толкатель *11*, на верхнем конце которого имеется сухарь *9* с пальцем *8*. Палец введен в паз рычага *7*, закрепленного на валу *5*. Внизу толкателя *11* имеется система шарнирно связанных рычагов *12* и *13*. Рычаг *13* жестко закреплен на валу *14* привода разъединителей. Вал *14* закреплен внутри камеры выключателя на двух подшипниках скольжения. Для переключения разъединителя из одного крайнего положения в другое нужно вал *14* повернуть на 150°. Этому будет соответствовать поворот вала *5* на 90°.

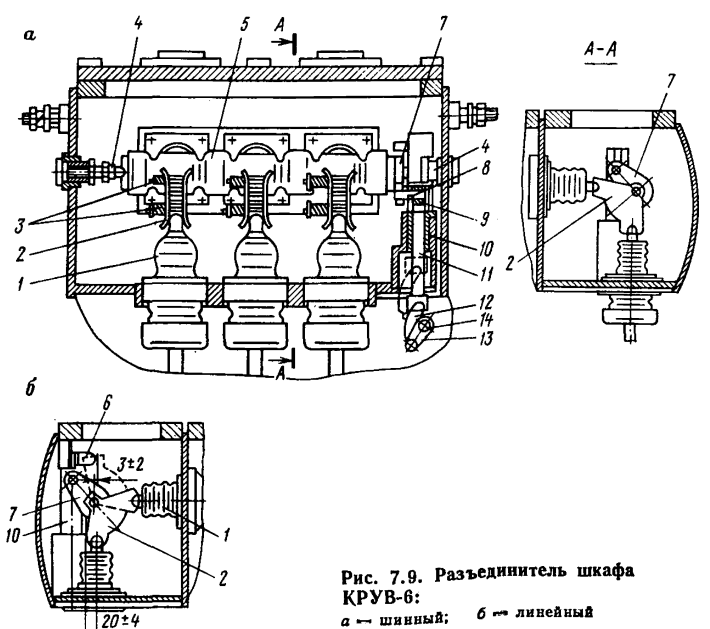


Рис. 7.9. Разъединитель шкафа КРУВ-6:
а — шинный; *б* — линейный

В шкафах отходящих присоединений исполнения ОП и ОТ линейный разъединитель имеет короткозамыкатель с заземляющими неподвижными контактами *6*. Вследствие этого применение шкафов исполнения ОП и ОТ в кольцевых цепях, где возможна обратная подача напряжения, недопустимо.

При РНИ разъединителей необходимо руководствоваться указаниями разд. 3 и дополнительно произвести следующее:

1) проверить исправность изоляторов и пластмассовых валов, не допускать их работы при наличии сколов, трещин, следов перекрытия изоляции и образования токопроводящих мостиков;

2) проверить состояние подвижных и неподвижных контактов, очистить их от загустевшей смазки и загрязнений. При периодической РНИ проверить отсутствие следов подгорания и перегрева контактов. Проверить состояние контактных пружин и их шплинтовку. Покрыть контакты тонким слоем консистентной смазки;

3) для проверки работоспособности разъединителей вкатить выключатель в камеру и зафиксировать его в рабочем положении. Закрыть дверь камеры выключателя. Разблокировать замок и выполнить несколько циклов В—О разъединителей. Обратить внимание на соосность подвижных и неподвижных контактов и плавность их замыкания. При необходимости выполнить регулировку соосности контактов перемещением вала *5* на конических опорах *4*. Осевой люфт вала *5* не должен превышать 1 мм. Вращение вала должно быть свободным, без заедания. Выставленное положение опор *4* зафиксировать контргайками.

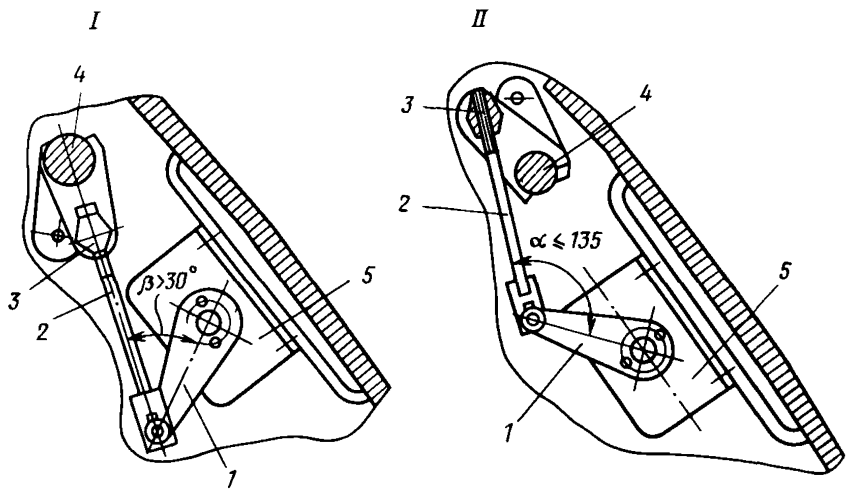


Рис. 7.10. Регулировка привода КСА разъединителей:

1 — рычаг; *2* — тяга; *3* — гайка; *4* — вал привода разъединителей; *5* — блок КСА. *I*, *II* — положения привода КСА при отключенных и включенных разъединителях соответственно

При фиксированном включенном положении разъединителей проверить правильность замыкания контактов. Если указанное на рис. 7.9 условие (20 ± 4 мм) не выполняется, необходимо выполнить регулировку, изменяя длину толкателя *11*;

4) в шкафах исполнения ОП и ОТ при фиксированном отключенном положении разъединителей проверить надежность замыкания контактов линейного разъединителя с заземляющими контактами *6*. Если условие, указанное на чертеже для расстояния между положением оси вала *5* и контактов *6*, не выполняется, то произвести регулировку, изменяя число шайб под контактами *6*;

5) заменить смазку подвижных частей привода и проверить плавность его работы;

6) проверить работу КСА. Положение привода в отключенном и включенном положениях разъединителей должно соответствовать показанному на рис. 7.10. При необходимости отрегулировать путем изменения длины тяги *2*, вкручивая ее в гайку *3*.

7.3.4. Воздушный выключатель ВЭВ-6

Воздушный выключатель ВЭВ-6-16/630-ХЛ5 со встроенным соленоидно-пружинным приводом, разработанный ВНИИВЭ, изготовляется Константиновским заводом высоковольтной аппаратуры в четырех исполнениях. В вводных и секционных шкафах КРУВ-6 применяются выключатели исполнения 1 (1ХЛ5), шкафах отходящих присоединений ОП и ОТ — исполнения 2 (2ХЛ5), в шкафах КРУРН-6—исполнений 3 и 4.

По техническим параметрам и устройству выключатели всех исполнений в основном идентичны. Ниже описаны устройство и принцип действия выключателя исполнения 1 и указаны отличительные особенности выключателей других исполнений.

Техническая характеристика выключателя ВЭВ-6

Напряжение, кВ:	
номинальное	6
наибольшее рабочее	7,2
Номинальный ток:	
при частоте 50 Гц, А	630
отключения, кА	16
включения (амплитудное значение), кА	41
Предельный ток:	
сквозной (амплитудное значение), кА	41
термической устойчивости (четырехсекундный), кА	16
Мощность отключения, мВ·А	200
Наибольшее допустимое число отключений номинального тока отключения КРУ (9,6 кА) без осмотра	10
Максимальное время отключения (до погасания дуги), с	0,11
Масса, кг	240
Габаритные размеры, мм	1012×677×785

Конструкция выключателя ВЭВ-6 с приводом показана на рис. 7.11. Рама привода выключателя с боковыми швеллерами *2*, *10* образует шасси-тележку выключателя. Пространственное по-

ложение швеллеров фиксируется планками-растяжками *22*. Для жесткости конструкции между боковыми швеллерами на их конце установлена изоляционная труба-распорка *9*. На шасси имеется четыре направляющих ролика *3* для облегчения передвижения шасси и центрирования выключателя в шкафу. В корпусе выключателя размещены три полюса *12*.

В конструкции выключателей исполнения 3 и 4 изменены место расположения направляющих роликов и их профиль.

Полюс выключателя *12* смонтирован на шасси-тележке. Он состоит из узлов подвижного и неподвижного контактов, ошиновки, входного *6* и выходного *11* силовых розеточных контактов. Узлы подвижного и неподвижного контактов крепятся к плите полюса *38* на изоляторах *37* типа ОФР-10-750-У3.

Узел подвижного контакта смонтирован на П-образном главном контакте *32*. На главном контакте смонтированы дугогасительный подвижный контакт *29* со вставкой *28* из газогенерирующего пластика, пневматическое устройство *34*, вспомогательные контактные ножи *27* отделителя. Главный подвижный контакт закреплен на опорном изоляторе *37* и соединен с ошиновкой полюса гибкой связью *35*. Передача тягового усилия от вала *39* выключателя к подвижному контакту осуществляется рычагом *40* и изоляционной тягой *36*.

В выключателях исполнения 2 и 4 на главном подвижном контакте дополнительно закреплен нож короткозамыкателя.

Пневматическое устройство выключателя ВЭВ-6 (рис. 7.12) представляет собой воздушную камеру с изменяющимся объемом. Она образована гофрированной резиновой трубой *8*, фланцем *9* и крышкой *7*. Сборка выполнена с помощью винтов *1*, *6* и *4*. На фланце *9* установлено сопло *10*. Внутри камеры имеется возвратная пружина *2*, которая одним концом закреплена на фланце *9*, а другим — с помощью диска *5* соединена с крышкой *7*. Между крышкой *7* и соплом *10* установлена ограничительная и направляющая скоба *3*.

Пневматическое устройство винтами *1* крепится к скобе главного контакта. Винтами *4* к пневматическому устройству присоединяются ножи отделителя.

Узел неподвижного дугогасительного контакта смонтирован на П-образной скобе *23* (см. рис. 7.11), которая крепится к полюсу так, что прямого гальванического контакта между ними нет. Узел состоит из держателя *16* с возвратной пружиной *17* и дугогасительного контакта *18*. Дугогасительный контакт двумя гибкими связями *19* соединен с главным неподвижным контактом *20*.

Главный неподвижный контакт *20* закреплен на шине *15*. Он состоит из двух пар контактных губок с металлокерамическими напайками, собранных на контактодержателе *21*.

Каждый полюс в сборе крепится к раме привода. Для крепления ошиновки входных и выходных цепей выключателя используют опорные изоляторы *14* и *31* марки ИОР-6-250-035. При этом для

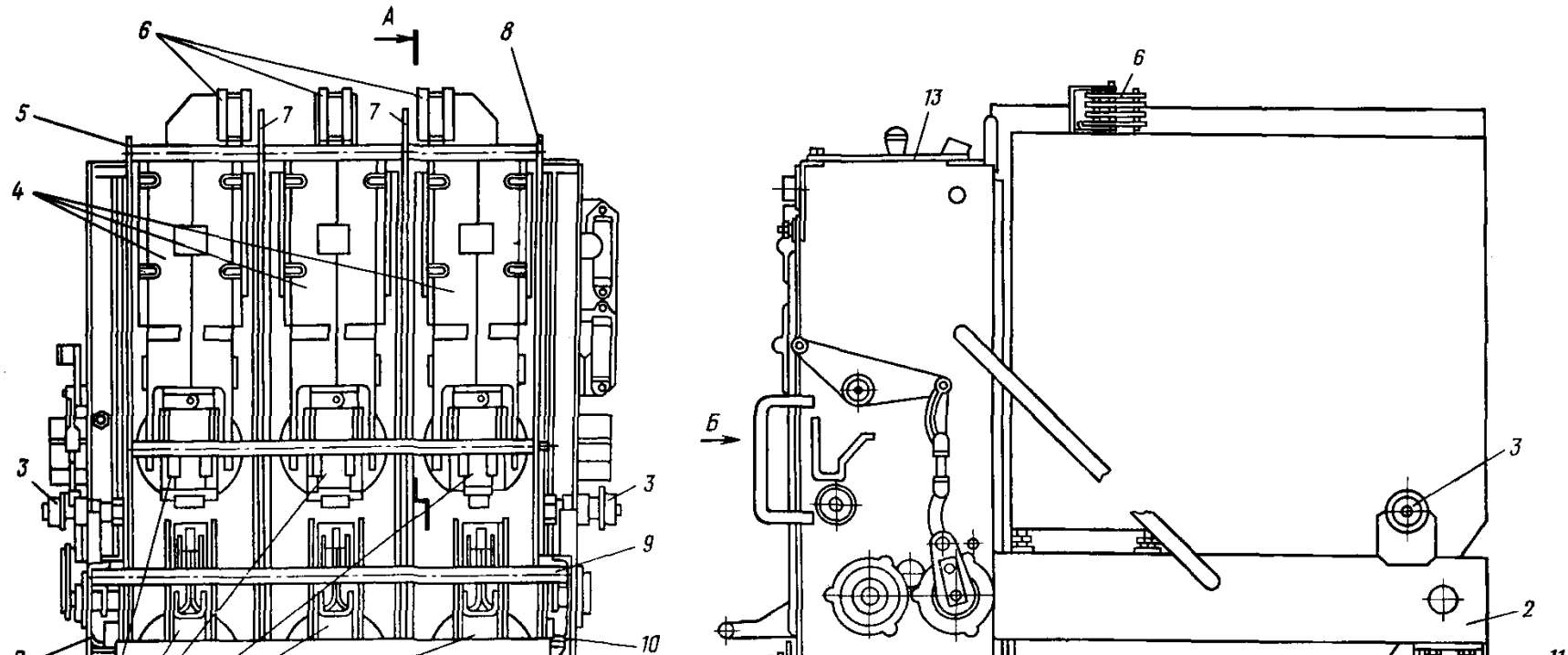


Рис. 7.11. Выключатель ВЭВ-6 с приводом:

1 — рама привода; *2, 10* — швеллер; *3* — ролик; *4* — камера дугогашения; *6, 8* — экран; *6* — входные розеточные контакты; *7* — междуфазная перегородка; *9* — труба-распорка изоляционная; *11* — выходные розеточные контакты; *12* — полюс выключателя; *13* — крышка; *14, 31, 37* — изолятор; *15* — шина; *16* — контактодержатель; *17* — пружина возвратная; *18* — контакт неподвижный дугогасительный; *19, 35* — гибкая связь; *20* — контакт неподвижный главный (ламель); *21* — контактодержатель главного контакта; *22* — планка-растяжка; *23* — скоба; *24* — винт; *25* — подставка изолирующая; *26* — винт регулировочный; *27* — нож отделителя; *28* — вставка из газогенерирующего пластика; *29* — контакт подвижный дугогасящий; *30* — панель изоляционная; *32* — контакт подвижный главный; *33* — пружина демпферная; *34* — пневматическое устройство; *36* — тяга изоляционная; *38* — плита полюса; *39* — вал привода; *40* — рычаг; *41* — замок отключения; *42* — кулачок профильный; *43* — рычаг; *44, 45* — пружина; *46, 49* — винт регулировочный; *47* — молот; *48* — рычаг; *50* — пружина; *51* — собачка; *52* — пружина; *53* — пружина отключающая; *54* — электромагнит отключения; *55* — тяга; *56* — блок питания электромагнита взведения; *57* — крышка; *58* — реле максимальное токовое; *59* — проушина; *60* — реле минимальной защиты; *61* — местная кнопка «Отключение»; *62* — счетчик циклов В—О; далее наименование поз. см. на кинематической схеме привода, рис. 7.15

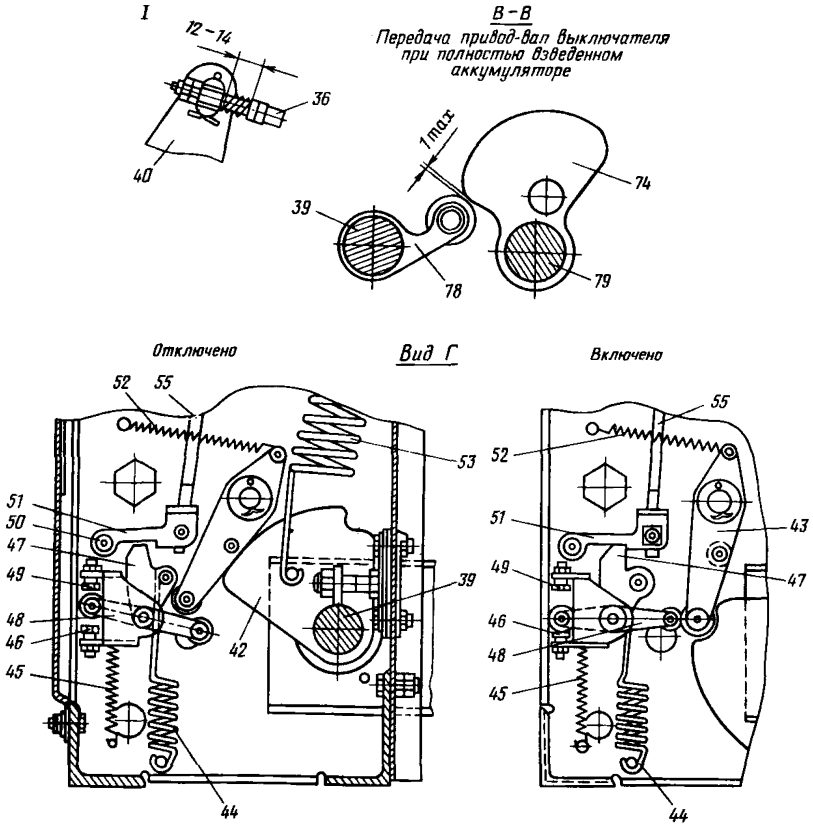


Рис. 7.11. (Продолжение)

крепления входных шинок дополнительно применяют изолирующие подставки *25*, а изоляторы выходных цепей крепят на изоляционной панели *30*. В выключателях исполнения 2 и 4 вместо панели *30* установлена панель короткозамыкателя.

На шасси выключателя крепится блок стеклоэпоксидных межполюсных перегородок *7* и изолирующих экранов *5* и *8*. На каждом полюсе установлена камера дугогашения *4*.

Камера дугогашения (рис. 7.13) имеет две стеклоэпоксидные щеки *1* и *7*, образующие разъемный корпус. Внутри корпуса в верхней части помещен чередующийся набор керамических плиток *13*, *14* с уплотнением из негорючего стеклошнура. Пакет керамических плиток с обеих сторон сжимается асбоцементными плитками *2*, *12* посредством винтов *3*. Между плитками пакета образуются узкие щели, в которые должна затягиваться дуга.

В нижней части пакета между плитками через одну щель вложены вспомогательные дугогасительные рога. Крайние из них

имеют гибкую связь с главными дугогасительными рогами *15* и с одним из выводов катушек магнитного дутья *4* или *10*. Второй вывод катушки *10* подключен к контактным губкам *9*, а катушки *4* — к задним контактным губкам *5*. При установке камеры на полюс выключателя передние контактные губки *9* передней катушки магнитного дутья *10* подключаются к неподвижному контакту полюса выключателя, а контакты *5* задней катушки магнитного дутья *4* выполняют роль неподвижных контактов отделителя.

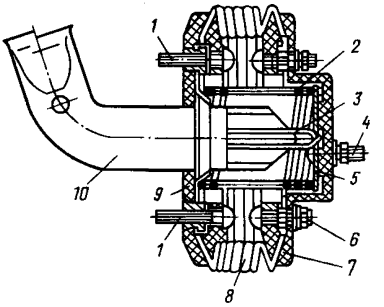


Рис. 7.12. Пневматическое устройство выключателя ВЭВ-6

В нижней части камеры закреплены направляющие керамические щеки *6* и керамические вкладыши *8*. Между щеками *6* размещены главные дугогасящие рога *15*. Щеки и вкладыши формируют дугу и защищают корпус камеры от ее высокотемпературного воздействия.

На торце передней части камеры имеется втулка *11* с резьбой для крепления камеры, а на полюсе — невыпадающий подпружиненный винт *24* (см. рис. 7.11), при помощи которого фиксируется камера, установленная на свое посадочное место. Для регу-

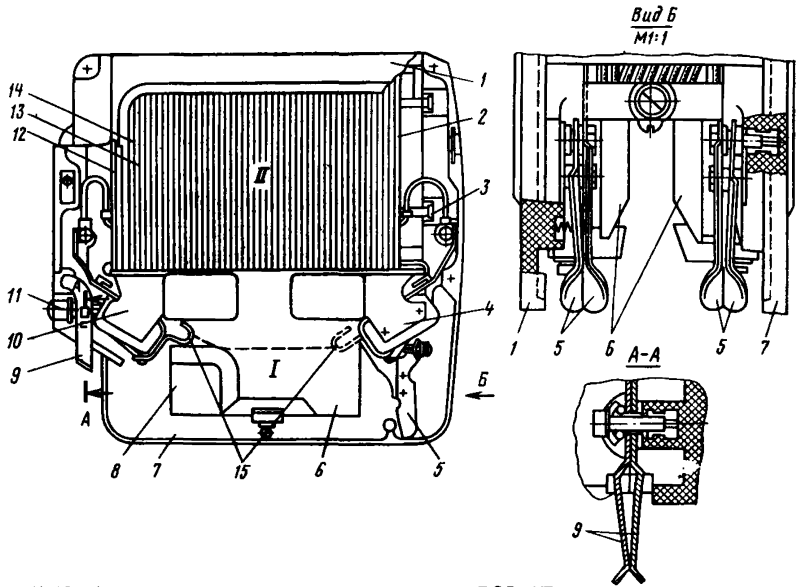


Рис. 7.13. Камера дугогашения выключателя ВЭВ-6Г:
I — зона возникновения электрической дуги; *II* — зона гашения электрической дуги.

лировки положения камеры дугогашения относительно контактной системы полюса выключателя используются винты *26*.

При включении выключателя в начальной стадии углового перемещения подвижных контактов ножи *27* отделителя замыкаются с неподвижными контактами на камере дугогашения и останавливаются. Главный контакт, продолжая движение, растягивает пневматическое устройство *34* и подготавливает его к отключению выключателя.

Далее в работу включаются дугогасительные контакты. Они замыкают цепь нагрузки и воспринимают термическое действие образующейся при этом дуги. На заключительной стадии замыкаются главные контакты выключателя. При правильной регулировке выключателя образование дуги на главных контактах не происходит.

При отключении сразу после освобождения вала *39* выключателя перемещение подвижных частей контактной системы осуществляется под действием отключающей пружины *53*, а также возвратных пружин дугогасящих контактов и пружин *2* пневматических устройств (см. рис. 7.12). Первыми размыкаются главные контакты выключателя, но они зашунтированы дугогасящими контактами и дуга на них не возникает. Образующаяся при размыкании дугогасящих контактов электрическая дуга под действием собственных электродинамических сил и струи воздуха из сопла пневматического устройства перемещается вверх. В зоне предварительного растягивания дуга переходит на главные дугогасящие рога *15* (см. рис. 7.13) и включает катушки магнитного дутья *10* и *4*. В этот момент главные и дугогасящие контакты уже зашунтированы. Ток протекает по цепи: неподвижный контакт полюса выключателя, контакты камеры дугогашения, катушка *10* передней системы магнитного дутья, электрическая дуга между рогами *15*, задняя катушка *4* системы магнитного дутья, контакты *5* камеры дугогашения, подвижные контакты отделителя, подвижный контакт полюса выключателя. Ток дуги, проходя по виткам катушек, возбуждает электромагнитное поле, под действием которого дуга втягивается в зону гашения. Установленные на концах керамических плиток вспомогательные дугогасящие рога *15* разделяют дугу на отдельные отрезки, каждый из которых, двигаясь по противоположным концам смежных вспомогательных рогов, затягивается в узкую щель между плитками, сильно увеличивается по длине и приобретает форму витка. Все витки в совокупности образуют дуговой соленоид, магнитное поле которого еще более растягивает витки дуги. Вследствие этого, а также интенсивного охлаждения от соприкосновения со стенками щелей дуга при переходе через нуль тока гаснет. В момент гашения активное сопротивление дуги преобладает над индуктивным и емкостным сопротивлениями цепи, поэтому смещение по фазе тока и напряжения будет небольшим и соответственно небольшими будут восстанавливающее напряжение вблизи перехода тока че-

рез нуль и вероятность повторного зажигания дуги. Разрыв цепи отделителем между выводом выключателя и контактными губками задней системы искрогашения должен происходить при погашенной дуге.

Принятый принцип гашения дуги накладывает ограничения на верхний и нижний пределы скорости подвижных частей в момент размыкания дугогасящих контактов. Если она окажется существенно больше верхнего предела, то дугогасительная камера может не включиться в работу (дуга не успеет перебросится на главные рога дугогасительной камеры). В этом случае создаются условия для многократного повторного зажигания дуги и развития аварии на выключателе.

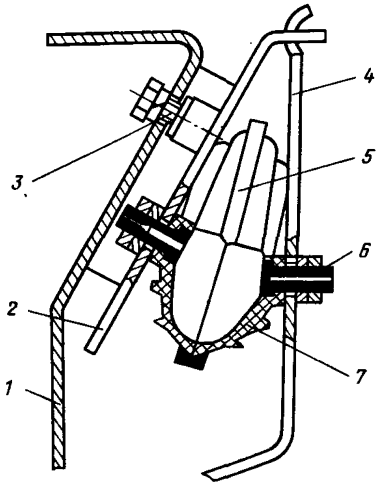


Рис. 7.14. Буфер-замедлитель

При замедленной скорости подвижных частей снижается надежность размыкания дугогасящих контактов, значительно возрастают их нагрев и испарение металла с их поверхности, что также может привести к развитию аварии.

При токах, не превышающих нескольких процентов от номинального тока отключения, процесс отключения может происходить без включения дугогасящих катушек.

Замедление скорости подвижных частей при отключении осуществляется посредством воздушного буфера-замедлителя.

Буфер-замедлитель (рис. 7.14) представляет собой воздушную камеру, которая состоит из двух резиновых полусфер *7*, соединенных между собой и опрессованных металлическим кольцом *5*. Ниппелями *6* внутренняя полость камеры через малые отверстия соединяется с атмосферой. Посредством ниппелей камера присоединяется к щекам *4* и *2*, которые с одной стороны соединены в замок и могут совершать угловые перемещения друг относительно друга. Буфер-замедлитель в сборе двумя винтами *3* крепится к кронштейну *1* на раме привода.

7.3.5. Привод выключателя ВЭВ-6

Встроенный соленоидно-пружинный привод выключателя ВЭВ-6 осуществляет дистанционное, местное и ручное оперативное управление выключателем, а также автоматическое отключение его от действия защит. Предусмотрена возможность работы привода в режиме АПВ (вводных и отходящих присоединений) или АВР (секционные).

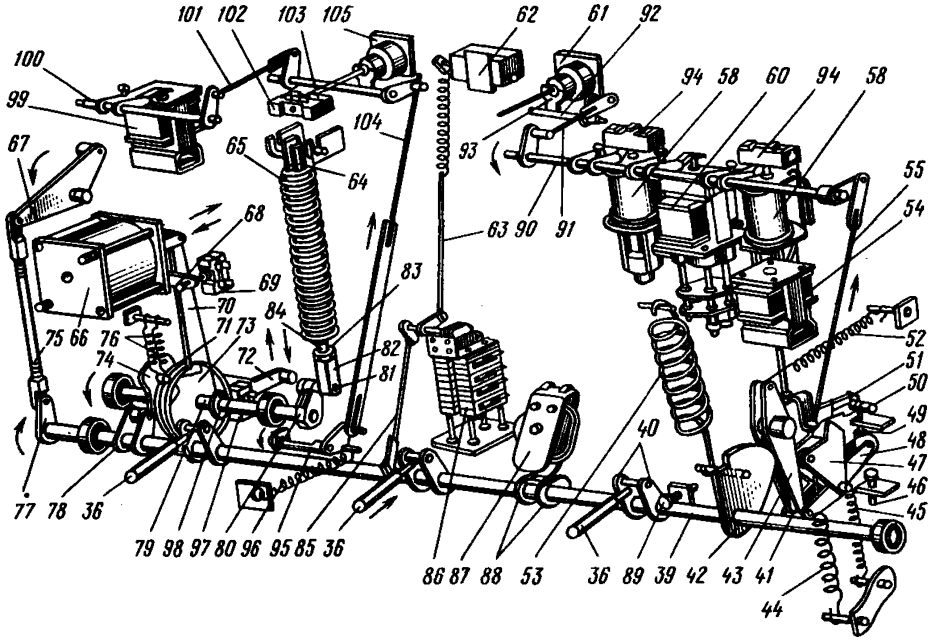


Рис. 7.15. Кинематическая схема привода выключателя ВЭВ-6 (позиции *1—62* см. на рис. 7.11):

63 — тяга; *64* — стакан; *65* — пружина аккумуляторная; *66* — электромагнит взведения; *67* — рычаг блокировочный; *68* — винт регулировочный; *69* — переключающий контакт; *70, 72* — рычаг; *71* — муфта обгона; *73* — звездочка; *74* — кулачок профильный; *75* — тяга; *76* — пружины; *77, 78* — рычаг; *79* — вал заводного устройства; *80* — рычаг; *81* — ось; *82* — серьга; *83* — контргайка; *84* — шток; *85* — тяга; *86* — командно-сигнальный аппарат; *87* — воздушный демпфер; *88* — рычаг; *89* — болт регулировочный; *90* — валик релейный; *91* — тяга; *92* — валик; *93* — планка; *94* — микропереключатель; *95* — замок включения (валик замка включения); *96* — пружина; *97* — блок-контакт; *98* — кулачковый переключатель; *99* — электромагнит включения; *100* — валик релейный; *101* — тяга; *102* — блок-контакт; *103* — валик релейный; *104* — тяга; *105* — местная кнопка «Включение»

Привод выключателя (рис. 7.15, поз. до *63* см. на рис. 7.11) состоит из электромагнита взведения *66*, муфты обгона *71*, пружинного аккумулятора *65*, замка отключения *41*, вала *39* привода, устройства управления и защиты.

Привод смонтирован на сварном корпусе (раме *1*, см. рис. 7.11), который сверху и спереди закрывается съемными крышками *13* и *57*.

Электромагнит взведения (рис. 7.16) служит для заводки пружинного аккумулятора. Он состоит из катушки *4*, сердечника *3* и контрполюса *5*, которые заключены между фланцами *2* и *6*, стянутых шпильками *7* и *9*. Контрполюс *5* прикреплен неподвижно к фланцу *6*. Сердечник *3* может совершать возвратно-поступательные движения, ограниченные с одной стороны контрполюсом *5*, а с другой — демпферным устройством, которое состоит из двух стальных подковообразных пластин *8* и *1* с резиновой прокладкой *12* между ними, закрепленных на фланце *2* с помощью четырех колонок *11* и шпилек *10*. На сердечнике шарнирно закреплена серьга *13* для присоединения электромагнита к заводному устройству.

На фланце *2* закреплен кронштейн с переключающим контактом *69* (см. рис. 7.15) электромагнита взведения. Толкатель *68* (регулировочный винт), который переключает блок-контакт *69*, закреплен на рычаге *70* заводного устройства.

Заводное устройство привода состоит из муфты обгона *71* с двумя обоймами движения и двумя возвратными пружинами *76*. Рычаг *72* правой обоймы муфты обгона входит в зацепление с вилкой привода ручного включения на двери камеры выключателя. Вторая (левая) обойма рычагом *70* шарнирно соединяется с сердечником электромагнита взведения. Тяговое усилие от обойм движения к звездочке *73* муфты обгона передается путем заклинивания цилиндрических роликов в пазах звездочки. Для уменьшения пробуксовки при заклинивании в звездочке против каждого ролика установлено прижимное устройство (толкатель с пружиной). Звездочка муфты обгона посажена на вал *79* заводного устройства. С этим валом жестко связан рычаг *80*, которым заводное устройство присоединяется к пружинному аккумулятору,

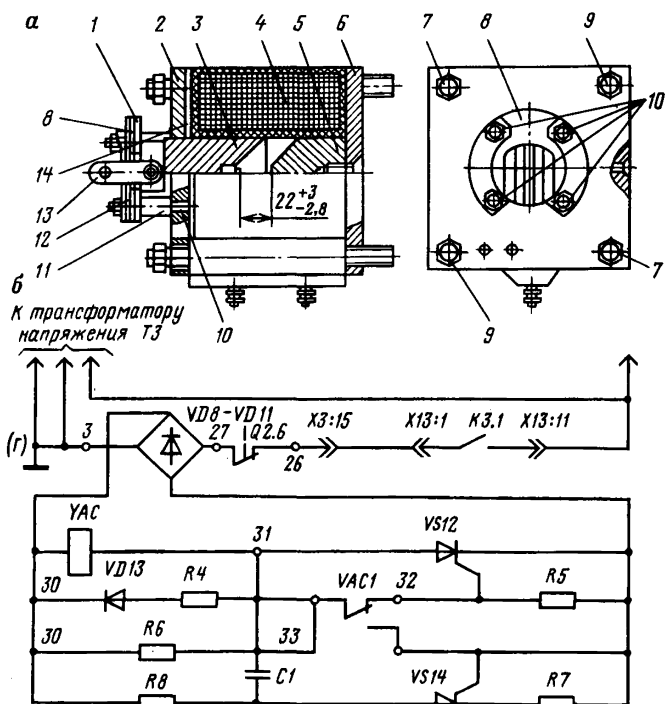


Рис. 7.16. Электромагнит взведения (*а*) и схема управления электромагнитом (*б*)

и кулачок *74*, через который усилие пружинного аккумулятора передается на вал *39* выключателя.

Пружинный аккумулятор состоит из полого стального цилиндра *64*, внутрь которого введен шток *84*, и рабочей спиральной пружины *65*, надетой на цилиндр. Одним концом пружина опирается на шток, а другим — на бортик цилиндра. Цилиндр подвешен к раме привода, а шток присоединен к заводному устройству. При движении штока вниз пружина сжимается.

Замок отключения фиксирует вал выключателя во включенном положении и обеспечивает отключение выключателя от действия защит и органов управления. Основу замка отключения (см. рис. 7.11, вид *Г*) составляют профильный кулачок *42* на валу выключателя и два рычага *43* и *48*, с помощью которых вал *39* замыкается во включенном положении. Диапазон возможных угловых перемещений рычага *48* задается регулировочными винтами *46* и *49*. На рычаге *48* имеются два ролика: опорный (передний) и запирающий (задний). На общей оси вращения совместно с рычагом *48* шарнирно закреплен молот *47*, который входит в зацепление с зубом собачки *51* и фиксирует замок во включенном положении. Зацепление молота с зубом собачки регулируется винтом *49* и тягой *55*. Постоянная готовность к работе замка отключения обеспечивается пружинами *44*, *45*, *50* и *52*.

Встроенные прямого действия реле максимальной токовой *58* (см. рис. 7.11 и 7.15) и минимальной *60* защит, а также местная кнопка *61* смонтированы на верхней доске рамы привода. Органы управления и защиты воздействуют на собачку *51* замка отключения через передачу, образованную валиками *90*, *92* и тягами *55*, *91*. Непосредственно на собачку *51* воздействует электромагнит отключения *54*, который закреплен на левой боковой стенке рамы привода над замком отключения.

Справа на наружной стороне рамы привода шарнирно закреплен блокировочный рычаг *67*, который тягой *75* соединен с рычагом *77* на валу *39* выключателя. Посредством рычага *67* осуществляется связь выключателя с блокировочным комплексом КРУ и механическим указателем положения контактов выключателя.

Командно-сигнальный аппарат (КСА) *86* выключателя состоит из восьми блок-контактов типа БКМ. Он закреплен на нижней доске рамы привода четырьмя шпильками, позволяющими регулировать его пространственное положение. Кулачковый переключатель КСА шарнирно связан тягой *85* с рычагом на валу *39* выключателя, а тягой *63* — с механическим счетчиком *62* циклов В—О.

Блок питания *56* электромагнита взведения *66* состоит из полупроводникового выпрямителя, собранного на четырех диодах *VD8—VD11* типа КД 203В с тиристорно-конденсаторным переключателем (см. рис. 7.16, *б*). Переключатель выполнен на тиристорах *VS12*, *VS14* типа Т6-10-10 и конденсаторе *C1* (1000 В;

10 мкФ). Все элементы схемы блока питания заключены в пластмассовый корпус с крышкой.

Цепь диод *VD13* — резистор *R4* предназначена для гашения поля электромагнита при закрывании тиристора *VS12*. Делители напряжения на резисторах *R5—R8* предотвращают самовключение тиристоров при коммутационных перенапряжениях и ограничивают их ток управления. Резистор *R8* ограничивает ток нагрузки тиристора *VS14* и ток зарядки конденсатора *C1*.

В исходном положении выключатель *66* и электромагнит *YAC* (см. также рис. 7.15) отключены, переключающий контакт *69*, *YAC1* замкнуты на управляющий электрод тиристора *VS12*. При подаче напряжения на выпрямитель по цепи *X6.2 : 12—X13 : 11*, *Q2.6—VD8—VD11—X3.1 : 18* тиристор *VS12* открывается, так как на его управляющий электрод подан положительный потенциал. При этом замыкается цепь обмотки электромагнита взведения *YAC* и заряжается коммутирующий конденсатор *C1* по цепи: «+» источника — *R8—C1—VS12* — «—» источника.

При срабатывании якорь электромагнита взведения переключает контакт *69*, *YAC1*, вследствие чего цепь управления тиристора *VS12* размыкается, а на управляющий электрод тиристора *VS14* подается положительный потенциал. При открывании тиристора *VS14* отрицательный потенциал заряженного конденсатора *C1* прикладывается к аноду тиристора *VS12* и он закрывается, размыкая цепь питания обмотки электромагнита *YAC*. Энергия электромагнитного поля электромагнита *YAC* гасится по цепи: *31 — R4—VD13—30—YAC*. Конденсатор *C1* перезаряжается по цепи: «+» источника — *YAC—C1—VS14 —R7* — «—» источника.

Под действием пружины *76* якорь электромагнита *66* и рычаг *70* муфты обгона возвращаются в исходное положение и переключают контакт *69*, *YAC1*. Вновь подается положительный управляющий сигнал на тиристор *VS12* и после его открывания к аноду тиристора *VS14* прикладывается отрицательный потенциал конденсатора *C1*. Тиристор *VS14* закрывается, а сердечник электромагнита *66* совершает очередной ход.

При каждом срабатывании электромагнита через муфту обгона происходит поворот вала *79* заводного устройства против часовой стрелки на угол, соответствующий ходу якоря. При обратном ходе сердечника электромагнита возвратное движение вала *79* исключается второй обоймой муфты обгона. Так возвратно-поступательное движение сердечника электромагнита преобразуется в однонаправленное вращение вала заводного устройства.

При повороте вала *79* заряжается пружинный аккумулятор (сжимается его пружина *65*). Для полного взведения аккумулятора электромагнит должен выполнить 50—60 циклов.

При ручной заводке ведущей будет обойма с рычагом *72*, а тормозной — обойма, сцепленная с электромагнитом. Для ручной заводки необходимо выполнить 15—25 качаний рычага *72*.

После перехода рычага *80* через нижнее мертвое положение пружинный аккумулятор включает выключатель. При этом шток *84* аккумулятора под действием сжатой пружины втягивается внутрь цилиндра *64* и через рычаг *80* поворачивает вал *79* заводного устройства. Профильный кулачок *74*, закрепленный на этом валу, при вращении захватывает рычаг *78* на валу *39* выключателя и включает его. Для снижения потерь на трение на рычаге *78* имеется ролик, по которому обкатывается профильный кулачок заводного устройства. Наибольший угол, на который может повернуться вал *39* под действием профильного кулачка, составляет 98°30′.

В момент перехода рычага *80* заводного устройства через нижнее мертвое положение его длина принимает минимальное значение. Это обеспечивает высокую стартовую скорость вращения вала заводного устройства вблизи мертвой точки. В процессе включения момент сил, противодействующих повороту вала *39* выключателя, постоянно нарастает, а усилие пружинного аккумулятора, наоборот, резко снижается. Необходимый для включения момент на валу заводного устройства частично обеспечивается путем плавного увеличения длины переламывающегося рычага *80*.

При повороте вала *39* рычаг *43* (см. рис. 7.11, вид *Г*) замка отключения под действием пружины *52* прижимается к профильному кулачку *42* и обкатывается по нему своим роликом. Одновременно рычаг *43* освобождает молот *47*, который под действием пружины *44* поворачивается и входит в зацепление с зубом собачки *51*. В крайнем положении вала *39* рычаг *43* своим роликом входит в вырез кулачка *42* и замыкается рычагом *48* под действием пружины *45*.

Для отключения выключателя необходимо вывести из зацепления зуб собачки *51* с молотом *47*. Это можно выполнить с помощью электромагнита отключения *54* посредством реле защиты (максимальной токовой *58* или минимального напряжения *60*) и непосредственным воздействием на кнопку *61* (Отключение). Под действием пружины *44* молот *47* ударяет по запирающему рычагу *48*, поворачивает его вниз, освобождает рычаг *43* и кулачковый профиль *42* вала *39*. Выключатель отключается. При этом рычаг *43* взводит молот *47*, и замок отключения становится в положение готовности к следующему включению.

Замок включения представляет собой полувалик *95*, который ограничивает подвижность рычага *80*. Управление полуваликом замка включения осуществляется электромагнитом включения *99* или кнопкой *105* местного включения. Электромагнит, кнопка и полувалик связаны между собой рычажно-шарнирной системой, состоящей из валиков *100*, *103* и тяг *101*, *104*. Рабочее положение полувалика *95* задается пружиной *96* и тягой *104*, длину которой можно регулировать.

После подачи напряжения на схему привода блок-контактом

97 собирается цепь подзавода привода. Когда ролик на рычаге *80* заводного устройства ложится на полувалик *95* замка включения, кулачковый переключатель *98* на валу заводного устройства размыкает блок-контакт *97*, *Q2.6* в цепи питания выпрямительного моста *VD8—VD11* и подзавод привода прекращается.

Для включения выключателя необходимо подать команду кнопкой «Вкл». При этом включается электромагнит включения, который через систему рычагов и тяг открывает замок включения. Одновременно подается напряжение питания на выпрямительный блок и производится дозаводка пружинного привода электромагнитом взведения. Время дозаводки 2—3 с, это обеспечивает достаточную продолжительность бестоковой паузы при АПВ. В момент перехода заводного устройства через нижнее мертвое положение кулачковый переключатель возвращает блок-контакты *97* привода в замкнутое состояние и сразу после включения выключателя выполняется подзаводка пружинного привода в порядке подготовки его к следующему включению.

На основании опыта эксплуатации в шахтах выключателей ВЭВ-6 в дальнейшем из конструкции привода были исключены замок включения, электромагнит *100*, кнопка *105*, блок-контакт *97* и рычажная система.

При очередной ревизии и наладке шкафов, выполненных с замком включения, по согласованию с заказчиком рекомендуется выполнять демонтаж замка включения и относящихся к нему узлов и деталей. При этом электрическая схема привода должна быть приведена в соответствие с последней новой моделью выключателя ВЭВ-6.

7.3.6. РНИ выключателя ВЭВ-6 с приводом

При РНИ выключателя ВЭВ-6 со встроенным приводом следует руководствоваться указаниями разд. 2 и 3, а наладку отдельных элементов защит проводить в соответствии с указаниями разд. 5. В дополнение произвести следующее:

1) снять переднюю и верхнюю крышки привода, убедиться, что выключатель отключен, а пружинный аккумулятор разряжен. Для разрядки аккумулятора вручную включить выключатель, прокачивая муфту обгона съемным рычагом, с последующим отключением его кнопкой «Откл». В выключателях первых выпусков перед прокачиванием муфты обгона нажать и удерживать включенной кнопку «Вкл»;

2) освободить крепление и снять с выключателя рамку с изолирующими экранами и междуфазными перегородками, а также камеры дугогашения. Очистить выключатель и привод от загрязнений, влаги, загустевшей смазки. Протереть все изоляторы и изолирующие детали чистой сухой ветошью. Произвести тщательный осмотр всех узлов и деталей. Убедиться в отсутствии следов

электрического пробоя изоляции, образования на изоляционных деталях проводящих мостиков, обугливания, грибковой плесени;

3) проверить правильность установки вала *39* (см. рис. 7.11, 7.15) выключателя. Убедиться в исправности пластмассовых корпусов подшипников, проверить затяжку их креплений. При необходимости зарядить подшипники консистентной смазкой или заменить ее. Начальное положение вала выключателя задать регулировочным болтом *89*, который упирается в резинометаллический буфер на раме выключателя и ограничивает поворот вала. При правильной установке вала выключателя рычаги *40* должны быть развернуты на 21° от вертикали в сторону выключателя, отверстия на них должны находиться против отверстий в боковых стенках корпуса. Проверить надежность фиксации установленной длины болта *89* и закрепить его контргайкой;

4) проверить исправность и правильность сборки полюсов выключателя. Произвести обтяжку креплений и тщательный осмотр высоковольтных фарфоровых изоляторов. Не отвечающие требованиям (см. разд. 3.9) изоляторы заменить. Проверить установочный размер (133 ± 0,5 мм) — расстояние от плиты *38* полюса (см. рис. 7.11) до узла неподвижного контакта. Отклонения от данного размера регулировать прокладками под изоляторы *37*;

5) проверить состояние и работу системы воздушного дутья каждого полюса. Развести вручную на максимально возможный угол ножи подвижного контакта и отделителя. На гофрированном резиновом рукаве не должно быть трещин, прожогов. При освобождении любого из ножей мех должен сжаться и вытолкнуть из сопла струю воздуха. Для смены поврежденной системы воздушного дутья отвинтить гайки на винтах, которыми она соединяется со скобой главного подвижного контакта и ножами отделителя, предварительно отсоединив изолирующую тягу подвижного контакта;

6) проверить состояние главных и дугогасительных контактов каждого полюса. Наличие следов оплавления и подгорания главных контактов свидетельствует о неправильной регулировке контактной системы или неудовлетворительной работе системы дугогашения;

7) отрегулировать контактную систему (рис. 7.17). При новом включении контактные губки неподвижных главных контактов должны плотно прижиматься контактными пружинами друг к другу и к держателю. Необходимое нажатие контактов обеспечивается при установке предварительного натяга контактных пружин 18 ± 0,5 мм (см. рис. 7.17, *а*). При эксплуатационных проверках контактные губки должны быть заменены, если зазор между ними превышает 1,5 мм. Главные подвижные контакты подлежат замене при уменьшении на половину толщины контакта в месте вхождения его в неподвижные. При вводе в эксплуатацию и периодически не реже 1 раза в 6 мес главные контакты следует покрывать тонким слоем смазки ЦИАТИМ-202 или ЦИАТИМ-203;

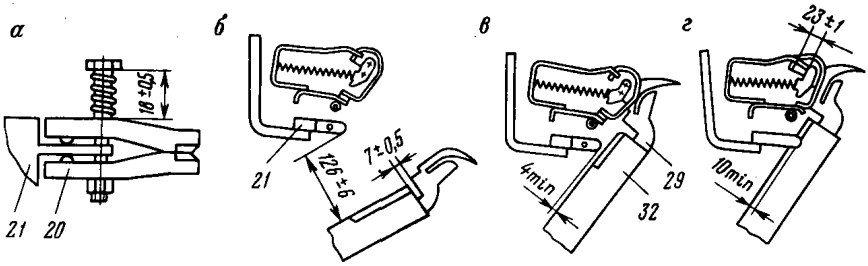


Рис. 7.17. Схемы регулировки контактной системы выключателя (наименование позиций см. на рис. 7.11):

а — предварительного натяга пружин; *б* — раствора главных контактов; *в* — зазора между главными контактами в момент касания дугогасительных; *г* — провала дугогасительных и главных контактов

8) проверить правильность сборки и состояние неподвижных дугогасительных контактов. Отсоединить гибкие связи *19* (см. рис. 7.11) от главных контактов *20* и измерительным прибором проверить, нет ли электрического контакта между скобой *23* дугогасительного контакта и ошиновкой полюса. Контакт между ними при отсоединенных гибких связях *19* недопустим. При наличии контакта необходимо разобрать узел крепления скобы *23* и заменить поврежденную изолирующую прокладку.

Неподвижные контакты (главные и дугогасительные) всех фаз выключателя должны быть расположены соответственно на одних уровнях. Уровень установки контактов проверяют с помощью металлической линейки длиной не менее 400 мм. Регулировку уровней выполняют, применяя прокладки под изоляторы и выбирая люфты в креплении ошиновки и контактодержателей.

Подгоревшие и оплавленные дугогасительные контакты зачистить личным напильником. Неподвижный дугогасительный контакт должен быть заменен, если хотя бы одна из его половинок имеет сквозной прожог. Подвижный дугогасительный контакт подлежит замене при износе 2/3 рога на закруглении. При замене подвижного дугогасительного контакта между торцами главного *32* и дугогасительного *29* контактов (см. рис. 7.17, *б*) должен быть выдержан зазор $7 \pm 0{,}5$ мм;

9) при проверке подвижных дугогасительных контактов убедиться в наличии в них вставок *28* (см. рис. 7.11) из газогенерирующего пластика (эксплуатация дугогасительных контактов без вставок не допускается).

При вводе в эксплуатацию и после замены дугогасительные контакты тщательно очистить от консервирующей смазки (наличие смазки на рабочих поверхностях дугогасительных контактов при их эксплуатации не допускается);

10) выполнить обтяжку контактных соединений силовых цепей выключателя, убедиться в исправности гибких связей, проверить соосность подвижных и неподвижных главных и дугогасительных контактов. Поврежденные гибкие связи заменить. Для

включения выключателя вручную при проверке соосности контактов снять с вала выключателя рычаг *77* (см. рис. 7.15) с тягой *75* блокировочной передачи. На освободившийся конец вала *39* установить заводской рычаг для замера момента. Поворачивая вал выключателя рычагом для замера момента, убедиться, что контакты замыкаются без перекосов. Регулировку замыкания выполняют за счет выборки люфтов, выправления возможных деформаций и замены дефектных деталей.

На рис. 7.18, *а* показан рычаг для измерения момента на валу выключателя, который отличается от заводского тем, что на нем дополнительно установлен еще один болт М8. С помощью этого рычага проверку примыкания (и ряд других работ) можно выполнять без снятия рычага *77* (см. рис. 7.11 и 7.15) с вала *39*, единолично (по заводской методике требуется два человека). Схема применения измененного рычага показана на рис. 7.18, *б*;

11) включить выключатель и измерить провалы дугогасительных контактов (см. рис. 7.17, *в*). Они должны быть в пределах 23 $\pm$ 1 мм. При необходимости произвести регулировку, изменяя натяжение изолирующих тяг *36* гайками (см. рис. 7.11);

12) отключить выключатель и рычагом для замера моментов проверить одновременность замыкания дугогасительных контактов (разновременность должна быть не более 1 мм). При необходимости выполнить регулировку, как и в п. 10;

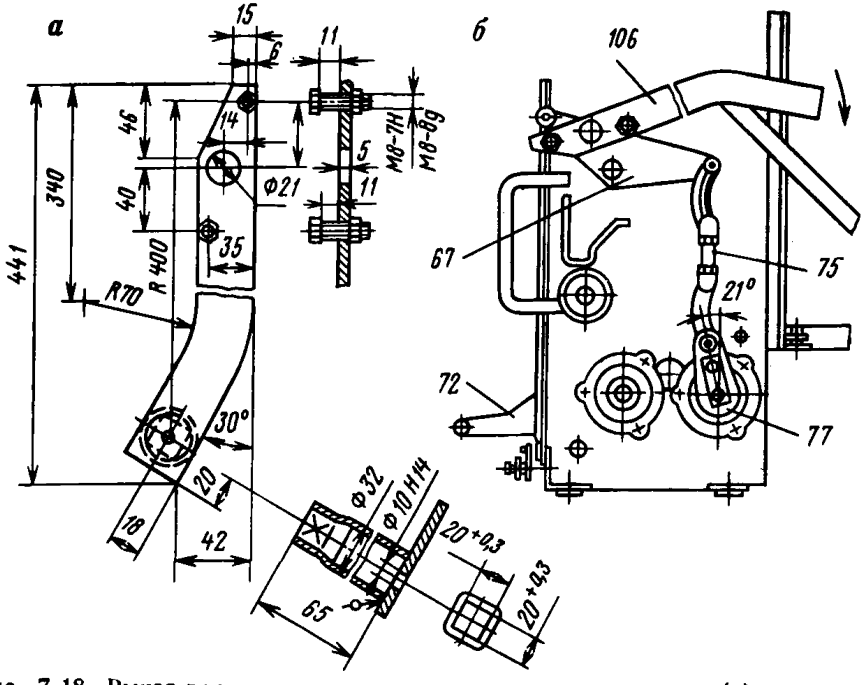


Рис. 7.18. Рычаг для измерения момента на валу выключателя (*а*) и его применение (*б*). Наименование позиций см. на рис. 7.15, *106* — рычаг для измерения момента

13) измерить зазоры между парами главных контактов в момент касания дугогасительных контактов. Зазор должен быть 4—6 мм (см. рис. 7.17, *в*). При необходимости зазор отрегулировать перемещением губок неподвижных контактов;

14) включить выключатель, прокачивая вручную муфту обгона. Измерить вхождение главных подвижных контактов в неподвижные (см. рис. 7.17, *г*), которое должно быть 10—12 мм. Убедиться, что при включении (с учетом динамики) неподвижные дугогасительные контакты не упираются в арматуру (направляющий стержень) возвратной пружины. Такой дефект устраняют заменой ролика на рычаге *78* (см. рис. 7.15);

15) измерить раствор главных контактов всех фаз при отключенном выключателе, который должен быть 126 ± 5 мм (см. рис. 7.17, *б*). При отклонениях проверить правильность сборки полюсов выключателя и положения вала *39* (см. рис. 7.11). Одна из возможных причин — неправильно выбранный диаметр ролика рычага *78* (см. рис. 7.15). После выявления причины и ее устранения повторить проверку и регулировку контактов;

16) после регулировки контактов установить сжатие пружин в соединении рычага *40* и изоляционной тяги *36* (см. рис. 7.11, узел I) в пределах 12—14 мм и зафиксировать установленное положение контргайками. Проверить затяжку всех крепежных элементов, наличие шплинтов, шайб, изолирующих прокладок;

17) проверить наличие и исправность буферных пружин *33* на каждом полюсе. Измерить и при необходимости отрегулировать зазор между пружиной *33* и шиной полюса при отключенном выключателе в пределах 1—1,5 мм, изгибая пружину у закрепленного основания;

18) в выключателях исполнения 2 проверить регулировку контактов короткозамыкателя. Соосность подвижных и неподвижных контактов короткозамыкателя отрегулировать перемещением неподвижных контактов при отпущенных гайках, которыми они крепятся к изоляционной панели. Зазор между губками неподвижных контактов в месте контактирования должен быть 1—1,5 мм. После регулировки затянуть крепежные гайки и зафиксировать их контргайками. Выполнить обтяжку всех контактных соединений на панели короткозамыкателя, убедиться в наличии и правильности установки токоограничивающих резисторов и разрядников, правильности установки воздушных зазоров, надежности заземления. Оплавленные и подгоревшие контакты зачистить или заменить;

19) выполнить осмотр и обтяжку камер дугогашения. Проверить целость изделий из керамики: щек корпуса *7* и *1* (см. рис. 7.13), вкладышей *8*, щек *6* камеры предварительного дугогашения; керамических плиток *13* и *14*; асбоцементных плиток *12*. Проверить правильность чередования плиток *13* и *14* в пакете, наличие уплотнительного стеклошнура между ними; наличие, правильность установки и состояние вспомогательных дугогаситель-

ных рогов. В местах примыкания плиток *13* и *14* к щекам *6* зазор недопустим. Если между торцами щек и пакетом плиток (или некоторыми из них) имеется зазор, необходимо ослабить затяжку винтов, которыми уплотняется пакет (сзади на щеках корпуса) и осторожно ручкой молотка или деревянной киянкой устранить этот недостаток. Выполнить обтяжку всех креплений и электрических контактов. Проверить наличие передней и задней систем дугогашения, исправность главных дугогасительных рогов и контактных губок. Устранение повреждений, требующих разборки камеры дугогашения, следует выполнять в мастерской или на специализированном предприятии. Разборка камер дугогашения в шахте не допускается.

Камера дугогашения подлежит замене при выявлении хотя бы одного из перечисленных ниже повреждений: выгорание 2/3 нижней части вспомогательных дугогасительных рогов, наличие трещин на вкладыше *8*, лопнувшая или выщербленная в местах стыковки щека *6*, наличие расположенных рядом двух и более лопнувших в поперечном направлении плиток *13* и *14*. Общее число поврежденных плиток не должно превышать 10.

Камеры должны быть чистыми и сухими. При новом включении перед монтажом их необходимо продуть сухим сжатым воздухом для удаления из них пыли, стружек и других загрязнений. Установить на выключатель и закрепить винтами *24* (см. рис. 7.11) камеры дугогашения. Должно быть совпадение маркировки полюсов выключателя и камер. При включении выключателя вручную рычагом для измерения момента не должно быть касания подвижных дугогасительных контактов с керамикой камеры, неподвижные дугогасительные контакты не должны упираться в детали камеры. Зазор между головкой винта передней катушки магнитного дутья и скобой неподвижного дугогасительного контакта должен быть $\geqslant 3$ мм. Положение камеры дугогашения регулируют посредством двух винтов *26* на скобе узла неподвижного контакта. Проверить и при необходимости отрегулировать соосность ножей отделителя и задних контактных губок камеры. Прокачивая вручную механизм взведения, выполнить несколько циклов В—О выключателя. Не допускается задевание подвижного дугогасительного контакта за керамику дугогасительной камеры. При отключении выключателя не должно быть зависания ножей отделителя на контактных губках камеры;

20) проверить регулировку замка отключения привода. Положение рычага *48* (см. рис. 7.11, вид *Г*) регулировать винтами *46*, *49*. Надежность работы замка зависит от правильности сборки, состояния рабочих поверхностей деталей, своевременной смены смазки, рабочих пружин.

При включенном положении замка ось вращения запирающего ролика на рычаге *48* должна лежать на прямой, проходящей через оси вращения рычага *48* и ролика на рычаге *43*.

Регулировка осуществляется винтом *46*, на который при вклю-

чении ложится опорный ролик рычага *48*. Если ось запирающего ролика лежит выше указанной прямой, то возможны отказы замка при отключении. При положении оси ниже прямой уменьшается надежность или происходит полный отказ замыкания замка при включении.

Далее вручную рычагом для замера момента повернуть вал *39* выключателя до положения, при котором зуб молота *47* войдет в зацепление с зубом собачки *51*, а ролик рычага *43* зайдет в вырез кулачкового профиля *42*. Под действием пружины *45* рычаг *48* одним своим роликом ляжет на упор регулировочного винта *46*, а другим замкнет ролик рычага *43* в вырезе кулачка *42*. Ось запирающего ролика на рычаге *48* должна при этом лежать в плоскости, проходящей через оси вращения рычага *48* и ролика на рычаге *43*. Допускаются небольшие отклонения от указанного положения. При подъеме собачки *51* должно произойти расцепление замка, а вал *39* возвратиться в начальное положение. При этом зазор между регулировочным винтом *49* и роликом на рычаге *48* должен быть $\leqslant$1,5 мм.

Исключить влияние на замок отключения реле минимального напряжения прямого действия (оттянуть вниз до упора его шток и вставить чеку). Убедиться в надежности замыкания молота *47* зубом собачки *51*. При необходимости выполнить регулировку замыкания за счет изменения длины тяги *55*. Прокачивая вручную муфту обгона, выполнить несколько циклов В—О выключателя. При этом должны быть надежное замыкание включенного вала выключателя и четкий возврат его при подъеме собачки *51*. Если хотя бы одно из включений окажется неуспешным (самовозврат вала выключателя) или, наоборот, произойдет отказ замка на отключение, то замок отключения отрегулировать дополнительно.

Самовозврат вала выключателя при включении может быть следствием того, что в момент замыкания замка ось вращения замыкающего ролика окажется ниже плоскости, проходящей через оси вращения рычага *48* и ролика на рычаге *43*. Причиной этого явления может быть недостаточная жесткость пружины *45* (рычаг *48* не успевает лечь на упор винта *46*) или длина упора *46* больше допустимой. К другим возможным причинам самовозврата относятся недостаточная жесткость пружины *52* и неправильно выбранная длина упора *49*, вследствие чего возможно зависание или заклинивание рычага *43* на замыкающем рычаге *48*. Регулировать упоры *46* и *49* малыми ступенями, не более четверти оборота с обязательной проверкой работы замка после каждой регулировки.

Причинами отказа замка на отключение могут быть недостаточные жесткость пружины *44* или длина упора *46*. В обоих случаях усилие молота *47* оказывается недостаточным для расцепления рычагов *43* и *48*. При неправильном выборе длины упора *46* ось замыкающего ролика после включения лежит намного выше плоскости, проходящей через оси вращения рычага *48* и ролика на

рычаге *43*. В новом приводе разность диапазонов правильной регулировки упора *46*, обеспечивающей надежную работу замка и при включении и при отключении, составляет $\geqslant$1,5—2 мм. По окончании регулировок зафиксировать установленные длины упоров *46* и *49* контргайками;

21) проверить регулировку кинематических цепей, воздействующих на замок отключения. При включенном выключателе собачка *51* должна лежать на зубе молота *47*. Регулировку выполнять изменением длины тяги *55*.

При нажатии кнопки *62* «Откл» освобождение молота *47* зубом собачки *51* не должно предшествовать переключению контактов кнопки *62*. Допускается одновременное и запаздывающее размыкание замка. В момент размыкания замка толкатель кнопки должен выступать над поверхностью ее корпуса (иметь запас хода) $\geqslant$1—2 мм. В крайнем положении толкателя кнопки не должно наблюдаться пережима (разрыва) контактов. Регулировку осуществлять изменением длины тяги *91* и передвижением контактной сборки относительно штока кнопки. При правильной регулировке длина тяги *91* должна быть такой, чтобы между планкой валика *92* и шестигранником на штоке кнопки был начальный зазор $\geqslant$1,5—2 мм;

22) включить выключатель вручную. На зажимы контакта максимального токового реле прямого действия *58* подключить пробник (омметр). Плавно от руки приподнять вверх сердечник реле. Переключение контакта реле должно предшествовать (в пределах 1 мм по ходу сердечника) размыканию замка. Допускается совпадение во времени этих операций. После размыкания замка сердечник реле должен иметь запас хода 1,5—2 мм. Регулировку производить изменением затяжки гаек на контактодержателе и глубины завинчивания винта планки релейного валика. Аналогично проверить регулировку контактов и винта второго реле;

23) проверить воздействие на замок отключения реле минимального напряжения *60* прямого действия. Разблокировать шток-реле (включить его в работу). При повороте вала выключателя вручную зуб собачки *51* (см. рис. 7.11, вид *Г*) не должен замыкать молот *47*. Оттянуть вниз до отказа шток-реле и, удерживая его в таком положении, рычагом для замера моментов включить выключатель. Плавно отпускать шток-реле до отключения выключателя. Убедиться в наличии запаса хода штока ($\geqslant$3 мм) после размыкания замка. Регулировать изменением глубины ввинчивания винта планки релейного валика;

24) проверить правильность сборки электромагнита отключения (рис. 7.19) и убедиться в надежности его крепления. Убедиться в наличии и исправности резинового демпфера *4* на скобе *7*. Убедиться, что шток *5* завинчен до отказа и не имеет угловых перемещений относительно сердечника *3*. Проверить правильность установки и надежность фиксации поводка *6* на тяге *5*. При отпущенном сердечнике *3* зазор между поводком *6* и полкой собачки

51 (см. рис. 7.15) должен быть в пределах 5—6 мм. При втягивании сердечника от руки после размыкания замка отключения должен оставаться запас хода тяги с поводком 2—3 мм;

25) проверить наличие зазора между сердечником и контрполюсом электромагнита взведения во включенном положении. Зазор регулировать шайбами *14* (см. рис. 7.16). Проверить правильность сочленения сердечника электромагнита взведения *66* (см.рис. 7.15) с рычагом *70* муфты обгона. Натяг и перекосы недопустимы. Несовпадение центров рычага и сердечника должно быть $\leqslant$1,5 мм. При необходимости регулировать перемещением электромагнита при отпущенных крепежных гайках.

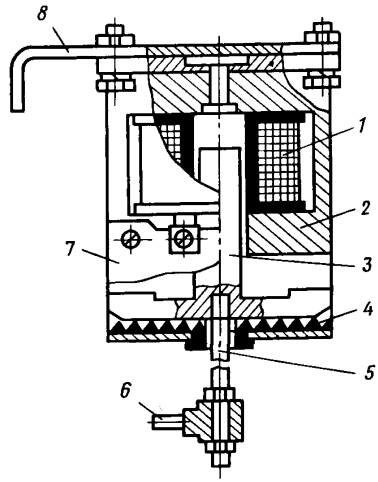


Рис. 7.19. Электромагнит отключения:

1 — катушка; *2* — магнитопровод; *3* — сердечник; *4* — демпфер; *5* — тяга; *6* — поводок; *7* — скоба; *8* — кронштейн

Рычагом, обеспечивающим надежное зацепление с рамой привода, вручную выполнить несколько качаний сердечника, сочлененного с рычагом *70* муфты обгона. В момент переключения переключающего контакта *69* на сердечнике в месте примыкания к фланцу магнитной системы нанести метки. При отпущенном якоре измерить расстояние меток от фланца. Оно должно быть 7—9 мм. Регулировку переключения блок-контактов выполнить винтом *68* и зафиксировать контргайкой. Должно быть совпадение по осям винта *68* и толкателя контактов *69*. Регулировать, перемещая кронштейн с блок-контактами в месте крепления его к фланцу магнитной системы;

26) проверить состояние, правильность сборки и регулировку пружинного аккумулятора. Обратить внимание на правильность установки его в гнездах рамы привода, наличие шплинта на оси *81*, затяжку контргайки *83*, отсутствие на витках пружины, стакане и штоке вмятин, задиров, металлической стружки и опилок. Прокачивая муфту обгона вручную, убедиться, что вблизи нижней мертвой точки витки пружины не ложатся друг на друга (имеют запас хода), а включение выключателя пружинным аккумулятором происходит надежно и четко. Правильность сборки аккумулятора можно проверить по длине пружины в положении верхней мертвой точки пружинного привода. Пружина должна быть сжата до 360—363 мм. Однако при включении аккумулятор с рычагом *80* по инерции далеко уходят от этой точки, а предло-

женная заводской инструкцией методика постановки пружинного привода в верхнюю мертвую точку для условий эксплуатации сложна и небезопасна. Регулировка пружинного аккумулятора заключается в изменении начального натяга пружины путем свинчивания — навинчивания серьги *82* на штоке *84*. Для этого рассоединить аккумулятор с осью *81* (см. заводскую инструкцию на выключатель), применив специальное приспособление для рассоединения штока аккумулятора с осью *81*. Для этого на шток *84* надеть муфту, разрезанную вдоль осевой линии, и скрепить ее двумя винтами. Контргайкой *83* через муфту поджимать пружину до тех пор, пока не исчезнет натяжение серьги на оси. Затем можно расшплинтовать ось и рассоединить аккумулятор с рычагом *80* привода. При этом значительно упрощаются и все последующие операции по замене или регулировке аккумулятора;

27) проверить состояние и надежность крепления буфера-замедлителя при включенном выключателе. При проверке буфера необходимо предпринять страховку от случайного отключения выключателя. Для страховки использовать рычаг для замера момента, надетый на конец вала *39*. На резиновых полусферах буфера не должно быть трещин и проколов. Проверить работу буфера при резком (толчком) и плавном надавливании на переднюю щеку *4* (см. рис. 7.14). При этом должна быть заметна разница противодействующей силы буфера. Убедиться в исправной работе обоих ниппелей. При необходимости прочистить их иглой;

28) проверить регулировку привода блок-контактов *86* (см. рис. 7.15) выключателя. Поворачивая вал выключателя вручную, нанести на кулачках метки, соответствующие переключению первого и последнего блок-контакта при включении и отключении. Метки должны быть пронумерованы или иметь какой-то другой адрес. При операциях включения и отключения после переключения последнего блок-контакта (контролируется визуально и на слух) до останова кулачков должен быть запас хода 3—5 мм. Регулировать изменением длины тяги *85* и выставкой блок-контактов на шпильках. В крайних положениях вала выключателя обратить внимание, не происходит ли пережатие контактов до их размыкания;

29) включая и отключая выключатель, проверить работу счетчика *62* циклов В—О. Счетчик должен переключаться после включения выключателя. Регулировать изменением длины тяги *63*;

30) в выключателях первых выпусков проверить работу и регулировку кнопки *105* «Вкл.», электромагнита *99*, замка включения *95* и блок-контактов *97* подзавода привода. Нормально плоскость среза валика *95* с днищем корпуса привода должна составлять угол 95°. Регулировать изменением длины тяги *104*. В процессе регулировки вилка валика *103* должна прижиматься к шестиграннику штока кнопки *105*. При прокачивании вручную муфты обгона ролик на оси *81* пружинного аккумулятора должен упираться в цилиндрическую поверхность вала замка *95* и замы-

каться им. При включении от руки кнопки *105* или сердечника электромагнита *99* контакты *102* и *105* должны замыкаться не раньше чем откроется замок включения. В момент переключения контакта *105* толкатель кнопки должен выступать над ее корпусом на $\geqslant$2 мм. Такой же запас хода должен иметь и сердечник электромагнита *99* после выключения контакта *102*. В конце хода штока кнопки *105* и сердечника *99* не должно быть пережатия (разрыва) контактов. Регулировать контакт *105* перемещением контактной сборки относительно штока толкателя, кинематическую цепь и работу контактов — изменением длины тяги *101*, глубиной ввинчивания регулировочного винта релейного валика *100* и натяжением гаек. При прокачивании муфты обгона вручную в момент размыкания контакта *97* между роликом на оси *81* и валом *95* замка зазор должен быть $\geqslant$1 мм. Регулировать выставкой кулачкового переключателя *98* и смещением кронштейна, на котором закреплен блок-контакт *97*;

31) измерить включающий момент на валу выключателя с помощью рычага и динамометра или тарированных грузов (см. п. 8). Вручную повернуть вал выключателя до образования провала дугогасительных контактов 18—20 мм. С помощью динамометра или навески тарированных грузов довести провал контактов до 25 мм. Измеренную величину момента (Н·м) рассчитать по формуле

$$M = PL,$$

где P — сила, Н; L = 400 мм — длина рычага (должна быть не меньше паспортного значения).

Измерения проводить не реже 1 раза в три года, а также после замены контактных пружин;

32) снять скоростные характеристики дугогасительных контактов — не реже 1 раза в 8 лет или при капитальном ремонте.

7.3.7. Особенности ТО и РНИ шкафов

При проведении работ по ТО и РНИ шкафов учитывать приведенные ниже условия.

1. Транспортирование и хранение шкафов производить в вертикальном положении с допустимым наклоном в любую сторону до 15°. Хранить шкафы под навесом при плотно закрытых камерах. Трущиеся части, резьбовые соединения, взрывозащищенные поверхности и наружные детали с гальваническим покрытием должны быть защищены слоем смазки ЦИАТИМ-202 (ГОСТ 11110—75) или ЦИАТИМ-203 (ГОСТ 8773—73). Следить за состоянием защитного покрытия и своевременно его возобновлять.

2. Камеры дугогашения, соединительные кабели и весь ЗИП для КРУ и выключателей хранить в сухих закрытых вентилируемых помещениях при температуре не ниже 5 °С и относительной

влажности воздуха до 80 % при условии отсутствия в них кислотных и других агрессивных паров.

3. Перед спуском в шахту на поверхности в сухом помещении каждый шкаф расконсервировать и выполнить предмонтажные проверки, регламентированные заводскими инструкциями на шкаф и выключатель: наружный и внутренний осмотры, проверку комплектности поставки, контроль состояния взрывозащищенных поверхностей, обтяжку крепежа и контактных соединений, замену консервирующей смазки эксплуатационной, проверку работоспособности разъединителей и механических блокировок, опробование выключателя при ручном и электрическом включении, проверку функционирования схем управления, электроавтоматики, блокировки, сигнализации и защиты; испытание изоляции.

После проверок и испытаний шкафы подготовить к спуску в шахту и транспортированию к месту установки. Выключатель без камер дугогашения установить внутри шкафа и зафиксировать в рабочем положении. Контактную систему выключателя надежно закрепить, разъединители включить. На шкафу установить и закрепить на все болты крышки камер и кабельные вводы.

4. Спуск и транспортирование шкафов к месту установки производить с соблюдением необходимых мер безопасности и без резких толчков и ударов.

Камеры дугогашения к месту установки транспортировать отдельно, в вертикальном положении керамическими пластинами вверх. Камеры должны быть защищены от капежа, увлажнения и механических повреждений. Перед спуском в шахту их тщательно очистить, убедиться в отсутствии повреждений, проверить правильность сборки, выполнить обтяжку креплений и проверить их принадлежность данному выключателю.

5. При использовании по назначению эксплуатирующая организация обязана организовывать и своевременно проводить техническое обслуживание и текущие ремонты шкафов в соответствии с требованиями заводских инструкций, Альбома технологических карт по ТО и ТР основного рудничного силового электрооборудования и настоящего Руководства.

6. До начала ТО и РНИ выполнить организационно-технические мероприятия по безопасности работ в подземных электроустановках в соответствии с указаниями разд. 1.2 Руководства. Допуск к работе разрешается при открытой двери шкафа после проверки отсутствия напряжения.

7. Ревизия и регулировка разъединителей, вводных камер и открывание их крышек допускаются при условии полного снятия напряжения с секции шин РУ и принятия достаточных мер против обратной трансформации напряжения или случайной его подачи.

8. Для выкатывания выключателя установить специальную подставку, рассоединить штепсельные разъемы вторичных цепей выключателя (слева на раме привода), расфиксировать выключа-

тель и осторожно выкатить его из шкафа. Убедиться в безопасной установке выключателя.

9. Очистить камеру от загрязнения и удалить следы влаги. Протереть изоляторы и изолирующие детали чистой сухой ветошью, не оставляющей ниток и волосков. Детали со следами смазки протереть ветошью, слегка смоченной растворителем (керосином).

10. Произвести осмотр измерительных трансформаторов тока и напряжения, проверить исправность высоковольтного предохранителя. Убедиться в соответствии их проектным (паспортным) данным.

11. Проверить состояние контактных поверхностей на ножах силовых штепсельных контактов, отсутствие на них задиров, зауенцев, вмятин, раковин, следов оплавления, подгорания и перегрева. При необходимости заменить.

12. Проверить состояние цепей и устройств вторичной коммутации в шкафу — надежность крепления проводников и жгутов; отсутствие повреждений изоляции проводников; затяжку проходных изоляторов цепей вторичной коммутации; исправность сигнально-блокировочного аппарата и его привода; состояние контактов и штепсельных разъемов.

13. Проверить исправность изоляционных экранов в шкафу (в первых выпусках шкафов экранов нет). Обратить внимание, нет ли механических повреждений, электрических пробоев, токопроводящих мостиков. Протереть экраны чистой сухой ветошью, при необходимости — заменить.

14. Проверить состояние релейных блоков на внутренней стороне двери шкафа, исправность их корпусов, наличие заводских табличек, надежность крепления и работу шарнирной подвески двери, снять панель управления и сигнализации. Проверить состояние предохранителей и их держателей, сигнальных ламп и сигнальной арматуры, измерительных приборов, диодной и резисторной сборок, кнопочных элементов, контактных соединений штепсельных разъемов. При необходимости произвести чистку контактов и замену поврежденных элементов. Протереть защитные стекла и убедиться в их правильной установке и надежном закреплении.

15. Установить панель управления и сигнализации, закрепить ее. Проверить состояние изоляции соединительного жгута вторичной коммутации: не происходит ли его защемление при закрывании двери и перемещениях выключателя.

16. Проверить коробки цепей вторичной коммутации шкафа, наличие и соответствие проекту (кабельному журналу) кабелей внешних присоединений вторичных цепей и связи между шкафами, отсутствие в коробках посторонних предметов, наличие и правильность установки рабочих перемычек, наличие перегородки между искроопасными и искробезопасными зажимами в левой коробке, наличие и правильность маркировки зажимов и проводников в коробках.

17. Перед сборкой шкафа после ТО и РНИ проверить наличие и качество заземлений внутри и снаружи шкафа. Заземлению подлежат: вторичная обмотка трансформатора напряжения, вторичная обмотка и общая точка дополнительных обмоток трансформаторов тока, корпус выключателя, корпус шкафа, соединительные муфты, броня кабелей. Места для наложения заземлений очистить от краски, покрыть тонким слоем консервирующей смазки, проверить четкость обозначений.

Перед закрытием двери и крышек камер тщательно осмотреть взрывозащищенные поверхности, очистить их от загрязнений, следов коррозии и старой смазки. Все взрывозащищенные поверхности покрыть тонким слоем рабочей смазки ЦИАТИМ-202 или ЦИАТИМ-203. Тщательно затянуть все крепежные болты и проверить ширину взрывозащищенных щелей (зазоров «Взрыв»).

18. Проверить состояние пульта дистанционного управления (при его наличии). Длина кабеля управления при сечении жил 2,5 мм^2 должна быть $\leqslant$3 км.

7.3.8. Электрические схемы управления, защиты и сигнализации КРУВ-6

В основу схем управления и защиты КРУ всех исполнений положены однотипные функциональные устройства. В качестве базовой принята схема вводного шкафа КРУ (рис. 7.20), которая содержит: трансформатор напряжения *TV*, от которого осуществляется питание элементов схемы; устройство МТЗ и ее проверки; блок питания привода выключателя (рис. 7.21); устройство управления; устройство защиты минимального напряжения; сигнальное устройство; устройство противоаварийной блокировки; устройство однократного АПВ.

Конструктивно большинство элементов схемы управления и защиты шкафа собраны в блоки и размещены на двери камеры выключателя: панель с органами управления, сигнальным табло и измерительными приборами; блоки релейные Бл.1 и Бл.2; панель с реле тока РТ-40. Внутри камеры выключателя на ее стенках смонтирован разъединитель вторичных цепей, проходные зажимы вторичных цепей и выполнена разводка цепей вторичной коммутации. Остальные элементы схемы управления и защиты смонтированы на шасси привода и выключателя: блок питания электромагнита взведения, электромагнит взведения *Y1.1*, электромагнит отключения *YAT*, реле минимального напряжения *FV*, кнопка отключения *SB1*, реле максимально токовое прямого действия *FA6* и *FA7*, блок-контакты выключателя *QF* и привода *Y1.2*.

Схемой шкафов (см. рис. 7.20 и 7.21) предусмотрены два режима оперативного управления: местный — от кнопок управления, расположенных на двери шкафа, и дистанционный — посредством пульта ПДУ. Для выбора режима управления служит

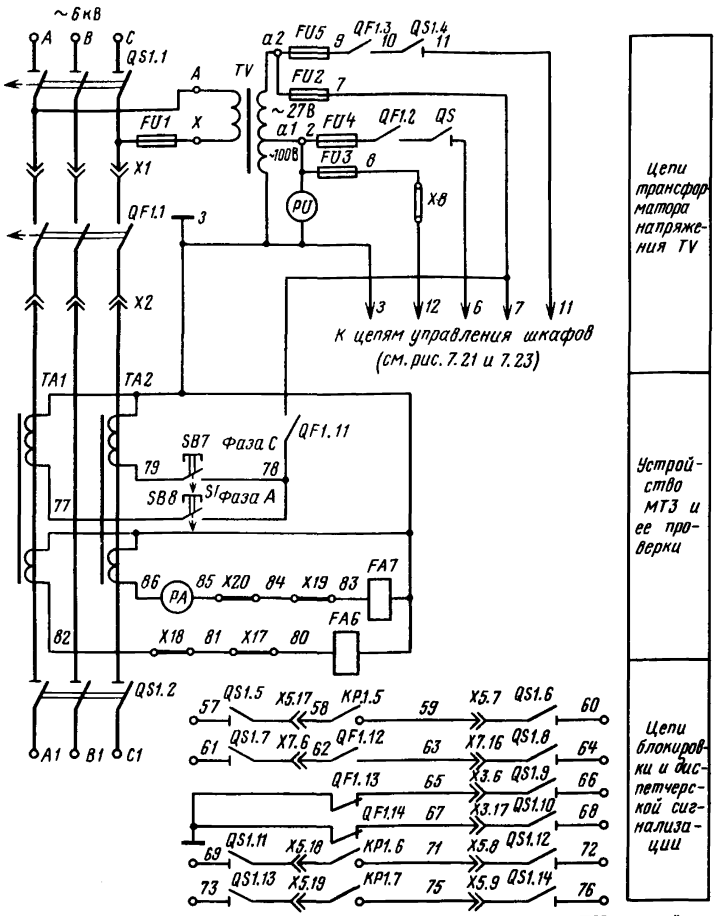


Рис. 7.20. Схема силовых цепей, трансформатора напряжения *TV*, устройства МТЗ, цепей блокировки и диспетчерской сигнализации вводных шкафов КРУВ-6 (исполнение В)

переключатель (тумблер) *SA3*, расположенный внутри шкафа на панели управления и сигнализации. Возможны также режимы управления от устройства технологической автоматики и средств ТУ—ТС.

Основной элемент устройства управления — двухобмоточное реле *K1* на базе реле РП-252 со встречно включенными обмотками *W1*, *W2*. Параметры реле и цепей подобраны так, что его включе-

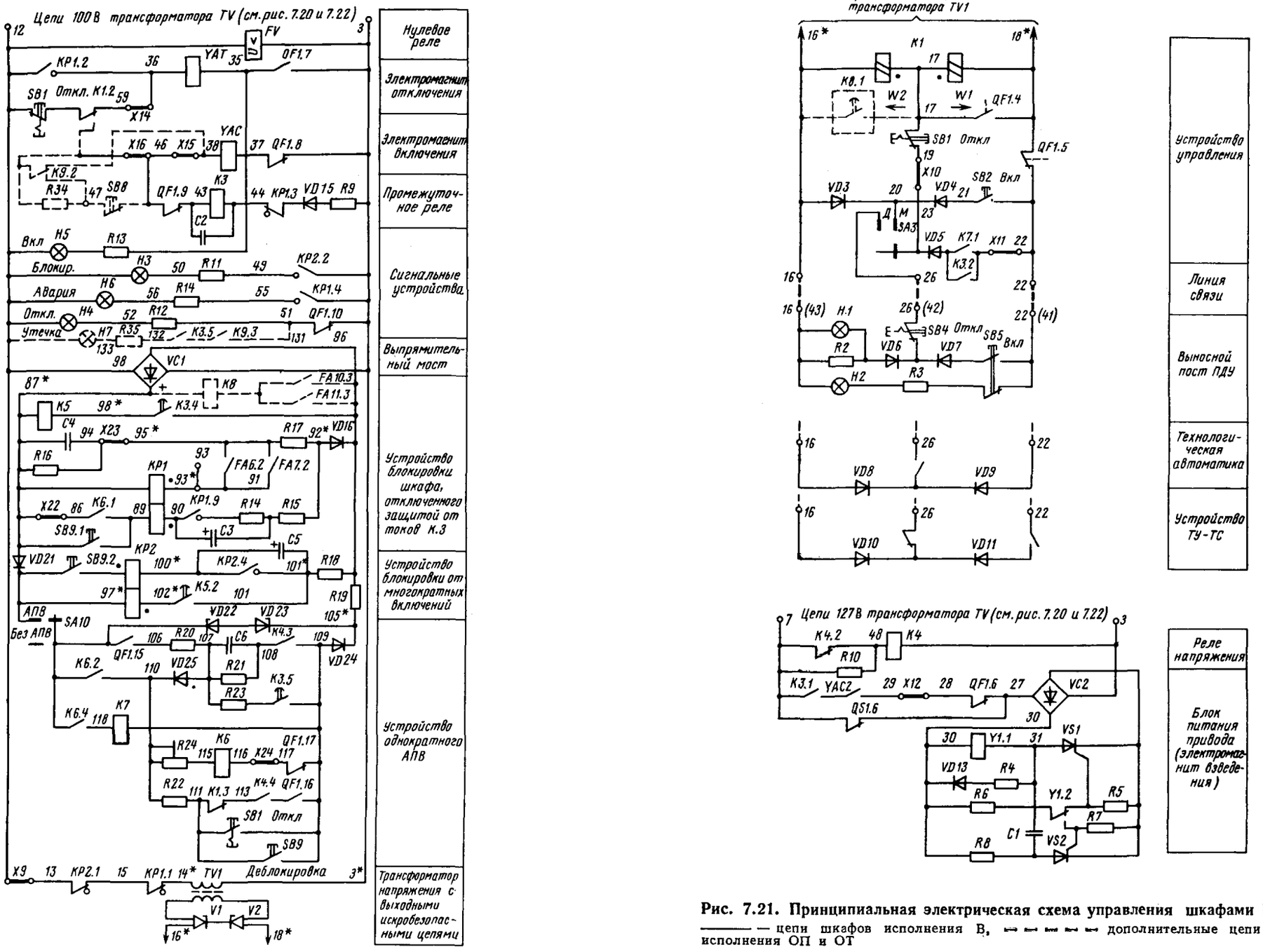


Рис. 7.21. Принципиальная электрическая схема управления шкафами КРУВ-6:
——— — цепи шкафов исполнения В, — — — — — дополнительные цепи шкафов исполнения ОП и ОТ

ние возможно лишь при условии одновременной согласной работы обеих катушек реле.

При местном управлении (тумблер *SA3* в положении «М») в ждущем режиме в полупериод, когда диод *VD3* закрыт, через обмотки реле протекает ток по стрелке влево. Результирующая намагничивающая сила (н. с.) равна нулю, поскольку создаваемые обмотками магнитные потоки взаимно уничтожаются. В течение следующего полупериода обмотка *W2* зашунтирована открытым диодом *VD3* и ток по стрелке вправо протекает только через обмотку *W1*. Намагничивающая сила, создаваемая одной обмоткой, недостаточна для срабатывания реле.

При замыкании кнопки *SB2* «Вкл» собирается цепь диода *VD4*. В полупериод, когда он открыт, ток (по стрелке влево) проходит через обмотку *W2*. В течение этого же полупериода через обмотку *W1* (по стрелке вправо) проходит ток, обусловленный э. д. с. взаимоиндукции, который замыкается через диод *VD4*. Под действием суммарной н. с. обеих обмоток реле включается. Во второй полупериод, когда открыт диод *VD3*, через обмотку *W1* (по стрелке вправо) протекает ток, обусловленный приложенным внешним напряжением, а через обмотку *W2* (по стрелке влево) — ток, обусловленный э. д. с. взаимоиндукции. Когда включается реле *K1* и его повторитель *K3*, кнопку *SB2* можно отпустить, поскольку диод *VD4* при этом зашунтирован диодом *VD5*. После включения выключателя контакт *QF1.4* шунтирует обмотку *W1*, а *QF1.5* отключает диод *VD5*, но каждый раз, когда при закрытом диоде *VD3* через обмотку *W2* протекает ток (по стрелке влево), в обмотке *W1* протекает ток (по стрелке вправо), обусловленный э. д. с. взаимоиндукции. При открытом диоде *VD3* в обмотке *W2* под действием э. д. с. самоиндукции протекает ток (по стрелке влево), который замыкается через диод *VD3*.

Для отключения выключателя (реле *K1*) необходимо нажать на кнопку *SB1*. При этом к обмотке *W1* прикладывается переменное напряжение и реле отпускает.

При дистанционном управлении от поста ПДУ (тумблер *SA3* в положении «Д») схема работает аналогично. При этом включение осуществляется кнопкой *SB5*, а диоды *VD3* и *VD4* заменяются соответственно диодами *VD6* и *VD7*. Отключение осуществляется кнопкой *SB4*.

Схема дистанционного управления обеспечивает световую двухпозиционную сигнализацию положения выключателя. При отключенном выключателе горит лампа *H2*. В цепи лампы большое сопротивление обмотки *W1* и лампа зашунтирована резистором *R2* (120 Ом, что почти в 3 раза меньше сопротивления лампы). После срабатывания выключателя контакт *QF1.5* размыкает цепь лампы *H2*, а контакт *QF1.4* шунтирует обмотку *W1*, вследствие чего ток в цепи лампы *H1* резко возрастает и она загорается. Следует учитывать, что при дистанционном управлении в цепь обмоток реле вводятся дополнительные сопротивления про-

водов линии связи, а также резистора *R2* и лампы *H1*. Для сохранения управляемости и обеспечения надежной сигнализации в цепи диода *VD6* должен протекать ток $\geqslant$20 мА. При заданных сопротивлениях резистора *R2* и лампы *H1* сопротивление линии связи (каждого проводника) должно быть $\leqslant$60 Ом.

Дистанционное управление от устройств технологической автоматики осуществляется по трехпроводной схеме одним замыкающим контактом и диодами *VD8*, *VD9*. Используемый в этой схеме замыкающий контакт должен автоматически отключаться при снятии напряжения со шкафа.

При дистанционном управлении от устройств ТУ-ТС (типа ТКУ-2, «Ветер» и др.) диоды *VD10* и *VD11* необходимо устанавливать в полукомплекте КП устройства ТУ-ТС или непосредственно вблизи него. Используются два контакта устройства ТУ-ТС: замыкающий для включения и размыкающий для отключения.

При снятой перемычке *X11* (задняя стенка релейного блока Бл.1) в режимах работы дистанционного управления посредством поста ПДУ, технологической автоматики или устройства ТУ-ТС и введенного в работу устройства АПВ можно осуществить однократное дистанционное включение выключателя, отключенного защитой от токов к. з. Автоматического включения выключателя при этом не происходит. Число успешных включений не ограничивается.

Приведенные здесь схемы дистанционного управления обеспечивают защиту от потери управляемости при любых повреждениях линии связи. При обрыве любого провода линии связи (*16*, *22*, *26*) или любой комбинации замыканий между этими проводами включение реле *K1* невозможно, так как нарушается питание выпрямленным током одной или обеих катушек реле.

Если к моменту повреждения линии связи реле *K1* было включено, то обрыв проводов *16* или *26* и замыкание между ними вызывают отключение реле *K1*. При обрыве провода *22* или при замыкании между проводами *16* и *22* автоматическое отключение реле *K1* не происходит, но при нажатии на кнопку *SB4* реле четко отключается, т. е. в этих случаях потери управляемости нет. При повреждении диода *VD7* включение реле *K1* дистанционно становится невозможным, но автоматического отключения его при этом не происходит. Функция дистанционного отключения при этом сохраняется. При любом повреждении диода *VD6* обмотка *W2* реле *K1* обтекается переменным током. Включенное реле при этом отпускает. Включить реле *K1* при поврежденном диоде *VD6* нельзя.

Режим дистанционного автоматического отключения шкафа от действия метан-реле или аппаратуры контроля воздуха осуществляется подключением их размыкающего контакта к зажимам *19—23* вместо перемычки *X10* (искробезопасная цепь) или к зажимам *8—12* вместо перемычки *X8* (искроопасная цепь). Питание

искроопасных цепей метан-реле осуществляется от зажимов *3—11* (правая коробка).

Реле *К1* воздействует на схему привода непосредственно своими контактами и через промежуточное реле *К3*. При включении реле контакт *К1.2* собирает цепь включения промежуточного реле *К3*. При отключении реле *К1* контакт *К1.2* собирает цепь отключающего электромагнита, а контакт *К1.3* исключает АПВ после оперативного отключения выключателя.

В шкафах КРУВ-6 МТЗ от токов к. з. выполнена встроенными в привод мгновенными (без выдержки времени) реле прямого действия типа РТМ с комбинированной ступенчато-плавной регулировкой уставок срабатывания (см. разд. 5.3.5).

В шкафах применены специальные трансформаторы тока, у которых на сердечнике по две вторичные обмотки: измерительная *И1—И2* и дополнительная *Ид1—Ид2*.

К измерительным обмоткам, собранным в неполную звезду, на фазные токи включены реле защиты *FA6* и *FA7*. Они через рычажную передачу воздействуют на замок отключения выключателя.

На дополнительных обмотках ТТ выполнено устройство проверки функционирования МТЗ. Кнопками *SB7* и *SB8* на дополнительные обмотки ТТ подается напряжение 127 В от трансформатора напряжения. Индуктированная в измерительной обмотке ТТ э. д. с. вызывает срабатывание реле *FA6* или *FA7* и отключение выключателя.

Защита минимального напряжения в шкафах КРУВ-6 выполнена посредством реле *FV* прямого действия типа РМН (см. разд. 5.6). Обмотка реле выполнена на напряжение 100 В. Напряжение отпускания РМН принимается 50—60 В. При срабатывании реле РМН через релейный валик и тягу воздействует на замок отключения. Конструкцией предусматривается возможность вывода РМН из работы, если это необходимо по условиям эксплуатации и не противоречит требованиям ПБ. Для этого следует оттянуть вниз до отказа тягу на реле и переставить чеку из нижнего отверстия в верхнее. Если минимальная защита выводится из работы на длительное время, то надо исключить из работы и обмотку реле РМН (отсоединить на реле проводник и заизолировать его конец).

Шкафы КРУВ-6 всех исполнений имеют однотипное устройство однократного АПВ, которое выполнено по принципу конденсаторного реле времени (см. рис 7.21). Устройство АПВ состоит из конденсатора *С6*, цепей его зарядки, исполнительного реле *К6* и цепей блокировки АПВ. Пуск схемы осуществляется блок-контактом выключателя *QF1.17* и контактом *К4.3* реле контроля напряжения. Переключателем *SA10*, расположенным внутри шкафа на панели управления и сигнализации, производят выбор режима работы (с АПВ, без АПВ). Если по условиям эксплуатации АПВ недопустимо, то следует снять монтажную перемычку *Х24* на задней стенке релейного блока Бл.1.

Конденсатор *С6* заряжается через токоограничивающий резистор *R20* (30 кОм). Напряжение цепи питания конденсатора стабилизируется диодами *VD22*, *VD23*. Цепь заряда конденсатора собирается блок-контактом *QF1.15* после включения выключателя. Диод *VD24* препятствует разрядке конденсатора по цепи питания.

Сопротивление резистора *R21* — (5,1 МОм) выбрано из условия, что постоянная времени разряда цепи *С6—R21* от номинального напряжения до величины напряжения срабатывания реле *К6* должна составлять 3 мин. Подстроечный резистор *R24* служит для компенсации разброса параметров конденсатора *С6*, резистора *R21* и реле *К6*. Диод *VD25* исключает подзаряд конденсатора через контакт *К6.2* после включения реле *К6*.

На резисторах *R22* и *R23* (по 51 Ом каждый) собраны цепи блокировки АПВ: после оперативного отключения выключателя кнопкой местного управления (*SB1.3*), а также с поста ДУ (цепь *К1.3—К4.4 — QF2.16*), при деблокировке шкафа кнопкой *SB9*, при неуспешном оперативном включении выключателя (контакт *К3.5*), при автоматическом отключении выключателя вследствие срабатывания защиты от перегрузки (цепь *К1.3—К4.4 — QF1.16*).

Для срабатывания устройства АПВ необходимо, чтобы:

продолжительность включенного состояния выключателя перед его отключением была достаточной для зарядки конденсатора *С6*;

выключатель был отключен автоматически вследствие действия защиты минимального напряжения или МТЗ от токов к. з.;

с момента отключения выключателя до восстановления напряжения (до значения напряжения срабатывания реле *К4*) прошло $\leqslant$3 мин.

Если эти условия выполнены, то контактом *QF1.17* (при отключении выключателя защитой от токов к. з.) или *К4.3* (после восстановления напряжения) собирается цепь разряда конденсатора *С6* на обмотку реле *К6*, которое своими контактами *К6.1* деблокирует схему шкафа, *К6.2* замыкает цепь самоподхвата реле *К6*, *К6.4* включает реле разделения цепей *К7*.

Реле *К7* контактом *К7.1* собирает цепь включения реле управления *К1*. Раньше чем включится выключатель, реле *К3* контактом *К.35* соберет цепь разряда конденсатора *С6* на резистор *R23*, чем дополнительно обеспечивается однократность работы АПВ.

Схема шкафов отходящего присоединения (исполнения ОП и ОТ) содержит дополнительно (рис. 7.22):

устройство защиты от перегрузки и пусковых токов недопустимой продолжительности; устройство БРУ и проверки его; лампу утечки *Н7* в сигнальном устройстве (см. рис. 7.21).

В отличие от схемы шкафа исполнения ОП в схеме шкафа отходящего присоединения исполнения ОТ дополнительно смонтирован трансформатор тока нулевой последовательности *ТА3* (см. рис. 7.22).

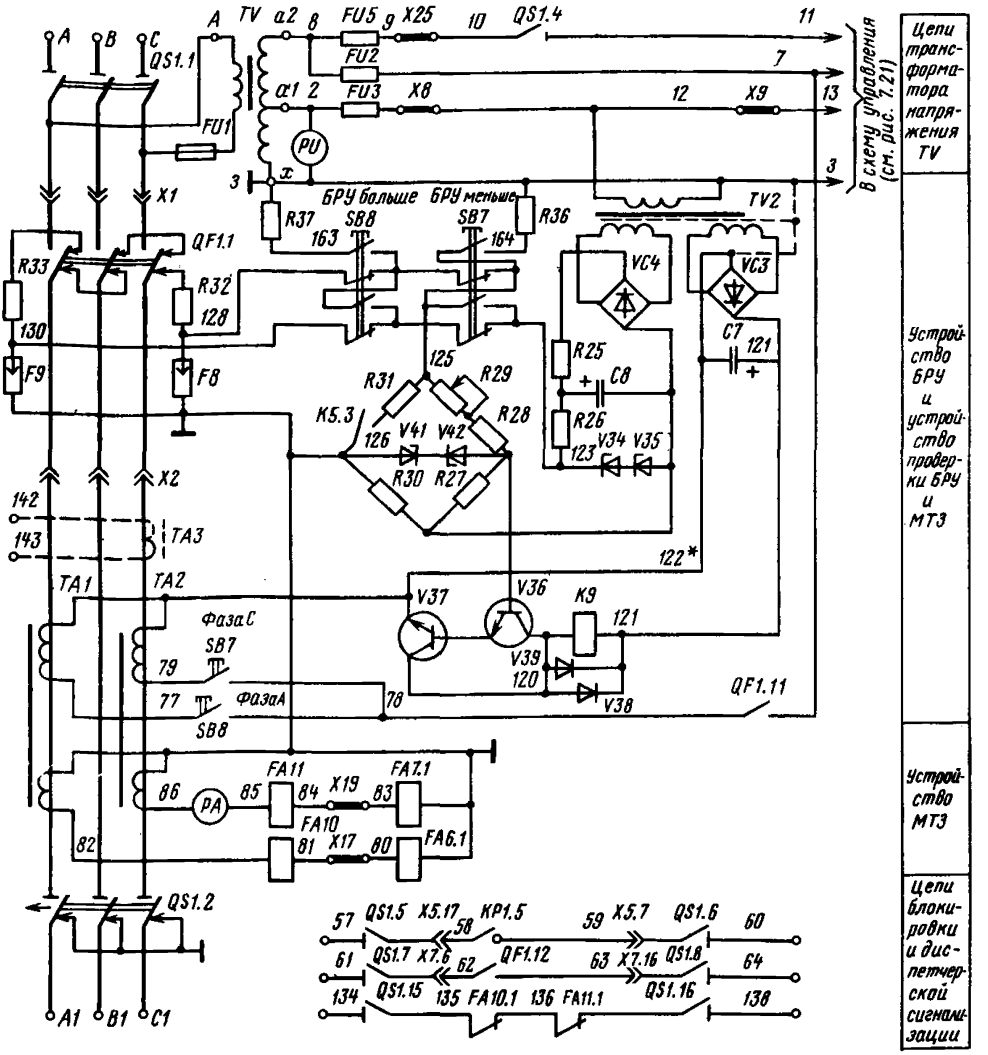


Рис. 7.22. Схема силовых цепей, трансформатора напряжения *TV*, устройства МТЗ, цепей блокировки и диспетчерской сигнализации шкафов КРУВ-6 отходящих присоединений (исполнения ОП и ОТ). Цепи управления см. на рис. 7.21

Шкафы КРУВ-6 исполнения ОП и ОТ имеют БРУ (см. разд. 5).

БРУ (см. рис. 7.21 и 7.22) состоит из блока питания, измерительного моста с транзисторным усилителем и исполнительного реле *К9*. Конструктивно БРУ оформлено в виде двух блоков, залитых эпоксидным составом и помещенных в релейный блок Бл.2. Оно изготовлено с применением элементов искрозащиты, но (согласно заводской инструкции) внешние цепи БРУ неискробезопасные.

К измеряемой линии БРУ подключается автоматически трехфазным короткозамыкателем после отключения выключателя *QF1*.

Для снятия емкостного заряда с линии и защиты схемы БРУ от повреждения высоким напряжением применены разрядники *F8* и *F9* типа Р-350.

Схемой шкафа предусматривается такой порядок включения выключателя, при котором реле *K9* сначала должно включиться и дать разрешение на включение реле *K1* устройства управления, а после включения реле *K3* и *K5* (см. рис. 7.21) оно должно отключиться и включить блок питания электромагнита взведения.

Для отключения реле *K9* в плечо моста параллельно с $R_{из}$ контактом *K5.3* включается резистор *R31* (240 кОм). На входе усилителя при этом изменяется полярность сигнала, а его амплитуда оказывается достаточной для надежного запирания транзисторов *V37*, *V36*. При этом автоматически проверяется исправность измерительного моста и транзисторного усилителя. Эта проверка практически исключает возможность включения выключателя на линию с поврежденной изоляцией вследствие неправильной работы БРУ.

В схеме шкафа имеется световая сигнализация о срабатывании БРУ. Если выключатель *QF* и реле *K9*, *K3* окажутся отключенными, то на сигнальном устройстве шкафа загорится лампа *H7* «Утечка». Причина этого может быть в опасном снижении сопротивления изоляции или в наличии повреждений в схеме БРУ и короткозамыкателя.

В схеме АПВ шкафов исполнения ОП и ОТ в цепь обмотки реле *K6* включен замыкающий контакт БРУ, чем осуществляется блокировка АПВ при снижении сопротивления.

В шкафах отходящих присоединений исполнения ОП и ОТ посредством реле косвенного действия *FA10* и *FA11* типа РТ-40 и реле времени *K8* типа РВ-142 осуществляется защита от перегрузки с независимой выдержкой времени. При срабатывании защита включает электромагнит отключения и отключает реле *K1*.

Шкафы отходящего исполнения ОП и ОТ в схеме устройства управления имеют контакт *K8.1* реле времени, которым осуществляется отключение реле *K1* при срабатывании защиты от перегрузки.

Остальные функциональные узлы схемы шкафов отходящих присоединений работают так же, как и шкафов исполнения В.

Схема управления и защиты секционного КРУ (рис. 7.23) в отличие от схемы вводного шкафа:

не имеет трансформатора напряжения и получает питание от трансформаторов напряжения вводных шкафов через реле *K10*, которое устанавливает предпочтительный режим питания и исключает параллельную работу трансформаторов напряжения смежных вводных КРУ;

имеет устройство пуска АВР. Однократное аварийное включение резерва осуществляется устройством АПВ, которое не отли-

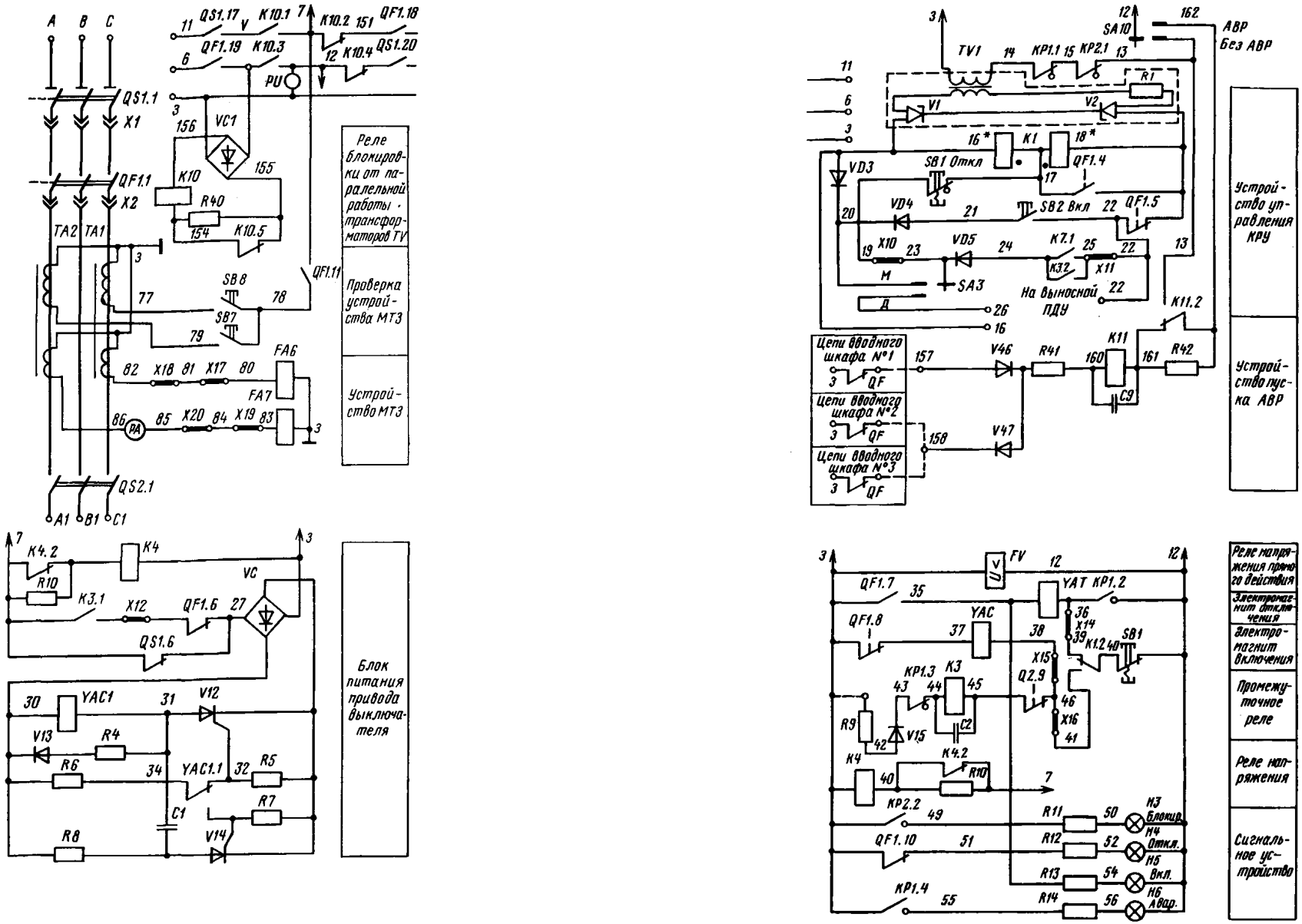


Рис. 7.23. Схема секционного исполнения (С) шкафа КРУВ-6

чается от аналогичных устройств в шкафах других исполнений.

В схеме устройства АПВ секционного шкафа в цепь зарядки конденсатора *С6* параллельно с замыкающим контактом *QF1.15* включен импульсный контакт *К11.3* реле времени устройства пуска АВР. Контакт *К11.3* при отключенном реле *К11* замкнут, поэтому устройство АПВ секционного шкафа в одних случаях используют как реле однократного АВР, а в других — как сред-

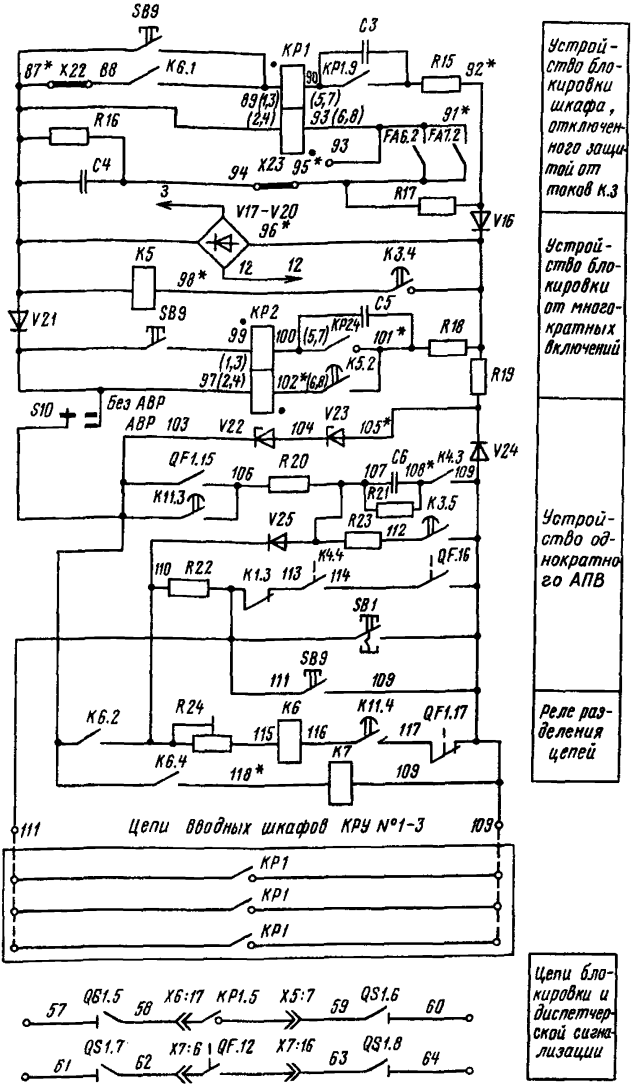


Рис. 7.23. (Продолжение)

ство однократного АПВ.

В цепь обмотки реле *К6* секционного шкафа введен контакт *К11.4*, выдержку времени которого можно регулировать (реле РВ-142). Это позволяет включать в работу АВР и АПВ секционного шкафа после окончания циклов АПВ на всех отходящих и вводных шкафах.

В цепь блокировки устройства АПВ секционного шкафа, выполненной на резисторе *R22*, дополнительно вводятся контакты блокировочных реле *KP.1* вводных шкафов, что используется для селективной блокировки АВР секционного шкафа при к. з. на шинах подстанции.

Устройство АВР секционного шкафа, кроме реле времени *K11* с диодами *V46* и *V47* и реле однократности действия, выполненного на устройстве АПВ, содержит также устройство блокировки против включения на параллельную работу трансформаторов напряжения вводных шкафов. Оно выполнено на базе реле *K10* (РП-252) и обеспечивает режим предпочтительного питания схемы от того вводного шкафа, к которому подключена обмотка реле *K10*.

В режиме работы «АВР» питание устройства управления секционного шкафа осуществляется только при включенном реле *K11*. Включение реле *K11* и срабатывание АВР (АПВ) возможны только при отключении одного из вводных выключателей. При отключении обоих вводов в двухсекционном РУ схема секционного выключателя не получает питания. В трехсекционном РУ с тремя вводами и двумя секционными выключателями при отключении любых двух вводов включение секционных выключателей (или любого из них) по АВР невозможно. Это обеспечивается тем, что при этом один из них не получает питания, а в другом реле *K11* оказывается включенным на переменное напряжение и не может осуществить пуск АВР.

В цепи обмотки реле *K10* имеется резистор *R40*, который зашунтирован размыкающим контактом *K10.5*. Резистор *R40* уменьшает ток удержания реле и предохраняет его обмотку от перегрева при длительном режиме работы.

В цепи обмотки реле времени *K11* также имеются резистор *R42* и шунтирующий его размыкающий контакт *K11.2*.

В шкафах КРУВ-6 всех исполнений электрическую блокировку шкафа, отключенного защитой от токов к. з., выполняет реле *KP1* (двухпозиционный дистанционный переключатель ДП-12 с магнитной блокировкой якоря). Реле МТЗ своими контактами *FA6.2* и *FA7.2* при срабатывании замыкает цепь разряда предварительно заряженного конденсатора *C4* на обмотку реле *KP1* (верхнюю).

При переключении контактов:

KP.1.1 — размыкается цепь питания реле управления *K1*;

KP1.2 — замыкается цепь отключающего электромагнита *YAT*;

KP1.3 — размыкается цепь промежуточного реле управления *K3*;

KP1.4 — замыкается цепь лампы *H6* «Авария».

Магнитная блокировка удерживает якорь реле *KP1* в положении, при котором выключение КРУ невозможно.

Деблокировка схемы осуществляется кнопкой *SB9* или замыкающим контактом *K6.1* устройства однократного АПВ. В обоих случаях собирается цепь питания верхней обмотки реле

KP1 для возврата его якоря в исходное положение. Конденсатор *C3* служит для удлинения импульса тока, протекающего через верхнюю обмотку в момент размыкания контакта *KP1.9*, что должно исключить «зависание» якоря и контактов в среднем положении.

Если по условиям эксплуатации АПВ шкафа, отключенного защитой от токов к. з., не допускается, необходимо снять накладки *X22* (на задней стенке блока Бл.1). При этом деблокировка шкафа может быть выполнена только вручную кнопкой *SB9*.

При необходимости, если это допускается условиями эксплуатации и требованиями ПБ, блокировку можно исключить из работы. Для этого надо снять накладку *X23* на задней стенке блока Бл.1.

В схемах шкафов КРУВ-6 всех исполнений осуществляется электрическая блокировка от многократных включений неисправного привода или выключателя. Схема выполнена на двухпозиционном реле *KP2* (ДП-12) и реле времени *K5* (РВ-142).

Если после неуспешного включения выключателя, обусловленного механическими неисправностями привода или выключателя, реле *K3* остается включенным, то остается включенным и реле *K5*, выдержка времени которого несколько превышает время заводки привода (дозаводки для выключателей первых выпусков). Поэтому раньше чем произойдет заводка привода для нового включения, реле *K5* замкнет свой контакт в цепи питания нижней обмотки реле *KP2*. При переключении его контактов:

KP2.1 — размыкается и блокируется цепь питания реле управления *K1*;

KP2.2 — включается лампа *H3* «Блокировка».

Реле *K1* размыкает свой контакт *KP1.3* в цепи обмотки реле *K3*, а это реле отключает реле *K5*.

Деблокировка схемы осуществляется кнопкой *SB9* и в рассмотренном выше случае. Ее контакт замыкает цепь питания верхней обмотки реле *KP2*, и оно возвращается в исходное положение.

Электрические схемы шкафов КРУВ-6 позволяют селективную блокировку секционного и вводного шкафов при к. з. на сборных шинах секции, которую они питают. При этом используется существенная разница между временем срабатывания реле РТМ вводного шкафа и реле РТ-40 шкафов отходящих присоединений.

Блокировочные цепи шкафов отходящих присоединений [зажимы *134* и *138* (см. рис. 7.22) в правой коробке вторичных цепей шкафов исполнения ОП и ОТ] необходимо соединить последовательно. Образовавшуюся цепь, содержащую размыкающие контакты токовых реле *FA10* и *FA11* защиты от перегрузки всех отходящих присоединений, необходимо присоединить на зажимы *94* и *95* в левой коробке выводов вторичной коммутации вводного шкафа. Исключить из работы устройство АПВ вводного шкафа [тумблер *SA10* (см. рис. 7.21) переключить в положение «без

АПВ»] и на задней стенке его релейного блока Бл.1 разомкнуть накладки *X22* и *X23*. Секционный шкаф перевести в режим работы с АВР.

Нормально выключатель секционного шкафа отключен. При к. з. в зоне действия защиты одного из отходящих присоединений допускается неселективное отключение вводного шкафа. При этом контакты *FA10.1* и *FA11.1* (см. рис. 7.22) отходящего присоединения разомкнутся раньше, чем будут замкнуты контакты *FA6.2* или *FA7.2* вводного шкафа. Цепь разрядки конденсатора *C4* (см. рис. 7.21) на обмотку реле *KP.1* не соберется, и не будет заблокировано устройство АВР секционного шкафа. Контактом *QF1.13* (см. рис. 7.20) вводного шкафа осуществляется пуск устройства АВР секционного шкафа. При замыкании с данной выдержкой времени упорного контакта *K11.4* включится реле *K6* устройства АПВ секционного шкафа. Контактами реле *K7* (разделения цепей) автоматически включится выключатель секционного шкафа по схеме АВР. При этом отключенная секция получит питание от резервного ввода и сохранится возможность дистанционного (телемеханического) включения вводного шкафа, отключенного защитой от токов к. з.

Если после успешного включения секционного выключателя через некоторое время произойдет его отключение вследствие действия нулевой защиты или неселективного действия защиты от токов к. з., то после восстановления напряжения (если перерыв не более 2,5—3 мин) или после замыкания блок-контакта *QF1.17* (при отключении от действия МТЗ) должно произойти автоматическое включение секционного выключателя по схеме АПВ.

При включении выключателя неселективно отключенного вводного шкафа выключатель секционного шкафа должен автоматически отключаться. Это происходит вследствие того, что обмотка реле *K11* не получает питания и отпускает. При этом размыкается цепь питания трансформатора *TV1* устройства управления. Реле управления *K1* отпускает и размыкающим контактом *K1.2* включает электромагнит отключения *YAT*. Замыкающий контакт *K11.4* в цепи обмотки реле *K6* дополнительно при этом исключает возможность включения секционного выключателя по АПВ.

При к. з. на сборных шинах секции РУ защита от перегрузки в отходящих шкафах не срабатывает. Цепь блокировки на зажимах *94* и *95* вводного шкафа останется замкнутой. Реле РТМ вводного шкафа отключает выключатель, воздействуя на замок отключения привода, а контактами *FA6.2*, *FA7.2* собирает цепь разрядки конденсатора *C4* на обмотку реле блокировки, которое своими контактами: *KP1.1* — отключит и заблокирует цепь питания устройства управления шкафа; *KP1.2* — соберет цепь электромагнита отключения; *KP1.4* — включит на шкафу сигнальную лампу *H6* «Авария»; *KP1.5* — выдаст сигнал аварийного отключения по цепям телемеханической (диспетчерской) сигнали-

зации; *KP1.6* (*KP1.7*) — разрядит конденсатор *C6* секционного шкафа на резистор *R22* и заблокирует работу его устройства АВР.

Для повторной подачи напряжения на отключенную секцию в таком случае необходимо выявить и устранить причину отключения, а также деблокировать схемы вводного и секционного шкафов кнопками *SB9*.

Схемы шкафов КРУВ-6 всех исполнений позволяют однократное автоматическое деблокирование (ОАД) схемы выключателя, отключенного защитой от токов к. з., без автоматического включения его. Этот режим работы применяют в сочетании с режимом дистанционного управления для исправления неселективного действия защиты. Для его осуществления необходимо ввести в работу устройство АПВ шкафа, *S10* включить в положение «АПВ», замкнуть накладки *X22*, *X23*, *X24*, разомкнуть накладку *X11* и перевести шкаф на дистанционное управление. При наличии селективной защиты или селективной блокировки применение ОАД не допускается.

К схеме шкафа любого исполнения при необходимости можно подключить дополнительное устройство защиты, автоматики и блокировки. Размыкающий контакт метан-реле или устройства *АГЗ* можно подключить к зажимам *19*, *20* (см. рис. 7.21) вместо перемычки *X10* (искробезопасная цепь) или к зажимам *8*, *12* вместо перемычки *X8* (искроопасная цепь). Питание метан-реле подключается к зажимам *3*, *11* (искроопасная цепь, см. рис. 7.20). В этих случаях осуществляются автоматическое отключение и блокировка включения выключателя при превышении допустимой концентрации метана или нарушении режима проветривания.

Зажимы *19*, *20* или *8*, *12* можно использовать также для подключения размыкающего контакта исполнительного органа защиты от замыкания (утечек) на землю. Замыкающий контакт этой защиты можно подключить к зажимам *93*, *95* (левая коробка, искроопасная цепь). В последнем случае при срабатывании защиты будет происходить блокировка шкафа.

Измерительные органы дополнительной токовой защиты, установленной вне шкафа, следует подключать к зажимам *80*, *81* и *83*, *84*. Накладки *X17* и *X19* соответственно должны быть разомкнуты. Замыкающий контакт этой защиты подключается к зажимам *93*, *95*.

При монтаже внешних цепей шкафа использование одного кабеля для искробезопасных и искроопасных цепей не допускается.

7.3.9. Рекомендации по выбору режимов работы шкафов КРУВ-6

Эффективность применения шкафов КРУВ-6 в подземных электрических сетях во многом зависит от полноты и правильности использования устройств защиты, электроавтоматики и блокировки, которыми они оснащены, а также от уровня их эксплуатации и технического обслуживания.

Работа комплекта КРУВ-6 определяется режимами:

управления — дистанционное (Д), телемеханическое (Т), от средств технологической автоматики (А), местное (М), ручное (Р);

работы электроавтоматики — АПВ, АВР, без АПВ, без АВР;

использования электроблокировки — неселективная блокировка шкафа, отключенного защитой от токов к. з. (Б);

селективной блокировки шкафов, отключенных защитой от токов к. з. (СБ); однократного автоматического деблокирования схемы шкафа, отключенного защитой от токов к. з., без автоматического повторного включения выключателя (ОАД); отсутствия блокировки (ОБ);

использования дополнительных средств защиты и блокировки — защита от замыкания (утечек) на землю (ЗЗ), автоматическая газовая защиты (АГЗ) и др.

Эти режимы в зависимости от условий эксплуатации требований, предъявляемых к схемам электроснабжения потребителей, могут использоваться в различных вариантах (табл. 7.4). В графе 5 таблицы указаны операции, которые необходимо произвести в шкафу КРУВ-6 данного исполнения. Варианты для шкафов одного исполнения (графа 6) приведены в порядке рекомендуемой предпочтительности (при необходимости выбора режимов работы шкафов КРУВ-6).

7.3.10. Оперативное управление шкафами КРУВ-6

К оперативному управлению шкафами КРУВ-6 допускаются лица электротехнического персонала, которые имеют право на оперативные переключения в установках выше 1140 В согласно ПБ и прошли специальное обучение.

Включение и отключение выключателя и разъединителей шкафа разрешается выполнять единолично, а операции в порядке текущей эксплуатации и технического обслуживания (вскрытие крышек вводных камер, камер шинного и линейного разъединителей, открывание двери камеры выключателя) — по распоряжению или наряду лица, ответственного за электроустановку, обязательно в присутствии второго лица электротехнического персонала.

Конструкция шкафа и наличие в нем блокировочного комплекта уменьшают вероятность аварий от неправильных действий обслуживающего персонала, но требуют соблюдения некоторых начальных условий и определенной последовательности оперативных переключений. Несоблюдение этих условий может привести к отказу или повреждению оборудования шкафа.

Оперативные переключения разъединителей

Для переключения разъединителей шкафа необходимо:

убедиться, что выключатель шкафа отключен; проверить положение сигнального блинкера, который виден в правое нижнее

Таблица 7.4

Варианты условий эксплуатации КРУВ-6 и операции по их реализации

Исполнение шкафа (характер нагрузки)	Режим			Установочные операции по рис. 7.23	№ вариантов применения	Примечание
	управления	работы электроавтоматики	блокировки			
1	2	3	4	5	6	7
В (групповая нагрузка)	Д	АПВ	СБ	Переключатель режима управления *SA3* установить в полож. «Д», режима работы *SA10* — в положение «АПВ». Все перемычки, кроме *X22* и *X23*, замкнуть. На зажимы *94*, *95* шкафа присоединить блокировочную цепь шкафов отходящих присоединений секции РУ	1	Наличие потребителей категории I
		Без АПВ	СБ	*SA10* переключить в положение «Без АПВ». Остальное по варианту 1	2	То же при наличии АВР секционного выключателя
			ОАД	Перемычку *X11* снять, зажимы *X22* и *X23* замкнуть (блокировочная цепь на зажимах *94*, *95* отсутствует). Остальное — по варианту 1	3	Отсутствие потребителей категории I, использование защиты от замыкания на землю (ЗЗ) и автоматической газовой защиты (АГЗ)
			Б	*SA10* переключить в положение «Без АПВ». Перемычки *X22* и *X24* снять, *X23* установить (блокировочная цепь на зажимах *94*, *95* отсутствует). Остальное — по варианту 1	4	Для неответственных потребителей при отсутствии ЗЗ и АГЗ
	М	АПВ	СБ	*SA3* переключить в положение «М», *SA10* — «АПВ». Остальное — по варианту 1	5	При наличии потребителей категории I обязательно постоянное дежурство обслуживающего персонала
			Б	Перемычку *X23* установить (блокировочная цепь на зажимах *94*, *95* отсутствует). Остальное — по варианту 5	6	То же
В (групповая нагрузка)	М	АПВ	ОБ	Перемычку *X22* установить, а *X23* снять. Остальное — по варианту 6.	7	То же при наличии ЗЗ и АГЗ
		Без АПВ	Б	*SA10* переключить в положение «Без АПВ». Перемычки *X22* и *X24* снять, *X23* установить. Остальное — по варианту 6	8	При отсутствии потребителей категории I
	Р	—	—	Снять перемычку *X14* Исключить из работы реле нулевой защиты прямого действия	9	Аварийный режим
С (групповая нагрузка)	М	АВР	СБ	*SA3* переключить в положение «М», *SA10* — «АВР». К зажимам *111*, *109* подключить параллельно блокировочные цепи вводных шкафов (зажимы *69*, *72* и *73*, *76* соответственно, см. рис. 7.20). Установить все перемычки, кроме *X22*	10	Основной режим секционного шкафа
	Д, Т	Без АВР	СБ	*SA3* переключить в положение «Д» *SA10*— «Без АВР». Остальное — по варианту 10	11	То же при наличии ДУ, ТУ
			ОАД	*SA10* переключить в положение «АВР». Перемычку *X22* установить, а *X11* — снять. Цепи блокировки вводных шкафов отсутствуют. Остальное — по варианту 11	12	При наличии ЗЗ и АГЗ

Окончание табл. 7.4

Исполнение шкафа (характер нагрузки)	Режим			Установочные операции по рис. 7.23	№ вариантов применения	Примечание
	управления	работы электроавтоматики	блокировки			
1	2	3	4	5	6	7
С (групповая) нагрузка)			ОБ	*SA10* переключить в положение «Без АВР». Перемычки *X22*, *X23* снять. Цепи блокировки вводных шкафов отсутствуют. Остальное — по варианту 11	13	То же
	М	АВР	Б	Цепи блокировки вводных шкафов отсутствуют. Остальное — по варианту 10	14	Отсутствие ЗЗ и АГЗ
			ОБ	Снять перемычку *X23*. Остальное — по варианту 14	15	При наличии ЗЗ и АГЗ
		Без АВР	Б	*SA10* переключить в положение «Без АВР». Остальное — по варианту 14	16	Постоянное дежурство обслуживающего персонала
	Р	—	—	По варианту 9	17	Аварийный режим
ОП, ОТ (одиночная трансформаторная нагрузка)	Д, Т	АПВ	Б	*SA3* переключить в положение «Д», *SA10*— «АПВ». перемычку *X22* снять, остальные установить	18	
			ОБ	Перемычку *X23* снять. Остальное — по варианту 18	19	При наличии ЗЗ, АГЗ
		Без АПВ	Б	*SA10* переключить в положение «Без АПВ». Остальное — по варианту 18	20	
			ОБ	Перемычку *X23* снять. Остальное — по варианту 20	21	При наличии ЗЗ, АГЗ
			ОАД	Перемычку *X22* установить, *X23* — снять. Остальное — по варианту 18	22	То же
	М	АПВ	Б	*SA3* переключить в положение «М». Остальное — по варианту 18	23	
			О	Перемычку *X23* снять. Остальное — по варианту 23	24	При наличии ЗЗ, АГЗ
		Без АПВ	Б	*SA10* переключить в положение «Без АПВ». Остальное — по варианту 23	25	Постоянное дежурство обслуживающего персонала
	Р	—	—	По варианту 9	26	Аварийный режим
ОП, ОТ (одиночная двигательная нагрузка)	А	Без АПВ	Б	То же 20	27	
			ОАД	То же 22	28	При наличии ЗЗ и АГЗ
	М	Без АПВ	Б	То же 25	29	Постоянное дежурство обслуживающего персонала
	Р	—	—	То же 9	30	Аварийный режим
ОП, ОТ (групповая нагрузка)	Д, Т	АПВ	Б	То же 18	31	
		Без АПВ	Б	То же 20	32	То же
			ОАД	То же 22	33	При наличии ЗЗ, АГЗ
	М	АПВ	Б	То же 23	34	
		Без АПВ	Б	То же 25	35	Постоянное дежурство обслуживающего персонала
	Р	—	—	То же 9	36	Аварийный режим

смотровое окно на двери шкафа (дополнительную информацию о положении выключателя дают сигнальные лампы на двери шкафа и показания амперметра);

убедиться, что дверь камеры выключателя плотно закрыта и охранное блокировочное кольцо повернуто против часовой стрелки до упора;

нажать вниз фиксатор и вывести его зуб из зацепления с блок-замком; вставить съемную рукоятку в приемное отверстие блок-замка на валу привода разъединителей;

повернуть съемной рукояткой вал привода разъединителей на 150° для включения разъединителей по часовой стрелке, для отключения — против часовой стрелки;

замкнуть блок-замок зубом фиксатора (повернуть фиксатор вверх) и снять съемную рукоятку; проверить положение разъединителей через смотровые окна на крышках камер разъединителей.

Оперативное управление выключателем

В режиме местного управления включение и отключение выключателя осуществляют кнопками, расположенными на двери камеры выключателя.

При отключенном выключателе в режиме готовности к включению в схемах шкафов всех исполнений включены реле напряжения *FV*, *K4* и горит лампа *H4* (см. рис. 7.21). В шкафах отходящего исполнения ОП и ОТ дополнительно должно быть включено реле *K9* БРУ (см. рис. 7.22), а в секционных шкафах — реле *K10* (см. рис. 7.23). В шкафах первых выпусков при подаче напряжения на схему автоматически осуществляется подзавод привода выключателя.

Для включения выключателя необходимо убедиться, что кнопка *SB1* не зафиксирована в нажатом положении, и нажать кнопку *SB2* «Вкл.» (см. рис. 7.21). При этом должно включиться реле управления *K1*, которое переключающим контактом *K1.2* включит промежуточное реле *K3*. Замыкающий контакт *K3.2* подключит к цепи управления реле *K1* диод *VD5*, после чего кнопку *SB2* можно отпускать. Контакт *K3.1* соберет цепь блока питания привода. Будет производиться заводка соленоидно-пружинного привода. Замыкающий контакт *K3.5* соберет цепь разряда конденсатора *C6* на резистор *R23*, что исключит возможность включения выключателя по АПВ после неуспешного оперативного включения. Замыкающий контакт *K3.4* включит реле времени *K5* устройства блокировки от многократных включений выключателя. В шкафах отходящих присоединений исполнения ОП и ОТ включения привода на заводку осуществляется после автоматического контроля исправности БРУ.

По окончании заводки привода автоматически включается выключатель и переключаются его блок-контакты и сигнальный блинкер. Размыкающим контактом *QF1.9* отключается реле *K3*,

а замыкающим контактом *QF1.7* включается лампа *H5* и подготавливается к работе цепь электромагнита отключения *YAT*. Размыкающим контактом *QF1.6* отключается блок питания привода и прекращается его заводка. Контактом *K3.4* отключается реле *K5*. О работе устройства управления и других узлов схемы см. в разд. 7.3.8.

При включенном выключателе в схеме шкафов включены реле управления *K1*, реле напряжения *K4*, горит лампа *H5* и происходит зарядка конденсаторов *C4* и *C6*, если соответственно не разомкнута накладка *X23* (см. рис. 7.23) и переключатель *SA10* установлен в положении «АПВ» («АВР»). В схеме секционного шкафа в режиме местного управления дополнительно включено реле *K10*.

Если при отключенном выключателе на двери шкафа кроме лампы *H4* горит лампа *H3* «Блокировка» или *H6* «Авария», то необходимо убедиться в исправности шкафа и нажать кнопку *SB9* «Деблокировка». При этом лампы *H3* и *H6* должны погаснуть. Если на двери шкафа исполнения ОП и ОТ горит лампа *H7* «Утечка», но при нажатии на кнопку *SB8* (БРУ больше, см. рис. 7.22) она гаснет, причину следует искать в разрыве цепи на контактах короткозамыкателя или в снижении до опасной величины сопротивления изоляции отходящего кабеля. Если при нажатии кнопки *SB8* лампа *H7* (см. рис. 7.22) не гаснет, значит, повреждение в цепях БРУ.

Для отключения выключателя в режиме местного управления необходимо нажать кнопку *SB1* «Откл» (см. рис. 7.21). При этом отключается реле управления *K1*, которое переключающим контактом *K1.2* замыкает цепь питания электромагнита отключения *YAT*. Контактом кнопки *SB1* замыкается цепь разрядки конденсатора *C6* на резистор *R22*, что не допускает включения выключателя по АПВ после его оперативного отключения. Электромагнит *YAT* воздействует на замок отключения и размыкает его. Если отключение выключателя по электрической схеме не произойдет, то шток кнопки *SB1* в конце своего движения воздействует на замок отключения и отключает выключатель механически. При отключении выключателя переключаются его блок-контакты и сигнальный блинкер. На двери шкафа гаснет лампа *H5* и загорается *H4*. Схема возвращается в состояние готовности к включению.

Если необходимо заблокировать включение выключателя, то привод кнопки *SB1* после нажатия следует повернуть по часовой стрелке на 90°.

При нажатии кнопки *SB1* выключатель отключается при любом режиме управления. Независимо от режима управления можно выключатель отключить нажатием кнопок *SB7* и *SB8* (см. рис. 7.23), если уставки срабатывания максимальных токовых реле *FA6* и *FA7* (в шкафах исполнения ОП и ОТ также реле *FA10* и *FA11*) не превышают некоторого значения (в среднем 9 А). В режиме

ручного управления при нажатии кнопок *SB7* или *SB8* выключатель может не отключаться из-за повреждений в схеме. О работе устройства управления в режимах дистанционного, телемеханического и автоматического управления см. в разд. 7.3.8.

При повреждениях в схеме, когда оперативное включение шкафа в режиме местного управления не осуществляется, по распоряжению лица, ответственного за электроустановку, или дежурного энергодиспетчера разрешается (если местной инструкцией не установлен другой порядок) перевести шкаф в режим ручного управления и включить выключатель ручным приводом. Запрещается включать выключатель в режиме ручного управления, если отказ схемы обусловлен работой метан-реле, устройств АГЗ или БРУ.

Для перевода шкафа в режим ручного управления:

при отключенных выключателе и разъединителях повернуть по часовой стрелке блокировочное кольцо и отвинтить болты крепления двери шкафа к фланцу;

открыть дверь шкафа, отвинтить болт крепления корпуса релейного блока Бл.1 и на задней стенке блока разомкнуть накладку *X14*. Если при повреждении шкафа происходит потеря напряжения в цепях управления, то надо исключить из работы реле минимальной защиты прямого действия;

установить на место и закрепить блок Бл. 1, убедиться, что выключатель в шкафу установлен и зафиксирован правильно, закрыть дверь шкафа в обратном порядке.

Для включения выключателя вручную:

убедиться, что кнопка *SB1* «Откл» не зафиксирована в утопленном положении. Вставить рукоятку в отверстие вала ручного включения (справа от нижней части двери шкафа);

качающими движениями рукоятки осуществить заводку пружинного привода до включения выключателя (20—30 качаний); в шкафах первых выпусков имеется замок включения, поэтому при ручном включении следует нажать и удерживать включенной кнопку *SB2* «Вкл.»

7.3.11. Комплексная проверка электрической схемы шкафа

При пусковой РНИ и перед спуском в шахту проверку функционирования электрической схемы осуществляют от постороннего источника напряжения с помощью разделительного трансформатора со вторичной обмоткой на 127 В. Для проверки шкафов секционного исполнения трансформатор дополнительно должен иметь отпайку на 100 В. Мощность трансформатора при проверке в шахте должна быть 500 В·А, а вторичное напряжение регулироваться от 0,3 до $2{,}2U_{ном}$. При новом включении проверку функционирования схемы в шахте разрешается выполнять по постоянной схеме питания (без применения промежуточного трансформатора) после подачи рабочего напряжения, если перед спуском

в шахту была проведена проверка шкафов в соответствии с требованиями заводской инструкции. Периодическую наладку функционирования схемы, как правило, следует выполнять при рабочем напряжении.

Перед проверкой от постороннего источника выключатель необходимо выкатить на подставку. В шкафах исполнения В, ОП и ОТ снять высоковольтный предохранитель *FU1* и на трансформаторе напряжения отсоединить высоковольтный гибкий ввод другой фазы (*А*). На зажимы *3* и *11* в правой коробке выводов вторичной коммутации присоединить выводы обмотки 127 В промежуточного трансформатора. В цепи проводника, подключаемого на зажим *11*, должен быть предохранитель со вставкой на 5 А или автоматический выключатель. В шкафах секционного исполнения, кроме того, к зажиму *6* через предохранитель на 1 А должен быть присоединен вывод вторичной обмотки трансформатора на 100 В.

Перед подачей напряжения на схему измерить содержание метана на рабочем месте и исключить доступ к трансформатору напряжения *TV*, так как на его выводах будет трансформироваться высокое напряжение. Как правило, подачу напряжения на схему осуществлять при закрытой двери камеры выключателя. Подача напряжения на схему при открытой двери должна быть оговорена в наряде. При этом выключатель должен стоять в положении, исключающем доступ в камеру выключателя.

Проверку схемы от постороннего источника при новом включении следует производить во всех режимах управления и работы электроавтоматики и блокировки при 0,85; 1 и $1{,}15U_{ном}$. Выбор режимов и установочные операции принимать по данным табл. 7.5.

После сборки схемы и проверки вкатить выключатель в камеру, соединить низковольтные штекерные разъемы *X3* и *X7*, зафиксировать выключатель в шкафу в рабочем положении, закрыть дверь камеры. Разблокировать и включить разъединители. Подать на схему напряжение $0{,}85U_{ном}$.

В режиме местного управления без АПВ проверить выполнение операций включения и отключения выключателя, работу электромагнита взведения *Y1*, независимого расцепителя, реле минимального напряжения *FV*, устройства блокировки от многократных включений, блокировку шкафа, отключенного защитой от токов к. з.; деблокирование схемы кнопкой *SB9* «Блокировка»; работу сигнальных ламп. В шкафах отходящих присоединений исполнения ОП и ОТ проверить также работу БРУ. Кнопками *SB7* и *SB8* можно отключить сопротивление утечки $R_{ут}$, а в разомкнутое плечо моста включить резистор *R36* (240 кОм) или *R37* (360 кОм). Если мост и усилитель исправны, то лампа *H7* должна загораться при нажатии кнопки *SB7* «БРУ меньше» и не должна гореть при нажатой кнопке *SB8* «БРУ больше». Следует помнить, что кнопки *SB7* и *SB8* имеют совмещенные функции. Проверку работы БРУ кнопками *SB7* и *SB8* выполнять при отключенном

выключателе. При включенном выключателе с помощью кнопок можно выполнить косвенную проверку функционирования устройств МТЗ. При нажатии кнопки *SB8* в схеме размыкается цепь питания обмотки реле *K3*. Это предупреждает случайное включение выключателя в процессе проверки БРУ.

При проверке операции включения обратить внимание на работу электромагнита взведения, режим которого во многом зависит от регулировки переключения *Y1.2*. При неустойчивой работе электромагнита взведения в цепь питания схемы привода рекомендуется включить амперметр с пределом измерения 10 А и отрегулировать работу переключателя *Y1.2* по режиму минимального тока потребления. Этому режиму соответствуют низкая частота переключений, максимальный ход якоря и наиболее благоприятные условия работы муфты обгона.

Для проверки работы независимого расцепителя *YAT* необходимо при выключении выключателя в левой коробке выводов вторичной коммутации перемкнуть зажимы *93* и *94*. Выключатель должен отключаться при первом касании. После отключения должны загореться лампы *H4* «Откл» и *H6* «Авария». Нажать кнопку *SB2* «Вкл» и убедиться, что операция включения не выполняется. Для деблокировки схемы нажать кнопку *SB9*.

Проверку действия реле минимального напряжения на механизм расцепления выполнять при включенном выключателе, отключив напряжение питания схемы. Если выключатель не отключится, то произвести дополнительную регулировку реле *K2*. О проверке параметров срабатывания и регулировке реле см. в разд. 5.6.

Зафиксировать кнопку *SB1* «Откл» в нажатом положении (нажать и повернуть по часовой стрелке). Нажать кнопку *SB2* «Вкл» и убедиться, что команда на включение не выполняется. Вернуть кнопку *SB1* в исходное положение.

Остальные проверки по этой программе можно выполнить только при открытой двери шкафа. При этом в цепи питания схемы остаются разомкнутыми блок-контакты *QS* и *QS1.4*. Для питания схемы концы обмотки 100 В промежуточного трансформатора подключить на зажимы *3* и *8* в левой коробке выводов вторичной коммутации. В цепи проводника, подключенного на зажим *8*, должен быть предохранитель с плавкой вставкой на 5 А.

Подать напряжение на схему. На винт *B1* замка отключения положить конец отвертки и, удерживая ее в таком положении, включить выключатель. Оно должно быть неуспешным. Сразу после отключения выключателя должна осуществляться заводка привода, но раньше, чем повторно включится выключатель, должна сработать блокировка против многократных включений привода. На табло шкафа должна включиться лампа *H3* «Блокировка». Деблокирование схемы выполнить кнопкой *SB9*. Если произойдет повторное включение выключателя, то следует про-

верить работу реле времени *К5* и при необходимости уменьшить на нем выдержку времени.

При включенном выключателе вручную замкнуть микропереключатель *FA6.2*. Выключатель должен отключиться и заблокироваться, а на табло должны загореться лампы *Н6* «Авария» и *Н4* «Откл». Нажать кнопку *SB9* и повторить проверку отключения выключателя микропереключателем *FA7.2*.

Для проверки БРУ в шкафах исполнения ОП и ОТ отсоединить на короткозамыкателе проводник *128* (положить изолирующую прокладку между ножом и губкой короткозамыкателя). При подаче напряжения на схему должна загореться лампа *Н7* «Утечка». Нажать кнопку включения *SB2* и убедиться, что команда на включение не выполняется. Восстановить схему и повторить проверку при отсоединенном (изолированном) проводнике *130*.

Заклинить якорь реле *К9* (блок Бл.2) во включенном положении и нажать кнопку *SB2* «Вкл». Выключатель при этом включиться не должен. На табло должны гореть лампы *Н7* «Утечка» и *Н4* «Откл». Повторить проверку при заклиненном в отключенном положении якоре реле *К9*. Выключатель и лампа *Н7* включаться не должны.

Положить изолирующую прокладку под контакт *К5.3* и попытаться включить выключатель кнопкой *SB2* — выключатель не должен включиться. Восстановить схему, закрыть блок Бл.2 и нажать кнопку «БРУ меньше». Должна загореться лампа *Н7*. При нажатии кнопки «БРУ больше» лампа *Н7* загораться не должна.

В режиме местного управления с АПВ проверить однократность АПВ, измерить допустимую продолжительность бестоковой паузы, проверить запрет АПВ при отключении выключателя защитой от токов к. з.

Установить переключатель *SA10* в положение «АПВ». На задней стенке блока Бл.1 проверить установку накладок *Х22*, *Х23*, *Х24* (последняя только в шкафах вводного исполнения). Подать на схему напряжение питания $0{,}85U_{\text{ном}}$. Включить выключатель. Здесь и далее перед каждой проверкой после включения выключателя необходимо делать паузу, достаточную для зарядки конденсатора *С6*, если не оговорено другое. Кратковременно перемкнуть зажимы *93*, *95* в левой коробке выводов вторичной коммутации. Выключатель должен отключиться и автоматически включиться. Повторить проверку, удерживая замкнутыми зажимы *93*, *95* до окончания цикла. После отключения выключателя однократное включение его по АПВ должно быть успешным. В конце цикла на табло должны гореть лампы *Н6* и *Н4*.

Разомкнуть накладку *Х22*, включить выключатель и замкнуть зажимы *93*, *95*. После отключения выключателя на табло загорится лампа *Н6*. АПВ не должно быть.

Включить выключатель и отключить его кнопкой *SB1* — АПВ быть не должно.

Повторить проверку устройств АПВ при напряжении питания $1,15U_{ном}$. Подать на схему напряжение питания и методом проб определить допустимую продолжительность бестоковой паузы, после которой еще возможно АПВ. Если продолжительность паузы окажется $\ll$2 мин, то необходимо проверить номиналы и исправность конденсатора *C6* и резисторов *R21*, *R20*. При необходимости их заменить.

На зажимы *16*, *22* и *26* в левой коробке выводов присоединить пульт дистанционного управления. Переключатель *SA3* установить в положение «Дист», *SA10* — «Без АПВ». Проверить установку на задней стенке блока Бл.1 накладок *X22*, *X23*, *X24*. Подать на схему напряжение питания $0,85U_{ном}$ и в режиме дистанционного управления без АПВ проверить выполнение операций включения и отключения кнопками местного и дистанционного управления. Включение выключателя должно осуществляться только с поста ПДУ. Отключение выключателя возможно дистанционно с поста ДУ и нижней кнопкой *SB1* «Откл». Убедиться, что при нажатой кнопке *SB1* выключатель как с поста ПДУ, так и кнопкой *SB2* «Вкл» не включается.

В разрыв каждого проводника *16*, *22* и *26* включить резистор *R* (24 Ом). Повторить проверки при 0,85 и $1,15U_{ном}$.

В шкафах первых выпусков после каждого включения должен производиться автоматический подзавод привода.

В секционных шкафах исполнения «С» питающее напряжение $0,85U_{ном}$ подавать на зажимы *3*; *6*; *11* в правой коробке выводов, кроме проверок, общих для шкафов всех исполнений; выполнить проверку устройства АВР. Установить переключатель *SA3* в положение «Без АВР» и в правой коробке выводов перемкнуть зажимы *3* и *157*. Удерживать их замкнутыми не менее 30 с. Включение выключателя по АВР при этом быть не должно. Повторить такую же проверку при замыкании зажимов *3* и *158*. Переключить тумблер *SA3* в положение АВР и перемкнуть зажимы *3* и *157*. Убедиться в надежности включения выключателя по АВР и повторить проверку при замыкании зажимов *3* и *158*. При включенном выключателе замкнуть на зажим *3* оба вывода — *157* и *158*. Выключатель должен отключиться. Повторить проверки при $1,15U_{ном}$.

Подать на схему напряжение питания $U_{ном}$ и измерить фактическую выдержку времени реле *K11*.

Пересоединить питание на зажимы *3*; *6*; *11* и проверить работу устройства АВР в условиях имитации питания от другого ввода.

Заключительную проверку схемы шкафа выполнить после установления на нем режима управления и работы, предусмотренного проектом.

Проверку работы и определение погрешностей МТЗ выполнить в соответствии с указаниями разд. 5.

Проверка и испытание изоляции

Сопротивление изоляции цепей первичной коммутации 6 кВ шкафов измерять мегаомметром на 2500 В между каждой фазой и заземленным корпусом, а также между фазами. Необходимо выполнить шесть измерений при включенных разъединителях и выключенном выключателе, затем отключить выключатель и разъединители, выполнить девять измерений сопротивления изоляции между разомкнутыми контактами выключателя и разъединителей. Измеренная величина сопротивления изоляции при новом включении должна быть $\geqslant$150 МОм.

При периодической РНИ, когда сборные шины находятся под рабочим напряжением, измерить сопротивление изоляции каждой фазы выключателя относительно корпуса и заземленных двух других фаз (выключатель включен) и между разомкнутыми контактами выключателя (всего шесть измерений). Сопротивление изоляции сборных шин всех шкафов секции (подстанции) измерять особо.

Сопротивление изоляции цепей вторичной коммутации измерять мегаомметром на 500 В при разомкнутых штепсельных соединителях между контактами штепсельных разъемов и корпусом для каждого участка в отдельности. Перед выполнением измерений отсоединить заземляющие проводники в цепях вторичной коммутации. Каждый отсоединенный проводник четко обозначить или записать, чтобы не допустить ошибки при восстановлении схемы после измерений. Измеренная величина сопротивления изоляции вторичных цепей должна быть $\geqslant$2 МОм.

При проверке шкафов перед спуском в шахту изоляцию первичных цепей высокого напряжения испытать повышенным напряжением промышленной частоты. Внешнюю изоляцию шкафов испытывать трехкратным плавным поднятием напряжения до 23 кВ без последующей выдержки; внутреннюю — напряжением 21 кВ в течение 1 мин; изоляцию каждой фазы испытывать относительно корпуса и заземленных двух других фаз при включенном выключателе. Между разомкнутыми контактами полюсов прикладывать испытательное напряжение 23 кВ. Скорость подъема напряжения до 8 кВ не нормируется, выше 8 кВ — от 0,6 до 0,7 кВ/с.

7.4. КОМПЛЕКТНЫЕ РАСПРЕДУСТРОЙСТВА КРУРН-6

7.4.1. Общие сведения

Шкафы КРУРН-6 рудничного нормального исполнения (РН) в зависимости от функциональных возможностей (см. табл. 7.1 и 7.2) и конструктивных особенностей имеют следующие модификации:

вводные ВО-4, ВО-6; секционные СО-4, СО-6; отходящих присоединений ОПО-4 — для одиночной установки и вводные ВК-4,

ВК-6; секционные СК-4, СК-6; отходящих присоединений ОПК-4 для комплектации КРУ. Цифры 4 и 6 обозначают номинальный ток ячейки — 400 или 600 А соответственно. Технические характеристики приведены в табл. 7.3.

7.4.2. Устройство шкафов и механические блокировки

Базовой основой шкафа КРУРН-6 (рис. 7.24) является трехфазный воздушный выключатель ВЭВ-6-16/630 с электромагнитным гашением дуги, встроенным пружинным приводом, электромагнитами управления и элементами защиты. Технические характеристики, устройство и принцип действия выключателя рассмотрены в разд. 7.3.4, привода выключателя — в разд. 7.3.5.

Выключатель *9* с тележкой *7* помещен в шкаф, каркас *8* которого представляет собой сварную конструкцию. Стенки шкафа, его дно и крышки выполнены съемными и крепятся болтами. Лицевая сторона шкафа закрывается дверью. Внутри шкафа размещены шинный *3* и линейный *12* разъединители, два трансформатора тока *10*, трансформатор напряжения *11*, высоковольтный предохранитель, трансформатор тока нулевой последовательности *1*, панель управления *4*, откидной рельс *6* с выкатным устройством. На двери шкафа устанавливается съемная рукоятка *5*.

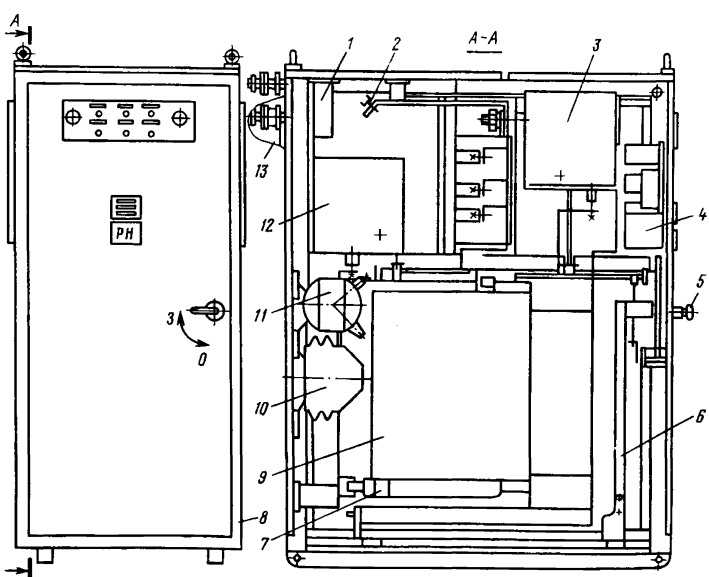


Рис. 7.24. Общий вид шкафа КРУРН-6 отходящих присоединений

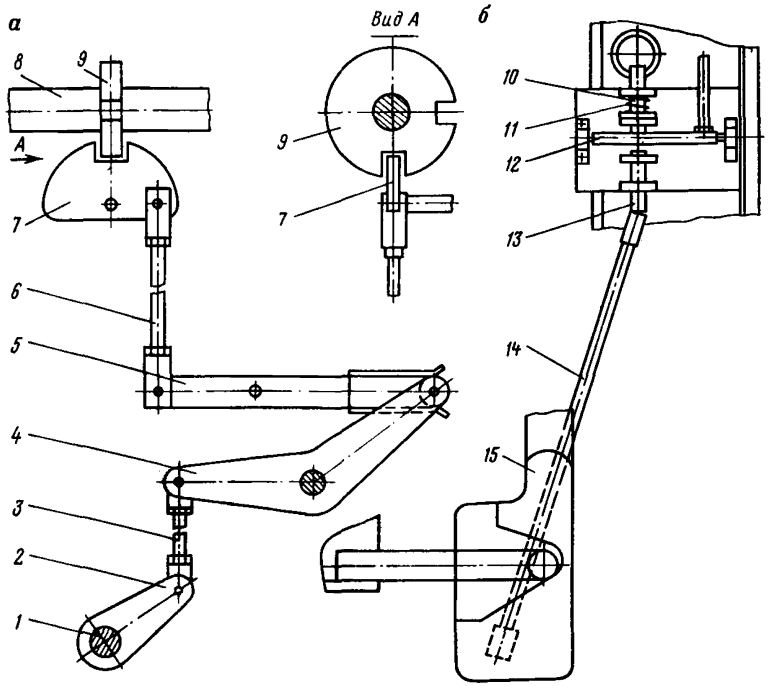


Рис. 7.25. Блокировки шкафа КРУРН-6:

а — выключателя с разъединителем; *б* — разъединителя с выкатным устройством; *1* — вал выключателя; *2, 4, 5* — рычаги; *3, 6* — тяги; *7* — полудиск; *8* — вал; *9* — диск; *10* — шток; *11* — пружина; *12* — вал; *13* — шток; *14* — тяга; *15* — выкатное устройство

Ввод высокого напряжения осуществляется на сборные шины. Отходящий кабель через муфту *13* и трансформатор тока нулевой последовательности *10* присоединяется к шинам *2*. Линейный разъединитель *12* шкафов отходящих присоединений имеет заземляющие ножи, которые при отключении разъединителя заземляют и закорачивают отходящую линию.

Вводной шкаф в отличие от шкафа отходящих присоединений не имеет трансформатора тока нулевой последовательности, устройства защиты БРУ и заземляющих ножей на линейном разъединителе. В шкафу несколько изменена ошиновка.

Секционный шкаф отличается от вводного отсутствием трансформатора напряжения высоковольтного предохранителя и наличием устройства пуска АВР. Кроме того, изменены цепи блокировки и диспетчерской сигнализации.

В КРУРН-6 применены шинный и линейный разъединители такие же, как в КРУВ-6 (см. разд. 7.3.2).

В шкафах всех исполнений предусмотрена механическая блокировка разъединителей с выключателем с выкатным устройством

и с откидным рельсом. Функциональные возможности блокировочного комплекса приведены в табл. 7.2.

В блокировке выключателя с разъединителями (рис. 7.25, *а*) вал *1* выключателя системой рычагов *2*, *4*, *5* и тяг *3*, *6* связан с блокировочным полудиском *7*. На промежуточном валу *8* привода разъединителей жестко закреплен блокировочный диск *9* с двумя пазами. При включенном выключателе полудиск входит в один из пазов диска *9* и запрещает поворот вала *8*. Два паза на диске позволяют включать выключатель в двух крайних положениях разъединителей. При отключенном выключателе паз на полудиске *7* становится против диска *9* и разрешает операции переключения разъединителей.

Блокировку откидного рельса с приводом разъединителей осуществляет сектор, который жестко закреплен на промежуточном валу привода разъединителей. При включенных разъединителях сектор входит в паз откидного рельса и замыкает его.

Блокировка разъединителей с выкатным устройством выключателя (рис. 7.25, *б*) происходит с помощью штока *10* и пружины *11*. Вал *12* привода разъединителей фиксируется в двух крайних положениях. При повороте выкатного устройства *15* шток *13* под действием тяги *5* входит в отверстие вала *3* и замыкает его. Это не допускает включения разъединителей при выключенном выключателе.

7.4.3. Электрические схемы ячеек КРУРН-6

Схемы управления и защиты шкафов всех исполнений выполнены на основе однотипных функциональных устройств. В качестве базовой принята схема вводного шкафа. Электрические схемы шкафов КРУРН-6 по составу идентичны электрическим схемам одноименных шкафов КРУВ-6 (см. разд. 7.3.1 и 7.3.8). Схемные решения функциональных блоков управления и защиты также идентичны решениям, принятым в шкафах КРУВ-6.

Электрическая схема вводного шкафа

Устройство оперативного управления шкафа выполнено на однообмоточном реле постоянного тока *2-К5* (рис. 7.26). Для питания реле используется обмотка со средним выводом трансформатора *2-TV2*. Параметры реле *2-К5* подобраны так, что включение его возможно только при питании обмотки реле двухполупериодным током.

В режиме местного управления при наличии питания через обмотку реле *2-К5* протекает ток одного полупериода, выпрямленный диодом *2-V12*. При нажатии кнопки *2-SB12* через диод *2-V13* на обмотку реле *2-К5* подается второй полупериод. Реле *2-К5* включается и включает промежуточное реле *2-К1.2*. Контакт *2-К1.5* подключает диод *2-V10*, через который на реле *2-К5.3* подается ток второго полупериода после отпускания кнопки *2-SB12*.

Реле *2-K1.2* контактом *2-K1.1* включает в работу электромагнит взведения *1-YAC* привода. После включения выключателя блок-контакт *1-Q2.5* размыкает цепь диода *2-V10*. В полупериод, когда диод *2-V12* открыт, ток протекает через обмотку реле и одновременно заряжается конденсатор *2-C6*. Во второй полупериод, когда диод *2-V12* закрыт, конденсатор *2-C6* разряжается на обмотку реле *2-K5* и оно удерживается во включенном положении.

В режиме дистанционного управления ключ *2-SA4* должен стоять в положении «Д». При отключенном выключателе горит лампа *2-HL6* «Откл». Обмотка реле *2-K5.3* обтекается однополупериодным током через диод *2-V14*, но он недостаточен для включения реле. При нажатии кнопки *2-SB6* цепь лампы *2-HL6* размыкается, а на обмотку реле *2-K5.3* подается второй полупериод через диод *2-V15*. Далее, как и при местном управлении, включается реле *2-K1* и кнопку *2-SB6* можно отпустить. После включения выключателя и замыкания блок-контакта *1—QF2.4* за счет разряда конденсатора *2-C6* резко уменьшается общее сопротивление в цепи лампы *2-HL5* и она включается.

В режиме АПВ (АВР) выключатель включается контактом *2-K4.4*. В режиме дистанционного управления с АПВ со снятием перемычки *X11* происходит однократное автоматическое деблокирование без включения выключателя. На зажимы *119*, *120* вместо перемычки *X18* включается размыкающий контакт внешнего устройства защиты или блокировки.

Оперативное отключение выключателя в режиме местного управления осуществляется кнопкой *2-SB2*. При этом размыкается цепь питания обмотки реле *2-K5.3*, которое контактом *2-K5.1* размыкает цепь реле *2-K1.2* и замыкает цепь *1-YAT*. В режиме дистанционного управления для оперативного отключения шкафа необходимо повернуть рычаг кнопки *2-SB5* в посту ДУ. Сохраняется возможность отключения выключателя кнопкой *2-SB2*.

Управление выключателем от устройств технологической автоматики и средств телемеханики осуществляется по схемам (см. рис. 7.21).

Схемы дистанционного управления шкафов обладают защитой от потери управляемости при любых повреждениях линии связи. При обрыве проводника *112* отключение выключателя не происходит, но сохраняется возможность отключения его кнопкой *2-SB5*. При всех остальных повреждениях линии связи (обрыв цепи питания реле, подача на обмотку реле переменного или однополупериодного тока) выключатель отключается автоматически.

Выключатель можно отключить также кнопкой *1-SB1* (на схеме не показана), которая механически воздействует на замок отключения. Ею разрешается пользоваться только при наладочных работах.

Устройство и принцип работы тиристорно-конденсаторного блока питания электромагнита взведения привода *1-YAC* см.

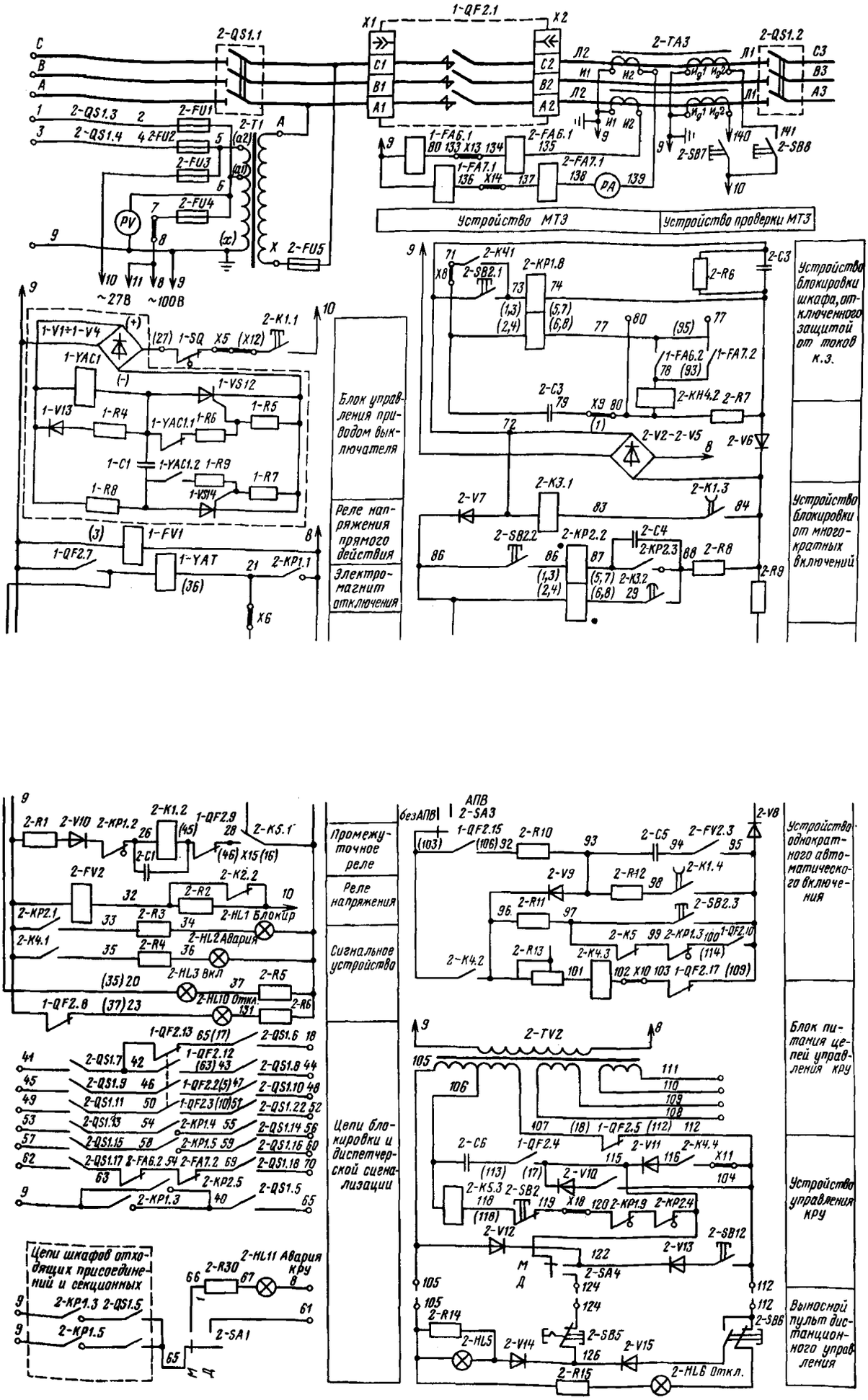


Рис. 7.26. Принципиальная электрическая схема вводной ячейки КРУРН-6

в разд. 7.3.5. В шкафах КРУРН-6 возможны два варианта: с замком включения и дозаводкой привода и без них.

Устройства МТЗ шкафов КРУРН-6 в основном отличаются от одноименных устройств шкафов КРУВ-6 только маркировкой (см. разд. 7.3.8). Вводные шкафы КРУРН-6 в отличие от вводных шкафов КРУВ-6 имеют в токовых цепях реле косвенного действия *1-FA6* и *1-FA7* типа РТ-40, которые используются для создания цепей селективной блокировки. Предусмотрена проверка функционирования устройств МТЗ с помощью дополнительных обмоток на сердечниках трансформаторов тока (кнопки *2-SB7*, *2-SB8*).

Устройство однократного АПВ шкафов КРУРН-6 отличается от устройства АПВ шкафов КРУВ-6 маркировкой элементов схемы и отсутствием ограничения бестоковой паузы. Конденсатор *2-C5* не имеет постоянно включенного в параллель разрядного резистора, поэтому продолжительность бестоковой паузы, после которой еще возможно АПВ (см. разд. 7.3.8), ограничена только временем саморазряда конденсатора *2-C5*.

Устройство блокировки шкафа, отключенного защитой от токов к. з., в шкафах КРУРН-6 отличается от аналогичного устройства шкафов КРУВ-6 наличием блинкера *2-KH4.2*, сигнализирующего о срабатывании МТЗ, и наличием зажимов *77*, *80* для подключения дополнительных устройств защиты и блокировки в цепь блокировочного реле *2-KP1*. Деблокировка схемы осуществляется кнопкой *2-SB2*.

Электрическая блокировка шкафа от многократных включений выполнена и работает так же, как и в шкафах КРУВ-6 (см. разд. 7.3.8).

Работа схемы вводного шкафа

Исходное состояние схемы после подачи напряжения у шкафов всех исполнений одинаковое: горит лампа *2-HL10* «Откл» на шкафу и *2-HL6* в пульте дистанционного управления. Включены реле максимального напряжения *1-FV1* прямого действия и *2-FV2* косвенного действия. Если в шкафу используется выключатель с замком включения, то автоматически включается электромагнит взведения и осуществляется подзавод пружинного привода до срабатывания концевого выключателя *1-SQ*.

В режиме местного управления без АПВ (переключатель *2-SA4* поставлен в положение «М»; *2-SA3* — «Без АПВ») включение выключателя осуществляется кнопкой *2-SB12*. При этом реле *2-K5.3* контактом *2-K5.1* включает промежуточное реле *2-K1.2*, которое контактом *2-K1.1* включает электромагнит взведения привода *1-YAC1*. Выключатель *1-QF2.1* включается. Контактом *2-K1.5* в устройстве управления включается диод *2-V10*, а *2-V13* после отпускания кнопки *2-SB12* отключается. Контактом *2-K1.3* включается реле времени *2-K3.1* устройства блокировки шкафа от многократных включений.

После включения выключателя *1-QF2.1* контактом *1-SQ* отключаются электромагнит включения *1-YAC1* и лампа *2-HL10* «Откл». Контактом *1-QF2.7* подготавливается цепь электромагнита отключения *1-YAT* и включается лампа *2-HL3* «Вкл». Контактом *1-QF2.5* отключается лампа *2-HL6* в пульте ДУ. Через контакт *1-SQ* осуществляется подзавод пружинного привода. Контактом *1-QF2.9* отключается обмотка реле *2-K1.2*. С выдержкой времени оно размыкает свой контакт *2-K1.3* в цепи реле времени *2-K3.1*. После размыкания контакта *1-SQ* операция включения заканчивается. Оперативное отключение осуществляется кнопкой *2-SB2*. При этом размыкается цепь реле *2-K5*. Контакт *2-K5.1* замыкает цепь электромагнита отключения *1-YAT*.

Автоматическое отключение выключателя при срабатывании максимальных токовых реле прямого действия *1-FA6*, *1-FA7* осуществляется непосредственным воздействием реле на замок отключения через релейный валик. Одновременно контактами *1-FA6.2* и *1-FA7.2* включается обмотка реле *2-KP1.8* и блинкерного реле *2-KH4.2*. Контактом *2-KP1.1* собирается цепь включения электромагнита отключения, если к этому моменту не будет разомкнут контакт *1-QF2.7*. Контактом *2-KH4.1* включается лампа *2-HL2* «Авария».

В режиме местного управления с АПВ (переключатель *2-SA3* установлен в положение «АПВ») осуществляется АПВ выключателя, отключенного неселективным действием МТЗ или защитой минимального напряжения. Продолжительность бестоковой паузы ограничивается временем саморазряда конденсатора *2-C5*. Пуск устройства АПВ производится блок-контактом *1-QF2.17* и контактом *2-FV2.3* реле минимального напряжения после восстановления напряжения. Конденсатор *2-C5* разряжается на обмотку реле *2-K4.3*, которое включается и контактом *2-K4.2* становится на самоподхват. Контактом *2-K4.4* замыкается цепь диода *2-V11*, включается реле *2-K5.3* и включается выключатель. Однократность АПВ обеспечивается еще тем, что в начале цикла включения контактом *2-K1.4*, размыкающимся с выдержкой времени, конденсатор *2-C5* включается на разрядное сопротивление *2-R12*. Если АПВ было неуспешным, то повторного включения не произойдет, поскольку конденсатор *2-C5* будет разряжен. Зарядка конденсатора возможна только при включенном выключателе.

Если по условиям эксплуатации не допускается АПВ выключателя, отключенного защитой от токов, к. з., то должна быть снята накладка *X8*. В этом случае деблокирование схемы возможно только вручную кнопкой *2-SB2*. АПВ выключателя, отключенного защитой от токов к. з., запрещено, но сохраняется возможность АПВ выключателя, отключённого защитой минимального напряжения.

Схемой шкафа предусматривается режим селективной блокировки, позволяющий исправить неселективное действие МТЗ. В разрыв накладки *X9* на зажимы *79* и *80* должна быть подклю-

чена блокировочная цепь из последовательно включенных размыкающих контактов токовых реле косвенного действия всех отходящих шкафов секции. Блокировкой используется разница во времени срабатывания замыкающих контактов максимальных токовых реле прямого действия *1-FA6*, *1-FA7* и размыкающих контактов токовых реле косвенного действия *2-FA6*, *2-FA7*. Перемычка *X8* должна быть разомкнута. При к. з. в зоне действия одного из отходящих шкафов секции блокировочная цепь на зажимах *79*, *80* будет разомкнута раньше, чем замкнется один из контактов *1-FA6.2* или *1-FA7.2*. При этом возможно неселективное отключение вводного шкафа максимальными токовыми реле прямого действия и последующего его АПВ, так как схема шкафа не будет заблокирована. При к. з. на шинах подстанции блокировочная цепь останется замкнутой. При срабатывании защиты вводного шкафа блокировочное реле *2-KP1* переключится и заблокирует схему шкафа. Одновременно контактом *2-KP1.4* по цепи *53*, *56* произойдет блокировка АВР секционного шкафа.

Значительный недостаток рассматриваемой схемы селективной блокировки — возможность ее эффективного использования только при включенных разъединителях всех шкафов секции. При наличии в секции отключенного разъединителя повторное включение выключателя на короткое замыкание становится возможным. Это необходимо учитывать при эксплуатации шкафов. При отключении разъединителей для сохранения селективной блокировки в шкафу следует устанавливать перемычку на зажимы *62*, *70*.

В режиме дистанционного (телемеханического) управления определенный интерес представляет режим однократного автоматического деблокирования схемы без включения выключателя в режиме АПВ. Его применяют в тех случаях, когда не может быть реализована селективная блокировка. Необходимо снять накладку *X11* в устройстве управления и установить накладки *X8* и *X9* в устройстве блокировки. При отключении выключателя МТЗ схема АПВ осуществляет автоматическое деблокирование выключателя. Сохраняется возможность включения его по каналам дистанционного управления. Такой режим управления позволяет исправлять неселективные отключения выключателя и разрешает многократно включать его на короткое замыкание. Последнее должно учитываться при применении этого режима.

Работа схемы при других режимах дистанционного управления происходит так же, как в режиме местного управления.

Электрическая схема шкафа отходящих присоединений (рис. 7.27) имеет схемы устройства оперативного управления, блока питания электромагнита взведения, устройства однократного АПВ, блокировки от многократных включений неисправного привода выключателя такие же, как и у вводного шкафа. Устройство блокировки шкафа, отключенного защитой, отли-

чается от рассмотренного тем, что имеет не одно, а три блинкерных реле (*2-КН4*, *2-КН8*, *2-КН9*). В цепь параллельно включенных контактов *1-FA6.9*, *1-FA7.2* токовых реле прямого действия *1-F6*, *1-F7* включено блинкерное реле *2-КН4*. Максимальные токовые реле косвенного действия *2-F6* и *2-F7*, осуществляющие защиту от перегрузки, своими контактами *2-FA6.3*, *2-FA7.3* включает реле времени *2-К8*. Контакт *2-К8.1* с блинкерным реле *2-КН8* включены в блокировочную цепь реле *2-КР.1*. Третий блинкер *2-КН9* включен в блокировочную цепь последовательно с замыкающим контактом *2-FA8.2* устройства защиты от однофазных замыканий на землю. Для подключения замыкающего контакта внешних устройств защиты и блокировки в схеме имеются зажимы *77* и *80*.

В схеме предусмотрена проверка функционирования устройства МТЗ путем подачи напряжения на дополнительные обмотки трансформаторов тока (кнопки *2-SB7*, *2-SB8*). В отличие от шкафов КРУВ-6 кнопки *2-SB7* и *2-SB8* не имеют совмещенной функции проверки БРУ.

Блокировочное реле утечки к измеряемой цепи подключается автоматически при отключении выключателя посредством контактов с двойным разрывом цепи. Устройство и принцип работы БРУ рассмотрены в разд. 7.3.8, а также в разд. 5.10.10.

Все шкафы отходящих присоединений КРУРН-6 снабжены устройством защиты от однофазных замыканий на землю, которое выполнено на базе трансформатора тока нулевой последовательности типа ТЗЛМ и реле РТЗ-50 (*2-FA8*). При срабатывании заземления защита от ОЗЗ контактом *2-FA8.2* воздействует на устройство блокировки шкафа — реле *2-КР1*. В трансформаторе *2-Т5* типа ТЗЛМ на заводе-изготовителе КРУ наматывается дополнительная обмотка, которая используется для проверки функционирования земляной защиты. При проверке напряжение 100 В от трансформатора *2-Т1* подается на дополнительную обмотку трансформатора *2-Т5* кнопкой *2-SB9*.

Работа схемы шкафа отходящих присоединений

Первая особенность работы шкафа отходящих присоединений во всех режимах управления — измерение сопротивления изоляции отходящей линии и автоматическая проверка исправности БРУ, выполняемые при каждом включении выключателя.

При отключенном выключателе и наличии напряжения питания БРУ через резисторы *1-R32*, *1-R33* и короткозамыкатель подключено к отходящей линии и осуществляет непрерывный контроль сопротивления ее изоляции. При $R_{ут} > 300$ кОм реле *2-К9* включено и переключающим контактом *2-К9.1* подготовлена цепь включения промежуточного реле *2-К1*. При подаче команды на включение последовательно включаются реле *2-К5*, *2-К1* и *2-К3*. Реле *2-К3* мгновенным контактом *2-К3.3* включает резистор *2-R25* в измерительное плечо моста. Вследствие этого в диа-

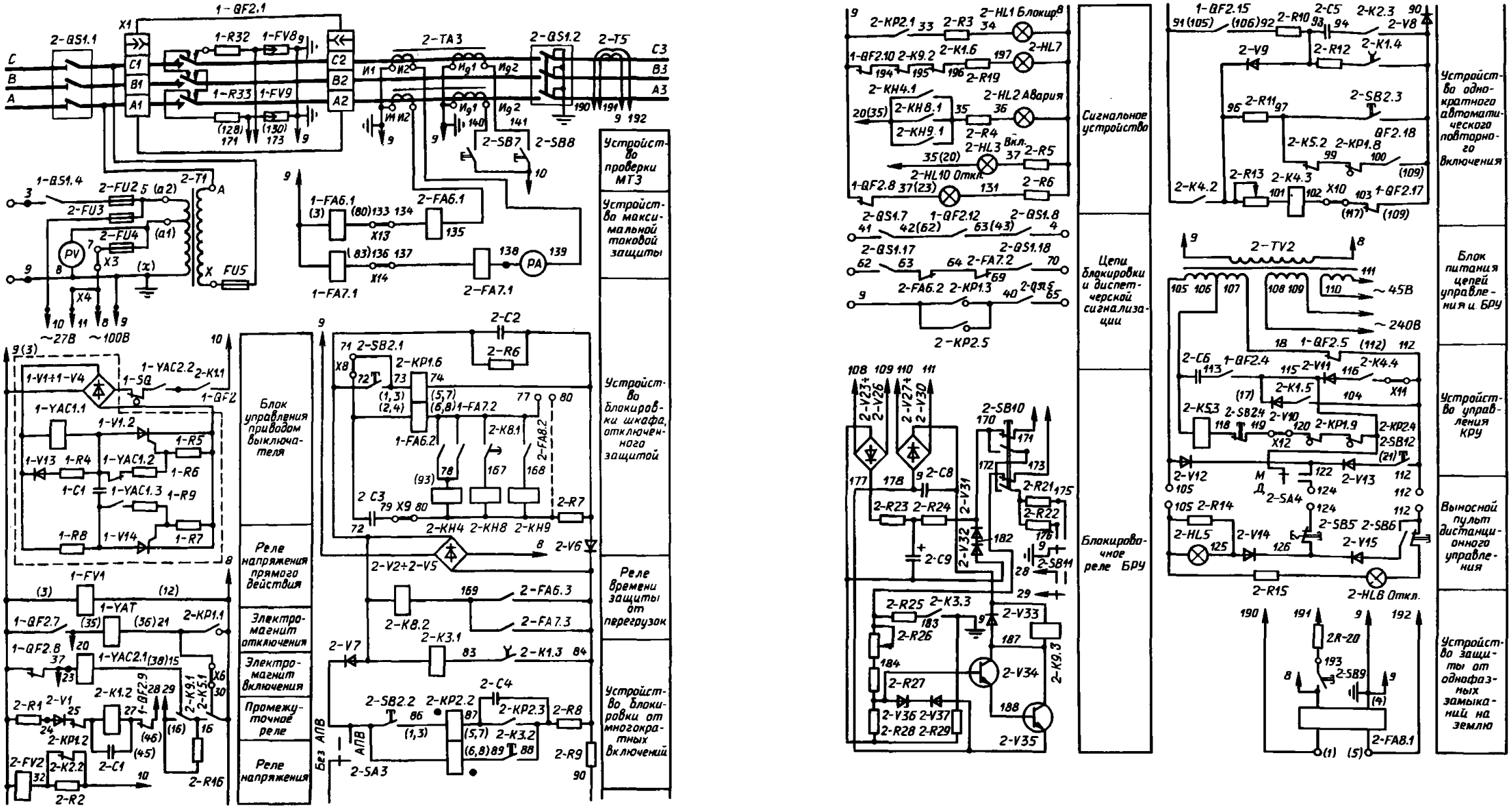


Рис. 7.27. Принципиальная электрическая схема ячейки КРУРН-6 отходящего

присоединения

гонали моста происходит переполюсовка сигнала и реле *2-K9* отключается. Его замыкающий контакт *2-K9.1* включает электромагнит замка включения *1-YAC2*. Раньше реле *2-K1* контактом *2-K1.1* замкнет цепь блока питания электромагнита взведения *1-YAC*. Так осуществляется разрешение исполнения операции включения в шкафах отходящих присоединений. Если сопротивление уставки <300 кОм, то реле *2-K9* будет отключено. Этим будет заблокировано включение реле *2-K1*, без которого включение невозможно. Реле *2-K9* может включиться вследствие повреждения усилителя,

и в этом случае будет разрешено включение реле *2-K1*. Но тогда реле *2-K9* останется включенным и после замыкания контакта *2-K3.3*, что будет означать блокировку электромагнита включения *1-YAC2*, т. е. и в этом случае включение выключателя будет невозможно. При разрыве цепи на короткозамыкателе реле *2-K9* заблокировано в отключенном положении и включение выключателя также становится невозможным.

Вторая особенность работы схемы шкафа отходящих присоединений обусловлена наличием в ней максимальной токовой защиты

от перегрузки с независимой выдержкой времени, выполненной на максимальных токовых реле косвенного действия *2-FA6*, *2-FA7* и реле времени *2-K8*. Замыкающие контакты *2-FA6.3*, *2-FA7.3* токовых реле включают обмотку реле времени. Последовательно соединенные размыкающие контакты токовых реле используются в цепях селективной блокировки вводных шкафов. Замыкающим контактом *2-K8.1* реле времени включаются блокировочное реле *2-KP.1* и блинкерное реле *2-KH8*. Выключатель отключается независимым расцепителем *1-YAT*. Блинкерным реле *2-KH8* включается лампа *2-HL2* «Авария».

Третья особенность работы схемы шкафов отходящих присоединений связана с наличием защиты от ОЗЗ и ее проверкой, которая осуществляется через блокировочное реле *2-KP1* и электромагнит отключения *1-YAT*. При срабатывании защиты включается лампа *2-HL2* и выпадает блинкер на реле *2-KH9*.

В остальном работа схемы шкафов отходящих присоединений не отличается от рассмотренной выше работы схемы вводного шкафа.

Электрическая схема секционного шкафа

В электрической схеме секционного шкафа (рис. 7.28) отсутствует трансформатор напряжения и питание осуществляется от трансформаторов напряжения смежных вводных шкафов. Блокировка от параллельной работы трансформаторов напряжения вводных шкафов производится реле *2-K6*. Этим же реле задается предпочтительный режим питания от того ввода, к которому подключена обмотка реле *2-K6*.

Схема секционного шкафа имеет устройство однократного автоматического включения резерва (АВР). Оно состоит из устройства пуска АВР, выполненного на реле времени *2-K7*, и устройства АПВ, которое обеспечивает однократность АВР. Схемные решения и элементная база устройства блокировки от параллельной работы трансформаторов напряжения и устройства пуска АВР приняты такими, как в одноименных шкафах КРУВ-6 (см. разд. 7.3.8).

Устройство блокировки секционного шкафа, отключенного защитой от токов к. з., отличается от аналогичного устройства вводного шкафа тем, что на зажимы *77* и *80* в цепь обмотки блокировочного реле *2-KP1* включены цепи селективной блокировки вводных шкафов. Контакты *2-KP1.8* в секционном и *2-KP1.3* во вводном шкафах включены в устройство блокировки АПВ.

В схеме МТЗ секционного шкафа отсутствуют реле косвенного действия.

Сигнальное устройство секционного шкафа выдает сигналы: о блокировке неисправного привода — лампа *2-HL1;* о работе максимальной токовой защиты и селективной блокировки — блинкерное реле *2-KH4*, сигнальная лампа *2-HL2;* о положении выключателя — лампа *2-HL3* или *2-HL10*.

Остальные узлы схемы выполнены так же, как в схеме вводного шкафа.

Работа схемы шкафа секционного исполнения

Нормально в рабочей схеме подстанции секционные шкафы должны быть отключены. Режим управления — местное или дистанционное — определяется наличием средств дистанционного управления.

Режим работы электроавтоматики («АВР», «Без АВР») и блокировки в каждом конкретном случае выбирают с учетом местных условий.

В режиме местного управления с АВР и селективной блокировкой (ключ *2-SA4* в положении «М»; тумблер *2-SA3.1* в положении «АВР»; перемычка *X8* разомкнута; на зажимы *77* и *80* подключены блокировочные цепи вводных шкафов) при наличии напряжения питания и отключенном выключателе в схеме включено реле *2-K6* блокировки от параллельной работы трансформаторов напряжения вводных ячеек, реле напряжения прямого *1-FV1* и косвенного *2-FV2* действия, заряжаются конденсаторы *2-C3*, *2-C5* и горит лампа *2-HL10*.

При отключении одного из вводных выключателей реле времени *2-K7* устройства пуска АВР включается и отрабатывает установленную на нем выдержку времени. Проскальзывающий контакт *2-K7.1* разрывает цепь зарядки конденсатора *2-C5*. При этом возможны следующие варианты.

1. Выключатель вводного шкафа не заблокирован и работает в режиме АПВ. Выдержка времени реле *2-K7* должна быть больше времени АПВ вводного шкафа. При успешном АПВ вводного шкафа реле *2-K7* отключается и схема секционного шкафа приходит к исходному состоянию.

2. АПВ выключателя вводного шкафа было неуспешным, вводной выключатель заблокирован. Контактом *2-KP1.4* вводного шкафа будет включено реле *2-KP1* секционного шкафа. Контактом *2-KP1.9* будет заблокирована цепь включения реле *2-K5*. Реле *2-K7* после отработки заданной выдержки времени включит реле *2-K4*, но включение выключателя не произойдет вследствие того, что в схеме заблокировано включение реле *2-K5* и *2-K1*. На табло будет гореть лампа *2-HL10*. Деблокирование выключателя возможно только местной кнопкой *2-SB2*.

3. АПВ выключателя вводного шкафа было неуспешным, секционный выключатель не заблокирован. Реле *2-K7* пуска АВР отработает свою выдержку и включит реле *2-K4*, которое контактом *2-K4.4* включит реле *2-K5*, т. е. осуществит запуск схемы включения. После включения выключателя контактом *1-QF2.17* реле *2-K4* будет отключено, а контактом *1-QF2.4* параллельно обмотке *2-K5.4* будет включен конденсатор *2-C6*, что позволит сохранить включенным реле *2-K5*.

Если при этом произойдет кратковременное отключение на-

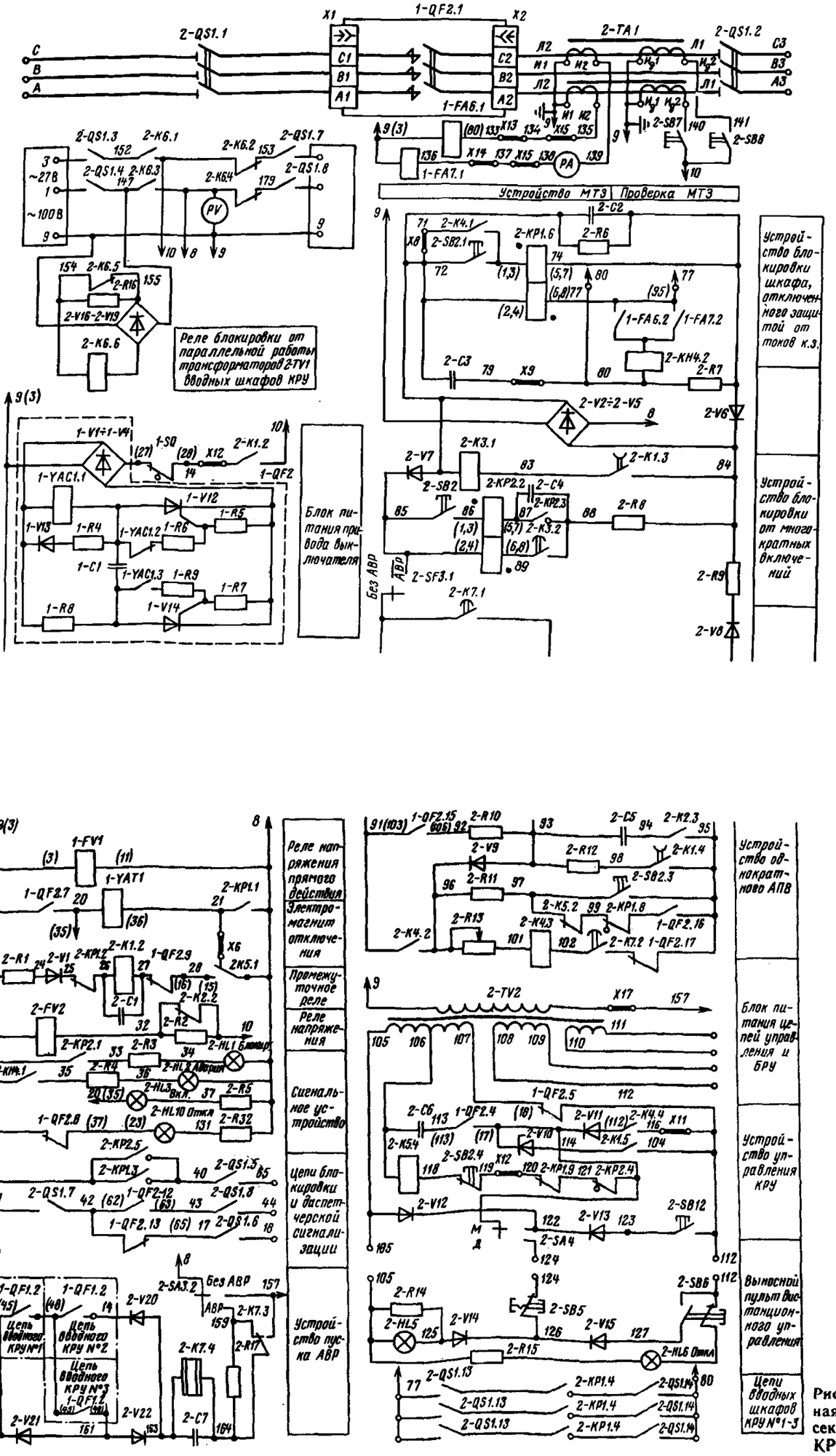


Рис. 7.28. Принципиальная электрическая схема секционной ячейки КРУРН-6

пряжения, то после его восстановления секционный выключатель включится по схеме АПВ, но время АПВ будет задано временем не разряда конденсатора *2-С5*, а реле *2-К7*.

Если при включенном секционном выключателе осуществить включение аварийно отключенного ввода, то реле *2-К7*, включенное на переменное напряжение, отпустит. При этом переключающим контактом *2-К7.3* будет снято напряжение питания с трансформатора *2-TV2*. Реле *2-К5* отключится и контактом *2-К5.1* включит электромагнит отключения. Одновременно по цепи *2-К5.2*, *2-КР1.8*, *1-QF2.16* конденсатор *2-С5* будет разряжен на резистор *2-R11*, что исключит повторное включение выключателя по схеме АПВ. На табло включится лампа *2-HL10*. Схема придет к исходному состоянию.

7.4.4. Оперативное управление шкафами КРУРН-6 и вывод их в ремонт

В режиме местного управления включение и отключение выключателя осуществляется кнопками управления *2-SB12* «Вкл» и *2-SB2* «Откл», расположенными на двери шкафа. Как правило, включение и отключение выключателя должно осуществляться при закрытой и замкнутой двери шкафа. При необходимости управления выключателем кнопками, расположенными на раме привода (режим наладки), должны быть приняты дополнительные меры безопасности.

Положение выключателя определяется механическим указателем и сигнальными лампами *2-HL3* и *2-HL10*. На выключателе, отключенном защитой от токов к. з. от перегрузки или защитой от ОЗЗ, горит лампа *2-HL2* и выпадает блинкер соотвественно на раме *2-КН*, *2-КН8* или *2-КН9*. Горящая лампа на табло *2-HL1* указывает на неисправность привода выключателя. При блокировке схемы шкафа отходящих присоединений от снижения изоляции на табло должна гореть лампа *2-HL7* (см. рис. 7.27).

При оперативном управлении выключателем по цепям дистанционного или телемеханического управления сигнализация положения выключателя осуществляется по этим же каналам и по цепям диспетчерской сигнализации.

Применение режима ручного управления выключателем см. в разд. 7.3.9.

Для включения разъединителя необходимо открыть дверь шкафа, проверить, отключен ли выключатель, убедиться, что тележка выключателя зафиксирована в рабочем положении. Оттянуть вверх кольцо защелки на приводе разъединителя и повернуть рукоятку привода из крайнего нижнего положения в крайнее верхнее. Визуально через смотровые люки проверить выключенное положение ножей разъединителей. Убедиться, что привод разъединителей надежно зафиксирован пружинной защелкой во включенном положении. Закрыть дверь шкафа.

Отключение разъединителей выполняют в порядке, обратном включению. Перед отключением разъединителей следует убедиться, что выключатель отключен. После отключения разъединителей проверить положение ножей разъединителей через смотровые люки.

Для вывода шкафа в ремонт после отключения разъединителей необходимо откидной рельс перевести из вертикального положения в горизонтальное. При повороте рельса в заключительной стадии его движения тележка выключателя с помощью выкатного устройства выдвигается в ремонтное положение. В этом положении штеккерные разъемы, которыми силовые цепи выключателя присоединяются к ошиновке шкафа, разомкнуты. Если по характеру выполняемой работы требуется выдвижение выключателя на откидной рельс, то надо рассоединить штеккерные разъемы цепей вторичной коммутации выключателя и выкатить тележку вручную за ручки на раме выключателя.

Вкатывание выключателя и постановку его в рабочее положение выполняют в обратном порядке.

7.4.5. РНИ и ТО шкафов КРУРН-6

Перед спуском в шахту шкафы должны быть проверены по программе заводской инструкции по эксплуатации.

Программа пусковой РНИ при новом включении.

1. Наружный осмотр. Работы выполнить с учетом рекомендаций разд. 3.2; 3.3; 3.4; 3.6; 3.13.

2. Внутренний осмотр. Доступ членов бригады внутрь камеры выключателя и открывание верхних крышек шкафа разрешаются только при условии полного снятия напряжения с подстанции (секции шин).

3. Ревизию и регулировку выключателя выполнить в соответствии с указаниями разд. 7.3.6.

4. Ревизию и регулировку разъединителей и блокировочных устройств произвести при полном снятии напряжения с подстанции (секции шин).

К фарфоровым частям разъединителей предъявляются те же требования, что и к фарфору опорных и проходных изоляторов (см. разд. 3.9).

Резьбовые регулировочные соединения тяг должны иметь контргайки.

Подвижные и неподвижные контакты должны быть соосны, а их касание — мягким, без толчков и боковых ударов. Центровку осуществлять перемещением ножа или неподвижного контакта за счет люфтов (на изоляторе и раме), а также прокладок из тонкой листовой стали под изоляторы.

При полностью включенном разъединителе между передней плоскостью ножа и подошвой контактной стойки должен оставаться зазор 5—6 мм. Разновременность включения ножей трех фаз допускается $\leqslant 3$ мм.

Одновременность включения контактов достигается изменением длины поводковых тяг изоляторов.

Плотность прилегания контактов проверяют в нескольких местах щупом 0,05 × 10 мм, который должен входить между контактами на глубину $\leqslant$5 мм.

Проверить исправность блокировочных устройств, выполнить обтяжку их креплений. Проверить совместную работу разъединителей, их привода и блокировок многократным включением и отключением. Операции включения и отключения следует выполнять одним движением привода, без рывков и ударов в тягах и ножах.

Измерение сопротивления изоляции разъединителей выполнять совместно со схемой шкафа.

5. При ревизии вводных устройств учитывать рекомендации разд. 3.7.

6. Проверка электрической схемы шкафа. Общие вопросы проверки и испытания электрических цепей см. разд. 3.12. Объем и последовательность проверки шкафов КРУРН-6 отличаются от рассмотренной ранее проверки электрической схемы шкафов КРУВ-6 в основном маркировкой присоединительных зажимов и условными обозначениями элементов схемы (см. разд. 7.3.11).

При проверке схемы вводного или отходящего шкафа напряжение питания ~127 В подается на зажимы *3* и *9*. В случае, когда по условиям проверки включение разъединителей не допускается, напряжение питания ~100 В необходимо подавать на зажимы *11*, *9* или *8*, *9*. Предохранитель *2-FU4* при этом должен быть со вставкой на 5 А. Для проверки секционного шкафа напряжение следует подавать на зажимы *3*, *1* и *9* (напряжение на зажимах *3*, *9* — 127 В; *1*, *9* — 100 В).

При проверке работы схемы в режиме дистанционного управления пульт ДУ присоединить к схеме через резисторы сопротивлением 36 Ом в каждом соединительном проводнике. Отсутствие самовключения при повышении напряжения питания до $1{,}5U_{\text{ном}}$ проверить при закороченных резисторах.

При проверке устройства АПВ должна быть установлена перемычка *X8*. Перед проверкой блокировки выключателя, отключенного защитой от токов к. з. или ОЗЗ, перемычку *X8* необходимо снять и включить выключатель. При имитации срабатывания защит, а также при нажатии кнопок *2-SB7*, *2-SB8* «Проверка МТЗ» и *2-SB9* «Проверка ОЗЗ» должен отключаться выключатель, выпадать соответствующий блинкер и включаться лампа *2-HL2*. Повторно выключатель должен включаться только после деблокирования схемы кнопкой *2-SB2*. К недостаткам схемы следует отнести возможность повторного включения выключателя при неподнятом блинкере и включенной лампе *2-HL2*.

Для проверки работы АВР секционного шкафа двухсекционного РУ необходимо замкнуть одну из двух пар зажимов *45*,

48 (далее, как в разд. 7.3.11). При этом выключатель секционного шкафа должен включиться. Если при включенном выключателе замкнуть вторую пару зажимов *45*, *48*, то должно произойти его отключение.

В трехсекционном РУ выключатель секционного шкафа при АВР должен включаться от замыкания двух пар зажимов *45*, *48*. При замыкании третьей пары зажимов *45*, *48*, а также при размыкании одной из двух включенных пар выключатель должен отключаться.

Для проверки селективной блокировки АВР секционного выключателя при к. з. на шинах РУ необходимо снять перемычку *X8* и замкнуть зажимы *77*, *80* либо зажимы *53*, *56* в схеме одного из смежных вводных шкафов. В этом случае ни при какой комбинации замкнутых зажимов *45*, *48* включение секционного выключателя при АВР не допускается.

Проверку блокировки от многократных включений выключателя и БРУ выполнять в таком же порядке, как в шкафах КРУВ-6 (см. разд. 7.3.11).

7. Проверка и регулировка устройств токовой защиты и защиты минимального напряжения рассмотрены в разд. 5.

8. Проверку и испытание электрической изоляции первичной и вторичной коммутации шкафа выполнять, как указано в разд 3.9 и 7.3.11.

8. ПЕРЕДВИЖНЫЕ КОМПЛЕКТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ

Передвижные комплектные трансформаторные подстанции (КТП) получили широкое распространение для питания электроприемников очистных и подготовительных участков угольных шахт, опасных по газу или пыли.

В настоящее время на шахтах в основном применяются сухие рудничные КТП серии ТСШВП и ТСВП (табл. 8.1).

Все рудничные КПТ состоят из четырех основных частей: силового трансформатора, распредустройств высшего (РУВН) и низшего (РУНН) напряжений и ходовой части.

Силовые трансформаторы (см. разд. 4) являются базовыми элементами КПТ, определяющими их основные размеры. РУВН представляет собой трехполюсный разъединитель, встроенный в оболочку с исполнением по взрывозащите 4 В. Разъединитель-выключатель в РУВН рассчитан на отключение тока допустимой нагрузки КТП (в ранее выпускавшихся КТП серии ТКШВП он был рассчитан на отключение только тока холостого хода). Он имеет электромеханическую блокировку с автоматом РУНН и электрическую блокировку с высоковольтным КРУ на ЦПП. Для наблюдения за положением ножей разъединителя-выключателя в РУВН имеются смотровые окна.

Для проведения монтажа, осмотра и текущего ремонта разъединителя-выключателя предусмотрена откидная крышка. Все крышки РУВН имеют уплотнения из теплостойкой резины. Высоковольтный кабель присоединяют через вводную коробку с кабельными муфтами и съемной крышкой в верхней части РУВН. РУНН — комплект аппаратуры и приборов, смонтированных в оболочке с исполнением РВ-3В. Основная оболочка РУНН шахтных КТП серии ТСШВП последних модификаций и серии ТСВП имеет быстрооткрываемую крышку (в серии ТКШВП откидная крышка с болтовым креплением). Автоматический выключатель (далее — автомат) — основной элемент РУНН. Рукоятка автомата выведена на боковую стенку РУНН.

Ходовая часть представляет собой раму, установленную на пару стандартных полускатов для колеи 600 или 900 мм.

8.1. ПОДСТАНЦИИ СЕРИИ ТСШВП

КТП серии ТСШВП (см. табл. 8.1) с 1960 г. выпускал Запорожский трансформаторный завод, с 1964 г. — Хмельницкий завод трансформаторных подстанций, а затем Донецкий энерго-

завод. Подстанции комплектовались силовыми трансформаторами ТСШВ (см. разд. 4) мощностью до 630 кВ·А включительно на вторичное напряжение 380/660 В.

Основной элемент РУВН — разъединитель-выключатель, способный отключать ток нагруженного трансформатора. Оболочка РУВН рассчитана на подключение бронированных кабелей СБ, полугибких ЭВТ и гибких ГРШ сечением до 95 мм² и двух контрольных кабелей сечением 3×2,5 мм².

Силовые трансформаторы серии ТСШВ (см. разд. 4) в подстанциях ТСШВП мощностью 100, 160 и 250 кВ·А имеют выводы на стороне НН через проходные изоляторы в оболочку РУНН, где производится соединение обмотки в «треугольник» или «звезду». В КТП мощностью 400 и 630 кВ·А обмотка НН соединена в «треугольник» на выемной части.

РУНН представляет собой комплект коммутационной защитной и измерительной аппаратуры, который встроен во взрывобезопасную оболочку, рассчитанную на избыточное давление 1,0 МПа.

Основной элемент РУНН — автоматический выключатель.

В ТСШВП мощностью до 400 кВ·А включительно установлен конденсаторный блок для снижения тока при к. з. в цепи катушки независимого расцепителя автомата.

В ТСШВП мощностью 630 кВ·А и напряжением 660 В в РУВН предусмотрена более совершенная защита, обеспечивающая кроме защиты от токов утечки контроль изоляции сети НН до подачи в нее напряжения, дополнительно встроен блок питания нулевого расцепителя автомата, тепловой и газовой защиты.

На базе разработанных ТСШВП-630/6-1,2 в настоящее время выпускаются КТП типа ТСВП-630/6-1,2 с напряжением на стороне НН 1140В (см. разд. 8.3).

Схема электрической блокировки подстанции (рис. 8.1) предусматривает возможность включения и отключения разъединителя РУВН только при отключенном положении ячейки, питающей КТП, и отключения разъединителя при отключенном положении автомата РУНН. Эта блокировка имеет две цепи, одна из которых соединяет блок-контакт разъединителя-выключателя *SQ2* с нулевой катушкой *FV* выключателя в ячейке, питающей КТП, а другая — блок-контакт *SQ1* разъединителя-выключателя РУВН с отключающей катушкой *YAT* (независимым расцепителем) автоматического выключателя в РУНН. Параллельно второй цепи подключен контакт *РУ* реле утечки. При повороте рукоятки РУНН в положение «Откл.» блок-контакты первой цепи размыкаются, а блок-контакты второй цепи замыкаются. В результате отключаются соответственно выключатель ячейки, питающей КТП, и автоматический выключатель в РУНН шахтной КТП. Автоматический выключатель в РУНН имеет блокировочное устройство, не допускающее его включение после отключения независимым расцепителем. В этом случае его включение возможно только

Таблица 8.1

Основные технические данные передвижных подстанций

Трансформаторная подстанция	Номинальная мощность $S_{ном}$, кВ·А	Силовой трансформатор: Напряжение U_x, В: ВН (±5 %)	Силовой трансформатор: Напряжение U_x, В: НН	Силовой трансформатор: Номинальный ток, А: ВН	Силовой трансформатор: Номинальный ток, А: НН	Напряжение к. з. $U_к$, % номинального	Ток х. х. I_x, % номинального	Потери, Вт: P_x при номинальном напряжении	Потери, Вт: $P_к$ при номинальной нагрузке	Габаритные размеры, мм: Длина	Габаритные размеры, мм: Ширина	Габаритные размеры, мм: Высота от головки рельса	Масса, кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТСШВП-100/6	100	6000	400/690	9,7	145/84	3,5	6,0	870	1 120	2670	960	1315	2090
ТСШВП-16-/6	160	6000	400/690	15,4	230/133	3,5	4,5	1330	2 000	3300	1040	1550	3400
ТСШВП-180/6	180	6000 (3000)	400/690	17,3	260/150	4,95—6,05	9,1	1552	2 420	3100	1064	1240	2500
ТСШВП-180/6	180	6000 (3000)	400/690	17,3	260/150	5,5	7+2,1	1350	2 200	2915	1050	1230	2510
ТСШВП-240/6	240	6000	690	23,1	201	5,0	6,5	1700	2 300	3100	1064	1295	2900
ТСШВП-250/6	250	6000	400/690	24,0	362/209	3,5	3,5	1650	2 300	3520	1200	1550	3800
ТСШВП-320/6	320	6000	690	30,8	268	5,0	6,0	2300	2 500	3250	1064	1295	3400
ТСШВП-400/6	400	6000	690	39,4	335	3,5	5,5	2250	2 900	3230	1130	1530	4200
ТСШВП-630/6	630	6000	690	61,0	527	3,5	1,5	2800	4 700	3920	1170	1600	5500
ТСШВП-630/6—1,2	630	6000	1200	61,0	304	3,5	1,5	2800	4 700	4020	1170	1600	5600
ТСВП-100/6	100	6000	400/690	9,7	145/84	3,5	5,0	940	1 270	3300	1020	1430	2150
ТСВП-160/6	160	6000	400/690	15,4	231/133	3,5	4,5	1330	2 000	3300	1170	1425	2460
ТСВП-160/6 (КП)	160	6000	400/690	15,4	230/133	3,5	3,6	1160	1 900	3300	1166	1430	2500
ТСВП-250/6	250	6000	400/690	24	362/209	3,5	3,5	1590	2 490	3470	1020	1430	2950
ТСВП-400/6	400	6000	690	38,5	335	35	3	2180	3 700	3570	1170	1495	3700
ТСВП-400/6 (КП)	400	6000	690	39,4	335	3,5	2,2	2000	3 600	3570	1166	1500	3680
ТСВП-630/6	630	6000	690	540	527	3,5	1,5	2690	4 700	3770	1020	1580	3565
ТСВП-630/6—1,2	630	6000	1200	61,0	304	3,5	1,5	2800	4 700	4020	1170	1595	5470
ТСВП-1000/6—05	1000	6000	1200	—	—	4,5	1,5	2630	10 200	3950	1166	1600	6990

Примечания: 1. Распредустройства ВН и НН подстанций соответственно оборудованы: ТСШВП первых выпусков — разъединителями на 75 А и автоматами А-15-4у (с 1961 г. — АВ-15у); ТСШВП последних выпусков — выключателями нагрузки 75 А и автоматами АВМ-4у и АВМ-6у; ТСВП — выключателями нагрузки и автоматами серии А3700. 2. Расшифровка обозначения: Т — трансформаторная; С — с сухим трансформатором; Ш — шахтная; В — взрывобезопасная; П — передвижная; первое число после букв — мощность, кВ·А; число после дроби — класс напряжения обмотки высшего напряжения, кВ; буквы КП — для крутых пластов; число 1,2 — класс напряжения обмотки НН, кВ. 3. Исполнение КТП всех типов РВ-4В-3В.

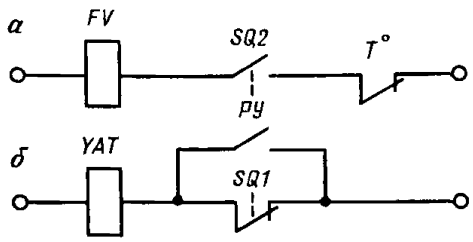


Рис. 8.1. Схема электрической блокировки подстанции ТСШВП:

а — между высоковольтным РУ (ячейкой) и разъединителем РУВН; *б*— между разъединителем РУВН и автоматом РУНН; *FV* — нулевая катушка высоковольтной ячейки; *YAT* — отключающая катушка автоматического выключателя

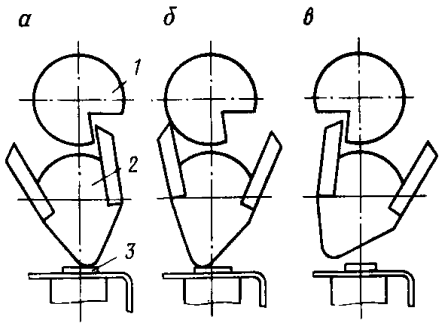


Рис. 8.2. Электромеханическая блокировка в КТП типа ТСШВП:

1 — диск на валу разъединителя-выключателя; *2* — кулачок блокировочного вала; *3* — кнопка

после ручного возврата блокировочного устройства в исходное положение, что можно выполнить только при открытой крышке РУНН.

Шахтные КТП типа ТСШВП имеют электромеханическую блокировку (рис. 8.2) разделителя-выключателя ВН с выключателем ячейки ВН и автоматическим выключателем в РУНН. Эта блокировка исключает возможность отключения разъединителем-выключателем тока нагрузки, а также включение выключателя ячейки ВН и автоматического выключателя в РУНН при отключенном разъединителе-выключателе.

Положения блокировочной рукоятки «Отключено» (рис. 8.2, *а*) и нейтральное соответствуют положению замыкания цепи *1* электрической блокировки.

Включение-отключение разъединителя-выключателя ВН производится в нефиксированном нейтральном положении блокировочной рукоятки (рис. 8.2, *б*). В этом положении выступы кулачка блокировочного вала выведены из зацепления с диском вала разъединителя-выключателя, одна пара блок-контактов кнопки управления в цепи катушки независимого расцепителя автоматического выключателя НН замкнута и блокирует при этом включение последнего, а другая пара блок-контактов в цепи нулевой катушки выключателя ячейки ВН разомкнута.

Замыкание цепи электрической блокировки соответствует включенному положению блокировочной рукоятки (рис. 8.2, *в*), при этом первая пара блок-контактов разомкнута, что позволяет включать и отключать автоматический выключатель НН и ячейку ВН.

При установке блокировочной рукоятки в отключенное положение (рис. 8.2, *в*) манипулирование разъединителем-выключателем ВН исключается, так как выступы кулачка блокировочного вала входят в паз диска на валу разъединителя-выключателя.

Открывание и закрывание быстрооткрываемой крышки РУНН возможно только с помощью блокировочной рукоятки РУВН, которая снимается при отключенном разъединителе-выключателе ВН.

В шахтных КТП типа ТСШВП мощностью 630 кВ·А для питания электроприемников с номинальным напряжением 660 В электромеханическая блокировка несколько изменена по сравнению с КТП мощностью до 400 кВ·А. Так, одна пара блок-контактов кнопки управления введена в цепь катушки нулевого расцепителя выключателя ячейки ВН, а другая — в цепь катушки нулевого расцепителя автоматического выключателя в РУНН. При этом в нейтральном положении блокировочной рукоятки обе пары блок-контактов кнопки управления размыкаются и разрывают цепь катушки нулевого расцепителя автоматического выключателя в РУНН и цепь нулевой катушки выключателя ячейки ВН. В положении блокировочной рукоятки «Откл.» обе пары блок-контактов остаются разомкнутыми, а в положении «Вкл.» — замкнутыми.

В КТП мощностью 630 кВ·А для питания электроприемников с номинальным напряжением 1140 В электромеханическая блокировка аналогична блокировке в КТП мощностью до 400 кВ·А. Размыкающий контакт кнопки управления в РУВН у этих КТП, предназначенный для блокировки отключения нагруженной КТП разъединителем-выключателем ВН, включен в цепь отключающей катушки дистанционного расцепителя автоматического выключателя в РУНН. Замыкающий контакт этой кнопки управления, предназначенный для блокировки отключения нагруженной КТП разъединителем-выключателем ВН при включенной ячейке ВН, включен в цепь дистанционного отключения ячейки ВН.

Так как в РУНН этих КТП встроен заземляющий короткозамыкатель, то предусмотрена механическая блокировка автоматического выключателя НН и указанного короткозамыкателя, которая предотвращает включение автоматического выключателя при включенном короткозамыкателе и, наоборот, включение короткозамыкателя при включенном автоматическом выключателе.

8.2. ПОДСТАНЦИИ СЕРИИ ТСВП-Х/6

С 1982 г. выпускаются передвижные трансформаторные подстанции серии ТСВП мощностью 100, 160, 250, 400, 630 и 1000 кВ·А, которые постепенно заменяют передвижные подстанции всех предыдущих серий.

Основные четыре части КТП этой серии по конструкции аналогичны КТП серии ТСШВП.

Силовой трансформатор имеет трехфазный стержневой магнитопровод, который набирается из холоднокатаной электротехнической стали. Обмотки трансформатора из медного провода с нагревостойкой изоляцией класса Н.

Типы обмоток: ВН — непрерывная катушечная (400, 630 кВ·А); многослойная цилиндрическая (100, 160, 250 кВ·А); НН — цилиндрическая двухслойная. Для улучшения охлаждения в обмотках предусмотрены каналы.

Оболочка трансформатора выполнена круглой (100, 160 и 250 кВ·А) и овальной (400 и 630 кВ·А) формы, без внутреннего и наружного оребрения (100 кВ·А), без внутреннего с наружным оребрением (160 кВ·А), с ребристой внутренней и наружной поверхностями (250 кВ·А, 630/6-1,2), гофрированной (400, 630 кВ·А).

На нижней части оболочки предусмотрены для спуска конденсата специальные взрывонепроницаемые пробки, заполненные дробленым кварцитом или стеклошариками марки «К» диаметром 3—4 мм.

РУВН представляет собой стальную взрывонепроницаемую оболочку, которая с помощью фланцевого соединения крепится к оболочке трансформатора болтами. В оболочку вмонтирован трехполюсный разъединитель-выключатель нагрузки, способный отключать ток нагруженного трансформатора. Разъединитель-выключатель нагрузки имеет электромеханическую блокировку с автоматическим выключателем РУНН. Кроме того, имеется электрическая блокировка разъединителя-выключателя нагрузки КТП с высоковольтной ячейкой.

Для присоединения подстанции со стороны ВН используется кабель бронированный марки СБ-6 или кабель ЭВТ-6 с сечением жил до 50 мм^2. При этом для подстанции ТСВП-630/6-1,2 длина кабеля должна быть $\geqslant$100 м. Во вводной коробке размещены две муфты для подключения контрольных кабелей с наружным диаметром до 30 мм (например, КГШ 6×1,5): одна для подключения выносного поста ДУ, другая — контрольного кабеля, идущего к высоковольтной ячейке.

Вводная коробка РУВН имеет заземляющие зажимы (внутренний и наружный на каждую кабельную муфту). Кроме того, в коробке имеется один зажим для заземления силовых жил питающего кабеля на время ревизии и ремонта КТП.

РУНН содержит следующую аппаратуру и приборы:

а) автоматические выключатели (см. разд. 6.3.2) типа А3722 У5 или А3722 БТЗ на ток 250 А (в подстанции 100 и 160 кВ·А), А3722 У5 или А3732 БТЗ на ток 400 А (в подстанции 250 и 400 кВ·А), А3742 У5 или 3742 БТЗ на ток 630 А (в подстанции 630 кВ·А);

б) аппарат защиты подстанции типа АЗПБ (см. разд. 5);

в) блок УМЗ (см. разд. 5.3.7);

г) блок ДО для дистанционного отключения (см. разд. 6.3.4);

д) блок питания БП цепей управления КТП;

е) устройства тепловой защиты силового трансформатора, состоящего из температурных датчиков ДТР-3М (см. разд. 5) и промежуточного реле;

ж) трансформатор собственных нужд ОСВР-0,4 для питания цепей управления, защит, сигнализации и освещения;

з) трансформатор тока ТШЛМ-0,5Т 400/5 (подстанции 100, 160, 250, 400 кВ·А), 600/5 (в подстанции 630 кВ·А);

и) трансформаторы ТТЗ-250 (в подстанции 100, 160 кВ·А), ТТЗ-320 (в подстанции 250, 400 кВ·А), ТТЗ-630 (в подстанции 630);

к) вольтметр малогабаритный Э8027 с добавочным сопротивлением Р85;

л) амперметр малогабаритный Э8025 400 А (в подстанции 100, 160, 250, 400 кВ·А) и 600 А (в подстанции 630 кВ·А);

м) предохранители ПК-45 на 5 и 2 А;

н) выключатель ПВ-2 в цепи местного освещения подстанции;

о) кнопки, сигнальные лампы, реле РП21.

Камера РУНН имеет коробку выводов, с двумя вводами для силовых кабелей и тремя вводами для контрольных кабелей: цепей освещения подстанции, дополнительного заземления и цепей аппарата газовой защиты.

Оболочка РУНН снабжена быстрооткрываемой крышкой, на которой имеются смотровые окна для визуального наблюдения за показаниями вольтметра, амперметра, килоометра и сигнальными лампами. Закрывается быстрооткрываемая крышка с помощью зажимов на поворотном кольце, которое приводится в движение специальной рукояткой посредством эксцентрика. Рукоятка — съемная блокировочная ручка, которую снять с РУВН можно только при отключенном разъединителе-выключателе нагрузки.

Для местного освещения к подстанции подключают два светильника мощностью $\leqslant$40 Вт каждый.

Внутри оболочек модернизированной подстанции в общих стенках отделений (на фланцах под проходные зажимы) установлены внутренние взрывонепроницаемые разгрузочные устройства УРГ с негорючей гранулированной набивкой, предназначенные для снижения давления взрыва в оболочках. Площадь каждого из разгрузочных устройств УРГ-1, установленных в отделениях вводов ВН и НН, составляют 165 см^2, а разгрузочных устройств УРГ-2, установленных в основных отделениях РУВН и РУНН, 300 см^2.

У всех типов подстанций серии ТСВП высшее напряжение 6 кВ подается через разъединитель-выключатель *QW* (рис. 8.3) на обмотку ВН силового трансформатора, соединенную в «звезду» и имеющую отпайки для изменения коэффициента трансформации (см. разд. 4).

В подстанциях мощностью 100, 160, 250 кВ·А начала и концы обмоток НН выведены в оболочку РУНН, где производится соединение обмоток в «звезду» или «треугольник». В подстанциях мощностью 400 и 630 кВ·А соединение обмоток НН в «звезду» или «треугольник» выполнено внутри оболочки трансформатора

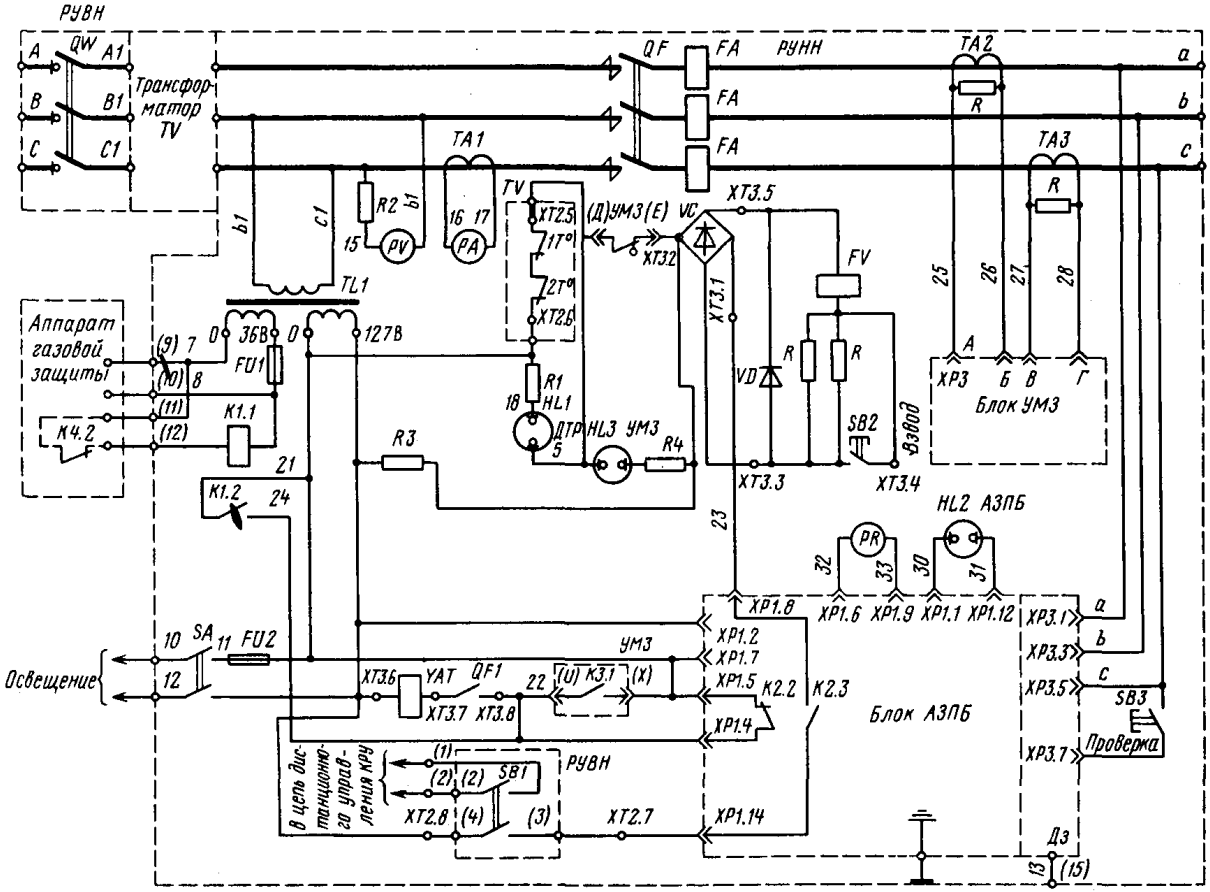


Рис. 8.3. Принципиальная электрическая схема подстанции ТСВП-Х/6

и на трансформатор собственных нужд *TL1* подается линейное напряжение, а не фазное. В остальном схемы идентичны.

Выключатель *QF* имеет нулевой (*FV*), независимый (*YAT*) и электромагнитные (*FA*) расцепители. В цепь катушки *YAT*, питание которой осуществляется от трансформатора *TL1* напряжением ~127 В, параллельно включены контакты блока УМЗ аппарата АЗПБ и контакт *K1.2* промежуточного реле газовой защиты *K1.1*.

Катушка *FV* питается напряжением 110 В от выпрямителя *VC*, в цепь которого последовательно включены контакты аппарата АЗПБ, блока УМЗ, теплового реле *1T°* и *2T°* и размыкающий контакт кнопки *SQ1* электромеханической блокировки разъединителя-выключателя *QW* с выключателем *QF*. Кнопка *SB2* служит для закорачивания балластного резистора *R* в цепи питания катушки *FV* в момент включения выключателя *QF*.

Аппарат АЗПБ описан в разд. 5. О срабатывании АЗПБ сигнализирует неоновая лампа *HL2*, расположенная у смотрового окна омметра с табличкой «АЗПБ». Для проверки исправности АЗПБ служит кнопка *SB3*. Загорание лампы *HL2* до включения выключателя *QF* свидетельствует о снижении сопротивления изоляции отключенной силовой цепи ниже установки БРУ или неисправности самого аппарата АЗПБ.

При срабатывании УМЗ (см. разд. 5) загорается сигнальная лампа *HL3* у смотрового окна амперметра с табличкой «УМЗ».

Защита силового трансформатора от перегрузок осуществляется посредством двух реле-датчиков ДТР-3М (*1T°* и *2T°*), закрепленных на низковольтных отводах трансформатора (см. разд. 5.7). При перегреве трансформатора контакты реле размыкают цепь выпрямителя *VC*, что ведет к отключению выключателя *QF*. Одновременно загорается сигнальная лампа *HL1*, расположенная у смотрового окна вольтметра с табличкой «ДТР».

Контакт АГЗ (исполнительного реле аппарата газовой защиты) включен последовательно в цепь реле *K1.1*, а контакт *K1.2* — в цепь катушки *YAT*.

Трансформатор *TL1* подключен к силовым зажимам до выключателя *QF* в целях обеспечения питания цепей управления и защиты подстанции со стороны НН при отключенном *QF*.

8.3. ОСОБЕННОСТИ ПОДСТАНЦИЙ ТСВП-630/6-1,2

Для электроснабжения высокопроизводительных участков шахт, оснащенных мощными угледобывающими комплексами, выпускается комплект взрывобезопасного электрооборудования на напряжение 1140 В. Для его питания применяют подстанцию ТСВП-630/6-1,2 (см. табл. 8.1), конструкция которой унифицирована с подстанцией ТСВП-630/6.

КТП типа ТСВП-630/6-1,2 (рис. 8.4) состоит из тех же основных частей, что и КТП на 400 и 690 В. Особенность КТП на 1140 В — наличие в РУНН дополнительно:

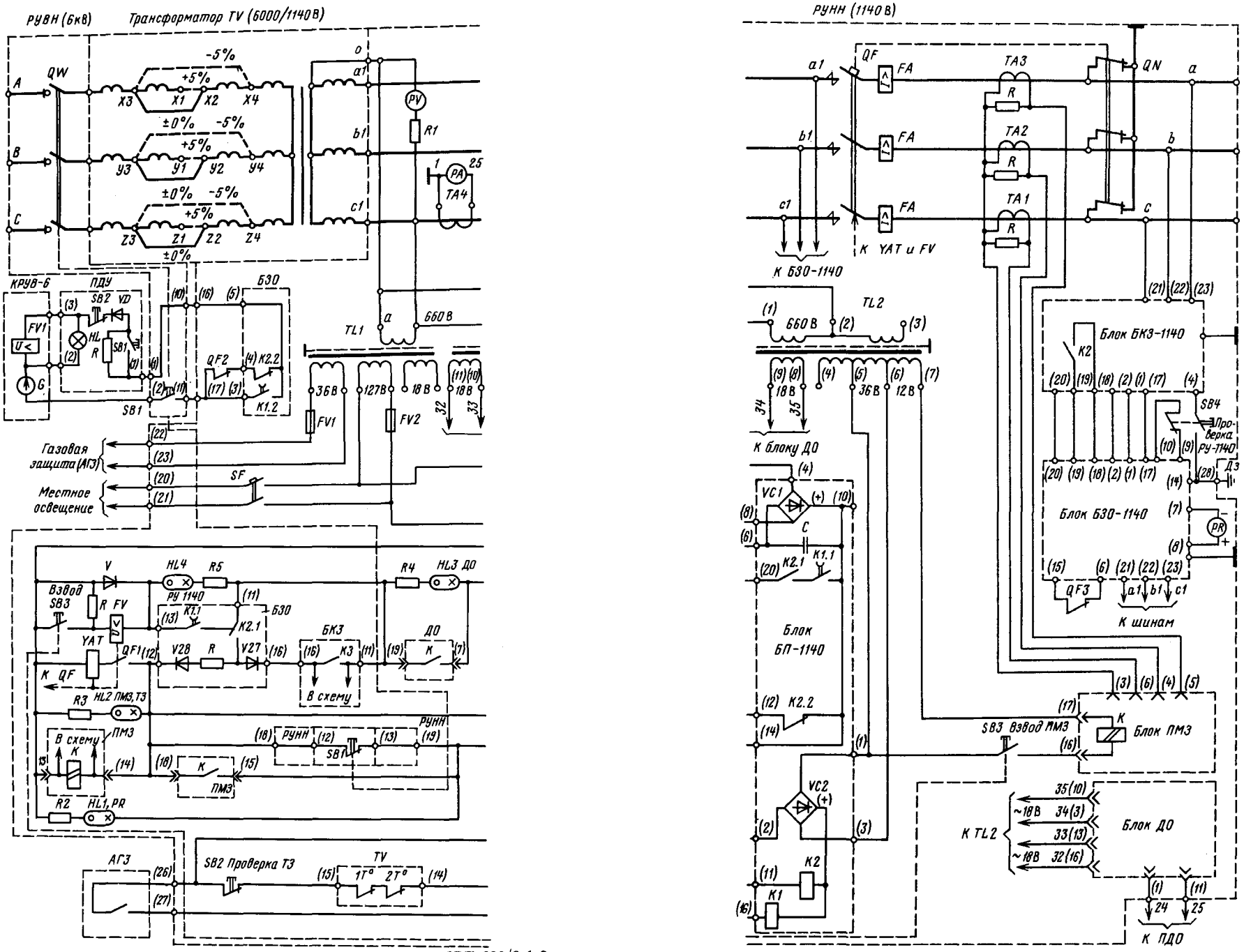


Рис. 8.4. Принципиальная электрическая схема подстанции ТСВП-630/6-1,2

ручного короткозамыкателя *QN* для заземления отключенной при ремонте линии с выведенной наружу рукояткой, которая механически сблокирована с рукояткой автоматического выключателя *QF*;

реле утечки РУ-1140 (см. разд. 5.10.8);

блока ДО (см. разд. 6.3.4);

вспомогательного трансформатора на напряжения 1140—660/127, 48, 18 и 12 В для питания промежуточного реле тепловой защиты, блоков ПМЗ и ДО.

Вводная коробка РУВН имеет муфту под кабель ЭВТ-6 или СБ-6 жилами сечением до 50 мм². Длина кабеля должна быть 100 м.

Выводная коробка РУНН имеет два кабельных вывода с муфтами для кабеля марки ЭВТ-1140 или ГРЭШ-3 жилами сечением до 95 мм². Кроме того, РУНН имеет четыре вывода для подсоединения газовой защиты, местного освещения, дополнительного заземления и поста ДО.

Во вводной коробке РУВН имеются две муфты с наружным диаметром до 30 мм (например, КГШ 6×1,5): одна для подключения выносного ПДУ, вторая — кабеля к ячейке ВН.

Электрическая схема подстанции на 1140 В содержит ряд блоков и защит, отсутствующих в аналогичных подстанциях на 380 и 660 В: блок дистанционного отключения ДО; блок ПМЗ (вместо блока УМЗ), осуществляющий контроль токов во всех трех фазах; дублирование воздействия на элементы, отключающие автоматический выключатель при срабатывании блока БЗО-1140; отключение с выдержкой времени высоковольтного КРУ в случае отказа выключателя или появления утечки в цепи НН до автоматического выключателя *QF*; заземляющего замыкателя *QN*.

Введение этих элементов несколько усложняет электрическую схему подстанции, но повышает безопасность обслуживания при эксплуатации подстанции и надежность отдельных элементов, узлов и всего изделия в целом.

Напряжение 6 кВ подается на проходные изоляторы *A*, *B*, *C* и через разъединитель-выключатель нагрузки *QW* на обмотку ВН силового трансформатора *TV*, имеющую отводы для изменения коэффициента трансформации на ±5 %.

Цепи местного освещения питаются от трансформатора собственных нужд *TL1* мощностью 400 В·А, первичная обмотка которого подключена к цепи НН до автоматического выключателя *QF*. Трансформатор *TL2* имеет три вторичные обмотки мощностью 200, 180 и 20 В·А напряжением 36, 127 и 18 В соответственно.

Длина кабелей жилами сечением 4 мм² для питания газовой защиты и светильников местного освещения должна быть $\leqslant$5 м.

Имеются два расцепителя — независимый дистанционный *YAT* и минимального напряжения *FV*. Расцепителем *FV* выключатель отключается при срабатывании реле утечки РУ-1140,

газовой защиты *АГЗ*, блока *ДО* и тепловой защиты *TV*. Балластный резистор *R* для ограничения тока в цепи катушки расцепителя *FV* включен параллельно замыкающим контактам специальной кнопки *SB3*.

Независимым дистанционным расцепителем автоматический выключатель отключается при срабатывании блока защиты от токов утечки БЗО-1140, блока ПМЗ, тепловой защиты и блокировочной кнопкой РУВН (*SB1*).

Защита сети НН от токов утечки на землю и контроль сопротивления изоляции отключенных силовых цепей осуществляются блоком БЗО-1140 (см. разд. 5), который подключен к силовой цепи до автомата *QF*. Контакт *K1* замыкается при подаче напряжения на зажимы *21*, *22*, *23*.

При появлении в сети напряжения 1140 В опасных утечек тока срабатывает исполнительное реле БЗО-1140, размывая контакты *K2.1* в цепи питания *FV* и одновременно замыкая цепь питания катушки *YAT*, что приводит к отключению выключателя *QF*. В случае отказа *QF* или возникновения утечки в силовой цепи НН КТП до автомата *QF* схемой БЗО-1140 предусматривается дистанционное отключение с выдержкой времени 0,2 с ячейки ВН по цепи: зажимы *3*, *5* БЗО-1140, проходные зажимы *16*, *17* РУНН, *10*, *11* РУВН, размыкающий контакт *SB1*, проходные зажимы *1*, *2* РУВН, пост ДУ ячейки ВН.

Для сигнализации о срабатывании реле утечки РУ-1140 предусмотрена неоновая лампа *HL4*. Для проверки РУ-1140 служит кнопка *SB4*.

Блок БКЗ-1140 предназначен для компенсации емкостной составляющей токов утечек на землю и шунтирования опасной утечки (в частности) малым сопротивлением на землю. Кроме того, БКЗ-1140 (см. разд. 5.10.8) совместно с БЗО-1140 выполняет функцию БРУ.

Максимальная токовая защита выполнена с помощью блока ПМЗ (см. разд. 5.3.8).

Блок ДО предназначен для дистанционного отключения выключателя *QF* с помощью вынесенного кнопочного поста ПДО. Блок ДО срабатывает при нажатии кнопки «Стоп» поста ПДО (см. рис. 6.10, разд. 6.3.4), при обрыве цепи дистанционного отключения и при ее замыкании.

Выходные зажимы ДО *1* и *11* объединены с проходными зажимами *24* и *25* РУНН. Сигнализация о срабатывании блока ДО осуществляется сигнальной лампой *HL3*, включенной параллельно контактам ДО в цепи катушки расцепителя *YAT*.

Тепловая защита предназначена для защиты обмоток силового трансформатора подстанции от чрезмерного перегрева. Защита состоит из двух датчиков температуры *1T°* и *2T°* типа ДТР-3М (см. разд. 5.7) и промежуточного реле *K2* блока БП-1140. Реле ДТР-3М установлены на отводах *a* и *c* обмотки НН трансформатора *TV*. При нагреве обмоток трансформатора выше допусти-

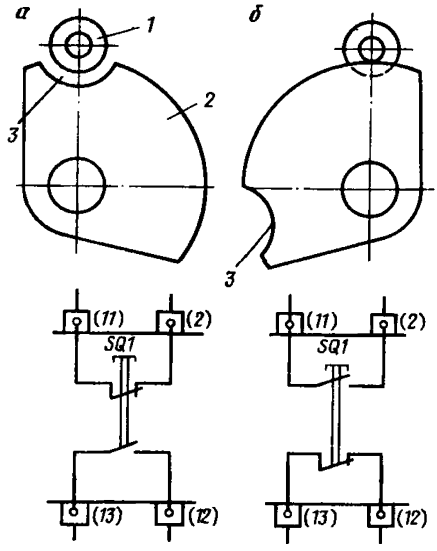


Рис. 8.5. Электромеханическая блокировка КТП типа ТСВП 630-6-1,2 в положении:

а — Включено; *б* — Отключено; *1* — шток; *2* — диск; *3* — паз

мого значения срабатывает ДТР-3М, размыкает цепь питания и *К2* обесточивается. В нормальном состоянии питание обмотки реле *К2* осуществляется через выпрямительный мост *VC2* от трансформатора *TL1* напряжением 36 В (зажимы *5*, *6*). При обесточивании *К2* его контакт *К2.1* разрывает цепь питания катушки расцепителя *FV*, а контакт *К2.2* замыкает цепи питания катушки расцепителя *YAT* и лампы сигнализации *HL2*. Для проверки исправности тепловой защиты служит кнопка *SB2* «Проверка ТЗ».

Контроль напряжения и тока со стороны НН КТП осуществляется вольтметром *PV* типа Э8027 с градуировкой на 1500 В, который подключается к фазе *С* и к нулевой точке обмотки НН силового трансформатора (в отличие от КТП на 660 В, в которых вольтметр подключен через добавочные сопротивления к двум фазам), и амперметром *PA* типа Э8025 через трансформатор тока *TA4* типа ТШЛМ-0,5Т, который установлен на шине фазы *С*.

Электромеханические блокировки КТП работают следующим образом: разъединитель-выключатель нагрузки *QW* сблокирован с выключателем *QF* и высоковольтной ячейкой, питающей КТП.

Замыкающий контакт кнопки *SB1* в РУВН предназначен для блокировки отключе́ния нагруженной КТП разъединителем-выключателем нагрузки. Через проходные зажимы *12*, *13* и *18*, *19* замыкающий контакт введен в цепь катушки расцепителя *YAT* выключателя *QF*.

Размыкающий контакт *SB1* предназначен для блокировки отключения КТП разъединителем-выключателем *QW* при включенной высоковольтной ячейке. Через проходные зажимы РУВН *1*, *2* последовательно с контактом БЗО-1140 (проходные зажимы *10*, *11* и *16*, *17*) размыкающий контакт кнопки включен в цепь поста ДУ ячейки ВН.

Кнопка *SB1* механически связана с валом разъединителя-выключателя *QW*. Блокировка исключает возможность отключения тока нагрузки разъединителем-выключателем *QW*, а также включения высоковольтной ячейки КРУ при отключенном разъединителе-выключателе. Для этого один контакт кнопки *SB1* включен последовательно в цепь дистанционного управления высоковольтной ячейкой КРУ, а второй контакт включен последо-

вательно в цепь катушки нулевого расцепителя *FV* выключателя КТП. При включенном *QW* шток *1* (рис. 8.5, *а*) входит в паз *3* диска *2*, один контакт кнопки *SB1* размыкает цепь катушки *FV* (см. рис. 8.4 и 8.5) выключателя КТП, второй замыкает цепь дистанционного управления высоковольтной ячейки КРУ. Разъединитель-выключатель *QW* заблокирован.

Для отключения *QW* (рис. 8.5, *б*) необходимо до поворота его рукоятки в положение «Отключено» нажать кнопку *SB1*. Шток *1* выходит из зацепления с диском *2*, один контакт кнопки *SB1* замыкает цепь катушки *FV* выключателя *QF*, второй размыкает цепь дистанционного управления высоковольтной ячейкой. После поворота рукоятки *QW* в положение «Отключено» положение контактов кнопки *SB1* фиксируется диском *2* и рукоятку можно снять для открывания крышек РУНН.

Так как в РУНН рассматриваемой КТП встроен заземляющий короткозамыкатель *QN*, то предусмотрена наружная механическая блокировка выключателя *QF* с замыкателем «Заземление линии» *QN*, которая предотвращает включение *QF* при включенном *QN* и, наоборот, включение *QN* при включенном *QF*.

8.4. ОСОБЕННОСТИ ПОДСТАНЦИЙ ДЛЯ ШАХТ С КРУТЫМИ ПЛАСТАМИ ТСВП-Х/6-КП

Для повышения производительности и экономичности горные машины, работающие на крутых пластах, опасных по внезапным выбросам угля или газа, переводятся с пневматической энергии на электрическую. Создан комплект особовзрывобезопасного электрооборудования из разделительных трансформаторов серии ТСШВ, ТСВ (см. разд. 4.2.2) и передвижных подстанций ТСВП-Х/6 КП мощностью 160 и 400 кВ·А.

Подстанции ТСВП-Х/6 КП конструктивно не отличаются от подстанций ТСВП-Х/6, отличия имеются лишь в схеме РУНН (рис. 8.6). Контроль целости заземляющей жилы отходящего от подстанции силового кабеля осуществляется с помощью блока БУ по цепочке: контакт (*Е*), зажим *15* РУНН, заземляющая жила отходящего кабеля, диод *VD1*, встроенный в пост *ДО*, обратный провод цепи контроля заземляющей жилы, зажим *14*, контакт аппарата АГЗ, зажим *10* РУНН, контакт (*Ж*) блока БУ (см. разд. 5.10.10).

При подаче напряжения 36 В от трансформатора *TL* срабатывает реле блока БУ и замыкает свой контакт в цепи нулевого расцепителя *FV*, подготавливая его к работе. При обрыве или замыкании заземляющей жилы загорается лампа *HL4*.

Подключение исполнительного контакта *К* аппарата газовой защиты (АГЗ) выполняется последовательно с целью контроля заземляющей жилы. Короткозамыкатель *КМ1* на базе контактора КТУ-2А служит для гашения обратной э. д. с. отключенных электроприводов.

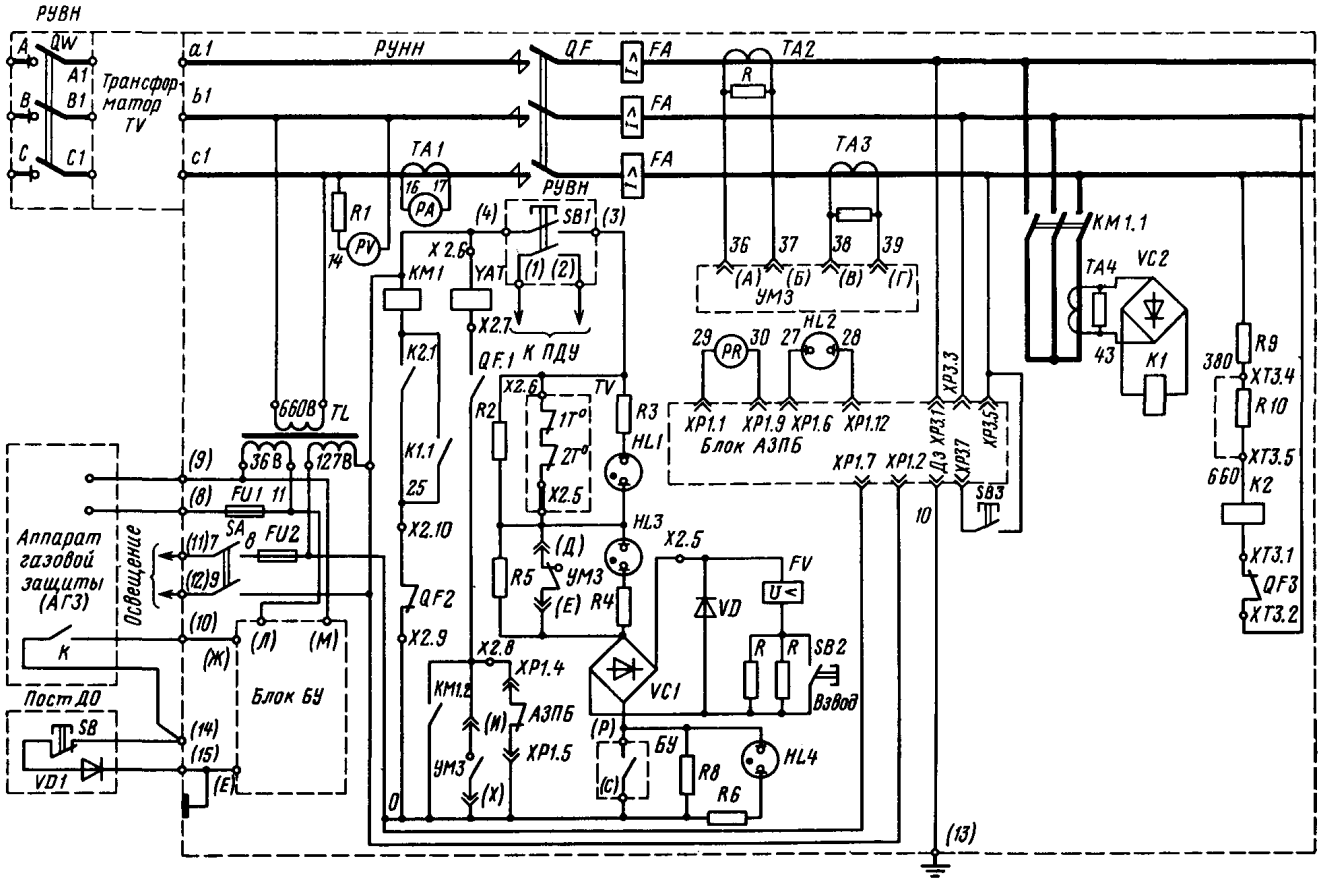


Рис. 8.6. Принципиальная электрическая схема подстанции ТСВП-Х/6 КП

Управление электромагнитом *КМ1* контактора осуществляется с помощью реле *К1* и *К2* типа РПН, замыкающие контакты *К1.1* и *К2.1* которых соединены параллельно между собой и последовательно с размыкающим контактом *QF.2* выключателя *QF*. Реле *К2* через замыкающий контакт *QF.3* выключателя *QF* и гасящие резисторы *R9*, *R10* типа МЛТ (2,10 кОм) присоединяется к шинам подстанции после выключателя *QF*. В подстанции мощностью 160 кВ·А при пересоединении обмотки НН силового трансформатора в «треугольник» (380 В) резистор *R10* должен быть зашунтирован.

Реле *К1* подключается к трансформатору *ТА4* через выпрямительный мост *VC2* типа КН 402А.

При отключении выключателем *QF* двигательной нагрузки под действием э. д. с. выбега ротора срабатывает реле *К2* и своим контактом *К2.1* замыкает цепь питания катушки контактора *КМ1*, который срабатывает и замыкает накоротко фазы *а*, *в*, *с*. Под действием тока, протекающего через короткозамыкатель, срабатывает реле *К1* и своим контактом *К1.1* шунтирует контакт *К2.1* реле *К2*, который через некоторое время размыкается из-за значительного снижения напряжения на зажимах катушки реле. Контакт *К1.1* размыкается при отсутствии тока, протекающего через короткозамыкатель от питаемых подстанцией двигателей. Так происходит гашение э. д. с. выбега роторов двигателей, подключенных к подстанции. При отсутствии двигательной нагрузки на подстанции реле *К1* и *К2* не срабатывают, короткозамыкатель *КМ1.1* не включается.

Для предотвращения включения автоматического выключателя *QF* на к. з. при аварийном состоянии контактора *КМ1* предусмотрена электрическая блокировка с помощью контакта *КМ1.2*, воздействующего на независимый расцепитель *YAT* выключателя *QF*.

8.5. ТО И РНИ ПЕРЕДВИЖНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Перед спуском в шахту следует проверить состояние подстанции. При этом необходимо:

а) убедиться в отсутствии повреждений взрывонепроницаемых оболочек, смонтированных стекол, рукояток управления, заземляющих устройств;

б) проверить работу привода разъединителя-выключателя, действие электромеханической и механической блокировок;

в) измерить сопротивление изоляции обмоток ВН трансформатора и токоведущих частей РУВН, сопротивление изоляции обмоток НН трансформатора и токоведущих силовых частей РУНН при снятом штепсельном разъеме блока защиты и управления;

г) включить подстанцию в сеть и проверить показания приборов, работу встроенных блоков защиты и управления.

При пусковой и периодической РНИ подстанции дополнительно к изложенному в разд. 3 учитывать особенности КТП, изложенные ниже:

1) подстанция может быть установлена в камере, нише, в уширении штрека, в штреке над конвейером. При установке в откаточной выработке КТП должна быть защищена от повреждения движущимся транспортом или канатом. При этом с торцевых сторон должны быть предусмотрены свободные (монтажные) площадки размером $\geqslant 1$ м^2. У разминовки должен быть установлен барьер, исключающий возможность заезда подвижного состава на участок рельсового пути, где установлена КТП. В конвейерной выработке допускается установка КТП со снятыми полускатами над конвейером на специальной площадке, что предотвращает повреждение подстанции и подведенных к ней кабелей. Между днищем КТП и рамой конвейера должен быть зазор $\geqslant 250$ мм. Запрещается установка КТП над конвейером в выработке с углом падения $>6°$ и высотой, при которой зазор между КТП и кровлей после ее осадки может быть <300 мм. КТП должна быть защищена от капежа и установлена, как правило, горизонтально. Допускается наклон в любую сторону $\leqslant 5°$.

Во всех случаях должны быть соблюдены зазоры между КТП и крепью выработки: при бетонной крепи 200 мм, при металлической или деревянной — 250 мм, между распределительными устройствами ВН и НН и крепью ниши — $\geqslant 100$ мм; свободный проход для передвижения людей по выработкам $\geqslant 700$ мм. КТП должна быть жестко закреплена. Вокруг КТП следует устанавливать защитное решетчатое ограждение. КТП должна быть освещена и снабжена предупредительными плакатами для высоковольтных установок. При установке КТП на исходящей вентиляционной струе или в тупиковой выработке газовых шахт должно быть предусмотрено ее автоматическое отключение газовой защитой;

2) каждая КТП должна быть укомплектована исправной деревянной решеткой на изоляторах. Постоянный обслуживающий персонал должен быть обеспечен исправным указателем высокого напряжения (УВН), средства защиты проверены в лабораториях в соответствии с ПТЭ и ПТБ;

3) наличие и размещение средств пожаротушения должно соответствовать требованиям разд. 3.1;

4) проверить наличие и исправность знаков исполнения и пломб согласно разд. 3.4. На КТП светлой несмываемой краской должны быть обозначены ее порядковый номер, назначение (наименование потребителя) и номинальная мощность, знаки исполнения окрашены красной краской;

5) проверить наличие и качество монтажа местного и общешахтного заземления (рис. 8.7). Измерение переходного сопротивления заземления производится согласно разд. 3.13.2;

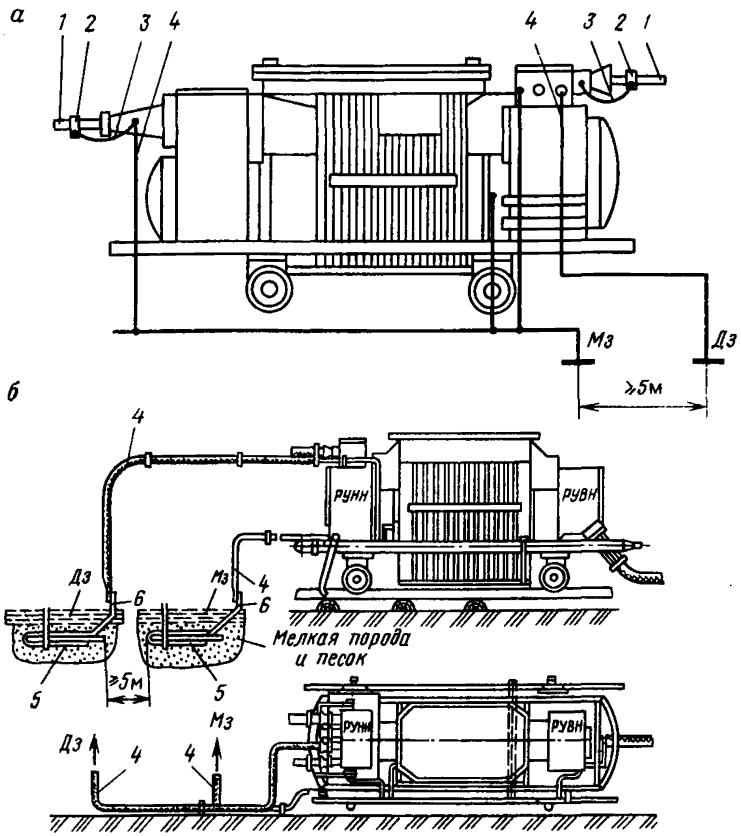


Рис. 8.7. Схема заземления КТП:

а — принципиальная; *б* — монтажная; *1* — бронированный кабель; *2* — хомут; *3* — перемычка; *4* — заземляющие проводники (Мз и Дз — местный и дополнительный соответственно); *5* — электрод площадью 3×2,5 + 1×1,5 (жилы объединены)

6) исправность реле утечки проверить нажатием кнопки проверки (при исправном реле автомат РУНН должен отключиться).

7) испытание МТЗ (УМЗ, ПМЗ, АЗПБ) произвести согласно указаниям разд. 5;

8) ревизию вводных коробок распредустройств ВН и НН выполнить согласно разд. 3.7. Работы следует производить при отключенном разъединителе-выключателе. При работе на стороне ВН с открыванием крышек выдвижная часть ячеек РВД-6М (ЯВ-6400), питающих КТП, должна быть выдвинута и заблокирована, а в ячейках КРУВ-6 — отключены разъединители. Рукоятки включения должны быть сняты, а на рукоятке привода ячейки вывешен плакат «Не включать — работают люди!». Жилы питающего кабеля должны быть разряжены, отсоединены от вводных проходных зажимов ВН и присоединены к специальному заземляющему зажиму в кабельной коробке подстанции. После отключения на-

пряжения следует визуально проверить разомкнутое положение контактных ножей разъединителя-выключателя;

9) ревизию и наладку РУНН производить в следующем порядке:

открыть крышку распредустройства и проверить состояние взрывобезопасных поверхностей согласно разд. 3.6;

проверить механическую блокировку и входящие в ее состав детали;

проверить электромеханическую блокировку КТП;

проверить состояние ножей разъединителя и при необходимости зачистить их, проверить раствор контактов. У разъединителя раствор должен быть 160 мм, у выключателя нагрузки — 110 мм. При несоответствии этим данным зазоры отрегулировать тягами. Проверить одновременность включения подвижных ножей разъединителя. Неодновременность включения ножей допускается не более 3 мм;

измерить сопротивление изоляции первичных цепей мегаомметром согласно разд. 2.4. Сопротивление должно быть $\geqslant$300 МОм/фазу. Измерить сопротивление изоляции вводного высоковольтного кабеля, отсоединяя на время измерений замеряемую жилу от переносного заземления. Сопротивление должно быть $\geqslant$1 МОм/1 кВ. После измерения изоляции снова наложить заземление;

закрыть крышку, включить разъединитель, проверить через смотровое окно положение ножей разъединителя;

10) произвести ревизию силового трансформатора в порядке и объеме, изложенном в разд. 4;

11) произвести ревизию и наладку РУНН в следующем порядке:

проверить исправность механической блокировки крышки РУ;

открыть крышку и проверить состояние взрывобезопасных поверхностей согласно указаниям разд. 3.6;

произвести ревизию и наладку автомата согласно разд. 6;

измерить сопротивление изоляции вторичных цепей и отходящих низковольтных кабелей до ближайших автоматов согласно 2.4;

закрыть все крышки, затянуть болты и проверить набором щупов взрывобезопасные зазоры;

12) для включения КТП соблюдать следующий порядок: включить разъединитель-выключатель нагрузки; проверить через смотровые окна включенное положение его ножей; включить выключатель цепи освещения; включить высоковольтную ячейку и по вольтметру убедиться в наличии напряжения холостого хода трансформатора на стороне НН (подстанция при этом должна быть освещена), включить рукояткой автоматический выключатель в РУНН;

13) для отключения КТП соблюдать следующий порядок:

отключить автоматический выключатель, нажав блокировочную кнопку, выключить разъединитель-выключатель нагрузки и

проверить через смотровые окна отключенное положение его ножей;

убедиться в отключенном положении высоковольтной ячейки;

14) проверить работу трансформатора на слух: изменение обычного гула при появлении других тонов может свидетельствовать о каких-либо неисправностях в нем (ослабление стяжки магнитопровода или отдельных его элементов, крепления отдельных деталей). Если к КТП подводится напряжение выше напряжения используемых в ней отводов, тон гудения трансформатора из-за повышения индукции изменяется. Для проверки можно прослушать гул трансформатора с помощью сухой деревянной палки (стетоскопом), приложив ее одним концом к стенке кожуха трансформатора, а другим — к уху;

15) особенности ТО и РНИ подстанций на 1140 В определяются отличиями конструкции отдельных ее узлов:

а) суммарное сопротивление изоляции силового трансформатора цепи НН и токоведущих частей РУНН должно быть не 10, а 20 МОм и измерение следует производить мегаомметром не на 1000, а на 2500 В;

б) сопротивление изоляции цепей ВН перед спуском в шахту должно быть $\geqslant$100 МОм. На время измерения сопротивления изоляции блоки БЗО-1140 и БКЗ-1140 должны быть отсоединены от сети 1140 В.

Для объективного сравнения сопротивления изоляции КТП при эксплуатации с заводскими данными его измерение желательно производить при той же температуре токоведущих частей и особенно обмоток трансформатора, при которой эти замеры проводились на заводе. Если значения температуры разные, то результаты измерений должны быть приведены к одной температуре, исходя из того, что на каждые 10 °С понижения температуры одноминутное сопротивление изоляции увеличивается примерно в 1,5 раза;

в) проверку блока ПМЗ производить согласно рекомендациям разд. 5.3.8 не реже одного раза в шесть месяцев на поверхности шахты и приурочивать, как правило, к ТР;

г) один раз в шесть месяцев производить проверку отключения высоковольтной ячейки с помощью РУ-1140 при возникновении утечки тока до автоматического выключателя *QF* (см. рис. 5.35) или в случае отказа последнего. Для этого отсоединить провод с зажима *4* блока БКЗ-1140 и присоединить к зажиму *17* этого же блока, затем нажать кнопку «Проверка РУ-1140». Высоковольтная ячейка должна отключиться с выдержкой времени;

д) один раз в шесть месяцев производить проверку общего времени срабатывания основного реле БЗО-1140 и выключателя КТП согласно указаниям разд. 2.2.2;

е) для включения КТП в сеть необходимо:

включить разъединитель-выключатель нагрузки *QW*;

проверить через смотровые окна положение ножей разъединителя-выключателя;

включить высоковольтную ячейку вручную или дистанционно. Вольтметр на стороне НН КТП должен показать напряжение холостого хода трансформатора 1200 В;

включить автоматический выключатель *QF*. При этом должны загореться светильники местного освещения КТП;

проверить исправность всех защитных цепей КТП кнопками проверок. При обнаружении повреждения в цепях местного освещения напряжением 127 В допускается работа КТП до ремонтной смены без местного освещения. Выключатель выключить, а на его рукоятку повесить плакат «Не включать — работают люди!»;

ж) отключить КТП в порядке, обратном включению: отключить выключатель *QF*; нажав на кнопку *SB1*, выключить разъединитель-выключатель нагрузки *QW* (рукоятку *QW* перевести в положение «Откл.») и визуально проверить положение ножей. Показания вольтметра и амперметра, установленных в РУНН, и килоомметра контролировать через специальные смотровые окна.

9. ШАХТНЫЕ ТЯГОВЫЕ ПОДСТАНЦИИ И ЗАРЯДНЫЕ УСТРОЙСТВА

9.1. ТЯГОВЫЕ ПОДСТАНЦИИ

В настоящее время для питания контактных сетей применяют подстанции с преобразовательными тяговыми агрегатами (табл. 9.1) АТП-500/275М1-У5, которые заменили снятые с производства, но находящиеся еще в эксплуатации агрегаты АТП-500/275М, и агрегатами АТП-500/600М1-У5.

Автоматизированная тяговая подстанция серии АТП-500 представляет собой комплектную установку, в которую входят выпрямительный блок с системой охлаждения, силовой трансформатор, защитно-коммутационная аппаратура, измерительные приборы, устройства автоматики и сигнализации.

Основа преобразовательного агрегата — выпрямительный блок, поэтому к шахтным тяговым выпрямителям предъявляются повышенные требования: высокая надежность при большом диапазоне нагрузок, обеспечение защиты при перегрузках и аварийных режимах; экономичность в работе; простота конструкции, монтажа и эксплуатации.

При работе блока выпрямителей на активную нагрузку выпрямленное напряжение, В

$$U_0 = 1{,}35U_{2л}, \tag{9.1}$$

где U_0 — выпрямленное напряжение; $U_{2л}$ — линейное напряжение вторичной обмотки трансформатора; 1,35 — коэффициент схемы выпрямления.

Обратное напряжение, В

$$U_{обр.\,max} = \sqrt{2}U_{2л} = \frac{\sqrt{2}}{1{,}35}U_0 = 1{,}044U_0. \tag{9.2}$$

Среднее значение тока (А) через вентиль при одинаковых внутренних сопротивлениях

$$I_{ср} = \frac{I_0}{m}, \tag{9.3}$$

где I_0 — общий выпрямительный ток, А; m — число фаз выпрямления.

Токи, превышающие номинальный ток вентиля, возникают в результате неравномерного распределения общего тока между отдельными параллельно работающими вентилями, внутренних к. з. в выпрямительной схеме, внешних к. з. и недопустимых

Таблица 9.1

Технические характеристики шахтных тяговых агрегатов

Параметры	Тяговый агрегат	
	АТП-500/275М	АТП-500/275М1-У5 (АТП-500/600М1-У5)
Исполнение	РН	РН
Номинальное выпрямленное напряжение, В	275	275 (600)
Номинальный выпрямленный ток, А	500	
Тип вентилей	В-200	
Количество вентилей	12	
Допустимая перегрузка (мин) по току (продолжительность/цикличность) при $I_{ном}$:		
1,25	15/120	—
1,5	2/60	—
2	0,15/30	1/30
Габаритные размеры шкафов, мм:		
выпрямителя	1135×740×2010	1100×800×2200
дистанционного управления	380×188×340	380×215×585
постоянного тока	785×730×1415	—
Масса шкафов, кг:		
выпрямителя	402	600
дистанционного управления	25,7	25
постоянного тока	198	—

токовых перегрузок преобразователя. Для шахтных тяговых преобразователей выбирают вентили со значительным запасом по току, а каждую пару параллельно соединенных вентилей — одной группы. Исходя из этого вентили обеспечиваются защитами от внутренних и внешних к. з., от перегрузок, максимальной токовой защитой, защитой по скорости нарастания тока di/dt и от исчезновения потока охлаждающего воздуха.

9.1.1. Подстанции с агрегатами АТП-500/275М

Конструктивно подстанция состоит из высоковольтного распредустройства, тягового трансформатора и агрегата АТП-500/275М. Агрегат состоит из шкафа выпрямителей и автоматики, шкафа постоянного тока и щитка дистанционного управления.

В шкафу выпрямителей и автоматики смонтированы аппаратура защиты, сигнализации и управления, приборы измерения

тока и напряжения, выпрямительный блок, трехполюсный рубильник, предохранители, вентилятор для принудительного охлаждения и реактор.

Шкаф постоянного тока укомплектован воздушным выключателем и двухполюсным рубильником.

На щитке дистанционного управления размещена аппаратура управления и сигнализации.

Схема подстанции (рис. 9.1) содержит силовые цепи (*а*) и цепи управления (*б*) и допускает два режима управления: местный и дистанционный.

При местном управлении для подготовки подстанции к включению переключатель *SA1* устанавливают в положение *М* (местное). Затем включением высоковольтного распредустройства в схему подается напряжение. При этом через контакт *QF1.3* автоматического выключателя включается блокировочное реле *К1*, через контакт *SA1.2* включается реле деблокировки *К5* с установкой на самоблокировку. На панели управления включается лампа *HL3* «Откл.»

Реле *К1* замыкает контакт *К1.1* в цепи реле управления *К2* и размыкает контакты *К1.2* и *К1.3* шунтирования резистора *R6* в собственной цепи. Реле *К5* размыкает свой контакт *К5.2* в цепи реле повторного включения *КТ1*.

Включение подстанции производится нажатием кнопки *SB3* «Пуск». При этом срабатывает реле управления *К2* и замыкает свои блок-контакты *К2.2* и *К2.3* в цепи электродвигателя *М2* включения автоматического выключателя. После того как электродвигатель включит автоматический выключатель, блок-контакт *QF1.3* разрывает цепь реле *К1*, которое обесточивается, замыкает блок-контакты *К1.2* и *К1.3* в своей цепи и размыкает блок-контакт *К1.1* в цепи реле *К2*. Однако реле *К2* не отключается, так как продолжает питаться через собственный блок-контакт *К2.1*. В конце цикла включения размыкается контакт конечного выключателя *SQ*, реле управления *К2* не получает питание и размыкает свои контакты *К2.2* и *К2.3* в цепи электродвигателя.

Якорь электродвигателя по инерции продолжает вращаться, а затем останавливается тормозной системой. Контакт *SQ* замыкается. При включенном автоматическом выключателе все элементы схемы управления электродвигательным приводом обесточиваются.

Схемой предусматривается блокировка против повторного самопроизвольного включения автоматического выключателя в случае, если его отключение произойдет при замкнутой цепи включения — нажата кнопка *SB3* (замкнуты контакты *К7.1* реле *К7*, *К6.1* реле *К6* или *КТ1.1* реле *КТ1* при дистанционном управлении), так как в процессе включения автомата катушка реле *К1* оказывается зашунтированной кнопкой *SB3* (при дистанционном управлении — контактами *К7.1* реле *К7*, *К6.1* реле *К6* или *КТ1.1* реле *КТ1*), а контакт *К1.1* в цепи реле *К2* — разомкну-

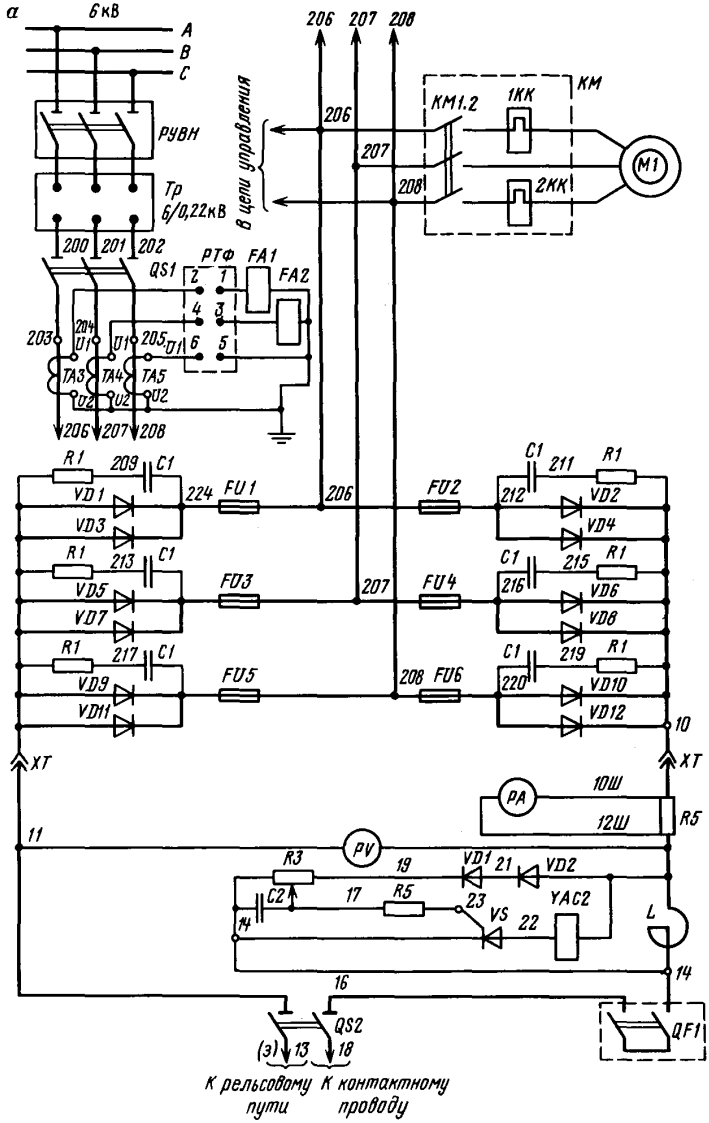
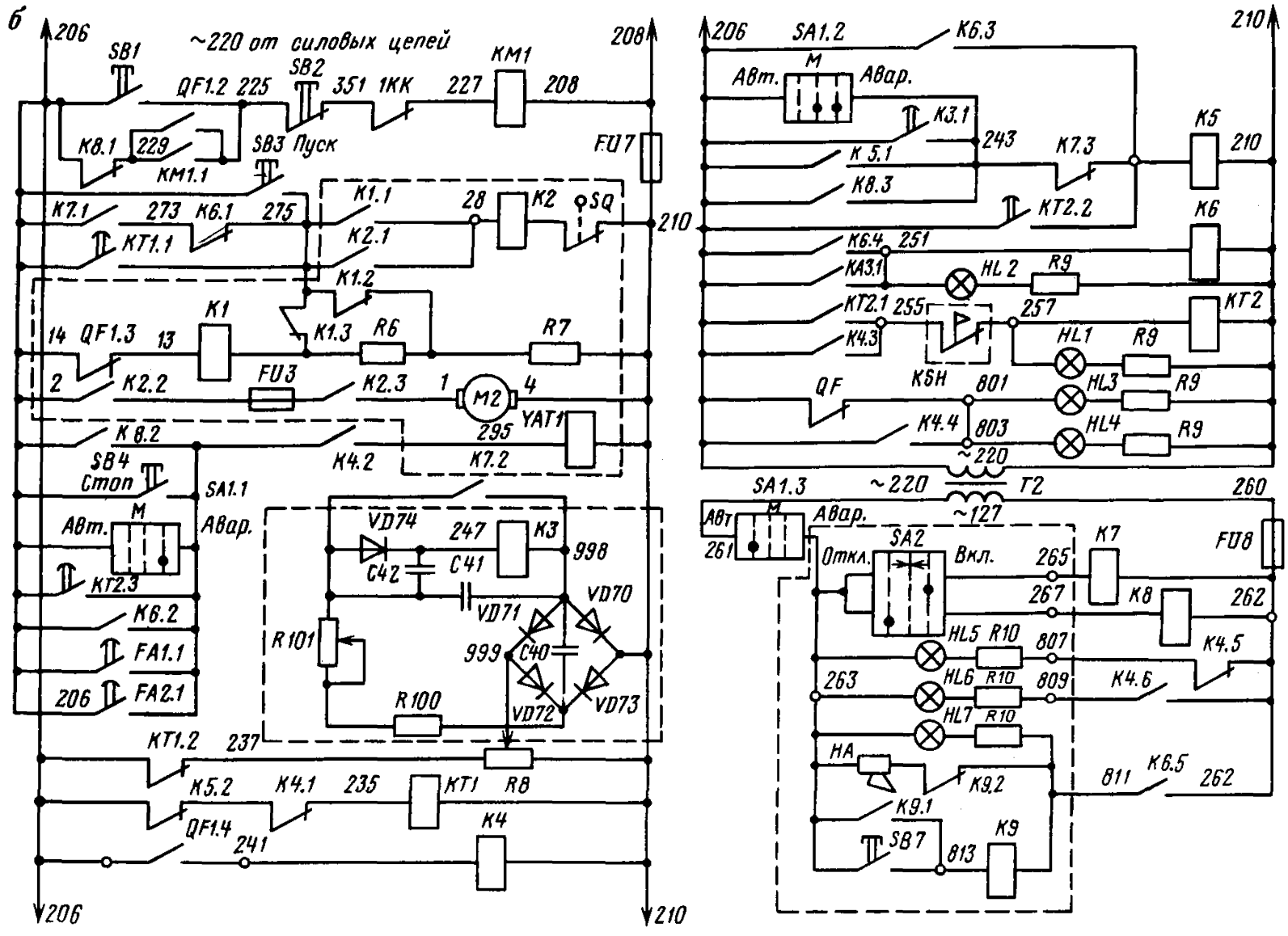


Рис. 9.1. Принципиальная электрическая схема подстанции АТП-500/275 М


б
206
~220 от силовых цепей
208
SB1
SB2
KM1
QF1.2
225
351
1КК
227
208
FU7
K8.1
229
KM1.1
SB3 Пуск
K7.1
273
K6.1
275
K1.1
28
K2
SQ
210
KT1.1
K2.1
K1.2
K1
14
QF1.3
13
K1.3
R6
R7
2
K2.2
FU3
K2.3
1
M2
4
295
YAT1
K8.2
K4.2
K7.2
SB4
Стоп
SA1.1
M
Авт.
Авар.
VD74
247
K3
998
C42
C41
VD71
VD70
KT2.3
K6.2
R101
999
C40
FA1.1
206
FA2.1
R100
VD72
VD73
KT1.2
237
K5.2
K4.1
235
KT1
R8
QF1.4
241
K4
206
210
206
SA1.2
K6.3
210
M
Авт.
Авар.
K3.1
243
K7.3
K5
210
K 5.1
K8.3
KT2.2
K6
K6.4
251
KA3.1
HL 2
R9
KT2.1
255
257
KT2
K4.3
HL1
R9
KSH
801
HL3
R9
QF
K4.4
803
HL4
R9
~220
SA1.3
~220
T2
260
M
Авт.
Авар.
~127
261
SA2
K7
FU8
Откл.
Вкл.
265
267
K8
262
HL5
R10
807
K4.5
263
HL6
R10
809
K4.6
HL7
R10
HA
K9.2
811
K6.5
262
K9.1
K9
SB7
813

тым. После размыкания цепи включения реле блокировки *К1* получает питание и схема снова оказывается подготовленной для включения электродвигательного привода.

Чтобы в процессе блокировки не образовался короткозамкнутый участок цепи, в схему введено сопротивление *R7* (60 Ом), к которому в этом режиме прикладывается все напряжение схемы управления. В результате оно потребляет мощность бóльшую, чем номинальная, и длительность замыкания цепи включения не должна превышать 30 с.

Автоматический выключатель, включившись, контактами *QF1.1* замыкает силовую цепь и подает напряжение в сеть: блок-контактом *QF1.2* включает контактор *КМ*, который контактами *КМ1.1* включает электродвигатель *М1* вентилятора охлаждения вентилей; замыкает блок-контакт *QF1.4* в цепи реле *К4*, которое замыкает свой контакт *К4.3* в цепи реле *КТ2*. Реле *КТ2* включается и через небольшой промежуток времени отключается, так как под действием потока воздуха от вентилятора в его цепи размыкается контакт *KSH1.1* реле потока воздуха. Реле *К4* замыкает также свой контакт *К4.4* в цепи лампы *HL4* «Вкл». Отключение подстанции производится нажатием кнопки *SB4*. При этом получает питание катушка электромагнита отключения *YAT1*, и автоматический выключатель отключается.

При дистанционном управлении (основной режим работы) переключатель *SA1* устанавливается в положение «Авт». При этом размыкается его контакт *SA1.2* в цепи реле *К5* и замыкается *SA1.3* в цепи дистанционного управления ~127 В. На щитке дистанционного управления в диспетчерской включается лампа *HL5* «Откл».

При повороте ключа *SA2* в положение «Вкл» срабатывает реле *К7*, замыкает свой контакт *К7.1* в цепи реле управления *К2* и подстанция включается так же, как при местном управлении. Кроме того, реле *К7* контактом *К7.3* отключает реле *К5* и контактом *К7.2* замыкает цепь конденсаторов узла реле *К3*, разряжая их.

Схемой предусматривается двухкратное автоматическое включение подстанции при отключении ее от срабатывания защит: *di/dt* (защиты по скорости нарастания тока), максимальной токовой, встроенной в привод автоматического выключателя, и максимальной токовой с ограниченно зависимой выдержкой времени. При отключении автомата одним из этих видов защит в конечном счете замыкается цепь реле времени повторного включения *КТ1*, которое размыкает свой контакт *КТ1.2* мгновенного действия (*206—237*) в цепи реле времени *К3* и с выдержкой времени (17 с) контактом *КТ1.1* включает реле *К2*. Подстанция снова включается. Если причина отключения подстанции не устранена, то указанный процесс повторяется и через 36—38 с, если неисправность еще имеется, срабатывает узел времени *К3* и контактом *К3.1* включит реле *К5*, которое разомкнет контакт *К5.2* в цепи

реле *КТ1*, препятствуя очередному включению подстанции. При отключении подстанции от срабатывания других защит (защита от исчезновения потока воздуха, от перегорания предохранителей) АПВ не происходит, так как в первом случае срабатывает реле *КТ2*, а во втором — реле *К6*, которые включают реле *К5*, предотвращающее повторное включение. При срабатывании защиты от исчезновения потока воздуха возможность включения подстанции с места и дистанционно сохраняется, а при срабатывании защиты от перегорания предохранителей возможность включения подстанции дистанционно исключается.

Подстанция отключается поворотом ключа *SA2* в положение «Откл». При этом срабатывает реле *К8*, замыкает контакт *К8.2* в цепи катушки электромагнита отключения *YAT1* и *К8.3* в цепи реле *К5*. Подстанция отключается, а включенное реле *К5* препятствует АПВ.

Схемой предусматривается также аварийное отключение подстанции. Для этого переключатель *SA1* надо установить в положение «Авар».

9.1.2. Подстанции с агрегатами АТП-500/275М1-У5 и АТП-500/600М1-У5

Агрегаты АТП-500/275М1-У5 и АТП-500/600М1-У5 по конструктивным и схемным решениям аналогичны и различаются лишь параметрами схемных элементов (трансформаторов, диодов и т. д.).

Подстанция состоит из высоковольтного распредустройства, тягового трансформатора и агрегата АТП-500/275М1-У5 (АТП-500/600М1-У5), в который входят преобразовательная секция и щит дистанционного управления.

Преобразовательная секция разделена на два отсека. В нижнем отсеке расположены вентилятор и реактор. Охлаждающий воздух поступает через вентиляционные отверстия нижнего отсека, далее вентилятором нагнетается в воздухопровод, пересекающий верхний отсек, и через отверстие в верхнем листе подается наружу. Доступ к вентилятору и реактору осуществляется через съемные крышки. Верхний отсек секции герметизирован. С лицевой стороны верхний отсек имеет две двери, которые закрываются специальными замками. На двери установлены контрольно-измерительная аппаратура, световая сигнализация и кнопки местного управления работой агрегата.

В верхнем отсеке секции, на воздухопроводе, закреплены две панели с силовыми вентилями, реле потока воздуха типа РПВ и трансформатор тока, а также автоматический выключатель и панель с аппаратурой управления. Охладители силовых вентилей закреплены внутри воздухопровода, для их очистки от грязи и пыли предусмотрено закрываемое крышкой отверстие.

Щит дистанционного управления снабжен аппаратурой звуковой и световой сигнализации. На двери щита расположены переключатель дистанционного включения и отключения агрегата; звуковая и световая сигнализация аварийного отключения автомата; лампы, сигнализирующие о включенном и отключенном положении автомата.

Схема подстанции (рис. 9.2) содержит силовые цепи (*а*) и цепи управления (*б*). Она допускает два режима управления: местный и дистанционный.

При дистанционном управлении избиратель режима работы *SA1* устанавливается в положение «Д». При включенном РУВН и выключателе цепей управления *SF* на щите дистанционного управления и двери преобразовательной секции загораются лампы *HL2* и *HL3*. На катушку реле *К7* подается напряжение по цепи: фаза *201*, размыкающий контакт *КМ5.3* реле *КМ5*, размыкающий контакт *К2.3* реле *К2*, размыкающий контакт *К8.1* реле *К8*, катушка реле *К7*, фаза *202*. Реле *К7* замыкает свой контакт *К7.1*, шунтируя контакт *КМ5.3* реле *КМ5*, и размыкает контакт *К7.2* в цепи питания катушки реле *КТ1*, исключая его срабатывание в момент пуска.

На щитке дистанционного управления загорается лампа *HL7*. Поворотом переключателя *SA2* на двери щита дистанционного управления в положение «Вкл» подается питание на катушку реле *К8*. Включившись, реле *К8* разрывает свой контакт *К8.1* в цепи реле *К7*, которое своим контактом *К7.2* подготавливает цепь питания катушки реле *КТ1* — реле автоматического повторного включения автомата *QF*.

Вторым замыкающим контактом *К8.2* реле *К8* подготавливает цепь для включения автоматического выключателя *QF*.

Третий замыкающий контакт *К8.3* подает питание на катушку реле *КМ5* по цепи: фаза *201*, контакт *К8.3*, кнопка *SB4*, контакт *К4.2*, катушка реле *КМ5*, фаза *202*. Реле *КМ5* включается, подает питание на электродвигатель *М* вентилятора. Кроме того, контакт *К8.3* замыкает цепь катушки минимального расцепителя *FV*.

Поток воздуха, движущийся по воздухопроводу, воздействует на исполнительный орган реле потока воздуха *KSH*, которое замыкает свой контакт *KSH1* и подает питание на катушку реле *КТ2*.

Реле *КТ2*, получив питание, размыкает контакт *КТ2.2* в цепи аварийного реле *К4*, а вторым замыкающим контактом *КТ2.1* подает напряжение на реле *К2*.

Реле *К2* срабатывает, контактом *К2.2* подает напряжение на электромагнитный привод *YAC* автоматического выключателя по цепи: фаза *107*, размыкающий контакт конечного выключателя *QF1*, контакт *К3.3*, замыкающий контакт *К2.2*, блок-контакт *QF3* выключателя, катушка электромагнитного привода *YAC*, фаза *111*. Электромагнит срабатывает, включается автома-

тический выключатель и далее размыкается контакт *QF1* и замыкается контакт *QF2* конечного выключателя.

Включившись, главные контакты подают напряжение на силовые вентили *VD1—VD12*, размыкающий блок-контакт *QF6* отключает лампы *HL3* и *HL4*, а замыкающий контакт *QF5* включает лампы *HL2* и *HL5*. Замыкающий блок-контакт *QF7* подготавливает цепь для реле *K4*, а размыкающий блок-контакт *QF8* разрывает цепь реле *KT1*, которое осуществляет начало цикла АПВ.

После включения автомата диспетчер отпускает ручку переключателя *SA2* и она возвращается в исходное положение. При этом реле *K8* обесточивается и замыкает контакт *K8.1* в цепи реле *K7*, размыкает свой контакт *K8.3* в цепи питания катушки реле *KM5*, который к этому времени зашунтирован контактом переключателя *SA2.1* и собственным блок-контактом *KM5.2*, а также контактом *K8.2* разрывает цепь реле *K2*.

При отпадании реле *K2* катушка автоматического выключателя отключается.

Отключение агрегата выполняется поворотом ручки переключателя *SA2* в положение «Откл.» При этом размыкается контакт *SA2.1* и разрывает цепь питания катушки реле *KM5* и минимального расцепителя. Пускатель *KM5* отключает двигатель *M* вентилятора. Автоматический выключатель *QF* отключается. При местном управлении необходимо избиратель режимов работы *SA1* перевести в положение «М». При этом у диспетчера на щите дистанционного управления загорится лампа *HL1*. Контакт *SA1.2* подготавливает цепь для включения агрегата.

Нажатием кнопки *SB3* «Взвод» замыкается цепь питания катушки реле *KM5*. Реле включается и своими контактами *KM5.1* подает питание на двигатель *M* вентилятора, а замыкающий контакт *KM5.2* обеспечивает питание катушки минимального расцепителя *FA*. Вентилятор создает поток воздуха, при котором срабатывает реле потока воздуха *KSH*. Его замыкающий контакт *KSH1* замыкает цепь включения реле времени *KT2*, контакт *KT2.1* которого подготавливает цепь для включения вводного автомата, замкнув контакт *KT2.1* в цепи реле *K2*. Включение вводного автомата осуществляется нажатием кнопки *SB1* «Пуск». Работа схемы управления происходит аналогично работе при дистанционном управлении.

Отключение агрегатов производится нажатием кнопки *SB4* «Стоп».

9.1.3. ТО и РНИ тяговых подстанций

Перед РНИ непосредственно преобразовательного агрегата необходимо выполнить РНИ составных частей подстанции — высоковольтной ячейки (см. разд. 7), силового трансформатора (см. разд. 4), автоматических выключателей (см. разд. 6). Дополнительно необходимо руководствоваться следующим:

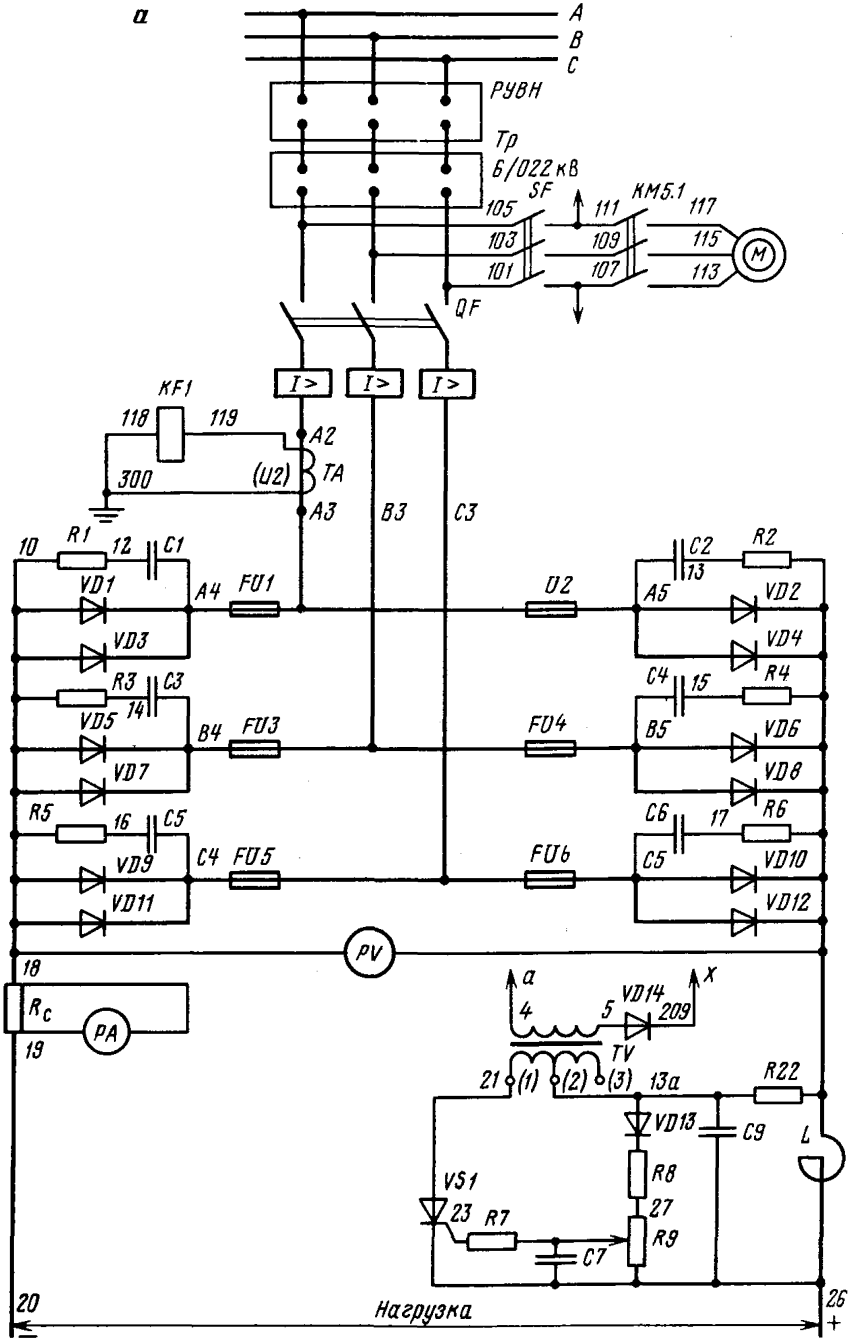
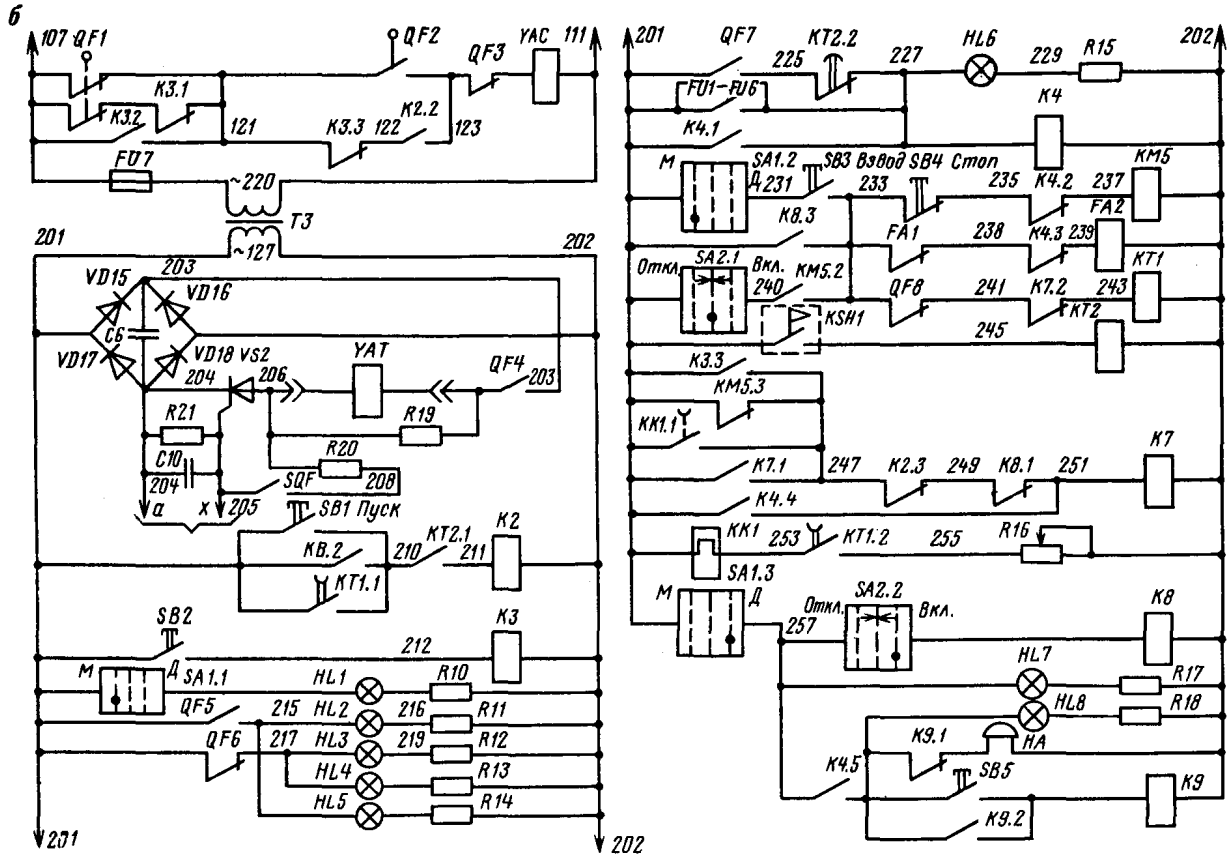


Рис. 9.2. Принципиальная электрическая схема подстанции АТП-500/275М1-У5


б
107 QF1
QF2
QF3
YAC
111
K3.1
K3.2
121
K3.3
122
K2.2
123
FU7
~220
T3
~127
201
202
VD15
203
VD16
C6
VD17
VD18
VS2
204
206
YAT
QF4
R21
R19
R20
C10
SQF
208
а
x
205
SB1 Пуск
KB.2
KT2.1
210
211
K2
KT1.1
SB2
K3
212
M
Д
SA1.1
HL1
R10
QF5
215
HL2
216
R11
QF6
217
HL3
219
R12
HL4
R13
HL5
R14
201
202
201
QF7
KT2.2
225
227
HL6
229
R15
202
FU1–FU6
K4
K4.1
M
SA1.2
Д
231
SB3 Взвод
233
SB4 Стоп
235
K4.2
237
KM5
K8.3
FA1
238
K4.3
239
FA2
Откл.
SA2.1
Вкл.
240
KM5.2
KT1
QF8
241
K7.2
243
KSH1
KT2
245
K3.3
KM5.3
KK1.1
K7
K7.1
247
K2.3
249
K8.1
251
K4.4
KK1
253
KT1.2
255
R16
SA1.3
M
Д
SA2.2
Откл.
257
Вкл.
K8
HL7
R17
HL8
R18
K9.1
HA
K4.5
SB5
K9
K9.2

1) заземляющий контур в камере тяговой подстанции кроме соединения с общим контуром заземления и местными заземлителями должен быть присоединен к токоведущим рельсам, используемым в качестве обратного провода контактной сети, или к соединенному с рельсами отрицательному полюсу источника постоянного тока;

2) при ревизии и наладке рубильников проверить состояние контактной системы, одновременность замыкания контактов;

3) при РНИ автоматов АВМ-10НВ, А3743Б и др., применяемых в тяговых подстанциях, их разборку производить только при показаниях неудовлетворительной работы и только в специализированных мастерских. При разборке автомата АВМ-10 следует:

а) проверить растворы и провалы контактной системы (зазор между дугогасительными контактами при отключенном выключателе должен быть $\geqslant$60 мм для выключателя выпуска до 1972 г. и 45 мм для выключателя 1972 г.; зазор между основными контактами при касании дугогасительных — 11 мм; неодновременность касания основных контактов $\leqslant$0,75 мм; неодновременность касания дугогасительных контактов $\leqslant$1,5 мм; провал основных контактов $\geqslant$2 мм);

б) измерить силу нажатия контактов (для основных контактов она должна составлять 550—750 Н, для дугогасительных — 30—50 Н);

в) проверить работу механизма свободного расцепления, расцепителей максимального тока и минимального напряжения на срабатывание вручную от соответствующих защит.

Ревизию и наладку автоматов А3742Б провести согласно указанию разд. 6;

4) уставки реле и устройств защиты должны соответствовать величинам, приведенным в табл. 9.2. Провести следующие испытания (в скобках — данные по АТП-500/275М1-У5):

а) защиты от к. з. по скорости нарастания тока *di/dt*. Перед испытанием проверить соответствие паспортным данным и пригодность к работе всех элементов, входящих в защиту, т. е. реактора *L*, потенциометра *R3* (*R9*), конденсаторов, резисторов, тиристоров, диодов и т. п. Простейшая проверка тиристора в шахтных условиях может быть проведена с помощью двух омметров (комбинированных приборов). Зажим «+» одного из омметров присоединяется к зажиму *22* (*21*), зажим «—» — к зажиму *14* (*26*), а затем наоборот. При исправном вентиле в обоих случаях стрелка прибора отклоняться не должна, Затем присоединить «+» одного прибора к зажиму *22* (*21*), а «—» к зажиму *14* (*26*), «+» второго прибора к зажиму *23* (*23*), а «—» к зажиму *14* (*26*). В этом случае стрелки первого и второго приборов должны отклоняться. При отсоединении второго прибора (в случае достаточной мощности источника питания первого прибора) стрелка первого прибора должна оставаться в том же отклоненном положении.

Таблица 9.2

Уставки реле и устройств защиты тяговой подстанции АТП-500/275М (АТП-500/275М1)

Вид защиты	Устройство, выполняющее данную защиту	Обозначение исполнительного органа на схемах (рис. 9.1, 9.2)	Уставки	
			по току, А	по времени, с
Защита от коротких замыканий по скорости нарастания тока	Блок защиты по скорости нарастания тока	*YAT2* (*YAT1*) *Y*	600—700	—
Защита от коротких замыканий	Магнитоуправляемый контакт	*SQF* (*SQF*)	1100—1200	—
Защита от перегрузок $2I_{ном}$ и выше в течение 60 с	Реле токовое РТ-82/1 (РТ-82/1)	*FA* (*FA*)	8 (8)	16 (16)
Защита от внутренних коротких замыканий	Предохранитель ПНБ-3-500 (ПП57-39371)	*FU1* *FU6*	500	
Повторное включение автомата после отключения от перегрузок и внешних коротких замыканий	Реле времени РВ-248	*KT1* (*KT1*)	—	17 (17)
Ограничение двукратности цикла АПВ	Реле тепловое ТРВ-1В (М)	*K3* (*KK*)	—	38 (40)
Аварийное отключение автомата при исчезновении потока воздуха	Реле времени РВ-245	*KT2* (*KT2*)	—	4 (4)

После проверки элементов защиты выбрать величину тока допустимой перегрузки, но не более 900 А. Затем определить внешнее проверочное сопротивление для испытания защиты по току допустимой нагрузки

$$R_{доп} = U_0/I_{max} = 275/900 = 0{,}3 \text{ Ом}.$$

Сопротивление комплектуется из ящиков типа КФ или электровозных сопротивлений и подключается на выходные зажимы *13* и *18* (*20* и *26*) подстанции. На потенциометре *R3* (*R9*) защиты *di/dt* выбрать такое положение движка, которое при включении подстанции на номинальную нагрузку обеспечивало бы несрабатывание защиты, т. е.

$$R_{ном} = U_{о.ном}/I_{о.ном} = 275/500 = 0{,}55 \text{ Ом}.$$

Затем увеличить ток нагрузки до допустимой величины и добиться четкого срабатывания защиты;

б) максимальной токовой защиты, встроенной в привод автомата. Ток уставки максимальной защиты $I_у$ автомата принять на 50—60 А больше тока допустимой перегрузки, но не более 950—960 А. Настройку $I_у$ производить установкой рычажка на шкале уставок изменением натяжения пружины. Испытание — первичным током. Эта защита практически является резервной к защите *di/dt*;

в) максимальной токовой защиты с ограниченно зависимой выдержкой времени. Перед испытанием проверить реле *FA* типа РТ-82 и установить рабочие уставки (А)

$$I_у = 1{,}2I_{о.ном}0{,}817/K_{тт},$$

где 1,2 — коэффициент перегрузки подстанции; $K_{тт}$ — коэффициент трансформации трансформаторов тока.

После этого установить уставку тока отсечки $I_{отс}$ и испытать защиту первичным током аналогично испытанию *di/dt*;

г) защиты от исчезновения потока воздуха с помощью флажкового реле РСВ-2. Потоком воздуха пластинка реле отклоняется и размыкает свой контакт *KSH1* в цепи реле времени *KT2*. При ослаблении потока воздуха или его исчезновении пластинка под действием пружины возвращается в исходное положение и замыкает контакт в цепи реле *KT2*, что приводит к отключению автомата. Включая и отключая вентилятор, добиться четкого срабатывания реле. Во избежание ложного срабатывания защиты выдержку времени реле *KT2* установить 4—5 с;

д) защиты от неисправности вентилей (перегорания предохранителей). Проверить состояние всех элементов, входящих в схему реле РТФ-1М (рис. 9.3); полярность выводов обмоток трансформаторов тока; правильность подключения реле к трансформаторам тока.

Однофазным током проверить срабатывание реле РТФ-1М от токов обратной последовательности на различных уставках.

Для этого подать ток на зажимы *1—3*, а зажимы *2—4* замкнуть накоротко. Определить максимально допустимый ток нагрузки подстанции при перегорании одного из предохранителей, исходя из условия номинальной нагрузки на каждую пару вентилей. При исправном блоке выпрямителей и номинальной нагрузке подстанции $I_{о.ном} = 500$ А на каждую пару вентилей приходится в среднем ток $I_{ср} = I_{о.ном}/3 = 500/3 = 170$ А. Следовательно, чтобы при перегорании предохранителя в одной из фаз сохранилось это условие, необходимо нагрузку подстанции снизить на одну треть, т. е. допустимый ток будет равен примерно 340 А.

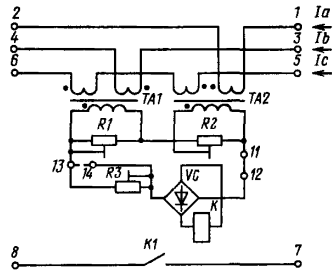


Рис. 9.3. Принципиальная электрическая схема реле РТФ-1М

Определить рабочую уставку реле $I_у$ практическим путем. Снять предохранитель в одной из фаз выпрямительного блока и, «загрубив реле», создать с помощью реостата нагрузку подстанции, равную допустимому току $I_{о.доп} = 340$ А. Затем, плавно уменьшая уставку реле до срабатывания защиты, найти рабочую уставку $I_у$ и на ней проверить защиту на несрабатывание при плавном увеличении нагрузки, равной нагрузке срабатывания защиты, встроенной в привод автомата, а также при подаче нагрузки, равной половине номинальной (толчком);

5) *при осмотре вентилей обратить внимание на достаточную* плотность прилегания их к радиатору. Измерение величины обратного сопротивления проводить мегаомметром на 500 В. При сопротивлении 12—10 кОм и ниже вентиль должен быть заменен;

6) особенности проверки и регулировки защит подстанции типа АТП-500/275М1-У5 изложены ниже:

а) защиту от перегрузок, выполненную на токовом реле, и защиту от к. з., осуществляемую с помощью магнитоуправляемого контакта *SQF* (см. рис. 9.2, *б*), проверить путем включения токовой нагрузки через понижающий трансформатор. Каждая из защит действует на отключение автомата *QF*. Уставку срабатывания *SQF* регулировать поворотом панели с магнитоуправляемым контактом относительно вертикальной оси: поворот по часовой стрелке — увеличение уставки, против — уменьшение ее;

б) защиту вентилей от внутренних к. з. выполнить быстродействующими предохранителями *FU1—FU6*. Предохранитель при сгорании плавкой вставки отключает участок цепи, в котором произошло к. з. Одновременно своим блок-контактом включает аварийное реле *K4*. Реле *K4* размыкает контакт *K4.2* в цепи питания катушки реле *KM5* и контакт *K4.3* в цепи катушки минимального расцепителя. Автомат *QF* отключается. Одновременно контакт *K4.4* замыкает цепь питания катушки реле *K7*. Реле *K7*

включается, становится на самоподхват и своим контактом *K7.2* разрывает цепь питания катушки реле *KT1*, блокируя цикл АПВ. Срабатывает аварийная сигнализация;

в) защиту от к. з. по скорости нарастания тока настроить на ток 600—700 А. Нагрузочное сопротивление рассчитать по формуле

$$R_{\text{нагр}} = U_{\text{нагр}}/I_{\text{нагр}} = 275/650 = 0{,}42 \text{ Ом}.$$

При настройке резистором *R9* (см. рис. 9.2, *а* и *б*) на панели установить сопротивление 2 кОм. Размыкающий контакт *FA1.1* реле *FA1* в цепи катушки минимального расцепителя автомата *QF* зашунтировать. Подключить нагрузочное сопротивление и включить автомат *QF*. Защита должна сработать и отключить автомат *QF*. Постепенно увеличивая сопротивление *R9* на участке *24—27* и отключая автомат, определить границу, где защита прекращает работу. После этого немного уменьшить сопротивление резистора *R9* и дважды подряд включить автомат. Если защита срабатывает четко, то процесс регулировки можно считать законченным.

В процессе эксплуатации и РНИ агрегата необходимо помнить, что в автоматическом режиме работы после отключения агрегата защитой происходит двукратный цикл АПВ общей длительностью 34 с и не следует в это время включать агрегат. После неудачного АПВ агрегат может быть включен в работу через 5 мин. Обслуживающему персоналу рекомендуется после неудачного АПВ выяснить причину отключения и только после ее устранения включать агрегат.

Длительность воздействия на ключ управления *SA2* на щите дистанционного управления должна быть минимальной (до загорания соответствующей сигнальной лампы). Если при повороте ключа в положение «Вкл» красная лампа не загорается, а зеленая горит с миганием, надо немедленно прекратить включение, так как оно производится на неустранившееся к. з. или перегрузку;

г) настройку фильтра тока обратной последовательности (ФТОП) однофазным током производить следующим образом (см. рис. 9.3):

в одну первичную обмотку трансформатора тока *TA1* и одну трансреактора *TA2* подать однофазный синусоидальный ток $2I_{\text{ном}}$ так, чтобы направление тока в них было встречным (например, на выводы *5—6*), и при отсоединенной нагрузке измерить падение напряжения на резисторах *R1* и *R2* и напряжение на выходе фильтра $U_{\text{ф}}$ вольтметром с большим внутренним сопротивлением ($R_{\text{вн}} > 1000$ Ом/В). Как видно из векторной диаграммы (рис. 9.4), все три напряжения $\dot{U}_{R1}$, $\dot{U}_{R2}$ и $\dot{U}_{\text{ф1}}$ должны быть равны. Так как при изменении сопротивления резистора *R2* изменяется не только значение падения напряжения на нем, но и фаза этого напряжения по отношению к току в первичной обмотке трансреактора *TA2*, а при изменении сопротивления резистора *R1* изменяется только значение падения напряжения на нем (угол практически не меняется), то регулировку нужно начинать с из-

менения сопротивления резистора *R2*. Затем, изменяя сопротивление резистора *R1*, уравнять падения напряжения U_{R1} и U_{R2} и измерить напряжение на выходе фильтра $U_ф$. Если полученное значение $U_ф$ отличается от U_{R1} и U_{R2}, то сначала необходимо регулировать резистором *R2*. При $U_ф > U_{R2}$ сопротивление резистора *R2* надо увеличить, а при $U_ф < U_{R2}$ — уменьшить. Затем сопротивление *R1* изменить до получения равенства $U_{R1} = U_{R2}$ и измерить $U_ф$. Эти действия произвести несколько раз, до тех пор пока значения U_{R1}, U_{R2} и $U_ф$ не станут одинаковыми. Расхождение не должно превышать 3—5 %;

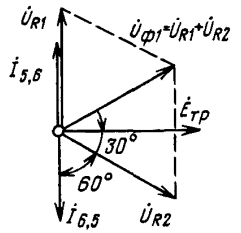


Рис. 9.4. Векторная диаграмма нагруженного ФТОП реле РТФ-1М при подведении к фильтру однофазного тока (токи в первичных обмотках *TA1* и *TA2* направлены встречно)

при наличии приборов для измерения углов сдвига с малым потреблением в цепях напряжения (например, ВАФ-85) настройку фильтра удобно производить, измеряя угол сдвига между первичным током и напряжением U_{R1}, который должен быть равен 60°, или между напряжениями U_{R1} и U_{R2}, который должен быть равен 120°. Величину угла регулируют, изменяя сопротивление резистора *R2*. Затем, как и в первом случае, сопротивление резистора *R1* изменяют до получения равенства $U_{R1} = U_{R2}$ и измеряют $U_ф$. В этом случае будет примерно $U_ф = U_{R1} = U_{R2}$. Значительная разница между величинами $U_ф$ и $U_{R1} = U_{R2}$ может быть вызвана погрешностью измерения угла за счет класса точности приборов;

после настройки фильтра любым из приведенных способов повторить проверку при подаче тока в другие первичные обмотки *TA1* и *TA2*, поставив перемычку между выводами *2—3* (см. рис. 7.33) и подав синусоидальный ток на выводы *1—4*. При удовлетворительной настройке фильтра разница в измерениях не должна превышать 3—5 %;

д) для проверки реле необходимо иметь определенную уставку по току срабатывания, которая задается обычно во вторичных токах $I_ф$, и максимальный ток трехфазного к. з. для оценки поведения реле на отсутствие ложных срабатываний:

на исполнительном реле тока установить необходимую уставку и нужный диапазон регулировки тока (*X1* или *X2*). Регулировку заданной уставки по току обратной последовательности производить при имитации двухфазного к. з. между любыми фазами изменением тока на выходе фильтра при срабатывании исполнительного реле тока. Ток срабатывания реле в фазных токах обратной последовательности вычислить по формуле

$$I_{вф} = I_{ср}/\sqrt{3}, \qquad (9.4)$$

проверить ток возврата реле и отсутствие вибрации контактов исполнительного реле при подаче на вход фильтра тока от $1{,}05I_{ср}$ до $I_{м.\,з.\,max}$. При появлении вибрации уменьшить конечный зазор между якорем и магнитопроводом. Определить коэффициент возврата реле;

оценить реакцию реле на отсутствие ложных срабатываний при максимальном токе трехфазного к. з. косвенным методом — проверкой линейности ФТОП. Для этого к фазам реле *AB*, *BC*, *CA* поочередно подвести ток $I_{к.\,з.\,max}$ и измерить ток в исполнительном реле или напряжение на выходе фильтра. Наибольшая разность двух любых замеров тока или напряжения не должна превышать соответственно значений $i_{ср}$ и $U_{ср}$ реле напряжения;

определить вторичный ток или напряжение срабатывания исполнительного реле после проверки настройки реле. Приборы для измерения тока (напряжения) срабатывания должны быть с небольшим потреблением (например, ВАФ-85) и желательно того же типа, который будет применен для проверки реле под нагрузкой;

е) произвести проверку электрических характеристик реле трехфазным током по следующей методике:

проверить ток небаланса ФТОП, замкнув накоротко зажимы *2*, *4*, *6*, убрав перемычку *11—12* и подключив вместо нее миллиамперметр с внутренним сопротивлением $\leqslant$400 Ом. На зажимы *1*, *3* и *5* подать симметричный трехфазный ток прямой последовательности $1{,}5I_{ном}$. Ток небаланса при замкнутых зажимах *13* и *14* должен быть $\leqslant$1 мА. При небольшом превышении допустимого значения ток небаланса уменьшить совместной регулировкой сопротивления резисторов *R1* и *R2*. При большом значении тока небаланса выполнить настройку фильтра, начав с трансреактора *TA2*. Для этого замкнуть накоротко зажимы *4* и *6* и при снятой перемычке *11—12* через зажимы *3* и *5* пропустить синусоидальный ток $(1\div1{,}3)\ I_{ном}$. Сопротивление резистора *R2* подобрать таким образом, чтобы напряжение на нем опережало ток через первичные обмотки трансреактора на 60°. Затем подать ток на зажимы *5* и *6* и подобрать сопротивление резистора *R1* так, чтобы значения напряжений на резисторах *R1* и *R2* были равны. Окончательно проверить трехфазным током;

отрегулировать уставки исполнительного органа при установленной перемычке *13—14*. Зажимы *2* и *4* замкнуть накоротко, подать ток на зажимы *1* и *3*. Ток обратной последовательности при срабатывании реле вычислить по выражению (7.8).

На каждой уставке подобрать положение указателя шкалы, соответствующее срабатыванию при нужном значении тока;

сняв перемычку *13—14*, подобрать значение добавочного резистора *R3* таким, чтобы ток срабатывания реле увеличился в 2 раза;

ж) проверить четкость работы контактов реле в диапазоне токов от $1{,}2I_{сраб}$ до $20I_{ном}$. При нечеткой работе контактов отрегулировать реле РН-50;

з) проверить реле при рабочем токе $\geqslant 0{,}2I_{ном}$ ТТ защищаемого присоединения при симметричной нагрузке:

измерить значение токов трех фаз и ток небаланса в нулевом приводе (если он исполняется в защите), определить чередование фаз тока, поданного на реле;

измерить ток небаланса на выходе ФТОП и сравнить с заводскими данными. При необходимости проанализировать форму кривой тока небаланса;

измерить ток на выходе ФТОП при кратковременном изменении фаз тока на входе фильтра, проверив при этом работу контактов исполнительного реле;

восстановить схему токовых цепей. Повторно проверить ток небаланса на выходе ФТОП. При неизменной нагрузке значение его не должно отличаться от значения, полученного при измерении по п. «*а*».

9.2. ЗАРЯДНЫЕ УСТРОЙСТВА

Зарядные устройства предназначены для преобразования переменного тока в постоянный при зарядке аккумуляторных батарей шахтных электровозов. Они обеспечивают автоматический заряд аккумуляторных батарей в нормальных (шестичасовых), усиленных (десятичасовых) и ускоренных (трехчасовых) режимах, а также автоматическое регулирование зарядного тока и напряжения и защиту в аварийных режимах. Зарядные устройства имеют высокую надежность в работе, просты в монтаже и эксплуатации.

9.2.1. Зарядные устройства типа ЗУК

Зарядные устройства типа ЗУК предназначены для работы при стационарной установке в околоствольных камерах, омываемых свежей струей воздуха шахт, опасных по газу или пыли.

Технические характеристики зарядных устройств типа ЗУК

	ЗУК 75/120М	ЗУК 155/230М
Исполнение	РП	
Номинальный выпрямленный ток, А	75	155
Номинальное выпрямленное напряжение, В	120	230
Напряжение питающей сети, В	380/660	
Мощность, кВт	9	25,6
КПД	0,86	0,93
cos φ	$\geqslant$0,75	$\geqslant$0,82
Типы заряжаемых батарей	66ТНЖ-300 36ТНЖ-300 80ТНЖ-350 96ТНЖ-350	96ТНЖШ-500 112ТНЖШ-500 112ТНЖШ-500 126ТНЖШ-550
Габаритные размеры, мм	684×650×1130	730×754×1660
Масса, кг	235	520
Стабилизация по току, %	±5	

Зарядные устройства ЗУК-75/120М и ЗУК-155/230М по конструктивным и схемным решениям аналогичны и различаются лишь параметрами схемных элементов. Рассмотрим устройство и работу зарядного устройства на примере ЗУК-155/230М.

Конструктивно зарядное устройство выполнено в виде шкафа, в котором установлены силовой трансформатор, магнитный усилитель, вентильный блок, реле утечки, вентилятор с электродвигателем и другие элементы схемы управления, защиты и сигнализации. На передней панели размещены электроизмерительные приборы и кнопки управления.

В основу работы зарядного устройства (рис. 9.5) положено использование регулировочных свойств магнитного усилителя (МУ) и выпрямительного моста. Выпрямительный блок питается от силового трансформатора.

Включение зарядного устройства осуществляется с помощью кнопки *S1* через магнитный пускатель.

Среднее значение выпрямленного напряжения изменяется за счет регулировочных свойств МУ, включенного в цепь силовых диодов. Обмотки управления усилителя (токовая *ОУТ* и напряжения *ОУН*) включены по их магнитным потокам встречно и охватывают все шесть сердечников.

Токовая обмотка управления *ОУТ*, служащая для создания отрицательной обратной связи и для смещения характеристики магнитного усилителя, имеет один виток. Она включена так, что при увеличении зарядного тока сердечник магнитного усилителя размагничивается, выпрямленное напряжение при этом снижается. В процессе заряда по мере роста э. д. с. батареи ток в обмотке управления *ОУН*, включенной на выходное напряжение, увеличивается. При возрастании намагничивающей силы (н. с.) обмотки управления уменьшается насыщение сердечников усилителя, что предотвращает резкое спадание тока в процессе заряда батареи. Для подавления переменной составляющей в цепи обмотки подмагничивания включен дроссель *L*.

Для защиты зарядного устройства и диодов от коммутационных перенапряжений включены *RC*-цепочки.

Защита зарядного устройства от перегрузок более $1{,}5I_{ном}$ и коротких замыканий осуществляется пускателем с помощью блока, выполненного по бесконтактной схеме. В диапазоне рабочих температур уставка защиты может изменяться при изменении температуры в пределах ± 15 %. В качестве датчиков тока используются два трансформатора тока (*TA1* и *TA2*), установленные на двух фазах на вторичной стороне силового трансформатора. Для выпрямления напряжения переменного тока применен однофазный мостовой выпрямитель на диодах *VD7—VD10*. Нагрузкой для выпрямителя служит резистор *R7* во входной цепи стабилитрона *VD11*, выполняющего роль узла отсечки. При возникновении к. з. тиристор *VS12* отпирается, шунтирует диод в цепи кнопочного поста управления. При этом срабатывает промежуточное

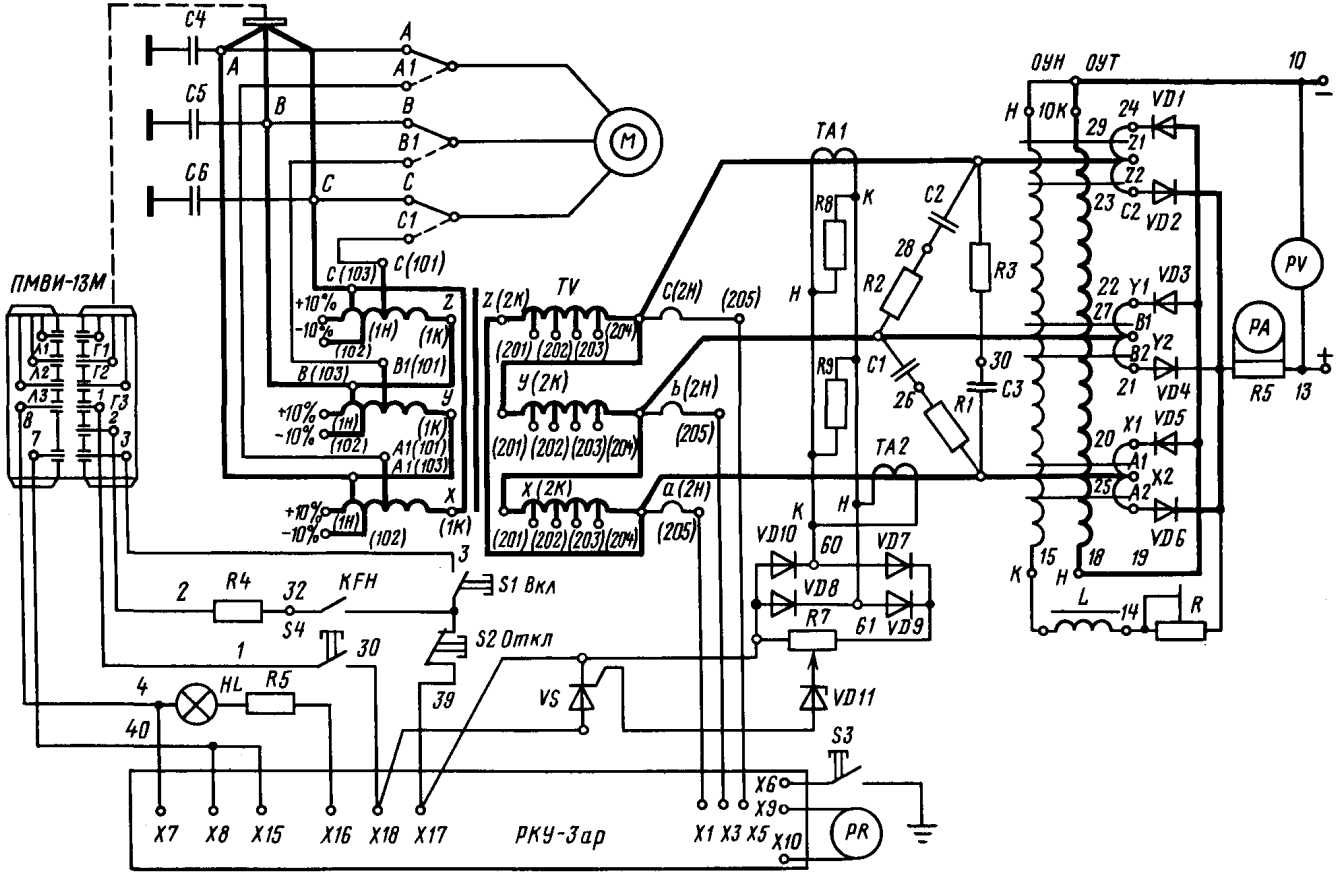


Рис. 9.5. Принципиальная электрическая схема зарядного устройства ЗУК-155/230М

реле магнитного пускателя, который отключает зарядное устройство от сети.

Защита от утечек тока на землю в цепях переменного трехфазного (на вторичной стороне силового трансформатора) и постоянного тока зарядного устройства производится пускателем с помощью реле утечки тока РКУ-Зар (см. разд. 5). Питание реле утечки (36 В) получает от обмотки трансформатора, встроенного в пускатель (выводы *7* и *8*). При снижении сопротивления изоляции ниже допустимого реле утечки срабатывает и воздействует на магнитный пускатель, который отключает поврежденную сеть. При этом загорается сигнальная лампа *HL*.

Защита от исчезновения потока охлаждающего воздуха вентилятора выполняется с помощью реле потока воздуха, контакт *KFH* которого включен в кнопочный пост.

Защиту от напряжения радиопомех выполняет фильтр (*C4—C6*).

Шкаф зарядного устройства имеет дверную блокировку (кнопку *S4*). При открывании двери она воздействует на магнитный пускатель, который отключает зарядное устройство.

Оперативно зарядное устройство отключается кнопкой *S2*.

9.2.2. Разрядно-зарядное устройство РЗУ

Разрядно-зарядное устройство РЗУ предназначено для разряда и заряда тяговых аккумуляторных батарей рудничных электровозов при формовочном и контрольно-восстановительном заряде — разряде, а также для эксплуатационного заряда.

Техническая характеристика РЗУ

Исполнение	РН
Номинальное напряжение, В	380/660
Номинальное выпрямленное напряжение, В	230
Максимальный выпрямленный ток, А	155
Максимальный разрядный ток, А	130
Номинальная мощность, кВт	36
Коэффициент мощности	$\geqslant$0,82
Диапазон ступенчатого (через 5 А) регулирования тока (А) в режиме:	
разряда	50—130
заряда	50—155
Стабилизация по току, %	5
Коэффициент рекуперации при разряде	$\geqslant$0,3
КПД	$\geqslant$0,93
Кратность и длительность (с) перегрузки по току	1,25/60
Габаритные размеры, мм	730×754×1730
Масса, кг	560

РЗУ выполнено в виде шкафа, в котором установлены силовой трансформатор, блок силовых тиристоров, блоки управления, трансформаторы тока и другие элементы цепей управления, защиты, сигнализации. На верхней передней неподвижной панели

установлены измерительные приборы, ручной переключатель тока, указатель сопротивления изоляции. Нижняя часть передней панели представляет собой дверь, она снабжена блокировкой, обеспечивающей при открывании двери снятие напряжения со всех токоведущих частей. На лицевой панели двери расположены кнопки управления и смотровое окно контроля показаний реле утечки тока. По принципу действия РЗУ — полупроводниковый инверторно-выпрямительный преобразователь на тиристорах с фазоимпульсным управлением.

Принципиальная электрическая схема РЗУ (рис. 9.6) устройства состоит из силовых цепей и функциональных блоков. Силовая цепь собрана по схеме полностью управляемого обратимого тиристорного преобразователя с фазоимпульсным управлением. Трансформатор имеет отпайки для согласования напряжения сети с напряжением различных по количеству батарей аккумуляторов. Блок силовых тиристоров *VS1—VS6* собран по трехфазной мостовой схеме и обеспечивает с помощью системы управления перевод преобразователя из выпрямительного в инверторный режим, а также регулирование и стабилизацию тока. Трансформаторы тока *TA2—TA6* служат датчиками системы автоматической стабилизации тока и схемы максимальной защиты от перегрузок и к. з. в силовых цепях на вторичной стороне трансформатора. Цепочки *R2—C2÷R4—C4* служат для защиты тиристоров от пробоя всплесками напряжения при коммутации. Цепочки *R1—C1*, *R5—C5* шунтируют анодную и катодную группы силовых тиристоров для пропуска оперативного тока реле утечки. Дроссель *L1* повышает качество выпрямленного тока. Токовое реле *KA1* включает в работу систему учета энергии. Реверсивный переключатель *SA1* служит для изменения полярности батареи при переключении установки с разряда на заряд. Автоматический выключатель *QF*, входящий в комплект аккумуляторной батареи, обеспечивает оперативные отключения и максимальную защиту установки со стороны постоянного тока.

Шесть блоков фазоимпульсного управления (по одному на каждый силовой тиристор) *БФУ1—БФУ6* предназначены для формирования управляющего импульса и сдвига его по фазе в зависимости от заданного значения тока.

Блок стабилизации тока *БСТ* служит для получения стабилизированного опорного напряжения, которое затем используется в системе автоматического и ручного управления силовыми тиристорами.

Блок контроля минимального напряжения БМН предназначен для формирования сигнала на отключение установки по окончании процесса разряда при достижении минимального разрядного напряжения (среднего по батарее).

Реле времени *KT1* используется для отключения установки по окончании процесса заряда, а также для учета энергии, сообщаемой батарее в режиме заряда и получаемой от нее при разряде.

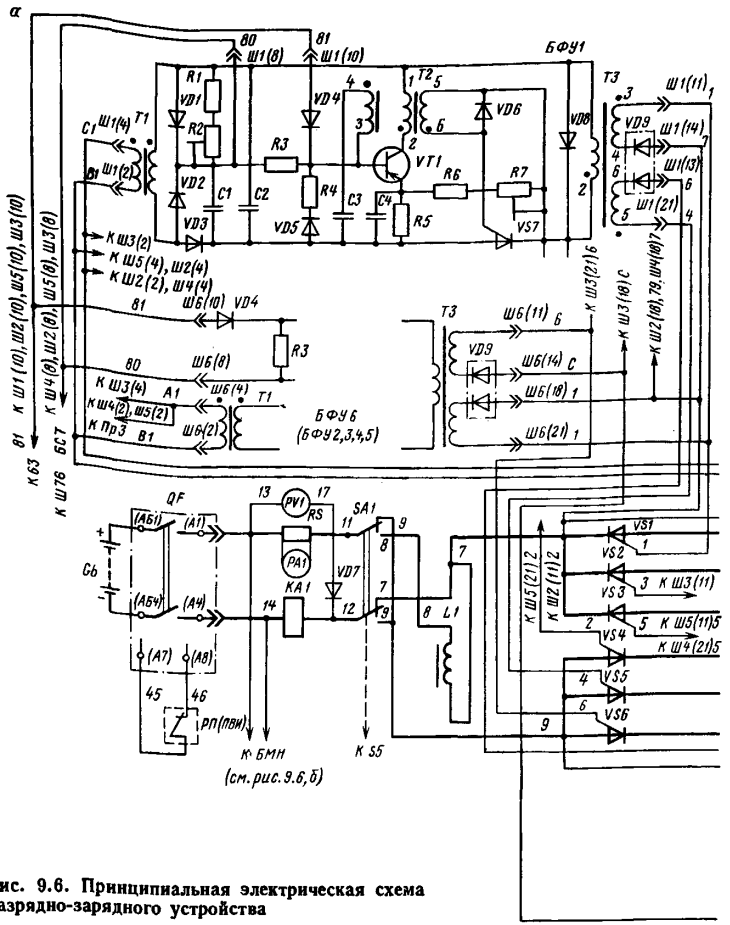
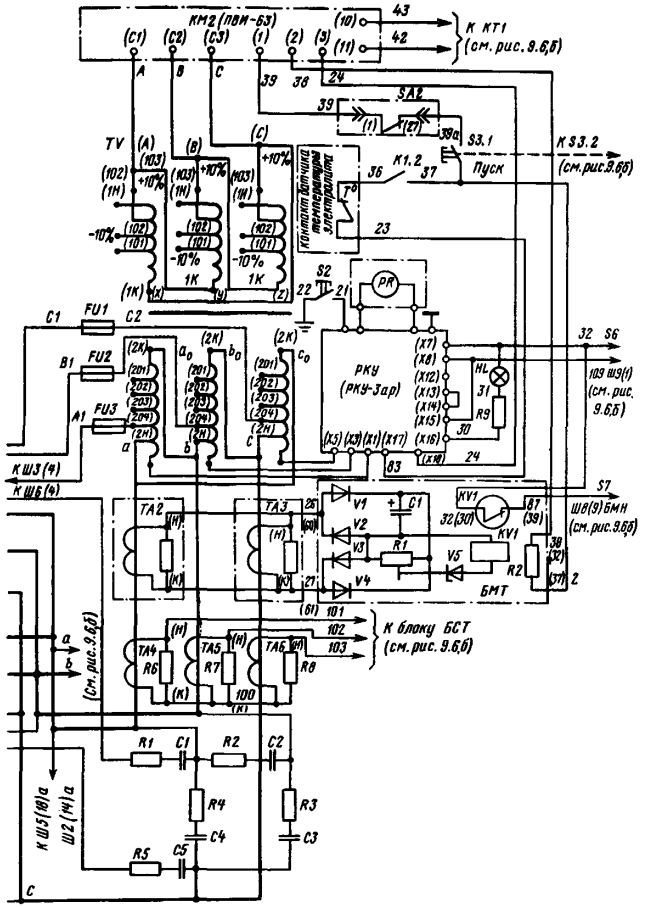


Рис. 9.6. Принципиальная электрическая схема разрядно-зарядного устройства

Блоком реле контроля утечки тока РКУ типа РКУ-Зар осуществляется контроль сопротивления изоляции в силовых цепях постоянного и переменного тока на вторичной стороне трансформатора *Т*, включая изоляцию аккумуляторов.

Установка подключается к сети переменного тока через магнитный пускатель ПВИ-63. Специальный блок этого пускателя предназначен для максимальной защиты на стороне переменного тока. Элементы управления, все виды защит и блокировок отключают установку по постоянному и переменному току через промежуточное реле пускателя.



Работу блоков управления силовыми тиристорами рассмотрим по схеме с блоком *БФУ1*, так как все шесть блоков управления собраны по аналогичной схеме и работают в определенной последовательности. При срабатывании контактора пускателя *КМ2* на первичную обмотку синхронизирующего трансформатора *Т1* блока *БФУ1* поступает напряжение в фазе *В1—С1*. Конденсатор *С2* через диод *VD3* заряжается до амплитудного значения напряжения вторичной обмотки синхронизирующего трансформатора *Т1*. При этом напряжение на конденсаторе *С1* равно нулю, так как он шунтирован диодом *VD2*. В момент перехода синхронизирую-

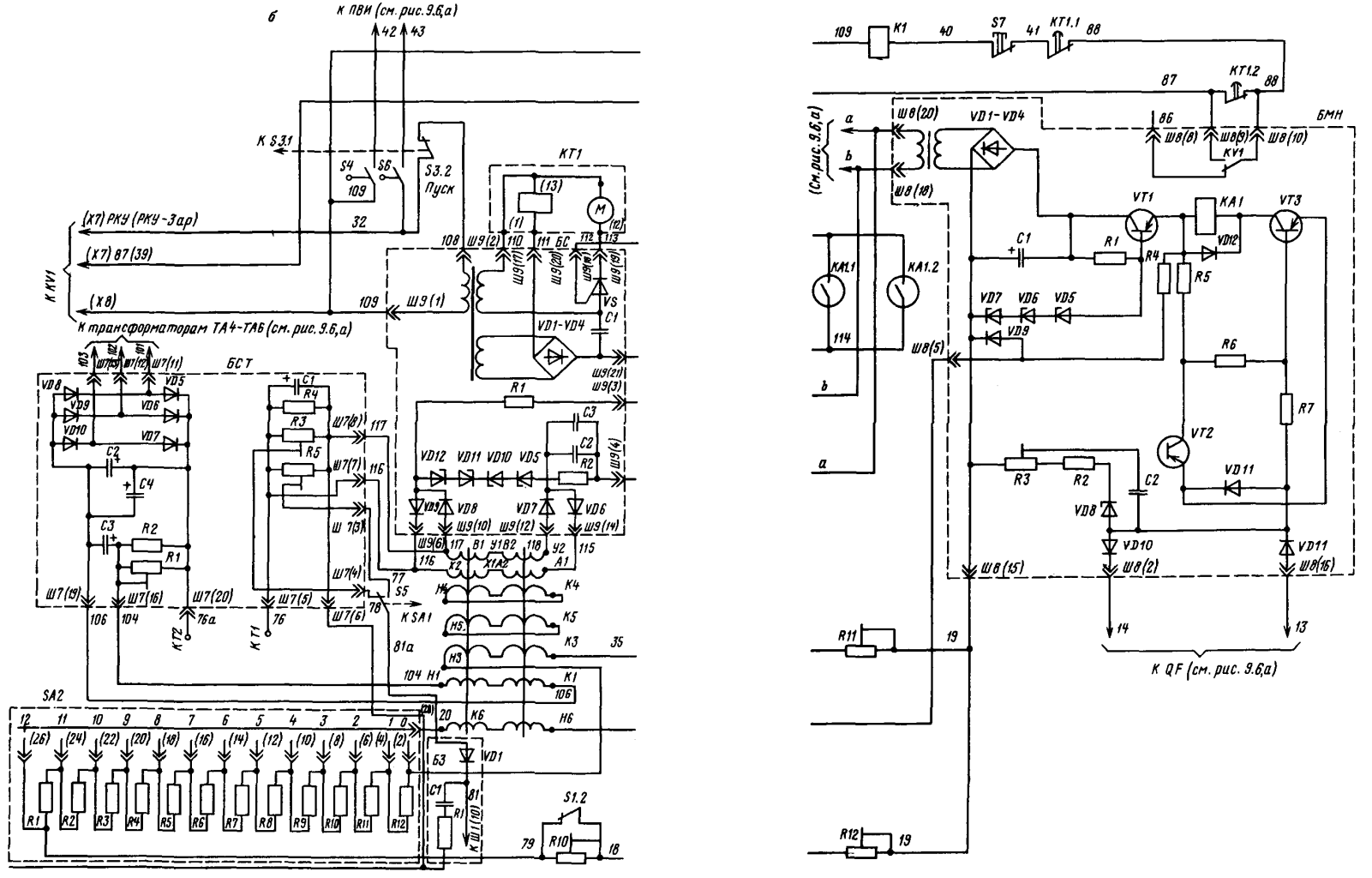


Рис. 9.6. (Продолжение)

щего напряжения через максимум диод *VD2* запирается, а конденсатор *C1* начинает заряжаться от конденсатора *C2* через регулируемый резистор *R2*. Этот узел является генератором пилообразного напряжения, которое через диод *VD5* и резистор *R4* прикладывается к резистору *R3*. Встречно через диод *VD4* к этому резистору прикладывается напряжение управления. Пока напряжение управления превышает нарастающее пилообразное напряжение, тока в цепи резистора *R4* нет. В момент равенства значений напряжений открывается диод *VD5*, ток через резистор *R4* создает отрицательное смещение на базе транзистора *VT1* и он открывается. Запускается блокинг-генератор, в схему которого входят транзистор *VT1*, резистор *R5*, конденсаторы *C3*, *C4* и импульсный трансформатор *T2*. Нагрузкой блокинг-генератора является управляющий переход тиристора *VS7*. Блокинг-генератор открывает тиристор *VS7*. Происходит разряд емкости *C2* через первичную обмотку выходного импульсного трансформатора *T3*. При этом импульсы, наведенные во вторичных обмотках этого трансформатора, через диод *VD9* подаются на управляющие электроды тиристора *VS1* анодной группы и тиристора *VS5* катодной группы блока силовых тиристоров. Тиристоры открываются, включая в работу силовой контур. Так как включение тиристора *VS7* и разряд емкости *C2* происходят при отрицательной полуволне напряжения на вторичной обмотке трансформатора *T1*, то диод *VD3*, оставаясь запертым, дает возможность емкости *C2* разрядиться до нуля. Ток через тиристор *VS7* прекращается, и он закрывается до следующего цикла. Через 60 электрических градусов аналогично описанному отработает блок управления *БФУ4* на тиристоры *VS5* и *VS3* и т. д. в последовательности, определенной соответствующей фазировкой. Таким образом, момент открывания силовых тиристоров, а следовательно, и ток в силовом контуре зависит от напряжения управления, которое подводится к блокам управления на резисторы *R3*. Описанная схема позволяет получить угол управления 200—220 электрических градусов, что обеспечивает возможность работы преобразователя как в выпрямительном, так и в инверторном режимах.

Ручное и автоматическое регулирование тока обеспечивают элементы блока БСТ, магнитный усилитель *LA* и переключатель *SA2*. Магнитный усилитель по переменному току подключен к стабилизатору. Напряжение управления в пределах 0—20 В снимается с сопротивлений *R3* и *R5* блока БСТ. Для автоматической стабилизации разрядно-зарядного тока напряжение обратной связи снимается с резистора *R1* и подается на соответствующую обмотку управления магнитного усилителя. На другую обмотку подается опорное напряжение, которое регулируется переключателем *SA2*, что дает возможность изменять ток в пределах 50—150 А. По окончании процесса разряда срабатывает реле *KA1* блока БМН и через промежуточное реле пускателя отключает устройство от сети и батареи.

Отключение установки по окончании процесса заряда осуществляется программным реле времени *КТ1*, контакт которого включен в цепь промежуточного реле пускателя. При стабилизированном токе заряда принятый способ отключения автоматически обеспечивает учет энергии, сообщенной батарее в режиме заряда.

9.2.3. ТО и РНИ зарядных устройств

При ТО и РНИ зарядных устройств (рис. 9.7) нужно руководствоваться указаниями, изложенными в предыдущих разделах. Дополнительно необходимо:

1) проверить соответствие числа рабочих преобразовательных агрегатов зарядных подстанций числу одновременно заряжаемых батарей. Резервных зарядных устройств должно быть 10 % от

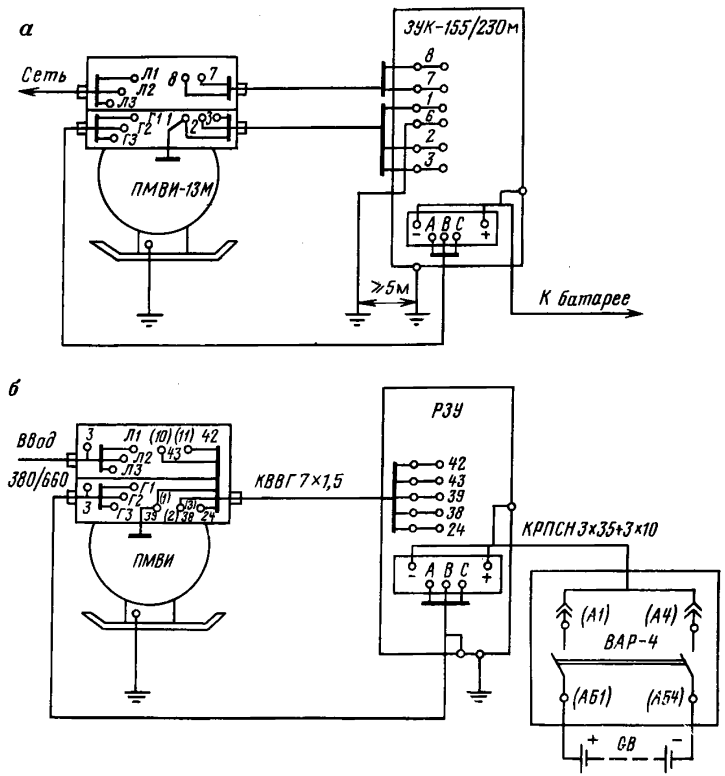


Рис. 9.7. Схемы внешних соединений зарядных устройств:
а — ЗУК-155/230М; *б* — РЗУ

рабочих (не менее 1 при 10 устройствах и не менее 2, если устройств более 10). Практически по соображениям удобства выполнения кабельной сети в зарядной камере общее число зарядных устройств принимают равным общему числу зарядных столов;

2) проверить работоспособность реле утечки РКУ-Зар (в устройстве ЗУК нажатием кнопки *SB3* «Контроль изоляции», в устройстве РЗУ — кнопкой *SA2*;

3) произвести внешний осмотр и проверку устройства, обратить внимание на исправность заземления, целость и работоспособность измерительных приборов, исправность кабелей и защитных блокировок;

4) проверить правильность выбора силового трансформатора (см. разд. 4);

5) проверить правильность выбора отпаек силового трансформатора устройства типу (числу) заряжаемых батарей;

6) проверить соответствие подключения питающей сети к зажимам трансформатора устройства в зависимости от колебаний напряжения сети: при напряжении, повышенном на 10 % — подключить к зажимам «±10» трансформатора, при длительном пониженном на 10 % напряжении сети — к зажимам «—10 %» трансформатора. Напряжение питающей сети не должно выходить за пределы $\pm 0{,}1 U_{ном}$. При напряжении питания 660 В «треугольник» выводов первичной обмотки силового трансформатора необходимо переключить в «звезду», при напряжении 380 В — наоборот;

7) при первом включении устройства:

подключить зарядное устройство к сети согласно схеме внешних соединений (см. рис. 9.7);

установить движок регулируемого сопротивления *R* в положение, обеспечивающее минимальный ток управления;

включить зарядное устройство и проверить работоспособность реле утечки. При этом должна загореться сигнальная лампочка *HL*;

в устройстве ЗУК проверить правильность направления потока воздуха (сверху вниз). При необходимости поменять подключение двух фаз сети на электродвигателе вентилятора. Проверить работоспособность реле потока воздуха. При работе зарядного устройства с током нагрузки до 125 А допускается его работа без принудительного воздушного охлаждения. В этом случае следует отключить вентилятор и зашунтировать контакт воздушного реле (зажимы *9* и *32* на рис. 9.5);

проверить по приборам значения напряжения и тока заряда. Включение и отключение производить, изменяя положение движка регулируемого сопротивления *R* до тех пор, пока не будет установлен требуемый ток зарядки в соответствии с выбранным режимом заряда;

8) проверить уставку срабатывания максимальной токовой защиты. В устройстве ЗУК регулируется резистором *R7*, который ограничивает ток управления тиристора *VS*. Значение тока в цепи

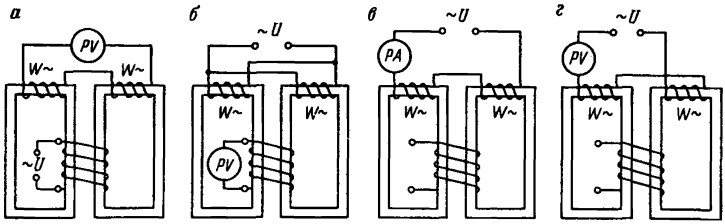


Рис. 9.8. Схемы проверки целости обмоток магнитного усилителя

обратной связи по напряжению регулируется сопротивлением R, что позволяет изменить выпрямленное напряжение на 20—25 %. Автоматическое регулирование обеспечивает стабилизацию зарядного тока с точностью до ±5 %.

В устройстве РЗУ МТЗ регулируется резистором *R1* блока БМТ;

9) проверить мегаомметром на 1000 В сопротивление изоляции устройства; оно должно быть $\geqslant$1,0 МОм;

10) при ревизии и наладке магнитного усилителя:

проверить плотность затяжки стяжных резьбовых соединений входных обмоток;

измерить сопротивление обмоток управления (в усилителе УМЗП 32.32 сопротивление высокоомной обмотки *ОУН* должно быть 13 Ом, у низкоомной *ОУТ* — 0,16 Ом, в усилителе УМЗП-10-45/50Ж сопротивление высокоомной обмотки $\leqslant$ $<$ 26 Ом);

проверить правильность включения обмоток усилителей, предварительно определив полярность обмоток. Обмотки *ОУН* и *ОУТ* должны быть включены встречно;

проверить, нет ли короткозамкнутых витков в обмотках усилителя. Для обнаружения короткозамкнутых витков в обмотках переменного тока на одну из обмоток постоянного тока подать переменное напряжение и высокоомным вольтметром измерить напряжение на зажимах встречно включенных обмоток переменного тока (рис. 9.8, *а*). Значительное напряжение на зажимах этих

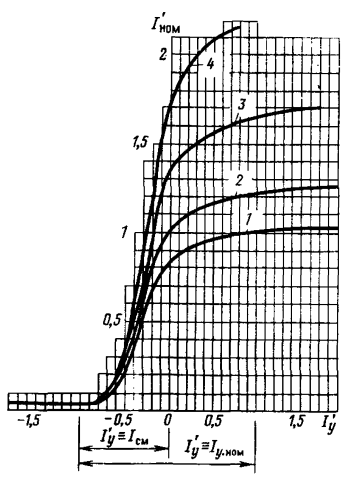


Рис. 9.9. Нагрузочные характеристики магнитного усилителя

обмоток свидетельствует о наличии короткозамкнутых витков в одной из обмоток переменного тока или о существенном различии в магнитных свойствах сердечников.

Согласно другому методу, подать переменное напряжение на параллельно и встречно включенные обмотки переменного тока и измерить напряжение на одной из обмоток постоянного тока (рис. 9.8, *б*). При отсутствии закороченных витков в обмотках переменного тока э. д. с. в обмотках постоянного тока не индуктируется даже при некотором отличии магнитных свойств сердечников. В то же время при наличии закороченных витков в одной из обмоток постоянного тока напряжение на зажимах этой обмотки может быть близким к нулю из-за наличия закороченных витков в одной из обмоток переменного тока. Поэтому для обнаружения короткозамкнутых витков в обмотках переменного тока желательно применять оба метода.

Проверку наличия короткозамкнутых витков в обмотках постоянного тока следует производить путем измерения переменного тока в рабочих обмотках при их встречном (рис. 9.8, *в*) и согласном (рис. 9.8, *г*) включении и разомкнутых обмотках постоянного тока. При наличии закороченных витков в одной из обмоток постоянного тока будет увеличиваться ток в обмотках переменного тока при переходе от встречного к согласному включению;

проверить состояние выпрямителей, включенных в цепь магнитного усилителя. При необходимости снять их вольт-амперные характеристики. К включению в работу можно допускать выпрямители только с идентичными вольт-амперными характеристиками;

снять нагрузочную характеристику усилителя в собранном виде. Примерный вид характеристики в системе относительных единиц показан на рис. 9.9. Кривая *1* соответствует режиму, когда номинальный ток на выходе достигается при токе управления, равном $0{,}5I_{\text{у. ном}}$, и отсутствии тока смещения. Кривая *2* отражает режим, при котором номинальный ток $I_{\text{ном}}$ на выходе МУ достигается в конце прямолинейного участка нагрузочной характеристики. Кривая *3* соответствует режиму с принудительным охлаждением МУ со скоростью потока воздуха $\geqslant 2{,}5$ м/с. Допустимый по нагреву ток устанавливается при токе $0{,}5I_{\text{у}}$. Кривая *4* построена для случая, когда величина допустимого по нагреву тока (при принудительном охлаждении) устанавливается в конце прямолинейного участка нагрузочной характеристики.

10. ПУСКОВЫЕ И ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ

10.1. ПУСКОВЫЕ АГРЕГАТЫ АП-4

Агрегат пусковой АП-4 предназначен для питания управления и защиты двух шахтных ручных электросверл и для местного освещения.

Техническая характеристика АП-4

Уровень взрывозащиты	РВ-3В; Иа
Номинальная мощность длительная, кВ·А	4
Схема и группа соединения обмоток силового трансформатора	Д/У-11 У/У-12
Напряжение питания номинальное трехфазное переменного тока частотой 50 Гц, В	380/660
Выходное напряжение, В, при номинальной нагрузке, В	127 ± 10
Ток в первичной цепи агрегата, А	6,1/3,5
Ток во вторичной цепи суммарный, длительный, А	$\leqslant 17{,}4$
Режим работы	Повторно-кратковременный (ПВ-60) с частотой включений до 15 в час или длительный
Ток короткого замыкания агрегата при температуре токоведущих частей 35 °С, А	$\leqslant 520$
Число вводов под кабель диаметром, мм:	
30	4
18	2
Габаритные размеры, мм	$\leqslant 1020 \times 480 \times 540$
Масса, кг	200

Основные части пускового агрегата — силовой трансформатор, панель в сборе, автоматический выключатель, корпус.

Агрегат имеет встроенные элементы защиты от утечек и отключающий автомат, одновременно выполняющий роль разъединителя.

Силовой трансформатор агрегата — трехфазный, сухой. Начала и концы катушек ВН выведены на проходные зажимы и со стороны панели с помощью специальных перемычек могут быть пересоединены с «треугольника» (подводимое напряжение 380 В) на «звезду» (подводимое напряжение 660 В) и наоборот.

Основные узлы панели в сборе — два контактора, два промежуточных реле, два реле максимального тока, вспомогательный трансформатор и блок реле утечки. Контакторы агрегата — электромагнитной системы с катушкой, рассчитанной на напряжение 127 В переменного тока и контактной системой с тремя контактами мостикового типа и одним блок-контактом.

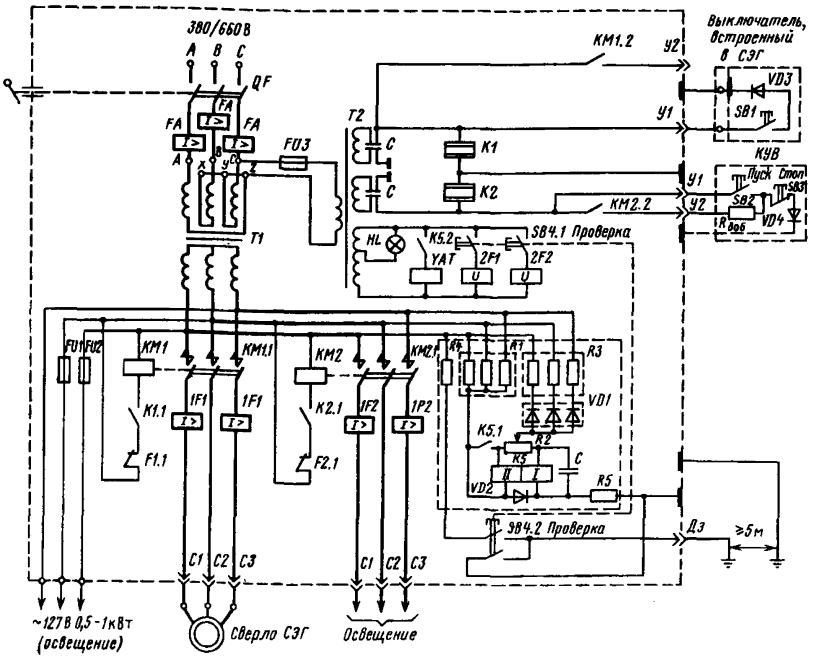


Рис. 10.1. Принципиальная электрическая схема пускового агрегата АП-4

Цепь дистанционного управления питается от вспомогательного трансформатора *Т2* напряжением 36 В, имеющего дополнительную обмотку для питания отключающей катушки, лампы и обмоток проверки реле максимального тока.

Элементы пуска и защиты смонтированы на быстросъемной панели, которая крепится в камере пускозащитной аппаратуры с помощью специальных направляющих и фиксаторов.

Автоматический выключатель смонтирован в кармане пускозащитной аппаратуры. Валик включения его выведен наружу через боковую стенку корпуса и сблокирован с фланцем передней крышки таким образом, что открыть крышку можно только при включенном выключателе.

Электрическая схема агрегата АП-4 (рис. 10.1) обеспечивает:

1) питание одновременно двух ручных электросверл напряжением 127 В, мощностью до 1,6 кВт каждое;

2) дистанционное управление сверлами по искробезопасной цепи;

3) питание сети местного освещения напряжением 127 В, мощностью 0,5 кВ·А.

Для освещения можно использовать также один или два ввода, предназначенные для электросверл. Тогда включение необхо-

димо производить с помощью кнопочных постов, подсоединяя их по трехпроводной схеме управления;

4) защиты от обрыва или чрезмерного увеличения сопротивления цепи заземления, от токов к. з. (максимальная защита), от перемыкания жил цепи управления, минимальная, от утечек тока в цепи напряжением 127 В.

Агрегат включается в сеть автоматом *QF*. При этом подается напряжение в цепи управления, защиты и местного освещения; загорается сигнальная лампа *HL*.

Включение сверла производится кнопкой *SB1*. При нажатии кнопки включенный последовательно с ней диод *VD3* пропускает одну полуволну переменного тока; вторая полуволна протекает через реле *K1*, не реагирующее на переменный ток, вызывая его срабатывание по цепи: корпус, диод *VD3*, кнопка *SB1*, реле *K1*, корпус. Реле замыкает свой контакт *K.1.1* в цепи контактора *KM1*, включая сверло. При отпускании кнопки *SB1* отключаются реле *K1*, контактор *KM1* и сверло.

При включении осветительной нагрузки кнопкой *SB2* «Пуск» кнопочного поста КУВ цепь катушки *K2* замыкается по цепи: корпус, диод *VD4* кнопка *SB3* «Стоп», кнопка *SB2* «Пуск», реле *K2*, корпус. При отпускании кнопки *SB2* «Пуск» реле остается включенным, так как она шунтируется контактом *KM2.2* и добавочным резистором $R_{доб}$.

Защита от токов к. з. в цепях электросверл осуществляется с помощью реле *1F1* и *1F2*. При протекании через реле тока к. з. больше, чем ток уставки, оно срабатывает и разрывает свой контакт *1F1.1* (*1F2.1*) в цепи контактора *KM1* (*KM2*), разрывающего цепь нагрузки.

Реле максимального тока снабжены дополнительными обмотками *2F1* и *2F2*, позволяющими производить периодическую проверку срабатывания реле. При нажатии кнопки *SB4* «Проверка» замыкается цепь обмоток проверки и разрываются контакты *F1.1* и *F2.1* в цепи контакторов, разрывающих цепь нагрузки. На передней крышке агрегата расположена кнопка взвода реле максимального тока, позволяющая взводить реле МТЗ, не открывая крышки агрегата. Для защиты силовой цепи на участке от трансформатора *T1* до катушек *1F1* (*1F2*) предусмотрено реле максимального тока автомата.

Токовую защиту сети местного освещения осуществляют предохранителями *FU1*, *FU2*, а вспомогательного трансформатора *T2* — предохранителем *FU3*.

Минимальная защита производится контактором, который не включается при снижении напряжения на 25—30 % или выключается (при включенном электросверле) при снижении напряжения на 40—50 % номинального.

Защита от утечек осуществляется схемой, смонтированной в пылевлагонепроницаемом блоке. Принцип действия этой защиты — контроль сопротивления изоляции сети относительно

земли оперативным током рабочего напряжения защищаемой сети.

В схеме включено одно двухобмоточное реле *К5*, обмотки которого соединены так, чтобы их магнитные потоки были направлены встречно. Пока изоляция цепи не повреждена, ток утечки практически отсутствует. Обе обмотки реле *К5* обтекаются вспомогательным током одинаковой величины (омические сопротивления обмоток одинаковы), и их результирующий магнитный поток равен нулю. По мере снижения сопротивления изоляции растет оперативный ток, протекающий через обмотку *1* реле *К5*. При этом значение вспомогательного тока, проходящего через диод *VD2*, соединяющий обмотки, будет уменьшаться. При дальнейшем снижении сопротивления изоляции диод *VD2* закроется. В этом случае по обмотке *1* протекает только оперативный ток. Когда разность магнитных потоков обмоток становится достаточной для срабатывания реле, оно срабатывает и замыканием контакта *К5.2* подает напряжение на отключающую катушку *YAT*, которая отключает автоматический выключатель *QF*.

Контакт *К5.1* блокирует реле после срабатывания во избежание подгорания контакта *К5.2* при перемежающемся замыкании на землю.

Защита от утечек надежно действует только при наличии заземления корпуса агрегата. Поэтому для повышения надежности действия цепь защиты соединяется с добавочным заземлением Дз, служащим, кроме того, для проверки. При нажатии кнопки *SB4* «Проверка» одна из фаз преднамеренно соединяется с землей через проверочное сопротивление *R4* = 2400 Ом. Если защита настроена правильно и исправна, то должно произойти четкое срабатывание реле *К5* и отключение агрегата автоматическим выключателем *QF*.

Искробезопасные параметры цепи управления позволяют использовать заземляющую жилу кабеля в цепи дистанционного управления и обеспечивать защиту от обрыва цепи заземления. При чрезмерном увеличении сопротивления этой цепи реле *К1*, *К2* не срабатывают.

Защита от перемыкания жил цепи управления предусмотрена вынесением диода *VD3* в камеру выключателя ручного электросверла. При перемыкании жил управления выпрямитель исключается из цепи. Реле промежуточное отпадает (если было включено) или не включается, так как проходящий через реле переменный ток недостаточен для его срабатывания.

ТО и РНИ пусковых агрегатов АП-4 производится в соответствии с указаниями, изложенными в разд. 3. Дополнительно необходимо руководствоваться следующим:

1) завод-изготовитель выпускает агрегаты с соединением первичных обмоток в «треугольник», т. е. на напряжение 380 В;

2) ревизию и наладку КРА производить в соответствии с указаниями разд. 6;

3) проверку срабатывания защиты от утечки и механизма реле максимального тока выполнять путем нажатия кнопки *SB4* (поворотом влево осуществляется проверка механизма первого реле максимального тока, вправо — второго);

4) вручную проверять надежность крепления блоков и фиксацию выемной панели. Панель должна свободно перемещаться по направляющим и надежно фиксироваться в конечном положении так, чтобы расфиксировать ее можно было только нажатием на скобу фиксатора;

5) измерение сопротивления изоляции элементов схемы и проводов силовых цепей и вторичной коммутации относительно корпуса производить согласно указаниям разд. 2.7. Для этого предварительно отсоединить от корпуса все провода вторичной коммутации, а вынутые из корпуса (отсоединенные от крышки) панели — заземлить. Присоединенные кабели отсоединить. Для измерения использовать мегаомметр на напряжение 500 В. Сопротивление изоляции относительно корпуса должно быть $\geqslant$1 МОм;

6) испытание тепловой и максимальной токовой защит автоматов первичным током выполнять согласно указаниям разд. 5;

7) проверить состояние и соответствие паспортным данным патронов и плавких вставок предохранителей силовых цепей и цепей управления аппаратов;

8) измерение общего времени отключения поврежденной сети 127 В производить в соответствии с указаниями разд. 2. При сопротивлении однофазной утечки 1 кОм оно должно быть $\leqslant$0,2 с;

9) проверку защиты от обрыва заземляющей жилы, от перемыкания жил цепи управления (от потери управляемости), от превышения сопротивления цепи управления (до 100 $\pm$ 20 Ом) производить следующим образом. Проверить первый вид защиты отсоединением заземляющей жилы от цепи управления. Для проверки второго вида защиты перемыкнуть диод в камере поста управления. При этом нагрузка не должна включиться. Для проверки защиты от увеличения сопротивления цепи управления измерить сопротивление цепей управления (при трехпроводной схеме управления совместно с сопротивлением $R_ш$). Подключить параллельно замыкающему контакту при двухпроводной схеме управления и последовательно с сопротивлением $R_ш$ при трехпроводной схеме сопротивление, которое совместно с сопротивлением цепи управления составило бы 120 Ом. При этом нагрузка не должна включаться от нажатия кнопки «Пуск»;

10) проверить работу агрегата трех-пятикратным включением.

10.2. ПУСКОВЫЕ АГРЕГАТЫ АПШ.1

Агрегат предназначен для питания двух электросверл мощностью 1,6 кВт каждое и светильников местного освещения мощностью $\leqslant$0,2 кВт.

Техническая характеристика АПШ.1

Уровень и вид взрывозащиты	РВ-3В; Иа
Номинальная мощность, кВт	4
Номинальное напряжение цепи, В:	
первичной	380/660
вторичной	133
Номинальный ток в цепи, А:	
первичной	$\leqslant$6,75/3,9
вторичной	$\leqslant$17,4$\pm$0,6
Действующее значение трехфазного тока к. з. (А) на выходных зажимах при $t = 35$ °С	$\leqslant$700
Сопротивление срабатывания при симметричной трехфазной утечке, кОм	$\geqslant$3,3
Ток уставки автоматического выключателя, А	192
Габаритные размеры, мм	$\leqslant$850×630×630
Масса, кг	$\leqslant$210

Конструктивно агрегат представляет собой цилиндрический металлический корпус, разделенный на четыре камеры: пусковой и защитной аппаратуры (отделение обслуживания), выключателя, ввода кабеля от сети и вывода кабелей на нагрузку.

Отделение обслуживания закрывается передней быстрооткрываемой крышкой (рис. 10.2), сблокированной с рукояткой привода выключателя *8* посредством блокировочного узла.

Механический блокировочный узел работает следующим образом.

При закрытой крышке агрегата (отверстие в зубчатом секторе передней крышки совпадает с осью блокировочного винта) блокировочный винт *8* находится в отверстии зубчатого сектора *12*, чем препятствует провороту крышки относительно оси *7* и расцеплению замка байонетного соединения крышки. Блокировочный валик в этом положении блокировочного винта находится на уровне эксцентрикового кулачка *10*, который усеченной кромкой совмещен с валиком. Рукоятка привода выключателя разблокирована. Агрегат находится в рабочем режиме.

Блокирование агрегата осуществляется следующим образом. Рукоятку привода выключателя *11* повернуть в положение «Откл.». При этом отверстие в ней совпадает с осью блокировочного винта *8*. Торцевым ключом ввинтить блокировочный винт, который зайдет в отверстие рукоятки привода выключателя и заблокирует ее в отключенном положении. Противоположный конец винта освободит отверстие в зубчатом секторе передней крышки и даст возможность провернуть ее относительно оси *4*. При ввинчивании блокировочного винта происходит одновременно перемещение блокировочного валика *9* относительно эксцентрикового кулачка *10*, вследствие чего он выходит за пределы усеченной кромки кулачка. Провернуть крышку относительно оси до расцепления замка байонетного соединения. При поступательном выдвижении вдоль оси блокировочного винта крышка рассоединяется с корпусом, а зубчатый сектор крышки, находящейся в ограничительном пазу петли *5*, переместит петлю относительно оси *7*. Эксцентриковый

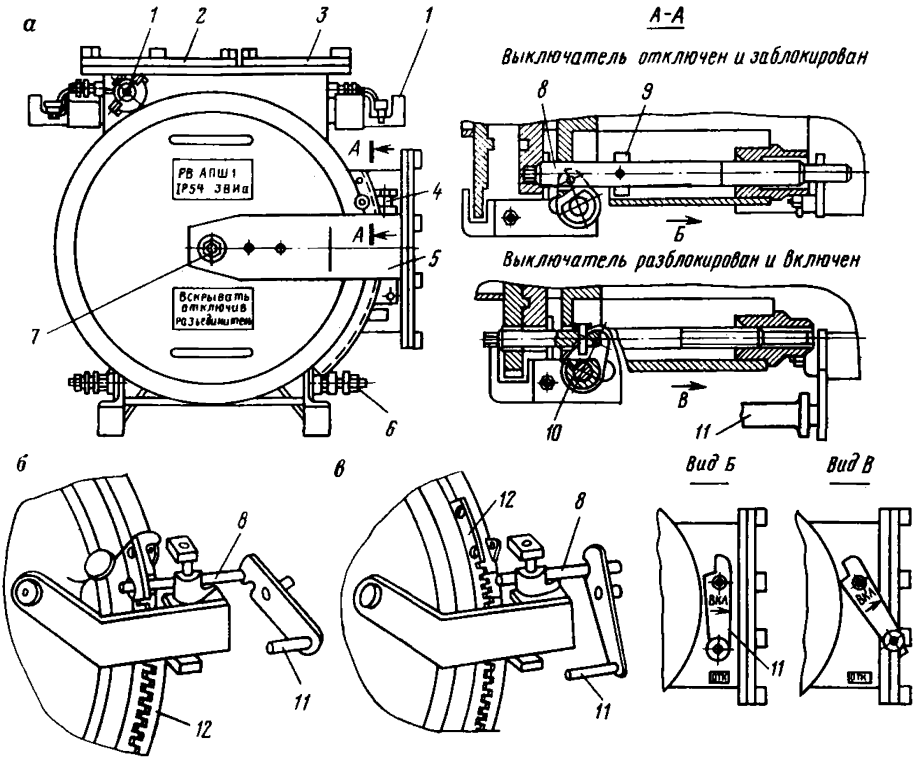


Рис. 10.2. Передняя быстрооткрываемая крышка агрегата АПШ.1 с блокировочным узлом:

а — общий вид; *б* — крышка заблокирована в рабочем положении; *в* — крышка закрыта на замок в отключенном положении; *1* — ввод кабельный; *2* — крышка камеры выводов; *3* — крышка камеры вводов; *4* — ось; *5* — петля; *6* — зажим заземляющий; *7* — ось *8* — винт блокировочный; *9* — валик блокировочный; *10* — кулачок; *11* — рукоятка включения; *12* — зубчатый сектор

кулачок, кинематически связанный с петлей, провернется при этом вокруг оси *7*; усеченная кромка кулачка сместится, и тело кулачка воспрепятствует обратному пути валика *9*. Дальнейшим перемещением передней крышки вокруг оси *7* полностью открывается доступ в камеру пусковой и защитной аппаратуры. В этом случае агрегат находится в режиме обслуживания. При попытке вывинтить блокировочный винт *8* и освободить рукоятку привода выключателя *11* блокировочный валик *9* упрется в тело эксцентрикового кулачка.

Деблокировка агрегата производится в обратной последовательности. Включение рукоятки привода выключателя возможно только после полной блокировки крышки.

Для открывания быстрооткрываемой крышки предусмотрен специальный зубчатый ключ, который крепится на корпусе агрегата на приваренной шпильке.

В состав принципиальной электрической схемы АПШ.1 (рис. 10.3) входят:

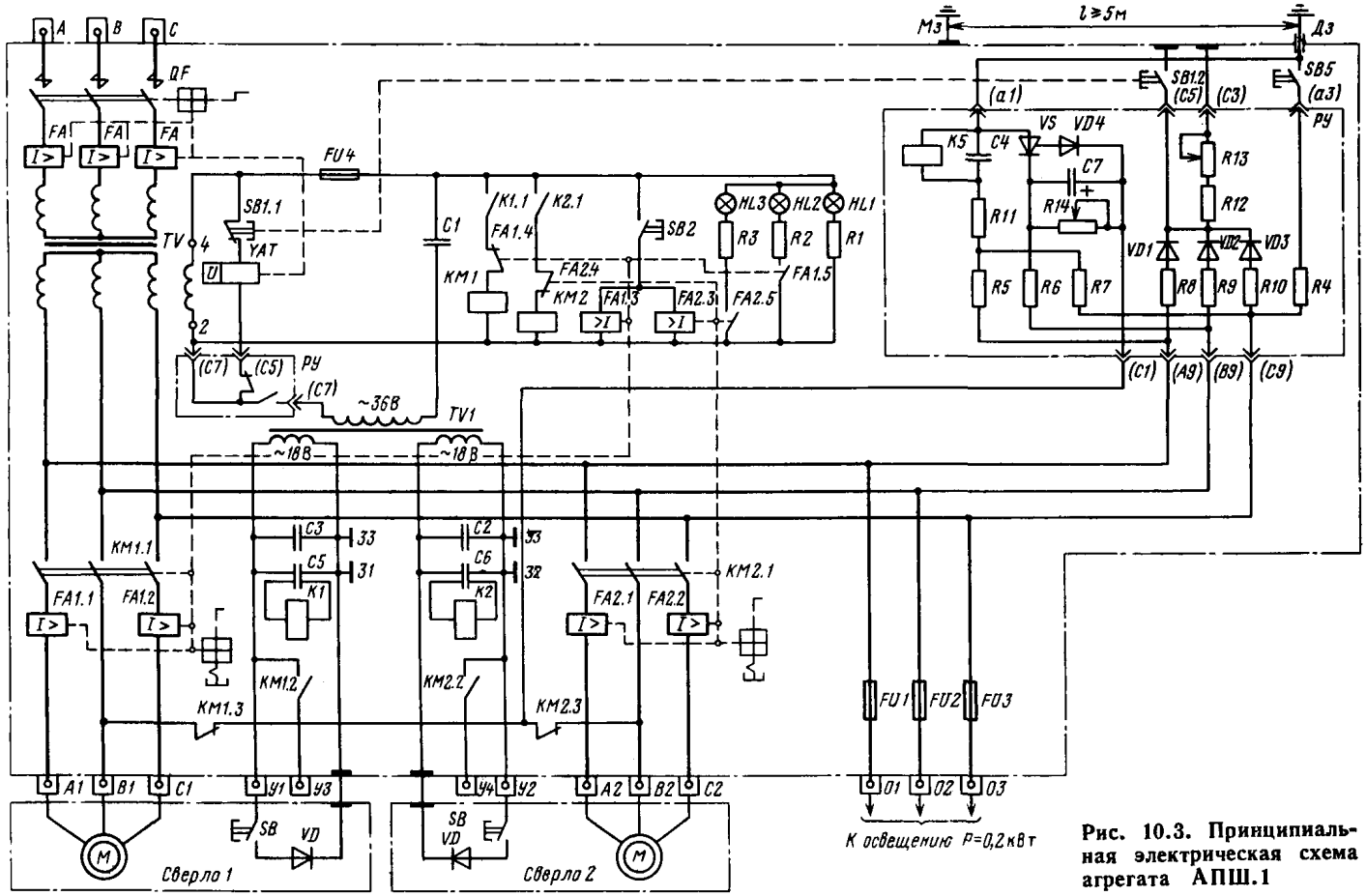


Рис. 10.3. Принципиальная электрическая схема агрегата АПШ.1

1) силовая трехфазная цепь высшего напряжения, состоящая из контактных зажимов *A*, *B*, *C* для подключения силовых контактов и катушек максимальных токовых расцепителей автоматического выключателя *QF*, первичных обмоток трехфазного трансформатора *TV*;

2) силовая трехфазная цепь низшего напряжения, состоящая из вторичных обмоток силового трансформатора *TV*, силовых контактов пускателей *KM1* и *KM2*, катушек реле максимального тока *FA1.1* и *FA1.2* (в двух фазах), контактных зажимов *A1*, *B1*, *C1*, *A2*, *B2*, *C2* для подключения соответственно электросверл *1* и *2*, а также цепи питания местного освещения с предохранителями *FU1*; *FU2*, *FU3* и контактными зажимами *01*, *02*, *03*. К силовой цепи низшего напряжения подключено через многоконтактный разъем реле утечки *РУ*;

3) трехфазная цепь реле утечки *РУ*, состоящая из резисторов *R4—R13*, диодов *VD1—VD3*, конденсатора *C4*, реле *K5*, тиристора *VS* и стабилитрона *VD4*, которые собраны в один функциональный блок с многоконтактным разъемом;

4) однофазная цепь напряжением 36 В, состоящая из отдельной вторичной обмотки в одной из фаз силового трансформатора *TV*, предохранителя *FU4* и подключенных к ней цепей питания:

стабилизирующего трансформатора *TV1* цепей управления через замыкающий контакт реле утечки *РУ*;

катушки независимого расцепителя *YAT* автоматического выключателя *QF* через размыкающий контакт реле утечки *РУ* и кнопки *SB1*;

втягивающих катушек пускателей *KM1* и *KM2* через замыкающие контакты промежуточных реле *K1* и *K2*;

проверочных катушек реле максимального тока *FA1.3* и *FA2.3* через замыкающий контакт кнопки *SB2*;

сигнальных ламп *HL1* через резистор *R1*, *HL2* и *HL3* через резисторы *R2*, *R3* и замыкающие контакты реле максимального тока *FA1.5* и *FA2.5* соответственно.

К вторичным искробезопасным обмоткам стабилизирующего трансформатора *TV1* напряжением 18 В подключены параллельно обмотки промежуточных реле *K1* и *K2*. Концы обмоток выведены на контактные зажимы *У1* и *У2* соответственно.

Электрическая схема агрегата обеспечивает:

1) дистанционное управление агрегатом и питание от вторичной обмотки силового трансформатора двух ручных электросверл мощностью до 1,6 кВт каждое и осветительной нагрузки мощностью до 0,2 кВт;

2) защиту от токов к. з. в отходящих от агрегата цепях питания электросверл с помощью реле максимального тока и защиту в цепях питания местной осветительной нагрузки плавкими предохранителями;

3) защиту от токов утечки в отходящих цепях, питающихся от вторичной обмотки силового трансформатора и предупредительный контроль сопротивления изоляции этих цепей;

4) защиту от замыкания в цепях дистанционного управления;

5) защиту от самовключения при повышении напряжения питающей сети до $1{,}5U_{ном}$;

6) защиту от обрыва или увеличения сопротивления цепи заземления $\leqslant$100 Ом;

7) нулевую защиту отходящих цепей, питающихся от вторичной обмотки силового трансформатора, при управлении с вынесенного поста по трехпроводной схеме;

8) световую сигнализацию о включенном автоматическом выключателе (подаче напряжения на вход силового трансформатора), о срабатывании каждого из двух реле максимального тока;

9) блокировку, препятствующую подаче напряжения в отходящие от вторичной обмотки силового трансформатора цепи при преднамеренном отсоединении реле утечки.

Последовательность работы схемы:

Нажатием кнопки *SB1* размыкается цепь катушки независимого расцепителя *YAT* выключателя *QF*. Ручкой включения автоматический выключатель *QF* включается и подает напряжение сети на вход (первичную обмотку) силового трансформатора *TV* и, следовательно, на все элементы, подключенные к вторичной обмотке. После загорания сигнальной лампы *HL1* кнопку *SB1* следует отпустить. Вследствие подачи напряжения на вторичную обмотку силового трансформатора *TV* включается реле утечки *РУ* — срабатывает исполнительное реле *К5*, которое своим размыкающим контактом размыкает цепь питания катушки независимого расцепителя выключателя *QF*, а замыкающим контактом подключает источник питания искробезопасных цепей управления — первичную обмотку трансформатора *TV1* к источнику напряжения — отдельной обмотке напряжением 36 В силового трансформатора *TV*.

Кнопка *SB1* предназначена для предотвращения отключения выключателя *QF* собственным независимым расцепителем в момент включения агрегата.

Для надежного срабатывания реле утечки замыкающим контактом кнопки *SB1* шунтируются резисторы *R12* и *R13*, ток в обмотке реле *К5* увеличивается и реле надежно срабатывает.

Дистанционное управление агрегатом и питание электросверл осуществляются включением кнопки *SB* «Пуск» на сверле, при этом обмотка промежуточного реле *К1* или *К2* шунтируется диодом *VD*. Реле срабатывает и замыкает свой контакт в цепи питания втягивающей катушки пускателя *КМ1* или *КМ2*, пускатель срабатывает и подает напряжение на соответствующее сверло. Отключается сверло при отпускании (размыкании) кнопки на сверле.

Защиту от токов к. з. в отходящих силовых цепях, питающихся от вторичной обмотки силового трансформатора, осуществляет электромагнитное реле максимального тока *FA1.1* и *FA1.2* без самовозврата (с возвратом нажатием кнопки) с током уставки 50± 5 А.

При срабатывании реле максимального тока своим размыкающим контактом размыкает цепь питания втягивающей катушки соответствующего пускателя (контактора) *KM1* или *KM2* и отходящая цепь отключается, а замыкающим контактом замыкает цепь питания соответствующей сигнальной лампы *HL2* или *HL3*.

Защита от токов к. з. в силовых цепях на участке между автоматическим выключателем *QF* и реле *FA2.1* и *FA2.2* осуществляется электромагнитными расцепителями *FA* выключателя. Для защиты от токов к. з. в цепи питания местного освещения установлены предохранители *FU1*, *FU2*, *FU3*.

Для проверки срабатывания реле максимального тока следует нажать кнопку *SB2*, замыкающую цепи питания проверочных катушек, электромагнитная система которых воздействует на механизм свободного расцепления реле. Возврат реле в исходное рабочее состояние производится рукояткой, вынесенной наружу корпуса агрегата, рычаг которой взводит кнопку реле.

Защита от токов утечки на землю отходящих цепей, питающихся от вторичной обмотки силового трансформатора, с предварительным контролем сопротивления изоляции этих цепей осуществляется посредством реле утечки *РУ*.

При отсутствии утечек в защищаемой цепи оперативный ток протекает от нулевой точки («+» диодов *VD1—VD3*), через резисторы *R12* и *R13*, заземление на корпус, «землю», добавочное заземление и его зажим *Дз*, изолированный от корпуса, катушку двухобмоточного исполнительного реле *K5*, резисторы *R11* и *R5—R7*, источник питания (вторичные обмотки силового трансформатора *T*), резисторы *R8—R10* и «—» диодов *VD1—VD3*. В этом случае ток обмотки исполнительного реле *K5* максимален и его якорь притянут, цепь питания обмотки независимого расцепителя автоматического выключателя *QF* разомкнута размыкающим контактом, а замыкающий контакт подает напряжение на первичную обмотку трансформатора *TV1*.

При снижении сопротивления изоляции защищаемой цепи часть оперативного тока ответвляется через утечку параллельно обмотке реле *K5* и в цепи обмотки ток уменьшается. При снижении сопротивления изоляции до величины уставки сопротивления утечки реле *K5* отключается, размыкает замыкающим контактом цепь источника питания трансформатора *TV1* и замыкает размыкающим контактом цепь питания обмотки независимого расцепителя автоматического выключателя *QF*, последний срабатывает и снимает напряжение сети с входа силового трансформатора *TV*.

Предварительный контроль изоляции (работа в режиме БРУ) отходящих от вторичной обмотки силового трансформатора цепей при отключенных пускателях осуществляется шунтированием обмотки реле *К5* и резистора *R11* электрической цепью — общая точка резисторов *R5—R7*, размыкающие контакты пускателей *КМ1* и *КМ2*, фаза *В* (зажимы *В1* и *В2* электросверл) и «земля» в месте снижения сопротивления или повреждения изоляции. При шунтировании обмотки реле ток в ней не достигает величины срабатывания и реле *К5* не срабатывает и замыкает свой размыкающий контакт в цепи питания катушки независимого автоматического расцепителя *YAT*.

Таким образом, выключатель *QF* в случае повреждения изоляции и снижения сопротивления до нормированной величины и ниже в отходящих от вторичной обмотки силового трансформатора цепях при отключенных пускателях после включения и подачи напряжения на первичную обмотку мгновенно срабатывает и снимает напряжение. Величина уставки при работе в режиме БРУ составляет не менее удвоенного максимального отключающего сопротивления однофазной утечки 4 кОм.

Проверка срабатывания реле утечки *РУ* осуществляется путем кратковременного замыкания фазы *А1* вторичной обмотки силового трансформатора *TV* кнопкой *SB3* через проверочное сопротивление *R4* на добавочное заземление *Дз*.

Защиту от замыкания в цепях дистанционного управления выполняют промежуточные реле *К1* и *К2* постоянного тока. При замыкании диод, встроенный в электросверло последовательно с пусковой кнопкой, шунтируется и работающее реле отключается.

Для защиты от самовключения при повышении напряжения и для нулевой защиты в цепях управления применена пусковая кнопка с самовозвратом.

Защита от обрыва или увеличения сопротивления цепи заземления осуществляется промежуточными реле *К1* и *К2*, которые настроены на отпускание при сопротивлении 100 Ом и более.

Блокировка, препятствующая подаче напряжения в отходящие от вторичной обмотки силового трансформатора цепи при преднамеренном отсоединении реле утечки, основана на том, что цепь питания первичной обмотки трансформатора *Т2* разрывается и катушки промежуточных реле *К1* и *К2* лишаются питания.

ТО и РНИ аппаратов АПШ.1 аналогичны тем же процессам для агрегатов АП-4, за исключением некоторых особенностей:

1) аппараты АПШ.1 выпускают заводы-изготовители с соединением первичной обмотки силового трансформатора в «звезду», т. е. на напряжение 660 В;

2) подключение аппаратов производится согласно схемам внешних соединений (рис. 10.4);

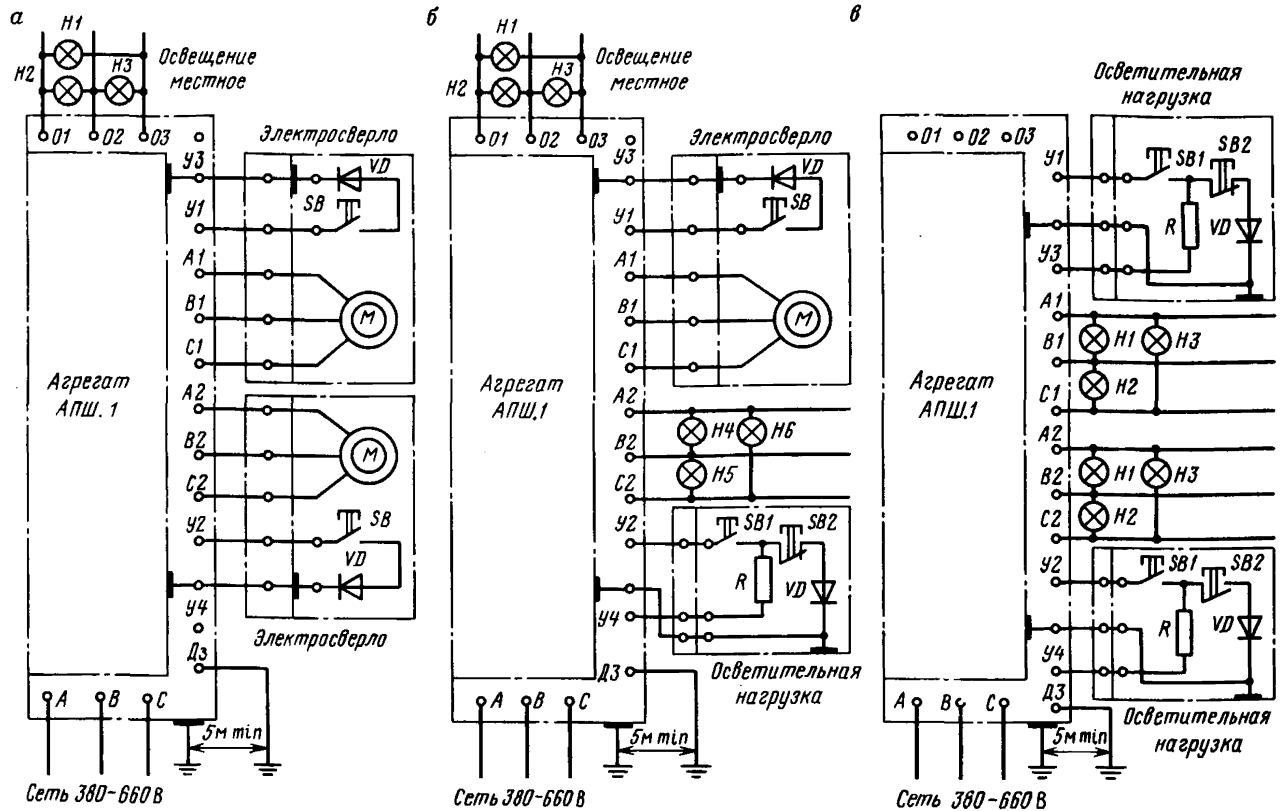


Рис. 10.4. Схема внешних соединений агрегата АПШ.1:

а — при подключении двух электросверл; *б* — при подключении одного сверла и осветительной нагрузки; *в* — при работе агрегата на две осветительные сети

3) проверка срабатывания механизма реле максимального тока и реле утечки осуществляется нажатием кнопок *SB2* и *SB5* соответственно.

10.3. ПУСКОВЫЕ АППАРАТЫ СЕРИИ АПБШ

Прокопьевским заводом шахтной автоматики (ПЗША) освоен выпуск шахтных пусковых быстродействующих аппаратов АПБШ (рис. 10.5) четырех модификаций для автономного питания ручных электросверл или сетей освещения общей мощностью до 4 кВт.

Аппарат АПБШ.1 предназначен для питания двух горных ручных электросверл, укомплектованных моторными короткозамыкателями мощностью до 1,6 кВт каждое, напряжением 127 В трехфазного переменного тока частотой 50—60 Гц в системе электроснабжения с автоматическим защитным отключением источника питания в шахтах, опасных по газу или пыли, а также в шахтах, опасных по внезапным выбросам угля и газа на крутых пластах. В шахтах, опасных по газу или пыли, с обычной системой электроснабжения может применяться для питания сети люминесцентного освещения.

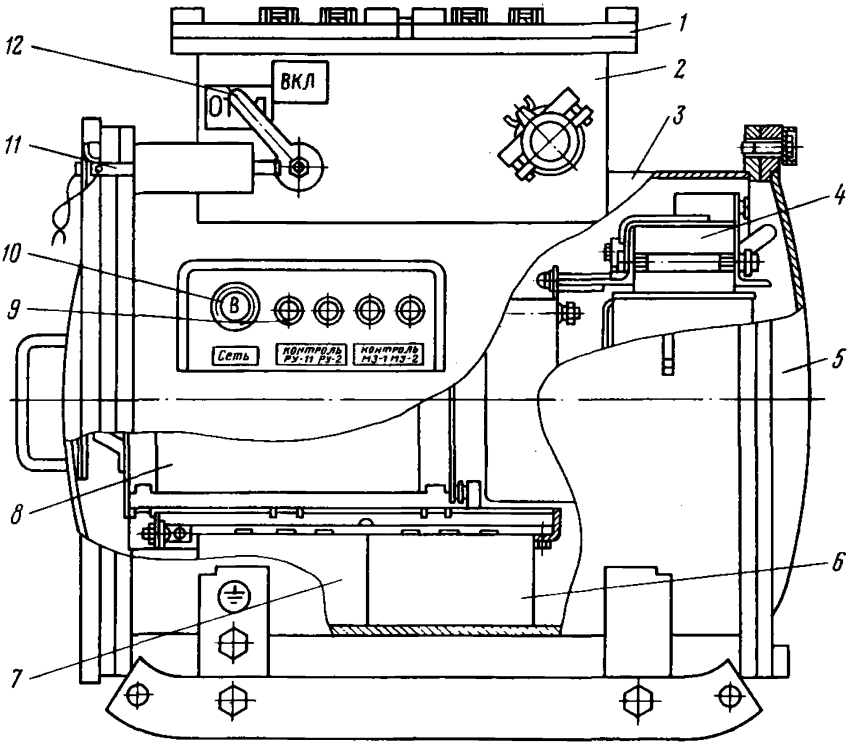


Рис. 10.5. Общий вид аппарата серии АПБШ;

1 — крышка; *2* — камера вводов; *3* — корпус; *4* — силовой трансформатор; *5* — крышка; *6* — блок полупроводникового выключателя; *7* — блок БПП; *8* — выемная панель; *9* — кнопки проверки; *10* — смотровое окно; *11* — винт блокировочный; *12* — рукоятка включения

Аппарат АПБШ.2 предназначен для питания двух горных ручных электросверл мощностью до 1,6 кВт каждое, напряжением 127 В трехфазного переменного тока, частотой 50—60 Гц или люминесцентного освещения в шахтах, опасных по газу или пыли, с обычной системой электроснабжения.

Аппарат АПБШ.3 (в комплекте с короткозамыкателем осветительной сети) предназначен для питания сети освещения с лампами накаливания или люминесцентными лампами напряжением 127 В трехфазного переменного тока частотой 50—60 Гц в шахтах, опасных по газу или пыли, а также в шахтах, опасных по внезапным выбросам угля и газа на крутых пластах и с системой электроснабжения с автоматическим защитным отключением.

Аппарат АПБШ.4 предназначен для тех же целей, что и аппарат АПБШ.3, в шахтах, опасных по газу или пыли, с обычной системой электроснабжения.

Техническая характеристика АПБШ

Уровень и вид взрывозащиты	РВ-3В; Ив
Степень защиты	IP54
Номинальное напряжение питания, В:	
АПБШ.1 и АПБШ.2	380/660
АПБШ.3 и АПБШ.4	660/1140
Номинальное напряжение питания, В:	
токоприемников	127
цепей дистанционного управления	$\leqslant$14
Номинальная мощность, кВ·А	4
Длительный неотключаемый ток однофазной утечки на землю, мА	$\leqslant$10
Время снятия напряжения с поврежденного участка кабель—нагрузка аппаратов АПБШ.1 и АПБШ.3 (при однофазной утечке, двух- и трехфазных к. з. с одновременной утечкой на землю через $R = 100$ Ом), с	$\leqslant$0,0025
Полное время отключения аппарата (при однофазной утечке на землю через $R = 1$ кОм), с	$\leqslant$0,1
Уставки (сопротивление) срабатывания защиты от опасных утечек тока, кОм:	
аппаратов при симметричной трехфазной утечке	$\geqslant$3,3
цепи предварительного контроля изоляции отключенного кабеля	$\geqslant$15
аппаратов при однофазной утечке	$\geqslant$10
Сопротивление изоляции (МОм) аппаратов, не бывших в эксплуатации, в состоянии:	
холодном	$\geqslant$20
нагретом	$\geqslant$6
КПД, %	$\geqslant$92
Длина защищаемого кабеля (м) сечением, мм^2:	
4	$\geqslant$130
6	$\geqslant$180
Масса, кг	$\leqslant$250
Габаритные размеры, мм	750×530×650
Уровень и вид взрывозащиты КОС	РВ, 2В
Степень взрывозащиты КОС	IP54
Номинальное напряжение питания КОС и МК, В	127
Габаритные размеры, мм:	
КОС	290×280×220
МК	140×100×130

Масса, кг:

КОС . . . . . ≤15

МК . . . . . ≤1

Аппараты имеют взрывозащищенный металлический корпус сварной конструкции.

Схемы аппаратов АПБШ.1 и АПБШ.2 (рис. 10.6) имеют два независимых канала для питания двух потребителей. Схемы каналов аналогичны, питаются от одного силового трансформатора *Т1*. Искробезопасные цепи управления также питаются от одного источника трансформатора *Т2*.

Принципиальные электрические схемы аппарата АПБШ.1 (АПБШ.2) и КОС приведены на рис. 10.7 и 10.8. Схема аппаратов АПБШ.3, АПБШ.4 имеет один канал, аналогичный каналу аппарата АПБШ.1 для питания одного потребителя.

В отличие от аппаратов АПБШ.1 и АПБШ.2 аппараты АПБШ.3 и АПБШ.4 имеют узел отключения МТЗ (диоды *VD58*, *VD59*, резисторы *R37*, *R35*, конденсатор *C26*, реле *K2*) в момент включения нагрузки, узел контроля наличия сопротивления изоляции (мост *VD60—VD64*, резисторы *R36*, *R38*, *R39*, лампа *HL*, индикатор *PR*) и ручной регулятор напряжения *SA*.

Аппарат подключается к сети через автоматический выключатель *QF*, расположенный в отделении разъединителя и выполняющий функции разъединителя и автоматического выключателя (защитные функции).

Вся схема аппарата питается от трансформатора *Т1*, имеющего одну трехфазную первичную обмотку, две трехфазные вторичные обмотки (одну у аппаратов АПБШ.3 и АПБШ.4) и одну

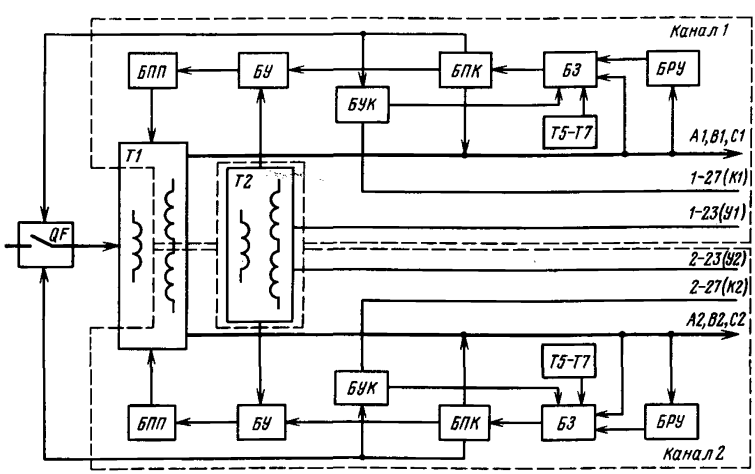


Рис. 10.6. Функциональная схема аппарата АПБШ.1 (АПБШ.2)

дополнительную однофазную обмотку для питания трансформатора *Т2*.

Каждый канал аппарата состоит из блоков полупроводникового пускателя (БПП), дистанционного управления (БУ); полупроводникового короткозамыкателя (БПК); защиты (БЗ); управления короткозамыкателями (БУК) и блокировочного реле утечки (БРУ).

БУ, БЗ, БУК и БРУ размещены на лицевой панели выемной части аппарата, БПП и БПК залиты компаундом и закреплены на дне корпуса под выемной частью.

Схема одного канала аппарата АПБШ.1, работающего на сверло, функционирует следующим образом (см. рис. 10.7 и 10.8).

Напряжение в схему подается включением автоматического выключателя *QF*. На выходе аппарата (зажимы *А1*, *В1*, *С1*) появляется потенциал, но ток в обмотки двигателя сверла не поступает, так как разомкнута нулевая точка «звезды» вторичной обмотки трансформатора *Т1* (диоды *VD4—VD6*), замыкаемая пускателем БПП при открывании тиристоров *VD1—VD3*. О готовности аппарата к работе сигнализирует светодиод *VH54*.

Для запуска сверла в работу необходимо нажать кнопку *SB3* на корпусе сверла и удерживать ее во включенном положении до окончания работы. При дистанционном включении аппарата диод *VD42* не устанавливается. При этом одна полуволна переменного тока протекает через диод *VD52*, включая реле постоянного тока *К1* по цепи: корпус — диод *VD52* — кнопка *SB3* — реле *К1* в блоке *БУ* — конденсаторы *С19*, *С20*, *С21* — сеть. Реле *К1* замыкает свой контакт *К1.1* и на управляющие электроды тиристоров поступает сигнал управления по цепи: диоды *VD4*, *VD5*, *VD6* — диод *VD57* — резистор *R1* — тиристор *SV10* — контакт *К1.1* — диоды *VD7*, *VD8*, *VD9* — управляющие электроды тиристоров *SVD1*, *SVD2*, *SVD3*. Тиристоры, открываясь, замыкают зажимы *X1*, *Y1*, *Z1*, образуя нулевую точку «звезды» вторичной обмотки трансформатора *Т1*. На выходных зажимах *А1*, *В1*, *С1* появляется напряжение.

При отпускании кнопки *SB3* отключается реле *К1*, работающее на постоянном токе, размыкает свой контакт *К1.1*, тиристоры запираются. Пускатель *БПП* разрывает нулевую точку вторичной обмотки *Т1*, сверло отключается.

От аппарата АПБШ.1 (АПБШ.2) могут работать одновременно (независимо одно от другого) два сверла или две линии освещения, так как они питаются от двух независимых вторичных обмоток трансформатора *Т1*.

При работе аппарата на освещение (без кнопки включения *SB3*) дополнительно устанавливается диод *VD42*. В этом случае включение и оперативное отключение нагрузки производится выключателем *QF*.

В аппаратах АПБШ.3, АПБШ.4 включение сети освещения производится кнопкой *SB5*. Кроме того, в них установлен узел

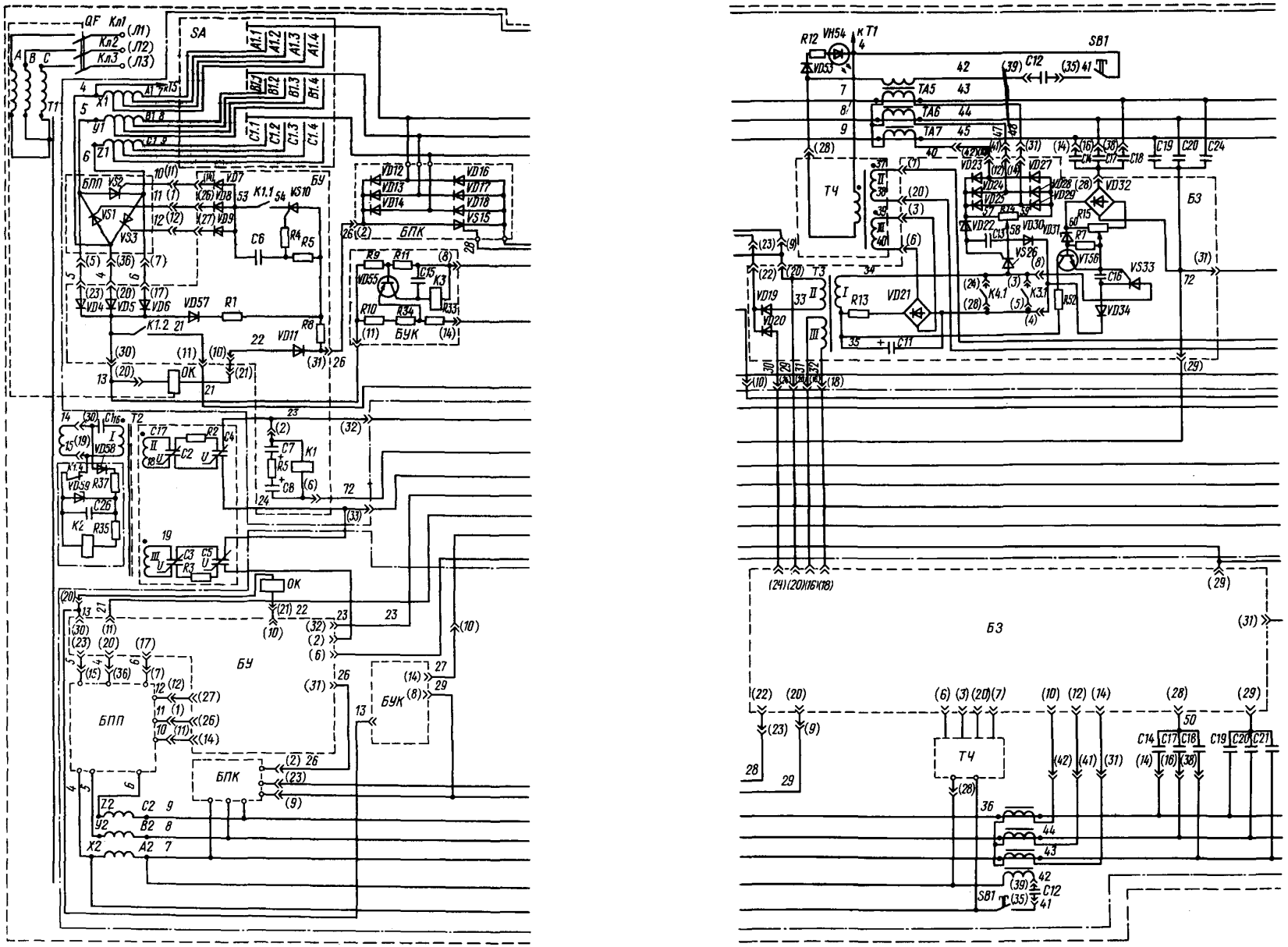


Рис. 10.7. Принципиальная электрическая схема аппарата АПБШ.1 (АПБШ.2)

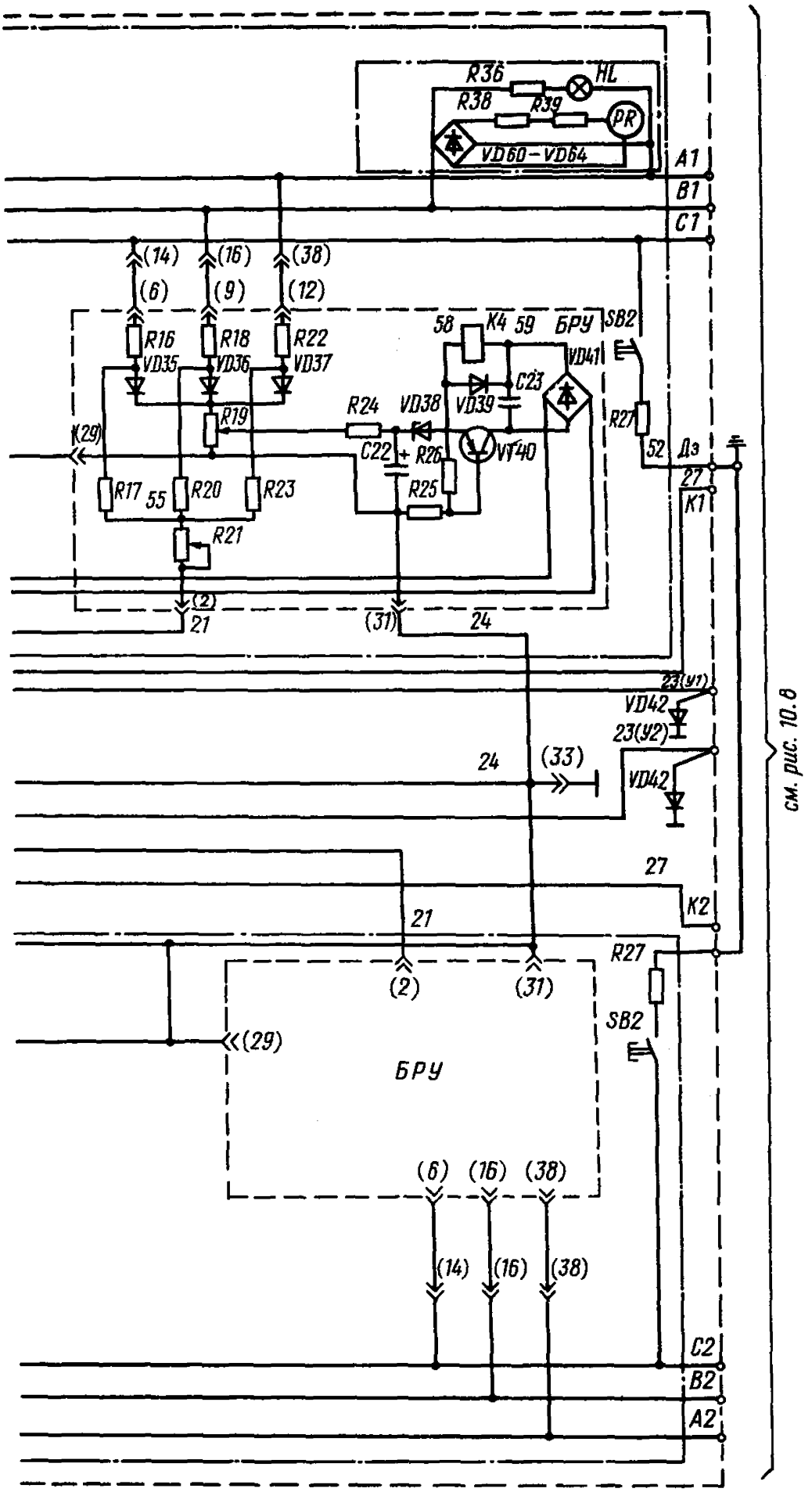


Рис. 10.7. (Продолжение)

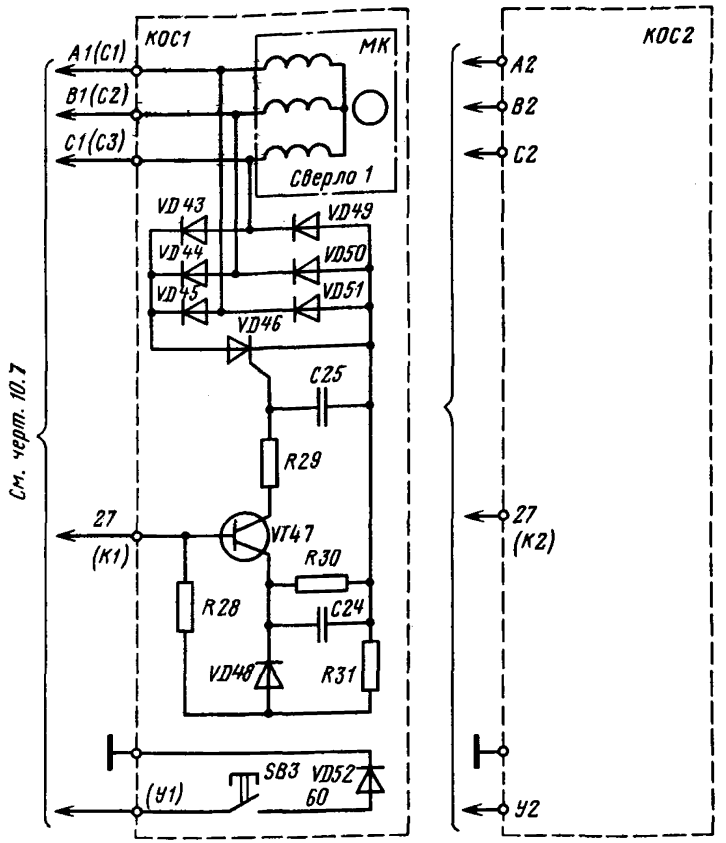


Рис. 10.8. Принципиальная электрическая схема КОС (МК)

вывода из работы МТЗ на период включения нагрузки — диод *VD58*, стабилитрон *VD59*, резисторы *R35*, *R37*, конденсатор *C26* и реле *K2*. При включении автомата *QF* реле *K2* включается и своим контактом *K2.1* разрывает цепь МТЗ в блоке *БЗ*. В момент включения нагрузки контакт *K1.4* реле *K1* размыкается, но реле некоторое время остается включенным за счет разряда конденсатора *C26* на катушку реле *K2*. После включения нагрузки и разряда конденсатора *C26* реле *K2* обесточивается и замыкает свой контакт *K2.1*, подготавливая МТЗ к работе.

В аппаратах АПБШ.3, АПБШ.4 имеется узел регулировки напряжения нагрузки, осуществляемой переключателем *SA* типа УП-5313-Ф150.

Аппараты обеспечивают следующие виды защит:

1) защиту от токов к. з. в цепях аппарат—нагрузка;

2) защиту от замыкания на землю;

3) защиту от токов утечки на землю (РУ) при снижении сопротивления изоляции до критической величины и от подачи на-

пряжения на отходящий кабель с поврежденной изоляцией (БРУ);

4) защиту от замыканий в цепях дистанционного управления;

5) отключение нагрузки при увеличении сопротивления заземляющей жилы до 100 Ом и более;

6) отключение нагрузки при обрыве жилы дистанционного управления или жилы управления короткозамыкателем.

Максимальная токовая защита выполнена на трансформаторах тока *TA5*, *TA6*, *TA7* и трехфазном выпрямительном мосте, состоящем из диодов *VD23—VD25*, *VD27—VD29*.

При к. з., не связанных с землей, сигнал на управление защитой снимается с трансформаторов тока *TA5—TA7*, выпрямляется мостом *VD23—VD25*, *VD27—VD29* и через пороговый элемент — стабилитрон *VD22* подается на управляющий электрод тиристора *VS26*, открывая его. При этом через первичную обмотку трансформатора *T3* происходит разряд конденсатора *C11*. Во вторичной обмотке *T3* наводится кратковременный импульс напряжения, который прикладывается к управляющему электроду тиристора *VS15*. Тиристор *VS15* открывается и через выпрямительный мост *VD12—VD14*, *VD16—VD18* замыкает между собой три фазы, снимая напряжение с нагрузки. Этот процесс (обесточивания нагрузки с момента образования к. з.) протекает за время $\leqslant 0{,}0025$ с. За это время электрическая дуга в месте повреждения не успевает развиться до опасной величины и гаснет.

При открывании тиристора *VS15* в блоке БПК исчезает напряжение на мосту *VD12—VD14*, *VD16—VD18* и прерывается ток управления короткозамыкателем.

Транзистор *VT47* в короткозамыкателе КОС или МК открывается и подает импульс на управляющий электрод тиристора *VS46*. Тиристор *VS46*, открываясь, через выпрямитель *VD43—VD45*, *VD49—VD51* замыкает фазы питающего кабеля со стороны нагрузки и гасит накопленную в ней реактивную энергию. При такой защите с двух сторон токи к. з. протекают не в месте повреждения, а по полупроводниковым элементам короткозамыкателей.

В момент срабатывания тиристора *VS15* закрывается тиристор *VS10*, прерывая ток управления тиристорами *VS1—VS3*, которые закрываются и разрывают нулевую точку вторичной обмотки трансформатора *T1*. В это время с выпрямительного моста *VD4—VD6* прикладывается напряжение к отключающей катушке *YAT*. Отключающий ток протекает по цепи: вторичные обмотки трансформатора *T1* — диоды *VD4—VD6* — катушка *YAT* — диод *VD11* — тиристор *VS15* — диоды *VD16—VD18* — сеть. Автоматический выключатель отключается, все элементы возвращаются в исходное состояние.

Защита от одно- или двухфазных замыканий на землю осуществляется следующим образом. При возникновении замыкания нарушается симметрия линейных напряжений и на конденсато-

рах *C14*, *C17*, *C18* появляется напряжение нулевой последовательности, которое, выпрямляясь мостом *VD32*, пробивает стабилитрон *VD31* и прикладывается к базе транзистора *VT56*. Транзистор *VT56*, усиливая сигнал, открывает тиристор *VS33*, который замыкает цепь разряда конденсатора *C11*. Далее схема работает, как и в случае к. з.

Защита от утечек тока на землю при снижении сопротивления изоляции кабелей, отходящих от аппарата, осуществляется как при наличии на них напряжения (РУ), так и при отсутствии (БРУ) При снижении сопротивления изоляции одной фазы цепи кабель — нагрузка до 5,1 кОм и менее или изоляции трех фаз одновременно до 3,3 кОм и менее происходит срабатывание реле *K4*, которое замыкает контакт *K4.1* в цепи первичной обмотки трансформатора *T3*. Контакт *K4.1* замыкает цепь разряда конденсатора *C11*. Далее схема работает, как в ранее описанных защитах. При отсутствии напряжения в цепи кабель—нагрузка через резистор *R21* и контакт *K1.2* реле утечки работает как блокировочное.

Защита от замыкания в цепях дистанционного управления выполнена так, что в случае к. з. из-за шунтирования оконечного диода *VD52* на катушку реле *K1* будет подано переменное напряжение, на которое оно не реагирует.

Защита от обрыва или увеличения сопротивления цепи заземления электросверла также осуществляется реле *K1*, так как заземляющая жила кабеля каждого электросверла является одновременно ветвью цепи дистанционного управления. При увеличении сопротивления заземляющей жилы >25 Ом (сопротивление включения) реле *K1* не включится, а при увеличении ее сопротивления >100—160 Ом (сопротивление отключения) или обрыве включенное реле *K1* отключится.

Защита от обрыва цепи управления короткозамыкателем *MK* (КОС) осуществляется блоком БУК. В случае обрыва нарушается баланс моста *R9—R11*, *R33*, *R34* (БУК) и *R28*, *R31* (МК или КОС). Реле *K3*, включенное в диагональ этого моста через усилитель *VT55*, срабатывая, своим контактом *K3.1* замыкает цепь первичной обмотки трансформатора *T3*. Происходит разряд конденсатора *C11* на первичную обмотку трансформатора *T3*. Далее схема работает, как в случае к. з.

При применении аппарата в системе электроснабжения без автоматического защитного отключения, когда короткозамыкатели не используются, из аппарата необходимо убрать блок БУК. Функции аппарата при этом сохраняются, принцип действия не нарушается.

Схемой предусмотрена проверка защиты МТЗ и реле утечки (блокировочного реле утечки).

При проверке МТЗ нужно нажать кнопку *SB1*, которая замыкает цепь трансформатора тока *TA5*. Во вторичной обмотке наводится э. д. с., которая поступает в схему управления токовой

защитой. Защита срабатывает, гаснет светодиод *VH54*, что свидетельствует о нормальной работе защиты.

При проверке реле утечки необходимо нажать кнопку *SB2*, которая замыкает цепь искусственной утечки: фаза *С1* — кнопка *SB2* — резистор *R27* — зажим *Дз* — «земля» — резистор *R19* — диод *VD36* — резистор *R18* — фаза *В1*. Напряжение, снимаемое с резистора *R19*, превышает напряжение пробоя стабилитрона *VD38*. Транзистор *VT40* открывается, срабатывает реле *К4*, аппарат отключается.

ТО и РНИ аппаратов серии АПБШ производятся в соответствии с указаниями, изложенными в разд. 3. Дополнительно необходимо руководствоваться следующим:

1) завод-изготовитель выпускает аппараты с соединением первичной обмотки силового трансформатора в «звезду», т. е. на входное напряжение 1140 (АПБШ.1, АПБШ.2) или 660 В (АПБШ.3, АПБШ.4);

2) ревизию и наладку КРА следует производить в соответствии с указаниями разд. 6;

3) выполнить проверку защит: максимальной токовой — путем нажатия кнопки *SB1*, от утечек тока — кнопки *SB2*. При несрабатывании защит заменить блоки БЗ или БРУ;

4) выполнить проверку защиты от увеличения сопротивления цепи заземления следующим образом.

В цепь управления последовательно с пусковой кнопкой включить регулируемое сопротивление 0—200 Ом. Установив сопротивление 25 Ом, нажать кнопку «Пуск». Нагрузка не должна включиться. Установить сопротивление в нулевое положение. Включить нагрузку. Увеличить сопротивление до момента отключения нагрузки. Отключение должно произойти при сопротивлении 100—160 Ом;

5) проверку защиты от обрыва цепи заземления произвести, отключив заземляющую жилу;

6) для проверки защиты от потери управляемости (замыкание в цепях управления) нужно замкнуть накоротко диод *VD52* в короткозамыкателе или диод *VD42* при работе без короткозамыкателя. Нагрузка не должна включаться;

7) измерение сопротивления изоляции силовых цепей производить согласно указаниям разд. 2.7. Для измерения в цепях 1140 В применять мегаомметр на напряжение 2500 В, во вторичных цепях — на напряжение 500 В. В первом случае сопротивление изоляции должно быть $\geqslant$20 МОм, во втором — $\geqslant$1 МОм.

10.4. ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ АГРЕГАТЫ СЕРИИ АОС

Агрегат АОС-4 (АОС-4В) предназначен для питания стабилизированным напряжением 127 В двух шахтных осветительных сетей общей мощностью до 4 кВ·А.

Техническая характеристика АОС-4 (АОС-4В)

Номинальная мощность, кВ·А	4
Номинальное напряжение, В:	
высшее (ВН)	660/380 (1140/660)
низшее (НН) стабилизированное	127
Номинальный ток в обмотках, А:	
ВН	3,8/6,6 (2,19/3,8)
НН	18,2
Исполнение	РВ-3В; И
Стабилизация выходного напряжения при изменении тока нагрузки от 0 до 18,2 А и напряжения питания от 0,85 до $1{,}15U_{ном}$	±4
Время отключения аппарата при возникновении однофазной утечки сопротивлением 1 кОм, с	0,2
Габаритные размеры, мм	830×740×600
Масса, кг	270

Конструктивно агрегат представляет собой цилиндрическую взрывонепроницаемую оболочку, разделенную на отделения, в которых размещены автоматический выключатель типа ВА12-29322-13 (ВА13-18329 в агрегате АОС-4В), трансформатор мощностью 4 кВ·А, два пускателя ПМЕ-211 на 127 В и 25 А; реле утечки (РУ), совмещенное с блокировочным реле утечки (БРУ) с уставками: РУ при однофазной утечке — ⩽3,3 кОм и БРУ — 11 кОм; реле максимального тока.

Схемы агрегатов АОС-4 и АОС-4В (рис. 10.9) одинаковы. Они состоят из силового трансформатора *TV*, блоков полупроводниковых переключателей *БПП1—БПП6*, герконовых блоков защиты от токов к. з. *БЗ-1* и *БЗ-2*, счетного блока *БС*, блока измерительного и импульсов *БИИ*, блоков управления *БУ*, блоков предварительного контроля утечки *БПК1*, *БПК2* и вторичных цепей защиты и управления.

Стабилизатор напряжения — ступенчатого регулирования. Основные элементы стабилизатора: силовой трансформатор, переключатели *БПП1—БПП6*, блоки *БС* и *БИИ*.

Блок реле утечки *РУ* (рис. 10.9, *в*) отключает аппарат при снижении сопротивления изоляции сети 127 В до 3,3 кОм. Проверка работоспособности реле производится кнопкой *S6* «Контроль РУ».

Блоки *БПК1* и *БПК2* (рис. 10.9, *б*) предназначены для предотвращения подачи напряжения на неисправную осветительную сеть. При снижении сопротивления изоляции обесточенной сети освещения срабатывает реле *1К7* (*2К7*) и своим контактом обесточивает реле *К15* (*К16*) в блоке *БУ*, препятствуя включению пускателя *К11* (*К12*). Проверка исправности блока *БПК1—БПК2* производится кнопкой *S7* (*S8*) — «Контроль ПК1 (ПК2)».

Схема защиты от токов к. з. выполнена на герконах, расположенных в блоках *Б31* (*Б32*) (рис. 10.9, *а*), и тиристоре *VS69* (см. рис. 10.9, *б*). При к. з. в сети контакты герконов замыкают цепь управления тиристора *VS69*, который открывается и подает напряжение на отключающую катушку *YAT* автомата *QF*, отключая его. Против срабатывания защиты от пусковых токов при-

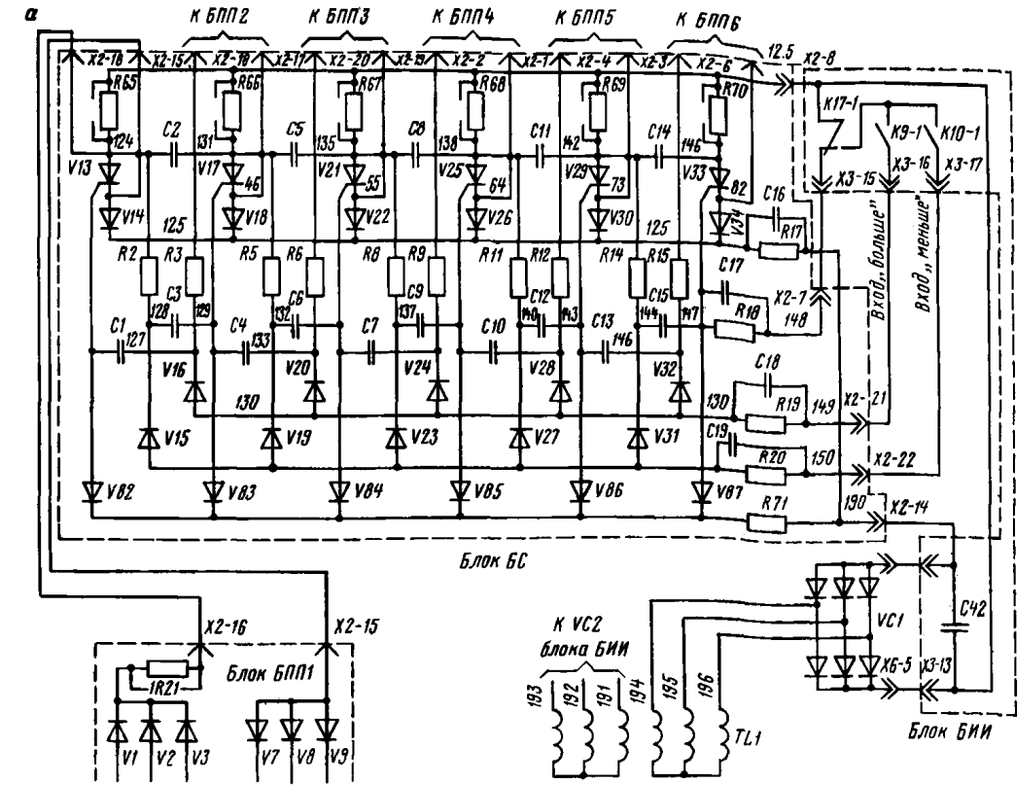
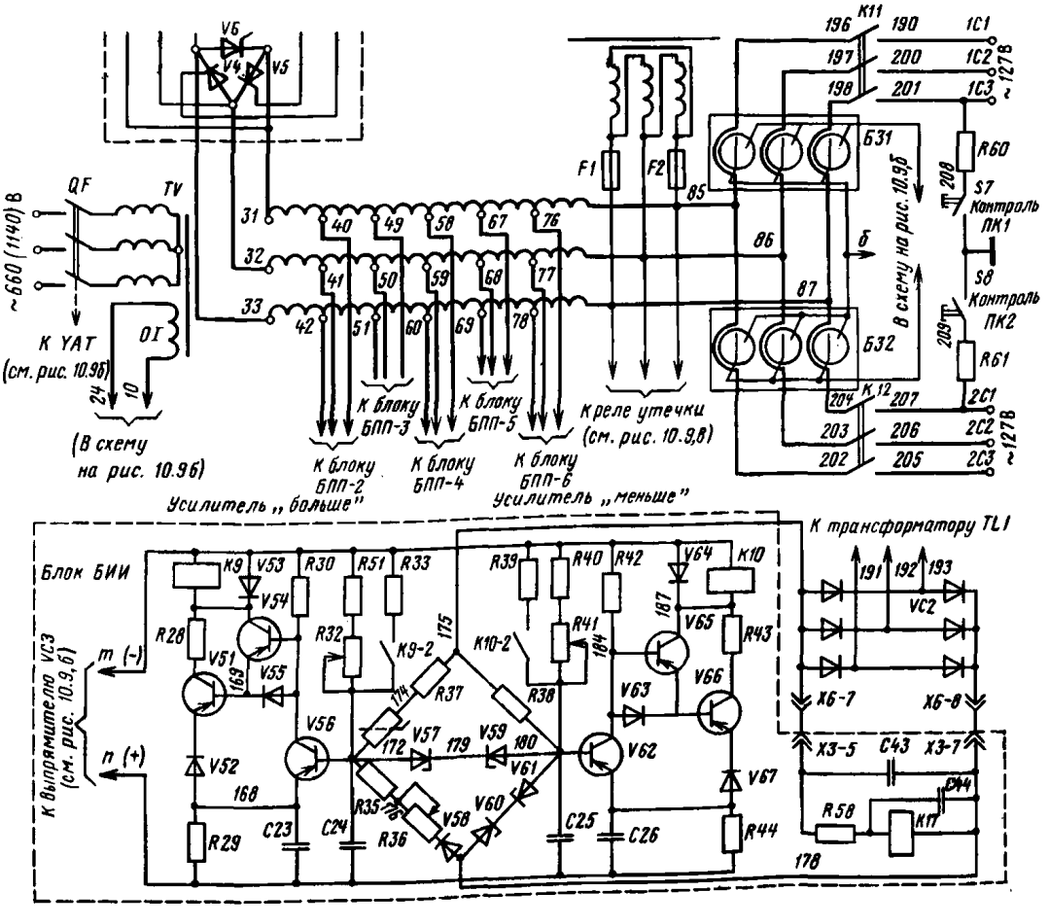


Рис. 10.9. Принципиальная электрическая схема аппарата АОС-4 (АОС-4В);

а — силовые цепи и цепи стабилизатора напряжения; *б* — цепи управления (БУ) и защиты (БПК и БЗ); *в* — блок реле утечки



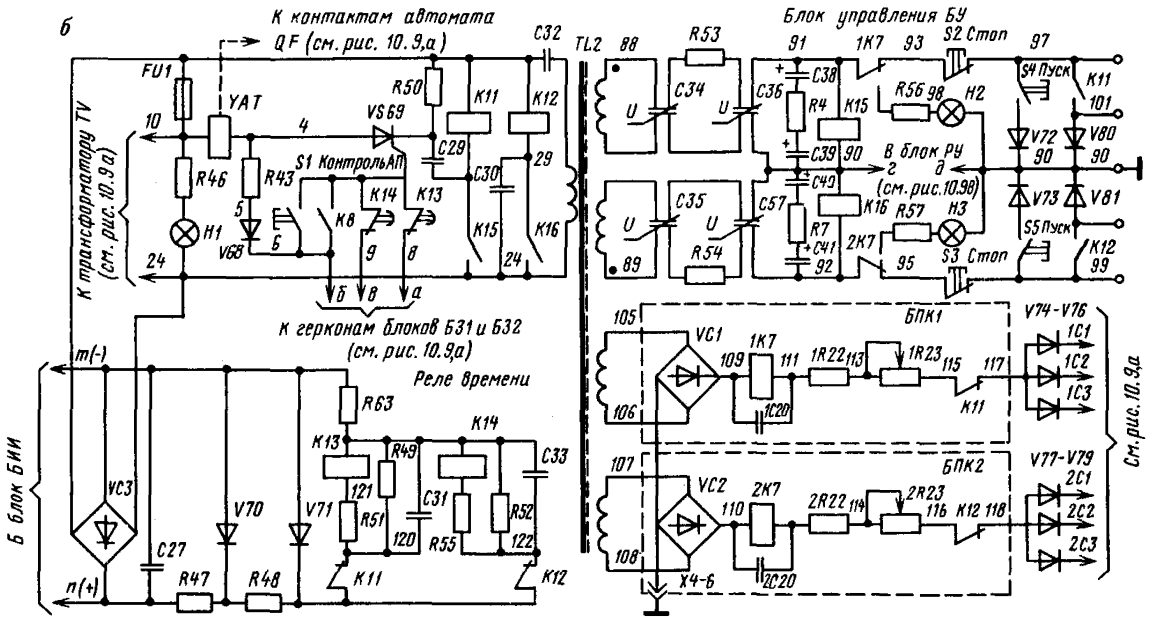


Рис. 10.9. (Продолжение)

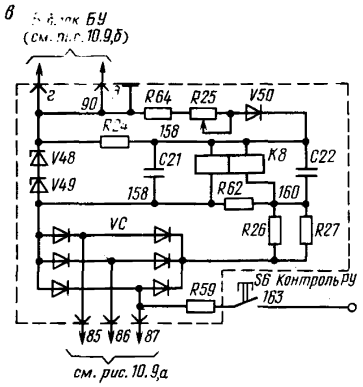


Рис. 10.9. (Продолжение)

менено реле времени с выдержкой времени 100—130 мс. Это реле оказывает действие на защиту только в момент включения пускателя. Схема реле времени выполнена на реле *K13* (*K14*), конденсаторах *C31* (*C33*), резисторах *R49*, *R51* (*R52*, *R55*). Применение токовой защиты с выдержкой времени при включении позволяет увеличить протяженность осветительной сети по сравнению с сетью, питаемой от обычных аппаратов (ТСШ-4, АП-3,5 и т. д.). Проверка исправности схемы защиты осуществляется нажатием кнопки *S1* «Контроль АП».

Блок БУ обеспечивает местное и дистанционное управление пускателями *K11* и *K12* по искробезопасной цепи, а также контроль исправности цепи дистанционного управления. Включение пускателя производится нажатием кнопки *S4* (*S5*) «Пуск», а отключение — нажатием кнопки *S2* (*S3*) «Стоп».

При включении автомата *QF* (см. рис. 10.9, *а*) запускается счетный блок *БС* контактом пускового реле *K17* по цепи: «+» источника питания *VC1*, контакт реле *K17-1*, резистор *R18*, конденсатор *C17* и управляющий электрод тиристора *V33*. Тиристор *V33* открывается и включает переключатель *БПП-6* в цепи отводов минимального напряжения трансформатора *TV*. Переключатель *БПП-6* закорачивает нуль звезды вторичной обмотки трансформатора *TV* и выходное напряжение трансформатора *TV* подается через трансформатор *TL1* на обмотку пускового реле *K17* и на измерительный мост блока БИИ. Пусковое реле *K17* размыкает своим контактом *K17-1* пусковую цепь блока *БС*, подготавливая счетный блок к дальнейшей работе.

Если после включения переключателя *БПП-6* выходное напряжение <122 В, то измерительный мост оказывается разбалансированным и напряжение диагонали измерительного моста положительной полярностью прикладывается на вход релейного усилителя блока импульсов (БИИ) «больше». Под действием положительной полярности измерительного моста транзистор *V56* закрывается, а транзисторы *V51* и *V54* открываются, приводя к срабатыванию реле *K9*. Реле *K9* контактом *K9—1* подает импульс управления на вход счетного блока «больше». Счетный блок производит переключение нагрузки на следующий отвод силового трансформатора. Если при этом выходное напряжение стабилизатора не установится 127 В $\pm$ 4 %, то переключение будет

производиться до тех пор, пока напряжение на выходе аппарата не достигнет номинальной величины. Работа релейного усилителя блока БИИ в режиме мультивибратора при разбалансе измерительного моста обеспечивается дополнительным смещением, создаваемым контактом *К9—2* через резистор *R33* на базе транзистора *V56*. Когда выходное напряжение стабилизатора станет >132 В, то измерительный мост вновь разбалансируется, но полярность напряжения диагонали моста будет обратной, в результате чего срабатывает реле *К10*, которое контактом *К10.1* выдает импульс управления на вход счетного блока «меньше». Счетный блок переключает бесконтактный переключатель в обратном направлении, уменьшая выходное напряжение до номинальной величины.

Таким образом, колебания напряжения питающей сети вызывают соответствующие переключения нуля звезды силового трансформатора, чем достигается стабилизация выходного напряжения.

ТО и РНИ осветительных аппаратов производится в соответствии с указаниями, изложенными в разд. 3. Дополнительно необходимо руководствоваться следующим:

1) заземлив корпус, подать на вход номинальное напряжение и проверить напряжение выхода. Напряжение должно соответствовать паспортным данным.

Если у аппарата АОС-4 (АОС-4В) выходное напряжение выходит за допустимые пределы 122—132 В, то произвести настройку стабилизатора напряжения:

подключить аппарат к трехфазному регулятору напряжения переменного тока с пределом регулирования, который может обеспечить проверку стабилизатора при напряжении питания $\pm 0{,}15\ U_{ном}$;

подключить на выход пускателя *К11* или *К12* (см. рис. 10.9, *б*) вольтметр переменного тока с пределом измерения до 150 В;

подключить на выход (к пускателю *К11* или *К12*) нагрузку с током нагрузки не менее 2 А;

включить автоматический выключатель *QF* аппарата и магнитный пускатель *К11* или *К12*;

измерить выходное напряжение аппарата при изменении входного напряжения в пределах $\pm 0{,}15\ U_{ном}$. При этом выходное напряжение должно поддерживаться в пределах 122—132 В.

Если выходное напряжение не поддерживается в этих пределах, то необходимо произвести настройку усилителей «больше» и «меньше»:

в диагональ измерительного моста (провода *172* и *180*, см. рис. 10.9, *а*) подключить высокоомный вольтметр;

установить входным регулятором напряжения на выходе аппарата 127 В;

резистором *R36* установить в диагонали измерительного моста напряжение, равное нулю, т. е. произвести балансировку моста.

Для более точной настройки последовательно уменьшать предел измерения прибора до минимального;

регулятором напряжения входа установить напряжение выхода аппарата 122 В;

резистором *R32* настроить релейный усилитель «больше» так, чтобы реле *K9* кратковременно срабатывало и отключалось в повторяющемся режиме с минимальной частотой переключения.

Если усилитель настроен правильно, то при повышении напряжения выхода на 1—1,5 В реле *K9* должно перейти в устойчивое отключенное состояние.

После настройки релейного усилителя «больше» приступить к настройке релейного усилителя «меньше». Для этого повысить регулятором напряжения входа выходное напряжение аппарата до 132 В и резистором *R41* настроить релейный усилитель блока импульсов «меньше» аналогично настройке релейного усилителя «больше». Если усилитель настроен правильно, то при снижении выходного напряжения аппарата на 1—1,5 В реле *K10* должно перейти в устойчивое отключенное состояние.

После настройки усилителей повторно проверить выходное напряжение при изменении входного напряжения от минимальной до максимальной величины;

2) срабатывание реле утечки осветительного аппарата проверить нажатием кнопки *S6* «Контроль *РУ*». В случае несрабатывания проверить соединение дополнительного заземлителя (шпильки *Дз*) с корпусом. При несрабатывании настроить реле утечки:

подключить сопротивление 3,3—4 кОм между любой выходной шпилькой пускателей *K11* (*K12*) и корпусом осветительного аппарата;

установить сопротивление переменного резистора *R25* на максимальную величину;

подать напряжение на осветительный аппарат, включив автоматический выключатель;

включить магнитный пускатель, к выходу которого подключено сопротивление 3,3—4 кОм;

при выходном напряжении аппарата 127 В плавно уменьшить величину сопротивления резистора *R25* до отключения автоматического выключателя;

отсоединить сопротивление от выходной шпильки;

повторно включить любой магнитный пускатель и опробовать работу реле утечки нажатием кнопки *S6*. При этом должен отключаться автоматический выключатель *QF*, что свидетельствует о правильности настройки реле утечки;

3) проверить правильность настройки реле утечки предварительного контроля изоляции *БПК1* и *БПК2*:

установить сопротивление переменного резистора *1R23* (*2R23*) на максимальную величину;

подключить сопротивление 10 кОм между выходной шпилькой и корпусом осветительного аппарата;

подать напряжение на осветительный аппарат, включив автоматический выключатель;

плавно уменьшая величину сопротивления переменного резистора *1R23* (*2R23*), добиться срабатывания реле *1K7* (*2K7*). Контроль срабатывания реле осуществляется сигнальной лампой *H2* (*H3*);

отключить сопротивление 10 кОм от выходной шпильки;

проверить срабатывание реле утечки нажатием кнопки *S7* (*S8*).

Если блок реле предварительного контроля настроен правильно, то при нажатии кнопки *S7* (*S8*) реле *1K7* (*2K7*) должно включиться, а при отпускании — отключиться. Лампа *H2* (*H3*) при этом должна соответственно загораться или гаснуть;

4) проверить работоспособность защиты от токов к. з. нажатием кнопки *S1* «Контроль АП». При этом автоматический выключатель должен отключить аппарат;

5) проверить блок защиты *БЗ1* (*БЗ2*) на точность срабатывания по шкале уставок. С помощью нагрузочного трансформатора или калиброванной нагрузки установить ток нагрузки (10, 20, 30, 40 А). В данном случае защита должна срабатывать при совмещении оцифрованных отметок на регулировочной гайке с риской. Отклонение уставок по току срабатывания не должно превышать ± 10 % номинальной величины. После проверки установить рабочую уставку и опломбировать блок защиты.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3

Принятые сокращения и термины 5

1. Общие положения 6

1.1. Некоторые определения 6
1.2. Особенности системы технического обслуживания подземных электроустановок 7
1.3. Ревизия, наладка и испытание подземных электроустановок . . . 8
1.4. Цели и задачи ТО и РНИ 9
1.5. Объем и периодичность ТО и РНИ 10
1.6. Организация и производство ТО и РНИ 12
1.7. Техника безопасности при производстве РНИ и ТО 18

2. Электрические измерения и испытания 23

2.1. Общие указания по проведению электрических измерений 23
2.2. Общие сведения о приборах и устройствах 24
2.2.1. Индикатор времени ИВ-1 24
2.2.2. Индикатор времени ИВ-3 27
2.2.3. Аппарат АШИК 33
2.2.4. Устройство «Импульс-2» 42
2.3. Методы измерения временных интервалов 49
2.4. Измерение сопротивления изоляции 53
2.5. Испытание электрической прочности изоляции 55
2.6. Методы измерения сопротивления заземляющих устройств 56
2.7. Методы измерения сопротивления постоянному и переменному току 59
2.8. Методы измерения тока и напряжения 62
2.9. Методы измерения мощности и определения cos φ 65
2.10. Методы измерения угла сдвига фаз и снятия векторных диаграмм 70
2.11. Методы определения полярности обмоток 71

3. Общие объемы, требования и методы РНИ подземных электроустановок шахт 77

3.1. Осмотр горной выработки 77
3.2. Проверка правильности применения электрооборудования 79
3.3. Проверка правильности монтажа 81
3.4. Осмотр знаков исполнения и пломб 81
3.5. Осмотр и проверка разъемных и неразъемных соединений 82
3.6. Осмотр и проверка корпусов и оболочек 83
3.7. Осмотр и проверка кабельных вводов (вводных устройств) 84
3.8. Осмотр, проверка и ревизия средств взрывозащиты 85
3.9. Осмотр и испытание изоляции токоведущих частей 89
3.10. Осмотр и испытание кабелей и кабельной арматуры 91
3.11. Осмотр и проверка полупроводниковых приборов 95
3.12. Осмотр, проверка и испытание электрических цепей 98
3.13. Защитное заземление 107
3.13.1. Устройство заземления 107
3.13.2. Осмотр и испытание заземляющих устройств 110

4. Шахтные трансформаторы 114

4.1. Общие сведения и определения 114
4.2. Силовые трансформаторы 118
4.2.1. Трансформаторы серий ТСВ и ТСШВ 122
4.2.2. Разделительные трансформаторы ТСШВ-630/6-6 123
4.2.3. Трансформаторы ТСП для тяговых подстанций 123
4.2.4. Схемы и группы соединения обмоток и методы их определения 124
4.2.5. Нагрузочная и перегрузочная способности силовых трансформаторов 130
4.2.6. Параллельная работа силовых трансформаторов 132
4.2.7. Фазировка трансформаторов 134
4.2.8. Методы определения коэффициента трансформации силовых трансформаторов 136
4.2.9. Поверочный расчет силового трансформатора 140
4.2.10. РНИ и ТО сухих силовых трансформаторов 142
4.3. Осветительные трансформаторы 147
4.4. Измерительные трансформаторы 149
4.4.1. Измерительные трансформаторы напряжения 149
4.4.2. Измерительные трансформаторы тока 155

5. Устройства защиты и автоматики 166

5.1. Основные виды защит и электроавтоматики подземных шахтных электроустановок 166
5.2. Общие требования и определения 168
5.3. Защита от токов к. з. 171
5.3.1. Общие указания по РНИ защит от токов к. з. 172
5.3.2. Поверочные расчеты защиты от токов к. з. 175
5.3.3. Защита плавкими предохранителями 175
5.3.4. Защита первичными токовыми реле прямого действия . . . 176
5.3.5. Защита вторичными токовыми реле прямого действия (ячейки КРУВ-6 и КРУРН-6) 180
5.3.6. Защита вторичными токовыми реле косвенного действия . . 186
5.3.7. Защита унифицированными блоками УМЗ 191
5.3.8. Защита полупроводниковыми блоками ПМЗ 198
5.3.9. Быстродействующая защита блоками БМЗ 201
5.4. Защита от замыканий на землю 203
5.4.1. Защита с реле РТЗ-50 203
5.4.2. Защита с блоком УБЗ 206
5.5. Защита от перегрузок 207
5.5.1. Защита токовыми реле РТ-40 207
5.5.2. Защита блоками ТЗП 209
5.6. Защита от понижения напряжения (нулевая и минимальная) . . . 211
5.7. Тепловая (температурная) защита 214
5.8. Защита от обрыва фаз 216
5.9. Защита от потери управляемости и самовключения блоками БДУ 217
5.10. Защита от опасных токов утечки на землю 221
5.10.1. Общие сведения, требования и определения 221
5.10.2. Общие указания по РНИ устройств защиты от опасных токов утечки 225
5.10.3. Особые условия ТО реле утечки 230
5.10.4. Реле утечки РУ-127/220 232
5.10.5. Реле утечки РУ-380 234
5.10.6. Аппарат АЗПБ 237
5.10.7. Аппарат защиты АЗУР 243
5.10.8. Реле утечки РУ-1140 256
5.10.9. Блок контроля изоляции типа БКИ 262
5.10.10. Блокировочные реле утечки (БРУ) 265
5.10.11. Реле утечки РУВ-Зар 273

5.10.12. Реле контроля утечки РКУ-Зар и РКУ-Зар. 1М 279
5.10.13. Аппарат защитного отключения АЗО-6 282

6. Распределительные устройства на напряжение до 1140 В 285

6.1. Поверочный расчет аппаратов 285
6.2. Общие указания по РНИ контакторно-релейной аппаратуры . . . 286
6.2.1. Электромагнитные системы КРА 287
6.2.2. Контактные системы и дугогасительные устройства КРА . . 290
6.2.3. Снятие электрических и временных характеристик КРА . . . 292
6.2.4. Особенности РНИ электромагнитных реле 294
6.3. Рудничные автоматические фидерные выключатели 297
6.3.1. Общие указания по РНИ рудничных автоматических выключателей 298
6.3.2. Выключатели серий АВМУ, А3700У и ВА13-18 300
6.3.3. Выключатели серии АФВ 302
6.3.4. Выключатели серии АВ 311
6.3.5. Быстродействующий выключатель АБВ-250 326
6.4. Электромагнитные пускатели 338
6.4.1. Общие указания по ТО и РНИ магнитных пускателей . . 338
6.4.2. Особенности РНИ контакторов серий КТ 6000, КТ 7000, КТ 7100, КТУ, КТ 12Р 342
6.4.3. Пускатели серий ПМВИ и ПМВИР 359
6.4.4. Пускатели серии ПВИ 367
6.4.5. Пускатели серии ПВ-1140 389
6.4.6. Пускатели серий ПВВ-320 и ПВВ-320Т 401
6.5. Ручные пускатели ПРШ-1 406

7. Распределительные устройства на напряжение выше 1140 В 410

7.1. Общие сведения 410
7.1.1. Обследование шахтных подземных подстанций при РНИ . . 410
7.1.2. Поверочный расчет аппаратов на напряжение выше 1140 В 414
7.2. Высоковольтные ячейки РВД-6 416
7.2.1. Назначение, технические характеристики и конструкции ячеек 416
7.2.2. Разъединители и их привод 418
7.2.3. Масляный выключатель ВМ-10 и его привод 419
7.2.4. Схемы управления 425
7.2.5. Особенности РНИ ячеек РВД-6 430
7.2.6. Особые условия применения и ТО ячеек РВД-6 437
7.3. Комплектные распредустройства КРУВ-6 439
7.3.1. Общие сведения 439
7.3.2. Конструкция шкафа и блокировочный комплекс 440
7.3.3. Разъединители 446
7.3.4. Воздушный выключатель ВЭВ-6 448
7.3.5. Привод выключателя ВЭВ-6 455
7.3.6. РНИ выключателя ВЭВ-6 с приводом 461
7.3.7. Особенности ТО и РНИ шкафов 471
7.3.8. Электрические схемы управления, защиты и сигнализации КРУВ-6 474
7.3.9. Рекомендации по выбору режимов работы шкафов КРУВ-6 . . 490
7.3.10. Оперативное управление шкафами КРУВ-6 491
7.3.11. Комплексная проверка электрической схемы шкафа 498
7.4. Комплектные распредустройства КРУРН-6 503
7.4.1. Общие сведения 503
7.4.2. Устройство шкафов и механические блокировки 504
7.4.3. Электрические схемы ячеек КРУРН-6 506

7.4.4. Оперативное управление шкафами КРУРН-6 и вывод их в ремонт 520
7.4.5. РНИ и ТО шкафов КРУРН-6 521

8. Передвижные комплектные трансформаторные подстанции 524

8.1. Подстанции серии ТСШВП 524
8.2. Подстанции серии ТСВП-Х/6 529
8.3. Особенности подстанций ТСВП-630/6-1,2 533
8.4. Особенности подстанций для шахт с крутыми пластами ТСВП-Х/6-КП 539
8.5. ТО и РНИ передвижных подстанций 541

9. Шахтные тяговые подстанции и зарядные устройства 547

9.1. Тяговые подстанции 547
9.1.1. Подстанции с агрегатами АТП-500/275М 548
9.1.2. Подстанции с агрегатами АТП-500/275М1-У5 и АТП-500/600М1-У5 553
9.1.3. ТО и РНИ тяговых подстанций 555
9.2. Зарядные устройства 565
9.2.1. Зарядные устройства типа ЗУК 565
9.2.2. Разрядно-зарядное устройство РЗУ 568
9.2.3. ТО и РНИ зарядных устройств 575

10. Пусковые и осветительные аппараты 579

10.1. Пусковые агрегаты АП-4 579
10.2. Пусковые агрегаты АПШ.1 583
10.3. Пусковые аппараты серии АПБШ 592
10.4. Осветительные агрегаты серии АОС 602

СПРАВОЧНОЕ ИЗДАНИЕ

РУКОВОДСТВО ПО РЕВИЗИИ, НАЛАДКЕ И ИСПЫТАНИЮ ПОДЗЕМНЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ШАХТ

Составители: **Чумаков** Виктор Андреевич, **Глухов** Михаил Сергеевич, **Осипов** Эдуард Рафаилович и др.

Заведующий редакцией *Е. Г. Вороновская*
Редактор издательства *С. А. Моисеева*
Технические редакторы *Н. В. Жидкова, Л. А. Мурашова*
Корректоры *И. П. Розанова, Е. М. Одобашян*

ИБ № 7927

Сдано в набор 09.06.88. Подписано в печать 05.12.88. Т-22370.
Формат 60×90$^{1}/_{16}$. Бумага книжно-журнальная. Гарнитура Литературная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 38,5. Усл. кр.-отт. 38,5. Уч.-изд. л. 42,10.
Тираж 19 900 экз. Заказ 498/2012-6. Цена 2 р. 60 к.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра»,
125047, Москва, пл. Белорусского вокзала, 3

Ленинградская типография № 6 ордена Трудового Красного Знамени
Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой
Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР
[illegible]ельств, полиграфии и книжной торговли.
[illegible]нград, ул. Моисеенко, 10.

gost.e-ecolog.ru