

СПРАВОЧНИК

СПРАВОЧНИК РАБОТНИКА ЭНЕРГО- МЕХАНИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ УЧАСТКА ШАХТЫ

**В.П.КОЛОСЮК
Л.А.МУФЕЛЬ
П.К.КУДРЕНКО**

Киев
Издательство "Техніка"



**СПРАВОЧНИК
РАБОТНИКА
ЭНЕРГО-
МЕХАНИЧЕСКОЙ
СЛУЖБЫ
УЧАСТКА ШАХТЫ**

**В.П.КОЛОСЮК
Л.А.МУФЕЛЬ
П.К.КУДРЕНКО**

Киев
Издательство «Тэхника»
1989

ББК 33я2
К61
УДК 622

Рецензенты: канд. техн. наук. Н. А. Полянский, канд. техн. наук И. С. Рябенко

Редакция литературы по тяжелой промышленности
Зав. редакцией О. Л. Яковлева

К61 **Колосюк В. П. и др.** Справочник работника энергомеханической службы участка шахты/В. П. Колосюк, Л. А. Муфель, П. К. Кудренко.— К.: Техника, 1989.— 207 с.
ISBN 5-335-00387-1

Рассмотрены практические расчеты и рекомендации по выбору и применению электрооборудования, кабелей и устройств защиты систем электроснабжения и управления забойными машинами и комплексами. Приведены необходимые в практической работе сведения о системах дистанционного управления очистными и проходческими комплексами, в том числе без постоянного присутствия людей в забое, а также рекомендации по эксплуатации, настройке, методам контроля, ремонту и монтажу электрооборудования.

Рассчитан на механиков, энергетиков и электрослесарей участков угольных шахт, работников производственных объединений, может быть полезен студентам горных вузов.

К $\frac{2501020000-112}{M202 (04)-89}$ 69.89

ББК 33я2

ISBN 5-335-00387-1

© Издательство «Техника», 1989

ПРЕДИСЛОВИЕ

Непрерывное наращивание добычи угля в нашей стране, диктуемое увеличением потребности народного хозяйства в топливе, сырье для металлургической и химической промышленности, неразрывно связано с дальнейшим техническим перевооружением угольной промышленности, внедрением современных средств механизации всех производственных процессов, совершенствованием технологии и организации работ. За последние годы освоены и применяются на шахтах очистные механизированные комплексы, высокопроизводительные угольные комбайны, стружковые и очистные агрегаты, новые конвейеры и гидравлические крепи, проходческие комбайны и погрузочные машины и другая горная техника. Постоянно возрастают темпы переоснащения участков угольных шахт все более новым и совершенным электротехническим оборудованием.

Для бесперебойной и производительной работы угледобывающей и проходческой техники необходимы правильная эксплуатация электрооборудования и высокое качество работ по его техническому обслуживанию, поддержание оптимального уровня и качества напряжения в распределительных сетях участка, на зажимах двигателей и аппаратов, безотказность, долговечность и ремонтпригодность электрооборудования. Представленный в справочнике материал призван помочь работникам энергомеханической службы участка шахты в эксплуатации и обслуживании электрифицированных машин, электрооборудования и кабелей, находящихся в пределах угольного участка, а также повысить квалификацию обслуживающего и ремонтного персонала угольных предприятий. В справочнике также приведен материал, необходимый для расчета электрической сети участка, выбора электроаппаратуры и оборудования, средств их защиты при нарушении нормальных режимов работы, даны рекомендации по эксплуатации и безопасному обслуживанию оборудования.

Отзывы о книге и пожелания просим направлять по адресу: 252601 Киев, 1, ул. Крестьянск., 5. Издательство «Тэхніка».

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РУДНИЧНОМ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИИ

1.1. ВИДЫ ИСПОЛНЕНИЯ РУДНИЧНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И ЕГО МАРКИРОВКА

Рудничное электрооборудование, предназначенное для шахт и рудников, согласно ГОСТ 12.2.020—76 классифицируется по уровням и видам взрывозащиты. Уровень взрывозащиты определяет степень взрывозащиты и область применения электрооборудования. Вид взрывозащиты характеризует совокупность схемных и конструктивных мер по исключению или затруднению возможности воспламенения окружающей взрывоопасной среды и обеспечению требуемого уровня взрывозащиты.

Рудничное электрооборудование по уровню взрывозащиты имеет четыре исполнения: рудничное нормальное (РН), рудничное повышенной надежности против взрыва (РН), рудничное взрывобезопасное (РВ), рудничное особовзрывобезопасное (РОВО).

Рудничное нормальное электрооборудование не имеет средств взрывозащиты, но в нем предусмотрена защита от попадания пыли и влаги, использованы изоляционные материалы с повышенной механической и электрической прочностью и стойкостью к воздействию окружающей среды, нормированы пути утечки * и электрические зазоры **, а также приняты меры по предупреждению перегрева наружных частей выше допустимых норм.

Рудничное электрооборудование повышенной надежности против взрыва имеет средства, обеспечивающие взрывозащиту только в режиме нормальной работы.

Уровень повышенной надежности против взрыва обеспечивается искробезопасностью электрических цепей при нормальном режиме работы электрооборудования; взрывонепроницаемостью оболочки, в которую заключены нормально искрящие части (контакты, реле, предохранители, лампы накаливания и др.); применением изоляционных материалов высокого качества; выбором путей утечки и электрических зазоров между токоведущими частями разного потенциала, исключающих возможность поверхностного пробоя изоляции и возникновения искрения или электрической дуги; надежным соединением токоведущих частей, позволяющим исключить искрение и нагрев выше допустимых норм; установлением более низких предельных температур нагрева поверхности любых частей электрооборудования, чем температура воспламенения смеси горючего газа или пыли с воздухом и температура тления пыли, осевшей на деталях электрооборудования; защитными устройствами, предотвращающими проникновение к токоведущим частям и их электрической изоляции воды, пыли (защита от наружных воздействий); применением прочных материалов для оболочек.

Рудничное взрывобезопасное электрооборудование — это взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается как при нормальном режиме работы, так и при вероятных повреждениях, определяемых условиями эксплуатации, кроме поврежденный средств взрывозащиты. Для рудничного взрывобезопасного электрооборудования вероятными повреждениями являются режим дугового короткого замыкания (к.з.) и механическое воздействие на электрооборудование.

Взрывобезопасный уровень рудничного электрооборудования может быть обеспечен искробезопасностью электрических цепей в нормальном и аварий-

* Путь утечки — кратчайшее расстояние по поверхности электроизоляционного материала между токоведущими частями разного потенциала или между токоведущей и заземляющей частью электрооборудования (ГОСТ 24719—81).

** Электрический зазор — кратчайшее расстояние в окружающей среде между неизолированными токоведущими частями разного потенциала или между неизолированной токоведущей и заземляющей частью электрооборудования (ГОСТ 24719—81).

ных состояниях при двух повреждениях, если в искробезопасной цепи имеются открытые нормально искрящие контакты, или при одном повреждении, если нормально искрящих контактов нет; взрывонепроницаемой оболочкой, предотвращающей передачу взрыва в окружающую среду при воспламенении взрывоопасной смеси внутри оболочки при нормальном режиме работы и при вероятных повреждениях; заполнением оболочки с токоведущими частями кварцевым песком; автоматическим защитным отключением напряжения с токоведущих частей при разрушении защитной оболочки за время, исключающее воспламенение взрывоопасной среды; заполнением оболочки жидким диэлектриком. Взрывобезопасный уровень обеспечивается также сочетанием одного или нескольких видов взрывозащиты по ГОСТ 12.2.020—76 с автоматическим отключением напряжения и одновременным закорачиванием источника электродвижущей силы (ЭДС) при повреждении оболочки силовых кабелей, вызывающем замыкание силовых жил между собой и на землю за время не более 2,5 мс с надежностью выполнения функции защитного отключения и закорачивания каждым из устройств, обеспечивающих быстрейшее, не менее 15 000 ч параболки на отказ; специальными средствами взрывозащиты, основанными на принципах, отличных от приведенных выше, но признанных достаточными для обеспечения взрывобезопасности электрооборудования.

Рудничное особовзрывобезопасное электрооборудование — взрывозащитное электрооборудование, в котором по отношению к взрывоопасным частям приняты дополнительные меры и средства взрывозащиты, обеспечивающие его взрывобезопасность при любых повреждениях, кроме повреждений средств взрывозащиты. Особовзрывобезопасный уровень может быть обеспечен искробезопасностью электрических цепей в нормальном и аварийных состояниях при любом числе повреждений, если в искробезопасной цепи есть открытые нормально искрящие контакты, или при двух повреждениях, если нормально искрящих контактов нет; сочетанием средств взрывозащиты, признанным достаточным испытательными организациями (например, сочетанием взрывонепроницаемой оболочки с кварцевой взрывозащитой, с заливкой эпоксидным компаундом искробезопасных элементов, продуванием взрывонепроницаемой оболочки под избыточным давлением чистым воздухом при наличии устройств, исключающих возникновение опасного искрения при открытых крышках оболочки). При этом искробезопасность отходящих присоединений должна обеспечиваться в соответствии с требованиями ГОСТ 22782.5—78.

Указанные конструктивные и схемные решения, обеспечивающие взрывозащиту электрооборудования в соответствии с ГОСТ 12.2.020—76, классифицируются по следующим видам взрывозащиты: взрывонепроницаемая оболочка; искробезопасная электрическая цепь; защита с маркировочным знаком е; масляное заполнение оболочки; кварцевое заполнение оболочки; специальный вид взрывозащиты.

Электрооборудование с видом взрывозащиты «*взрывонепроницаемая оболочка*» в зависимости от номинального напряжения U_n и тока металлического к.з. $I_{к.з.}$, которое может возникнуть внутри оболочки, подразделяется на четыре подгруппы: 1В (U_n не нормируется и $I_{к.з.} \leq 100$ А или $U_n \leq 100$ В и $I_{к.з.}$ не нормируется); 2В ($100 \text{ В} < U_n \leq 220 \text{ В}$, $100 \text{ А} < I_{к.з.} \leq 450 \text{ А}$); 3В ($220 \text{ В} < U_n \leq 1140 \text{ В}$; $I_{к.з.} > 100 \text{ А}$); 4В ($U_n > 1140 \text{ В}$, $I_{к.з.} > 100 \text{ А}$).

Искробезопасные электрические цепи электрооборудования с видом взрывозащиты «*искробезопасная электрическая цепь*» разделяются на уровни: I_n — особовзрывобезопасный; I_b — взрывобезопасный; I_c — повышенной надежности против взрыва.

Защита маркировочным знаком е (маркируется также буквой П) предусматривается в электрооборудовании или его части, не имеющих нормально искрящих частей, и заключается в принятии мер (дополнительно к используемым в электрооборудовании общего назначения), затрудняющих появление опасных нагревов, электрических искр и др.

Электрооборудование с видом взрывозащиты «масляное заполнение оболочки» в зависимости от напряжения U_n и тока металлического к.з. $I_{к.з}$ делится на подгруппы: **1М** ($U_n \leq 65$ В, $I_{к.з} \leq 100$ А); **2М** ($U_n \leq 127$ В, $I_{к.з} \leq 450$ А); **3М** ($U_n \leq 600$ В, $I_{к.з} \leq 15000$ А); **4М** ($U_n \leq 6000$ В, $I_{к.з} \leq 10000$ А).

Вид взрывозащиты «кварцевое заполнение оболочки» в зависимости от принятых условий расчета толщины защитного слоя имеет две группы: **1К** (защитный слой рассчитан по условиям дугового к.з.); **2К** (защитный слой заполнителя рассчитан по условиям искрового разряда). Буква Э в обозначении такого вида взрывозащиты указывает на применение защитного экрана, выполненного из металлического листа и наложенного поверх заполнителя.

Специальный вид взрывозащиты (маркируется буквой С) предусматривается в электрооборудовании с особовзрывобезопасным уровнем взрывозащиты в том случае, когда невозможно обеспечить искробезопасность электрических цепей традиционными мерами. Для этого осуществляют меры (заключение электрических частей во взрывонепроницаемую оболочку, герметизация искробезопасных элементов и т. д.), исключающие возможность поджигания окружающей взрывоопасной среды.

Таким образом, рудничное электрооборудование в соответствии с ГОСТ 12.2.020—76 маркируется в следующей последовательности: знак уровня взрывозащиты электрооборудования (РН, РП, РВ, РО); знак вида взрывозащиты электрооборудования (1В, 2В, 3В, 4В; Иа, Ив, Ис; П; 1М, 2М, 3М, 4М; 1К, 2К, 2КЭ; А или С (табл. 1))

1. Маркировка рудничного электрооборудования

Электрооборудование по уровню взрывозащиты	Вид взрывозащиты	Маркировка
Рудничное повышенной надежности против взрыва	Защита с маркировочным знаком е То же и взрывонепроницаемая оболочка То же и искробезопасная электрическая цепь	РП П РП П 1В РП П И
Рудничное взрывобезопасное	Взрывонепроницаемая оболочка: подгруппа 1В подгруппа 2В подгруппа 3В подгруппа 3В и кварцевое заполнение (защитный слой рассчитан по условиям дугового к. з., экранированный) Взрывонепроницаемая оболочка и искробезопасная электрическая цепь Кварцевое заполнение (защитный слой заполнителя рассчитан по условиям искрового разряда) Масляное заполнение (подгруппа 3М) Взрывонепроницаемая оболочка и автоматическое защитное отключение	РВ 1В РВ 2В РВ 3В РВ 3В 2КЭ РВ 3В Иа РВ 1К РВ 3М РВ 3В А
Рудничное особовзрывобезопасное	Искробезопасная электрическая цепь Специальный вид взрывозащиты, внешние электрические цепи искробезопасны	РО Иа РО Иа С

Приведенная в табл. 1 маркировка электрооборудования принята для использования внутри страны. На электрооборудовании, поставляемом на экспорт или импортируемом из других стран, маркировка выполняется в соответствии с рекомендациями МЭК* (публикация МЭК71-9).

* Международная электротехническая комиссия.

Для обеспечения надежной и безопасной эксплуатации в рудничном электрооборудовании предусмотрены защиты от внешних воздействий. Для обозначения степени защиты применяются буквы IP и следующие за ними две цифры. Первая цифра обозначает степень защиты персонала от соприкосновения с находящимися под напряжением или движущимися частями, расположенными внутри оболочки изделия, а также степень защиты изделия от попадания во внутрь твердых посторонних тел, вторая цифра — защите изделия от попадания воды.

В соответствии с ГОСТ 24754—81 оболочки электрооборудования должны обеспечить степень защиты от внешних воздействий не ниже IP54. Допускаются следующие степени защиты для отдельных изделий и их частей: не ниже IP20 на входе вентиляторов электродвигателей* с наружным обдувом; не ниже IP22 для стационарных пускорегулирующих резисторов, преобразовательных устройств, а также для изделий напряжением от 3 кВ и выше, предназначенных для установки в местах, где отсутствуют пылевыведения и капеж. При этом температура деталей, установленных внутри оболочки не должна превышать 200 °С при температуре окружающего воздуха 35 °С; не ниже IP43 для изделий, не имеющих неизолированных токоведущих частей, находящихся под напряжением, и устройств с принудительной вентиляцией, осуществляемой вентилятором, смонтированным с внешней стороны устройства, а также для персональных и передвижных трансформаторов и выпрямителей для сварки.

В ГОСТ 14254—80 принята классификация степеней защиты в соответствии с цифровой индикацией. Так, в электрооборудовании со степенью защиты IP54 цифра 5 указывает на то, что предусмотрена полная защита персонала от возможности соприкосновения с находящимися под напряжением или движущимися частями, расположенными внутри оболочки. Проникновение внутрь оболочки пыли не предотвращено полностью, однако пыль не может проникать в количестве, достаточном для нарушения работы изделия. Цифра 4 указывает на то, что имеется защита от брызг. Струя воды, выбрасываемая в любом направлении на оболочку, не должна оказывать вредного действия на работу изделия.

1.2. ОБЛАСТЬ И УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В ШАХТАХ

Область применения электрооборудования устанавливается Правилами безопасности** в зависимости от уровня взрывозащиты (табл. 2). Исключение из указанной в этой таблице области применения составляет область применения изделий общего назначения при определенных условиях и ограничениях, допущенных для использования в угольных шахтах (кабели, приборы), изделий специального исполнения, на которых маркировка рудничного исполнения не ставится (кабели), контактных и аккумуляторных электровозов, стационарных и переносных светильников и приборов, имеющих знак рудничного исполнения, но при определенных условиях с более широкой областью применения рудничного оборудования по сравнению с указанной в табл. 2.

Особенности конструкции и условия эксплуатации накладывают определенные ограничения на применения шахтных кабелей в выработках, поэтому при использовании шахтных кабелей нужно учитывать следующее [2; 4].

Силовые кабели, допущенные к применению в выработках шахт, опасных по газу или пыли, запрещается прокладывать по наклонным стволам, бремсбергам и уклонам, подающим струю свежего воздуха, если эти выработки оборудованы рельсовым транспортом с шахтными грузовыми вагонетками, за исключением случаев, когда указанный транспорт используется только для доставки оборудования, материалов и выполнения ремонтных работ.

* Далее по тексту дается «двигатели».

** Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах.— М.:— Недра, 1986.— 447 с.

2. Область применения рудничного электрооборудования

Шахты, не опасные по газу или пыли		Шахты, опасные по газу или пыли					
Ствол в стадии проходки или эксплуатации	Все подземные выработки, в том числе стволы	Ствол в стадии проходки	Ствол в стадии эксплуатации со свежей струей воздуха	Околоствольные выработки, омыаемые свежей струей воздуха за счет общешахтной депрессии	Основные выработки (кроме окостовленных), омыаемые свежей струей воздуха за счет общешахтной депрессии	Очистные и подготовительные выработки, кроме забоев крутых пластов, опасных по выбросам угля и газа	Забои крутых пластов, опасных по внезапным выбросам
		Вблизи нет суффлярного выделения или шахта не относится к опасным по внезапным выбросам	Вблизи нет суффлярного выделения метана или шахта не относится к опасным по внезапным выбросам	Вблизи нет суффлярного выделения метана или шахта не относится к опасным по внезапным выбросам	Вблизи имеется суффлярное деление или шахта относится к опасным по внезапным выбросам		
Общепромышленное взрывозащиты от внешних воздействий не ниже IP54	Рудничное взрывозащиты не ниже IP54	Рудничное взрывозащиты не ниже IP54	Общепромышленное взрывозащиты не ниже IP54; рудничное нормальное	Рудничное взрывозащиты не ниже IP54; рудничное нормальное	Рудничное взрывозащиты не ниже IP54; рудничное нормальное	Рудничное взрывозащиты не ниже IP54; рудничное нормальное	Рудничное взрывозащиты не ниже IP54; рудничное нормальное
		Общепромышленное взрывозащиты не ниже IP54	Общепромышленное взрывозащиты не ниже IP54; рудничное нормальное	Рудничное взрывозащиты не ниже IP54; рудничное нормальное	Рудничное взрывозащиты не ниже IP54; рудничное нормальное	Рудничное взрывозащиты не ниже IP54; рудничное нормальное	Рудничное взрывозащиты не ниже IP54; рудничное нормальное

В стволах с деревянной крепью, по которым поступает свежая струя воздуха, прокладка силовых кабелей запрещается во всех случаях. Бронированные кабели с проволочной и ленточной броней, свинцовой или поливинилхлоридной оболочкой и с поливинилхлоридной резиновой или бумажной изоляцией применяются для стационарной прокладки. Бронированные кабели с бумажной изоляцией, прокладываемые по капитальным и основным вертикальным и наклонным выработкам, проведенным под углом выше 45° , должны иметь изоляцию с обедненной пропиткой, а прокладываемые по горизонтальным и наклонным выработкам, проведенным под углом до 45° — нормально пропитанную изоляцию.

Гибкие и полугибкие силовые кабели применяются в условиях стационарной прокладки. Для присоединения передвижных участковых подстанций и распределительных пунктов напряжением 6 кВ, 660 В и 1140 В должны применяться бронированные кабели повышенной гибкости и прочности. Гибкие кабели разрешается применять для присоединения распределительных пунктов к передвижным подстанциям, при этом для питания распределительных пунктов на напряжение 660 и 1140 В, а также распределительных пунктов, расположенных в тупиковых выработках шахт, опасных по газу, независимо от величины напряжения, должны применяться гибкие экранированные кабели. Для подачи напряжения 380, 660, 1140 В к передвижным машинам должны применяться только гибкие экранированные кабели.

Для подачи напряжения к выемочным машинам на крутых пластах с применением кабелеподборщиков должны применяться гибкие экранированные кабели повышенной прочности, на участке линии между ручным электросверлом и соединительной муфтой — особогибкие экранированные кабели.

Для всех осветительных сетей разрешается применять гибкие кабели, а в очистных забоях шахт, не опасных по газу или пыли, при линейном напряжении не выше 24 В — неизолированные провода на изолированных опорах. В этом случае в трансформаторе вывод со стороны напряжения 24 В должен осуществляться гибким кабелем, а обмотки осветительного трансформатора должны быть разделены металлическим заземленным экраном.

Применение в шахтах кабелей с алюминиевыми жилами, а также с алюминиевой оболочкой запрещается. Вызвано это тем, что при использовании алюминиевых материалов затруднено обеспечение взрывонепроницаемости оболочек рудничного электрооборудования. Кроме того, под действием пыли, воды и климатических факторов происходит окисление контактных соединений и тем самым снижается надежность такого присоединения.

Исходя из условий обеспечения взрыво- и пожаробезопасности предусмотрена следующая область применения электровозов и рудничных светильников в исполнении РН и РП. Контактные электровозы в исполнении РН могут применяться с разрешения технического директора производственного объединения в главных откаточных выработках, омываемых свежей струей воздуха, шахт I и II категорий по газу, а также опасных по пыли. Рудничные аккумуляторные электровозы в исполнении РП применяются в выработках со свежей струей воздуха в шахтах, опасных по газу, и во всех выработках опасных по пыли; в шахтах I и II категорий их можно применять в выработках с исходящей струей воздуха и в подготовительных выработках, проветриваемых вентиляторами местного проветривания (ВМП).

В шахтах III категории и сверхкатегорных (без суффлярных выделений) аккумуляторные электровозы применяют с разрешения технического директора производственного объединения по согласованию с горнотехнической инструкцией при наличии на электровозах переносных или автоматических приборов контроля содержания метана и концентрации метана в исходящей струе воздуха не более 0,75 %. При разработке пластов с суффлярными выделениями, а также опасных по внезапным выбросам угля и газа применять аккумуляторные электровозы в выработках с исходящей струей воздуха и в подготовительных выработках запрещается.

Рудничные светильники в исполнении РН применяются с разрешения технического директора производственного объединения в главных откаточных выработках, омываемых свежей струей воздуха, шахт I и II категорий по газу

или опасных по пыли при отсутствии опасности скопления в них газа или пыли, Применение светильников рудничного исполнения в шахтах, опасных по газу или пыли, запрещается. Рудничные светильники в исполнении РП допущены к применению во всех выработках шахт I и II категорий, за исключением выработок, проветриваемых ВМП. У погрузочных пунктов, расположенных на свежей струе воздуха, применение таких светильников допускается и в шахтах III категории, а также сверхкатегорных, за исключением шахт с суффлярными выделениями. Аккумуляторные светильники в исполнении РН допущены к применению в выработках шахт, опасных по газу или пыли. Применение аккумуляторных светильников рудничного типа запрещается.

Переносные периодически применяемые измерительные приборы в исполнении РН и общепромышленном исполнении, при нормальной работе которых не происходит опасное искрение, можно применять при условии соблюдения мер предосторожности во всех выработках шахт, опасных по газу и пыли, кроме призабойных пространств очистных и подготовительных выработок крутых пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа. Присоединять и отсоединять приборы от сети нужно после замера содержания газа и отключения сети.

1.3. ПРОВЕРКА ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Согласно Правилам безопасности проверка взрывобезопасности электрооборудования осуществляется ежесменным, еженедельным осмотрами и ежеквартальной ревизией (табл. 3).

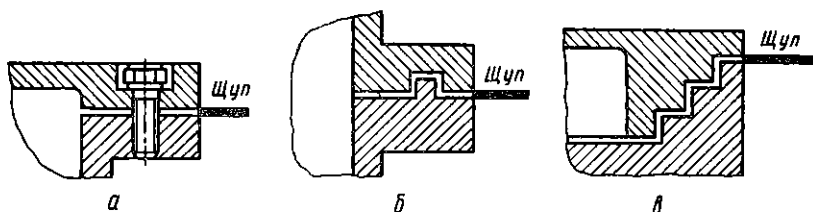


Рис. 1. Схемы контроля ширины щели (зазора) во фланцевых соединениях:

а — плоских; б — лабиринтных; в — ступенчатых.

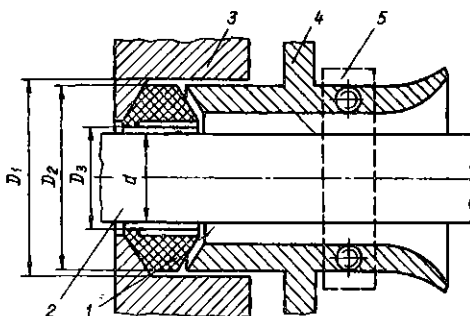


Рис. 2. Схема расположения элементов во вводимом устройстве до момента сжатия уплотнительного кольца:

1 — уплотнительное кольцо; 2 — кабель; 3 — корпус оболочки; 4 — уплотняющий фланец; 5 — закрепляющая планка; $(D_3 - d) \leq 2$ мм; $(D_1 - D_2) \leq 1$ мм при наружном диаметре уплотнительного кольца до 20 мм; $(D_1 - D_2) \leq 2$ мм при наружном диаметре уплотнительного кольца 60 мм; $(D_1 - D_2) \leq 3$ мм при наружном диаметре уплотнительного кольца 60 мм).

Проверка ширины щели с помощью щупов, толщина которых должна быть на 0,05 мм больше нормальной ширины щели (зазора), производится не менее чем в четырех точках, расположенных по периметру соединения. Щуп не должен входить в проверяемую фланцевую щель (рис. 1). Нормаль-

3. Порядок проверки взрывобезопасности электрооборудования

Вид проверки	Кто проверяет	Время проверки	Критерии исправности взрывозащиты
Ежемесячная внешним осмотром без вскрытия электрооборудования	Лица, работающие на машинах, дежурные электрослесари	В начале каждой смены	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оболочка без трещин, отверстий, неисправных защитных стекол и других повреждений 2. Все болты и гайки в наличии и нормально затянуты 3. Вводные устройства исправны, имеют уплотнения, кабели закреплены, неиспользуемые вводы закрыты заглушками 4. На электрооборудовании имеются пломбы и необходимые указательные надписи 5. При вскрытой оболочке электрооборудования ширина щели в норме
Ежедневная внешним осмотром без вскрытия электрооборудования	Механик участка или лицо, его замещающее	В выбранное проверяющим время	Те же пять пунктов
Ежеквартальная ревизия с открыванием крышек и разборкой вводов (при необходимости)	Бригадир электрослесарей под контролем главного энергетика шахты	Во время, предусмотренное графиками ревизий	<p>Те же пять пунктов и следующие:</p> <ol style="list-style-type: none"> 6. В наличии знаки уровня и вида взрывозащиты 7. Взрывозащитные поверхности без ржавчины и очищены, без вмятин 8. В наличии уплотняющие прокладки 9. Механические блокировки крышек с разъединителем исправны 10. Резьбовые взрывонепроницаемые соединения исправны, завинчены до отказа 11. Блокировки крышек с резьбовыми соединениями в наличии, приспособления для предохранения от самоотвинчивания имеются 12. Разгрузочные устройства во взрывонепроницаемых оболочках надежно закреплены и не повреждены 13. Залитые кабельной массой вводные коробки без трещин и других дефектов 14. После сборки электрооборудования и закрытия крышек ширина щели в норме

ния величина ширины шели указывается в инструкции по эксплуатации электрооборудования (на чертеже безопасности) или принимается в соответствии с данными табл. 4.

4. Нормируемый зазор взрывозащитного соединения

Электрооборудование, предназначенное для подключения к источникам тока	Взрывозащитное соединение	Нормируемый зазор, мм	Толщина щупа, мм
С напряжением $U_n = 65$ В и мощностью не более 250 В А, а также световые приборы	С болтовым креплением: свободный объем оболочки до 0,5 л	0,3	0,35
	свободный объем оболочки более 0,5 л	0,5	0,55
С напряжением $U_n \leq 127$ В и мощностью не более 5 кВт А	С болтовым креплением: свободный объем оболочки до 0,5 л (отделение разъединителя и вводная коробка ручного электросверла и т. п.)	0,1	0,15
	свободный объем оболочки более 0,5 л	0,2	0,25
С напряжением $U_n = 380 \quad 1200$ В	С болтовым креплением: свободный объем оболочки до 2 л (вводные коробки двигателей типов К, КО, ВАО от 1-го до 5-го габаритов, вводные коробки агрегата АП и др.)	0,1	0,15
	свободный объем оболочки 2—10 л (вводные коробки магнитных пускателей серий ПМВ, ПМВИ, ПВИ, ручных пускателей серии ПРВ, автоматических фидерных выключателей серии АФВ, двигателей типа ВАО 6-го габарита и выше и др.)	0,15	0,2
	свободный объем оболочки более 10 л	0,2	0,25
	основные оболочки трансформаторов типов ТСЦ, ТСВИ, магнитных станций серий СУВ-350, КУУВТ и других со штыковым креплением; магнитных пускателей, автоматических выключателей, агрегатов АП и др.	0,5	0,55
С напряжением $U_n = 3000 \quad 6000$ В	С болтовым креплением	0,15	0,2

При проверке взрывозащиты кабельных вводов необходимо помнить, что для надежного уплотнения кабеля должно применяться уплотнительное кольцо, внутренний и наружный диаметры которого соответствуют данным, приведенным на рис. 2, а болты или гайки, которые служат для уплотнения резинового кольца и закрепления кабеля от выдергивания, затянуты таким образом, чтобы уплотнительное кольцо увеличилось в диаметре и плотно, без зазоров, прилегало как к кабелю, так и к расточке в корпусе ввода, а сам кабель не проворачивался и не перемещался в осевом направлении.

Эксплуатация электрооборудования с нарушенной взрывозащитой запрещается. Запрещается также эксплуатация электрооборудования с на-

личием на взрывозащитных поверхностях вмятин, царапин и сколов. Не допускается уплотнять кабель изоляционной лентой, сырой резиной, обрезками оболочки гибких резиновых кабелей и т. п., так как при этом не гарантируется взрывонепроницаемость оболочки по кабельному вводу. При ежеквартальной ревизии не только проверяется взрывозащита электрооборудования, но и производятся другие работы по содержанию его в нормальном исправном состоянии. Результаты ревизии электрооборудования заносятся в «Книгу регистрации состояния электрооборудования и заземления».

2. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЗАБОЙНЫХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ

2.1. ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМАМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, ЗАЩИТЫ ЗАБОЙНЫХ МАШИН И УПРАВЛЕНИЯ ИМИ

При разработке схем электроснабжения забойных машин и комплексов необходимо учитывать следующие требования [1; 10].

Электрооборудование машин и электроаппаратуру, предназначенную для комплектования схем электроснабжения, выбирают по уровню взрывозащиты в соответствии с категорией шахт и степению опасности выработки по газу (свежая или исходящая струя; тупиковая выработка; пласты, опасные по внезапным выбросам угля и газа). Все забойные машины присоединяются к сети при помощи аппаратов (станций управления, магнитных пускателей) с дистанционным управлением, устанавливаемых преимущественно в горизонтальных, хорошо закрепленных выработках, проветриваемых свежей струей воздуха. При установке в выработках с исходящей струей воздуха питание аппаратов осуществляется от группового аппарата, расположенного в выработке со свежей струей воздуха. Управление групповым аппаратом должно быть дистанционным с пульта выемочной машины (комплекса) или понизительного распределителя, установленного в выработке с исходящей струей воздуха.

Электроснабжение участка осуществляется от передвижных трансформаторных подстанций, присоединяемых к распределительной сети с помощью комплектного распределительного устройства (КРУ). Включение и отключение последнего должно быть дистанционным с места установки передвижной подстанции.

В схемах электроснабжения забойных машин и управления ими предусматриваются аппараты для аварийного дистанционного отключения электроэнергии с пульта управления этими машинами. Электрооборудование в выработках с исходящей струей воздуха отключается стационарными автоматическими приборами контроля содержания метана.

Электроснабжение машин, как правило, выполняется по одному кабелю и одним напряжением. Для машин большой энерговооруженности (при наличии двух двигателей мощностью более 110 кВт) допускается осуществление электроснабжения по нескольким силовым кабелям. При этом системы блокировки, аварийного и оперативного отключения должны предусматривать возможность быстрого и полного отключения машин от сети при воздействии на один орган управления, а также при действии устройств блокировки.

Схемы электроснабжения выемочных и проходческих машин, а также комплексов, как правило, предусматривают возможность включения аппаратов газовой защиты в соответствии с требованиями Правил безопасности.

В схемах электроснабжения машин с одним двигателем, а также многодвигательных машин, у которых все двигатели работают на один или несколько кинематически связанных между собой рабочих органов и требуют одновременного включения, аппарат, предназначенный для включения двигателей, служит одновременно и для подачи напряжения. Управление таким аппаратом должно быть дистанционным с пульта этих машин.

На машинах с многодвигательным приводом, где требуется раздельное включение и отключение двигателей, устанавливаются магнитные контак-

торы или ручные выключатели для управления каждым двигателем отдельно. Все коммутационные аппараты в этом случае объединяются в станцию управления, располагаемую на машине. Присоединение машины к сети и в этом случае должно осуществляться аппаратами с дистанционным управлением.

В схемах электроснабжения с электрооборудованием на напряжение до 1140 В должна осуществляться защита:

а) трансформаторов и каждого отходящего от них присоединения от токов к. з. автоматическими выключателями с максимальной токовой защитой;

б) двигателей и питающих их кабелей: от токов к.з. (мгновенная или селективная в пределах до 0,2 с); от токов перегрузки или от перегрева; нулевая; от включения напряжения при сниженном сопротивлении изоляции относительно земли;

в) искроопасных цепей, отходящих от вторичных обмоток понизительного трансформатора, встроенного в аппарат, от токов к. з.;

г) электрической сети от опасных токов утечки на землю автоматическими выключателями в комплексе с одним реле утечки тока на всю электрически связанную сеть (подключенную к одному или группе параллельно работающих трансформаторов): при срабатывании реле утечки тока должна отключаться вся сеть, подключенная к указанным трансформаторам, за исключением отрезка кабеля длиной не более 10 м, соединяющего трансформаторы с общесетевым автоматическим выключателем.

Общая длина кабелей, присоединенных к одному или параллельно работающим трансформаторам, должна ограничиваться емкостью относительно земли, составляющей не более 1 мкФ на фазу.

Каждый коммутационный аппарат, комплектное распределительное устройство, силовой вывод станции управления обозначаются четкой надписью, указывающей включаемую установку или участок, а также уставки срабатывания максимальной токовой защиты. Схема электроснабжения с расстановкой оборудования, распределительной и защитной аппаратуры, кабелей, средств связи, сигнализации и управления, а также газовой защиты наносится на лист со схематическим планом горных выработок.

2.2. АВАРИЙНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ ЗАБОЙНЫХ МАШИН

Аварийное отключение одновременно всех машин угледобывающего комплекса производится при выходе из строя магнитных пускателей (фидеров станции управления), в случаях взаимного заклинивания комбайна и конвейера негабаритными предметами, возникновения пожара, внезапного выброса и загазирования забоя, забуривания комбайна и при других авариях и опасностях. Аварийное отключение забойных машин осуществляют аппаратами с принудительным разрывом силовых контактов и устройствами для ручного выключения. Предусмотрено дистанционное аварийное отключение забойных машин с пульта управления этими машинами и с пультов, установленных через 10 м по длине лавы.

Для дистанционного аварийного отключения применяют фидерные выключатели типов АФВД-2БК и АВ-320ДО. Выключатели такого назначения рассчитаны на разрыв суммарного тока, складывающегося из тока наиболее мощного двигателя при заторможенном роторе и номинальных рабочих токов остальных двигателей. Для машин, имеющих несколько двигателей, работающих на один жесткий вал или цепь, должен применяться выключатель, рассчитанный на отключение суммарного тока всех одновременно заторможенных двигателей.

К устройствам с ручным отключением относятся выключатели типа ВРК-20, применяемые для отключения машин мощностью не более 130 кВт, и разъединитель типа Р1-1140/250.

Аварийное отключение посредством ручных выключателей для забойных конвейеров, комбайнов, работающих на пластах кругого падения, и других машин, управляемых дистанционно или с вынесенных пультов, невозможно, поскольку в этих случаях пульт управления удален от машины. Для таких машин применяют выключатели с дистанционным отключением.

Своевременное отключение в аварийных режимах возможно только в том случае, если команда управления на выключение производится путем нажатия на один орган (независимо от того, сколько выключателей предусмотрено в системе), а пульта с таким органом размещены в рабочей зоне обслуживающего персонала. Аварийный выключатель с ручным управлением должен отключаться от одного движения рукоятки. Усилия, прилагаемые к рукоятке, не должны превышать 50 Н.

Использование выключателей с дистанционным отключением требует при каждом его отключении последующего ручного включения, что связано с необходимостью перемещения людей к месту установки такого выключателя. Надежность и эффективность использования выключателей с дистанционным отключением может быть повышена за счет применения кнопок *Стоп*, установленных по лаве и имеющих принудительную фиксацию в отключенном состоянии и двухстадийное отключение в аварийных режимах. Сущность в этом случае состоит в том, что на первой стадии отключение электроэнергии с токоприемников машин и кабелей производится аппаратами оперативного отключения (магнитные пускатели, фидеры станции управления), а на второй — с помощью фидерного выключателя. Такой подход обеспечивает отключение с помощью фидерного выключателя исключительно в аварийных режимах и в тех случаях, когда произошел какой-либо отказ в аппаратуре оперативного отключения.

Выключатели типа ВРК-20 кроме аварийного отключения обеспечивают реверсирование двигателя машины при снятом напряжении, блокировку электрического соединителя с крышками электроблоков и с магнитным пускателем. Они используются также для отключения машины от сети при производстве ремонтных и наладочных работ. Таким образом, наряду с применением выключателей с дистанционным отключением обязательно оборудование выемочных машин ручными разъединителями. Назначение такого разъединителя — обеспечить надежный разрыв питающей машину электрической цепи при отключенном напряжении и тем самым создать безопасные условия при осмотре и ремонте машины.

Применение ручного разъединителя не требуется для струговых установок и очистных комбайнов, у которых предусмотрены устройства для проворачивания рабочих органов (цепей, барабанов, шнеков) без подачи напряжения (пневмоэнергии) на машину или обеспечено проворачивание исполнительных органов вручную. Кабели к этим машинам подсоединяются с помощью электрического соединителя, установленного в удобном для монтажа и демонтажа месте.

На машинах с многодвигательным приводом (погрузочные машины, проходческие комбайны, угольные комбайны 2ГШ68, 2КШ3), имеющих штепсельное присоединение кабелей, станции управления и дистанционное управление подачей напряжения, применение средств для аварийного отключения не обязательно. Отсутствие выключателей для отключения в аварийных режимах компенсируется наличием в цепях питания каждого двигателя двух последовательно соединенных контакторов магнитного пускателя и станции управления машины. В этом случае контактор пускателя, как правило, работает без нагрузки, и поэтому он обеспечивает надежное отключение электроэнергии.

Требование об оснащении разъединителем не распространяется на машины с ручным управлением.

К очистным комбайнам нового поколения с повышенной энерговооруженностью, доходящей до 600 кВт, и системой подачи с электроприводом постоянного тока необходимо подключать силовые кабели с увеличенным числом (до десяти) вспомогательных жил или комбинированные кабели с жилами питания постоянного и переменного тока. Применение для таких систем электрических соединителей напряжения и ручных выключателей (разъединителей) технически нецелесообразно. Вместо таких средств применяются устройства для ручного закорачивания силовой цепи на землю и контроля такого состояния с помощью блока контроля изоляции (защиты типа БРУ) и устройства контроля утечки тока на землю.

Система блокирования включения электроэнергии на машину с помощью ручного короткозамыкателя в совокупности с двухстадийным аварийным отключением и съёмным блокировочным ключом, действующим на одновременное размыкание цепей оперативного и аварийного выключения, обеспечивает безопасные условия эксплуатации забойных машин, в том числе и в режиме их обслуживания.

2.3. ПОДАЧА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ К МАШИНАМ

В соответствии с требованиями § 441 Правил безопасности, как уже отмечалось, подавать напряжение в очистные и подготовительные забои можно только аппаратами с дистанционным управлением. Это одно из важнейших условий обеспечения безопасности, так как позволяет подавать напряжение в забой после проверки исправности питающего кабеля, машины, состояния забоя и концентрации метана; сократить время нахождения под напряжением гибких кабелей, проложенных в очистных и подготовительных забоях; упростить осуществление различного рода блокировок и защит.

Для осуществления дистанционного управления подачей напряжения к токоприемникам забойных машин необходимо предусматривать сосредоточение коммутационной аппаратуры (распредпункта участка) в одном месте в выработках со свежей струей воздуха. Пульты управления такой аппаратурой должны находиться непосредственно на машинах или вблизи от них (при местном управлении).

Размещение распредпунктов в выработках со свежей струей воздуха в некоторых случаях невозможно по технологическим условиям или нецелесообразно по экономическим соображениям. Тогда все пускатели (станции управления), от которых непосредственно питаются машины, устанавливаются в выработке с исходящей струей воздуха, а питание их осуществляется от группового аппарата, установленного на свежей струе воздуха. Пульт управления таким аппаратом размещается на распредпункте.

При указанном взаимном расположении электроаппаратуры распредпункта участка и пультов управления представляется возможность выполнить проверку состояния забоя, оценить содержание метана в шахтном воздухе, произвести технический осмотр машин до подачи напряжения.

Электроснабжение выемочных комплексов выполнено так, что при подаче напряжения происходит одновременное включение всех машин комплекса. Это позволяет иметь напряжение в кабеле только при работе машин. На ряде проходческих машин подача напряжения и включение в работу отдельных узлов и механизмов выполняются разными командами и аппаратами. При такой схеме электроснабжения и управления возможно включенное состояние кабеля, когда работа машины прекращена.

Сокращение времени нахождения кабелей, особенно гибких, под напряжением необходимо, в связи с сравнительно низкой прочностью их оболочек и большой протяженностью. Повреждения кабелей, находящихся под напряжением, могут быть причиной взрыва, пожара, поражения людей током, если при этом одновременно выходят из строя различные электрические защиты, предусматриваемые в схеме электроснабжения в соответствии с требованиями Правил безопасности.

Система дистанционного управления аппаратами позволяет также легко осуществлять своевременное отключение и включение электроэнергии во всех случаях, когда это необходимо.

Цепи дистанционного управления, подключенные к пультам, выключателям, электрическим соединителям напряжения и другим устройствам системы электроснабжения забойных машин и управления ими, используются для осуществления различного рода блокировок и защит как до подачи напряжения на машины, так и в процессе их работы.

2.4. ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МАШИН ВЫЕМОЧНОГО КОМПЛЕКСА НА ПОЛОГИХ И НАКЛОННЫХ ПЛАСТАХ, ОПАСНЫХ ПО ВНЕЗАПНЫМ ВЫБРОСАМ УГЛЯ И ГАЗА

Электроснабжение распределительных пунктов участка должно осуществляться от передвижных участковых подземных подстанций (ПУПП), устанавливаемых в выработках со свежей струей воздуха. Допускается размещение ПУПП и кабельных сетей в выработках с исходящей струей воздуха при наличии обособленного питания и защиты от утечек тока. Обособленное питание может осуществляться от отдельных двухобмоточных трансформаторов (понижительных или разделительных) или от отдельных обмоток трехобмоточных трансформаторов, устанавливаемых на поверхности или в шахте в выработках со свежей струей воздуха.

Защита от утечек тока осуществляется аппаратурой, обеспечивающей автоматическое отключение электрической сети при снижении сопротивления изоляции ниже величин, указанных в табл. 5. Общее время отключения поврежденной электрической сети не должно превышать 0,2 с.

Для включения ПУПП применяются комплекты распределительные устройства с блокировочным реле утечки, короткозамыкателем и дистанционным управлением по искробезопасным цепям с защитой от их повреждения. Для включения распределительных пунктов участка и другого электрооборудования, расположенного в выработках с исходящей струей воздуха, применяются автоматические выключатели, обеспечивающие защитное отключение, блокировку против включения электрической сети с пониженным сопротивлением изоляции относительно земли, автоматический контроль сопротивления цепи заземления.

Для управления двигателями и их защиты используются пускатели, имеющие искробезопасные цепи управления с защитой от повреждения этих цепей, блокировочные реле утечки и автоматический контроль сопротивления цепи заземления. Для питания токоприемников забойных машин применяются гибкие экранированные кабели в оболочке, не распространяющей горение.

У каждого распределительного пункта участка, расположенного на расстоянии более 100 м от ПУПП, должен устанавливаться автоматический выключатель. В схемах электроснабжения забойных машин должно быть предусмотрено дистанционное аварийное отключение электроприемников лавы с пульта управления машинами.

2.5. ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МАШИН ВЫЕМОЧНОГО КОМПЛЕКСА НА КРУТЫХ ПЛАСТАХ, ОПАСНЫХ ПО ВНЕЗАПНЫМ ВЫБРОСАМ УГЛЯ И ГАЗА

Электроснабжение ПУПП, расположенных в выработках с исходящей струей воздуха, должно осуществляться обособленно от электрических сетей, находящихся на поверхности, с защитой от утечек тока в сетях напряжением 6000 В. Отключение ПУПП типа РПП-6 осуществляется аппаратами с короткозамыкателями без выдержки времени.

В лавах, обрабатываемых по простиранию, запрещается применение кабелей, имеющих счалки, а также соединителей напряжения, не предусмотренных в заводской схеме электроснабжения машины. Подборка кабеля при работе выемочных машин должна производиться при помощи автоматиче-

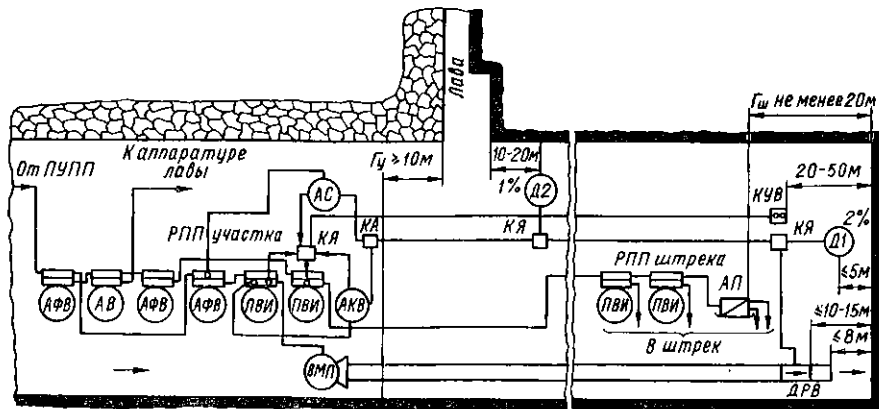
5. Нормируемые параметры отключения электрической сети

Напря- жение, кВ	Отключаемые сопро- тивления, кОм, утечки		
	одно- фазной	двух- фазной	трех- фазной
3	60	120	240
6	120	240	360

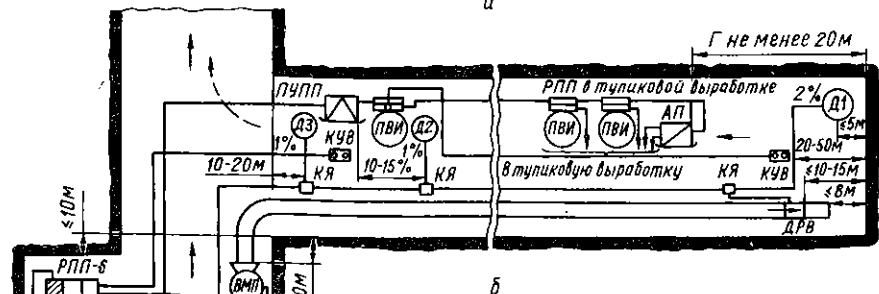
ского кабелеподборщика или других устройств, обеспечивающих непрерывную подборку его по мере продвижения машины.

В схемах электроснабжения должны предусматриваться дистанционное отключение ПУПП с места их установки и устройства для дистанционного аварийного отключения РПП-0,69 (0,4) участка (забоя) с пульта управления машиной.

Применение щитовых агрегатов с электрооборудованием с уровнем взрывозащиты РВ допускается по проекту, утвержденному техническим директором ПО. При применении щитового агрегата с одним электроприводом последний должен располагаться на расстоянии не более 10 м от углеспускной печи, по которой под щит поступает свежая струя воздуха. В остальной части пространства под щитом и в участковых вентиляционных выработках должно применяться электрооборудование с уровнем взрывозащиты РО и РВ и системой автоматического быстродействующего отключения.



а



б

Рис. 3. Схемы электроснабжения тупиковой

выработки и расстановки электрооборудования: а — при размещении ПУПП, ВМП и группового аппарата в выработке со свежей струей воздуха; б — при установке ПУПП и группового аппарата в выработке с исходящей струей воздуха; в — при проведении спаренных тупиковых выработок и установке ВМП № 2 на исходящей струе воздуха; г — при установке ПУПП и группового аппарата на свежей струе воздуха и проветривании тупиковой выработки резервным ВМП. (РПП — распределитель; I_y — граница установки РПП; Д — двигатель; 0,5—2% — предельное содержание метана; КУВ — кинопост управления газовой защиты и контроля воздуха; АП — агрегат питания; КЯ — кабельный ящик; ДРВ — датчик расхода воздуха; РУВ — взрывозащищенное реле утечки).

превышении концентрации метана 1%. Телеизмерение от этих датчиков должно быть выведено в диспетчерский пункт.

Кабель, питающий щитовой агрегат, должен спускаться периодически по мере спуска агрегата. Допускается иметь под щитом запас кабеля не более 10 м.

Все кабели в призабойном пространстве, особенно в местах их вводов в электрооборудование, должны быть защищены от механических повреждений устройствами, предусмотренными конструкцией щитового аппарата.

2.6. ОСОБЕННОСТИ СХЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТУПИКОВЫХ ЗАБОЕВ, ПРОВЕТРИВАЕМЫХ ВМП

Варианты схем электроснабжения забойных машин, эксплуатируемых в тупиковых выработках шахт, опасных по газу или пыли, с учетом расстановки электрооборудования, ВМП и схем проветривания приведены на рис. 3.

Особенностью электроснабжения тупиковых выработок является то, что в них необходимо предусматривать дистанционное управление подачей электроэнергии к распределительному щитку с помощью группового аппарата, в качестве которого можно применить магнитный пускатель (ПВИ), автоматический выключатель (АВ, АФВ, АФ), высоковольтную ячейку, групповой контактор в комплексных расщелюстройствах. Групповой аппарат, как правило, устанавливается на свежей струе с таким расчетом, чтобы при разгазировании тупиковой выработки исходящая из нее струя воздуха проходила на расстоянии не менее 10 м от группового и других аппаратов, включенных в сеть до него (рис. 3, а). Допускается расположение групповых аппаратов, кроме высоковольтных ячеек, в выработках с исходящей струей (рис. 3, б). При этом датчики метана (Д5 и др.), установленные у ВМП, должны выдавать сигналы на отключение группового аппарата при концентрации метана 0,5% и на отключение ВМП при концентрации метана 1%. Управление групповыми аппаратами осуществляется с пульта, установленного на расстоянии 20—50 м от забоя выработки.

Энергопитание ВМП производится от отдельного магнитного пускателя, подключенного к вводу общего автоматического выключателя распределительного участка, что обеспечивает непрерывную работу вентилятора. Аппаратура контроля расхода воздуха подключается к пускателью вентилятора, а аппарат контроля содержания метана — к вводу общего выключателя.

Автоматическое отключение группового аппарата производится при нарушении нормального режима проветривания тупиковой выработки или при содержании метана в местах его контроля выше допустимых норм (параметры указаны на схемах), и тем самым снимается напряжение со всего электрооборудования, расположенного в тупиковой выработке. Групповой аппарат автоматически отключается также при выключении пускателя ВМП, для чего между этими аппаратами предусмотрена электрическая блокировка.

Дистанционное управление подачей электроэнергии к ПУПП осуществляется в случае установки ее в тупиковой выработке (рис. 3, б). Пульт комплексного распределительного устройства размещается вблизи подстанции. Энергопитание рабочий и резервный ВМП (рис. 3, в) получают от разных ПУПП. Электрическая сеть резервного ВМП отделена от других электроприемников ПУПП с помощью автоматических выключателей.

Содержание метана контролируется у забоя, у всаа ВМП № 2 и на исходящей струе воздуха из тупиковой выработки (места установки датчиков контроля метана и предельные значения концентрации метана приведены на рис. 3, в). При нарушении проветривания тупиковой выработки или при загазировании отдельных ее мест напряжение с электрооборудования тупиковой выработки отключается с помощью группового аппарата или установленного перед ним автоматического выключателя. На заблокированную в выключенном положении рукоятку разъединителя аппарата вывешивается транспарант с надписью «Не включать — выработка загазирована!»

Выбор электроаппаратуры распределительного щитка и его комплектность определяются исходя из мощности токоприемников забойного оборудования.

3. СИСТЕМЫ И СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАБОЙНЫМИ МАШИНАМИ И КОМПЛЕКСАМИ

3.1. СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАБОЙНЫМИ МАШИНАМИ И ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМАМ И СХЕМАМ УПРАВЛЕНИЯ

В соответствии со СТ СЭВ 4792—84 и с учетом условий эксплуатации приняты следующие определения способов управления забойными машинами и комплексами.

Местное управление — это управление машиной с пульта, размещенного на этой же машине, на основании визуального контроля за ее работой человеком-оператором.

Дистанционное управление с места, расположенного вне зоны видимости машины, представляет собой управление отдельной машиной или комплексом машин с переносного пульта или пульта, стационарно расположенного в выработке, на основании информации, получаемой от технических средств контроля, защиты и автоматики, а *дистанционное управление в пределах видимости машины* — управление отдельной машиной с переносного пульта на основании визуального контроля за работой машины человеком-оператором.

Централизованное управление — это управление комплексом машин с центрального пульта, расположенного в выработке со свежей струей воздуха, на основании информации от технических средств контроля, защиты и автоматики.

Автоматическое управление представляет собой управление отдельными узлами машин, машинами или комплексом машин, при котором команды на изменение режима работы, в том числе и на остановку, вырабатываются в процессе работы без участия человека-оператора, и только команда на включение может выполняться человеком-оператором.

В приведенных определениях не даны пояснения сущности технической реализации способов управления (например, телемеханическое, программное, радио-телеуправление и др.), что позволило ограничиться основными понятиями при классификации способов и одновременно учесть особенности управления забойными машинами и комплексами.

Система управления машиной или комплексом машин обеспечивает безопасное управление с одного или нескольких мест, обусловленных конструкцией машин (комплекса) и принятой технологической схемой ведения выемки или проходки как в нормальном режиме эксплуатации, так и при выполнении вспомогательных работ, опробовании и наладке. Преимущественно применяется дистанционное или централизованное управление. Для машин и комплексов, предназначенных для работы на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, газа и породы, а также на пластах малой мощности и крутых, применение этих способов является обязательным. Временно, до создания таких систем, допускается дистанционное включение и выключение машин с расстояния не менее 30 м.

Забойные машины и комплексы, эксплуатируемые в шахтах, не опасных по внезапным выбросам угля, газа и породы, оснащаются системой дистанционного беспроводного управления (с использованием, например, радио- и инфракрасного излучения) с переносного пульта в пределах видимости (с расстояния 1—5 м).

При дистанционном или централизованном управлении, в том числе при дистанционном управлении в пределах видимости работающей машины, предусматривается также местное управление с пульта, размещенного на машине, в режимах наладки, опробования и ремонта.

Системой управления должна исключаться возможность пуска машины или подачи на нее напряжения одновременно с двух и более пультов. При необходимости управления машиной (комплексом) с разных пунктов разрешается наличие нескольких пультов, для которых предусмотрено устройство переключения управления с одного пульта на другие. Независимо от поло-

жения устройства переключения все органы, предусмотренные для остановки машины (отключения энергии) или для блокирования от пуска, должны выполнять свои функции.

Система управления, как правило, обеспечивает включение машины (подачу напряжения) путем кратковременного воздействия на орган управления; подачу предупредительного сигнала перед началом работы машины; оперативную остановку машин и механизмов и отключение питания; аварийное отключение машины (комплекса); осуществление всех необходимых блокировок, связанных с технологией работы, а также предусмотренных для обеспечения безопасности эксплуатации машины (комплекса). Выполняется система управления машинами забойного комплекса таким образом, чтобы все средства контроля и защиты от возникновения производственных опасностей, связанных с включением машин или подачей напряжения, включались в работу до пуска машин и до подачи напряжения в месте, где может возникнуть производственная опасность. При наличии в системе управления нескольких аварийных выключателей с дистанционным отключением их выключение должно производиться одновременно при воздействии на один орган управления.

Схемы дистанционного управления аппаратами, предназначенными для подачи напряжения на машину и для включения двигателей машины, должны обеспечивать нулевую защиту, самоконтроль внешних участков цепей управления и защиту от самовключения при повышении напряжения в питающей сети и воздействии сторонних источников энергии, а схема управления передвижными машинами — автоматический контроль заземления корпуса машин путем использования заземляющей жилы в цепи управления.

Для повышения надежности и помехоустойчивости рекомендуется применять схемы управления, изолированные от корпуса машины и заземляющей жилы кабеля. При этом контроль заземления корпуса машины должен осуществляться обособленной электрической схемой. Величина контролируемого сопротивления цепи заземления машин не должна превышать 50 Ом. Внешние цепи схем управления аппаратами, предназначенными для подачи напряжения на машину, в шахтах, опасных по газу или пыли, должны иметь искробезопасные параметры.

Схемы дистанционного управления забойными машинами имеют, как правило, следующие параметры: выходное стабилизированное напряжение питания не превышает 42 В; подключение к силовой цепи осуществляется с помощью понижающих трансформаторов питания; исполнительный элемент схемы устойчиво срабатывает на включение при общем сопротивлении внешнего участка цепи управления не менее 20 Ом и напряжении $0,85 U_n$ на зажимах источника питания; работоспособность схемы сохраняется при снижении сопротивления изоляции между проводами внешней цепи управления до 1000 Ом; коэффициент запаса по току срабатывания исполнительного элемента равен не менее 1,6, при сопротивлении внешнего участка схемы — не более 1 Ом; коэффициент запаса по току удержания исполнительного элемента равен не менее 1,4; коэффициент запаса по защите от самовключения в схемах с резистором, шунтирующим кнопку *Пуск*, составляет не менее 2.

Система управления обеспечивает подачу звукового предупредительного сигнала перед включением в работу забойных машин. Включение устройств сигнализации, как правило, автоматическое при воздействии на органы включения (пуска) машины или ее отдельных частей и узлов. Слышимость предупредительного сигнала обеспечивается по всей длине конвейера, а для остальных машин — во всей зоне, опасной для людей.

Предупредительный сигнал должен быть обязательно звуковым и иметь следующие параметры: уровень громкости — менее 95 дБ на расстоянии 1 м по оси излучателя звука; длительность подачи — 5—12 с; частота — 1000—2000 Гц.

3.2. ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЗАБОЙНЫМИ МАШИНАМИ И КОМПЛЕКСАМИ

Труд людей в забое, особенно при управлении машинами, пока остается вредным и опасным. Вредным ввиду запыленности, обводненности и наличия агрессивных примесей в шахтном воздухе, опасным — из-за ограниченного рабочего пространства, отсутствия в конструкции машин кабин и других защищенных мест для осуществления управления, из-за выбросоопасности угля, породы и газа. Пока повсеместно применяется местное управление с размещением пульта непосредственно на машине, при котором машинист вынужден перемещаться за работающей машиной вдоль забоя между стойками крепления.

Размещение машиниста на безопасном расстоянии от работающей машины возможно при дистанционном управлении. Как уже отмечалось, различают дистанционное управление в пределах видимости и дистанционное управление вне зоны видимости машины.

При первом варианте представляется возможность изменить условия управления в пользу безопасности и комфорта, так как машинист может находиться на безопасном расстоянии (как правило, не более 3—5 м) от работающей машины. Операции по управлению в этом случае осуществляются с вынесенного пульта, с которого можно выполнять функции включения машины и отдельных ее органов. При таком управлении не исключается наличие на машине определенных технических средств автоматизации. Так, большинство угольных комбайнов оснащено авторегуляторами нагрузки, приборами газового контроля.

Однако внедрение вынесенных пультов управления сдерживают большая масса пульта с кабельной перемычкой (до 15 кг) и трудности обноски пульта относительно стоек крепления. Поэтому, несмотря на оснащение выемочных машин такими пультами, их размещают на машине и не используют в качестве выносного.

Дистанционное управление забойными машинами и комплексами с места, расположенного вне зоны их видимости, реализуется с помощью средств автоматизации, устройств контроля, защиты и блокировки, а также путем передачи информации от этих технических средств на пульт. При таком управлении предъявляются повышенные требования к конструкции машин в части устойчивости и надежности их работы, выполнения функций технологического назначения и удовлетворения требованиям как объекта автоматизации. Длительный опыт перевода выемочного комплекса в режим дистанционного управления показывает, что усложняющиеся условия эксплуатации требуют значительного сокращения числа различных датчиков, средств контроля и защиты, упрощения и вместе с тем повышения надежности применяемых средств.

Оптимальным решением при осуществлении дистанционного управления может быть система, сочетающая автоматическое управление отдельными узлами и органами машины с информацией о различных отключениях и отклонениях заданных параметров в процессе работы. Такое решение возможно на основе автоматизации режимов нагрузки; защиты двигателей при затянувшемся пуске, опрокидывании и перегрузке; информации о месте нахождения комбайна; автоматического передвижения секций крепи за перемещением комбайна; контроля параметров крепи и ее состояния; информации (акустической, визуальной) о работе и состоянии комбайна; автоматического поддержания исполнительных органов комбайна в профиле пласта и контроля параметров безопасности (газовой и пожарной обстановки в забое, препятствий при перемещении комбайна и других отклонений от нормальной работы).

3.3. СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАБОЙНЫМИ МАШИНАМИ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Схема управления забойными машинами является важным элементом, поскольку от выполнения ею требуемых защитных функций и работоспособности зависят безопасность эксплуатации и производительность машин.

В настоящее время в отрасли повсеместно применяются схемы и аппаратура управления, построенные на релейно-контактных элементах. Внедряются проводные и беспроводные схемы телемеханического управления [1].

Структурно схема управления (рис. 4) содержит приемный узел, составленный из стабилизированного источника питания 1 и приемного реле 2, и узел внешней цепи управления (внешний участок схемы), состоящий из линии связи 3 и формирователя команд управления с элементами нулевой защиты 4. Последний обычно выполнен в виде пульта управления.

В зависимости от количества жил, используемых в цепях управления, разработаны двух-, трех- и четырехпроводные схемы управления. Технические решения по совершенствованию схем управления направлены на то, чтобы в нормальном состоянии (когда схема отключена) цепь управления приемным реле была электрически разомкнута. В двухпроводной схеме управления (рис. 4, б) это решается с помощью реле $K2$ нулевой защиты, включенного в конце линии, замыкающий контакт K которого присоединен параллельно кнопке $S1$ Пуск. В трехпроводной схеме (рис. 4, а) разрыв внешней

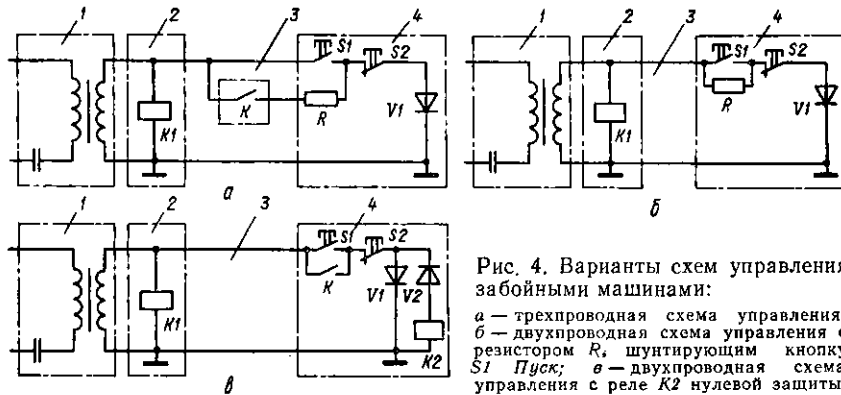


Рис. 4. Варианты схем управления забойными машинами:

а — трехпроводная схема управления; б — двухпроводная схема управления с резистором R , шунтирующим кнопку $S1$ Пуск; в — двухпроводная схема управления с реле $K2$ нулевой защиты.

цепи осуществляется с помощью блок-контакта K аппаратов управления (или магнитного пускателя), включенного с помощью третьего провода также параллельно кнопке $S1$ Пуск.

Для разрыва цепи под кнопкой $S1$ Пуск могут быть использованы контакты реле контроля параметров орошения, контакты исполнительных реле аппаратуры предупредительной сигнализации, устройств радио- и телеуправления.

Принцип работы схем управления основан на протекании однополупериодного выпрямленного тока через обмотку реле $K1$. Выпрямителем является полупроводниковый диод $V1$, включенный в конце линии. В двухпроводной схеме управления (рис. 4, б) кнопка $S1$ Пуск постоянно шунтируется резистором R сопротивлением 47 Ом. Параметры резистора выбраны такими, что исключается возможность самопроизвольного включения реле $K1$. При кратковременном нажатии на кнопку $S1$ Пуск шунтируется резистор R и через реле $K1$ протекает ток, достаточный для его срабатывания. После прекращения нажатия кнопка возвращается в исходное отключенное положение, но реле остается включенным, поскольку через него протекает ток, достаточный для удержания во включенном положении. В двух других схемах (рис. 4, а и в) реле удерживается за счет замыкающего контакта K .

В трехпроводной схеме (рис. 4, а) выпрямительный диод $V1$ до нажатия на кнопку $S1$ Пуск отключен, и через обмотку реле $K1$ протекает переменный ток, величина которого, ограниченная большим индуктивным сопротивлением его обмотки, является недостаточной для срабатывания реле. Нажатием кнопки $S1$ Пуск диод $V1$ подключается к схеме, через реле $K1$ протекает выпрямленный ток и оно срабатывает. Реле удерживается во включенном состоянии и после отпущения кнопки по цепи из последовательно соединенных блок-

контакта *K* и резистора *R*. При нажатии на кнопку *S2 Стоп* диод отсоединяется от схемы, на реле поступает переменный ток и оно отключается.

В отличие от рассмотренных в четырехпроводной схеме (рис. 5) принято полярное уплотнение при передаче команд управления, что позволило предусмотреть независимые каналы на включение и отключение и иметь гальванический разрыв в цепи кнопки *9 Пуск*. В такой схеме нулевая защита и защита от потери управления обеспечиваются строгой последовательностью при выполнении команды *Пуск*. Алгоритм команд содержит кратковременное срабатывание на включение реле *Пуск* и отключение реле *Стоп*, затем отключение реле *Пуск* и включение реле *Стоп*. Для отключения достаточно нажать на кнопку *8 Стоп*. Кнопка *13 Стоп аварийный* формирует команду на отключение всех машин комплекса. Такая схема управления применена в аппарате управления АУЗМ.

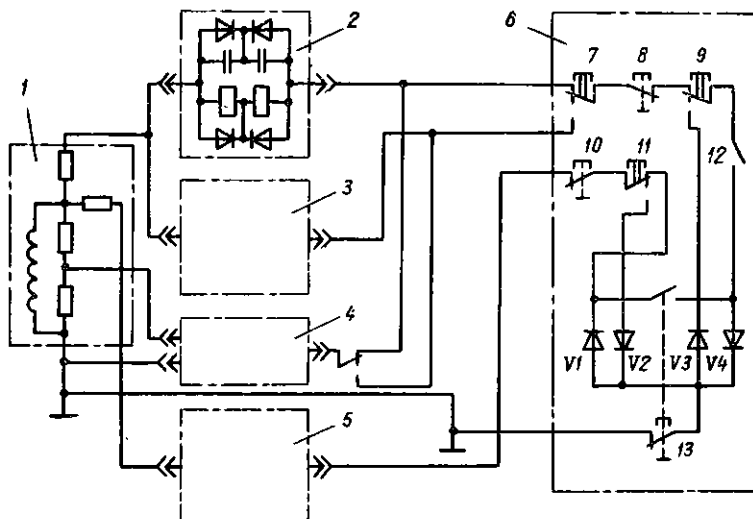


Рис. 5. Четырехпроводная схема управления с обособленным контролем цепи заземления очистного комбайна:

1 — стабилизированный источник питания; 2, 3, 4 — блоки приемных реле; 5 — блок контроля заземления; 6 — пульт управления; 7 — кнопка реверсирования лент; 8, 9 — кнопки *Стоп* и *Пуск* комбайна; 10, 11 — кнопки *Стоп* и *Пуск* конвейера; 12 — контакт устройства контроля параметров системы пылеподавления; 13 — кнопка *Стоп аварийный*; (V1, V4 — выпрямительные диоды).

Функциональная схема беспроводного телемеханического управления с использованием инфракрасного излучения (ИК) приведена на рис. 6. Она состоит из схемы передатчика (выносной пульт) и схемы приемного устройства (последний может быть размещен на выемочной машине или в штреке).

Передатчик (рис. 6, а) содержит кнопки управления 1 (первая ступень формирования команд управления), генератор 3 и распределитель 2 импульсов, ключ 5, блок ИК-излучателей 4, модулятор 6 и автономный источник питания 7. Приемное устройство включает в себя (рис. 6, б) фотоприемный блок 8, блок 9 выделения синхроимпульсов, генератор 10 и распределитель 11 импульсов, блок 12 контроля канала, блоки ключей 13 и регистров 14 и реле 15 исполнительных элементов.

Работа такой схемы заключается в следующем. Коммутация одной из кнопок приводит к выработке оптического сигнала ИК-излучения соответствующей команды, кодированию его и модулированию несущей частотой, а затем и к излучению. Рабочий сигнал ИК-излучения воспринимается фотоприемником, преобразовывается в электрический, распознается, а затем в релейном узле происходит исполнение переданной команды управления.

Выполнение защитных функций схемой и безопасность управления обеспечиваются четырехкратным подтверждением команды на включение и трехкратным на отключение; контролем синхриимпульса по минимальной (менее 2 мс) и максимальной длительности (более 4 мс); стробированием схемы выделения синхриимпульса; отпиранием тракта записи командных импульсов на время до 1 мкс; длительностью рабочих импульсов 1 мс; резервированием канала *Общее отключение*.

Система и схема управления, соответствующие рис. 6, применены в устройстве УЗМ беспроводного (на основе ИК-излучения) дистанционного управления забойными машинами с выносного пульта в пределах видимости.

Эксплуатационные показатели схем управления оценены величиной внешней нагрузки, характеризующейся сопротивлением линии внешней цепи

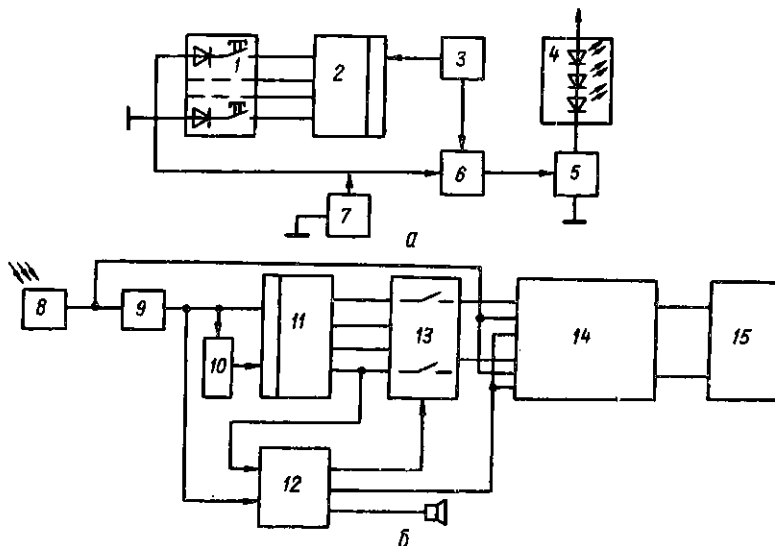


Рис. 6. Функциональная схема беспроводного телемеханического управления забойными машинами:

а — передатчик (выносной пульт); *б* — приемное устройство.

$R_{в.ср.макс}$, $R_{в.откл.мин}$ и сопротивлением изоляции этой цепи $R_{из.ср.мин}$, $R_{из.откл.макс}$, при которых схема устойчиво включается и отключается при допустимых колебаниях напряжения питания (табл. 6).

Работоспособность схем управления снижается при превышении величин $R_{в}$ и $R_{из}$ линии по сравнению с номинальными рабочими параметрами. Несоответствие параметров внешней цепи параметрам срабатывания приемного реле в отдельных случаях может быть причиной нарушения защиты от самовключения схемы, в других — причиной ее неработоспособности. Нестабильность эксплуатационных показателей связана с неправильной настройкой реле на заводе-изготовителе, нарушениями настройки реле в процессе эксплуатации и небрежностью монтажа цепей управления забойными машинами.

Концевой диод в схемах управления забойными машинами предназначен для однополупериодного выпрямления тока, проходящего через реле, и выполнения защитных функций, предусмотренных Правилами безопасности. Полярность присоединения диода не регламентирована и может измениться при замене неисправного диода, перемонтаже распределительного участка.

Эксплуатационные показатели схем управления

Напряжение сетевое питания	Показатель	Величины сопротивлений, Ом. для аппаратов						
		серии ПМВИ	серии ПВИ	АУС	ГАУСС	УМК	ПС-КУ	АУЗМ
$U_c = 0,85U_n$	$R_{в. ср.}$	11	13	15	38	36	12	38
	$R_{в. откл. мин}$	127	130	70	130	78	130	46
	$R_{из. ср. м}$	480	450	140	740	480	290	510
	$R_{из. откл. макс}$	87	73	140	190	360	78	380
$U_c = U_n$	$R_{в. ср. макс}$	16	18	18	40	40	14	40
	$R_{в. откл.}$	148	147	74	134	60	150	50
	$R_{из. ср.}$	365	380	130	670	400	190	440
	$R_{из. откл. макс}$	82	69	135	180	340	69	320
$U_c = 1,5U_n$	$R_{в. ср.}$	19	20	20	44	43	16	44
	$R_{в. откл. мин}$	150	156	83	138	57	160	56
	$R_{из. ср. мин}$	298	210	115	480	370	110	380
	$R_{из. откл. макс}$	78	67	125	100	310	54	260

Примечание. Данные для $R_{в.}$ получены при $R_{из.} = \infty$, для $R_{из.}$ — при $R_{в.} = 0$ и настройке схем согласно техническим условиям.

переключения проводов линии управления и т. д. Влияние такого изменения проверено на схемах управления магнитных пускателей ПМВИ и ПВИ, а также аппаратуры АУС, ЦПУ, АУЗМ. Оно определялось по максимальному сопротивлению линии $R_{вкл. макс}$ внешнего участка, обеспечивающему устойчивую работу реле.

Испытаниями установлено изменение $R_{вкл. макс}$ в зависимости от первоначального состояния реле и полярности включения диода, противоположной той, при которой схема работала устойчиво. При первом включении-отключении $R_{вкл. макс}$ имеет небольшие значения, характеризующие нижний порог срабатывания реле. Каждое последующее включение-отключение повышает значение такого показателя и уже после трех-пяти переключений он достигает величины верхнего установившегося порога срабатывания.

Изменение полярности включения диода проявляется в результате несовпадения направления выпрямленного тока, проходящего через обмотку реле в данный момент, с направлением и степенью намагниченности его магнитопровода при предыдущей полярности. В этом случае часть энергии затрачивается на перемагничивание магнитопровода реле, что снижает его чувствительность при срабатывании. Для перевода схемы управления на работу в устойчивом режиме необходимо перемагничивание магнитопровода, осуществляемое 10-кратным включением-отключением реле при номинальных параметрах схемы. Выполнение этого условия при настройке реле и схемы на заводе-изготовителе улучшает качество аппаратуры управления.

В процессе эксплуатации не рекомендуется изменять полярность включения концевого диода в цепи управления. Проявление такого эффекта следует учитывать при настройке реле и схемы на заводах-изготовителях и в процессе эксплуатации электроаппаратуры управления забойными машинами.

3.4. СТАБИЛИЗАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭДС В СХЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Из-за нестабильности напряжения питания токоприемников забойных машин и электроаппаратуры, а также ввиду необходимости поддержания заданных параметров работоспособности, искробезопасности и защитных функций схем управления последние содержат источники со стабилизацией выходного напряжения в интервале $(0,85...1,5) U_n$. Исследование источников питания аппаратуры АУС и магнитных пускателей серий ПВИ, ПМВИ показали, что точность их стабилизации соответственно равна по нижнему пределу 1,2 и 1,37 %, по верхнему — 4,8 и 10,28 %. Эти данные свидетельствуют о низком качестве стабилизации напряжения применяемых источников питания, так как точность стабилизации должна находиться в пределах 3—5 %.

7. Значения индуктируемой ЭДС, В, в контуре из заземляющей и вспомогательной жил

Длина кабеля, м	Ток, А, в силовой цепи (в контуре)	
	660	1200
10	0,1	0,2
50	0,54	1,08
100	1,08	2,2
150	1,62	3,3
200	2,2	4,4
250	2,7	5,5
300	3,2	6,4

Обеспечение стабильных параметров питания нагрузки существенно зависит от марки стали, отжига, прокатки и толщины набора сердечника трансформатора. Технологические разбросы этих параметров приводят к нестабильной работе феррорезонансных стабилизаторов и не устраняют воздействия кратковременных колебаний сетевого напряжения на работу схем управления.

Для обеспечения искробезопасности и защиты от самовключения предусмотрены технические меры (гальванический разрыв в цепях управления приемным реле, введение последовательного набора операций для включения приемного реле и др.), обеспечивающие стабильность защитных параметров.

Индуктивное действие силовой цепи на цепи управления и контроля заземления, ввиду совместной прокладки этих цепей в одном кабеле,

осуществляется посредством электрических и магнитных связей, которые определяются соответственно емкостью и индуктивностью жил кабеля. Величина электрической связи зависит от напряжения в силовой цепи, а магнитной связи — от тока в ней. Преобладание той или иной связи обусловлено тем, какие параметры силовой цепи имеют большее значение.

Действие напряжения питания существенно сказывается только в момент включения силовой цепи, которое проявляется в виде кратковременного броска индуктируемой ЭДС длительностью 1—2 мс и амплитудой $(0,3...0,6) U_n$, где U_n — напряжение питания сети.

Индуктивная связь под действием переменного тока силовой цепи наиболее значима и действует постоянно. В табл. 7 приведены значения напряжения индуктируемой ЭДС в контуре, составленном из вспомогательной и заземляющей жил кабеля КГЭШ. Индуктируемый ток в контуре равен 2,4 А при токе в силовой цепи 660 А и 4,8 А при токе 1200 А.

Максимальное значение ЭДС наводится в цепи управления, составленной из заземляющей и вспомогательной жил, а минимальное — в цепи из вспомогательных жил одной свивки (наведенная ЭДС $< 0,9$ В).

Зависимости значений индуктируемой ЭДС в цепях управления от длины кабеля и тока в силовой цепи имеют линейный характер. Частота и форма индуктируемой ЭДС совпадают с такими же параметрами силовой цепи. На значение ЭДС влияет фаза, наиболее удаленная от вспомогательных жил.

Формирование электромагнитного поля силовой цепи в кабеле связано с определенной ориентацией основных жил, а электрические явления во вторичных цепях вызваны несимметрией размещения вспомогательных жил и жилы заземления как между собой, так и относительно основных жил.

Численное значение индуцируемой ЭДС в цепях управления забойными машинами определяется по формуле

$$e_n = KI\omega \frac{\mu_0 L_k}{2\pi} \ln \frac{R}{r} \sin \omega t,$$

где K — коэффициент, учитывающий влияние фазы, подключенной к источнику питания схемы: $K = \pm 3/2 \dots \pm (\sqrt{3}/2, 1)$; I — рабочий ток в цепи питания забойной машины, А; ω — круговая частота; μ_0 — магнитная проницаемость среды; L_k — длина кабеля, м; R — расстояние между вспомогательной и удаленной от нее основной жилой; r — расстояние между вспомогательной и ближней к ней основной жилой.

Результирующее значение напряжения в схеме равно алгебраической сумме напряжений рабочего питания схемы и наведенной ЭДС. Повышение результирующего напряжения возможно при согласном протекании токов в цепи управления и в фазах силовой цепи, к которым подключен источник питания схемы. Снижение наблюдается в случае встречного направления токов в названных цепях. Источник индуцируемой ЭДС, образованный на основе контура внешней цепи управления в результате индуктивной связи с силовой цепью, является источником напряжения. Приведенные в табл. 7 параметры характеризуют электрические свойства такого источника в режиме холостого хода (х.х.). Внутренним сопротивлением источника является омическое сопротивление внешнего участка схемы управления.

Эксплуатация устройств автоматизации и управления забойными машинами сопряжена с возможностью попадания влаги и пыли в места размещения коммутационных элементов. Особенно это проявляется при использовании кнопок, тумблеров общепромышленного назначения, конструкции которых негерметичны. Принятые конструктивные меры, обеспечивающие степень пылевлагозащиты IP54, не исключают полностью проникновения влаги внутрь оболочек и образования ее посредством конденсации при интенсивном капеже или случайном погружении устройств управления в обводненных выработках.

Минерализация шахтной воды изменяется от 300 до 100 000 мг/л, ее показатель рН, характеризующий активность водородных ионов, составляет от 1 до 11, такая вода обладает свойствами электролита. Отмеченные факторы создают условия для образования источников гальвано-ЭДС на замыкающих контактах схем управления забойными машинами.

8. Параметры источников гальвано-ЭДС

Параметр	$I = 3 \text{ мА при } R_p, \text{ Ом}$				$I = 100 \text{ мА при } R_p, \text{ Ом}$			
	5	50	200	600	5	50	200	600

При $U_0 = 5 \text{ В}$

$E, \text{ В}$	1,48	1,08	1,19	1,19	1,48	1,72	1,61	2,4
$R_{\text{вн}}, \text{ Ом}$	29	38	47,6	131	46	58	151	811
$I_p, \text{ мА}$	20	12	4,2	1,6	20	14	4,7	1,7
$P_{\text{п}}, \text{ Вт}$	0,002	0,0072	0,0075	0,0015	0,0020	0,0098	0,0044	0,0017

При $U_c = 42 \text{ В}$

$E, \text{ В}$	1,20	1,14	1,42	1,32	2,19	2,84	2,16	2,78
$R_{\text{вн}}, \text{ Ом}$	6,5	55,6	113,5	144	7	49	192	812
$I_p, \text{ мА}$	31	11	3,9	1,5	54,3	16,5	5,5	1,97
$P_{\text{п}}, \text{ Вт}$	0,0048	0,006	0,003	0,0014	0,0147	0,0136	0,006	0,0026

Примечание. Приведены параметры источника, образованного на основе одного разомкнутого контакта (расстояние между контактами — 3 мм, контакт погружен в шахтную воду). Время разряда составило 5—20 мин.

Появление разности потенциалов на контактах под действием шахтной воды обусловлено тем, что их конструкция выполнена на основе металлов, имеющих различную активность, а также качественным отличием контактов при изготовлении.

Основные параметры источника гальвано-ЭДС (табл. 8) — это внутреннее сопротивление $R_{в}$, составляющее от 6,5 до 812 Ом, ЭДС E — от 1 до 2,84 В, полезная мощность $P_{п}$ — от 2 до 14,7 мВт, напряжение — от 0,3 до 1,2 В. В табл. 8 приняты следующие обозначения: U_c — напряжение питания в цепи управления схемы; I — ток в цепи управления; R_p — сопротивление внешней цепи (цепи разряда источника); I_p — ток разряда.

В процессе эксплуатации должны быть приняты меры по исключению попадания шахтной воды и влаги на коммутационные элементы устройств управления, а при оценке защитных свойств схем управления забойными машинами необходимо учитывать влияние такого фактора.

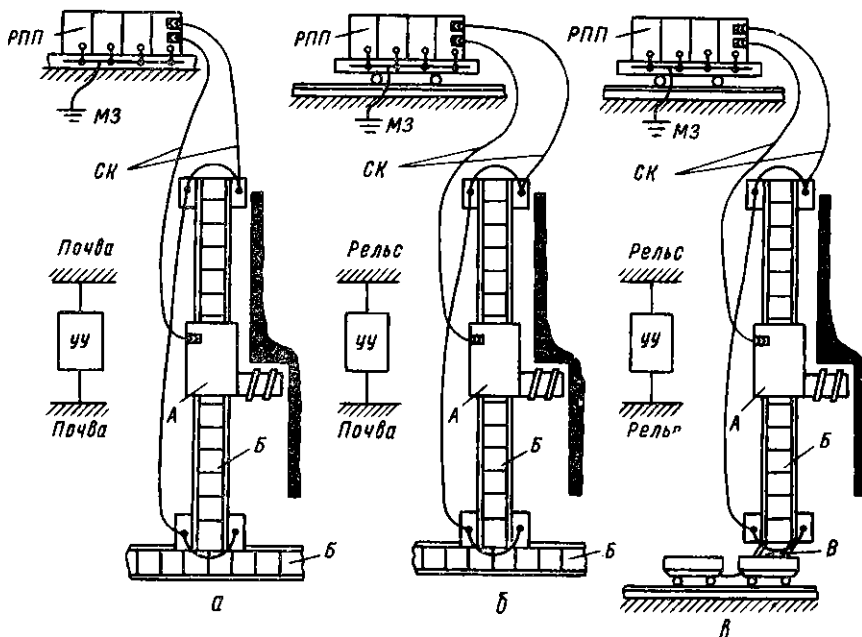


Рис. 7. Варианты соединения схем управления с токоведущими рельсами контактной сети электровозной откатки (А — угольный комбайн; Б — скребковый конвейер; В — погрузочное устройство; УУ — устройство управления; МЗ — местный заземлитель; СК — силовые кабели).

3.5. УСЛОВИЯ И ФАКТОРЫ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ ПЕРЕХОДУ БЛУЖДАЮЩЕГО ТОКА КОНТАКТНОЙ СЕТИ ЭЛЕКТРОВОЗНОЙ ОТКАТКИ В СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Конструкция контактной сети электровозной откатки предусматривает использование рельсового пути в качестве обратного провода. Так как рельсы не изолированы от почвы, имеющей небольшое сопротивление растеканию, возникают блуждающие токи, которые протекают по почве и по протяженным металлическим устройствам (трубопроводы, крепь, конвейеры, металлическая оболочка кабелей, заземляющие цепи и т. п.). Величина блуждающего тока зависит от сопротивления рельсового пути, переходного сопротивления

между рельсами и почвой и на ряде шахт составляет 3,5—6,2 А, а в отдельных случаях достигает (0,6...0,8) I_3 , где I_3 — рабочий ток электровоза.

Соединение схем управления с заземленными корпусами машин и общешахтной сетью заземления является основным условием для перехода блуждающего тока в схемы.

Наличие нескольких параллельных цепей заземления комбайна и конвейера и соединение их электроаппаратурой распределителя участка, местным заземлителем и горношахтным оборудованием создают разные условия и пути для перехода блуждающего тока в схемы управления (рис. 7). При этом подключение схем управления может быть в режимах: «почва—почва» при подсоединении заземляющей цепи к двум удаленным точкам почвы выработка (рис. 7, а); «рельс—почва» при подсоединении к токоведущим рельсам и почве выработки (рис. 7, б); «рельс—рельс» при подсоединении заземляющей цепи к двум удаленным точкам рельсового пути (рис. 7, в).

Следует отметить, что приведенные условия соединения схем управления с токоведущими рельсами являются нормальным состоянием. Переход блуждающего тока в схему управления возможен при воздействии таких факторов, как рабочий ток электровоза I_3 , расстояние L_3 от электровоза до распределителя участка, входное сопротивление $R_{вх}$ схемы управления и сопротивления R_3 цепи заземления. Величины I_3 и L_3 формируют источник блуждающего тока и являются параметрами контактной сети электровозной откатки, а сопротивления $R_{вх}$ и R_3 обусловлены параметрами схемы управления и определяют степень электрической связи схемы с источником блуждающего тока.

Полученные эмпирические зависимости для дифференцированного определения параметров помехозащищенности схем управления забойными машинами приведены в табл. 9.

В литературе имеются сведения о формировании безопасной зоны в отношении влияния блуждающих токов при нахождении электровоза на расстоянии 150—300 м от распределителя участка или расстоянии, превышающем 15—20 м в перпендикулярном к рельсам направлении. Мерой защиты для схем управления предложено подключение к ним выпрямительного диода в направлении запрета для прохождения блуждающего тока.

Анализ таких предложений и технических мер показывает, что безопасная граница в отношении блуждающего тока должна устанавливаться для каждой шахты и участка, так как невозможно заранее учесть их конкретные условия. К тому же они не могут быть постоянными потому, что изолировать какой-либо участок или выработку от других в шахтных условиях практически невозможно.

Полярность блуждающего тока не может быть стабильной даже на определенном участке выработки, она меняется в зависимости от места размещения тяговых подстанций, расстояний электровозов до распределителя участка, состояния выработок (обводненность, загромождение различным оборудованием, разветвленность рельсового пути и т. д.). Поэтому подключение выпрямительного диода в схему управления заданной полярностью не будет запретом для блуждающего тока при указанных обстоятельствах.

Опасности от блуждающих токов можно снизить при выполнении монтажа и прокладке цепей заземления горношахтного оборудования с учетом исключения возможности электрического соединения их с рельсовой линией тяговой сети электровозной откатки, а также при размещении электроаппаратуры

9. Расчетные формулы значений тока и напряжения в приемном реле схемы управления

Режим соединения	U_p , В	I_p , МА
«Рельс — рельс»	$270/R_{вх}$	$1891/R_{вх}$
«Рельс — почва»	$176/R_{вх}$	$1665/R_{вх}$
«Почва — почва»	$67/R_{вх}$	$472/R_{вх}$

паратуры распределителя участка на изолирующем настиле, выполненном из железобетонных стяжек и предусматривающем исключение электрического соединения корпусов электроаппаратуры с токоведущими рельсами. Местный заземлитель должен размещаться в выработке со стороны установки распределителя участка. В случае устройства местного заземлителя на противоположной стороне выработки по отношению к распределителю соединение электроаппаратуры последнего с местным заземлителем выполняется заземляющими проводами с наружной изоляцией, соединение проводов заземления местных заземлителей с токоведущими рельсами не производится.

4. ЗАЩИТНЫЕ ФУНКЦИИ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЗАБОЙНЫМИ МАШИНАМИ

4.1. ИСКРБЕЗОПАСНЫЕ И ИСКРООПАСНЫЕ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

В соответствии с требованиями нормативных документов внешние цепи схем управления забойными машинами в шахтах, опасных по газу или пыли, должны иметь искробезопасные параметры.

Искробезопасные цепи — это цепи, в которых возможно возникновение только безопасного электрического искрения, не способного воспламенить взрывоопасную концентрацию метановоздушной смеси. Искробезопасность схем управления достигается применением защитных средств (диодов, резисторов, конденсаторов), ограничивающих напряжение, ток и другие параметры цепи, а также конструктивным исполнением (например, заливка терморезистивным компаундом и герметизация, присоединение цепей на расстоянии не менее 50 мм от зажимов искроопасных цепей и др.), снижающим вероятность случайного повреждения элементов схемы и соединения ее с искроопасными цепями. Электрические параметры в искробезопасных системах в 1,5 раза ниже значений тока и напряжения, способных воспламенить метановоздушную смесь.

Выходное напряжение источника питания схем управления не должно превышать 42 В. Эта величина определена по условиям электробезопасности и достаточна для нормальной работы схем управления машинами при существующей протяженности внешней цепи. В связи с большой протяженностью кабельной линии в схемах управления высоковольтными распределительными установками напряжение питания принято равным 65 В.

Питание схем управления пониженным напряжением от трансформатора, электрически не связанного с силовой сетью, снижает вероятность поражения электротоком в случае прикосновения к корпусам кнопочных постов и пультов управления, установленных отдельно, повреждения в силовых цепях и неисправности средств защиты от поражения электротоком.

Требование искробезопасности схем управления в шахтах, опасных по газу или пыли, вызвано следующими обстоятельствами.

Выполнение схемой управления функций контроля заземления предусматривает постоянное электрическое присоединение ее источника питания через заземляющую жилу кабеля к корпусам передвижных машин, электроаппаратуре распределителя участка и заземляющему электроду. Вывод потенциала от трансформатора питания схем управления на корпуса машин и электрооборудования может быть источником искрения при обрыве заземляющей жилы кабеля и заземляющих проводов местного заземления. Такое искрение в шахтах, опасных по газу или пыли, может быть причиной взрыва метано- или пылевоздушной смеси. В связи с этим в шахтах, опасных по газу или пыли, схемы управления, соединенные с цепями заземления, искробезопасные.

Для обеспечения безопасности и удобства управления применяются вынесенные пульты, соединенные с машинами отрезком кабеля. Выполнение цепей управления с искробезопасными параметрами позволяет конструировать пульты в особовзрывобезопасном исполнении. Последнее создает условия для

изготовления малогабаритных пультов массой 1—1,2 кг, удобные для пользования в условиях очистных и подготовительных забоев.

Дистанционное управление подачей силового напряжения к машинам, как уже отмечалось, предусматривает сокращение времени нахождения кабельных линий под опасным напряжением. Использование искробезопасной схемы управления, постоянно подключенной к источнику питания, обеспечивает возможность такого управления, так как эти цепи можно не отключать от сети даже при появлении недопустимой концентрации метана в выработках, где они находятся, в то время как все силовые аппараты (потребители) во взрывобезопасном исполнении и питающие их кабели немедленно обесточиваются.

Схема управления является элементом системы для выполнения различных блокировок (при контроле проветривания тупиковых выработок, состава шахтной атмосферы, сопротивления изоляции относительно земли, нагрева двигателей и т. д.), что возможно при условии ее функционирования до включения машины.

В отдельных случаях нецелесообразно применять пониженное напряжение питания и выполнять схемы управления с искробезопасными параметрами. Это бывает тогда, когда непосредственно на машинах (проходческие комбайны, погрузочные машины и др.) установлены станции управления и цепи управления не выходят за пределы взрывонепроницаемой оболочки станции. Величина напряжения питания схем управления для приведенных условий принимается равной рабочему напряжению (380 или 660 В).

Искробезопасными являются схемы управления, цепи которых проложены в силовых кабелях, когда силовое питание отключено. Такие схемы применимы в системах управления с вынесенными пультами, соединенными с машинной беспроводной линией связи, в которых подключенные цепи силовых кабелей не выходят за пределы взрывонепроницаемых оболочек электрооборудования.

В процессе эксплуатации следует особенно учитывать то, что пониженные значения напряжения (до 42 В) в электрических цепях устройств, не отнесенных к искробезопасным, являются опасными в отношении возможности воспламенения метановоздушной смеси. Обслуживание и ремонт электрооборудования и кабелей с такими цепями должны производиться при отключении их от сетевого питания и введении блокировки, исключающей возможность непреднамеренного включения.

Электрические цепи напряжением до 42 В отнесены к безопасным только в части возможности поражения электрическим током, а для обеспечения их искробезопасности должны быть предусмотрены специальные технические меры. Этот факт часто не учитывается в процессе эксплуатации, что приводит к травмам и авариям.

В целях безопасной эксплуатации электрических цепей с искробезопасными параметрами нельзя использовать вспомогательные жилы одного кабеля для неискробезопасных и искробезопасных цепей, если эти жилы не разделены экранами. При временном применении шахтных неэкранированных кабелей использование вспомогательных жил для других цепей, кроме дистанционного управления, запрещается.

4.2. НУЛЕВАЯ ЗАЩИТА И ЗАЩИТА ОТ ПОТЕРИ УПРАВЛЕНИЯ

В соответствии с требованиями § 443 Правил безопасности и Нормативов по безопасности забойных машин и комплексов схемами управления должны выполняться рабочие функции, связанные с дистанционным включением и отключением коммутационного аппарата (магнитного пускателя, фидера станции управления), а также функции защиты и контроля: нулевая защита, защита от потери управления, защита от самовключения, автоматический контроль сопротивления цепи заземления передвижных машин.

Нулевая защита в системе управления является средством, исключающим возможность внезапных пусков машин и не допускающим самопрон-

вольную подачу напряжения после перерыва в электроснабжении. Она обеспечивается конструкцией кнопки *Пуск* и элементами, присоединенными параллельно ее замыкающему контакту. Конструкция кнопки такова, что ее замыкающий контакт включен последовательно в цепь управления приемным реле и замыкается только в момент кратковременного нажатия на толкатель кнопки. После прекращения нажатия кнопки контакт автоматически размыкается под воздействием подпружиненного толкателя, а при включенном состоянии схемы он шунтируется резистором *R* (рис. 4, б), замыкающим блок-контакт *K* магнитного пускателя или контактом *K* реле нулевой защиты *K2* (рис. 4, а и в). Как уже отмечалось, сопротивление резистора, равное 47 Ом, выбрано с учетом того, что включение приемного реле *K1* не произойдет до тех пор, пока не будет осуществлено его кратковременное шунтирование кнопкой *S1* *Пуск*, а после срабатывания реле устойчиво удерживается во включенном состоянии. Такое условие выполнимо при стабилизированном питании схем управления и точной настройке элементов схемы управления.

Применение нулевой защиты при помощи резистора приводит к тому, что при кратковременных колебаниях напряжения в сети и невозможности осуществления глубокой стабилизации источников питания возможно увеличение тока в цепи управления до такой величины, при которой происходит неожиданное включение схемы и, следовательно, машины. Это явление наиболее опасно для комбайнов, конвейеров, предохранительных и тяговых лебедок. Опасность самовключения схемы управления с резистором, шунтирующим кнопку *Пуск*, возникает при воздействии помех от сторонних источников энергии, поскольку в ней всегда имеется постоянно электрически замкнутая цепь управления приемным реле, при старении настроечных пружин электромагнитных реле, а также в случае нарушения заводской регулировки реле в условиях шахты.

Трехпроводная схема управления (рис. 4, а) лишена в нормальном режиме работы основного недостатка рассмотренной схемы — опасности самовключения, так как в ней в отключенном состоянии цепь управления электрически разомкнута блок-контактом. Аналогичными свойствами обладает схема, приведенная на рис. 4, в. Однако в последней для обеспечения надежной нулевой защиты требуется достаточно точная настройка приемного реле *K1* и реле нулевой защиты *K2* для выполнения следующего алгоритма их работы: при включении сначала должно сработать приемное реле, а затем — реле нулевой защиты, при отключении последовательность в работе должна быть обратной. Реализация такой схемы осуществлена в аппаратуре управления УМК и ЦПУ.

Применение трехпроводной схемы сдерживается из-за того, что для ее монтажа необходимо иметь дополнительно третий провод, что не всегда можно обеспечить в современных схемах управления комплексом машин. Создание силовых гибких кабелей с увеличенным количеством вспомогательных жил открывает возможности для применения трех- и четырехпроводных схем управления с высокими защитными свойствами.

О существенности нулевой защиты в обеспечении безопасности управления машинами видно из схемы, применяющейся на некоторых шахтах для управления забойным конвейером (рис. 8). В такой схеме управление приемным реле *K* осуществляется только одной кнопкой *Стоп*, фиксирующейся в разомкнутом и замкнутом положениях. В схеме отсутствует нулевая защита и поэтому имеется возможность самопроизвольного включения (пуск машины или подача напряжения) сразу же после появления в сети напряжения, если кнопка перед снятием напряжения была зафиксирована в замкнутом положении. Управление по такой схеме противоречит требованиям техники безопасности и она не может быть допущена к применению.

Следует также отметить, что на ряде шахт фиксируют кнопку *Пуск* в замкнутом положении в схемах управления комбайном, чем ликвидируется нулевая защита, а режим работы осуществляется согласно схеме рис. 8. Ввиду того, что эксплуатация схем управления с такими нарушениями приводит к авариям и травмированию людей, требованиями § 391 и § 443 Правил безопасности запрещается изменять заводские электрические схемы и применять однокнопочные посты для управления машинами.

Защита от потери управления. Функции защиты от потери управления заключаются в том, чтобы исключить возможность самовключения и обеспечить надежное отключение схемы при различных повреждениях элементов и цепей схемы, а также при изменении ее параметров (напряжения питания, сопротивления изоляции и переходного сопротивления внешней цепи управления).

Для обеспечения такой защиты необходимо при построении схем управления соблюдать следующие требования: все элементы схемы, посредством которых осуществляется отключение, должны работать на размыкание цепи (это относится к кнопкам *Стоп*, контактам реле отключения и средствам защиты, блокировочным контактам); диод, обеспечивающий защиту от замыканий проводов цепи управления, должен размещаться в самом конце линии в последнем устройстве; схема управления не должна иметь ответвлений, не защищенных от замыканий; внешняя цепь управления приспым реле должна быть электрически разомкнутой, а схема управления иметь помехозащищенность от воздействия блуждающих токов тяговой сети и других помех сторонних источников энергии.

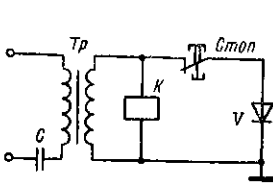


Рис. 8. Схема управления забойным конвейером без выполнения нулевой защиты (*Tr* — стабилизированный трансформатор питания; *C* — конденсатор).

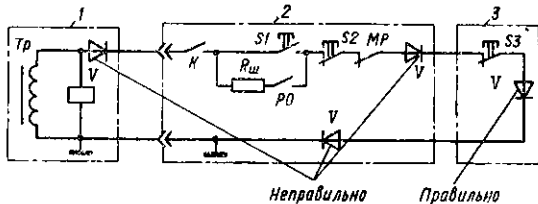


Рис. 9. Схема правильного и неправильного подключения выпрямительного диода в схему управления забойной машиной:

1 — аппарат управления; *2* — пульт; *3* — блокировочная кнопка *Стоп*; (*K* — блок-контакт ручного разъединителя; *MP* — размыкающийся контакт метан-реле; *Rш* — резистор; *PO* — контакт устройства контроля параметров орошения).

Защита от потери управления при обрыве или замыкании проводов внешнего участка схемы управления решается присоединением выпрямительного диода *V* в удаленной точке схемы (рис. 9) и использованием приемного реле, нечувствительного к переменному току. Указанные повреждения в цепях схемы приводят к тому, что питание реле осуществляется переменным током, величина которого, ограниченная большим индуктивным сопротивлением реле, недостаточна для его удержания и тем более срабатывания.

В практике построения схем управления забойными машинами не всегда можно избежать разветвления цепи управления по отдельным кабелям, в которых не обеспечивается защита от потери управления при замыкании проводов, проложенных к различным по назначению устройствам отключения (это относится к цепям, проложенным к блокировочным кнопкам *Стоп*, вынесенному пульту управления). В тех случаях, когда схемными решениями невозможно решить ряд защитных функций, надежность управления должна достигаться за счет прокладки кабелей в трубах, под защитными металлическими козырьками, швеллерами, уголками или прокладки проводов цепей управления в разных кабелях, поскольку повреждения, связанные с замыканиями при такой механической защите и прокладке цепей, исключаются. Когда такие меры нельзя использовать, место установки диода определяется с учетом возможных опасностей при повреждении каждого ответвления и наличия ряда других средств, с помощью которых можно не допустить появления опасности травмирования или аварии.

Защита от потери управления, вызванной самовключением схем управления при колебаниях напряжения питания, выполняется в результате

стабилизации выходного напряжения и предусмотрения электрического разрыва в цепях управления приемным реле.

В схеме, приведенной на рис. 4, а, наличие замыкающего контакта K в цепи, шунтирующей кнопку $S1$ Пуск, не исключает включения последовательно с этим контактом резистора R . Вызвано это тем, что замыкание между проводом этой цепи и проводом, присоединенным непосредственно к кнопке $S1$ Пуск, не контролируется схемой и приводит к ее шунтированию и самовключению машины. Наличие сопротивления в шунтирующей цепи при таком замыкании снижает вероятность самовключения, так как схема управления, по существу, становится двухпроводной и функции элемента нулевой защиты выполняет резистор R . С целью повышения надежности работы схемы обнаруженное замыкание в цепи управления должно быть немедленно устранено.

На шахтах довольно часто выполняют схемы управления комбайном и конвейером с общим проводом, в качестве которого используют заземляющую жилу (рис. 10). Такие схемы называют комбинированными (спаренными). Вследствие того что монтаж таких схем осуществляется на основе отдельных пускателей или независимых (обособленных) вторичных цепей с реле $K1$ ($K2$) и $K3$ аппаратуры АВС, возможны разные варианты при подключении первичных и вто-

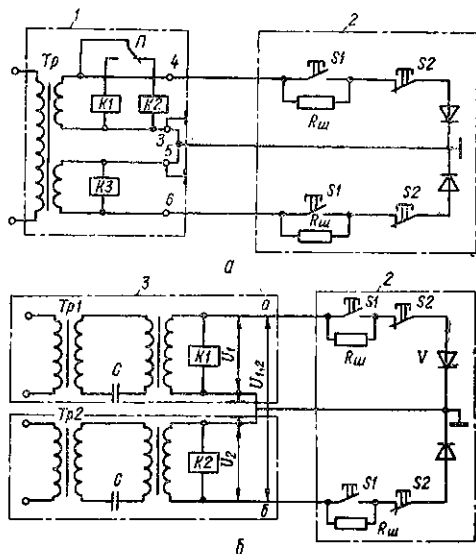


Рис. 10. Схемы управления забойными машинами с общей заземляющей жилой:

а — составленная на основе аппаратуры АВС; б — составленная на основе двух магнитных пускателей; 1 — приемный узел с источником питания; 2 — пульт с органами управления; 3 — магнитные пускатели.

ричных обмоток трансформаторов управления. Так, в спаренной схеме (рис. 10, а), составленной на основе аппаратуры АВС, в двух случаях (соединения 3 и 5, 4 и 6) из четырех возможных при замыкании между крайними проводами произойдет самовключение комбайна или конвейера после нажатия на одну из кнопок $S1$, $S2$. Если схемой предусмотрено только отключение машины, то такое замыкание приведет к ее самовключению. Подключение совместно зажимов 3 и 6, 4 и 5 сохраняет защитные функции при управлении комбайном или конвейером.

Гораздо больше аварийных режимов при составлении спаренной схемы с использованием магнитных пускателей, поскольку здесь существенную роль играет то, к каким фазам подключены выводы первичной обмотки трансформатора управления (рис. 10, б),

При номинальном напряжении цепи управления $U_{1,2} = 18$ В в зависимости от того, к каким фазам подключены понижающие трансформаторы пускателей, напряжение $U_{1,2}$ между проводами а и б спаренной схемы управления может быть: 0; 18; 31 и 36 В. В случае, когда $U_{1,2} = 0$, при замыкании между этими проводами защитные свойства схемы не нарушаются. Однако при нажатии на одну из кнопок $S1$, $S2$ включаются оба реле и тем самым устраняется защита от потери управления. При незначительном сопротивлении проводов внешнего участка схемы защита от потери управления не выполняется при $U_{1,2} = 18$ В.

При значениях напряжения $U_{1,2}$, равных 31 или 36 В, обрыве провода или б и замыкании его с исправным проводом защита от потери управления также не выполняется. Поскольку при монтаже таких схем не регламентируется строго определенное подключение первичных и вторичных цепей, спаренную схему на шахтах не следует применять. Такая схема может использоваться лишь в тех случаях, если она заранее собрана и проверена на заводе-изготовителе.

4.3. ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТЬ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ

В процессе эксплуатации устройства управления забойными машинами подвержены воздействию штатных (управляющих) и пестатных (возмущающих) факторов. Первые обусловлены рабочими функциями устройств управления, вторые — помехами, изменяющими нормальное их функционирование, которые могут быть эксплуатационными (внешними) и схемными

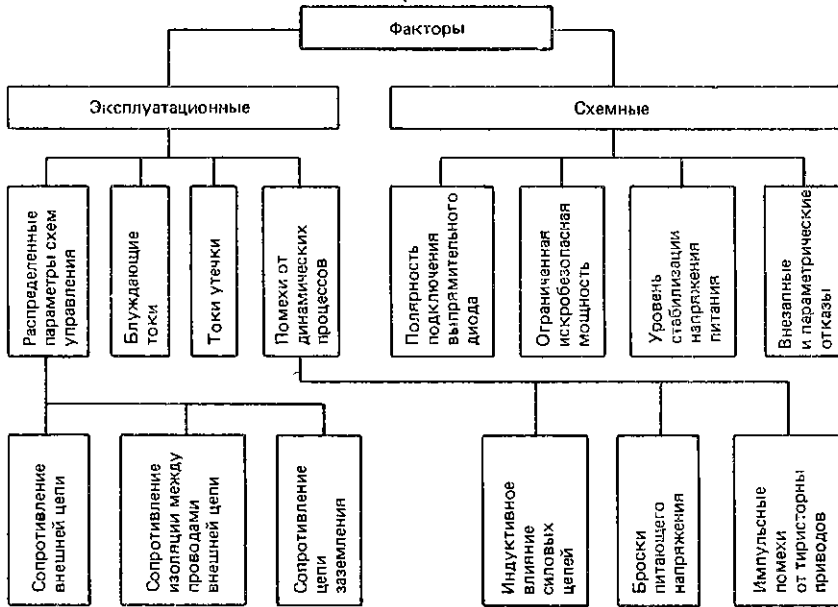


Рис. 11. Структура факторов, влияющих на защитные свойства схем управления.

(параметрическими). Классификация возмущающих факторов, влияющих на безопасные свойства схем управления забойными машинами, приведена рис. 11.

Сопротивление линии внешней цепи ввиду ее протяженности и наличия в ней значительного числа подвижных и неподвижных присоединений, из-за влияния пыли, влаги, повышенной температуры и агрессивных примесей в шахтном воздухе и воде в процессе эксплуатации увеличивается и находится в интервале 2,5—20 Ом. Эти значения соизмеримы, а в отдельных случаях превышают сопротивление срабатывания при включении приемного реле, которое составляет 4—26 Ом. Поэтому сопротивление линии оказывает

существенное влияние на выполнение рабочих и защитных функций схем управления и его величину следует учитывать при определении внешней нагрузки и диагностировании средств управления.

Спротивление изоляции между проводами внешней цепи в процессе эксплуатации снижается до 2 кОм. Устойчивая работа применяемых схем управления обеспечивается при снижении сопротивления изоляции до 300—800 Ом. Эти значения учитываются при оценке параметров защиты и работоспособности схем.

Изменение полярности включения выпрямительного диода в схему управления на противоположную той, при которой она ранее работала устойчиво, приводит к изменению электромагнитных характеристик реле и тем самым уменьшает значение параметра срабатывания приемного реле по сопротивлению линии от 2 до 11 Ом. Влияние этого фактора нужно учитывать при настройке схем управления по работоспособности и выполнению защитных функций.

Заземление машин очистного забоя осуществляется заземляющими жилами силовых гибких кабелей сопротивлением не более 2 Ом, вспомогательными жилами и цепью естественного заземления, составленной из протяженного металлического оборудования (рештачный став конвейера, трубопровода, механизированная крепь и т.д.) и почвы горных выработок. Значения сопротивления цепи «заземляющая жила—рештачный став конвейера», полученные при замерах, свидетельствуют, что между корпусами комбайна и электропривода конвейера имеется непосредственное металлическое соединение, характеризующееся малым переходным сопротивлением, не превышающим 27 Ом. В связи с этим комбайн и конвейер в отношении заземления можно рассматривать как один агрегат. Сопротивление растеканию цепи естественного заземления не превышает 108 Ом, что свидетельствует о возможности самозаземления корпусов забойных машин и соединения схем управления со сторонними источниками электрических устройств, имеющих заземленные цепи.

Особенности устройства заземления забойных машин и конструкция тяговой сети электровозной откатки создают условия для перехода блуждающего тока тяговой сети в схемы управления указанными машинами. Значения блуждающего тока в схемах управления достигают 100—110 мА при напряжении 6—6,5 В, тогда как ток срабатывания исполнительного реле схемы не превышает 60 мА. В цепи заземления значение тока может быть равным 3,5 А. Воздействие блуждающего тока приводит к нарушению защиты от самовключения схем управления, соединенных с цепью заземления.

Шахтная электрическая цепь переменного тока является источником токов утечки в случае снижения сопротивления изоляции, замыкания одной или двух фаз на землю. В этих аварийных режимах токи утечки в цепях заземления достигают 180—500 мА и их следует считать опасными при воздействии на цепи управления забойными машинами.

Индуктированная ЭДС в схемах управления забойными машинами обусловлена действием электромагнитного поля силовой цепи переменного тока. Воздействие этого фактора, как уже отмечалось, зависит от тока нагрузки, напряжения питания, конструкции кабеля и его длины, комбинации соединения вспомогательных жил, используемых при монтаже схем управления. В применяемых схемах управления аппаратуры АУС и магнитных пускателей серий ПВИ, ПМВИ источник индуктируемой ЭДС приводит к увеличению (или снижению) рабочего тока в схемах на 30—50 %. Это, в свою очередь, приводит к тому, что схемы управления забойными машинами становятся склонными к самовключению (или неработоспособными), т. е. не включаются (либо отключаются), если схема ранее была включена. Такие процессы дают возможность объяснить встречающиеся на шахтах случаи нарушения защитных свойств схем управления конвейером при пуске комбайна.

Определены следующие меры, направленные на совершенствование конструкции силовых гибких кабелей и повышение помехозащитных свойств схем управления забойными машинами при индуктивном воздействии силовой цепи.

При совершенствовании конструкции кабелей желательно учитывать оптимальную ориентацию вспомогательных и заземляющих жил относительно силовых. Вспомогательные жилы рационально размещать в одной или нескольких свивках, симметрично расположенных относительно силовых жил. Количество жил в каждой свивке должно быть не менее трех при условии, что такое число жил достаточно для монтажа обособленных схем управления. Спичение ЭДС индуктивной помехи связано с уменьшением шага свивки (увеличение числа витков на единицу длины) жил в кабеле и площади сечения вспомогательных жил до $2,5 \text{ мм}^2$.

Улучшение защитных свойств схем управления забойными машинами при воздействии индуктивной помехи может обеспечиваться применением источников питания переменного тока повышенной частоты или источников постоянного тока для энергопитания схем; стабилизацией электрических параметров схемы как со стороны энергопитания, так и со стороны кабельной линии; отношением полезного сигнала схемы к сигналу помехи, равным $8 : 1$; размыканием цепи управления схемы при ее отключенном состоянии.

Эксплуатационные меры по локализации индуктивной помехи должны предусматривать возможность монтажа схем управления жилами одной свивки; фазировку силовых жил, используемых для подключения источника питания схем управления; электрическое разделение цепей управления и контроля заземления передвижных машин; блокировку, исключающую одновременное включение мощных машин.

В системах электроснабжения выемочных машин с регулируемым тиристорным электроприводом при коммутациях тиристорных преобразователей индуктированная ЭДС в цепях управления достигает $100\text{--}300 \text{ В}$ и по времени не превышает $1\text{--}2 \text{ мс}$. Такие параметры индуктируемой ЭДС могут быть причиной выхода из строя полупроводниковых устройств и нарушения нормального функционирования схем управления.

Стабильность защитных параметров схем управления при колебаниях питающего напряжения должна обеспечиваться стабилизацией выходного напряжения в интервале $(0,85 \dots 1,5) U_n$. Точность стабилизации должна находиться в диапазоне от 3 до 5% .

Поддержание постоянной работоспособности объектов системы управления связано с необходимостью определения их технического состояния в режимах функционирования и поиска возникающих отказов. К основным контролируемым параметрам относят сопротивление линии и изоляции внешней цепи; сопротивление срабатывания приемного реле и сравнение его с сопротивлением линии; полярность включения, пробой и запирание выпрямительного диода; напряжение на зажимах источников питания; токопроводность внешней цепи с целью определения обрыва и замыкания проводов; индикацию срабатывания исполнительных элементов функциональных узлов.

4.4. КОНТРОЛЬ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ПЕРЕДВИЖНЫХ МАШИН

В соответствии с требованиями § 451 и § 457 Правил безопасности предусматривается необходимость заземления корпусов передвижных машин с помощью соединения их с общей сетью заземления при помощи заземляющих жил кабелей. Автоматический контроль заземления (§ 443 и § 457) выполняется схемой управления путем использования в ее цепи заземляющей жилы. Предъявляемые требования продиктованы необходимостью обеспечения схемой управления совместно с реле утечки защиты от поражения электрическим током и возникновения опасного искрения при соприкосновении (контакте) между собой корпусов машин и электрооборудования в случае однофазной утечки тока из силовых цепей.

Функции автоматического контроля заземления выполняются аппаратурой управления типов АУЗМ, ЦПУ и УМК для машин выемочного комплекса, эксплуатируемых на пластах полого и наклонного падения, магнитными пускателями (станциями управления) для проходческих машин и выемочных комбайнов, работающих на пластах крутого падения, аппаратурой управления и автоматизации типа АРУС для струговых установок.

Длительная эксплуатация схем управления, соединенных с сетью заземления, показала, что они подвержены воздействию помех от сторонних источников энергии, в частности, от тяговой (контактной) сети электровозной откатки. Также установлено, что выполнение схемой функции автоматического контроля заземления находится в противоречии с надежностью управления машинами. Так, уменьшение предела контролируемого сопротивления заземляющей цепи приводит к снижению работоспособности схем управления, а в отдельных случаях и к их отказам. В связи с этим осуществление защитного заземления следует рассматривать с учетом обеспечения безопасности и надежности управления.

Как известно, заземление корпусов передвижных машин осуществляется по цепям, в качестве которых используются заземляющие жилы *a* и *б* гибких силовых кабелей (рис. 12), решетчатый став конвейера *в* и другое оборудование, размещенное в забое и штреке, вмещающие породы *г* и *д* выработок. Заземление также выполняется по вспомогательным жилам схем управле-

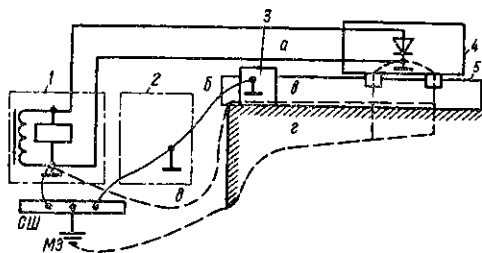


Рис. 12. Схема заземления корпусов передвижных машин:

1, 2 — магнитные пускатели комбайна и конвейера; 3 — двигатель конвейера; 4 — комбайн; 5 — конвейер; (CШ — соединительная шина; МЗ — местный заземлитель).

ния, электрически соединенных с заземляющей жилой через приемный узел (его входное сопротивление не превышает 36 Ом) и полупроводниковый диод (рис. 4).

Линейное сопротивление между корпусами выемочного комбайна и электропривода конвейера, по данным исследований МакНИИ, не превышает 27 Ом, а наибольшая плотность соответствует интервалу сопротивлений от 6 до 18 Ом. Эти результаты подтверждают правомерность осуществления согласно Правилам безопасности заземления конвейера путем присоединения заземляющей жилы только к корпусу его электропривода, а также характеризует тот факт, что между корпусами выемочного комбайна и электропривода конвейера имеется надежное металлическое соединение с помощью решетчатого става. Поэтому конвейер является надежным заземлителем для комбайна, перемещающегося по его раме, и эти машины с точки зрения заземления можно рассматривать как единый агрегат, подключенный к сети заземления с помощью трех, а в отдельных случаях и четырех (при наличии двух двигателей на комбайне) заземляющих жил разных кабелей.

Последнее подтверждает обоснованность введенного в Правила безопасности (1986 г.) требования, согласно которому допускается не предусматривать автоматический контроль заземления для передвижных машин и забойных конвейеров, имеющих два и более привода, заземление двигателей которых осуществляется не менее чем двумя заземляющими жилами разных силовых кабелей.

Сопротивление растеканию пород почвы горных выработок находится в интервале от 60 до 150 Ом. Результаты исследований свидетельствуют о том, что с учетом повышенной влажности и наличия примесей в шахтной воде поверхностный слой пород почвы выработок электрически соединяет забойные машины и оборудование с местным заземлителем. Измеренная величина сопротивления растеканию этой цепи не превышает 108 Ом, а наибольшая плотность соответствует интервалу сопротивлений от 45 до 76,5 Ом. Эти данные указывают на самозаземление машин, эксплуатируемых в очистном забое.

Наличие в очистных забоях протяженного оборудования (механизованная крепь, трубопроводы, скребковый конвейер, канаты лебедок и т. д.) усиливает эффект естественного заземления. Присоединение заземляющих

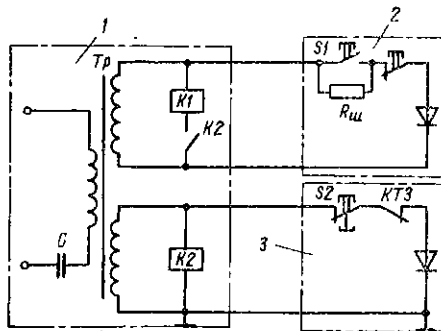
жил кабелей комбайна и конвейера, по существу, является дублированием естественного заземления систем комбайн — конвейер, струг — конвейер, комбайн — тяговая лебедка и др.

Практические схемы управления с выполнением непрерывного контроля заземления забойных машин показаны на рис. 4 и 5. Заземляющие жилы кабелей присоединяются к внутренним заземляющим зажимам кабельных вводов, предусмотренных в электрооборудовании машин и соответствующей пусковой аппаратуре.

Непрерывный контроль сопротивления цепи заземления с обеспечением защиты от потери управления при замыкании проводов

Рис. 13. Схема управления с контролем заземления отдельными цепями:

1 — аппарат управления; 2 — пульт с органами управления; 3 — электропривод забойной машины; (S2 — блокировочная кнопка Стоп; KT3 — контакт тепловой защиты двигателя).



осуществляется в том случае, если пульт управления подключен к машине или соединен с ней беспроводной линией связи, что характерно для большинства выемочных и проходческих комбайнов, погрузочных и буровых машин.

Выполнение защиты от потери управления затруднено (рис. 13), если пульт 2 и электропривод 3 забойной машины подключены разными кабелями

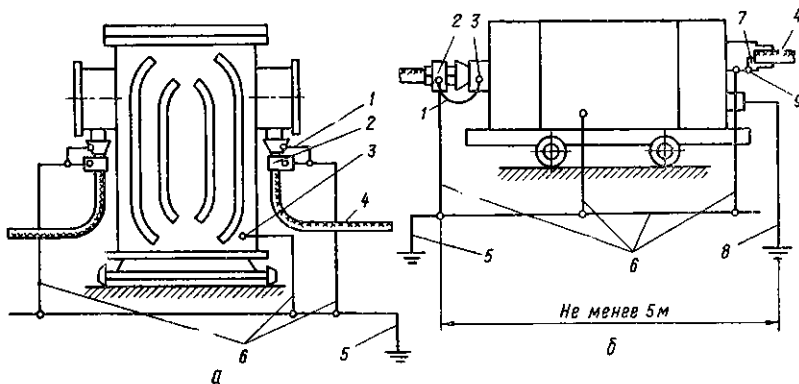


Рис. 14. Схемы заземления трансформатора (а) и трансформаторной подстанции (б):

1 — перемычка; 2 — хомут; 3, 9 — наружные и внутренний заземляющие зажимы; 4 — броня кабеля; 5 — местный заземлитель; 6 — заземляющие проводники; 7 — заземляющая жила гибкого кабеля; 8 — дополнительный заземлитель встроенного реле утечки.

и размещены не в одном месте. В этом случае рекомендуется выполнять контроль цепи заземления с помощью обособленной схемы, электрически не связанной со схемой управления. Такое техническое решение является предпочтительным, поскольку обеспечиваются надежный контроль цепи заземления и помехозащищенность схем управления забойных машин.

В соответствии с требованием § 451 Правил безопасности заземлению подлежат металлические части электротехнических устройств, нормально не находящихся под напряжением, но которые могут оказаться под напряже-

нием в случае повреждения изоляции, а также трубопроводы, сигнальные тросы, расположенные в выработках, в которых имеются электрические установки и проводки.

В шахтах, опасных по газу или пыли, для защиты от накопления статического электричества заземлению подлежат одиночные металлические детали вентиляционных труб, изготовленные из электризующихся материалов, а также металлические воздухопроводы. Варианты схем заземления электротехнических устройств и горношахтного оборудования приведены на рис. 14—18.

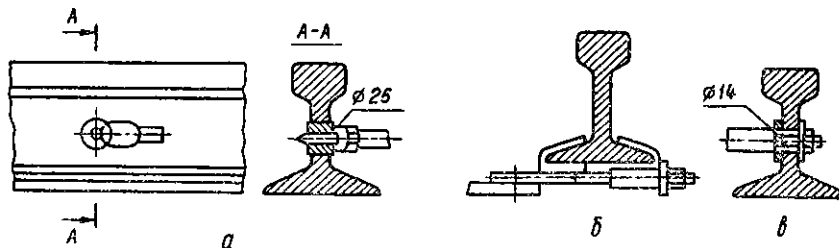


Рис. 15. Схемы присоединения заземляющего проводника к рельсу: а — пушкой; б — башмаком; в — медной шайбой и гайкой.

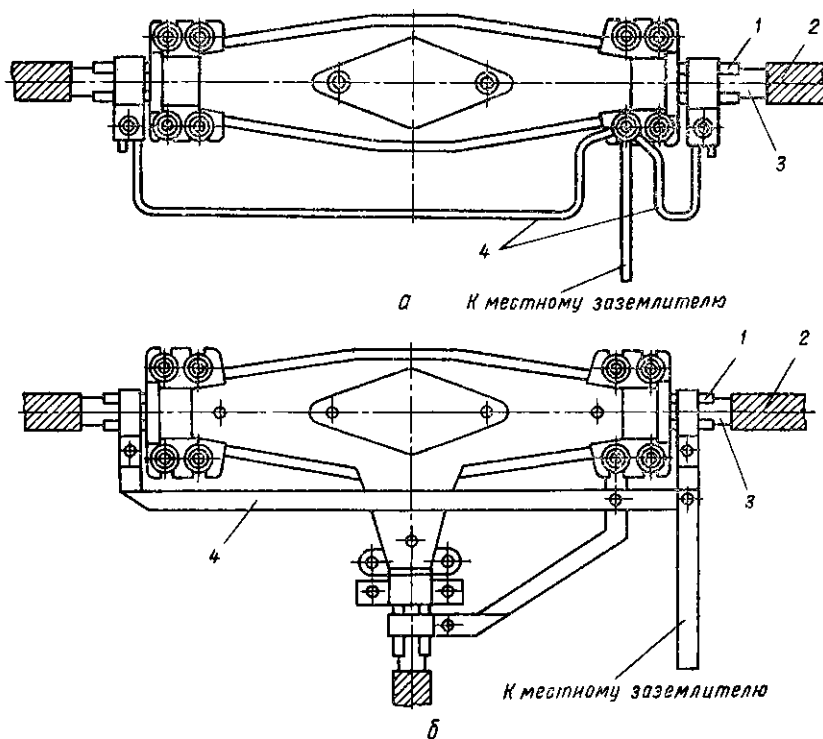


Рис. 16. Схемы заземления соединительной (а) и ответвительной (тройничковой) (б) муфт:

1 — свинцовая оболочка; 2 — защитный покров; 3 — стальная броня; 4 — перемычки.

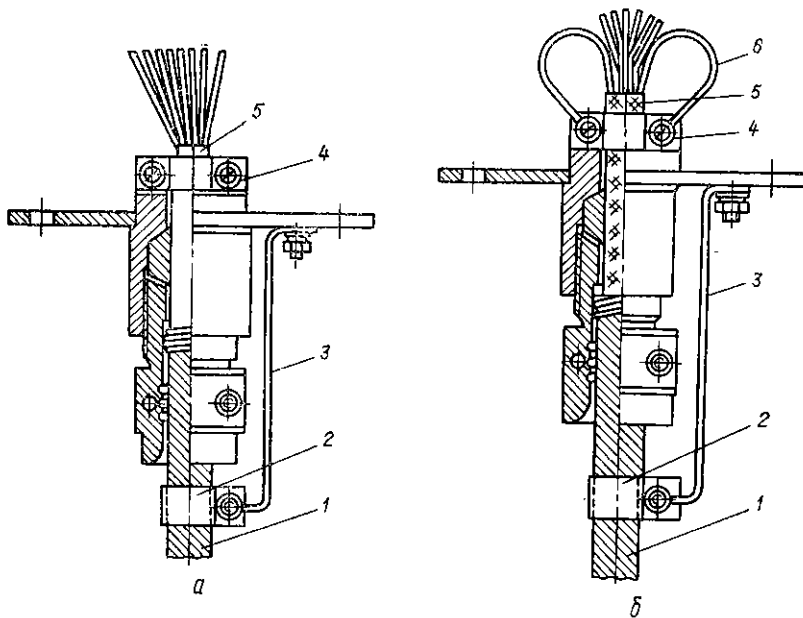


Рис. 17. Схемы заземления контрольного кабеля со свинцовой (а) и пластмассовой (б) оболочками:

1 — стальная броня; 2 — хомут; 3 — перемычка; 4 — скоба; 5 — оболочка кабеля; 6 — жилы, используемые для заземления.

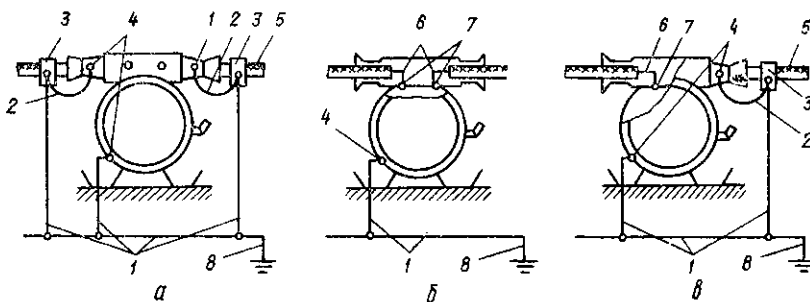


Рис. 18. Схемы заземления отдельно устанавливаемых аппаратов при присоединении бронированных (а), гибких (б) и бронированного и гибкого (в) кабелей:

1 — заземляющие проводники; 2 — перемычки; 3 — хомуты; 4, 7 — наружные и внутренние заземляющие зажимы; 5 — броня кабеля; 6 — заземляющие жилы гибких кабелей; 8 — местный заземлитель.

10. Методы проверки выполнения защитных функций схем управления забойными машинами

Вид проверки защитной защиты	Состояние защиты		Виды отказов	Методы устранения отказов
	Исправное	Неисправное		
Нулевая защита	Алгоритм запуска машины выполняется (звучит предупредительный сигнал, включается машина)	<ol style="list-style-type: none"> Звучит предупредительный сигнал установленной длительности, но машина не включается Алгоритм запуска не выполняется Алгоритм запуска выполняется при удержании кнопки <i>Пуск</i> в нажатом состоянии 	<ol style="list-style-type: none"> Не включен или неисправен магнитный пускатель (фидер станции управления) Неисправна кнопка <i>Пуск</i> Разрыв в цепи, шунтирующей зажимы кнопки <i>Пуск</i> 	<p>—</p> <ol style="list-style-type: none"> Включить разъединитель пуска для (станции управления) Проверить исправность магнитного пускателя Вскрыть пульт, проверить кнопку, заменить сломанную деталь или кнопку Проверить наличие элементов (резистора, контакта, блок-контакта) в шунтирующей цепи
Защита от потери управления	Схема управления отключается	<ol style="list-style-type: none"> Схема управления не отключается Схема управления не включается 	<p>—</p> <ol style="list-style-type: none"> Замыкание проводов в цепи управления и неправильно подключен выпрямительный диод Вышел из строя диод в цепи управления 	<p>—</p> <ol style="list-style-type: none"> Устранить замыкание проводов в кабеле или в вводных устройствах Диод подключить в конец цепи управления Омметром проверить состояние диода. При пробе диода омметр покажет нуль сопротивления при разной полярности подключения его к при-
Кратковременное нажатие кнопки <i>Пуск</i> и опустить	Кратковременное нажатие кнопки <i>Пуск</i> , а затем после включения схемы нажать на кнопку <i>Стоп</i>	Кратковременное нажатие кнопки <i>Пуск</i> , а затем после включения схемы нажать на кнопку <i>Стоп</i>	Кратковременное нажатие кнопки <i>Пуск</i> , а затем после включения схемы нажать на кнопку <i>Стоп</i>	Кратковременное нажатие кнопки <i>Пуск</i> , а затем после включения схемы нажать на кнопку <i>Стоп</i>

Контроль сопротивления цепи заземления	Кратковременно нажать кнопку <i>Пуск</i> и отпустить	После выполнения алгоритма запуска схема остается включенной	— 1. Ранее включенная схема самопроизвольно отключается и повторное включение невозможно	1. Увеличение сопротивления цепи управления свыше 50 Ом (при напряжении питания 1140 В) или 100 Ом (при напряжении питания 380 и 660 В)	1. Измерить сопротивление цепи управления, зачистить контакты и подтянуть крепления в местах электрических соединений. В случае необходимости пережить на резервные жилы или заменить кабель
			—	1. Измерить сопротивление изоляции между жилами, в случае необходимости заменить кабель	1. Измерить сопротивление изоляции между жилами, в случае необходимости заменить кабель
			16. Замыкание в цепи управления	16. При замыкании проводов подведенный к цепи управления с выключателем диодом омметр покажет сопротивление в интервале 1—20 Ом при разной полярности подключения прибора к проводам цепи управления	16. При замыкании проводов подведенный к цепи управления с выключателем диодом омметр покажет сопротивление в интервале 1—20 Ом при разной полярности подключения прибора к проводам цепи управления
			1в. Обрыв в цепи управления или увеличение сопротивления этой цепи выше значения срабатывания приемного реле (более 20 Ом)	1в. Измерить сопротивление цепи управления, зачистить контакты и подтянуть крепления в местах электрических соединений. В случае необходимости заменить кабель	1в. Измерить сопротивление цепи управления, зачистить контакты и подтянуть крепления в местах электрических соединений. В случае необходимости заменить кабель
			1г. Снижение сопротивления изоляции между жилами дистанционного управления ниже 1000 Ом	1г. Измерить сопротивление изоляции между жилами, в случае необходимости заменить кабель	1г. Измерить сопротивление изоляции между жилами, в случае необходимости заменить кабель

4.5. МЕТОДЫ ПРОВЕРКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ФУНКЦИЙ СХЕМАМИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАБОЙНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В табл. 10 приведены основные методы проверки выполнения защитных функций схем управления забойным оборудованием. Предусмотренные приемы проверки основаны на использовании свойств и особенностей рабочего функционирования схем управления и оценки их эксплуатационных параметров. Некоторые операции по проверке требуют применения простых измерителей сопротивления и токопроводности.

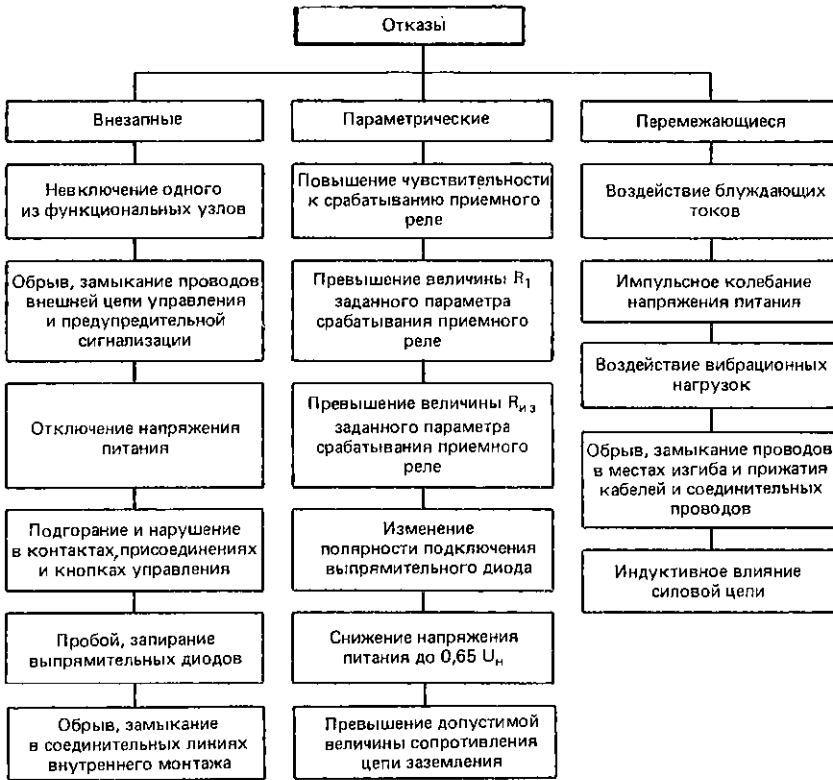


Рис. 19. Структура отказов в объектах системы управления забойными машинами.

На рис. 19 приведена структура возможных отказов в схемах управления забойным оборудованием. Они систематизированы по следующим видам отказов: внезапные, параметрические и перебегающие.

Внезапные отказы происходят в результате выхода из строя функциональных узлов и элементов, поврежденных (обрыв, замыкание) соединительных линий связи, нарушения контактов и перерывов в электроснабжении. Определение внезапных отказов связано с введением в схему узлов с целью индикации включения (невключения) функциональных блоков и элементов, наличия напряжения на зажимах источников питания и в характерных участках электрической цепи, рода тока (напряжения), токопроводности цепей для проверки обрыва и замыкания проводов соединительной линии.

Параметрические отказы возникают из-за постоянного ухода рабочих параметров узлов, элементов и соединительных линий за пределы установленных допусков. Установление отказов такого вида связано с проведением измерений, вычислений и сравнений. Выходная информация по результатам проверки должна быть элементарной и содержать однозначный ответ. Определение неисправностей реализовано встроенными аппаратурными решениями с использованием компараторов и микропроцессорной техники.

Перебегающие отказы проявляются при кратковременных воздействиях сторонних источников энергии (блуждающие токи тяговой сети электровозной откатки, индуктированная ЭДС силовой цепи), импульсных колебаниях напряжения питания, повреждениях (обрыв, замыкание) в линиях связи.

Часть перечисленных отказов локализована защитными свойствами схем управления, поиск других требует применения чувствительных и быстродействующих измерителей.

5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОМПЛЕКТНЫХ ПЕРЕДВИЖНЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

5.1. КОНСТРУКТИВНЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПОДСТАНЦИИ

Комплексные передвижные трансформаторные подстанции предназначены для электроснабжения трехфазным переменным током промышленной частоты электропотребителей распределителя участка и других потребителей, эксплуатируемых в шахтах, опасных по газу или пыли, а также

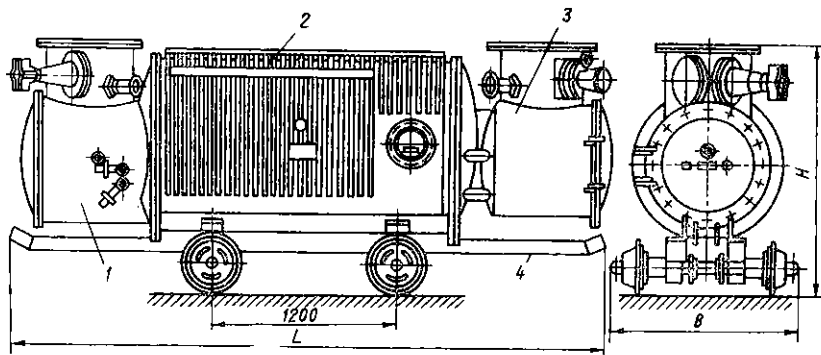


Рис. 20. Передвижная подстанция типа ТСВП.

для обеспечения электрических защит линий низшего напряжения. Применение передвижных подстанций позволяет периодически приближать их к электропотребителям и тем самым обеспечивать благоприятные условия работы электроприемников забойного оборудования.

Серийно выпускаемые передвижные подстанции типа ТСВП (рис. 20) конструктивно представляют собой агрегатированную систему, состоящую из распределительного устройства 1 высшего напряжения (РУВН), силового трансформатора 2, распределительного устройства 3 низшего напряжения (РУНН) и ходовой тележки 4.

Силовой трехфазный трансформатор с кремнийорганической изоляцией размещен в стальной взрывонепроницаемой оболочке и крепится к ней болтами. Корпус трансформатора — сварной конструкции, выполнен из стали. У подстанций мощностью до 160 кВ А корпус имеет круглую форму, а у подстанций свыше 160 кВ А — овальную. Подстанции мощностью 100 кВ А не имеют внутреннего и наружного оребрения корпуса трансфор-

матора, у подстанций мощностью 160 кВ А корпус имеет только наружное оребрение. С ребристой внутренней и наружной поверхностью изготавливают подстанции мощностью 250 кВ А, с ребристой или гофрированной — мощностью 400 и 630 кВ А. Корпус подстанции напряжением 1140 В имеет развитую оребренную поверхность охлаждения в своей верхней части и сваренные U-образные штампованные гофры на боковых стенках.

Крышками корпуса трансформатора являются РУВН и РУНН, которые крепятся с помощью фланцевых соединений. В нижней части корпуса предусмотрены взрывонепроницаемые пробки, заполненные дробленым кварцитом или стеклшариками диаметром 3—4 мм и предназначенные для спуска конденсата. На боковой стороне корпуса имеется люк для доступа к панели регулировочных отводов обмотки высшего напряжения (ВН).

Силовой трансформатор подстанций может иметь естественное охлаждение. Магнитопроводы таких трансформаторов выполнены трехфазными стержневыми из холоднокатаной электротехнической стали. Стержни магнитопровода установлены вертикально, и на них насажены изоляционные цилиндры с обмотками ВН и НН (нижнего) напряжения. Обмотки изготовлены из медного провода марки ПСДК с кремнийорганической изоляцией. Обмотка ВН и зависимости от мощности трансформатора может быть непрерывной или цилиндрической слоевой, а обмотка НН — только цилиндрической слоевой. В обмотках предусмотрены каналы для улучшения их охлаждения.

Подстанции для шахт, обрабатывающих пласты крутого падения, ТСВП-160/6КП и ТСВП-400/6КП построены на базе подстанций серии ТСВП: имеют ту же мощность и аналогичную конструкцию. Отличия имеют только в электрической схеме РУНН [6].

В РУВН размещен трехполюсный разъединитель-выключатель нагрузки с ручным приводом, рукоятка которого выведена на боковую стенку оболочки. Рассчитан разъединитель-выключатель на отключение тока нагруженного трансформатора. В РУВН предусмотрен также выключатель для осуществления электромеханической блокировки в станции, рукоятка которого находится рядом с рукояткой разъединителя-выключателя. На торцевой стороне РУВН имеется крышка с болтовым креплением для доступа к разъединителю-выключателю с целью производства его монтажа, осмотра, текущего ремонта и регулировки. В верхней части этого устройства предусмотрена вводная коробка с кабельной муфтой для силового кабеля и двумя кабельными вводами для контрольных кабелей диаметром 30 мм. Один ввод используется для подключения пульта дистанционного управления высоковольтной ячейкой, второй — для контрольного кабеля управления.

На боковых стенках взрывобезопасной оболочки имеются смотровые окна для визуального наблюдения за положением ножей разъединителя-выключателя нагрузки. Подсветка осуществляется через окно на крышке.

В РУНН размещены автоматический выключатель и комплект коммутационной, защитной и измерительной аппаратуры. РУНН снабжен быстроткрываемой крышкой, на которой имеются смотровые окна для визуального наблюдения за показаниями вольтметра, амперметра, килоомметра и сигнальных ламп. Закрывание быстроткрываемой крышки обеспечивается зажимами, расположенными на поворотном кольце, которое приводится в движение рукояткой посредством эксцентрика. РУНН имеет коробку с двумя вводами для силовых кабелей диаметром до 60 мм и тремя вводами для контрольных кабелей (цепи освещения подстанции, дополнительного заземления и аппарата газовой защиты) диаметром до 30 мм.

В смежных стенках отделений вводов, РУВН, трансформатора, РУНН и выводов установлены разгрузочные устройства, предназначенные для снижения внутреннего давления взрыва путем выброса газовой смеси в соседнюю оболочку, и тем самым достигается снижение давления взрыва на стенку в оболочке, где произошел взрыв.

Ходовая тележка подстанции состоит из салазок с двумя парами стандартных скатов шахтных вагонеток на колею 600 или 900 мм. Подстанция имеет подъемные и прицепные приспособления, облегчающие перемещение ее в наклонных и вертикальных выработках.

5.2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПОДСТАНЦИЙ, УСТРОЙСТВА ИХ ЗАЩИТЫ И БЛОКИРОВКИ

Электрическая схема подстанций обеспечивает защиту от утечек тока в сети НН; максимальную токовую защиту при к.з. проводов кабельной сети со стороны НН; защиту от перегрузки силового трансформатора; гашение генерируемой ЭДС двигателями после их отключения (в станциях для пластов крутого падения); дистанционное управление высоковольтной ячейкой; дистанционное отключение подстанции (в подстанциях для пластов крутого падения напряжением 1140 В) с кнопки поста, установленного у распределителя лавы.

Технические данные подстанций ТСВП приведены в табл. 11. Электрические схемы, показанные на рис. 21 и 22, позволяют рассмотреть схемные решения подстанций, разработанные с учетом мощности, напряжения питания и особенностей электроснабжения токоприемников забоев угольных шахт.

11. Технические данные ^{1*} шахтных передвижных подстанций типа ТСВП

Подстанция	Номинальная мощность, кВт	Напряжение НН ^{3*} , В	Номинальный ток, А		Ток х. х., % от номинального
			ВН	НН	
ТСВП-100/6	100	400/690	9,6	145/84	6,0
ТСВП-160/6	160	400/690	15,4	232/134	4,5
ТСВП-160/6-КП ^{2*} ;	250	400/690	24,1	362/209	3,5
ТСВП-250/6					
ТСВП-400/6	400	690	39,0	334	2,5
ТСВП-400/6-КП ^{2*} ;	630	690	60,6	527	1,5
ТСВП-630/6-0,69					
ТСВП-630/6-1,2	630	1200	60,6	303	1,5

Подстанция	Потери, Вт		Размеры ^{4*} , мм (рис. 20)		Масса, кг
	х. х. при номинальном напряжении	к. з. при cos φ=1 и номинальной нагрузке	Длина	Высота H от головки рельса	
ТСВП-100/6	1000	1270	3300	1550	2650
ТСВП-160/6	1330	2000	3300	1550	3000
ТСВП-160/6-КП ^{2*} ;	1650	2600	3520	1550	3600
ТСВП-250/6					
ТСВП-400/6	2180	3700	3620	1625	4300
ТСВП-400/6-КП ^{2*} ;	2800	4700	3860	1600	5400
ТСВП-630/6-0,69					
ТСВП-630/6-1,2	2800	1700	4020	1600	5600

^{1*} Для приведенных величин допускаются следующие отклонения: ± 10 % для напряжения к. з., + 30 % для тока х. х., + 15 % для потерь х. х. и + 10 % для потерь к. з.

^{2*} Подстанции ТСВП-160/6-КП и ТСВП-400/6-КП предназначены для электроснабжения забоев крутого падения шахт, опасных по внезапным выбросам угля и газа.

^{3*} Напряжение ВН составляет 6000 В ± 5 %, а напряжение к. з. — 3,5 % номинального.

^{4*} Ширина B равна 1170 мм для всех подстанций.

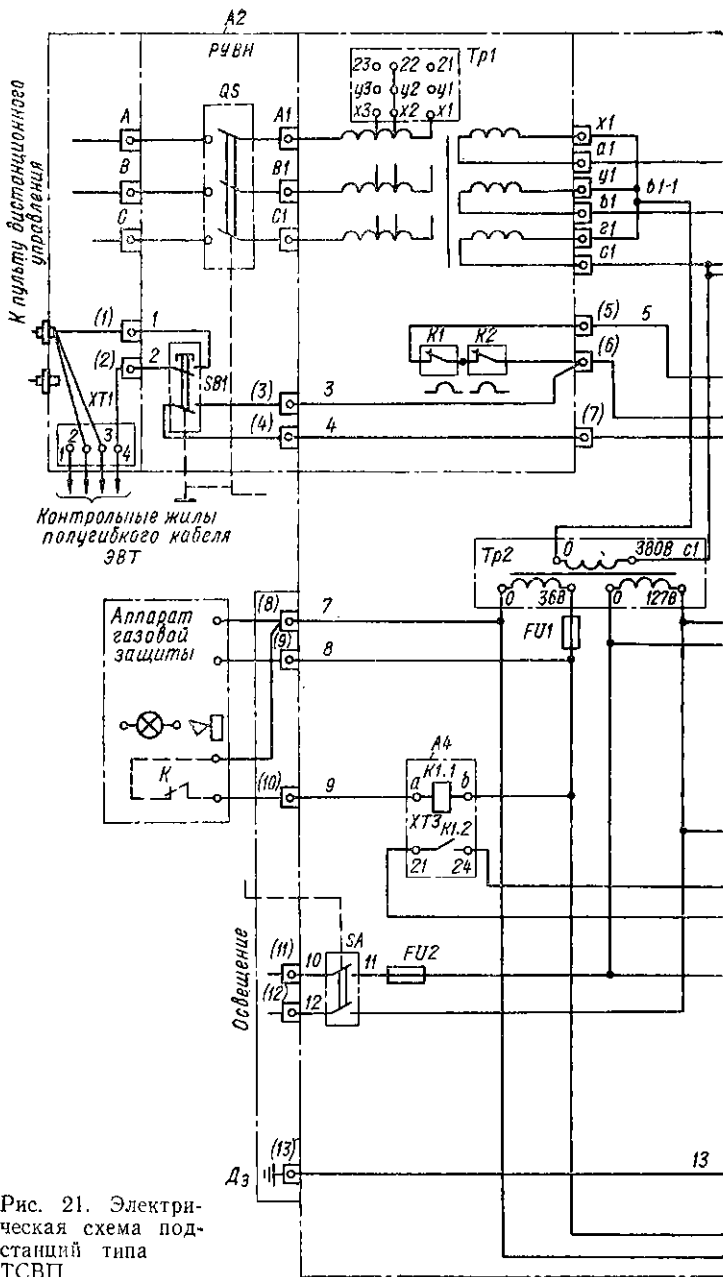
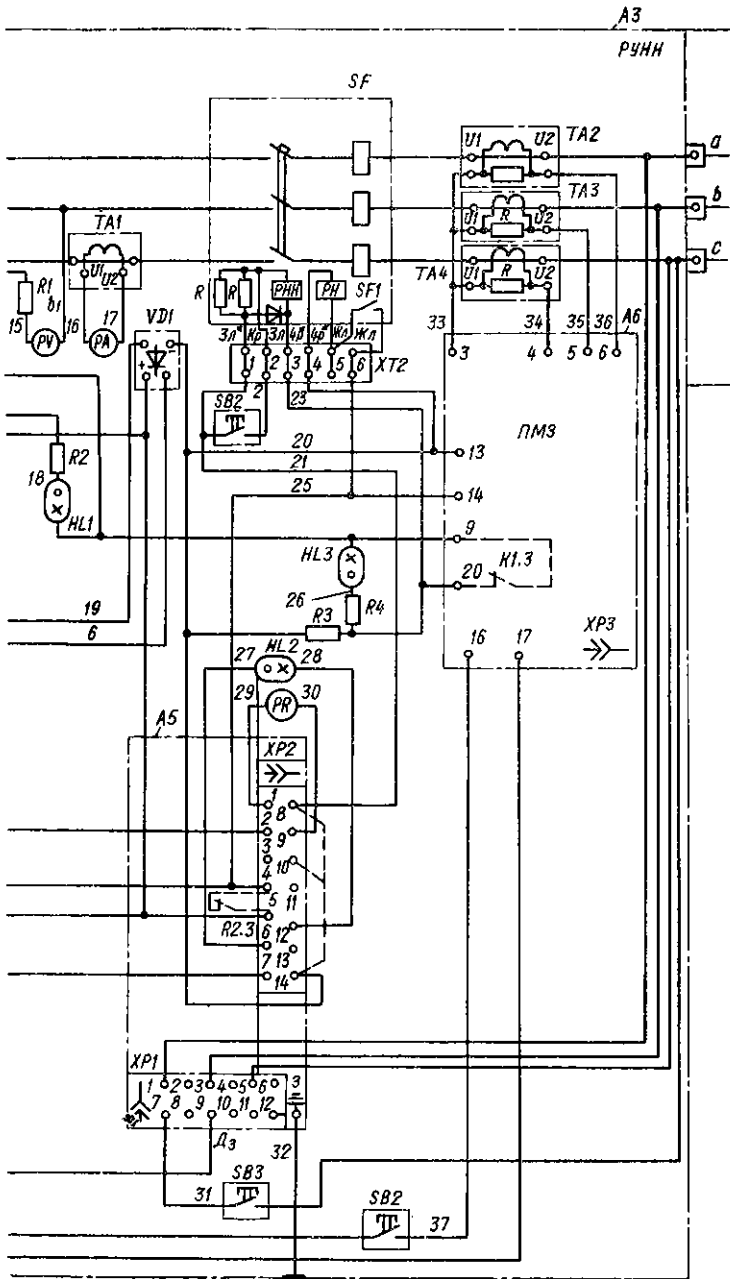


Рис. 21. Электрическая схема подстанции типа ТСВП.



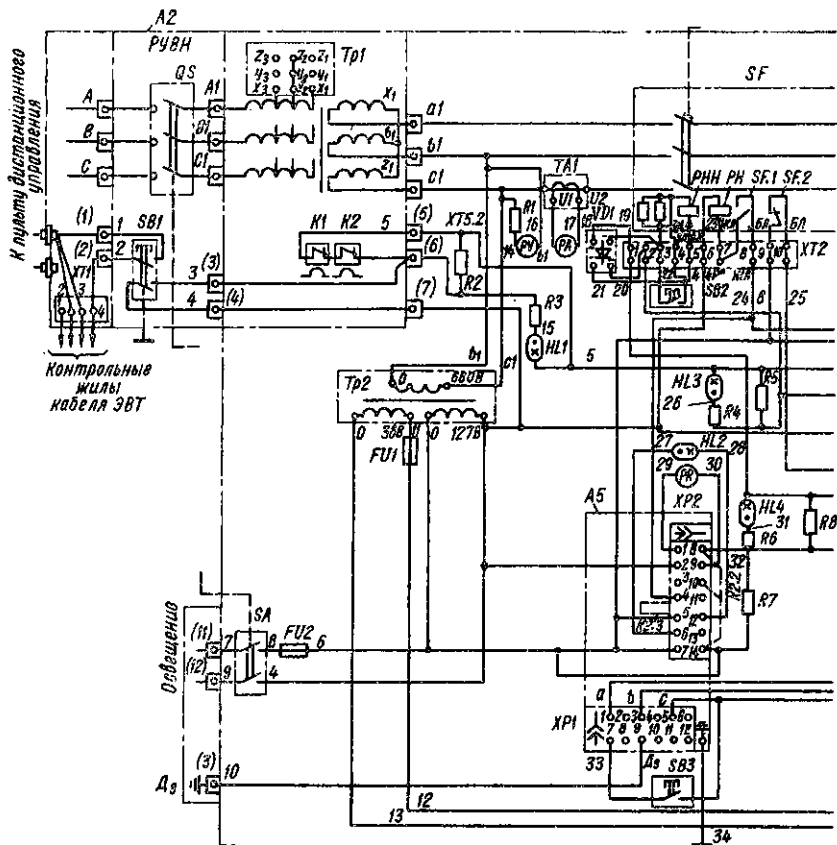


Рис. 22. Электрическая схема

В подстанциях мощностью 100, 160, 250 кВ А начала и концы обмоток НН силового трансформатора *Tr1* через проходные зажимы выведены в РУНН (обозначено АЗ), где производится соединение обмоток в звезду или треугольник. В подстанциях мощностью 400 и 630 кВ А соединение обмоток НН в звезду или треугольник выполнено на активной части трансформатора.

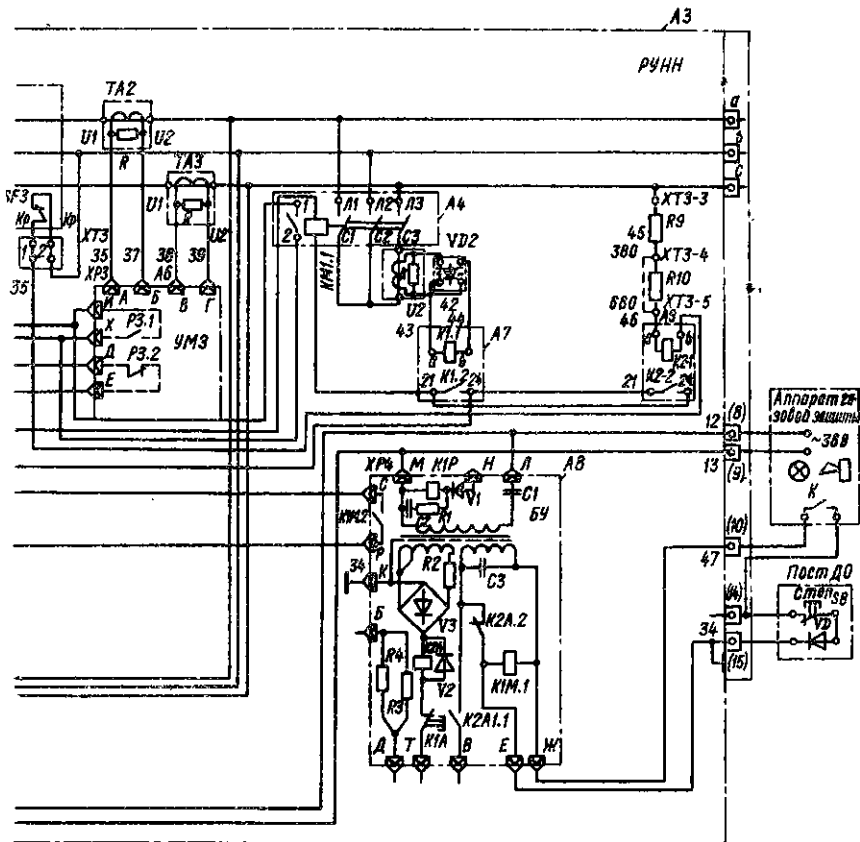
Для возможности изменения коэффициента трансформации обмотка ВН имеет отпайки, переключение которых осуществляется на специальной панели, расположенной в оболочке трансформатора *Tr1*.

Согласно электрической схеме подстанций в РУНН размещены:
автоматический выключатель *SF* на ток 250 А (подстанции мощностью 100 и 160 кВ А) и на 630 А (подстанции мощностью 250, 400 и 630 кВ А);
аппарат А5 типа АЗУР для защиты на стороне НН от токов утечки на землю и контроля изоляции сети относительно земли (защита типа БРУ);
блок А6 максимальной токовой защиты типа ПМЗ (или типа УМЗ для подстанций пластов круглого падения);

вольтметр *PV* типа 38030 (шкала на 0...750 В) с добавочным сопротивлением *R1*;

амперметр *PA* типа Э8030 (шкала на 0...400 А для подстанций мощностью 100, 160, 250 и 400 кВ А и на 0...600 А для подстанций мощностью 630 кВ × А);

предохранители *FU1* и *FU2* типа ВПТ6 соответственно на 5 и 2 А;



подстанций типа ТСВП-КП.

трансформатор $Tp2$ типа ОСВР-0,4УЗ на напряжение 380/36/127/18 В (подстанции мощностью 100, 160, 250 кВ А) ОСВР—0,4 УЗ на напряжение 660/36/127/18 В (подстанции мощностью 400 и 630 кВ А);

трансформаторы тока $TA2...TA4$ типов ТТЗ-250 А (подстанции мощностью 100 и 160 кВ А), ТТЗ-320 А (подстанции мощностью 250 и 400 кВ · А) и ТТЗ-630 А (подстанции мощностью 630 кВ А);

выключатель SA типа ПВ-2 в цепи местного освещения подстанции;

реле типа РП21;

выпрямительные мосты $VD1, VD2$ типа КЦ-402А;

выключатели $SB2, SB3$ типа КЕ03142;

контактор $A4$ типа КТУ-2АУХЛ5 на напряжение 380/660 В и частоту 50 Гц (в подстанциях пластов крутого падения);

ручной механический замыкатель на землю линии НН в отключенном состоянии (в подстанции напряжением 1140 В);

блок управления $A8$ типа БУ;

реле, встроенные в $A7$ и $A9$, типа РП21 (в подстанциях пластов крутого падения).

Напряжение 6000 В через кабельный ввод РУВН (на схеме обозначено $A2$), проходные изоляторы A, B, C , разъединитель-выключатель нагрузки QS , проходные зажимы $A1, B1, C1$ подается на обмотку ВН силового трансфор-

матора *Тр1*, соединенную в звезду. При включении выключателя *SF* напряжение 400, 690 или 1200 В подается на проходные зажимы *a, b, c* коробки выводов отделения *A3*. Выключатель *SF* снабжен нулевым *РНН* и независимым *РН* электромагнитными расцепителями.

В цепь катушки независимого расцепителя *РН*, питающейся от выпрямительного моста *VD1*, параллельно включены контакты блока *A6* максимальной токовой защиты, аппарата *A5* защиты от утечек тока, замыкающий контакт *SF1* автоматического выключателя *SF* и контакт аппарата *A4*.

Катушка нулевого расцепителя питается напряжением 110 В от выпрямительного моста *VD1*, в плечо которого последовательно включены контакты блока управления *БУ*, аппарата *A5* и блока *A6*, теплового реле и размыкающий контакт кнопки *SБ1* электромеханической блокировки разъединителя-выключателя *QS* с выключателем *SF*. Кнопкой *SБ2* закорачивается балластный резистор *R* в цепи питания катушки нулевого расцепителя в момент включения выключателя *SF*.

Аппарат *A5* подключен к шинам после выключателя *SF* на участке *a, b, c* и соединен с проходным зажимом *I3* дополнительного заземления *Дз*, которое выполняется на расстоянии не менее 5 м от местного заземления подстанции. Питание аппарата *A5* осуществляется напряжением 127 В от трансформатора *Тр2*. О срабатывании аппарата *A5* сигнализирует лампа *HL2*, расположенная у смотрового окна километра. Кнопкой *SБ3* проверяется исправность аппарата *A5*. Загорание лампы *HL2* до включения выключателя *SF* свидетельствует о снижении сопротивления изоляции отключенной силовой цепи ниже уставки *БРУ* или неисправности аппарата *A5*.

Блок *A6* обеспечивает регулируемую защиту от токов к.з. в линии НН. При срабатывании блока *A6* загорается сигнальная лампа *HL3*, расположенная у смотрового окна амперметра.

Защита трансформатора *Тр1* подстанции от перегрузок осуществляется двумя термодатчиками *K1* и *K2*, закрепленными на низковольтных отводах трансформатора. При чрезмерном перегреве контакты *K1* и *K2* размыкают цепь выпрямительного моста *VD1*, что приводит к отключению выключателя *SF*. Одновременно загорается лампа *HL1*, расположенная у смотрового окна вольтметра.

Питание аппарата газовой защиты предусмотрено от трансформатора *Тр2* напряжением 36 В через предохранитель *FУ1* и проходные зажимы 8, 9 выводной коробки отделения *A3*.

Контроль целостности заземляющей жилы отходящего от подстанции силового кабеля осуществляется блоком *A8*. В случае выполнения этим блоком дистанционного отключения диод *VD* встраивается в пост дистанционного отключения (*ДО*) и соединяется с размыкающим контактом кнопки *Стон*. При подаче напряжения 36 В от трансформатора *Тр2* срабатывает реле *K1M.1* и замыкает свой контакт *K1M.2* в цепи катушки *РНН* выключателя *SF*. Превышение сопротивления цепи заземляющей жилы 150 Ом приводит к отключению НН. В случае обрыва или замыкания цепей загорается лампа *HL4*. Исполнительный контакт аппарата газовой защиты включен последовательно в цепь контроля заземляющей жилы.

Короткозамыкатель *A4* выполнен на основе контактора КТУ-2А и предназначен для гашения генерируемой ЭДС двигателями после отключения. Управление электромагнитом *KM1.1* контактора осуществляется с помощью реле типа РП21, встроенных в *A7* и *A9*. Замыкающие контакты *K1.2* и *K2.2* этих реле соединены параллельно между собой и последовательно с размыкающим контактом *SF2*. Реле, встроенное в блок *A9*, через контакт *SF3* и гасящие резисторы *R9, R10* сопротивлением 10 кОм подключено к шинам *b, c* после выключателя *SF*.

В случае отключения выключателем *SF* двигательной нагрузки под действием ЭДС выбега ротора срабатывает реле, встроенное в блок *A9*, и контактом *K2.2* замыкает цепь питания электромагнита *KM1.1*, который срабатывает и закорачивает фазы *a, b, c*. Ток, протекающий через эту цепь, приводит к срабатыванию реле, которое своим контактом *K1.2* шунтирует контакт *K2.2*. По мере снижения тока, протекающего через короткозамыкатель, произойдет отключение реле, встроенного в *A7*, и разрыв цепи питания элект-

ромагнита *KM1.1*. При отсутствии двигательной нагрузки на подстанции реле, встроенные в *A7* и *A9*, не срабатывают и короткозамыкатель не выключается.

В подстанции предусмотрена электрическая блокировка, не допускающая включения выключателя *SF* на к.з. при аварийном состоянии контактора *A4*. Выполнена такая блокировка с помощью замыкающего контакта *KM1.2*, включенного в цепь независимого расцепителя *PH* выключателя *SF*.

Местное освещение подстанции, состоящее из двух светильников, подключено к проходным зажимам *11*, *12* через выключатель *SA* и предохранитель *FU2*.

В станции предусмотрена электромеханическая блокировка (рис. 23), которая исключает возможность отключения тока нагрузки разъединителем-выключателем *QS* и включение ВН к подстанции при отключенном выключателе *QS*. Предусмотрена также механическая блокировка, позволяющая снять рукоятку только при отключенном разъединителе-выключателе нагрузки и использовать ее затем для открывания крышек распределительного устройства ВН.

Электрическая блокировка осуществлена путем включения размыкающих контактов *I*, *II* и *III*, *IV* кнопки *SBI* соответственно в цепь дистанционного управления высоковольтной ячейкой и цепь катушки нулевого расцепителя выключателя *SF*. Механическая блокировка выполнена на основе штока кнопки *SBI*

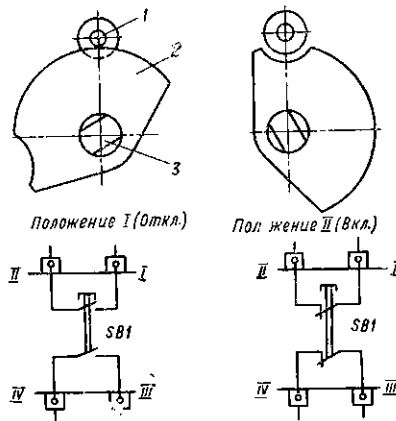


Рис. 23. Устройство электромеханической блокировки подстанций:

1 — шток, воздействующий на кнопочный выключатель; *2* — диск, сидящий на валу разъединителя-выключателя нагрузки; *3* — вал привода разъединителя-выключателя нагрузки.

и диска, посаженного на вал разъединителя-выключателя. Для отключения выключателя *QS* необходимо сначала нажать кнопку *SBI*. При этом шток *I* выходит из зацепления с диском *2* (положение *Откл.*). В этом положении размыкающие контакты кнопки *SBI* размыкают цепь катушки *PHH* выключателя *SF* и цепь дистанционного управления высоковольтной ячейкой. После поворота рукоятки выключателя *QS* в положение *Откл.* разомкнутое положение контактов кнопки *SBI* фиксируется и рукоятку можно снять для открывания крышек *РУВН*.

5.3. ОСНОВНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ, ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРЫ ИХ ОБНАРУЖЕНИЯ И УСТРАНЕНИЯ

В процессе эксплуатации подстанций могут возникать различные неисправности, нарушающие нормальную работу. Ряд возникающих отказов (повреждения изоляции, магнитопривода трансформатора, вводов и выводов, ответвлений и других частей, в результате чего происходит пробой изоляции и к. з. между фазами и на корпус) приводят к автоматическому отключению подстанций под действием соответствующих электрических защит.

Указанные виды отказов и такие неисправности, как повреждение блокировок, нарушение взрывозащиты оболочек и кабельных муфт, поломка разъединителя-выключателя, отказ любого вида защиты, несрабатывание автоматического выключателя, отсутствие или нарушение местного заземления, сильный неравномерный шум и потрескивание внутри трансформатора, возрастающий его нагрев при нормальной нагрузке, появление трещин и значительных сколов на изоляторах, следов перекрытия изоляторов и других,

12. Возможные неисправности подстанций КТП и методы их устранения

Неисправности и их признаки	Причины возникновения	Методы контроля и устранения неисправностей
Отключился выключатель ячейки ВН (при включенном автоматическом выключателе в РУНН)	1. К. з. на стороне ВН	1. Отключить автоматический выключатель в РУНН. Проверить сопротивление изоляции цепи ВН. (Ремонт в условиях завода)
	2. Перекрытие панели автоматического выключателя в РУНН на вводных зажимах	2. Заменить автоматический выключатель в РУНН
Резкий перекос напряжений по фазам НН	1. Однофазный пробой изоляции ВН на корпус	1. Проверить сопротивление изоляции со стороны ВН. (Ремонт в условиях завода)
	2. Обрыв одной из фаз цепи ВН	2. Проверить сопротивление изоляции и пофазно цепь ВН. (Ремонт в условиях мастерских шахты)
Отсутствует напряжение на одной из фаз НН	1. Обрыв одной из фаз цепи НН	1. Проверить пофазно цепь НН, контакты на проходных зажимах и силовые контакты автоматического выключателя в РУНН, при возможности произвести ремонт
Отключился автоматический выключатель в РУНН	1. Снизилось сопротивление изоляции цепи НН до следующих величин: однофазная утечка 6,2—7,2 кОм при 380 В и 11—14 кОм при 660 В; трехфазная утечка 10,5 кОм при 380 В и 30 кОм при 660 В	1. Определить место утечки замером сопротивления изоляции до и после автоматического выключателя в РУНН. Устранить повреждение
	2. Сработала максимальная защита в РУНН в результате к. з. в цепи НН	2. Обнаружить место повреждения и устранить к. з. Возвратить максимальную защиту в исходное положение и включить автоматический выключатель в РУНН
	3. Перегрелся силовой трансформатор, сработала тепловая защита	3. Через 5—10 мин после отключения включить автоматический выключатель в РУНН и проверить по амперметру ток нагрузки

Неисправности и их признаки	Причины возникновения	Методы контроля и устранения неисправностей
	4. Перекрытие панели автоматического выключателя в РУНН на выводных зажимах	4. Заменить автоматический выключатель в РУНН
	5. Пробой изоляции НН на корпус (нарушение основной изоляции фазы трансформатора, проходного изолятора)	5. Ремонт в условиях завода или в мастерских шахт
Сильный и неравномерный шум в трансформаторе, сопровождающийся потрескиванием	1. Ослабление опрессовки магнитопровода	1. Подтянуть стяжные болты, прессующие магнитопровод. (Ремонт в условиях завода)
	2. Перекрытие с обмотки или отводов на корпус	2. Усилить изоляцию отводов
	3. Обрыв заземления выемной части трансформатора	3. Восстановить заземление
Повышенный против нормального нагрев трансформатора, небольшое увеличение тока на стороне питания (на ячейке ВН)	1. Витковое замыкание в обмотке	1. Устранить витковое замыкание, частично или полностью заменить обмотку поврежденной фазы. (Ремонт в условиях завода)
Появление трещин на изоляторах, скользящих разрядов или следов перекрытия изоляторов	1. Заводской дефект или трещины, появившиеся в процессе эксплуатации	1. Заменить поврежденный изолятор
	2. Перекрытие между вводами различных фаз	2. Увеличить изоляционное расстояние между фазами или усилить изоляцию

не приводящих к отключению подстанций, должны быть немедленно устранены. Дальнейшая эксплуатация станций с перечисленными видами отказов и неисправностей должна быть прекращена.

Перечень возможных неисправностей подстанций КТП с указанием признаков и вероятных причин их возникновения, методов контроля и устранения приведен в табл. 12 [9].

6. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ РАСПРЕДПУНКТА УЧАСТКА

6.1. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ФИДЕРНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Конструкция, электрические схемы и технические данные. Взрывобезопасные автоматические фидерные выключатели (автоматы) предназначены для автоматического отключения электрической сети или отдельных отходящих присоединений при возникновении в них к.з., а также для оперативных включений и отключений электрических потребителей при нормальных режимах работы. Автоматы могут быть использованы для отключения сети при срабатывании аппаратуры защиты от утечек, газового контроля и другой защитной аппаратуры, применяемой в подземных выработках шахт [3; 6].

13. Технические характеристики взрывобезопасных автоматических фидерных выключателей серий АФВ и АВ

Автомат	Номинальный ток, А		Действующее предельное отключаемое тока, кА, при напряжении, В	Пределы уставок максимальной токовой защиты, А	Возможность дистанционного отключения	Число вводов (выводов)*		Габаритные размеры, мм			Масса, кг
	660					силовых	контрольных	Высота	Ширина	Глубина	
АФВ-1А	200	19	10	300—600	Нет	3		870	930	565	200
АФВ-2А	350	19	10	600—1200	Нет	3		910	940	600	205
АФВ-3А	500	19	10	1000—2000	Нет	3		1020	920	750	220
АФВД-2БК	350	10	7	600—1200	Есть	3		910	940	600	215
АВ-200ДО	200	30	27	400—1200	Есть	4		910	1200	790	340
АВ-320ДО	320	35	30	800—2400	Есть	4		910	1200	790	340
АВ-320ДО2	320	18 (при напряжении 1140 В)		800—2400	Есть	4		910	1050	790	355

* Наружный диаметр подключаемых силовых кабелей составляет 36—59 мм, контрольных—18—29.

В настоящее время выпускаются взрывобезопасные автоматические фидерные выключатели серий АФВ и АВ (табл. 13) на напряжение 380 и 660 В и АВ-320ДО2 на напряжение 1140 В. Номинальный режим работы их продолжительный. В зависимости от напряжения сети отключающая катушка автомата устанавливается на соответствующее напряжение. Полное время отключения автоматов серии АВ не превышает 0,05 с при кратности тока к. з. к току уставки максимальной токовой защиты, равной 1,5. Полное время отключения автоматов серии АФВ не превышает 0,1 с.

Автоматы серии АФВ представляют собой заключенные во взрывонепроницаемые оболочки автоматические воздушные выключатели типа АВМ-4У на ток 350 А (в АФВ с током 200 А) и типа АВМ-6У на ток 500 А (в АФВ с током 350 А); в автоматах серии АВ во взрывонепроницаемые оболочки встроены автоматические воздушные выключатели типа АЗ700У.

Автомат АФВ-2БК (рис. 24) отличается от АФВ-1А, АФВ-2А и АФВ-3 наличием блока дистанционного отключения. Автоматы серии АФВ имеют механическую блокировку, которая не допускает повторного его включения, если он отключен в результате срабатывания расцепителей максимального тока $QF2.1$, $QF2.2$ (рис. 25, а) Возврат блокировочного устройства в исходное положение производится вручную. В автомате АФВД-2БК (рис. 25, б) при подаче напряжения на зажимы $L1$, $L2$, $L3$ и непажатай кнопке SB

дистанционного отключения реле K шунтируется диодом и обтекается однополупериодным током. Включаясь, реле K размыкает свои размыкающие контакты в цепи катушки $QF1$ независимого расцепителя, при этом автомат может быть включен вручную с помощью рукоятки. При нажатии на кнопку SB реле K отключается, катушка $QF1$ обтекается переменным током и автомат отключается.

Автоматы АВ-200ДО и АВ-320ДО (рис. 26) отличаются друг от друга только трансформаторами тока, имеют отделение III разъединителя, в ко-

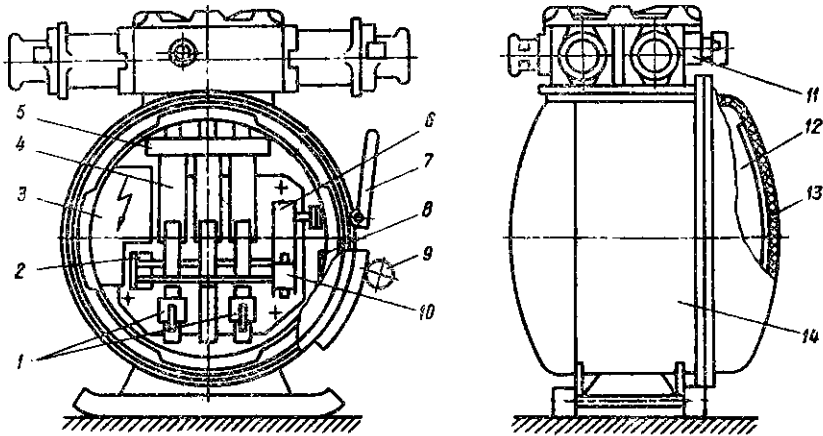


Рис. 24. Автоматический фидерный выключатель АФВД-2БК:

1 — максимальные расцепители; 2 — буфер; 3 — блок дистанционного отключения; 4 — дугогасительные камеры и контактная система; 5 — перегородка; 6 — механизм свободного расцепления; 7 — рукоятка выключателя; 8 — привод кнопки проверки максимальных расцепителей; 9 — приспособление для открывания крышки; 10 — независимый расцепитель; 11 — коробка вводов; 12 — крышка; 13 — изоляционная прокладка, 14 — оболочка.

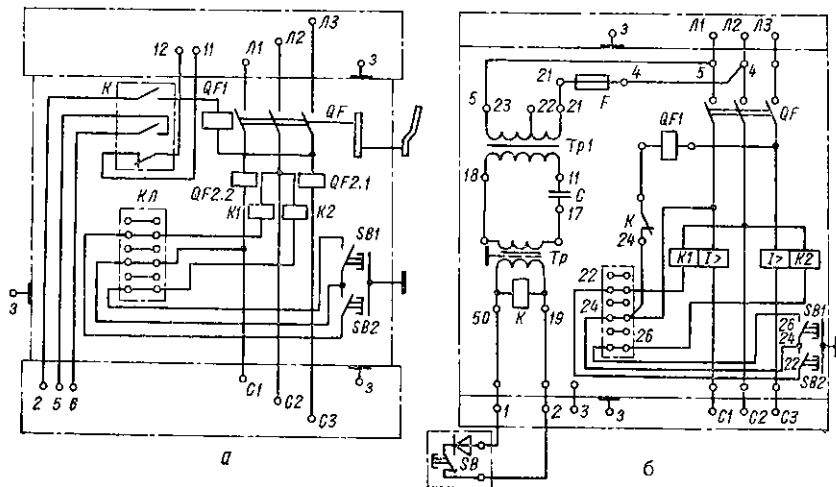
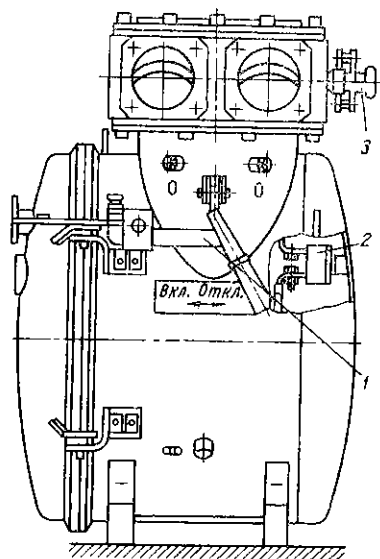


Рис. 25. Электрические схемы автоматических фидерных выключателей серии АФВ с ручным управлением (а) и АФВД-2БК с дистанционным отключением (б).

Рис. 26. Автоматические фидерные выключатели АВ-200ДО и АВ-320ДО:

1, II — отделения выводов и вводов; III, IV — отделения разъединителя коммутационного аппарата; 1 — механическая блокировка крышки с рукояткой разъединителя; 2 — трансформатор тока; 3, 6 — кабельные выводы; 4, 5 — смотровые окна вольтметра и сигнальных ламп; 7 — блок ПМЗ; 8 — привод выключателя; 9 — выключатель АЗ700У; 10 — взрывонепроницаемая оболочка; 11 — панель аппаратуры управления и сигнализации; 12, 13 — проходные зажимы; 14, 15 — рукоятки привода выключателя и блокировочного разъединителя.



тором установлен блокировочный выключатель *QS*, и отделение IV коммутационного аппарата. В отделении коммутационного аппарата, закрываемого быстрооткрываемой крышкой, размещены (рис. 27): автоматический выключатель *QF* с независимым *QF1*, нулевым *QF2* и максимальными *QF3* расцепителями; блок максимальной токовой защиты *A1* (ПМЗ); трансформаторы тока *ТА1*, *ТА2* и *ТА3*; блоки блокировочного реле утечки *A5* (БРУ), дистанционного отключения *A3* (ДО), присоединения блокировочного реле утечки *A6* и диодов *A2*; трансформатор напряжения *Тн*; кнопки *S1* проверки блокировочного реле утечки и *S2* возврата максимальной токовой защиты ПМЗ; сигнальные лампы *H1*, *H2* и *H3*, вольтметр *PV* с добавочным резистором *R*.

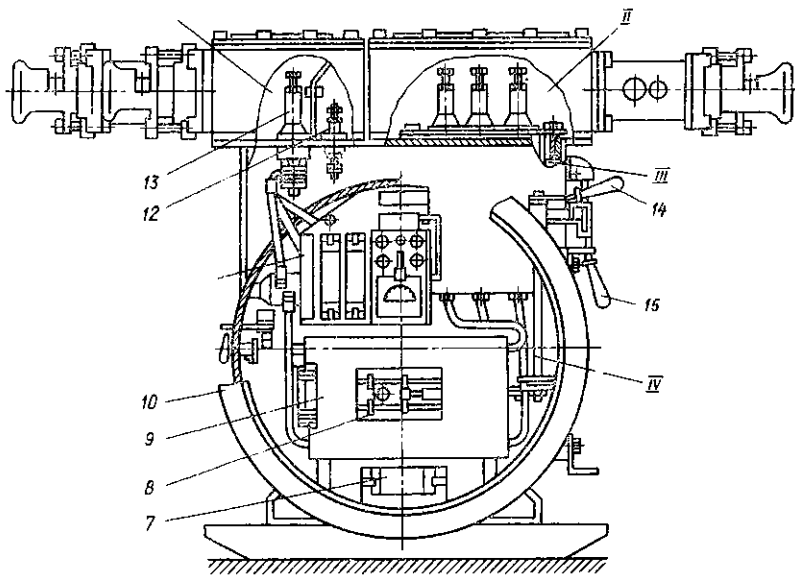
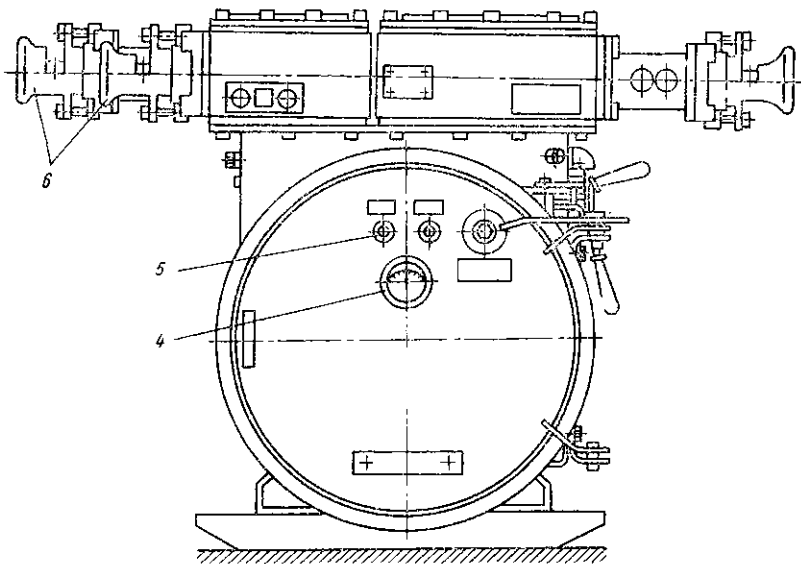
Механическая блокировка выключателей позволяет открыть быстрооткрываемую крышку только при отключенном выключателе *QS* и не допускает его включения при открытой крышке. Отключать *QS* можно только при выключенном автомате.

Автомат АВ-320ДО2 (рис. 28) отличается от АВ-320ДО наличием двух блоков дистанционного отключения ДО и отсутствием устройства блокировки и включения выключателя *QF* при недопустимом снижении сопротивления изоляции фаз силовой цепи относительно земли (защита типа БРУ).

Электрические схемы автоматов серии АВ обеспечивают максимальную токовую защиту от токов к.з. отходящих силовых цепей; защиту от потери управления цепи дистанционного отключения при обрыве или замыкании проводов, проложенных в кабеле; блокировки, предотвращающие включение автомата при снижении сопротивления изоляции относительно земли в силовой цепи ниже 30 кОм (кроме АВ-320ДО2) или при к.з. в силовой цепи; световую сигнализацию о включении выключателя, срабатывании устройства защиты (кроме АВ-320ДО2) и проверку их действия.

Автоматы АВ-320ДО2 на напряжение 1140 В отличаются от АВ-320ДО тем, что на боковой части их корпуса имеются два смотровых окна для визуального контроля положения контактов блокировочного разъединителя, конструкция которого обеспечивает заземление его ножей в отключенном состоянии. Конструкция коробки вводов автоматов АВ-320ДО2 обеспечивает подсоединение кабелей марки ЭВТ или гибких экранированных кабелей.

Правила эксплуатации автоматических фидерных выключателей. Автоматы передпуском в шахту осматривают, убеждаются в отсутствии поврежденной взрывонепроницаемой оболочки, вводных устройств, рукояток выключателя и блокировочного разъединителя, смотровых окон, механической блокировки, заземляющих зажимов, а также в том, что все крепежные болты плотно затянуты, на месте заглушки и уплотнительные кольца в кабельных вводах. При осмотре проверяют состояние взрывозащитных поверхностей, целостность и надежность монтажа встроенной электрической аппаратуры, надеж-



ность присоединения силовых и контрольных проводов. С помощью мегомметра измеряют сопротивление изоляции токоведущих частей относительно корпуса, которое должно быть не менее 6 МОм. Для предупреждения пробоев диодов у автоматов серии АВ перед проверкой сопротивления изоляции блок БРУ должен быть снят.

У автоматов серии АФВ проверяют отсутствие затираний в шарнирных соединениях механизма свободного расцепления и других подвижных частей выключателя, наличие и надежность крепления дугогасительных камер. Зазоры плоских соединений оболочек автоматов не должны превышать

0,2 мм. Как отмечалось, зазор контролируется щупом не менее чем в четырех точках соединения, расположенных равномерно по периметру при нормальной затяжке крепежа. Необходимо произвести опробование автомата под напряжением. До подачи напряжения автомат должен быть заземлен.

Косвенным методом проверяют действие механизма свободного расцепления и максимальной токовой защиты. Для этого у автоматов АФВ-1А, АФВ-2А и АФВ-3А поворотом рукоятки флажкового типа замыкается цепь катуш-

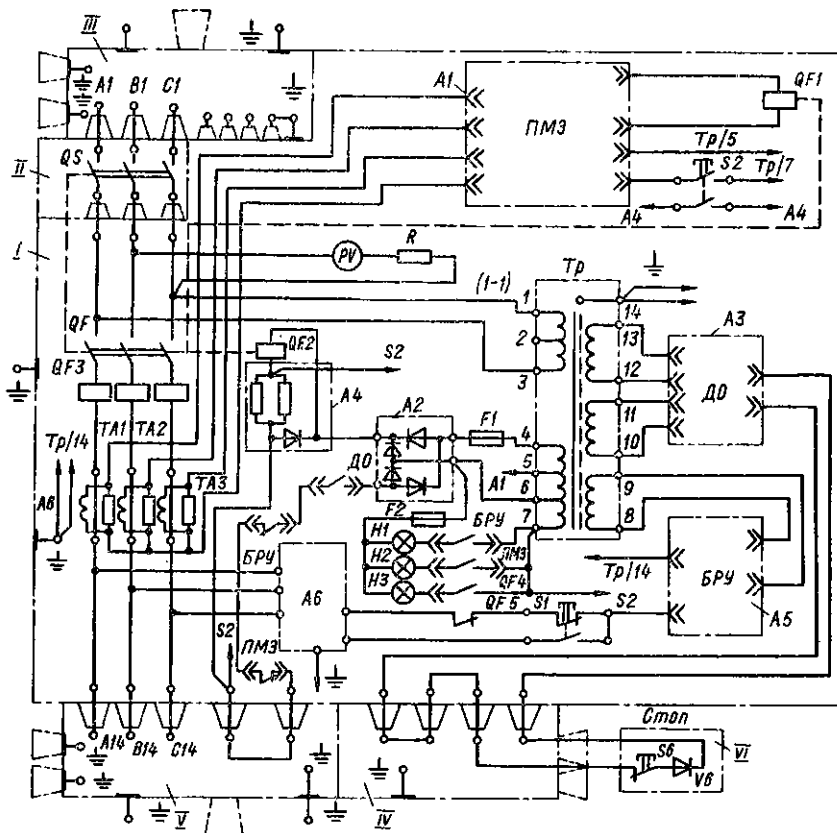


Рис. 27. Электрическая схема взрывобезопасных автоматических фидерных выключателей АВ-200ДО и АВ-320ДО:

(I, II — отделения выключателя и разъединителя; III, V — отделения вводов и выводов; IV — камера контрольных вводов; VI — пульт дистанционного отключения).

ки проверки. Если указатели на обоих реле максимального тока предварительно были установлены против контрольной метки 380 или 660 В (в зависимости от напряжения питающей сети), то при исправных максимальном реле и механизме свободного расцепления поворот рукоятки флажкового типа как в одну, так и в другую сторону вызывает отключение автомата. Максимальная токовая защита считается исправной, если ее срабатывание происходит не менее чем при трех поворотах рукоятки флажкового типа в одну сторону. Время удержания рукоятки в положении проверки не должно превышать 0,2 с.

У автоматов серии АВ после включения блокировочного разъединителя QS (рис. 27 и 28) напряжение подается на трансформатор *Tr* и вольтметр

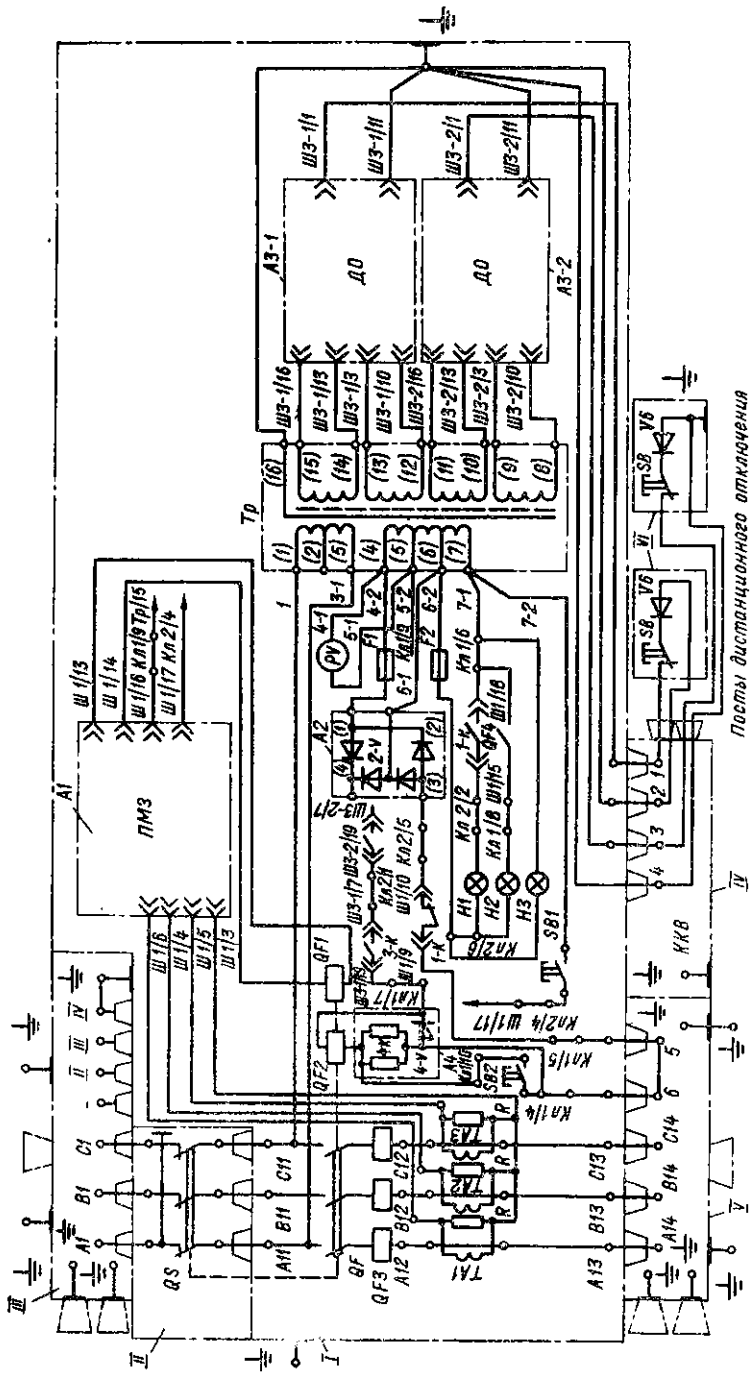


Рис. 28. Электрическая схема взрывобезопасного автоматического выключателя АВ-320Д02.

PV. Отсутствие свечения ламп *H1* (*БРУ*) и *H2* (*ПМЗ*) свидетельствует о нормальном состоянии электрической схемы и отходящем от автомата силовом присоединении. Свечение лампы *H2* указывает на то, что контакт блока *ПМЗ* блокирует включение цепи нулевого расцепителя *QF2* и тем самым невозможно включить автоматический выключатель *QF*. Нажатие на кнопку *S2* (*Взвод защиты*) переводит блок *ПМЗ* в рабочее состояние, и его контакт в цепи *QF2* замкнется. Цепь расцепителя *QF2* будет незаблокированной для включения, если контакты цепи дистанционного отключения *ДО* и устройства *БРУ* также замкнуты.

Воздействием на кнопку *S1* (*Проверка БРУ*) проверяется работа устройства *БРУ*. В этом случае к измерительной части *БРУ* подключается блок присоединения *Аб*, в котором резистор с заданной уставкой сопротивления изоляции соединен с землей. Срабатывание устройства *БРУ* приводит к блокировке включения цепи нулевого расцепителя *QF2* и, следовательно, к невозможности включения *QF*.

Во время доставки автомата на рабочее место необходимо следить за тем, чтобы он не подвергался значительным ударам и сотрясениям. Устанавливают автомат, как правило, на распределительном пункте участка.

Монтаж автомата сводится к его установке на рабочем месте, подключению к сети и заземлению корпуса. Разделанные концы вводного кабеля (от источника тока) присоединяются к зажимам в отделении вводов, а концы кабеля, идущего к токоприемникам, — к зажимам в отделении выводов. Неиспользованные отверстия кабельных выводов закрывают заглушками и уплотняют резиновыми кольцами.

После монтажа следует осмотреть внутренние части автомата, опробовать его в работе (включение и отключение) вручную, установить соответствующие уставки тока срабатывания максимальной токовой защиты. Уставка тока срабатывания у автоматов серии АФВ выбирается путем установки указателей на обоих реле максимального тока против цифр, соответствующих выбранной уставке тока срабатывания, а в автоматах серии АВ — установкой рукоятки потенциометра блока *ПМЗ* на соответствующее деление шкалы (табл. 14).

14. Уставки тока срабатывания автоматических фидерных автоматов серии АВ

Автомат	Ток уставки, А, соответствующий условным единицам (1—9) на шкале блока защиты								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
АВ-200ДО	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
АВ-320ДО	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400
АВ-320ДО2	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400

При подаче напряжения на ввод автомата серии АФВ проверяют четкость его включения и отключения с помощью рукоятки и действие максимальной токовой защиты, а в автомате АФВД-2БК, кроме того, — дистанционное отключение нажатием на кнопку *Стоп* пульта дистанционного отключения. При подаче напряжения на ввод автомата серии АВ и включении блокировочного разъединителя вольтметр должен показывать напряжение сети, а после нажатия на кнопку *S2* (*Взвод защиты*) и установки рукоятки автоматического выключателя в положение *Включено* должна загораться лампа подсветки шкалы вольтметра, имеющая белый светофильтр. При нажатии на кнопку *Стоп* пульта дистанционного отключения или при установке рукоятки автоматического выключателя в положение *Отключено* лампа подсветки вольтметра должна погаснуть.

Перед включением автомата в работу необходимо проверить целостность заземляющих проводников, а также действие устройства *БРУ* и блока *ПМЗ*, как это описано выше. При наличии присоединенного к автомату реле утечки следует проверять срабатывание независимого расцепителя автомата, нажимая на кнопку *Проверка* реле утечки.

15. Возможные неисправности взрывобезопасных автоматов и методы их устранения

Неисправности и их признаки	Причины возникновения	Методы контроля и устранения неисправностей
Автомат не включается	1. Разрегулирован механизм свободного расцепления	1. Отрегулировать механизм и устранить заедание (для автоматов серий АФВ и АФВД-2БК)
	2. Обрыв или замыкание жил кабеля, подключающего кнопку дистанционного отключения	2. Устранить обрыв или замыкание (для автоматов АФВД-2БК и АВ, то же для п. 3 и 4)
	3. Сгорел предохранитель блока управления	3. Заменить плавкую вставку
	4. Неисправен диод в кнопке дистанционного отключения	4. Заменить диод
Выключатель не взводится и не горит лампа подсветки вольтметра	1. Отсутствует напряжение на вводе выключателя	1. Повторно включить разъединитель (для автоматов серии АВ, то же для остальных пунктов)
	2. Недовлечен разъединитель	2. То же
	3. Сгорела лампа	3. Заменить лампу
То же, но вольтметр показывает напряжение	1. Нажата кнопка <i>Стоп</i> на пункте дистанционного отключения	1. Отпустить кнопку <i>Стоп</i>
	2. Обрыв или замыкание цепи дистанционного отключения	2. С помощью омметра проверить цепь, устранить повреждение или замкнуть кабель
	3. Неисправен диод пульта дистанционного отключения	3. Заменить диод
	4. Неисправен блок ДО	4. Замкнуть блок ДО
	5. Вышел из строя нулевой расцепитель	5. Отремонтировать или заменить нулевой расцепитель
	6. Повреждение изоляции отходящего присоединения. При этом срабатывает блок БРУ и загорается сигнальная лампа с желтым светофильтром	6. С помощью мегаомметра отыскать и устранить повреждение или замкнуть кабель

Неисправности и их признаки	Причины возникновения	Методы контроля и устранения неисправностей
	7. Замыкание между жилами силовой цепи, при этом срабатывает устройство ПМЗ и загорается сигнальная лампа с красным светофильтром	7. С помощью мегаомметра определить место замыкания, устранить повреждение и с помощью кнопки взвести минимальную токовую защиту
	8. Сгорел предохранитель	8. Заменить плавкую вставку предохранителя
	9. Вышел из строя понижающий трансформатор	9. Заменить трансформатор
Автомат не отключается при к. з. в защищаемой сети	1. Заедает якорь максимального расцепителя	1. Устранить заедание, промыть ось и смазать подшипник якоря
	2. Заедает отключающий вал в подшипниках	2. Устранить заедание
	3. Приварились контакты автомата	3. Разъединить контакты, зачистить или сменить и отрегулировать
Ток срабатывания максимального расцепителя отличается от уставки более чем на $\pm 10\%$	1. Неточная установка указателя относительно меток на шкалах	1. Поворотом регулировочного винта установить указатель точно
	2. Заедание в оси якоря или в других шарнирах	2. Устранить заедание, прочистить и смазать подшипники
При включенном выключателе не загорается лампа подсветки вольтметра	1. Сгорел предохранитель	1. Заменить плавкую вставку предохранителя
	2. Сгорела лампа	2. Заменить лампу
При проверке устройства ПМЗ и блока БРУ не загораются лампы	1. Неисправность устройства ПМЗ и БРУ	1. Заменить ПМЗ и БРУ
	2. Сгорел предохранитель	2. Заменить плавкую вставку предохранителя
	3. Сгорела одна из ламп	3. Заменить сгоревшую лампу
Блок БРУ не блокирует выключатель, а при включении выключателя срабатывает реле утечки	1. Неисправен блок БРУ	1. Заменить блок БРУ
	2. Неисправен блок присоединения	2. Заменить блок присоединения

Неисправности и их признаки	Причины возникновения	Методы контроля и устранения неисправностей
Выключатель отключается под действием защиты от утечки и блокируется с помощью блока БРУ	1. Понижен уровень изоляции отходящего от автомата участка сети	1. Проверить мегаомметром отходящий участок сети и устранить повреждение изоляции
	2. Пробой первичной обмотки трансформатора тока на корпус	2. Заменить трансформатор тока
Чрезмерный нагрев токоведущих частей	1. Ослаблен или окислен контакт	1. Разобрать и очистить контактные поверхности (для всех автоматов)

Техническое обслуживание автомата производят ежемесячно, ежемесячно и еженедельно, а текущий ремонт — ежеквартально.

При ежемесячном техническом обслуживании производят внешний осмотр автомата, проверяют визуально целостность оболочки, наличие и исправность заземления корпуса, наличие пломбы и этикетки назначения. Ремонтные работы по замечаниям обслуживающего персонала и дежурного электрослесаря обычно выполняют в ремонтную смену. При ежесуточном техническом обслуживании кроме работ, предусмотренных ежемесячным обслуживанием, проверяют действие устройства БРУ.

Текущие ремонты проводят при полном снятии напряжения с автомата. Кроме работ, выполняемых при техническом обслуживании, при текущем ремонте производят работы по проверке взрывозащитных поверхностей фланцев, уплотняющих прокладок, надежности крепления проводов силовой цепи и цепей управления к зажимам, целостности изоляторов проходных зажимов, состояния монтажа внутренней проводки, исправности механических блокировок, качества уплотнений кабелей во вводах, действия максимальной токовой защиты, устройства БРУ и дистанционного отключения автомата, а также устранения возможных неисправности.

После отключения тока к.з. автоматом серии АФВ его автоматический выключатель должен быть осмотрен, очищен от копоти и брызг металла. Периодически, но не реже одного раза в квартал, у автоматов серии АФВ снимают и осматривают дугогасительные камеры. При этом нужно следить за тем, чтобы отдельные пластины деионных решеток не касались друг друга, контакты выключателя не задевали за стенки камер и не касались стальных пластин решетки. При обнаружении на контактах капелек металла или следов обгорания зачищают рабочую поверхность контактов.

Главные контакты автомата должны соприкасаться по плоскости, разрывные — по линии не менее чем на 75 % ширины контактов. Относительное смещение подвижных и неподвижных контактов по ширине допускается не более 1 мм. Раствор у основных контактов должен быть не менее 60 мм, зазор между главными контактами в момент соприкосновения разрывных контактов — не менее 2,5 мм.

В процессе эксплуатации периодически производят проверку действия БРУ (не реже одного раза в неделю) и максимальной токовой защиты (не реже одного раза в месяц) косвенными методами, а также сопротивления изоляции силовой цепи, которое должно быть не менее 1 МОм для каждой фазы. Проверка максимальной токовой защиты методом первичного тока производится на всех уставках реле не реже одного раза в 6 мес по методике, приведенной в инструкции по проверке максимальной токовой защиты шахтных аппаратов (Приложение к Правилам безопасности). Характерные неисправности взрывобезопасных автоматов, вероятные причины, вызывающие эти неисправности, и методы их устранения приведены в табл. 15.

6.2. РУДНИЧНЫЕ МАГНИТНЫЕ ПУСКАТЕЛИ

Конструкция, электрические схемы и технические данные. Магнитные пускатели во взрывобезопасном исполнении с искробезопасными цепями применяются для дистанционного управления электроприемниками и в первую очередь трехфазными асинхронными двигателями горных машин, а также для защиты токоприемников и питающих их кабелей от токов к. з. и перегрузок (в пускателях с блоками ТЗП).

Электрические схемы пускателей обеспечивают дистанционное управление с помощью кнопочных постов или дутьлов, встроенных в корпус машины или установленных отдельно; дистанционное реверсирование двигателя (реверсивные пускатели); защиты от токов к.з. отходящих от пускателей силовых цепей и от перегрузок (при наличии блоков ТЗП), нулевую, от потери управляемости при обрыве или замыкании проводов управления между собой и с заземляющей жилой, от самовключения пускателя при повышении напряжения в питающей сети до 150 % номинального, от обрыва или увеличения сопротивления цепи заземления выше 100 Ом (при напряжении 1140 В — выше 50 Ом), от неполнофазного режима работы пускателя при перегорании плавкой вставки предохранителя в силовой цепи (пускатель ПМВИР-41). Они также обеспечивают электрическую блокировку, препятствующую включению пускателя при снижении сопротивления изоляции в отходящем присоединении ниже нормируемой величины; ограничение частоты включения пускателя до 1200 циклов «Включено — Отключено» (В—О) в час с интервалом после отключения и последующим включением не менее 3 с; сигнализацию о срабатывании устройства БРУ; проверку исправности мак-

16. Основные технические данные взрывобезопасных магнитных пускателей

Пускатель	Номинальный ток продолжительного режима, А	Номинальное напряжение, В	Вид встроенной защиты	Уставки максимальной токовой защиты, А	Коммутационная способность, А	
					на отключение (эффективное значение тока)	на включение (амплитудное значение тока)
ПМВИ-13М	13	350/660	УМЗ	125—375	1500	2700
ПМВИ-23М	125	380/660	УМЗ	250—750	2500	4600
ПМВИ-61	240	380/660	МР*	500—1500	2100	3500
ПВИ-25Б	25	380/660	УМЗ	63—187	1500	2700
ПВИ-63Б	63	330/660	УМЗ (ПМЗ)	125—375	1500	2700
(ПВИ-63БТ)						
ПВИ-125Б	125	380/660	УМЗ (ПМЗ)	250—750	2500	4600
(ПВИ-125БТ)						
ПВИ-250	250	380/660	УМЗ	500—1500	4000	7000
ПВИ-250Б	250	380/660	УМЗ	500—1500	4000	7000
ПВИ-320	320	380/660	УМЗ	800—2400	4800	8800
ПВ-1140-2×25	2×25	1140	УМЗ (ПМЗ)	125—375	Не нормируются	
(ПВ-1140-2×25Т)						
ПВ-1140-250	250		УМЗ	500—2500	3000	5600
ПВ-1140-2×63	2×63		УМЗ (ПМЗ)	250—750	1000	1650
(ПВ-1140-2×63Т)						
ПВВ-320Т	320	1140/660	ПМЗ	800—2400	3200/4800	6000/8800
ПРА	16	127/220 380/660	МР*	120	600	1650
<i>Реверсивные пускатели</i>						
ПМВИР-41	80	380/660	ППр*	100—200	900	1500
ПМВИР-250	250	380/660	УМЗ	500—1500	3750	7000
ПВИР-250	250	380/660	УМЗ	500—1500	3750	7000

* МР — расцепитель максимального тока; ППр — плавкий предохранитель.

симальной токовой защиты, схемы управления и цепи втягивающей катушки контактора (кроме пускателей ПМВИ-61 и ПМВИР-41); возможность подключения температурной защиты с размыкающим контактом, встроенной в двигатель.

Пускатели предназначены для работы в продолжительном, продолжительно-прерывистом, кратковременном и повторно-кратковременном режимах. Они могут работать в сетях напряжением до 660 (1140) В переменного тока частотой 50 Гц с изолированной нейтралью трансформатора. Основные технические данные пускателей приведены в табл. 16.

У пускателей ПВИ-250Б по сравнению с ПВИ-250 изменена схема включения контактора, а также исключена необходимость изменения положения переключателя для проверки исправности схемы управления и цепи питания втягивающей катушки контактора.

17. Характеристики кабельных вводов взрывобезопасных магнитных пускателей

Пускатель	Ввод питания		Транзитный вывод		Вывод к катушке		Ввод контрольного кабеля	
	Количество	Наружный диаметр, мм	Количество	Наружный диаметр, мм	Количество	Наружный диаметр, мм	Количество	Наружный диаметр, мм
ПМВИ-13М		27—43		27—43	1	27—43	2; 1	18—29; 27—43
ПМВИ-23М		36—59	1	36—59		36—59	2; 1	18—29; 27—43
ПМВИ-61; ПМВИР-41		36—59	1	36—59	1	36—59	2	26—38; 18—29
ПВИ-25Б		27—43	1	27—43	1	27—43	2; 1	18—29; 11—17
ПВИ-63Б; ПВИ-63БТ		36—59		36—59		27—43	2; 1	18—29; 11—17
ПВИ-125Б ПВИ-125БТ		36—59		36—59		36—59	2; 1	18—29; 11—17
ПВИ-320; ПВВ-320Т; ПВИ-250	2	36—59	2	36—59	2	36—59	2	18—29
ПВИ-250Б; ПВИР-250		36—59		36—59		36—59	2; 1	18—29; 11—17
ПВИ-1140-2×25; ПВ-1140-2×25БТ	2	27—43	2	27—43; 18—29	2	27—43	2; 1	18—29; 11—17
ПВ-1140-2×63; ПВ-1140-2×63БТ	2	36—59		36—59; 18—29	2	27—43	2; 1	18—29; 11—17
ПВ-1140-250	2	36—59		36—59; 18—29	2	36—59	2; 1	18—29; 11—17
ПРА		32	1	32	2	32	4	20

Примечание. По спецзаказу пускатели серии ПВИ изготавливаются со штепсельным вводом к нагрузке.

Характеристики кабельных вводов пускателей приведены в табл. 17, габаритные размеры и масса — в табл. 18. Максимальные длительные мощности асинхронных двигателей, которые могут быть подключены к пускателям, указаны в табл. 19.

В прерывисто-продолжительном режиме работы максимальная мощность двигателя, коммутируемая каждым контактором пускателя ПВ-1140-2×25,

18. Габаритные размеры и масса взрывобезопасных магнитных пускателей

Пускатель	Высота, мм	Ширина, мм	Глубина, мм	
ПМВИ-13М (ПМВИ-23М)	685 (685)	620 (760)	650 (650)	150 (155)
ПМВИ-61	870	940	610	217
ПВИ-25Б; ПВИ-63Б; ПВИ-125Б; ПВИ-63БТ; ПВИ-125БТ	700	700	850	200
ПВИ-250; ПВИ-250Б	860	830	870	350
ПВИ-320 (ПВИ-1140-250)	910 (870)	820 (850)	940 (980)	415 (430)
ПВ-1140-2×25; ПВ-1140-2×63; ПВ-1140-2×25Б; ПВ-1140-2×63Б	870	850	980	410
ПМВИР-41	870	940	610	207
ПМВИР-250	860	830	1050	415
ППВ-320Т	910	820	980	430
ПРА	600	600	700	140

не должна превышать 50 кВт. При работе пускателей серии ПВИ в повторно-кратковременном режиме в категории применения АС-3 с частотой 600 циклов В—О в час при относительной продолжительности включения (ПВ) не более 40 %, а в категории применения АС-4 — 120 циклов В—О в час при ПВ-25 % в течение не более 2 мин.

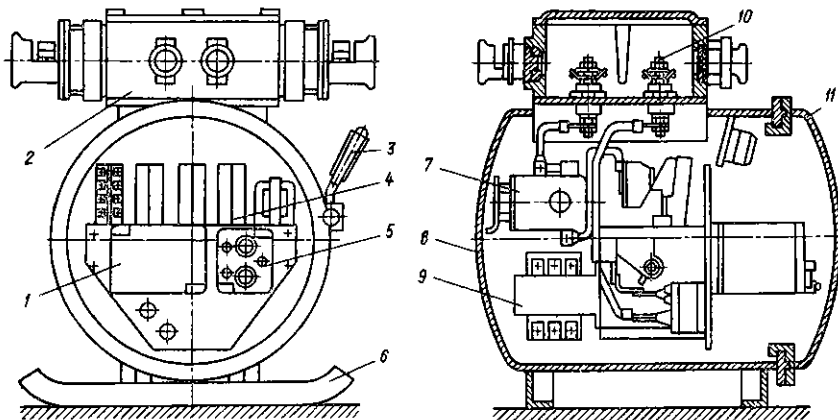


Рис. 29. Пускатели ПМВИ-13М и ПМВИ-23М:

1 — блок управления; 2 — вводное устройство; 3 — рукоятка разъединителя; 4 — контактор; 5 — блок УМЗ; 6 — салазки; 7 — реверсивный разъединитель; 8 — взрывонепроницаемая оболочка; 9 — понижающий трансформатор; 10 — проходной зажим; 11 — быстрооткрываемая крышка аппаратного отделения

Значения уставок максимальной токовой защиты типа УМЗ, применяемой в магнитных пускателях, приведены в табл. 20.

Уставки устройства блокировки БРУ пускателей ПМВИ-13М, ПМВИ-23М и серии ПВИ составляют 30 кОм. У пускателей серии ПВ на напряжение 1140 В предупредительная уставка равна 250 кОм, аварийная — 90 кОм,

19. Максимальные длительные мощности подключаемых к пускателям асинхронных двигателей

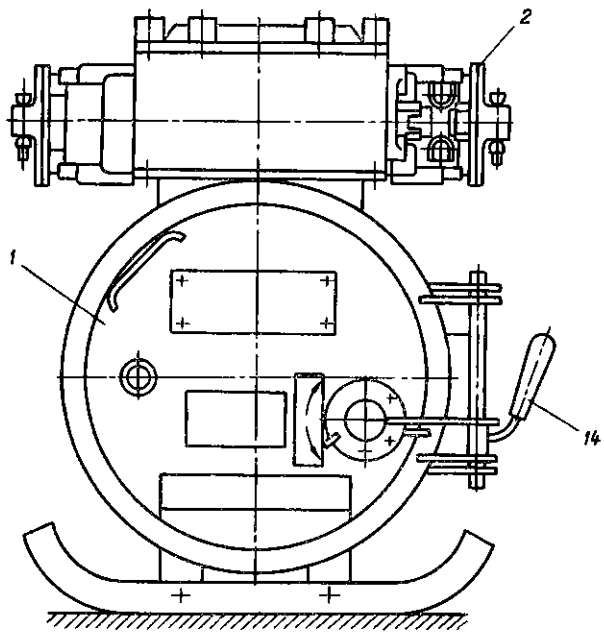
Пускатель	Номинальное напряжение, В		Пускатель	Номинальное напряжение, В	
	380	660		380	660
ПВИ-25Б	380	660	ПВ-1140-2×63; ПВ-1140-2×63БТ	1140	2×80
ПВИ-63Б; ПВИ-63БТ	380	660	ПВ-1140-250	1140	320
ПВИ-125Б; ПВИ-125БТ	380	660	ПМВИ-13М	380	32
				660	55
ПВИ-250; ПВИ-250Б; ПВИР-250*	380	660	ПМВИ-23М	380	55
				660	100
ПВИ-320Т**	380	660	ПМВИ-61	380	100
				660	130
ПВ-1140-2×25; ПВ-1140-2×25Б	1140	2×30	ПРА	127	3
				220	5
				380	7
				660	12

* Максимальная длительная мощность двигателя в категории применения АС-3 + 50 % АС-4 составляет 90 кВт при напряжении 380 В и 145 кВт при 660 В.

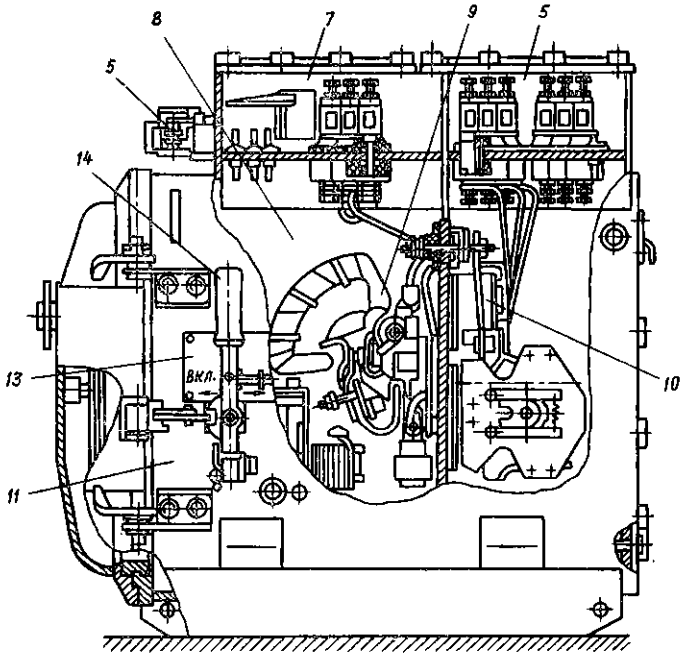
** То же, 110 кВт при 380 В и 180 кВт при 660 В.

20. Уставки максимальной токовой защиты УМЗ пускателей

Номинальный ток аппарата, А	Уставки, А, соответствующие условным единицам (1—11) на шкале блока защиты										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
25	63	75	87	100	112	125	137	150	162	175	187
63	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375
125	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750
250	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
320	800	960	1120	1280	1440	1600	1760	1920	2080	2240	2400



a



b

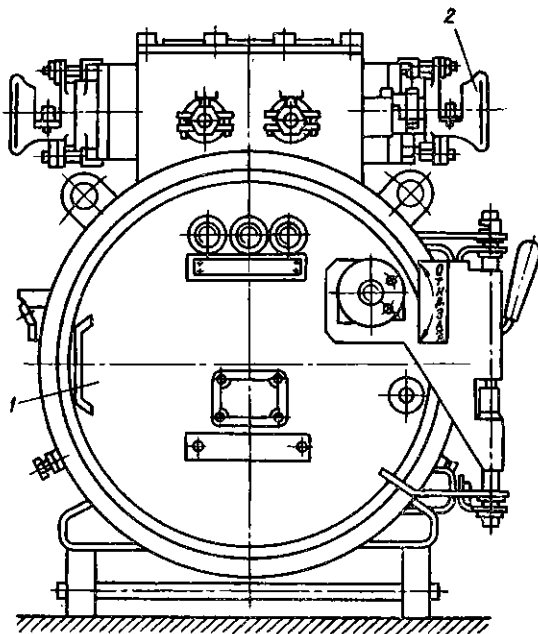
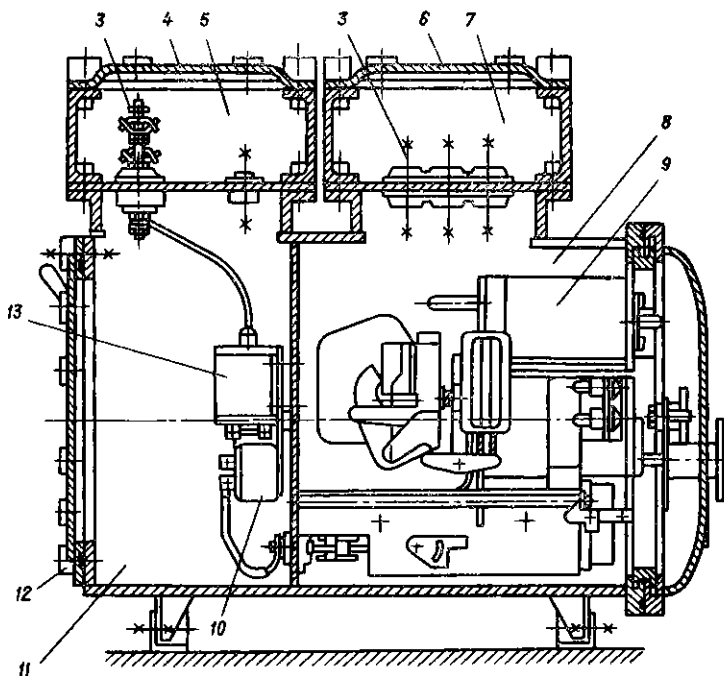


Рис. 30. Пускатели
ПВИ-125Б (а) и ПВИ-
320 (б):

1 — быстрооткрываемая крышка; 2 — устройство для ввода силового кабеля; 3 — проходной зажим; 4, 6 — крышки сетевого отделения и отделения вводов; 5, 7 — отделения сетевое и выводов; 8, 9 — контактное отделение и контактный блок; 10 — трансформатор тока; 11 — отделение разъединителя; 12 — крышка; 13 — разъединитель; 14 — рукоятка привода разъединителя.

а у пускателей ПМВИ-61 при напряжении 380 В предупредительная — 100 кОм и аварийная — 18 кОм, при напряжении 660 В — соответственно 200 и 30 кОм. Конструктивно магнитные пускатели серии ПМВИ представляют собой трехполюсный контактор 4 (рис. 29), который вместе с другими аппаратами и элементами (разъединитель 7, понижающий трансформатор 9, предохранители, максимальные и промежуточное реле, блоки управления и защиты и др.) заключен во взрывонепроницаемую оболочку 8.

У пускателей ПМВИ-61 контактор, реле максимального тока и блок управления смонтированы на панели, жестко закрепленной в оболочке. У пускателей ПМВИ-13М и ПМВИ-23М контактор, блок управления, блок максимальной токовой защиты, понижающий трансформатор, трансформатор

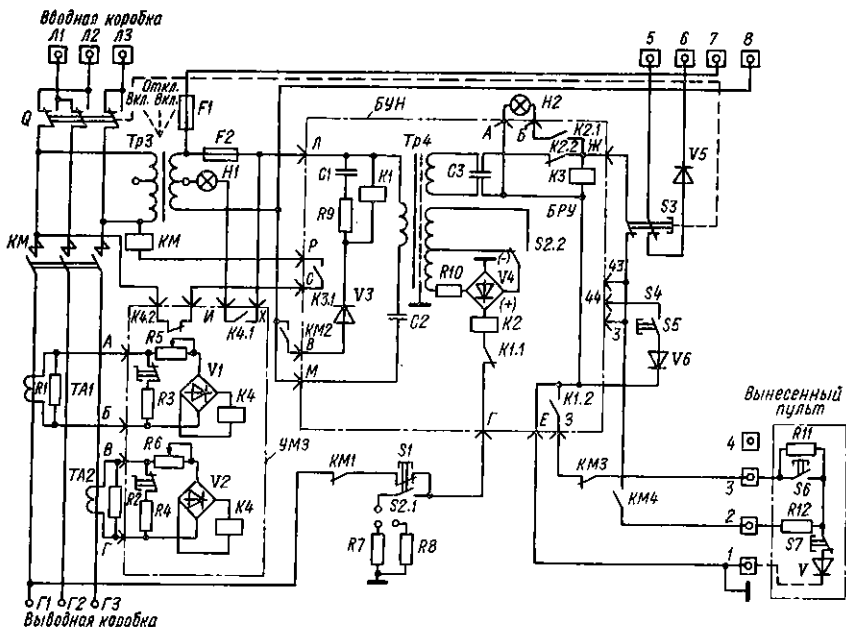


Рис. 31. Принципиальная электрическая схема пускателей ПМВИ-13М и ПМВИ-23М.

тока, блок сигнальных ламп, переключатель рода управления, кнопка *Стоп* и кнопка *Проверка* смонтированы в виде отдельного устройства, называемого блоком контактора.

Пускатели серии ПВИ (рис. 30) имеют четыре взрывонепроницаемых отделения: сетевое 5, выводов 7, разъединителя 11 и контактора 8. Все типоразмеры пускателей на напряжение 1140 В выполнены в одинаковых взрывонепроницаемых оболочках, унифицированных с оболочками пускателей ПВИ-320 [3; 9; 10].

Электрическая схема пускателей ПМВИ-13М и ПМВИ-23М приведена на рис. 31. Составлена она с использованием ручного реверсивного разъединителя *Q*, электромагнитного контактора *КМ* типа КТ7023У, блока максимальной токовой защиты *УМЗ*, неревверсивного блока управления *БУН* и трансформатора питания *Tr3*. В блоке *БУН* размещены элементы схемы устройства *БРУ* и реле времени *К1*.

Катушка *КМ* подключена к двум фазам силовой цепи до присоединения контактора *КМ* через контакты *К4.2* и *К3.1* соответственно блоков *УМЗ* и *БУН*. Трансформатор *Tr3* подключен к тем же фазам, а его вторичная об-

мотка использована для питания блока *БУН* (через предохранитель *F2*); цепи сигнализации о срабатывании блока *УМЗ* (лампа *Н1*) и дополнительных потребителей (освещение, устройства автоматики) через предохранитель *F1* напряжением 36 В (зажимы 7 и 8). Блок *УМЗ* подключен к силовой цепи с помощью трансформаторов тока *ТА1* и *ТА2*.

Подача напряжения к токоприемникам машин осуществляется дистанционно и возможна при выполненном присоединении силовых кабелей в вводной (зажимы *Л1*, *Л2*, *Л3*) и выводной (зажимы *Г1*, *Г2*, *Г3*) коробках, также при включенном разъединителе *Q*. Дистанционное управление подачей напряжения может производиться по двух- или трехпроводной схеме (на рис. 31 показано подключение по трехпроводной схеме).

При нажатии кнопки *S6* на вынесенном пульте срабатывает реле *K3*, а его замыкающий контакт *K3.1* включает цепь катушки *KM*. Происходит замыкание контактов контактора *KM*, и напряжение подается к управляемой машине. С помощью замыкающего контакта *KM4* контактора в цепи резистора *R12* схема остается включенной при отпущенной кнопке *S6*. Нажатием кнопки *S7* на вынесенном пульте размыкается цепь управления, поэтому реле *K3* и контактор *KM* отключаются.

Схема дистанционного управления включается при сопротивлении внешней цепи до 15—20 Ом и автоматически отключается при сопротивлении в этой цепи более 150 Ом.

Схема *БРУ* составлена из вторичной обмотки трансформатора *Тр4*, от которой питается выпрямительный мост *V4*. Один вывод обмотки исполнительного реле *K2* подключен к плюсу моста *V4*, а второй — к фазе *Г1* через размыкающие контакты *K1.1* реле времени *K1*, контакты кнопки *S1* (Проверка *БРУ*) и контакт *KM1* контактора *KM*. Такое включение реле *K2* обеспечивает работу *БРУ* только при отключенном напряжении в присоединении. Минус моста *V4* соединен с корпусом пускателя. Когда сопротивления изоляции фаз соответствуют нормируемому значению, реле *K2* отключено и его контакт *K2.2* в цепи дистанционного управления замкнут, что позволяет включить пускатель.

В случае снижения сопротивления изоляции отходящего присоединения меньше заданной уставки в катушке реле *K2* протекает ток, достаточный для его срабатывания. Реле *K2* включается и контактом *K2.2* размыкает цепь питания реле *K3*, что приводит к блокированию включения пускателя. Замыкающим контактом *K2.1* замыкается цепь питания лампы *Н2*, сигнализирующей о снижении сопротивления изоляции отходящего присоединения до опасного уровня.

Проверка работоспособности *БРУ* производится при отключенном контакторе нажатием кнопки *S1*. Контакт этой кнопки соединяет через резистор *R7* (или *R8*) контрольную цепь с землей, реле *K2* в исправной схеме срабатывает и блокирует пускатель. Замыкается также контакт *K2.1* в цепи питания сигнальной лампы *Н2*, сигнализирующей о нормальной работе *БРУ*. В нормальном режиме при включении пускателя *БРУ* отключается от силовой цепи контактов *KM1* контактора.

Для исключения ложных срабатываний *БРУ* сразу после отключения пускателя от действия ЭДС вращающихся по инерции двигателей в схеме блока управления применено реле времени *K1* с конденсатором *C1*, резистором *R9* и диодом *V3*. После включения пускателя напряжение, равное 36 В, подается от вторичной обмотки трансформатора *Тр3* через замыкающий контакт *KM2* контактора и диод *V3* на обмотку реле *K1*. Это реле срабатывает и размыкает свой контакт *K1.1* в цепи *БРУ*. Одновременно заряжается конденсатор *C1*. После отключения контактора цепь питания реле *K1* размыкается, однако оно остается некоторое время включенным (а цепь *БРУ* разомкнутой) за счет разряда конденсатора *C1* через резистор *R9* и обмотку реле *K1*. Поэтому *БРУ* подключается к силовой цепи контактом *K1.1* только после исчезновения в ней ЭДС.

Для предотвращения весьма частых включений пускателя замыкающий контакт *K1.2* через размыкающий контакт *KM3* контактора включен параллельно обмотке реле *K3*. Сразу после отключения пускателя обмотка реле *K3* оказывается зашунтированной контактом *K1.2*, и последующее включе-

ние пускателя возможно только после отключения выдержкой времени реле $K1$ и размыкания контакта $K1.2$.

Устройство максимальной токовой защиты $УМЗ$ питается от трансформаторов тока $ТА1$ и $ТА2$, вторичные обмотки которых зашунтированы резисторами $R1$ и $R2$. При к.з. и возрастании тока в силовой цепи реле $K4$ срабатывают и воздействуют на механизм свободного расцепления, с которым связаны контакты $K4.1$ и $K4.2$. При этом размыкается цепь питания катушки контактора и пускатель отключается, а также загорается сигнальная лампа $Н1$, сигнализирующая об отключении пускателя под действием защиты от токов к. з. Включение пускателя возможно после открывания крышки пускателя, осмотра его элементов и взвода $УМЗ$ с помощью толкателя механизма свободного расцепления, расположенного на лицевой панели блока $УМЗ$. Реверсирование токоприемника может быть произведено переключением блокировочного разъединителя Q , который заблокирован механически с кнопкой $S3$ Стоп. Толкатель кнопки выведен наружу взрывонепроницаемой оболочкой и заблокирован с быстрооткрываемой крышкой пускателя, что препятствует отключению разъединителя при включенном контакторе и открыванию крышки пускателя при включенном разъединителе.

Проверка работоспособности схемы дистанционного управления производится с помощью кнопки $S5$. Для этого перемычка на контактах блока управления должна быть установлена на зажимах 43 и 44 . При нажатии кнопки $S5$ параллельно реле $K3$ присоединяется диод $V6$, что приводит к включению пускателя. Присоединив к проходным зажимам 5 и 6 цепь управления другого пускателя, можно обеспечить его включение после включения первого пускателя.

Электрические схемы пускателей ПМВИ-61 и ПМВИР-41 приведены на рис. 32 [3; 6; 10]. Принцип действия этих пускателей аналогичен принципу действия пускателей ПМВИ-13М и ПМВИ-23М. Отличительной особенностью является применение электронной схемы блока БРУ-2С. Схема собрана на транзисторах $V2$, $V3$, запертых при нормальном режиме. При снижении сопротивления изоляции присоединения ток от выпрямителя $V1$ через резистор $R3$, сопротивление изоляции, заземлитель, резистор $R6$ и эмиттер-базовые переходы транзисторов открывает последние. При этом транзистором $V2$ и выпрямителем $V4$ шунтируется первичная обмотка трансформатора $Tr3$ феррорезонансного стабилизатора напряжения, состоящего из конденсатора $C1$ и трансформатора $Tr3$.

В результате снижается напряжение на обмотках трансформатора $Tr3$ и реле $K1$, а пускатель блокируется от включения. Транзистором $V3$ включается лампа сигнализации $Н$. Схема БРУ-2С имеет две уставки: предупредительную и аварийную. Изменение уставки производится с помощью переключателя $S2$.

Защита от токов к. з. в пускателе ПМВИ-61 производится с помощью реле прямого действия $F3.1$ и $F4.1$, а в ПМВИР-41 — с помощью предохранителя $F1$ и $F2$. В пускателях ПМВИР-41 имеется реле обрыва фазы $K1$, которое в режиме к.з. срабатывает и разрывает цепь дистанционного управления. Для реверсирования двигателя в этом пускателе применено два контактора $KМ1$ и $KМ2$. Контактор $KМ1$ включается с помощью кнопки $S4$ (Вперед), когда срабатывает реле $K2$ и включается катушка контактора $KМ1$, а контактор $KМ2$ включается с помощью кнопки $S5$ (Назад), когда включается реле $K3$ и катушка контактора $KМ2$. При включении контактора $KМ2$ две из трех фаз меняются. Отключение пускателя производится с помощью кнопки $S6$ (Стоп): размыкается цепь питания обоих реле $K2$ и $K3$.

Монтаж цепей управления в пускателях серии ПВИ может производиться как по двух-, так и трехпроводной схеме управления. Схема устойчиво включается при сопротивлении цепи управления до 15—20 Ом и автоматически отключается, если сопротивление этой цепи достигает 100 Ом. В этих пускателях блоки управления $БУ$ и максимальной токовой защиты $УМЗ$ такие же, как и в пускателе ПМВИ-13М.

В пускателях ПВИ-25Б, ПВИ-63Б и ПВИ-125Б (рис. 33) катушка электромагнита контактора $K1.1$ питается от рабочего (сетового) напряжения переменного тока, а в пускателе ПВИ-250 (рис. 34) — пониженным напря-

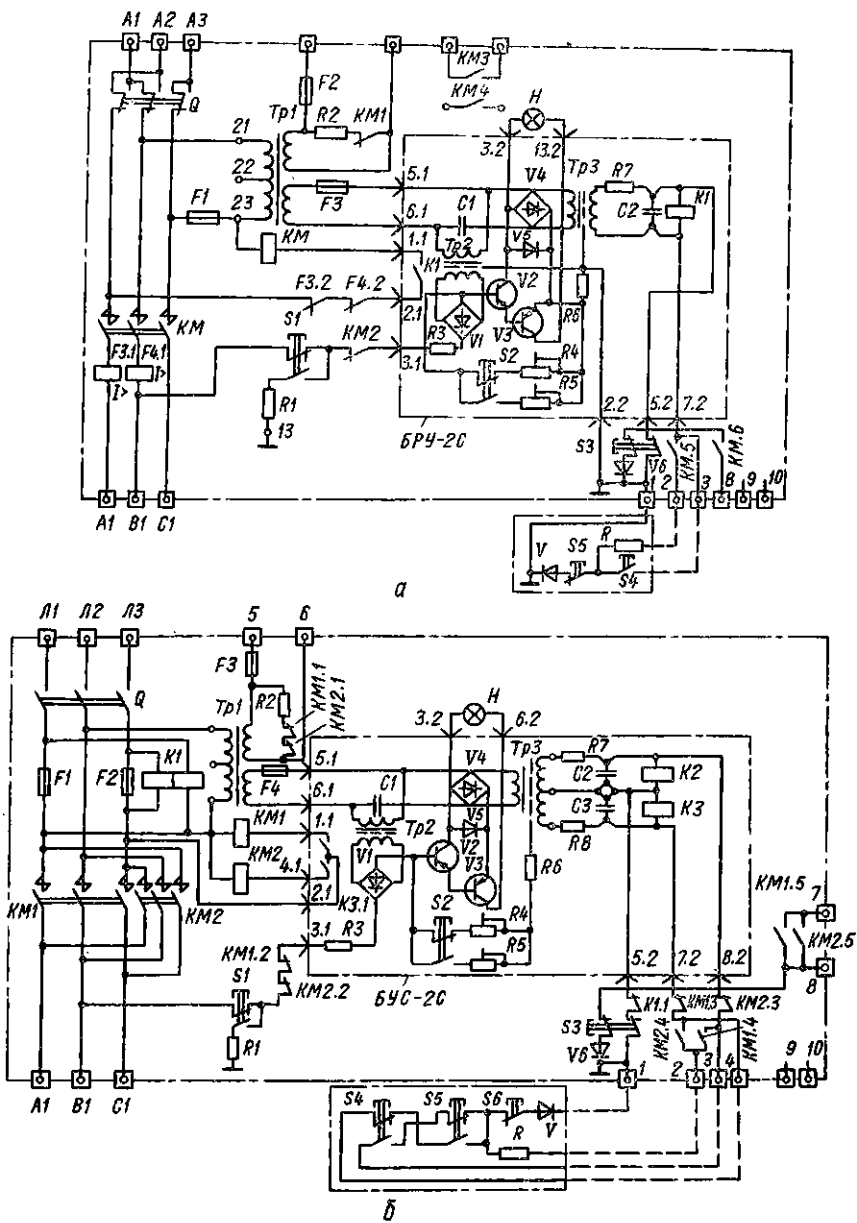


Рис. 32. Принципиальные электрические схемы пускателей ПМВИ-61 (а) и ПМВИР-41 (б).

жением постоянного тока от выпрямителя $V3$, который подключен к сети с помощью трансформатора $Tr1$. В цепи питания катушки $K1.1$ последовательно включены: замыкающие контакты блока $БУ$ и реле $K2.1$, размыкающий контакт блока $УМЗ$. Контакт $K2.2$ реле $K2.1$ шунтирован резисторами $R2$, $R3$ и конденсатором $C1$, который улучшает размыкание контакта $K2.2$. Включение контактора $K1.2$ произойдет после нажатия на кнопку $Пуск$ в цепи дистанционного управления, в результате чего сработает реле блока $БУ$, которое своим контактом замкнет цепь катушки $K1.1$. Вначале цепь питания катушки $K1.1$ осуществляется через замыкающий контакт $K2.2$

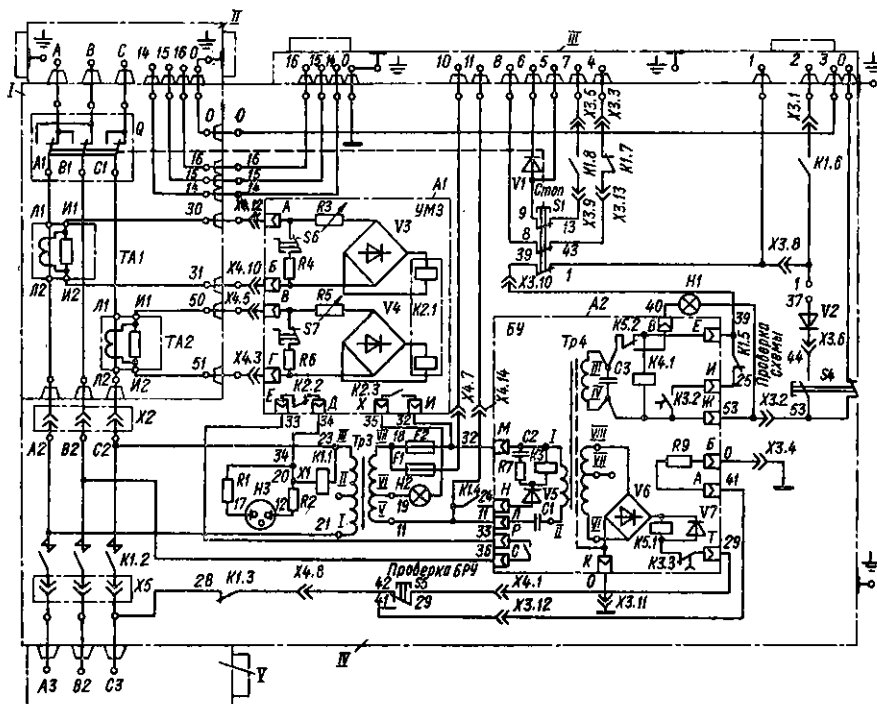


Рис. 33. Принципиальная электрическая схема пускателя ПМВИ-125Б: I — отделение разъединителя; II — сетевое отделение; III, V — отделения выводов; IV — отделение контактора; (H1, H2, H3 — сигнальные лампы для проверки соответственно блока БРУ (белая), устройства УМЗ (красная) и схемы управления).

ранее включенного реле $K2.1$. Срабатывание катушки $K1.1$ приводит к размыканию контактом $K1.3$ цепи питания реле $K2.1$. Последнее отключается, и цепь питания катушки $K1.1$ будет осуществляться через резисторы $R2$, $R3$. Они обеспечивают уменьшение тока в цепи катушки до значения, достаточного для надежного удержания контактора во включенном состоянии. Аналогичная схема применяется в реверсивных пускателях ПВИР-250 (рис. 35).

В пускателях серии ПВИ (рис. 36) применена схема однополупериодного выпрямления группой диодов $V9 - V11$ с шунтированием катушки контактора второй группой диодов $V12 - V14$, включенных встречно первой группе. Ограничение тока в катушке контактора после его включения достигается включением в цепь, шунтирующую катушку контактора, резисторов $R13$, $R14$. Этим достигается значительное снижение мощности, рассеиваемой на резисторах $R13$, $R14$, по сравнению с аналогичным в схеме включения балластных резисторов последовательно в цепь питания катушки контактора.

Проверка БРУ осуществляется с помощью кнопки S5. Предусмотрена возможность питания вспомогательных устройств напряжением 36 В от вторичной обмотки трансформатора ТрЗ мощностью не более 75 Вт. Разъединитель вынесен в отдельное взрывонепроницаемое отделение, что повышает безопасные свойства пускателя в режиме обслуживания. Для повышения ремонтно-пригодности элементы, расположенные в аппаратном отделении (за исключением пускателя ПВИ-320), смонтированы на быстротъемной выемной панели. В пускателе ПВИ-320 контактор крепится непосредственно к стенке оболочки. Блоки управления и защиты, как и в других пускателях серии ПВИ, присоединяются к схеме с помощью электрических соединителей.

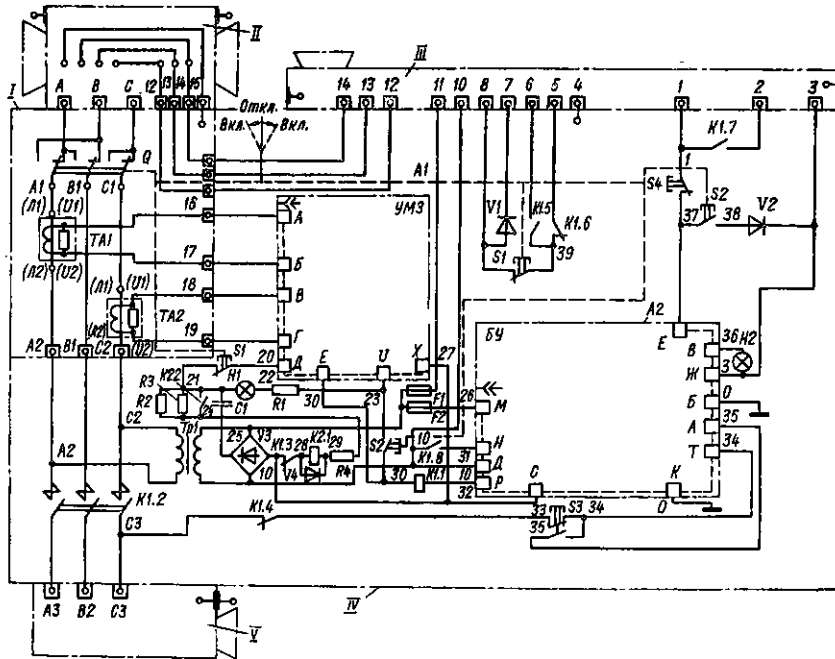


Рис. 34. Принципиальная электрическая схема пускателя ПВИ-250.

Имеется в пускателях серии ПВИ возможность проверки исправности схемы управления, катушки контактора и цепи ее питания без подачи напряжения на двигатель. В пускателе ПВИ-125Б для этого необходимо снять переключку X1 с зажимов 20 и 34 (рис. 33) в цепи питания катушки контактора, установить ее на зажимы 1 и 37 и проверить работу схемы нажатием кнопки S4 (Проверка схемы). В пускателе ПВИ-250 (рис. 34) для проверки схемы управления необходимо нажать толкатель кнопки S1 и S2 (Смон) на быстрооткрываемой крышке и, не отпуская его, нажать флажок привода кнопки S4 (Проверка схемы), а затем отпустить толкатель кнопки S1 и S2. При этом реле в блоке БУ сработает и замкнет цепь питания катушки контактора, в которую включены сигнальная лампа H1 и резистор R1. Поэтому контактор не срабатывает. Если цепи управления неисправны, то загорится лампа H1 с красным светофильтром.

В пускателе ПВ-1140-250 (рис. 37) ручной разъединитель Q размещен в отдельном взрывонепроницаемом отделении. В этом же отделении размещены трансформаторы тока блока максимальной токовой защиты (A2). С помощью разъединителя можно отключить пускатель, заблокировать его включение, осуществить реверсирование управляемой машиной, а также

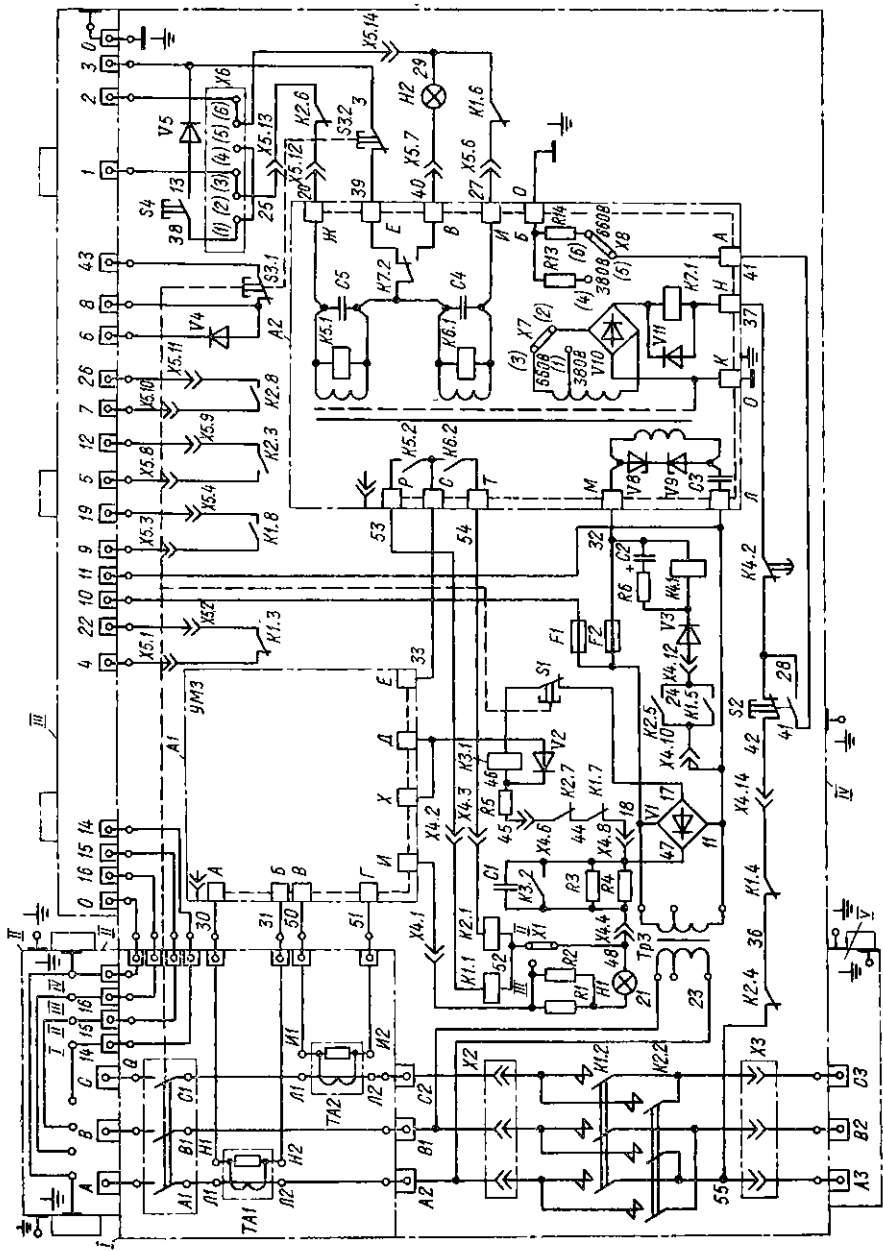


Рис. 35.
 Принци-
 пальная
 электри-
 ческая
 схема
 пуска-
 тель-
 для ПВИР.
 250.

в отличие от пускателей серий ПВИ и ПМВИ закоротить выводные зажимы разъединителя между собой на землю. В пускателе применен контактор $K1.8$, катушка $K1.1$ которого питается выпрямленным напряжением от выпрямительного моста $V7$. Последний подключен к вторичной обмотке трансформатора $Tr1$ напряжением 380 В.

В цепь питания катушки $K1.1$ включен замыкающий контакт $K3.1$ блока управления ($A4$), размыкающий контакт $K2.2$ блока максимальной токовой защиты ($A2$). Включение и выключение контактора осуществляется блоком

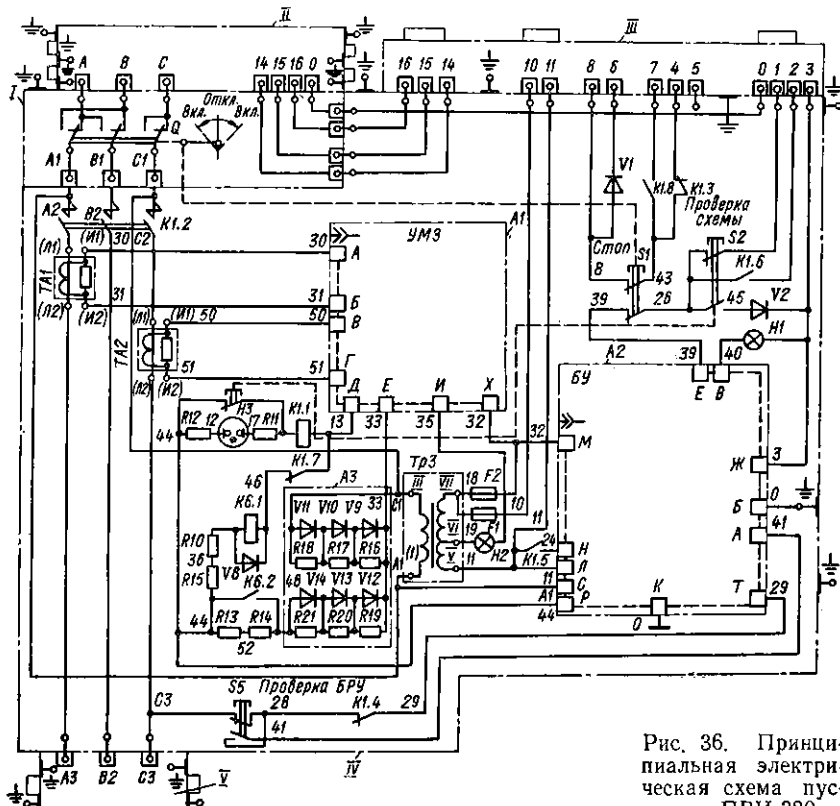


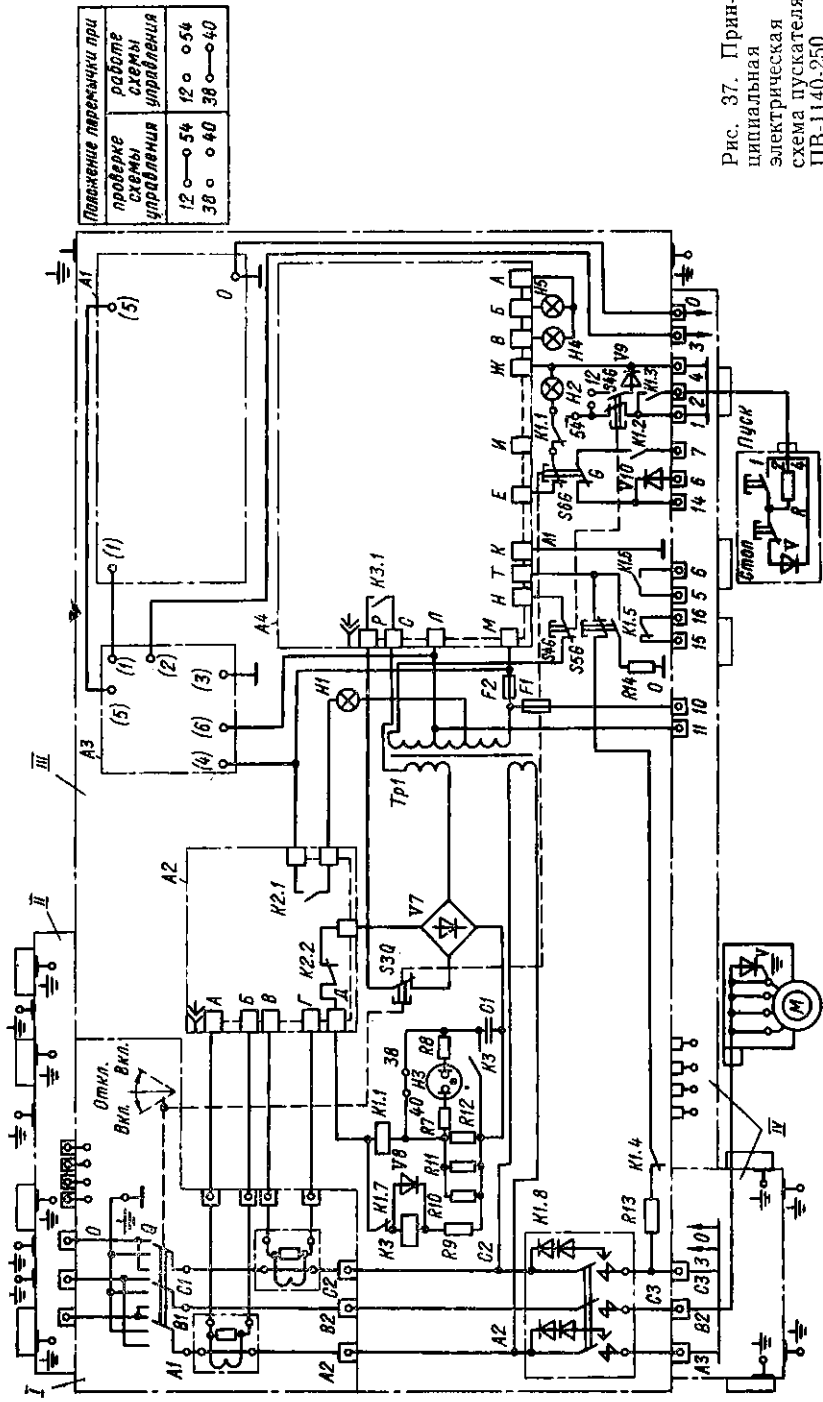
Рис. 36. Принципиальная электрическая схема пускателя ПВИ-320.

$A4$ путем воздействия на кнопки *Пуск* и *Стоп* вынесенного пульта. Ток в катушке $K1.1$ ограничен резисторами $R10$ — $R12$, которые на время включения контактора шунтируются контактами реле $K3$.

В пускателях серии ПВ применен специальный блок контроля цепи заземления $BKЗ$ ($A1$) с блоком питания ($A3$), предназначенный для контроля сопротивления цепи заземления по обособленной схеме, электрически не связанной с цепями управления, что значительно повышает точность контроля цепи заземления и работоспособность схемы управления.

Блок управления $A4$ питается от трансформатора $Tr1$. В блоке $A4$ собраны схемы двух устройств: дистанционного управления и BPU (рис. 38, а). Устройство дистанционного управления такое же, как и в магнитных пускателях серий ПВИ и ПМВИ-ОЗМ.

Контроль сопротивления заземляющей цепи осуществляется мостовой схемой (рис. 38, б), три плеча которой состоят из резисторов $R1$ ($R3$, $R11$), $R7$, а четвертое представляет собой петлю из заземляющей и контрольной



Положение переключки при проверке схемы управления	Работа схемы управления
12	○ 54
38	○ 40

Рис. 37. Принципиальная электрическая схема пускателя ПТВ-1140-250.

жил кабеля, присоединяемых соответственно к зажимам 0 и 3 пускателя. В конце линии управления устанавливается диод *V*. Изменение полярности диода *V* недопустимо, так как при этом реле *K1* отключится и заблокирует контактом *K1.1* цепь управления пускателем. К диагонали измерительного

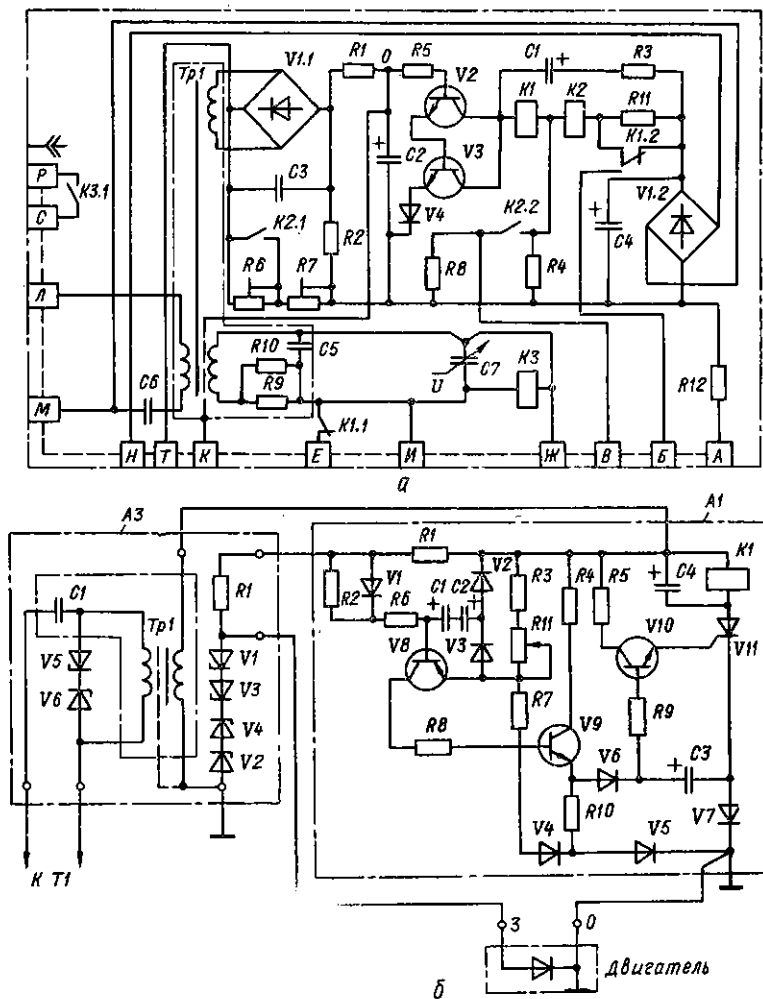


Рис. 38. Принципиальные электрические схемы:
 а — блока управления пускателями ПВ-1140; б — блоков питания (А3) и контро-
 ля цепей заземления БКЗ (А1).

моста присоединен вход усилителя на транзисторах *V8—V10* и тиристоре *V11*. Этот усилитель в нормальном режиме включает реле *K1*. В случае увеличения сопротивления контролируемой цепи выше 50 Ом и разбалансировке измерительного моста реле *K1* отключается и контактом *K1.1* размыкает цепь управления пускателем, а также включает сигнальную лампу *H2* с красным светофильтром (на схеме не показана).

Источник питания искробезопасных цепей (блок *A3*) состоит из ферро-резонансного стабилизатора напряжения, собранного на трансформаторе *Tr1* и конденсаторе *C1*, и стабилитронов *V1—V6*, срезающих броски напряжения при переходных процессах. Для блокирования пускателя в случае замыкания жил контрольной цепи или при их обрыве в блоке *БКЗ* введена дополнительная цепь, состоящая из диодов *V2* и *V3*, резисторов *R2* и *R6* и конденсаторов *C1* и *C2*. Постоянные времени заряда и перезаряда конденсаторов *C1*, *C2* выбираются такими, чтобы в режимах замыкания жил контролируемой цепи или пробоя диода конденсаторы, зарядившись в нерабочий полупериод полярностью, при которой транзистор *V8* заперт, не изменяли бы знака заряда в рабочий полупериод. При этом реле *K1* отключается. Для предотвращения ложных срабатываний блока *БКЗ* при пусках мощных двигателей введен каскад на транзисторе *V10*. В нормальном режиме транзисторы *V8* и *V9* открыты, а конденсатор *C3* заряжен. Поэтому открыты также транзисторы *V10* и *V11*. Если транзисторы *V8*, *V9* во время переходного процесса заперты, конденсатор *C3* будет разряжаться через резистор *R9* и вход транзистора *V10*, удерживая его в открытом состоянии на время пуска двигателя.

Для проверки схемы управления в пускателях ПВ-1140-250 необходимо (рис. 37) отключить разъединитель, открыть быстрооткрываемую крышку, снять перемычку с зажимов *38*, *40* и переставить на зажимы *12*, *54*. После этого закрыть крышку, включить разъединитель и повернуть флажок в положение *Схема*. При исправной схеме управления катушки контактора и цепи питания загорается лампа *H3* с белым светофильтром. После проверки перемычку следует снова установить на зажимы *38*, *40*.

Для проверки блока *БРУ* необходимо повернуть и удерживать флажок в положение *БРУ*. При исправных блоках *БРУ* загорится лампа *H5* с красным светофильтром. После возврата флажка в исходное положение остаются включенными лампы с зеленым светофильтром, так как реле, срабатывающие на предупредительной уставке *БРУ*, остаются включенными. Для их выключения флажок необходимо кратковременно перевести в положение *Схема* и вернуть его в среднее положение. В схему управления контакторами входит реле форсировки. Неправильная регулировка этого реле может привести к нечеткой работе контактора.

Пускатели с блоками тепловой защиты ПВИ-25БТ, ПВИ-63БТ, ПВИ-125БТ унифицированы конструктивно (рис. 39) и отличаются от пускателей серии ПВИ-Б схемными решениями и более совершенной блочной конструкцией.

Питание катушки контактора *K1.1* (рис. 40) осуществляется переменным током непосредственно от сети посредством замыкающего контакта *K2.2* промежуточного реле *K2*. Последовательно с катушкой и замыкающим контактом включена цепь проверки, состоящая из резисторов *R1* и *R2* и неоновой лампы *H3* и зашунтированная перемычкой *X1.1*. Включение цепи катушки контактора под напряжение происходит следующим образом. После подачи напряжения на пускатель оператор нажимает кнопки *Пуск* кнопочного поста управления включает блок *A4*, который, в свою очередь, включает промежуточное реле *K2*. Замыкающий контакт *K2.2* подключает катушку контактора *K1.1* к сети. Перемычка *X1.1* в положении *Работа* замкнута, в положении *Проверка* разомкнута. При включении блока *A4* и промежуточного реле *K2* в цепи катушки контактора течет ток, ограниченный резисторами *R1* и *R2*. Ток вызывает свечение лампы *H3*, что свидетельствует об исправности цепи катушки контактора.

Схема управления выполнена в виде блока *БДУ*, последний питается переменным напряжением 18 В. Выходные цепи блока искробезопасные [3]. Блок состоит из двух измерительных схем (рис. 41), содержащих схемы сравнения токов, усилители и выходные реле, контакты выходных реле включены в логическую схему, которая осуществляет управление промежуточным реле. Для примера рассмотрим работу одной из измерительных схем (вторая работает аналогично). 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

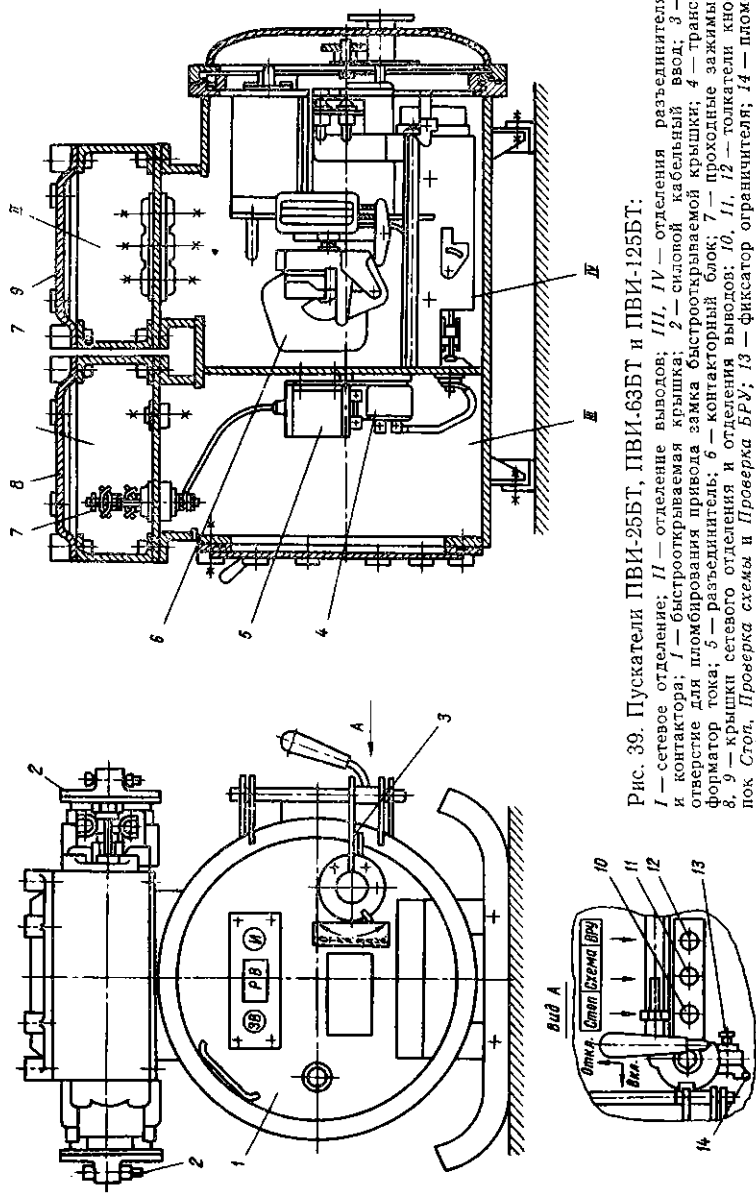
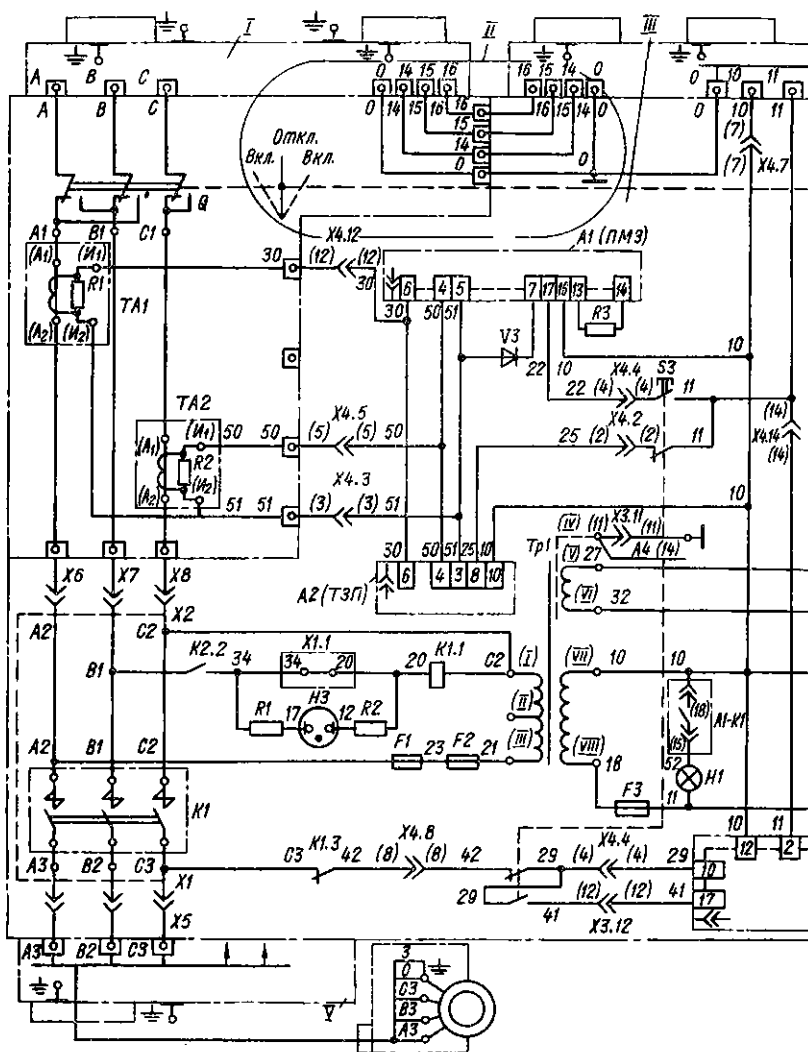


Рис. 39. Пускатели ПВИ-25БТ, ПВИ-63БТ и ПВИ-125БТ:

1 — сетевое отделение; 11 — отделение выводов; 12, 13 — отделение разъединителя и контактора; 14 — быстрооткрываемая крышка; 2 — силовой кабельный ввод; 3 — отверстие для образования привода замка быстрооткрываемой крышки; 4 — трансформатор тока; 5 — разъединитель; 6 — контактный блок; 7 — проходные зажимы; 8, 9 — крышки сетевого отделения и отделения выводов; 10, 11, 12 — толкатели кнопки Стоп, Проверка схемы и Проверка БРУ; 13 — фиксатор ограничителя; 14 — пломба на фиксаторе разъединителя.

схема временной 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 к зажимам 10 и 20 подключен пост дистанционного управления, состоящий из кнопки *Пуск*, зашунтирован-



ной резистором (на схеме не показано). Последовательно с кнопкой *Пуск* включена кнопка *Стоп* и конечный диод.

При подаче напряжения на схему в положительный полупериод ток от источника напряжения проходит по двум параллельным ветвям — $R13$ — $VD7$ — $R19$ — $VD10$ и кнопочный пост — конечный диод. 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 $K1$ обесточено. При замыкании кнопки Пуск происходит шунтирование цепи: $R13-VJ7-R19-VJ10$, что приводит к преобладанию тока в цепи: $VT7-R21-R18-R17-VJ6-R9$. В результате открываются транзисторы $VT7$, $VT1$ и срабатывает реле $K1$. При увеличении сопротивления в цепи дистанционного управления тока в цепи

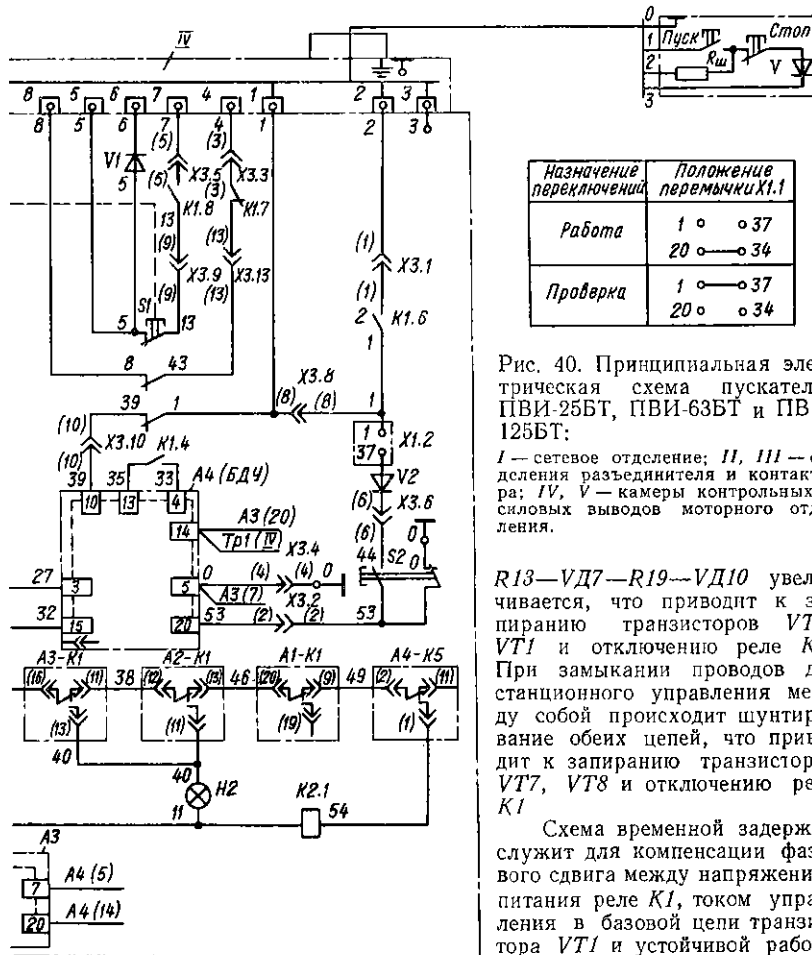


Рис. 40. Принципиальная электрическая схема пускателей ПВИ-25БТ, ПВИ-63БТ и ПВИ-125БТ:

I — сетевое отделение; II , III — отделения разъединителя и контактора; IV , V — камеры контрольных и силовых выводов моторного отделения.

$R13-VJ7-R19-VJ10$ увеличивается, что приводит к запертию транзисторов $VT7$, $VT1$ и отключению реле $K1$. При замыкании проводов дистанционного управления между собой происходит шунтирование обеих цепей, что приводит к запертию транзисторов $VT7$, $VT8$ и отключению реле $K1$.

Схема временной задержки служит для компенсации фазового сдвига между напряжением питания реле $K1$, током управления в базовой цепи транзистора $VT1$ и устойчивой работы при переходных процессах в цепях управления.

Контакты выходных реле двух измерительных схем включены в логическую схему таким образом, что при подаче напряжения на схему включается реле $K4$ и замыкается контакт $K4.2$ в цепи реле $K5$. При наличии управляющего сигнала в цепи дистанционного управления контакты $K1.2$ и $K2.2$ переключаются. При этом реле $K4$ остается включенным, включается реле $K5$, которое своими контактами включает промежуточное реле. При несогласованной работе контактов $K1.2$ и $K2.2$ происходит обесточивание катушки реле $K4$, размыкание контакта $K4.2$ и отключение промежуточного реле.

Искробезопасность блока обеспечивается резисторами $R4$, $R16$, $R20$.

При замыкании кнопки Пуск вынесенного поста управления срабатывает выходное реле $K5$ блока $A3$ и получает питание промежуточное реле $K2$.

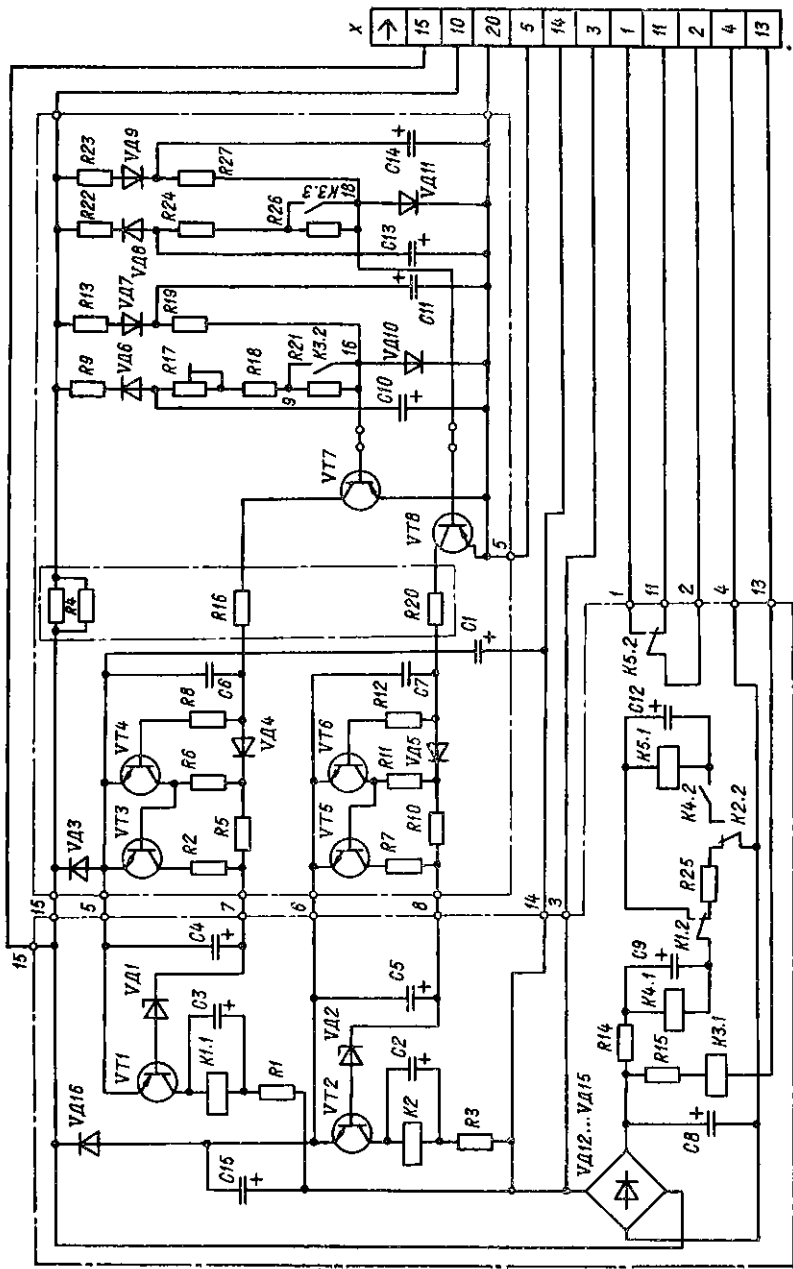


Рис. 41. Принципиальная электрическая схема блока БДУ.

При увеличении сопротивления в цепи дистанционного управления до 50 Ом или замыкании проводов этой цепи между собой блок *АЗ* отключается, разрывая цепь питания промежуточного реле *К2*.

Устройство предварительного контроля изоляции *БКИ* имеет две уставки срабатывания: предупредительную и аварийную. В зоне предупредительной уставки (сопротивление от 200 до 30 кОм) *БКИ* сигнализирует миганием сигнальной лампы *Н2*, а в зоне аварийной уставки (сопротивление ниже 30 кОм) разрывает цепь схемы управления пускателем, сигнализируя об этом свечением сигнальной лампы *Н2*. Схема блока *БКИ* (рис. 42) рассчитана для работы в двух режимах, для чего служит тумблер *SA*, который занимает соответствующие режимам положения.

Схема состоит из транзисторного усилителя, выполненного на составном транзисторе *VT1*, *VT2*, нагрузкой которого является реле *К1.1*. Измерение сопротивления осуществляется путем сравнения токов управления составного транзистора *VT1*, *VT2* и коллекторного *VT3*. При величине сопротивления изоляции отходящего от аппарата присоединения выше установленной уставки транзистор *VT3* постоянно открыт, в результате чего транзисторный усилитель заперт. При снижении сопротивления изоляции до величины уставки транзистор *VT3* запирается, а транзисторный усилитель открывается, при этом срабатывает реле *К1.1*, которое своими контактами блокирует цепь управления аппарата. Схема позволяет производить контроль изоляции отходящих от аппарата соединений в обоих режимах: *Предупредительная* и *Аварийная*. Для настройки схемы на желаемые уставки служат резисторы *R2* и *R3*. При настройке на уставку 100 кОм резистор *R3* шунтируется посредством зажимов 5 и 6. Настройка производится только резистором *R2*. При настройке на уставку 30 кОм перемычка на зажимах 5 и 6 не ставится, и настройка производится резисторами *R2* и *R3*. При установке блока в аппарат тумблер *SA* необходимо установить в положение, соответствующее режиму *Предупредительная*. При снижении сопротивления изоляции до величины предупредительной уставки начинает периодически включаться сигнальная лампа, расположенная на аппарате. В этом случае необходимо обратить внимание на состояние отходящего от аппарата присоединения (кабеля), а для дальнейшей работы переключить тумблер *SA* в положение, соответствующее режиму *Аварийная*.

Резистор *R11* предназначен для проверки исправности схемы при уставке 30 кОм (напряжение сети 660 В), а резистор *R12* — при уставке 100 кОм (напряжение сети 1140 В).

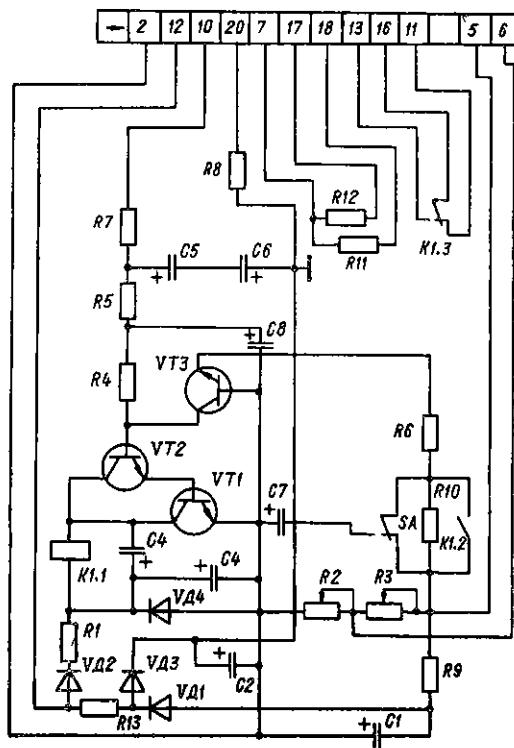


Рис. 42. Принципиальная электрическая схема блока *БКИ*.

Питание блока *БКН* осуществляется от обмотки напряжением 36 В повысительного трансформатора. Для контроля сопротивления утечки блок *БКН* подключается одним проводником через размыкающий контакт кнопки *СЗ* (*Проверка БКН*) и замыкающий вспомогательный контакт контактора *К1.3* к фазе *СЗ*, а вторым — к заземляющему зажиму, расположенному внутри оболочки пускателя.

Схема максимальной токовой защиты *ПМЗ* состоит (рис. 43) из трансформаторов тока *ТА1*, *ТА2*, *ТА3* с шунтирующими резисторами *R* и блока *А1* (*ПМЗ*), присоединенного к вторичным обмоткам этих трансформаторов. При возникновении короткого замыкания блок *ПМЗ* срабатывает, размыкает свой контакт в цепи питания промежуточного реле *К2* (рис. 42) и замыкает свой контакт в цепи лампы *Н1* (рис. 41), сигнализирующей о срабатывании максимальной защиты. Замыкающий, и размыкающий контакты исполнительного реле блока *А1* без самовозврата, и возврат их в исходное положение после срабатывания максимальной защиты необходимо производить вручную нажатием кнопки *Взвод ПМЗ*, вынесенной на корпус пускателя.

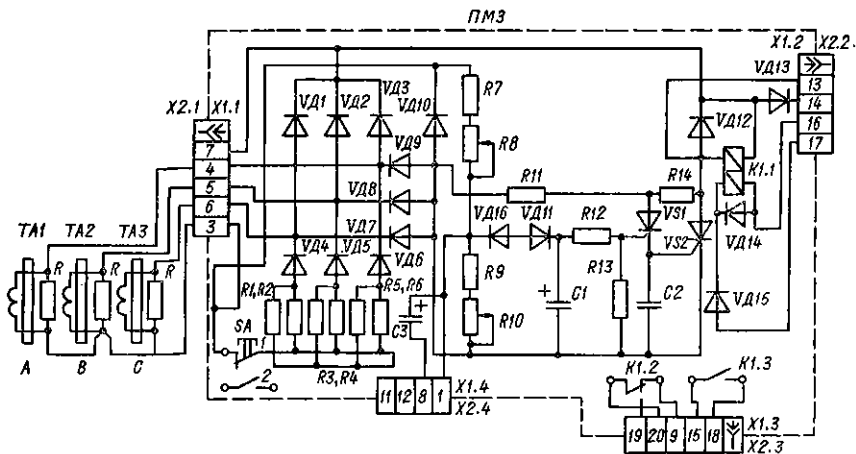


Рис. 43. Принципиальная электрическая схема блока *ПМЗ*.

Схема блока *ПМЗ* работает следующим образом [3]. При протекании тока в силовой цепи (рис. 43) во вторичной обмотке трансформаторов *ТА1*, *ТА2* и *ТА3* возникает ток, который протекает через контакт 3 штепсельного разъема на делитель напряжения, состоящий из резисторов *R7—R10*. К делителю напряжения подключено полупроводниковое реле, состоящее из резисторов *R11—R14*, конденсаторов *C1*, *C2*, стабилитрона *VD16*, диода *VD11* и тиристора *VS1*. Сигнал с делителя напряжения подается на вход полупроводникового реле. При помощи резисторов *R7*, *R9* и подстроечного резистора *R10* делителя напряжения устанавливается ток срабатывания блока, соответствующий первой уставке.

При помощи переменного резистора *R8* осуществляется настройка последующих уставок срабатывания блока. Порог срабатывания блока определяется стабилитроном *VD16*. Напряжение, снимаемое с резисторов *R9* и *R10* делителя напряжения, приложено к управляющему электроду тиристора *VS1*.

В случае достижения в главной цепи тока, равного уставке срабатывания блока, открывается тиристор *VS1*, импульс с которого поступает на управляющий электрод тиристора *VS2*. При открывании тиристора *VS2* ток протекает от вторичных обмоток трансформаторов тока через контакты 4, 5 и 6 штепсельного разъема, диоды *VD1—VD3*, диод *VD13*, контакт 14 штеп-

сельного разъема, обмотку независимого расцепителя *PH* (находящегося вне блока), контакт *13* штепсельного разъема, тиристор *VS2*, диод *VD10*, контакт *3* штепсельного разъема на нулевую точку трансформаторов тока.

Параллельно контактам *13* и *14* штепсельного разъема присоединена одна из обмоток двухобмоточного реле *K1.1*, служащего для сигнализации о срабатывании блока и блокировки в выключенном состоянии аппарата, в который встроены блок. Реле *K1.1* срабатывает одновременно с независимым расцепителем. При этом контакт *K1.2* осуществляет блокировку аппарата, в который встроены блок, в выключенном состоянии, а контакт *K1.3* обеспечивает питание сигнальных ламп.

При срабатывании блока независимый расцепитель воздействует на механизм свободного расцепления аппарата, в который встроены блок, вызывая его отключение. Для проверки действия блока используется тумблер *SA*, рукоятка которого выведена на переднюю панель блока. При установке тумблера *SA* в положение *Проверка* отключаются резисторы *R1—R6*, включенные параллельно резистору *R*, и на делитель напряжения *R7—R10* подается усиленный сигнал, вызывающий срабатывание блока при меньших токах в силовой цепи.

При работе блока совместно с автоматическим выключателем *A3700У* и трансформаторами тока *ТА1*, *ТА2* и *ТА3* контакты штепсельного разъема *13* и *14* необходимо присоединить 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* — кратковременно к источнику тока напряжением 36 В для возврата блока в исходное состояние после срабатывания.

В случае работы блока совместно с контактором и двумя трансформаторами тока контакты штепсельного разъема *13* и *14* надо присоединить к резистору 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, *3*, *4* и *6* — к трансформаторам тока (общая точка вторичных обмоток к контакту *3*), *16* и *17* — кратковременно к источнику тока напряжением 36 В.

Устройство защиты от перегрузки *ТЗП* присоединено ко вторичным обмоткам трансформаторов *ТА1* и *ТА2* и имеет защитную характеристику, обеспечивающую: а) несрабатывание устройства при номинальной нагрузке присоединенного к пускателю двигателя; б) срабатывание устройства с зависимой от тока выдержкой времени при перегрузках в диапазоне 1,1—2-кратного значения номинального тока присоединенного к пускателю двигателя; в) срабатывание устройства в течение времени, не превышающего 5 с, при перегрузке, равной 6-кратному значению номинального тока присоединенного к пускателю двигателя.

Питание на блок подается от обмотки напряжением 36 В силового трансформатора. При срабатывании *ТЗП* размыкает свой контакт в цепи питания промежуточного реле *K2* и замыкает свой контакт в цепи лампы *НЗ* (рис. 41), сигнализирующей о срабатывании защиты от перегрузки. Выходное реле блока *ТЗП* без самовозврата и возврат в исходное положение после срабатывания защиты от перегрузки необходимо производить вручную нажатием кнопки *Взвод ТЗП*, вынесенной на корпус пускателя.

Блок совместно с датчиками тока обеспечивает отключение двигателя в случае возникновения токовых перегрузок. В качестве датчиков тока в схеме защиты от перегрузки используются трансформаторы тока с техническими характеристиками, соответствующими номинальному току аппарата, в который встраивается блок.

Электрическая схема блока *ТЗП* (рис. 44) состоит из измерительной и исполнительной частей. Измерительная часть схемы питается от трансформаторов тока через трехфазный однополупериодный выпрямитель на диодах *VD1—VD3*, а исполнительная — напряжением 36 В через контакты *8* и *10* штепсельного разъема.

Измерительная часть схемы включает в себя делители напряжения из резисторов *R2*, *R3* и *R5*, *R6*, активно-емкостные контуры *R7*, *C3* и *R8*, *C2*, сборительную схему *ИЛИ* из диодов *VD4* и *VD5*.

Исполнительная часть выполнена на основе порогового устройства из однопереходных транзисторов $VT1$ и $VT2$, тиристора $VS1$, исполнительного реле $K1.1$ и выпрямительного моста $VD8-VД11$. При подаче питания на схему и работе двигателя в номинальном режиме напряжение со вторичных обмоток трансформаторов тока поступает на выпрямительный мост и после выпрямления подается на делители напряжения $R2$, $R3$ и $R5$, $R6$. Происходит заряд конденсаторов $C2$ и $C3$. Если двигатель работает без перегрузки, то напряжения полностью заряженных конденсаторов недостаточно для открывания транзистора (ключа) $VT1$ исполнительного органа. По мере увеличения нагрузки происходит дальнейший заряд конденсаторов. Когда напряжение на одном из конденсаторов достигает напряжения срабатывания ключа (на $C2$ при опрокидывании или затяннушемся пуске двигателя, на $C3$ при пререзках, превышающих $(1,1...1,2) I_{ном}$), транзистор $VT1$ переключается и подает импульс на управляющий электрод тиристора $VS1$, в анодную

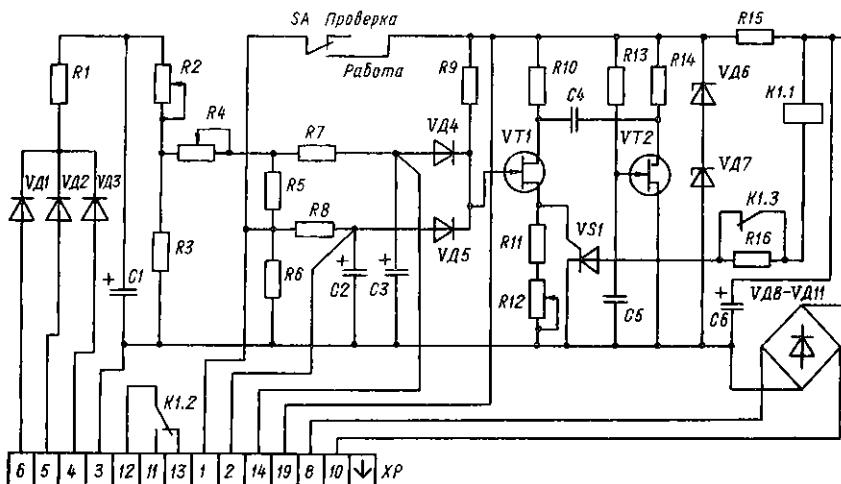


Рис. 44. Принципиальная электрическая схема блока ТЗП.

цепь которого включено исполнительное реле $K1.1$. Стабилизация порога срабатывания ключа осуществляется релаксационным генератором, выполненным на однопереходном транзисторе $VT2$. При срабатывании своими контактами реле $K1.1$ воздействует на цепи управления и сигнализации аппарата. Время достижения напряжения срабатывания ключа зависит от кратности перегрузки двигателя.

Проверка работы устройства производится переключением тумблера SA в положение *Проверка*. При этом на измерительную часть схемы подается напряжение 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 $R15$.

Порядок операций при включении пускателей серии ПВИ-БТ следующий: 1) закрыть быстрооткрываемую крышку и повернуть рукоятку ключа в положение *Закр* до упора; 2) опломбировать замок быстрооткрываемой крышки; 3) включить разъединитель; 4) нажать кнопку *Пуск* кнопочного поста управления пускателем.

Порядок операций при выключении пускателя: 1) нажать до упора на толкатель кнопки *Стоп*, расположенный на корпусе пускателя, или кнопку *Стоп* кнопочного поста дистанционного управления пускателем; 2) выключить разъединитель; 3) при необходимости открыть быстрооткрываемую крышку, рукоятку ключа быстрооткрываемой крышки повернуть в положе-

дне *Открыто* до упора. При этом следует учитывать взаимодействие механической блокировки.

При проверке блока предварительного контроля изоляции БКИ порядок операций такой: 1) нажать кнопку *Проверка БКИ*, включение сигнальной лампы *H2* с желтым светофильтром укажет на исправность блока; 2) отпустить кнопку, лампа *H2* должна выключиться.

При проверке схемы управления пускателем и цепи включения катушки контактора порядок операций следующий: 1) отключить разъединитель; 2) открыть быстрооткрываемую крышку; 3) на изоляционной панели с зажимами *1*, *37*, *20*, *34* перемычку между зажимами *20* и *34* снять и поставить между зажимами *1* и *37*; 4) закрыть быстрооткрываемую крышку; 5) включить разъединитель; 6) нажать кнопку *Схема*. При исправности схемы управления и цепи включения катушки контактора должна включиться лампа *H3* с белым светофильтром; 7) после проверки перемычку с зажимов *20* и *34* снять и поставить на зажимы *1* и *37*, закрыть быстрооткрываемую крышку и опломбировать ее замок.

Исправность максимальной токовой защиты проверяется путем поочередного переключения тумблеров на блоке максимальной защиты в положение *Проверка*. После этого производится запуск двигателя. В этом случае максимальная токовая защита должна срабатывать, заблокировать пускатель и включить сигнальную лампу *H1* с красным светофильтром.

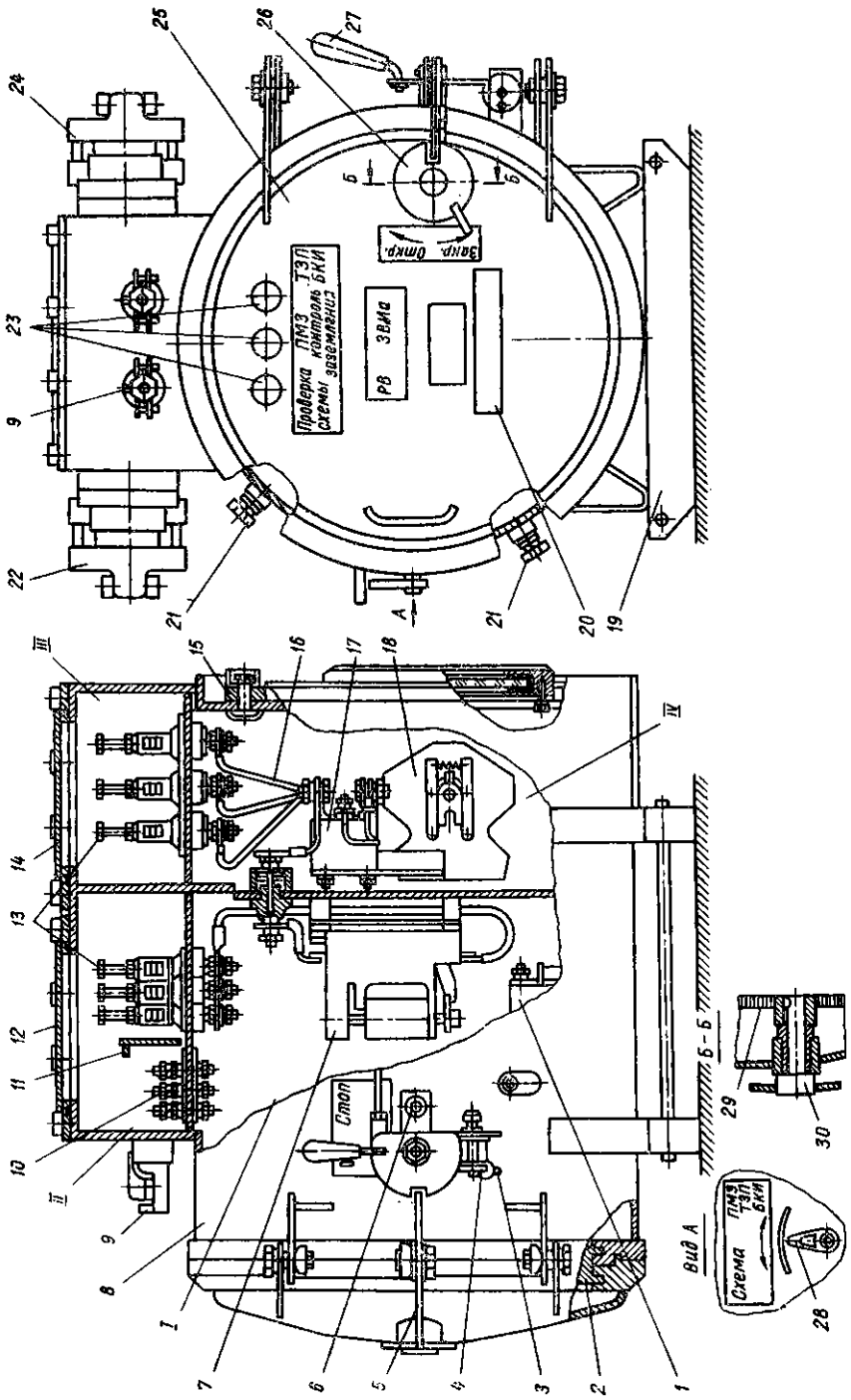
В пускателях ПВ-1140-2 × 25Б, ПВ-1140-2 × 63Б (рис. 45) в контакторном отделении встроено два контактора на ток 25 или 63 А [3; 9]. Контактное отделение, в котором расположены контакторы, блок аппаратуры и другая аппаратура, закрывается быстрооткрываемой крышкой. Стык крышки с корпусом уплотнен резиновым шнуром. Блок аппаратуры представляет собой каркас, на котором размещены блоки *БДУ*, *ПМЗ*, *ТЗП*, *БКИ*, понижительный трансформатор, блок диодов, панель с сигнальными лампами и предохранителями, трансформатор питания блоков *БДУ* и *БКИ*, реле и другие элементы электрической схемы пускателя. Электрическая связь панели аппаратуры с оболочкой осуществляется через блоки зажимов.

Для исключения реверсирования двигателя разъединителем до полной его остановки (включение на ЭДС вращающегося двигателя) предусмотрен ограничительный кулачок.

Оперативными коммутационными аппаратами силовой цепи являются контакторы *K1.8* и *K2.8* с втягивающими катушками на напряжение 127 В переменного тока (рис. 46). Блокировочный разъединитель *Q* имеет ножи, которые в отключенном положении заземляются. От вторичных обмоток напряжением 36 В (зажимы *1* и *2*) трансформатора *Тр6* питаются промежуточные реле *K5.1* и *K6.1*, от отпайки (зажимы *2*, *3*) напряжением 24 В — сигнальные лампы *H3—H8*; от обмотки напряжением 36 В (зажимы *7* и *9*) — выпрямитель *V7*, питающий катушки *K1.1* и *K2.1* контакторов, а также реле *K1.1* блоков *K3*, *K4* и сигнальные лампы *H1* и *H2*. При необходимости от обмоток напряжением 36 В может питаться внешняя нагрузка (зажимы *10* и *11*) мощностью не более 75 В · А. От обмотки 36 В (зажимы *1* и *2*) питаются блоки *ПМЗ* (*A1*, *A2*), *ТЗП* (*A3*, *A4*), *БКИ* (*A7*, *A9*) и трансформатор *Тр5*, вторичные обмотки которого питают блоки *БДУ* (*A5* и *A6*).

Питание катушки *K2.1* контактора *K2.8* осуществляется от обмотки напряжением 36 В трансформатора *Тр6* через выпрямительный мост *V7*. Обмотка реле *K1.1* блока *K4*, зашунтированная диодом *V1*, подключается к выпрямительному мосту через резистор *R6* и размыкающий вспомогательный контакт *K2.2* контактора.

Включение цепи катушки контактора под напряжением происходит следующим образом. После подачи напряжения на пускатель оператор нажатием на кнопку *Пуск* кнопочного поста управления включает реле *K5* блока управления *A6*. Замыкающий контакт реле *K5* блока *A6* подключит катушку промежуточного реле *K6.1*, которое своим контактом *K6.2* подключит катушку контактора и реле к выпрямительному мосту *V7*. Включается реле *K1.1* блока *K4* и своим контактом *K1.2* шунтирует ограничительные сопротивления *R2* и *R4*. В результате этого через катушку контактора потечет пусковой ток, достаточный для четкого включения контактора.



При включении контактора его вспомогательный контакт $K2.2$ в цепи реле $K1.1$ блока $K4$ разомкнется. Реле обесточится и отключится с выдержкой времени. Выдержка времени обеспечивается включением параллельно обмотке реле $K1.1$ блока $K4$ диода VI . После размыкания реле $K1.1$ ток в катушке $K2.1$ ограничивается резисторами $R2$ и $R4$, оставаясь на уровне, достаточном для удержания магнитной системы в замкнутом положении даже при глубоких снижениях напряжения, обусловленных пуском мощных двигателей.

Включение цепи катушки $K1.1$ контактора $K1$ кнопкой *Пуск* второго поста управления и блоком управления $A5$ происходит аналогичным образом.

Схема управления, как и в пускателях серии ПВИ-БТ, выполнена в виде блока дистанционного управления $БДУ$. При замыкании кнопки *Пуск* вынесенного поста управления срабатывает выходное реле $K5.1$ блока $A5$. В результате этого получает питание промежуточное реле $K5.1$. При увеличении сопротивления цепи дистанционного управления до 50 Ом или замыкании проводов этой цепи между собой блок $A5$ отключается, разрывая цепь питания промежуточного реле $K5.1$. Искробезопасные параметры обеспечиваются элементами блока $БДУ$. Аналогично работают блок $БДУ$ ($A6$) и промежуточное реле $K6.1$.

Устройство предварительного контроля изоляции $БКИ$ (блоки $A7$ и $A8$) осуществляет блокировку, препятствующую включению пускателя, если сопротивление изоляции отходящего присоединения падает ниже 30 кОм для сети напряжением 660 В и 100 кОм для сети напряжением 1140 В. В зоне предупредительной уставки, равной 100 ± 30 кОм для 660 В и 200 ± 80 кОм для 1140 В, блок $БКИ$ сигнализирует миганием сигнальной лампы $H3(A7)$ или $H6(A8)$. В зоне аварийной уставки (сопротивление ниже 30 кОм для 660 В и ниже 100 кОм для 1140 В) блок $БКИ$ разрывает цепь питания промежуточного реле $K5$ или $K6$ и включает сигнальную лампу $H3$ или $H6$.

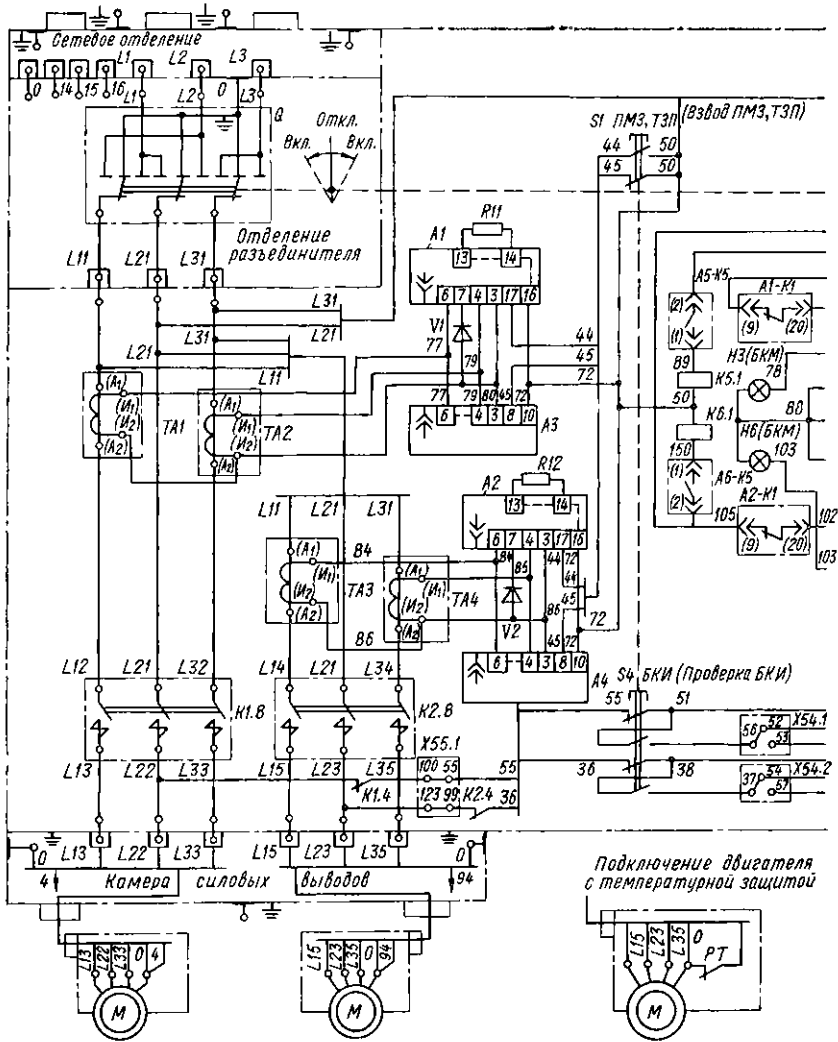
Питание блоков $БКИ$ осуществляется от обмотки напряжением 36 В понизительного трансформатора $Трб$. Блоки $БКИ$ подключаются одним проводником через размыкающий контакт кнопки 4 (*Проверка БКИ*), замыкающие вспомогательные контакты $K1.4$ и $K2.4$ к фазам $B2$ и $B3$, а вторым — к заземляющему зажиму, расположенному внутри оболочки пускателя. Установленные на панели переключки $X54$ служат для переключения блоков $БКИ$ при выборе напряжения сети: 1140 В или 660 В.

Проверка исправности блоков $БКИ$ производится поворотом флажка 28 (рис. 45) в положение $ПМЗ$, $ТЗП$, $БКИ$, воздействующего на кнопки $S1$ и $S4$ (рис. 46). Происходит размыкание цепей контроля сопротивления изоляции блоков $БКИ$ (зажимы 55, 51 и 36, 38 кнопки $S4$) и замыкание цепей проверки этих блоков на проверочные резисторы, установленные в блоках $БКИ$. При исправных блоках срабатывают реле и загораются сигнальные лампы $H3$ и $H6$.

Схема максимальной токовой защиты $ПМЗ$ состоит из трансформаторов тока $ТА1—ТА4$ (по два в каждом присоединении) и блоков $A1$, $A2$ ($ПМЗ$), присоединенных к вторичным обмоткам этих трансформаторов. При возникновении к. з. блок $ПМЗ$ срабатывает, разрывает свой контакт в цепи питания промежуточного реле $K5$ или $K6$ и замыкает контакт в цепи лампы $H7$

Рис. 45. Пускатели ПВ-1140-2×63Б и ПВ-1140-2×25Б:

1, 11 — отделения контакторов и выводов; 111, 11V — отделения вводов и разъединителя; 1 — блок аппаратуры; 2 — приводное запорное устройство; 3 — пломбировка рукоятки привода разъединителя в отключенном положении; 4, 5 — блокировочные кулачок и пластина; 6 — толкатель кнопки *Стоп*; 7 — блок контакторов; 8 — корпус; 9 — контрольный кабельный ввод; 10, 13 — проходные зажимы соответственно контрольных и силовых цепей; 11 — перегородка; 12, 14, 15 — крышки отделений выводов, вводов и разъединителя; 16 — силовые монтажные провода; 17 — трансформатор тока; 18 — разъединитель; 19 — салазки; 20 — скоба; 21 — наружные заземляющие зажимы; 22, 24 — кабельные вводы; 23 — смотровые окна сигнальных ламп; 25, 26 — быстроткрываемая крышка и привод ее замка; 27 — рукоятка привода разъединителя; 28 — поворотный флажок привода кнопок проверки схемы блока $БКИ$ и ввода $ПМЗ$; 29 — зубчатая передача; 30 — приводной валик.



или Н8, сигнализирующей о срабатывании максимальной токовой защиты. Замыкающий и размыкающий контакты исполнительных блоков А1, А2 без самовозврата, и возврат их в исходное положение после срабатывания максимальной защиты необходимо производить вручную поворотом флажка 28 (рис. 45) в положение ПМЗ, ТЗП, БКИ, воздействующего на кнопку S1 (рис. 46). При замыкании контакта кнопки S1 (зажимы 44, 50) напряжение подается с трансформатора Тр6 (зажимы 50, 72) на исполнительное реле блоков ПМЗ (зажимы 16, 17). Реле срабатывает и замыкает свои размыкающие контакты в цепи катушек К5.1, К6.1 промежуточных реле, подготавливая схему к работе.

Блоки токовой защиты от перегрузки ТЗП (А3, А4) присоединены к вторичным обмоткам трансформаторов ТА1—ТА4 параллельно с блоками ПМЗ. Питание блока осуществляется от обмотки напряжением 36 В трансформатора Тр6.

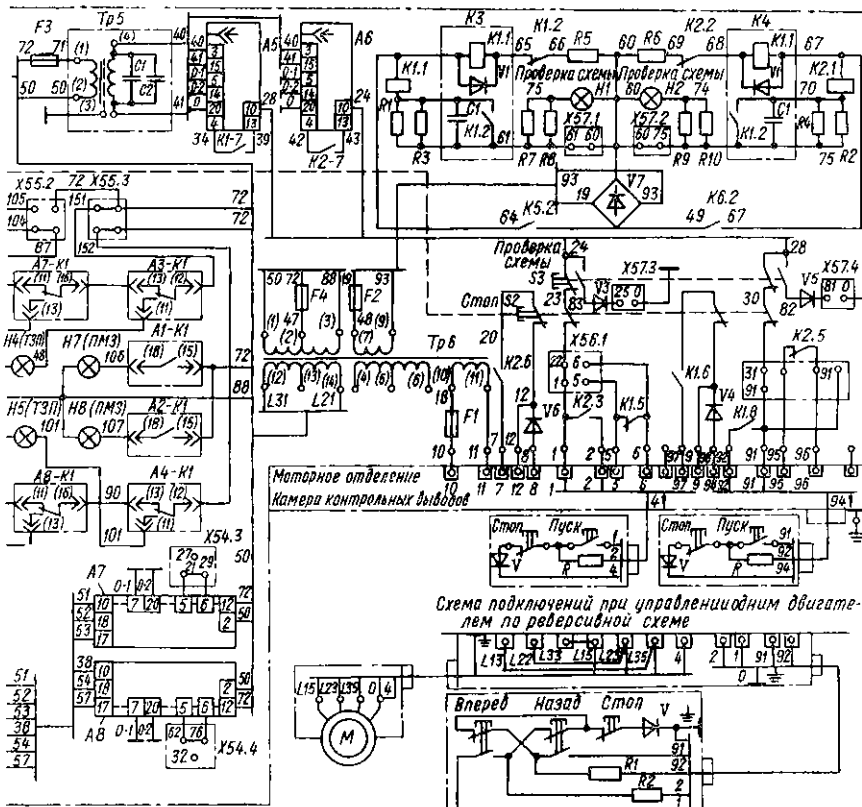


Рис. 46. Принципиальная электрическая схема пускателей ПВ-1140-2×63В и ПВ-1140-2×25В.

Назначение переключений	Положение переключателя на панелях		
	X54	X55	X56
Раздельное управление двумя электроприемниками по неревверсивной схеме	1140В	660В	1000-055 910-013 1230-099 960-013 1050-072 950-031 56-052 560-052 1040-087 910-031 053 053 1510-072 50-022 37-054 37-054 1520-072 60-022
	21-057 21-057	21-029 21-029	1000-055 910-013 1230-099 960-013 1050-072 950-031 1040-087 910-031 1510-072 60-022 1520-072 60-022
	27-076 27-076	27-032 27-032	
	82-076 82-076	1050-072 950-031 1040-087 910-031 1510-072 60-022 1520-072 60-022	
	32-076 32-076		

При срабатывании блок ТЗП разрывает свой контакт в цепи питания промежуточного реле К5 или К6 и замыкает контакт в цепи лампы Н4 или Н5, сигнализирующей о срабатывании токовой защиты от перегрузки. Выходное реле блока ТЗП без самовозврата и возврат в исходное положение после срабатывания защиты от перегрузки необходимо производить вручную поворотом флажка 28 (рис. 45). Размыкающий контакт кнопки S1 (зажимы 45, 50) размыкает цепь питания (рис. 46) блока ТЗП (зажимы 8, 10), реле К1.1 блока ТЗП обесточивается и замыкает свои контакты в цепи промежуточного реле К5 и К6, подготавливая схему к работе.

Монтаж электрической схемы пускателя выполнен элюдом-изготовителем для подключения к сети напряжением 1140 В при раздельном управле-

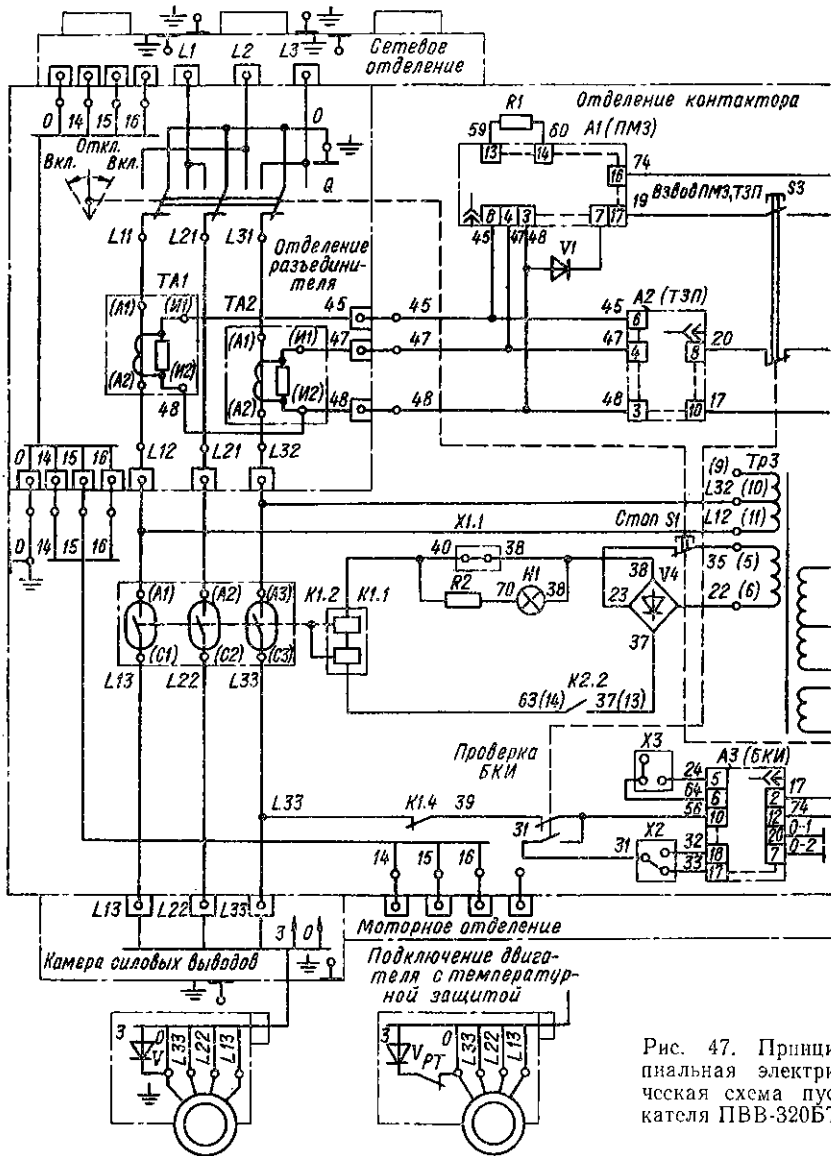
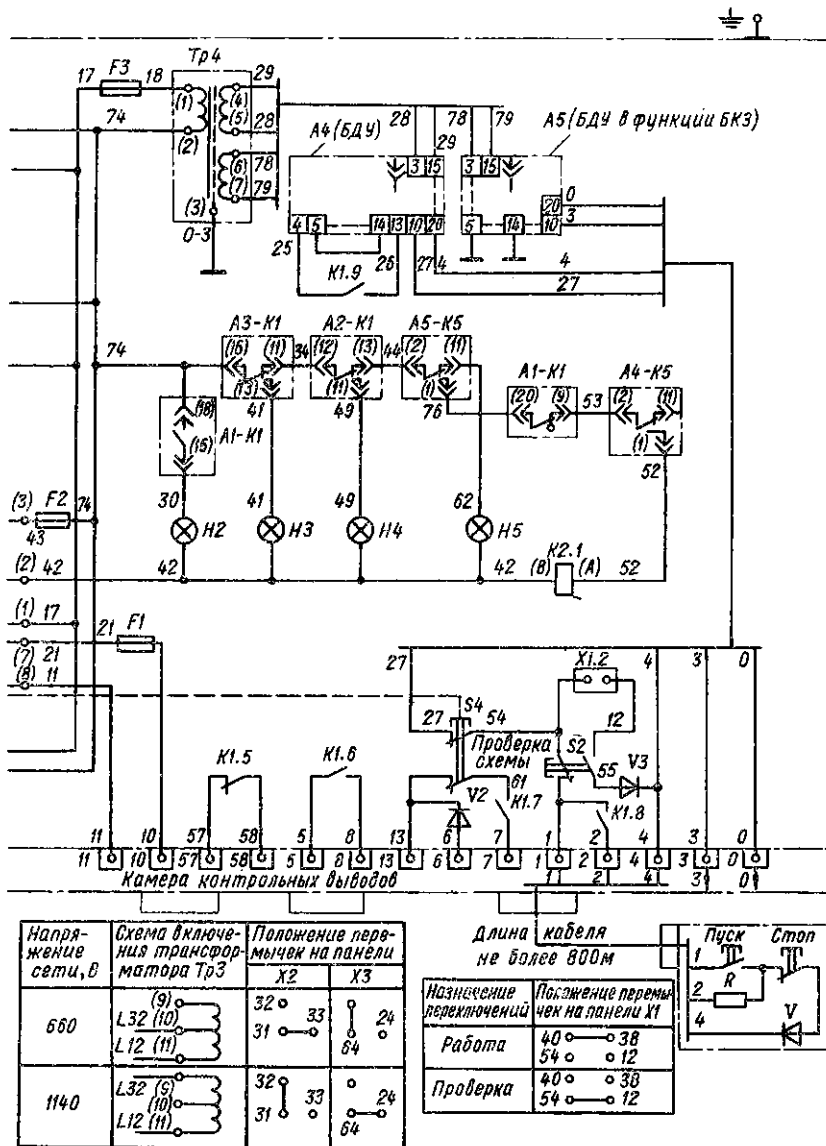


Рис. 47. Принципиальная электрическая схема пускателя ПВВ-320БТ.

нии двумя токоприемниками. Для подключения пускателя к сети напряжением 660 В необходимо: 1) в зависимости от количества управляемых электроприемников выполнить переключения цепей управления на панелях X54, X55, X56 в соответствии с данными таблицы на рис. 46; 2) при управлении одним электроприемником по реверсивной схеме в камере силовых выводов моторного отделения между проходными зажимами L33 и L15, L22 и L23 и L13 и L35 установить перемычки с соответствующей маркировкой, поставленные в комплекте с пускателем; 3) провод с маркировкой L21 снять с контактного зажима 14 панели понижающего трансформатора Тр6 и присоединить к зажиму 13.



Для осуществления, при необходимости, блокировки последовательности включения двух пускателей к проходным зажимам 7, 8, 12 и 9, 97, 98 камеры контрольных выводов моторного отделения подключены последовательно соединенные элементы схемы пускателя: диод V6, размыкающий контакт кнопки S2, замыкающий вспомогательный контакт контактора K2.6, диод V4, замыкающий контакт кнопки S2, замыкающий вспомогательный контакт K1.6.

Порядок операций при включении и отключении пускателей серии ПВ-1140 такой же, как и пускателей серии ПВИ-БТ.

Пускатель ПВВ-320БТ имеет четыре отделения, как и пускатели серии ПВИ-БТ. Его корпус аналогичен корпусу пускателей ПВИ-1140-2 × 25БТ (ПВИ-1140-2 × 63БТ). В пускателе ПВВ-320БТ применен вакуумный контактор, не требующий доступа к контактам, которые помещены в герметичные вакуумные камеры. Электрическая схема пускателя ПВВ-320БТ (рис. 47) обеспечивает выполнение тех же функций, что и схема пускателей серии ПВИ.

Для питания цепей управления, блокировки и сигнализации предусмотрен трансформатор *Тр3*. От его вторичной обмотки напряжением 36 В (зажимы 3 и 1) питаются блоки *ПМЗ*, *БКИ*, реле *К2* и трансформатор *Тр4*, вторичная обмотка которого напряжением 18 В питает блоки *БДУ* и *БКЗ*. От обмотки трансформатора *Тр3* (зажимы 7 и 8) при необходимости питается внешняя нагрузка (зажимы 11 и 10) мощностью не более 75 В А. От стайки напряжением 24 В (зажимы 2 и 3) питаются сигнальные лампы, от обмотки напряжением 110 В (зажимы 5 и 6) — выпрямитель *V4*, питающий катушку *K1.1* контактора.

Включение цепи катушки контактора под напряжение происходит следующим образом. После подачи напряжения на пускатель оператор нажатием кнопки *Пуск* кнопочного поста управления включает блок управления *БДУ* (*A4*), выходное реле *A4—K5* которого включает промежуточное реле *K2.1*. Замыкающий контакт реле *K2.2* подключит цепь питания катушки *K1.1* контактора к выпрямительному мосту *V4*. Произойдет включение контактора *K1.2*.

Схема контроля заземления (*A5*) электропривода машины выполнена в виде блока дистанционного управления *БДУ*. После включения разъединителя и при наличии сетевого питания срабатывает реле *K5* блока *A5*, и контактом *A5—K5* замыкается цепь питания реле *K2*. При увеличении сопротивления цепи дистанционного управления до 50 Ом или замыкании проводов цепи заземления между собой блок *A5* отключается, разрывая цепь питания реле *K2*, и пускатель отключается.

Устройство предварительного контроля изоляции *A3* (*БКИ*) в зоне предупредительной уставки *БКИ*, равной 100 ± 30 кОм для 660 В и 200 ± 80 кОм для 1140 В, сигнализирует миганием сигнальной лампы *H3*. В зоне аварийной уставки (сопротивление ниже 30 кОм для 660 В и ниже 100 кОм для 1140 В) устройство *БКИ* разрывает цепь питания промежуточного реле *K2* и включает сигнальную лампу *H3*.

В качестве блока контроля цепи заземляющего провода использован блок *БДУ* (*A5*), предназначенный для: 1) контроля обрыва, замыкания между контрольным и заземляющим проводами и сопротивления цепи заземляющего провода управляемого электропривода; 2) осуществления блокировки, препятствующей включению пускателя, если произойдет обрыв, замыкание или увеличение сопротивления цепи заземляющего провода более 50 Ом.

Для контроля цепи заземления электропривода 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 плюс диода подключается к контрольному проводу, а минус — к зажиму *Земля* токоприемника. При подключении двигателя с температурной защитой между минусом диода и зажимом *Земля* необходимо включить контакт этой защиты.

Максимальная токовая защита обеспечивается блоком *ПМЗ*. При возникновении к.з. блок *ПМЗ* срабатывает и размыкает свой контакт *A1—K1* в цепи питания промежуточного реле *K2* и замыкает контакт в цепи лампы *H2*, сигнализирующей о срабатывании максимальной защиты. Защита от перегрузки осуществляется блоком *A2* (*ТЗП*), присоединенным ко вторичным обмоткам трансформаторов *ТА1* и *ТА2*. Питание на блок подается от обмотки напряжением 36 В трансформатора *Тр3*. При срабатывании блок *ТЗП* размыкает свой контакт *A2—K1* в цепи питания промежуточного реле *K2* и замыкает контакт в цепи лампы *H4*, сигнализирующей о срабатывании защиты от перегрузки.

Автоматический рудничный пускатель ПРА предназначен для управления (и защиты) приводами толкателей ПВМ, задвижек ПЗ, ствольных дверей ПДС-1, стрелочных ПМС-4, используемых в схемах дистанционного, централизованного или автоматического управления шахтными механизмами, а также для управления колонковыми электросверлами в шахтах.

Корпус пускателя ПРА представляет собой сварную оболочку, разделенную на взрывонепроницаемые отделения: 1) пусковой и защитной аппаратуры с быстрооткрываемой крышкой, в нем размещены силовая панель, панель управления, трансформатор, предохранитель и панель с сигнальными лампами и кнопками; 2) выключателя, в нем размещен автоматический выключатель; 3) ввода кабеля от сети, оно снабжено двумя вводами, один из которых используется в качестве транзитного; 4) вывода (ввод кабеля от нагрузки), оно снабжено двумя вводами для подключения приводов и четырьмя вводами для подключения кнопочного поста и линии сигнализации. Электрическая связь между элементами схемы, расположенными в различных отделениях, осуществляется через контактные зажимы, рассчитанные для подключения цепей напряжением 36, 127 и 660 В соответственно.

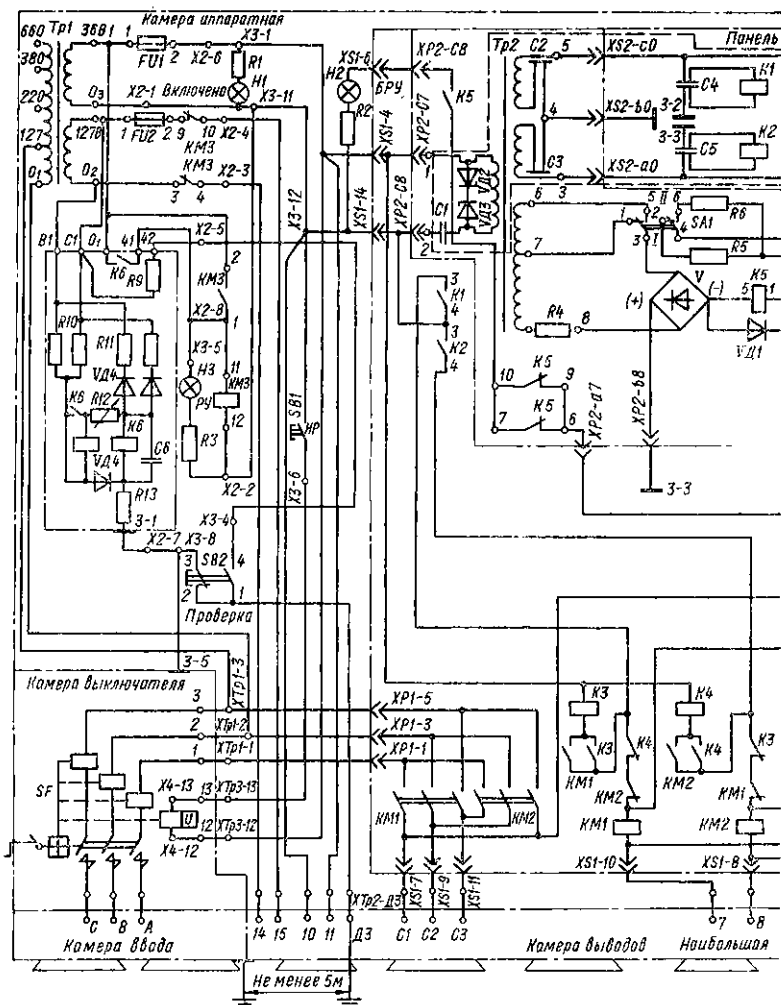
Наружу корпуса выведена кнопка для деблокирования теплового реле и три штока для включения кнопки проверки блокировочного реле утечки БРУ, кнопки для проверки исправности цепей тягивающих катушек контакторов и кнопки для косвенной проверки срабатывания максимальной токовой защиты. У кнопки и каждого штока нанесены надписи: *Деблокировка FT, БРУ, РУ, Включено, НР, Проверка* (рис. 48). Для открывания быстрооткрываемой крышки предусмотрен специальный зубчатый ключ, который крепится на корпусе пускателя шпилькой.

Включается автоматический выключатель *SF* с помощью ручки и подает напряжение на первичную обмотку трансформатора *Tr1*, панель управления и все элементы схемы, подсоединенные к силовой цепи до контакторов. При этом загорается сигнальная лампа *Н1*. В свою очередь от трансформатора *Tr1* получает питание стабилизирующий трансформатор *Tr2*, к искробезопасным вторичным обмоткам которого подсоединены катушки промежуточных реле *K1* и *K2* постоянного тока. Реле *K1* и *K2* не срабатывают, поскольку их катушки обтекаются переменным током. Начало вторичных обмоток трансформатора *Tr2* соединено с выводами катушек реле *K1* и *K2* и через вариконды *C4* и *C5* выведены на корпус.

Дистанционное управление пускателем с вынесенного кнопочного поста осуществляется включением одной из двух пусковых кнопок *Вперед* или *Назад*. При этом через зажим 4 или 6 кнопкой с последовательно включенным диодом обмотка соответствующего реле *K1* или *K2* шунтируется, реле срабатывает и замыкает свой замыкающий контакт в цепи питания тягивающей катушки соответствующего контактора *KM1* или *KM2*. Цепи питания последних через контактные зажимы 7, 8 и 9 замыкаются конечным выключателем управляемого привода. Контактор *KM1* или *KM2* срабатывает и размыкает размыкающим контактом цепь контроля сопротивления изоляции отходящей силовой цепи БРУ, замыкающими контактами включают блокировочное реле *K3* или *K4* и шунтируют кнопки *Пуск* кнопочного поста ограничивающим резистором, включенным параллельно кнопкам и выведенным на контактный зажим 5.

При двухпозиционном управлении приводом с движущегося электровоза работа схемы аналогична, поскольку контакты системы автоматического управления включены параллельно кнопкам кнопочного поста. При однопозиционном управлении контакты системы автоматического управления включают через зажимы 4 и 6 и диод на корпус параллельно. Реле *K1* и *K2* срабатывают одновременно и подают напряжение на тягивающие катушки контакторов *KM1* и *KM2*. Срабатывает один из контакторов, цепь питания тягивающей катушки которого замкнута конечным выключателем управляемого привода.

Защита от токов к.з. в отходящей силовой цепи осуществляется электромагнитными расцепителями максимальной токовой защиты автоматического выключателя *SF*, в цепях питания внешней нагрузки напряжением 36 и 127 В плавкими предохранителями *FU1* и *FU2*. Для защиты от замыкания в цепях дистан-



ционного управления применены промежуточные реле $K1$ и $K2$ постоянного тока. При замыкании диод, встроенный в кнопочный пост последовательно с пусковой кнопкой, шунтируется, и работающее реле отключается.

Защита от самовключения при повышении напряжения и нулевая защита осуществляются применением в цепях управления пусковой кнопки с самовозвратом. Для защиты от обрыва или увеличения сопротивления цепи заземления используются те же промежуточные реле $K1$ и $K2$, которые настроены на отпускание при сопротивлении более 100 Ом. Защита приводов от длительного пребывания под током осуществляется тепловым реле $КК$. Нагревательные элементы реле включаются замыкающими контактами блокировочных реле $K3$ и $K4$, которые в свою очередь включаются замыкающими контактами контакторов $KM1$ и $KM2$. Реле срабатывает по истечении 20 с после включения в случае неразмыкания по какой-либо причине контактов конечного выключателя привода во избежание выхода из строя заторможенного двигателя привода.

Деблокирование (приведение в рабочее состояние) теплового реле осуществляется кнопкой, выведенной наружу корпуса.

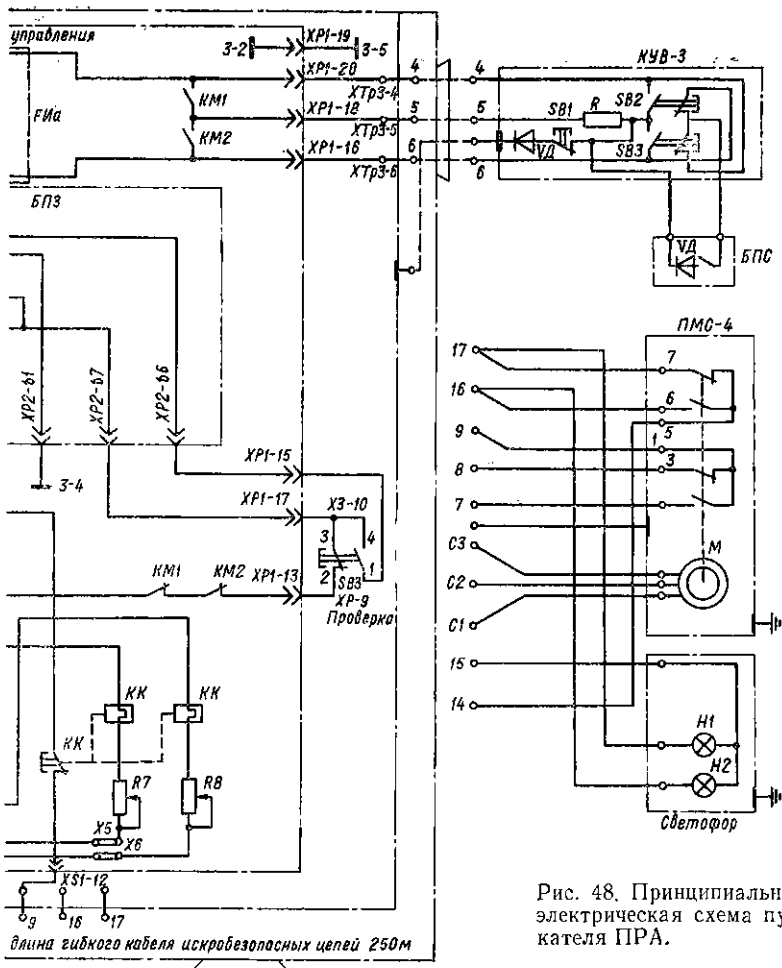


Рис. 48. Принципиальная электрическая схема пускателя ПРА.

В случае применения пускателя в длительном режиме для управления колонковым электросверлом или другой нагрузкой защита от их длительного пребывания под током отключается. Для этого следует снять перемычки X5 и X6 на выемной панели.

Электрическая блокировка контакторов от одновременного включения при двухпозиционном сигнале выполняется блокировочными реле K3 и K4. При однопозиционном сигнале, когда оба промежуточные реле K1 и K2 срабатывают одновременно, включится контактор KM1 или KM2, цепь питания тягивающей катушки которого будет замкнута конечным выключателем привода. Сработавший контактор KM1 (или KM2) включает соответствующее блокировочное реле K3 (или K4), последнее своим размыкающим контактом размыкает цепь питания тягивающей катушки контактора KM2, а замыкающим контактом шунтирует замыкающий контакт контактора KM1 в цепи питания собственной тягивающей катушки и удерживает ее во включенном состоянии до тех пор, пока будут включены промежуточные реле K1 или K2. При замыкании цепи питания тягивающей катушки контактора KM2 конечным выключателем привода последний не включается, по-

скольку цепь питания его втягивающей катушки отключена размыкающим контактом реле *К3*. Блокировка контактора *КМ2* происходит аналогично.

Электрическая блокировка контакторов *КМ1* и *КМ2* осуществляется взаимно собственными размыкающими контактами и дополнительно размыкающими контактами блокировочных реле *К3* и *К4*.

Предварительный контроль сопротивления изоляции относительно земли отключенного пускателем отходящего участка сети и блокировка, препятствующая включению пускателя при снижении сопротивления изоляции этого участка ниже нормы, выполняется блокировочным реле утечки *БРУ*. При снижении сопротивления изоляции ниже уставки катушка исполнительного реле *К5* обтекает выпрямленным током, достаточным для его срабатывания, по цепи: вторичная обмотка трансформатора *Тр2* — тумблер *SA1* (положение I при напряжении сети 127—220 В, положение II при напряжении сети 380—660 В) — выпрямительный прибор *V* — корпус — заземление — изоляция фазы *С1* отходящего кабеля относительно земли — фаза *С1* — размыкающие контакты *КМ1* и *КМ2* — размыкающий контакт кнопки *SB1* — обмотка реле *К5* — выпрямительный прибор *V* — резистор *R4* — вторичная обмотка трансформатора *Тр2*. Реле *К5* срабатывает и размыкающим контактом отключает источник питания цепей управления — первичную обмотку трансформатора *Тр2*, питающую обмотки промежуточных реле *К1* и *К2*.

Проверка исправности *БРУ* осуществляется кнопкой *SB3* Проверка, выведенной наружу корпуса, через резистор *R5* или *R6* соответственно напряжению сети 127—220 В или 380—660 В. Если схема *БРУ* исправна, то реле *К5* срабатывает и своим замыкающим контактом включает сигнальную лампу *Н2* с надписью *БРУ*.

Проверка исправности максимальной токовой защиты осуществляется кнопкой *SB1*, при этом включается независимый расцепитель, который отключает автоматический выключатель *SF*. Этим проверяется механизм свободного расцепления выключателя и косвенно максимальная токовая защита, поскольку токовые катушки при срабатывании воздействуют на тот же механизм свободного расцепления. После срабатывания автоматического выключателя сигнальная лампа *Н1* гаснет.

Проверка исправности *РУ* осуществляется кнопкой *SB2* Проверка. При этом искусственно создается утечка тока на землю через проверочное сопротивление *R9*, включается реле *К6* и своим контактом замыкает цепь питания катушки контактора *КМ3* и сигнальной лампы *Н3 РУ*. Контактор отключает нагрузку от цепи напряжением 127 В пускателя и одновременно своим замыкающим контактом блокирует замыкающий контакт реле *К6*.

Возврат реле утечки после срабатывания в рабочее положение осуществляется повторным включением автоматического выключателя *SF*.

Подготовка к эксплуатации и техническое обслуживание пускателей [3; 8; 9; 10]. Перед спуском пускателя в шахту его проверяют в шахтной мастерской. До начала проверки пускателя необходимо тщательно изучить его электрическую схему и устройство, проверить наличие технической документации и запасных частей. При осмотре следует проверить тщательность всех болтовых соединений и надежность подсоединения токоведущих частей, наличие заглушек и резиновых колец в кабельных вводах; отсутствие затирания в подвижных частях; легкость поворота рукоятки при закрывании и открывании быстрототкрываемых крышек (для пускателей серий ПВИ и ПРА), легкость поворота крышек (для пускателей серии ПМВИ) и исправность механических блокировочных устройств, соответствие пускателя напряжению сети.

Проверяют также сопротивление изоляции токоведущих частей пускателя, которое должно быть не менее 10 МОм при напряжении сети 380 и 660 В и не менее 20 МОм при 1140 В. Проверку производят мегомметром на 1000 В при напряжении сети 380 В и на 2500 В при 1140 В. При проверке сопротивления изоляции блоки управления и максимальной защиты должны сниматься во избежание пробоев полупроводниковых элементов.

Перед включением пускателя в сеть необходимо убедиться в отсутствии повреждений оболочек, блокировок, рукояток, осмотреть элементы электрической схемы и подтянуть ослабленные контактные и другие соединения. Необходимо убе-

даться в правильности выбора пускателя по мощности и напряжению. Пускатели серий ПВИ и ПВИР рассчитаны на эксплуатацию в сетях напряжением 380 и 660 В без замены катушек контакторов. У других пускателей в зависимости от напряжения сети должна производиться замена катушек контакторов на соответствующее напряжение.

Величина зазора между фланцем и крышкой обслуживаемого отделения не должна превышать 0,2—0,4 мм у пускателей серии ПМВИ и 0,5 мм ПВИ. Зазоры других плоских соединений не должны превышать 0,2 мм. После обслуживания пускатель должен быть опломбирован.

При ежесменном техническом обслуживании проверяют целостность оболочки пускателя, кабельной арматуры, кнопок управления и проверок, затяжку болтов на крышках, наличие охранных колец, целостность смотровых окон, надежность крепления кабелей во вводных устройствах, наличие и надежность заземления корпуса, наличие пломбы и трафаретки назначения пускателя. В ремонтную смену устраняют неисправности по замечаниям обслуживающего персонала.

Ежеквартальные текущие ремонты проводятся при полном снятии напряжения с пускателей. Кроме работ, выполняемых при техническом обслуживании, осуществляют проверку надежности крепления к соответствующим зажимам проводов силовой цепи и цепи управления, исправность и целостность изоляторов проходных зажимов, состояние и одновременность касания стыковых контактов, состояние жгутов проводов, надежность крепления съемных блоков, состояние и надежность действия механических блокировок, состояние рабочих поверхностей силовых контактов и магнитной системы контактора, состояние дугогасительных камер, работоспособность защиты от токов к. з., блокировочного реле утечки и всей электрической схемы. Производится замена изношенных деталей и элементов.

Для содержания взрывозащитных поверхностей пускателя в чистоте и предохранения от ржавчины (не реже одного раза в месяц) необходимо их протирать ветошью, смоченной в керосине, и покрывать тонким слоем антикоррозионной смазки ЦИАТИМ-202.

После аварийного отключения пускателя под действием максимальной токовой защиты рекомендуется проводить его профилактический осмотр, обращая особое внимание на состояние главных контактов контактора и исправность дугогасительных устройств. При неполадках в блоках управления и защиты необходимо заменить их запасными.

Для осмотра контактора и других устройств, расположенных в обслуживаемом отделении пускателей серий ПМВИ и ПМВИР, должна соблюдаться следующая очередность снятия крышки: снять напряжение с ввода пускателя (нажать на толкатель кнопки *Стоп* и поворотом рукоятки разъединителя выключить его); специальным ключом вернуть блокировочный винт, затем повернуть крышку против часовой стрелки и снять ее на себя. У пускателей серий ПВИ, ПВИР, ПВ-1140, ПВВ и ПРА блокировочный разъединитель смонтирован в отдельной взрывобезопасной камере, поэтому при открывании быстрототкрываемой крышки должна соблюдаться такая последовательность операций: нажать на толкатель кнопки *Стоп* и повернуть рукоятку привода разъединителя в положение *Отключено*; разблокировать привод замка крышки; с помощью специального ключа повернуть приводной валик замка быстрототкрываемой крышки в направлении *Откр.*, открыть крышку.

Проверка блокировочного реле утечки производится кнопкой *Проверка БРУ*, на которую воздействуют посредством флажка, имеющегося на корпусе пускателя. При повороте и удержании флажка в положении *БРУ* и исправном состоянии блокировочного реле утечки должна загореться сигнальная лампа с белым светофильтром (у пускателей ПВ-1140 — с красным).

Для проверки максимальной токовой защиты пускателей серий ПВИ, ПВИР, ПВ-1140, ПМВИ-13М, ПМВИ-23М, ПВВ-320, которые укомплектованы защитой *УМЗ* или *ПМЗ*, необходимо выключить разъединитель, открыть крышку пускателя, установить рукоятки тумблеров на блоке *УМЗ* (*ПМЗ*) в положение *Проверка*, закрыть крышку, включить разъединитель пускателя и нажать на кнопку *Пуск*. При исправном блоке *УМЗ* (*ПМЗ*) под действием пускового тока двигателя пускатель должен отключиться, и при

21. Возможные неисправности взрывобезопасных магнитных пускателей и методы их устранения

Неисправности и их признаки	Причины возникновения	Методы контроля и устранения неисправностей
Пускатель не включается	1. Недовключен разъединитель	1. Повторно включить разъединитель
	2. Повреждена катушка контактора	2. Заменить катушку контактора
	3. Разомкнуты контакты кнопок <i>Стоп</i> в пускателе	3. Проверить исправность кнопок
	4. Переключатель рода управления установлен в положение, не соответствующее выбранному роду управления	4. Установить переключатель в положение, соответствующее роду управления
	5. Сгорела плавкая вставка предохранителя в цепи управления	5. Заменить плавкую вставку
	6. Сработала защита УМЗ или ПМЗ. Горит сигнальная лампа с красным светофильтром (кроме пускателей ПМВИ-61 и ПМВИР-41)	6. Определить причину срабатывания защиты, ликвидировать повреждение, взвести защиту
	7. Сгорела плавкая вставка предохранителя силовой цепи, замыкающий контакт реле обрыва фаз разомкнул цепь управления (для пускателей ПМВИР-41)	7. Определить причину, ликвидировать повреждение, проверить контактор, заменить плавкую вставку, взвести реле обрыва фаз
	8. Силовые контакты контактора касаются стенок дугогасительных камер	8. Отрегулировать положение контактов и дугогасительных камер
	9. Неисправна кнопка <i>Пуск</i>	9. Проверить кнопку, отремонтировать ее или заменить
	10. Вышел из строя диод в цепи управления	10. Заменить диод
	11. Обрыв цепи управления или увеличение сопротивления этой цепи свыше 20 Ом	11. Измерить сопротивление цепи, зачистить контакты и подтянуть крепления в местах электрических соединений, в случае необходимости заменить кабель с оборванной жилой

Неисправности и их признаки	Причины возникновения	Методы контроля и устранения неисправностей
	12. Снижение сопротивления между жилами дистанционного управления ниже 300 Ом	12. Измерить сопротивление изоляции между жилами и в случае необходимости заменить кабель
	13. Увеличение сопротивления цепи заземления свыше 50 Ом или неправильная полярность включения диода. В цепи заземления горит лампа с красным светофильтром (для пускателей ПВ-1140)	13. Минус диода в конце цепи контроля заземления подключить к зажиму <i>Земля</i>
	14. Ошибка при монтаже внешних цепей управления	14. Проверить монтаж внешних цепей и устранить ошибку
	15. Снижение сопротивления изоляции силовой цепи ниже установки БРУ. Горит сигнальная лампа с белым (у пускателей ПВ-1140 с красным) светофильтром. Неисправность внутри блока управления	15. Определить участок силовой цепи со сниженным сопротивлением изоляции. Устранить повреждение или заменить кабель. Проверить блок управления с помощью кнопки <i>Проверка схемы</i> . При исправной схеме управления в цепи катушки контактора горит неоновая лампа (у пускателей серии ПВИ). Заменить неисправный блок
Пускатель включается, но сразу отключается при отпускании кнопки <i>Пуск</i>	1. Обрыв цепи, шунтирующей контакты кнопки <i>Пуск</i>	1. Проверить наличие цепи и устранить неисправность
Реле БРУ не срабатывает при нажатии кнопки <i>Проверка БРУ</i> , не горит сигнальная лампа БРУ	1. Обрыв в цепи кнопки <i>Проверка БРУ</i> либо в размыкающем блок-контакте контактора 2. Неисправность блока управления 3. Перегорела сигнальная лампа БРУ	1. Проверить цепи кнопки и блок-контакта, устранить неисправность 2. Заменить блок 3. Заменить лампу

Неисправности и их признаки	Причины возникновения	Методы контроля и устранения неисправностей
Пускатель включается и сразу же отключается под действием максимальной токовой защиты, загорается лампа с красным светофильтром	1. Произошло к. з. в защищаемой силовой цепи	1. Определить место к. з. и устранить повреждение
	2. Несоответствие уставки защиты пусковому току	2. Проверить уставку защиты и привести ее в соответствие с пусковым током
	3. Сгорела сигнальная лампа	3. Заменить лампу
Пускатель самопроизвольно отключается, повторное включение невозможно	1. Обрыв или увеличение сопротивления цепи дистанционного отключения свыше 100 Ом или снижение сопротивления изоляции между жилами управления	1. Измерить сопротивление цепи управления, зачистить контакты и подтянуть крепления в местах соединений. В случае необходимости перейти на резервные жилы или заменить кабель
	2. Увеличение сопротивления цепи заземления свыше 50 Ом, загорается сигнальная лампа с красным светофильтром (для пускателей ПВ-1140)	2. То же
Пускатель сильно гудит	1. Якорь контактора неплотно прилегает к сердечнику	1. Удалить загрязнение в разьеме магнитной системы. Отрегулировать магнитную систему, а также нажатие силовых контактов
	2. Повреждение или утеря короткозамкнутого витка	2. Заменить виток
	3. Низкое напряжение сети	3. Проверить напряжение сети, устранить неисправность
Чрезмерный нагрев контактов силовой цепи	1. Недостаточное усилие нажатия контактов	1. Отрегулировать нажатие контактов
	2. Чрезмерный износ контактов	2. Заменить контакты
Нечетко отключается магнитная система	1. Зажат вал контактора	1. Отрегулировать контактор
	2. Затирающие контакты в дугогасительной камере	2. Устранить затирающие

Неисправности и их признаки	Причины возникновения	Методы контроля и устранения неисправностей
Нет напряжения 36 В в цепи питания светильника местного освещения (системы автоматики)	1. Сгорел предохранитель в цепи освещения (автоматики) вторичной обмотки понижающего трансформатора	1. Заменить предохранитель
При включении пускателя привораживаются силовые контакты контактора	1. Чрезмерное или ослабленное нажатие силовых контактов	1. Отрегулировать нажатие контактов
	2. Низкое напряжение сети в момент замыкания силовых контактов	2. Замерить напряжение и принять меры к обеспечению его нормального уровня
	3. Неисправность в системе форсировки включения контактора (для пускателей ПВИ-250, ПВИ-310, ПВ-1140, ПВИР-250)	3. Проверить работу системы форсировки включения контактора, устранить неисправность

этом должна загореться сигнальная лампа с красным светофильтром. После проверки защиты снова отключают разъединитель, открывают крышку, осуществляют взвод УМЗ (ПМЗ) путем перестановки тумблеров переключателей в положение *Работа*, закрывают крышку и включают разъединитель пускателя.

В процессе эксплуатации не рекомендуется производить в шахте регулировку промежуточных реле в схемах управления пускателей во избежание его самопроизвольного включения, что особенно опасно, если воздушный зазор между сердечником и якорем магнитной системы реле уменьшится до 2 мм или если произойдет ослабление его пружины. В процессе эксплуатации не рекомендуется также изменять полярность включения концевого диода в цепи управления. При изменении полярности включения диода за счет перемагничивания магнитной системы промежуточного реле изменяются характеристики в схемах управления с шунтирующим резистором сопротивлением 47 Ом, и включение пускателя может не произойти.

Категорически запрещается также осуществлять управление пускателем по двухпроводной схеме с использованием только одной кнопки *Пуск* или *Стоп* с фиксатором, поскольку в этом случае отсутствует нулевая защита, и после подачи напряжения на ввод пускателя при его случайном исчезновении произойдет самопроизвольное включение.

Для устранения неисправностей пускателей необходимо руководствоваться рекомендациями, приведенными в табл. 21.

6.3. СТАНЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ЗАБОЙНЫХ МАШИН

Станция управления СУВ-350А (рис. 49) выполнена в рудничном взрывобезопасном исполнении, предназначена для дистанционного управления трехфазными асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором, установленными на машинах и механизмах угледобывающих комплексов.

Корпус станции СУВ-350А состоит из трех сварных отделений 7, 11 и 15, соединенных в одно целое при помощи прямоугольных патрубков. Отделения сообщаются между собой благодаря наличию в этих патрубках окон, используемых для прокладки проводов. Аппаратура станции размещена

в трех основных выдвижных блоках 5, 12 и 16, в боковой дополнительной панели 17, в панели трансформаторов и непосредственно в корпусе станции. Каждый выдвижной блок установлен в одном из отделений и содержит комплект аппаратуры для управления несколькими электроприводами.

Вводные коробки рассчитаны на сухую разделку бронированного кабеля или ввод гибкого кабеля. Левая коробка с входными отверстиями 45 и 63 мм и правая с отверстиями 32 и 63 мм имеют по два кабельных ввода. Контактные проходные зажимы вводных коробок соединены между собой шинами, что дает возможность одну из коробок использовать для транзитного вывода, а ввод осуществлять как слева, так и справа. При вводе двух параллельных кабелей они должны присоединяться с двух сторон: слева и справа.

Коробка контрольных выводов (для цепей управления и блокировок) размещена на корпусе правого отделения. Через эту коробку осуществляется

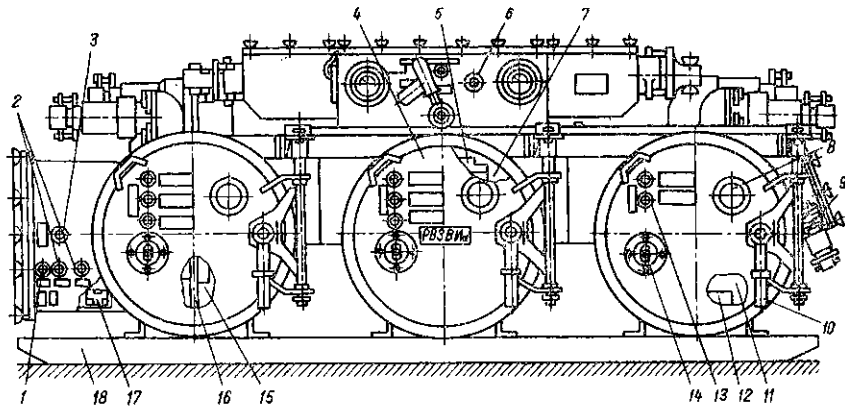


Рис. 49. Станция управления СУВ-350А.

1, 6 — кнопки проверки БРУ и S10, включения распределителя РПН; 2 — кнопки S12, S13 проверки блоков управления; 3 — окно для ламп Н1 и Н30, сигнализирующих о включении нулевого распределителя РНН и автоматического выключателя; 4 — быстрооткрываемая крышка; 5, 12, 16 — средний, правый и левый блоки аппаратуры; 7, 11, 15 — среднее, правое и левое отделения станции; 8, 13 — смотровые окна для световых индикаторов; 9 — коробка контрольных выводов; 10 — рукоятка открывания (закрывания) крышки; 14 — рукоятка переключения; 17 — дополнительная панель; 18 — салазки.

подключение к станции при помощи гибкого многожильного кабеля пульта управления. Всего в коробке 92 проходных зажима и десять кабельных вводов с входными отверстиями 22 и 40 мм. Расположение зажимов коробок показано на рис. 50. Станция имеет соединители для отходящих силовых кабелей. Их отключение и включение осуществляются при помощи специальных съемных гаек. Параметры станции управления приведены в табл. 22.

Электрическая схема станции обеспечивает дистанционное управление с центрального пульта всеми двигателями комплекса, за исключением двигателя комбайна, управление которым осуществляется с поста комбайна; выключение (останов) конвейера с пульта управления комбайна; снятие напряжения со станции при помощи аварийной кнопки *Стоп* с воздействием последней на автоматический выключатель, встроенный в станцию; защиту от токов к. з. каждого силового кабеля, отходящего от станции; электрическую блокировку, препятствующую включению контактора любого двигателя при снижении сопротивления изоляции в отходящем участке сети этого двигателя ниже 30 кОм при напряжении сети до 660 В; проверку работоспособности станции (при отключенном автоматическом выключателе) без подачи напряжения на токоприемники со световой индикацией включения всех контакторов; проверку исправности блокировочного реле утечки. Кроме того, схема обеспечивает сигнализацию о включении блокировочного раз-

единителя; о подаче напряжения питания на катушку расцепителя нулевого напряжения автоматического выключателя; о включении автоматического выключателя; о наличии напряжения на узлах форсированного включения контакторов КТУ (250 А); об отсутствии обрыва в цепи катушек электромагнитов мощных контакторов; о включении множительных реле состояния гидросистемы и звуковой сигнализации; о срабатывании защиты от токов к. з. в отходящих присоединениях, электрической блокировки от утечки и нулевой защиты.

Схема обеспечивает также защиту от обрыва и увеличения сопротивления цепи заземления выше 100 Ом; от потери управляемости при замыкании проводов цепи дистанционного управления между собой и заземляющей

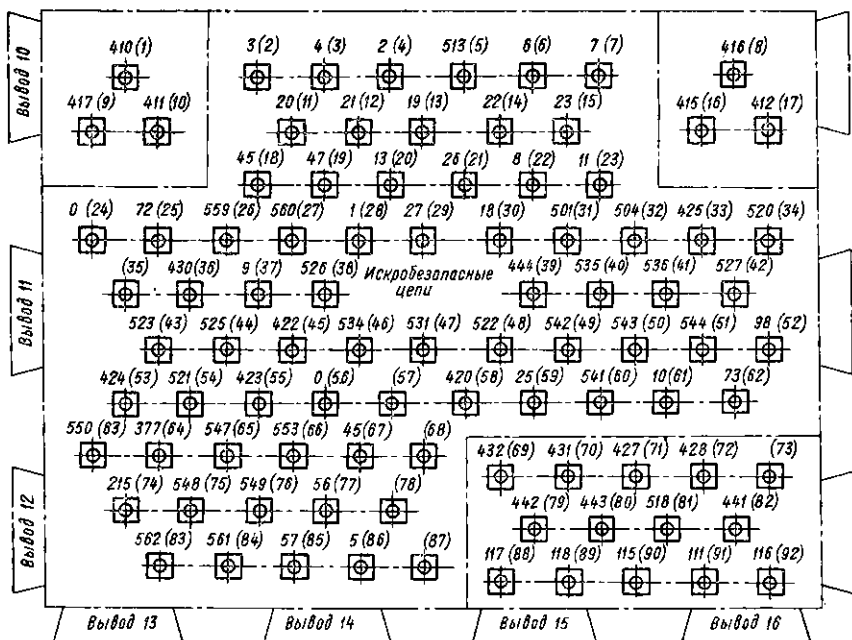


Рис. 50. Схема расположения зажимов коробки контрольных выводов станции СУВ-350А.

жилой; невозможность самовключения контакторов при кратковременном повышении напряжения в питающей сети до $1,5 U_{н}$; электрическую блокировку реверсивных контакторов, препятствующую одновременному включению обоих контакторов; подключение температурных реле с замыкающим контактом, встроенных в двигатели; блокировку, исключающую возможность включения комбайна и конвейера без подачи звукового сигнала; контроль продолжительности работы комбайна или конвейера с определенными уровнями нагрузки; защиту двигателей главных приводов от опрокидывания.

Питающаяся напряжением сети аппаратура, установленную в станции, можно разделить на размещенную непосредственно в оболочке и являющуюся общей для всех выводов станции и установленную в выдвижных блоках.

Блокировочный разъединитель QI (рис. 51) предназначен для снятия напряжения с элементов станции, находящихся внутри оболочки, и осуществления блокировки от попадания напряжения на внутренние части при открытых крышках станции. Автоматический выключатель $FIM.1$ используется для дистанционного и аварийного отключения нагрузки и снятия на-

22. Параметры станции управления СУВ-350А

Ввод, вывод	Максимальная мощность нагрузки, кВт, в продолжительном режиме	Номинальный ток продолжительного режима, А	Тип и схема контактора	Наибольший диаметр присоединяемого кабеля, мм	Назначение вывода, ввода
Общий ввод		525*		59	Подвод питания
Транзитный ввод *		150	—	43	Транзитная нагрузка
Транзитный вывод *	20	25	—	29	Для подключения АП-4 и устройств автоматизации
Вывод 1	55	63	КТУ-2А, не-реверсивная	40	Для насосной станции
Вывод 2	160	250	КТУ-4А, ре-версивная	54	Для конвейера лавы
Вывод 3	55	63	КТУ-2А, не-реверсивная	40	Для насоса орошения
Вывод 4	160	250	КТУ-4А, не-реверсивная	54	Для комбайна
Вывод 5	55	63	КТУ-2А, не-реверсивная	40	Для насосной станции
Вывод 6	55	63	КТУ-2А, не-реверсивная	40	То же
Вывод 7	160	250	КТУ-4А, ре-версивная	54	Резервный
Вывод 8	28	32	ПМА-3502, ПМА-3102, ре-версивная	40	Для предохранительной лебедки
Вывод 9	20	25		40	Для АП-4
Выводы 10, 11, 12, 18, 19**				29	Для цепей управления и блокировки напряжением до 65 В
Вывод 16 *		2	—	38	Источник питания для внешних потребителей напряжением 36 В
Вывод 17 *	—	2		29	То же

Ввод, вывод	Максимальная мощность нагрузки, кВт, в продолжительном режиме	Номинальный ток продолжительного режима, А	Тип и схема контактора	Наибольший диаметр присоединяемого кабеля, мм	Назначение ввода, вывода
Выводы 13, 14, 15 *			—	38	Для цепей управления и блокировки напряжением до 65 В

* Исполнение вводов (выводов) глухое, остальных — штепсельное.

** Номинальный ток общего ввода 525 А включает в себя ток транзитной нагрузки, равный 150 А. Сумма рабочих токов станции с учетом коэффициента загрузки не должна превышать $350 + 25$ А (для устройств автоматики и пускового агрегата АП-4).

пряжения со всех силовых выводов, отходящих от станции, при возникновении в них к.з. Для этой цели в автоматическом выключателе имеется обмотка расцепителя нулевого напряжения $F1.1$, питаемая выпрямленным током. В цепь ее питания заведены размыкающие контакты $K1F3$ блоков защиты $A1-A7$ и замыкающий контакт $K7A.2$ реле дистанционного отключения $K7A.1$. О готовности цепи питания обмотки $F1.1$ и его включения сигнализирует лампа $H1$. Для форсированного включения нулевого расцепителя предусмотрена пусковая кнопка $S10$. Цепи управления, блокировки и сигнализации в станции питаются от трансформаторов $Tr1$, $Tr2$ мощностью 250 В А каждый, которые подключены к сети непосредственно после разъединителя $Q1$.

Трансформатор $Tr1$ имеет вторичную обмотку напряжением 36 В (зажимы 100 и 102) с отводом на 12 В (зажимы 100 и 114), трансформатор $Tr2$ — вторичные обмотки напряжением 24, 36 (зажимы 115, 194) и 110 В (зажимы 113 и 195). Все вторичные обмотки, за исключением обмотки на 24 В, защищены предохранителями с плавкой вставкой на 5 А.

От вторичной обмотки (зажимы 100 и 102) трансформатора $Tr1$ питаются: блоки управления контакторов всех силовых выводов, отходящих от станции; блоки реле времени $A12-A14$; схемы форсированного включения контакторов $K2M$, $K12M$, $K4M$, $K7M$, $K17M$; катушки контакторов $K8M$, $K9M$, $K18M$; стабилизаторы напряжения $Tr26$, $Tr28$, $Tr29$, вспомогательные реле $K13A.1-K17A$; лампа $H30$, сигнализирующая о включении автоматического выключателя $F1M.1$; лампы $H20-H26$, сигнализирующие о срабатывании максимальной токовой защиты, питаемые от отвода 114 напряжением 12 В.

В свою очередь, от стабилизатора $Tr26$ питается обмотка промежуточного реле $K3A.1$ аварийного отключения конвейера; от $Tr28$ — обмотка промежуточного реле $K4A.1$ контроля гидросистем маслостанций; от $Tr29$ — обмотка промежуточного реле $K6A.1$ предупредительной сигнализации.

От вторичной обмотки (зажимы 113 и 195) трансформатора $Tr2$ через выпрямительный мост $V9$ питается катушка расцепителя нулевого напряжения $F1.1$ автоматического выключателя $F1M.1$, от зажимов 115 и 194 — множительные реле $K18A.1$, $K19A.1$; электронное реле времени ($A9$); стабилизаторы напряжения $Tr25$, $Tr27$ и при необходимости — внешние погребители мощностью до 100 В А. От стабилизатора $Tr25$ питается обмотка промежуточного реле $K8A.1$; от $Tr27$ — обмотка промежуточного реле $K7A.1$ дистанционного отключения автоматического выключателя $F1M.1$.

Суммарный ток, проходящий через станцию, в камере разъединителя контролируется амперметром PA , включенным через трансформатор тока

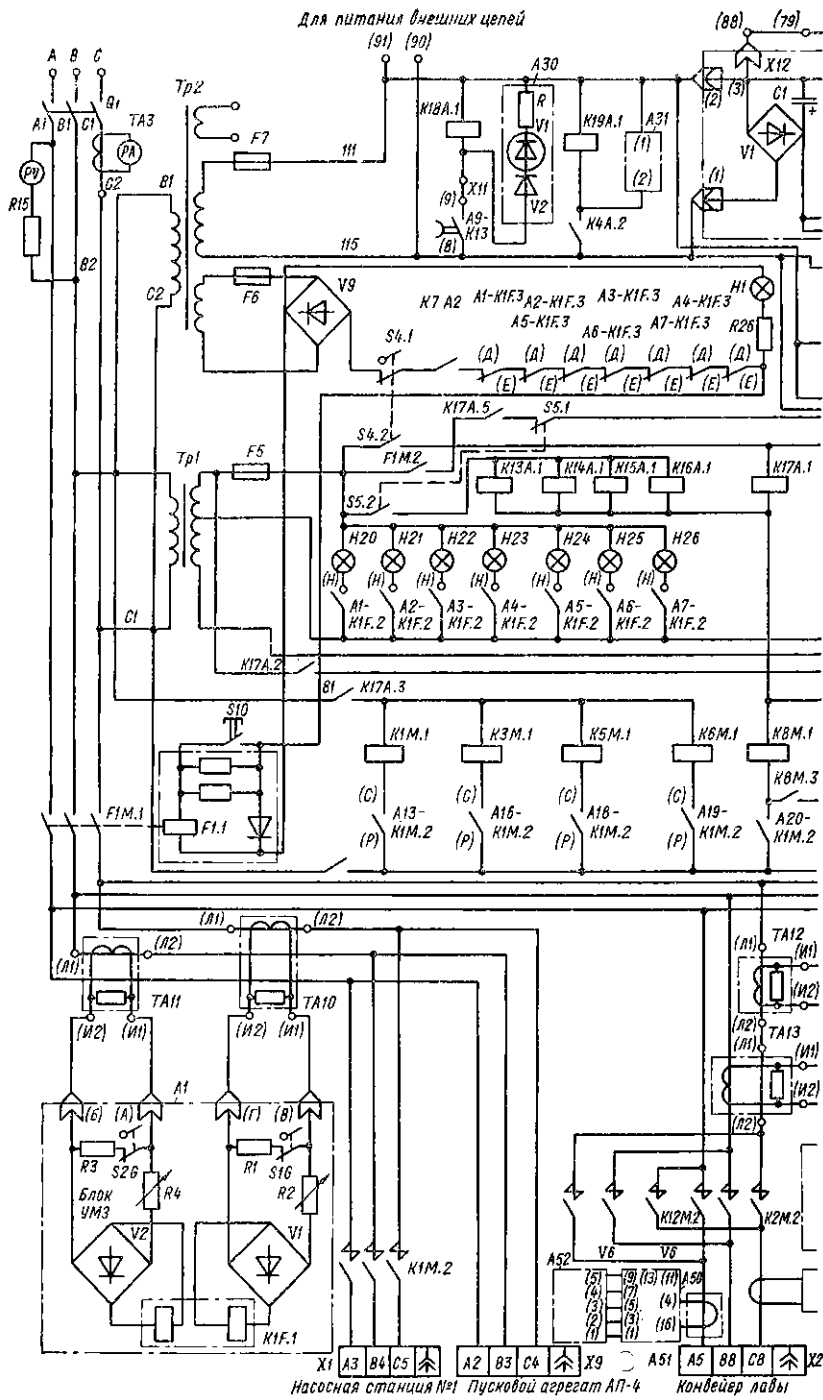
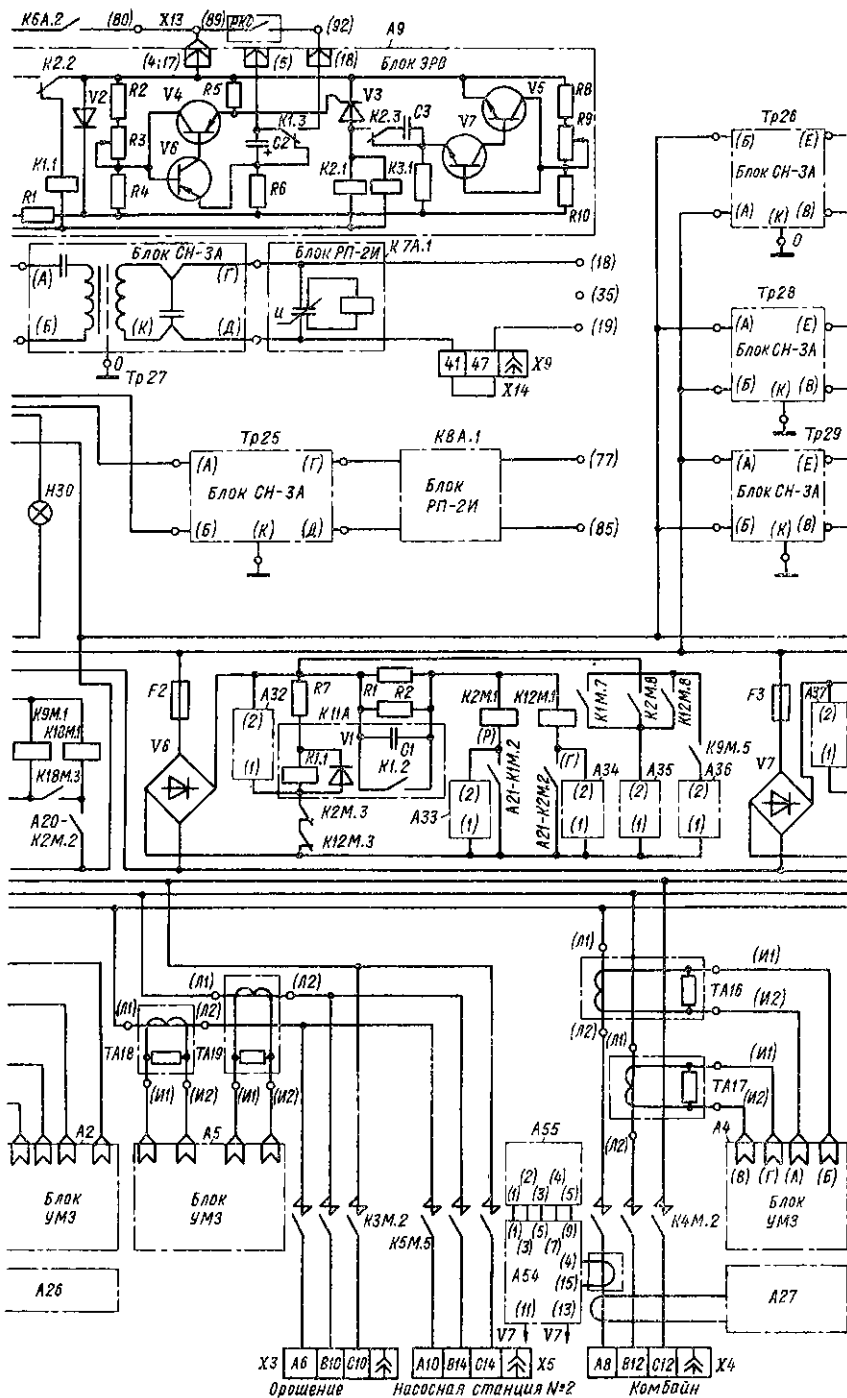


Рис. . I часть принципиальной электрической



схемы станции управления СУВ-350А.

ТА5 к фазе С, напряжение на вводе станции в этой же камере — вольтметром PV, подключенным к фазам сети через добавочный резистор R15.

Для управления и защиты каждого ответвления в станции имеется комплект аппаратуры, который содержит контактор (реверсивный или неререверсивный), два трансформатора тока для максимальной токовой защиты и блок управления (реверсивный или неререверсивный). Для включения и отключения двигателей конвейера лавы применены контакторы K2M и K12M, собранные по реверсивной схеме. Контактторы имеют механическую и электрическую блокировку от одновременного включения. Питание втягивающих катушек осуществляется выпрямленным током от зажимов 100 и 102 трансформатора Tr1 через выпрямительный мост V6 и замыкающий контакт K17A.2 вспомогательного реле K17A.1, которым размыкается цепь питания схем форсированного включения контакторов после выключения выключателя F1M.1. Это обусловлено тем, что при пуске мощных двигателей в шахтных сетях наблюдаются глубокие снижения напряжения, которые вызывают ослабление нажатий главных контактов или даже отпадание якоря магнитной системы, вследствие чего главные контакты подвергаются интенсивному износу. Поэтому с целью повышения надежности работы контакторов в станции осуществлено питание всех катушек контакторов КТУ постоянным током, который обеспечивает более низкий коэффициент возврата.

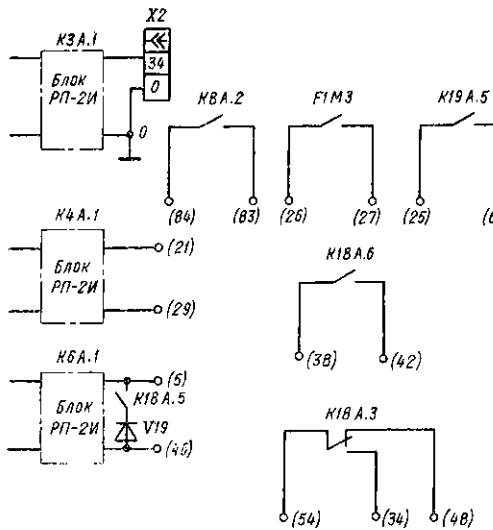
Учитывая, что для удержания магнитной системы в притянутом положении требуется значительно меньший ток, чем для ее включения, применена схема форсированного включения контакторов. Она содержит форсировочное реле K11A, обмотка K1.1 которого зашунтирована диодом V1, включенным встречно питающему напряжению, и соединенные параллельно ограничительные резисторы R1 и R2. Для ограничения тока в обмотке K1.1 последовательно с ней включен резистор R7. Форсировочное реле подключается к сети через размыкающие вспомогательные контакты K2M.3, K12M.3 контакторов K2M, K12M. Порядок работы схемы следующий.

При включении автоматического выключателя F1M.1 замыкается его вспомогательный контакт F1M.2, срабатывает вспомогательное реле K17A.1 и замыкает свой контакт K17A.2. На схему форсированного включения контакторов поступает постоянное напряжение, реле K1.1 срабатывает и своим замыкающим контактом K1.2 шунтирует ограничительные резисторы R1, R2. В таком «ждущем» состоянии схема находится до тех пор, пока оператору не понадобится включить контактор. Тогда он нажимает соответствующую кнопку Пуск на пульте управления, в результате чего к обмотке промежуточного реле K1M.1 (K2M.1) блока управления A21 подключается полупроводниковый диод, реле K2M.1 (K2M.1) срабатывает и своим замыкающим контактом K1M.2 (K2M.2) подключает обмотку втягивающей катушки контактора K2M (K12M) к источнику напряжения. Так как контакты реле K1.2 замкнуты, то при замыкании, например, контакта K1M.2 через катушку контактора потечет пусковой ток (до 5 А), достаточный для четкого включения контактора. При включении контактора размыкаются соответствующие вспомогательные контакты контактора в цепи форсировочного реле и оно обесточивается.

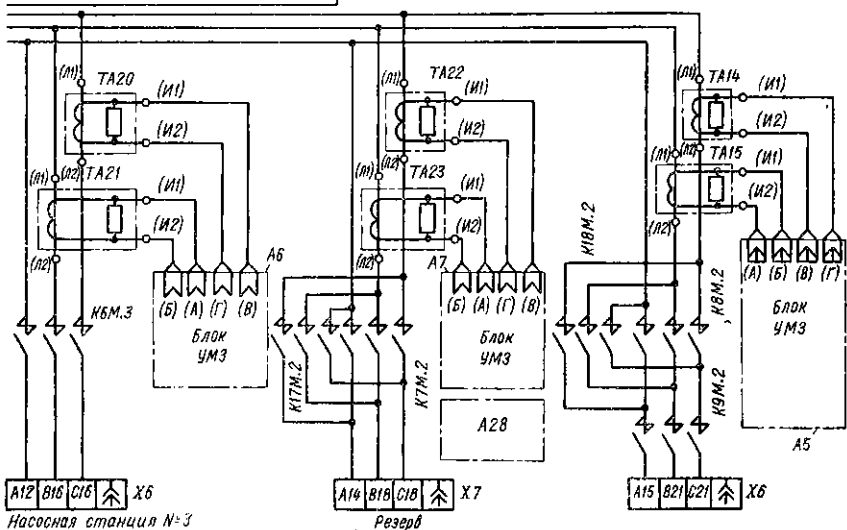
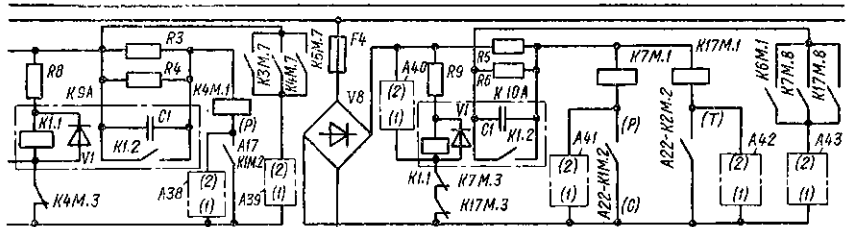
Поскольку при включении контактора вспомогательные контакты размыкаются раньше, чем магнитная система приходит в притянутое положение, то для полного включения контактора необходимо, чтобы контакты реле K1.2, шунтирующие резисторы R1 и R2, размыкались с некоторой выдержкой времени. Такая выдержка обеспечивается включением параллельно обмотке K1.1 диода V1. Благодаря этому ток в обмотке спадает не сразу, а постепенно, вследствие чего контакт реле размыкается с выдержкой времени, достаточной для четкого включения контактора. После размыкания контактов K1.2 ток в катушке контактора ограничивается резисторами R1 и R2, оставаясь на уровне, достаточном для удержания магнитной системы в замкнутом положении даже при глубоких посадках напряжения, обусловленных пуском мощных двигателей.

Для управления реверсивным контактором K2M (K12M) применен реверсивный блок управления A21 (рис. 52). Как реверсивные блоки управления A20—A22, так и неререверсивные A15—A19 содержат три функции

Контакты вспомогательных реле,
выведенные в коробку выводов

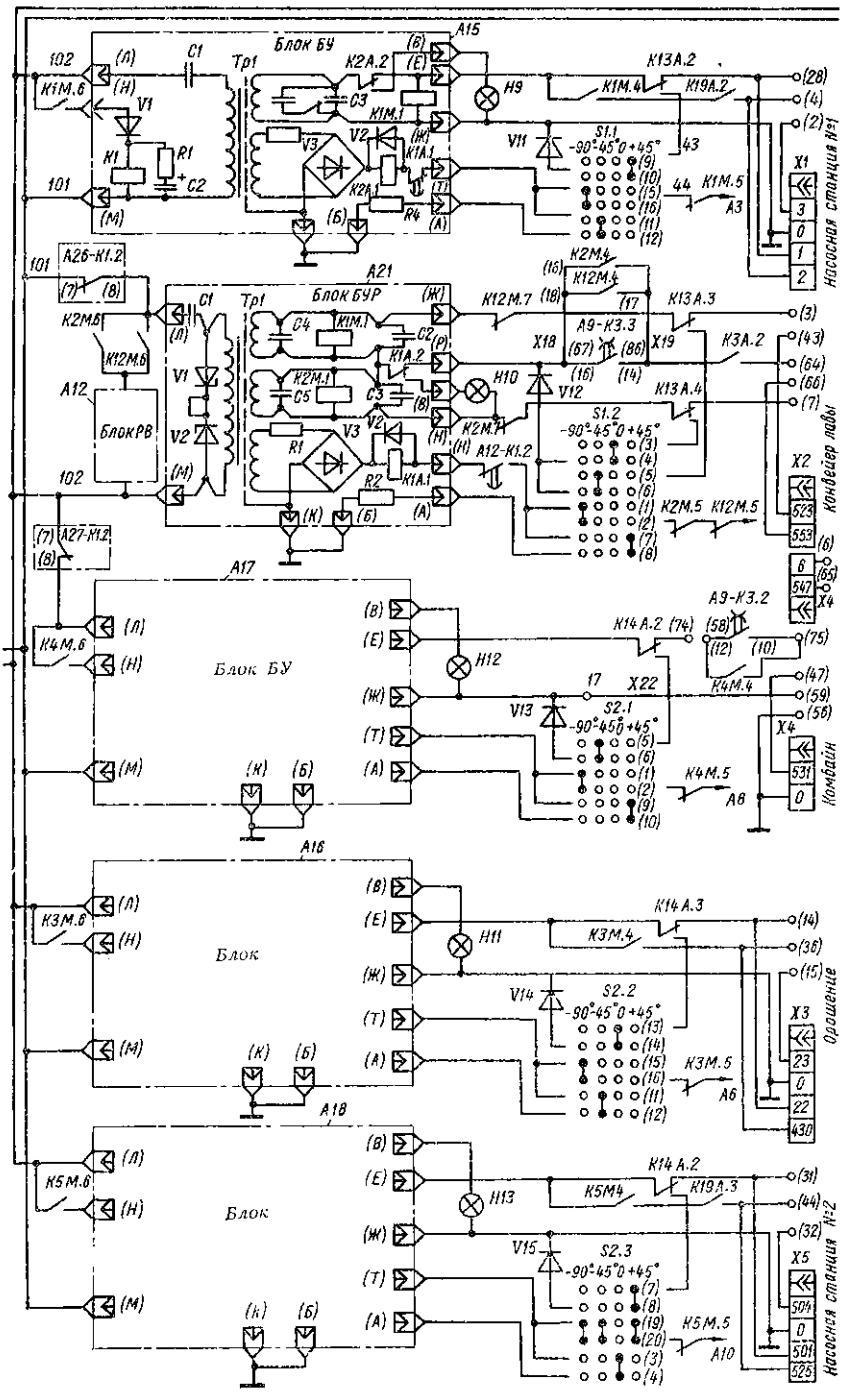


Соединение контактов	Способ фиксации			
	Положение рукоятки			
	-90°	-45°	0	+45°
1-2	x	-	-	-
3-4	-	-	x	-
5-6	-	x	-	-
7-8	-	-	-	x
9-10	-	-	-	x
11-12	-	x	-	-
13-14	-	-	x	-
15-16	x	-	-	-
17-18	-	x	x	x
19-20	x	x	-	x
21-22	x	-	x	x
23-24	x	x	x	-
Работа	Проверка включения контактора и БРУ	Проверка включения контактора и БРУ	Проверка включения контактора и БРУ	



Насосная станция №3

Резерв



Насосная станция №1

Конвейер лавы

Комбайн

Орошение

Насосная станция №2

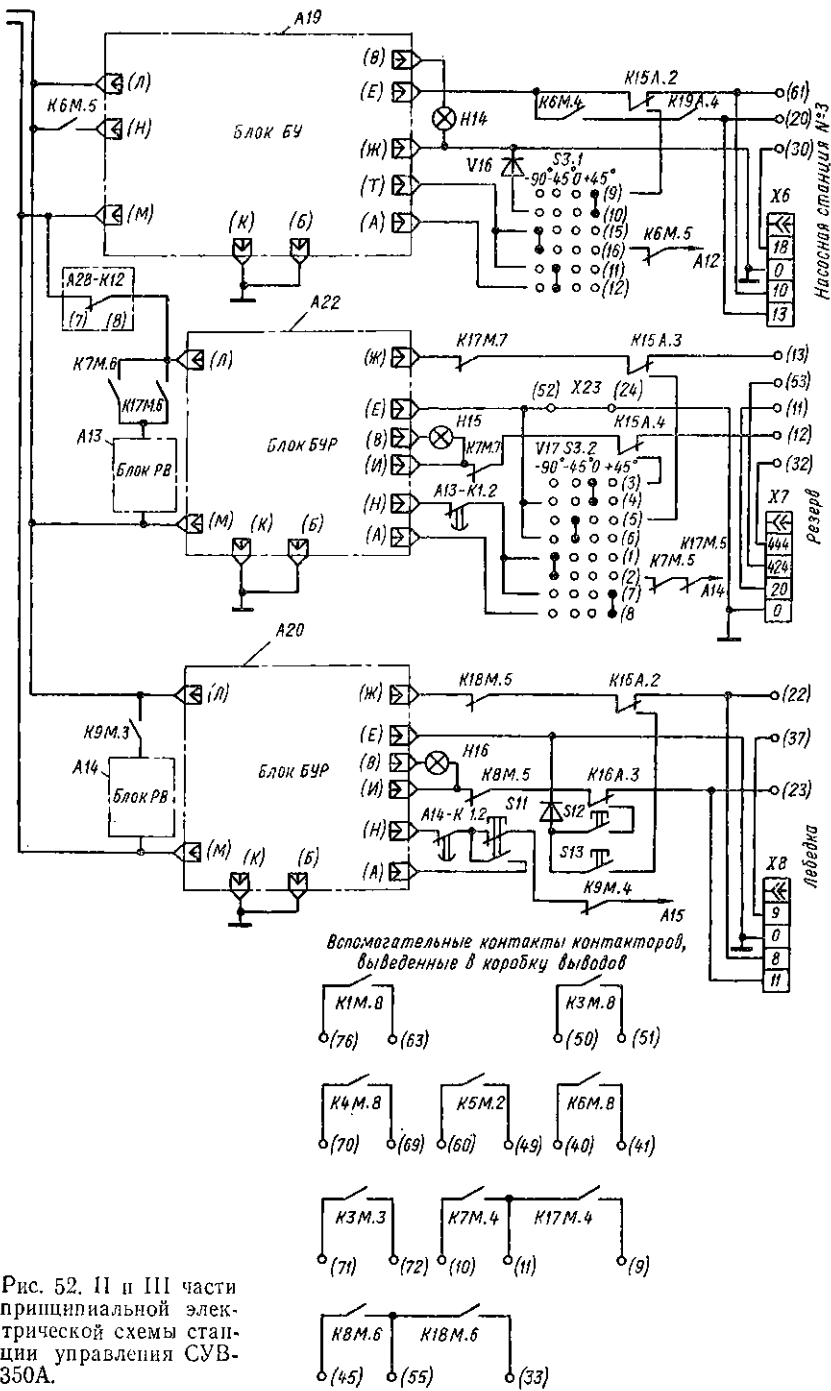
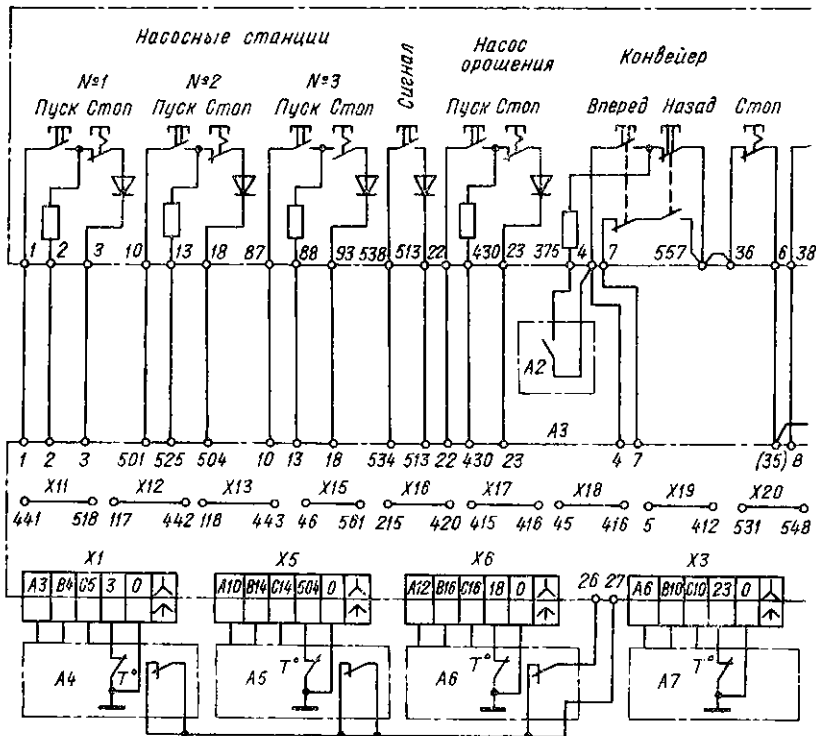


Рис. 52. II и III части принципиальной электрической схемы станции управления СУВ-350А.

ональные группы: схему дистанционного управления, блокировочное реле утечки и реле времени.

Схема управления предназначена для дистанционного включения и отключения контакторов, управляющих соответствующими приводами комплекса, и работает на выпрямленном однополупериодном токе. К схеме дистанционного управления относятся следующие элементы (см. блок *A2I*): феррорезонансный стабилизатор напряжения, состоящий из трансформатора *Tr1* и конденсатора *C1*; промежуточные реле *Вперед K1M.1* и *Назад K2M.1*; конденсаторы *C2*, *C3* и стабилитроны *V1*, *V2*. Конденсаторы *C2*, *C3* введены в схему с целью улучшения ее искробезопасных свойств. В основном искро-



безопасность схемы дистанционного управления обеспечивается путем повышения сопротивления вторичной обмотки трансформатора *Tr1* до 110 Ом (при таком сопротивлении токи к.з. ограничены до искробезопасной величины).

Промежуточные реле постоянного тока присоединены параллельно вторичным обмоткам трансформатора и при подаче напряжения, обтекаясь переменным током, не включаются. Включается реле *K1M.1* или *K2M.1* с центрального пульта управления.

При нажатии кнопки *Вперед* (рис. 53) в один полупериод переменного тока (диод открыт) ток замыкается по внешним цепям, минуя обмотку реле *K1M.1* (рис. 52), а во второй полупериод (диод закрыт) ток протекает через обмотку *K1M.1*, и реле срабатывает. При отпускании кнопки *Вперед* цепь остается замкнутой через контакт *K2M4* контактора *K2M*, контакт контактора *A2* пускателя конвейера, стоящего на штрехе, и резистор, шунтирующий кнопку *Вперед*. Последний имеет такое сопротивление (47 Ом), что при включении его в цепь управления через реле протекает ток, несколько больший тока удержания. Поэтому после отпускания кнопки *Вперед* реле остается во вклю-

ченном положении. Но как только произойдет разрыв цепи кнопкой *Стоп*, по обмотке реле начнет протекать переменный ток и отключается контактор *K2M*.

Благодаря тому что диод установлен за пределами станции, при замыкании жил управления он будет зашунтирован, и реле отключается. Этим самым осуществляется защита от потери управляемости. Параметры схемы выбраны таким образом, что при сопротивлении внешней цепи до 15 Ом промежуточное реле включается. Так как одной из жил схемы дистанционного управления является заземляющая жила, сопротивление цепи заземления

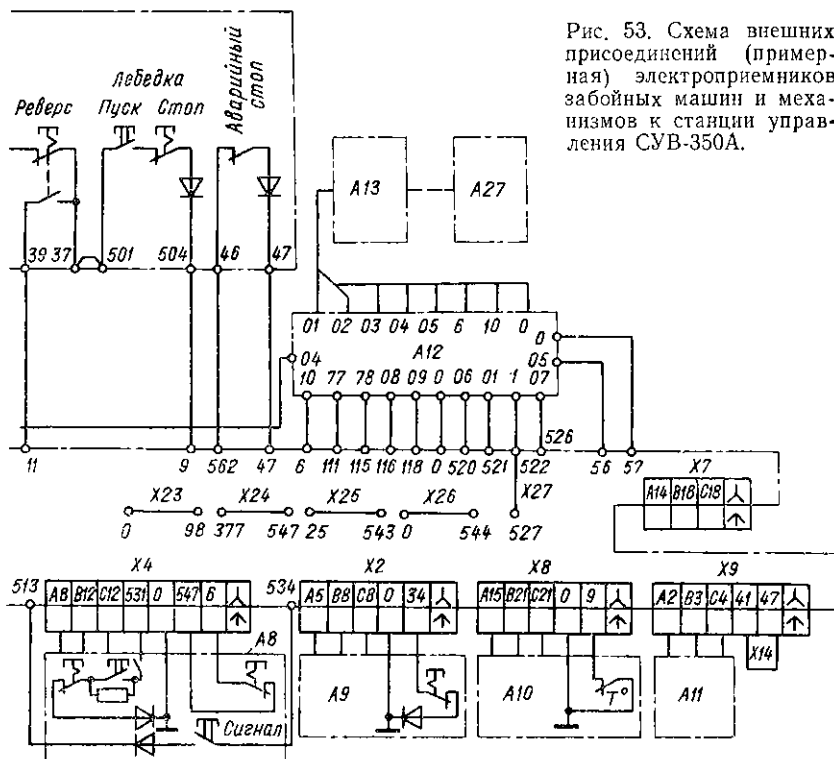


Рис. 53. Схема внешних присоединений (примерная) электроприемников забойных машин и механизмов к станции управления СУВ-350А.

контролируется. При увеличении сопротивления цепи управления выше 100 Ом промежуточное реле отключается.

Блокировочное реле утечки *БРУ* осуществляет блокировку цепи контакторов *K2M* и *K12M* (рис. 51), если сопротивление изоляции относительно земли вывода 2 снижается ниже допустимого значения. Блокировочное реле предотвращает включение контактора, если сопротивление изоляции отходящего присоединения снижается до 30 кОм.

Обмотка реле *K1A.1* (рис. 52, блок *A21*) одним своим выводом присоединена к плюсовому выводу выпрямительного моста *V3*, а другим — через размыкающий контакт *K1.2* блока реле времени *A12*, контакты 1 и 2 переключателя *S1.2*, размыкающие вспомогательные контакты *K2M.5*, *K12M.5* контакторов *K2M* и *K12M* к фазе *A5* цепи питания конвейера лавы.

Если сопротивление изоляции вывода снизится до 30 кОм, то по цепи: вывод вторичной обмотки трансформатора *Tr1* — ограничивающий резистор *R1* — выпрямительный мост *V3* — обмотка реле *K1A.1* — контакт *K1.2* блока *A12* — контакты 1 и 2 переключателя *S1.2* — контакты *K2M.5*, *K12M.5*

контакторов $K2M$ и $K12M$ — фаза $A5$ — сопротивление изоляции фазы — земля — выпрямительный мост $V3$ — нижний (по схеме) вывод вторичной обмотки трансформатора $Tp1$ — потечет ток, достаточный для срабатывания реле $K1A.1$. Оно сработает и своим переключающим контактом $K1A.2$ разорвет цепь управления промежуточных реле $K1M.1$, $K2M.1$ и замкнет цепь питания сигнальной лампы $H10$ в блоке $A21$.

Размыкающий контакт $K1.2$ блока $A12$ имеет выдержку времени при замыкании и введен в цепь питания обмотки реле $K1A.1$ для предотвращения ложных срабатываний $БРУ$ от действия обратной ЭДС отключенного вращающегося двигателя. Выдержка реле времени осуществляется таким образом: при отключении контактора $K2M$ или $K12M$ прекращается питание реле $K1A$, но оно остается включенным за счет обтекания обмотки током разряда конденсатора через резистор.

Для периодической проверки работоспособности $БРУ$ имеется проверочный резистор $R2$, который подключается к обмотке реле $K1A.1$ контактами универсального переключателя $S1.2$, рукоятку которого необходимо повернуть из положения *Работа* по часовой стрелке на 135° (см. схему блока $A21$).

Максимально-токовая защита обеспечивает отключение вывода в случае возникновения в любой точке силовой цепи трех- либо двухфазного к. з. Состоит защита из трансформаторов $TA12$ и $TA13$ (рис. 51), установленных в двух фазах силовой цепи, и блока $A1$, подключенного к вторичным обмоткам этих трансформаторов. С помощью переменных резисторов, оси которых выведены наружу блока, можно регулировать уставку защиты. При срабатывании блока защиты исполнительное реле размыкает свой контакт $K1F3$ в цепи питания нулевой катушки $F1.1$ автоматического выключателя $F1M1$. Последний отключается и обесточивает цепи управления и все отходящие от станции силовые выводы. Одновременно контакт $K1F1.2$ замыкает цепь питания сигнальной лампы $H20$, загорание которой сигнализирует о к. з. на выводе (см. схему блока $A1$ вывода $1(X1)$).

Защита всех остальных выводов, как реверсивных, так и нереверсивных, работает аналогично.

Вывод 3 для питания насоса орошения и вывод 5 для питания насосной станции № 2 имеют общую максимально-токовую защиту. Вывод 9 ($X9$) для питания пускового агрегата АП-4 защищен максимальной защитой вывода $1(X1)$.

Для исключения снятия штенсельного разъема вывода 9 при включенном аварийном выключателе $F1M1$ питание обмотки промежуточного реле $K7A.1$ *Аварийный стоп* осуществляется через контрольные зажимы штенсельного разъема вывода 9 .

Схемы управления всех остальных выводов, как реверсивных, так и нереверсивных, работают аналогично управлению выводом $2(X2)$. Однако в нереверсивном блоке управления имеется одно промежуточное реле $K1M.1$, а в реверсивном их два — $K1M.1$ и $K2M.1$. В связи с этим у реверсивного блока управления реле времени вынесено за его пределы. В схемном решении отличие заключается в том, что в цепи питания обмотки реле $K1A.1$ схемы $БРУ$ реверсивных блоков $A21$, $A22$ включены последовательно соединенные вспомогательные контакты $K2M.5$, $K12M.5$ и $K7M.5$, $K17M.5$ контакторов $K2M$, $K12M$, $K7M$, $K17M$, а в цепи питания реле времени $A12$, $A13$ — параллельно соединенные контакты $K2M.6$, $K12M.6$; $K7M.6$. $K17M.6$ этих же контакторов.

В реверсивном выводе 8 для питания предохранительной лебедки применены пускатели типа ПМА, втягивающие катушки которых $K8M.1$, $K9M.1$, $K18M.1$ включены по специальной схеме для повышения отключающей способности пускателей. Поэтому в реверсивном блоке управления $A20$ в цепь питания обмотки реле $K1A.1$ включен размыкающий вспомогательный контакт $K9M.4$ пускателя $K9M$, а в цепь питания реле времени $A14$ — замыкающий контакт $K9M.3$ этого же пускателя.

Для осуществления электрической блокировки от одновременного включения контакторов $K2M$ и $K12M$, $K7M$ и $K17M$, $K8M$ и $K18M$ в цепь питания обмотки промежуточного реле $K1M.1$ блоков $A20$ — $A22$ включены

размыкающие вспомогательные контакты *K12M.7*, *K17M.7*, *K18M.5*, а в цепь питания обмотки промежуточного реле *K2M.1* этих же блосков — замыкающие вспомогательные контакты *K2M.7*, *K7M.7*, *K8M.5* контакторов.

Проверку работоспособности станции можно производить как с подключенным пультом управления и подключенными токоприемниками угледобывающего комплекса, так и без них. Для проведения проверки необходимо (рис. 51 и 52):

- 1) отключить блокировочный разъединитель *F1*;
- 2) открыть быстрооткрываемую крышку левого отсека и перевести переключатель (*S4*, *S5*) выбора режима в положение *Проверка*;
- 3) закрыть быстрооткрываемую крышку;
- 4) установить переключатели проверки контакторов и *БПУ* (*S1—S3*), оси которых выведены наружу, в положение *Работа* (левое крайнее положение рукоятки);
- 5) включить блокировочный разъединитель. При этом вольтметр *PV* покажет напряжение сети. Одновременно с этим в станции срабатывают вспомогательные реле *K13.A1—K17A.1*. Реле *K13A.1—K16A.1* своими переключающими контактами отключат наружные цепи управления и подключат к блокам управления проверочные полупроводниковые диоды *V11—V18*. Реле *K17A.1* своим замыкающим контактом *K17A.2* подает переменное напряжение 36 В на схемы форсированного включения контакторов *K2M*, *K4M*, *K7M*, *K12M*, *K17M*. При этом должны засветиться красным светом светодиодные индикаторы *A32—A34* в левом отсеке, *A37* и *A38* в среднем отсеке и *A40—A42* в правом.

Свечение индикаторов *A32*, *A37*, *A40* свидетельствует о том, что постоянное напряжение на узлы форсированного включения контакторов поступило, в цепи питания обмотки реле *K1.1* блоков *K9A—K11A* размыкающие вспомогательные контакты соответствующих контакторов находятся в замкнутом состоянии, последние сработали и замкнули свой замыкающий контакт *K1.2* в цепи питания втягивающих катушек контакторов. Свечение индикаторов *A33*, *A34*, *A38*, *A41*, *A42* сигнализирует о целостности обмоток включающих катушек соответствующих контакторов. Замыкающие контакты *K17A.3* и *K17A.4* сработавшего реле *K17A.1* подают переменное напряжение 660 В для питания включающих катушек контакторов *K1M*, *K3M*, *K5M*, *K6M*:

6) повернуть рукоятку переключателя *S1* на быстрооткрываемой крышке левого отсека из положения *Работа* на 45° по часовой стрелке. При этом контактами *11*, *12* переключателя *S1.1* в блоке управления *A15* замыкается цепь проверки *БПУ* вывода, *1*, реле *K2A.1* срабатывает и включает сигнальную лампу *H9* с белым светофильтром, а контактами *5* и *6* переключателя *S1.2* подключает полупроводниковый диод *V12* к обмотке промежуточного реле *K1M.1* *Вперед* реверсивного блока управления *A21*. Реле *K1M.1* срабатывает и своим замыкающим контактом *K1M.2* подает питание на обмотку включающей катушки *K2.M1* контактора *K2M* вывода *2*, контактор *K2M* срабатывает и своим замыкающим вспомогательным контактом *K2M.8* включает светодиодный индикатор *A35*, свечение которого сигнализирует о нормальной работе цепей включения контактора;

7) проверить поворотом рукоятки переключателя *S1* по часовой стрелке еще на 45° цепь включения контактора *K12 M Назад* вывода *2* (полупроводниковый диод подключается к блоку *A21* контактами *3* и *4* переключателя *S1.2*). О включении контактора индицирует тот же индикатор *A35*;

8) проверить поворотом рукоятки переключателя *S1* по часовой стрелке еще на 45° блок *БПУ* вывода *2* в блоке управления *A21* (контакты *7* и *8* переключателя *S1.2*) и цепь включения контактора *K1M* вывода *1* (контакты *9* и *10* переключателя *S1.1*). При этом загорание лампы *H10* сигнализирует о нормальной работе *БПУ*, а свечение индикатора *A35* — о включении контактора;

9) для проверки *БПУ* и цепей включения контакторов *K3M*, *K4M*, *K5M* выводов *3*, *4* и *5* необходимо рукоятку переключателя *S2*, расположенную на быстрооткрываемой крышке среднего отсека, повернуть из положения *Работа* по часовой стрелке на 45, 90 и 135°.

Поворотом рукоятки на 45° проверяются БРУ вывода 3 и цепь включения контактора *K4M* вывода 4 (контакты 11, 12 и 5, 6 переключателя *S2*). В итоге загораются лампа *H11* и индикатор *A39*. При повороте рукоятки на 90° проверяется БРУ вывода 5 и цепь включения контактора *K3M* вывода 3 (контакты 3, 4 и 13, 14 переключателя *S2*). При этом загораются лампа *H13* и индикатор *A39*. Поворотом рукоятки на 135° проверяется БРУ вывода 4 и цепь включения контактора *K5M* вывода 5 (контакты 9, 10 и 7, 8 переключателя *S2*). В итоге загораются лампа *H12* и индикатор *A39*;

10) для проверки БРУ и цепей включения контакторов *K6M*, *K7M*, *K17M* выводов 6, 7 необходимо рукоятку переключателя *S3*, расположенную на быстрооткрываемой крышке правого отсека, повернуть из положения *Работа* по часовой стрелке на 45 , 90 и 135° .

При повороте рукоятки на 45° проверяется БРУ вывода 6 и цепь включения контактора *K7M Вперед* вывода 7 (контакты 11, 12 и 5, 6 переключателя *S3*). При этом загораются лампа *H14* и индикатор *A43*. Поворотом рукоятки на 90° проверяется цепь включения контактора *K17M Назад* вывода 7 (контакты 3, 4 переключателя *S3*) по загоранию индикатора *A43*. При повороте рукоятки на 135° проверяются БРУ вывода 7 и цепь включения контактора *K6M* вывода 6 (контакты 7, 8 и 9, 10 переключателя *S3*). При этом загораются лампа *A15* и индикатор *A43*;

11) для проверки БРУ вывода 8 необходимо кратковременно нажать кнопку *S11*, толкатель которой расположен на корпусе станции в левой нижней его части. В результате замыкается цепь проверки БРУ блока *A20* и загорается лампа *H16*, расположенная на левом выемном блоке аппаратуры.

Для проверки цепей включения контакторов *K8M*, *K9M Вперед* вывода 8 необходимо кратковременно нажать кнопку *S13* (расположена там же, где и *S11*). При этом должны включиться контакторы *K8M*, *K9M* и засветиться индикатор *A36*, расположенный в левом выемном блоке аппаратуры. Для проверки цепей включения контакторов *K9M*, *K18M Назад* вывода 8 необходимо кратковременно нажать кнопку *S12* (расположена рядом с кнопкой *S13*). В результате должны включиться контакторы *K9M*, *K18M* и засветиться индикатор *A36*;

12) перевести в положение *Работа* после окончания проверки работоспособности станции без подачи напряжения в отходящие присоединения переключатели режима работы *S4*, *S5* и проверки включения контакторов и БРУ

Электрическая схема станции позволяет управлять угледобывающими комплексами совместно с аппаратурой АУС или с пультом оператора механизированного угледобывающего комплекса ЦПУ. Порядок работы электрической схемы станции следующий.

Включением разбеднителя *Q1* (рис. 51) подается питание на трансформаторы *Тр1*, *Тр2*, вольтметр *PV* покажет наличие переменного напряжения. Если в цепи управления промежуточного реле *K7A.1* нет повреждения, контакты кнопки *Аварийный стоп* на пульте управления находятся в замкнутом состоянии, а в штепсельном разъеме *X9* вывода 9 установлена перемычка *X14* (рис. 53), то реле сработает и замкнет свой замыкающий контакт *K7A.2* (рис. 51) в цепи питания катушки расцепителя нулевого напряжения *F1.1* (*PНН*) автоматического выключателя *F1M.1*. На катушку *PНН(F1.1)* поступит выпрямленное блоком *V9* постоянное напряжение 110 В (при взведенных блоках *УМЗ* всех выводов), о чем сигнализирует загорание лампы *H1* (смотровое окно расположено в левой нижней части корпуса станции), и *PНН* включится.

Кнопка *S10* предназначена для форсированного включения *PНН*. Поворотом рукоятки привода автоматического выключателя *F1M.1* в положение *Отключен* взводится привод, а затем поворотом рукоятки в положение *Включен* включается автоматический выключатель. Переменное напряжение подается на все выемные блоки аппаратуры, а замыкающим вспомогательным контактом *F1M.2* — на все блоки управления *A15—A22* и стабилизаторы напряжения *Тр26*, *Тр28*, *Тр29*, о чем сигнализирует лампа *H30* с белым светофильтром (расположена рядом с лампой *H1*).

Для электрического блокирования двух станций, используемых для управления угледобывающим комплексом, в коробку контрольных выводов введен замыкающий вспомогательный контакт *F1M.3*, который вводится в цепь управления промежуточным реле *K7A.1* второй станции. Для аварийного отключения станции из лавы используется промежуточное реле *K8A.1*, замыкающий контакт *K8A.2* которого вводится в цепь управления промежуточным реле *K7A.1*. При этом в коробке контрольных выводов (рис. 53) должны быть установлены переключки *X11 (441, 518)*; *X12 (117, 442)*; *X13 (118, 443)*; *X15 (46, 561)*; *X16 (215, 420)*; *X20 (531, 548)*; *X24 (377, 547)*; *X25 (25, 543)*; *X26 (0,544)*; *X27 (522, 527)*.

Управление комбайном осуществляется с поста управления, расположенного на комбайне, по контрольным жилам силового кабеля вывода 4 или по отдельному контрольному кабелю. Перед включением комбайна необходимо подать предупредительный звуковой сигнал при помощи аппаратуры АС-ЗСМ. Длительность подачи сигнала (8 с) задается программным реле времени *A9* (рис. 51).

Для подачи сигнала необходимо кратковременно нажать кнопку *Сигнал* (рис. 53), при этом к обмотке промежуточного реле *K6A.1* (рис. 51) подключается полупроводниковый диод. Реле *K6A.1* срабатывает и своим замыкающим контактом *K6A.2* включает реле *K1.1* в блоке *A9*. Последнее срабатывает и своим замыкающим контактом *K1.3* включает множительное реле *K18A.1*. О срабатывании реле *K18A.1* сигнализирует свечение индикатора *A30*. Замыкающий контакт *K18A.5* вместе с диодом *V19* шунтирует кнопку *Сигнал*, в результате чего реле *K6A.1* остается включенным при размыкании кнопки, а переключающим *K18A.3* (зажимы 54, 43, 46) и замыкающим *K18A.6* (зажимы 38, 42) контактами переключает аппарат АС-ЗСМ на режим подачи сигнала. По лаве звучит предупредительный сигнал, поэтому в блоке *БКС* аппаратуры АС-ЗСМ срабатывает реле *РКС* контроля сигнала и своим замыкающим контактом замыкает цепь заряда в реле задающего конденсатора в блоке реле времени *A9*. Через 8 с в блоке реле времени открывается тиристор *V3* и срабатывает реле *K2.1* и *K3.1*. Замыкающий контакт *K3.2* подготавливает цепь управления комбайном, а переключающий контакт *K2.2* разрывает цепь питания реле *K1.1*. Последнее отключается, отключает реле *K18A.1*, промежуточное реле *K6A.1* и переключает аппарат АС-ЗСМ на режим связи. Подача предупредительного сигнала прекращается. Контакт *K3.2* будет оставаться в замкнутом состоянии в течение 5 с. Если за этот промежуток времени комбайн не будет включен, то необходимо опять подать предупредительный сигнал. Перед включением комбайна нужно включить насос орошения.

Для включения комбайна на пульте управления комбайном (рис. 52) следует кратковременно нажать пусковую кнопку, при этом параллельно обмотке реле *K1M.1* блока *A17* подключится диод. Реле сработает и своим замыкающим контактом *K1M.2* замкнет цепь питания включающей катушки *K4M.1* контактора *K4M.2*. Последний включится и подаст переменное напряжение 660 В на двигатель комбайна, а замыкающим вспомогательным контактом *K4M.1* зашунтирует контакт *K3.2* блока *A9* в цепи управления промежуточным реле *K1M.1* блока *A17*.

При обрыве или замыкании жил управления, а также при нажатии кнопки *Стоп* на пульте управления комбайна и отключении орошения реле *K1M.1* блока *A17* отключится и отключит контактор *K4M.2*. Каждый раз при отключении контактора *K4M.2* БРУ вывода 4 подключается к фазе *A3* через контакты 1, 2 переключателя *S2* и размыкающий вспомогательный контакт *K4M.5* контактора. Защиту вывода 4 от токов к.з. осуществляет блок *A4*. Для исключения возможности работы комбайна без орошения в цепь управления промежуточным реле *K1M.1* блока *A17* подключается замыкающий вспомогательный контакт *K3M.8* контактора *K3M.2* насоса орошения.

Насос орошения, которым управляют блок *A16* (рис. 52) и контактор *K3M.2* вывода 3, необходимо включить до окончания звучания предупредительного сигнала. Защиту от токов к.з. вывода 3 осуществляет блок *A5* (рис. 51). Этот же блок защищает от токов к.з. вывод 5 (насосная станция № 2).

Блок БРУ вывода 3 подключается к фазе А6, а при отключенном контакторе КЗМ.2 — через контакты 15, 16 (рис. 52) переключателя S2 и замыкающий вспомогательный контакт КЗМ.5 контактора КЗМ.2.

Управление конвейером лавы может осуществляться с кнопочного поста на комбайне или с центрального пульта управления. В цепи управления промежуточных реле К1М.1 и К2М.1 блока А21 должны быть установлены в коробке контрольных выводов перемычки (рис. 53): X17 (415, 416); X18 (45, 416); X19 (5, 412).

Так же, как и перед включением комбайна, с помощью кнопки *Сигнал* перед включением конвейера необходимо подать звуковой предупредительный сигнал. При этом включаются реле К6А.1 и К18А.1 блока реле времени А9 (рис. 51). По истечении 8 с замыкается контакт К3.3 блока А9 в цепи управления конвейером, подготавливая его к включению. Контакт К3.3 остается замкнутым в течение 5 с. Если за это время конвейер не будет включен, то оператору необходимо снова подать предупредительный сигнал.

В зависимости от требуемого направления движения конвейера лавы включение производится с помощью кнопки *Вперед* или *Назад* (рис. 53), соответственно включается реле К1М.1 или К2М.1 в блоке А21 (рис. 52), а вместе с ним и контактор К2М.2 или К12М.2.

С целью предотвращения длительной работы конвейера лавы при неработающем конвейере штрека последовательно с резистором, шунтирующим кнопку *Вперед*, включен вспомогательный контакт контактора пускателя А2 (рис. 53) конвейера штрека.

Электрической схемой станции предусмотрена работа конвейера лавы в длительном режиме только *Вперед*. Так как необходимость в реверсировании конвейера возникает при выполнении вспомогательных или наладочных работ, схемой не предусмотрена шунтирующая кнопку *Назад* цепочка, и включить конвейер *Назад* можно только кратковременно. Включающийся контактор К2М.2 или К12М.2 своим вспомогательным контактом К2М.4 (или К12М.4) шунтирует контакт К3.3 в блоке А21 и тем самым поддерживает реле К1М.1 (или К2М.1) во включенном положении (рис. 52).

В том случае, когда к комбайну подведен только один силовой семижильный кабель ГРШЭ, для отключения конвейера на комбайне можно установить кнопку *Стоп*, которая подключается в цепь управления конвейера через контакты 6 и 547 штепсельного разъема Х4. При этом в коробке контрольных выводов должны быть установлены перемычки X17, X18 и X19 (рис. 53).

Включение конвейера осуществляется с ЦПУ кнопками *Вперед* и *Назад*. Остановка конвейера возможна как с ЦПУ кнопкой *Стоп*, так и с пульта управления комбайна. Остановка конвейера возможна с кнопочных постов, установленных на верхней и нижней приводных головках, которые включены в цепь реле КЗА.1 (рис. 51). Контакт реле КЗА.2 включен в цепь (5,377) дистанционного управления конвейером (блок А21 (рис. 52)), конвейер будет остановлен, если отключить реле КЗА.1. В том случае, когда для защиты двигателей от перегрузки применяются температурные реле, их замыкающие контакты должны быть включены в цепь управления реле КЗА.1.

Блокировку включения промежуточных реле К1М.1 и К2М.1 при снижении сопротивления изоляции вывода 2 осуществляет реле К1А.1, контакт которого включен в общую цепь управления промежуточных реле. Защиту вывода 3 от токов к. з. осуществляет блок А2.

Управление насосными станциями гидравлической системы осуществляется с центрального пульта управления по контрольным жилам силовых кабелей, идущих от постов управления маслостанций. Цепи управления насосными станциями подсоединяются к контрольным зажимам штепсельных разъемов выводов 1, 5, 6.

Управление контакторами всех трех выводов одинаково и выполнено по трехпроводной схеме. При замыкании кнопки *Пуск* к обмотке промежуточного реле К1М.1 блока А15 (А18, А19) подключается диод, срабатывает реле и своим замыкающим контактом К1М.2 включает цепь питания включающей катушки К1М.1 (К5М.1, К6М.1) контактора К1М (К5М, К6М). В цепь, шунтирующую кнопку *Пуск*, введены замыкающий вспомога-

ный контакт *K1M.4* (*K5M.4*, *K6M.4*) соответствующего контактора и замыкающий контакт *K19A.2* (*K19A.3*, *K19A.4*) множительного реле *K19A.1*.

В цепь управления промежуточного реле *K4A.1* вводятся размыкающие контакты реле, контролирующие состояние гидросистемы комплекса, и размыкающие контакты кнопок *Стоп*, расположенных по лаве. Своим замыкающим контактом *K4A.2* реле при срабатывании включает множительное реле *K19A.1*, о чем сигнализирует свечение индикатора *A31*. Поэтому при включении насосных станций кнопку *Пуск* необходимо удерживать в нажатом состоянии до срабатывания реле *K4A.1*.

Защиту выводов *1*, *5*, *6* от токов к.з. осуществляют блоки *A1*, *A5*, *A6* соответственно. Блоки *БРУ* подключаются к силовой фазе при отключенном контакторе по цепи (рис. 52): 1) вывод *1* — контакт *T* блока *A15*, контакты *16* и *15* переключателя *S1.1*, размыкающий вспомогательный контакт *K1M.5* контактора *K1M.2*, фаза *A3*; 2) вывод *5* — контакт *T* блока *A18*, контакты *19* и *20* переключателя *S2.2*, размыкающий вспомогательный контакт *K5M.5* контактора *K5M.2*, фаза *A10*; 3) вывод *6* — контакт *T* блока *A19*, контакты *15* и *16* переключателя *S3.1*, размыкающий вспомогательный контакт *K6M.5* контактора *K6M.2*, фаза *A12*.

Реверсивный вывод *7* имеет схему управления, аналогичную схеме управления вывода *2*, и может использоваться для резервной и для управления приводом конвейера при установке соответствующих переключателей (рис. 52 и 53) в коробке контрольных выводов. Реверсивный вывод *8* служит для управления предохранительной лебедкой комбайна или лебедкой, осуществляющей передвижку энергопоезда по пятипроводной реверсивной схеме при помощи блока *A20* и подключенных к цепям управления при помощи установки в коробке контрольных выводов переключателей, замыкающих вспомогательные контакты *K8M.1*, *K18M.1* контакторов *K8M.2*, *K18M.2*.

Схемой станции предусмотрена возможность управления предохранительной лебедкой по контрольным жилам силового кабеля вывода *8*. Защита вывода *6* от токов к.з. осуществляется блоком *A3*, а *БРУ* подключается к силовой фазе при отключенных контакторах *K8M.2*, *K18M.2* по цепи: вывод *H* блока *A20*, размыкающий контакт *K1.2* блока *A14*, размыкающий контакт кнопки *S11*, размыкающий вспомогательный контакт *K9M.4* контактора *K9M*, фаза *A15*.

Комплектное взрывобезопасное устройство *КУУВТ-350* предназначено для местного, дистанционного и автоматического управления трехфазными асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором рабочего и резервного ВМП с резервным питанием (от магнитного пускателя), для питания токоприемников тупиковой выработки и блокировки подачи электроэнергии в нее при нарушении нормального режима проветривания или содержания метана выше допустимой нормы.

В комплектное устройство входят устройства управления во взрывобезопасном исполнении и пускатель, поставляемый по отдельному заказу. Устройство применяется совместно с аппаратурой контроля количества воздуха (АПТВ, «АЗОТ»), содержания метана (АТВ, АМТ-3), телеуправления-телесигнализации (ТУ—ТС) «Ветер» и кнопочными постами управления во взрывобезопасном исполнении.

Конструктивно устройство *КУУВ-350* является модификацией станции управления *СУВ-350А* и содержит одно аппаратное отделение (модуль). Последнее соединено с камерами блокировочного разъединителя, автоматического выключателя, с вводными и выводными коробками В аппаратном отделении размещены контакторные блоки и комплект аппаратуры управления, контроля и защиты.

Вводная коробка рассчитана на сухую разделку бронированного кабеля или ввод гибкого кабеля, снабжена тремя кабельными вводами с диаметрами входных отверстий 63, 45 и 32 мм. Вводное устройство диаметром 32 мм предназначено для подключения агрегата АП-4. Коробка контрольных выводов имеет шесть кабельных вводов с входным отверстием 32 мм каждый, два с входным отверстием 40 мм и один диаметром 63 мм, рассчитана на подключение искро- и неискробезопасных цепей. Ввод с отверстием 63 мм предназначен для подключения кабеля, питающего тупиковую выработку.

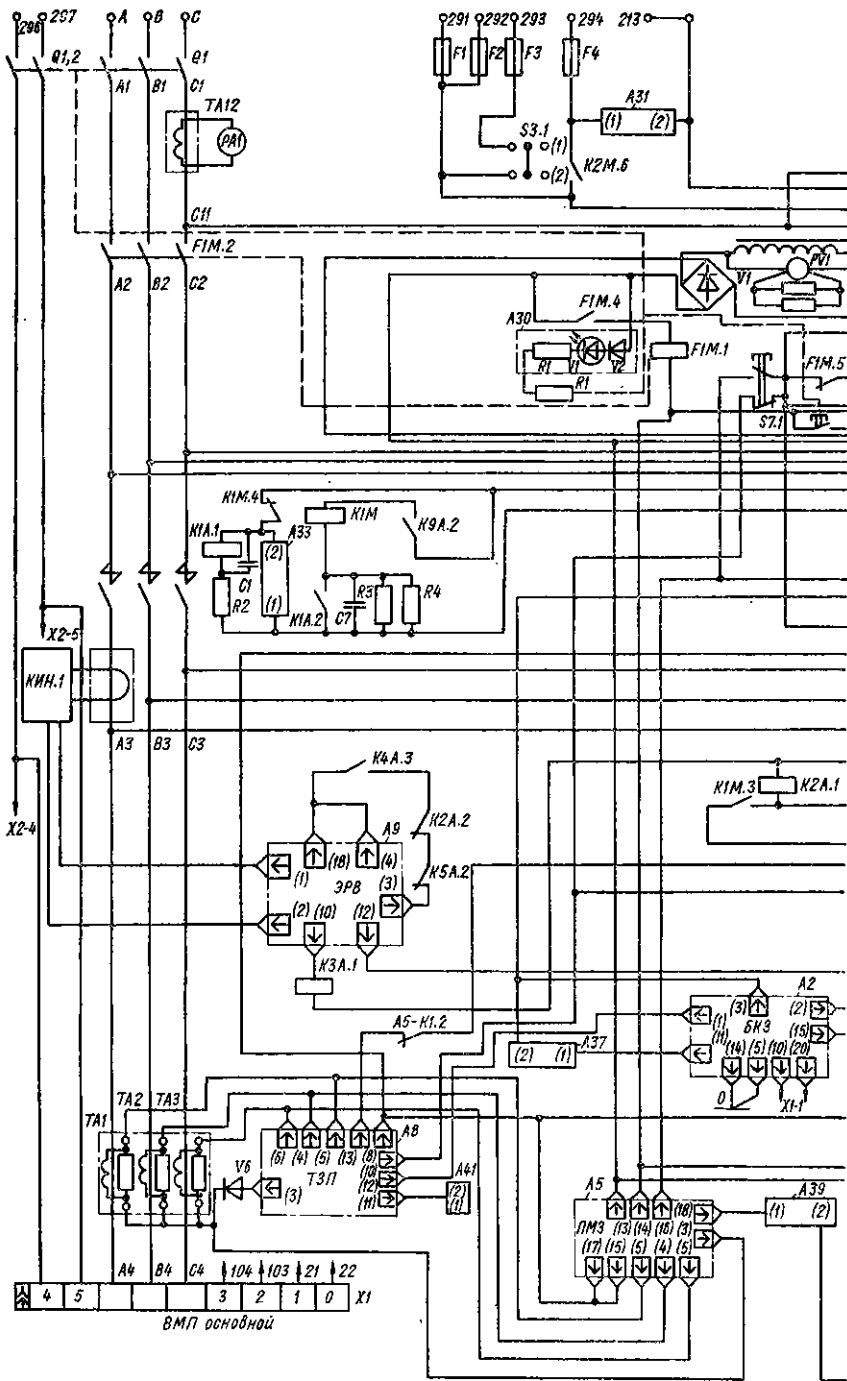
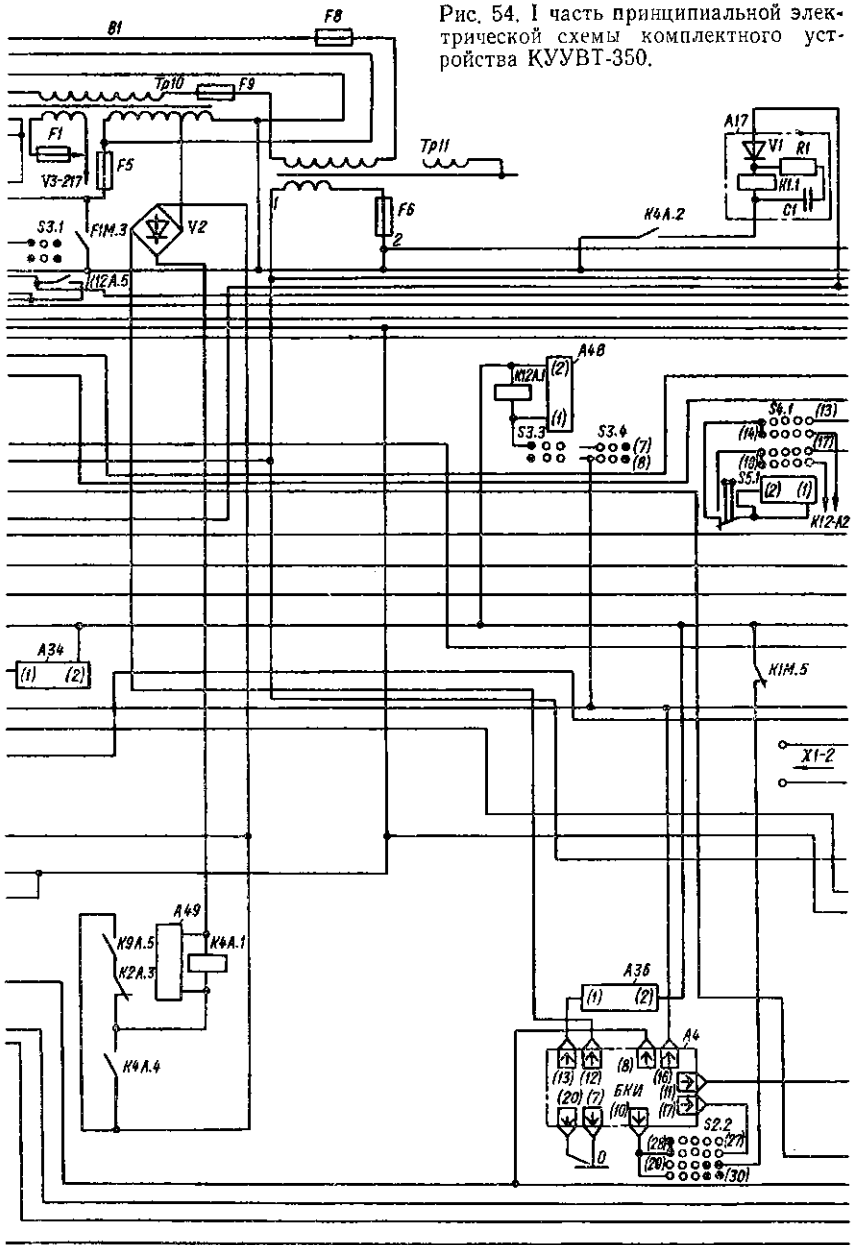
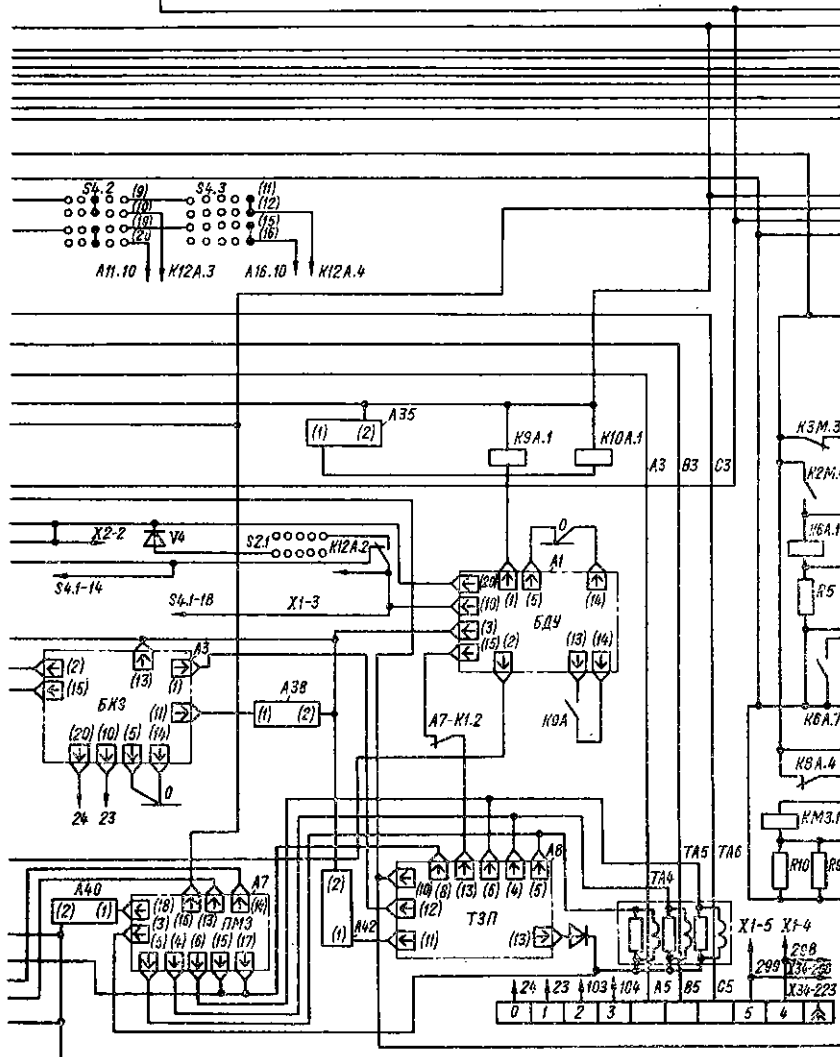
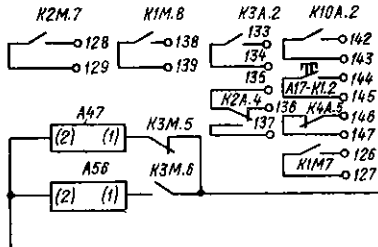


Рис. 54. I часть принципиальной электрической схемы комплектного устройства КУУВТ-350.

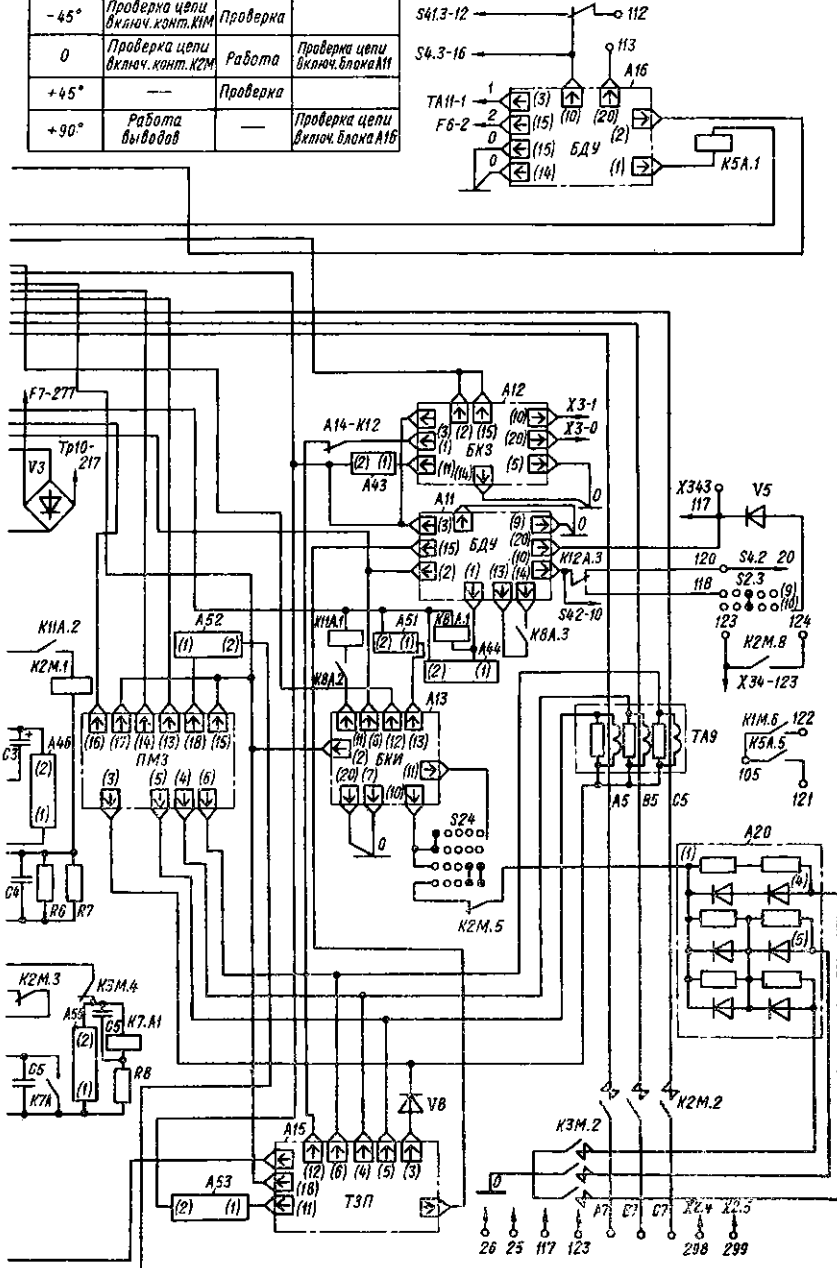


Вспомогательные контакты реле,
выведенные в коробку выводов X34



Положение рукоятки	Переключатель		
	S2	S3	S4
-90°	Проверка блока БКН всех выводов	—	Проверка цепи выключ. блока А1
-45°	Проверка цепи выключ. конт. К1М	Проверка	
0	Проверка цепи выключ. конт. К2М	Работа	Проверка цепи выключ. блока А11
+45°	—	Проверка	
+90°	Работа выводов	—	Проверка цепи выключ. блока А16

Рис. 55. II часть принципиальной электрической схемы комплектного устройства КУУВТ-350.



Электрическая схема комплектного устройства КУУВТ-350 (рис. 54 и 55) обеспечивает выполнение тех же защитных функций, что и станция управления СУВ 350. К выводу 1 устройства подключен рабочий ВМП, к выводу 2 — вспомогательный ВМП, к выводу 3 — токоприемники тупиковой выработки. Резервное питание устройства осуществляется от магнитного пускателя. При включении блокировочного разъединителя $Q1$ на выпрямительный мост $V3$ через предохранитель $F7$ подается напряжение вторичной обмотки трансформатора $Tr10$. Реле форсировки $K1A.1$ срабатывает и своим замыкающим контактом шунтирует ограничительные резисторы $R3$ и $R4$ (рис. 54). В таком состоянии схема находится все время, пока оператору не понадобится включить контактор.

Для включения контактора должен быть включен автоматический выключатель $F1M.2$ или переключатель $S3.1$ должен находиться в положении *Проверка*. Далее необходимо нажать на соответствующую кнопку пуска привода. При этом к выводам 10, 20 блока дистанционного управления $A1$ подключается полупроводниковый диод. Блок $A1$ включается и своим замыкающим контактом включает множительные реле $K9A.1$, $K10A.1$ (рис. 55). Реле $K9A.1$ срабатывает и своим замыкающим контактом $K9A.2$ замыкает цепь питания катушки $K1M.1$ контактора $K1M.2$. Так как контакты реле форсировки замкнуты, через катушку контактора потечет пусковой ток (до 5 А), достаточный для четкого включения контактора. При включении контактора размыкается вспомогательный контакт $K1M.4$ в цепи питания реле форсировки $K1A.1$.

Поскольку вспомогательные контакты размыкаются раньше, чем замыкается магнитная система, для полного включения контактора необходимо, чтобы контакт реле форсировки, шунтирующий резисторы $R3$, $R4$ (рис. 54), размыкался с некоторой выдержкой времени. Такая выдержка обеспечивается включением параллельно обмотке реле форсировки конденсатора. Благодаря этому ток в обмотке реле форсировки спадает не сразу, а постепенно, вследствие чего контакт реле размыкается с выдержкой времени, достаточной для четкого включения контактора. После размыкания контактов реле форсировки ток в катушке контактора ограничивается резисторами $R3$, $R4$, оставаясь на уровне, достаточном для удержания магнитной системы в замкнутом положении даже при глубоких снижениях напряжения.

Схема дистанционного управления работает на выпрямленном однополупериодном токе и имеет искробезопасные параметры. Для дистанционного управления выводами устройства применяются блоки дистанционного управления и контроля типа БДУ (как в пускателях серии ПВИ). Для предварительного контроля сопротивления изоляции отходящих от устройства кабелей с двигателем применяются блоки контроля изоляции типа БКИ. Работа всех блоков БКИ, расположенных в устройстве, проверяется при установке переключателя $S2$ в крайнее левое положение.

Защита устройства от тока к.з. в отходящих присоединениях выполнена на блоках типа ПМЗ. Защита токоприемников от перегрузки выполнена на блоках типа ТЗП. В качестве датчиков тока для блоков защит (ПМЗ и ТЗП) применяются трансформаторы, включенные в каждую фазу отходящего присоединения, вторичные обмотки которых соединены по схеме звезда. В комплект токовых защит вывода входят блоки ПМЗ, ТЗП и три трансформатора тока. При срабатывании системы максимальной токовой защиты отключается автоматический выключатель устройства, а при срабатывании системы защиты от перегрузки отключается защищаемый вывод.

Вывод ВМП включается в следующем порядке. Кратковременным нажатием на кнопку *Пуск* на кнопочном посту управления или с пульта диспетчера шахты к искробезопасному выходу блока дистанционного управления вывода 1 блока $A1$ подключается полупроводниковый диод. Блок $A1$ срабатывает и включает промежуточные реле $K9A.1$ и $K10A.1$, о включении которых сигнализирует светодиодный индикатор $A35$. Контактom $K9A.2$ в схеме форсированного включения включается контактор $K1M$ для ВМП. На реле $K4A.1$ контактом $K9A.5$ подается ток по цепи: зажим обмотки трансформатора $Tr10$ (36 В) — выпрямительный мост $V2$ — катушка $K4A.1$ — контакт $K2A.3$ — замыкающий контакт $K9A.5$ — выпрямительный мост $V2$ — зажим

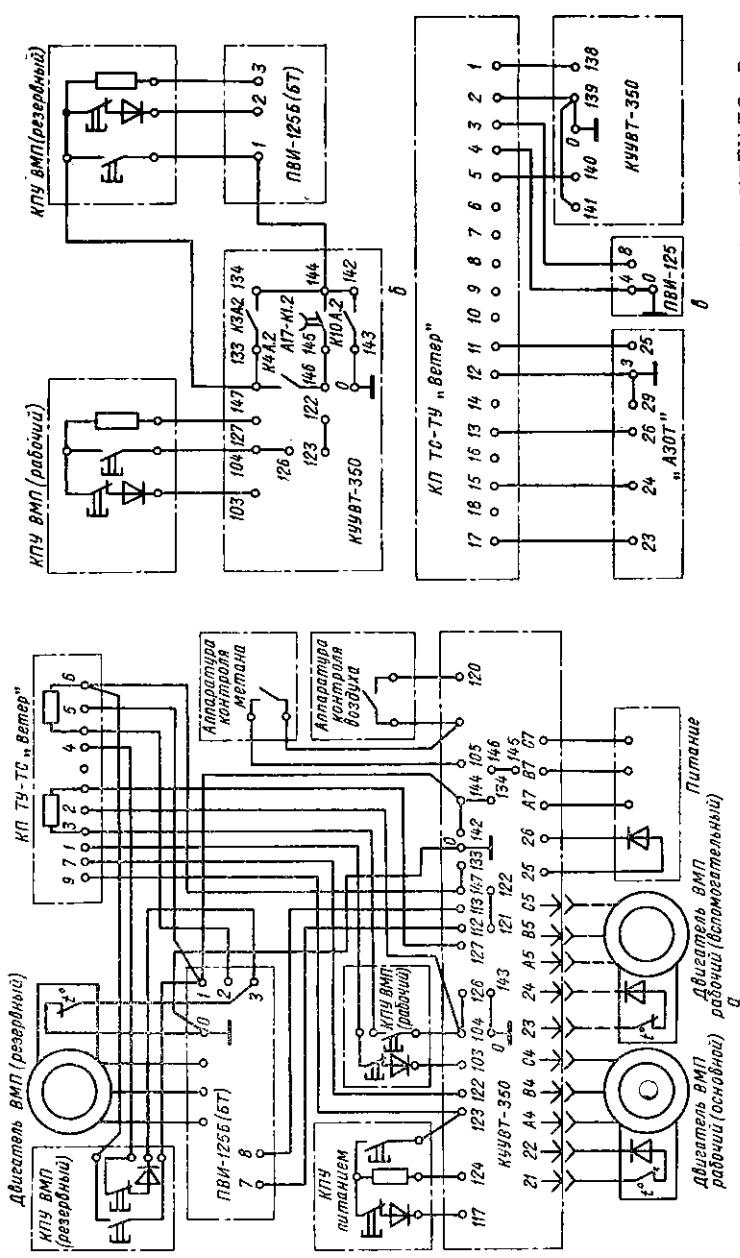


Рис. 56. Схемы внешних соединений цепей управления комплектного устройства КУУВТ-350 с КПТУ-ТС «Ветер» (а), без него (б) и КУУВТ-350, ПВИ-125Б, «Азот», КП ТУ-ТС «Ветер» между собой (в).

обмотки трансформатора $Tr10$ (36 В). Реле $K4A.1$ остается включенным через контакт реле $K4A.4$. Блок реле времени $A9$ включается контактом реле $K4A.2$.

В электронное реле времени (блок $A9$) подается ток по цепи: штепсельный контакт 18 — контакты $K4A.3$, $K2A.2$ и $4K5A.2$ — штепсельный контакт 3 . После замыкания этой цепи через 15 с включится реле $K3A.1$, размыкающее выходной контакт электронного реле. В коробку контрольных выводов выведен контакт $K3A.2$, предназначенной для включения резервного ВМП. О включении реле $K4A.1$ сигнализирует светодиодный индикатор $A49$. Включение индикатора $A49$ указывает также на то, что схема устройства подготовлена к включению резервного ВМП.

Вспомогательным контактом контактора $K1M.3$ включаются реле $K2A.1$ и светодиодный индикатор $A34$. Так как ВМП должен включаться в работу импульсно, то пауза отключения ВМП не должна превышать времени срабатывания электронного реле, т. е. в цепи включения последнего контакт реле $K2A.3$ должен разомкнуться раньше, чем может сработать само электронное реле.

Для автоматического (импульсного) включения ВМП в схеме устройства применяется аппарат защитного отключения типа «АЗОТ», пауза отключения которого не должна превышать 15 с. При исчезновении напряжения на устройстве сигнал на включение резервного ВМП подается при помощи цепи из последовательно соединенных контактов реле $K4A.5$ и контакта блока реле времени $A17$ — $K1.2$. При этом размыкающий контакт реле $K4A.5$ замкнется, а контакт блока $A17$ — $K1.2$ разомкнется с выдержкой времени, определяющей длительность сигнала на включение резервного ВМП.

Вывод 3 устройства включается в таком порядке. Включается блок дистанционного управления $A11$ вывода 3 с кнопочного поста ($KПУ ТВ$), при этом срабатывает реле $K8A.1$ и контактом $K8A.2$ подготавливает

Рис. 57 Схема внешних соединений цепей напряжением 36 В.

цепь включения реле $K11A.1$. Контактom $K8A.4$ отключается контактор $K3M.2$, закорачивающий и заземляющий присоединение вывода 3 .

При нормальной величине сопротивления изоляции присоединения блок $БКИ$ не срабатывает и включится реле $K11A.1$, которое своим замыкающим контактом $K11A.2$ замкнет цепь включения контактора $K2M.2$ (вспомогательный размыкающий контакт $K3M.3$ контактора $K3M.2$ замыкается в цепи катушки $K2M.1$ при отключении контактора $K3M.2$). Если величина сопротивления изоляции присоединения вывода 3 ниже нормы, то блок $БКИ$ сработает и не включит реле $K11A.1$, которое не выполнит свою функцию включения контактора $K2M.2$ по схеме форсированного включения.

Отключение вывода 3 происходит при отключении блока $A11$ с $KПУ ТВ$ или с пульта диспетчера нажатием на кнопку $Стоп$.

На рис. 56, а и б представлены схемы внешних соединений цепей управления выводами комплектного устройства $KУУВТ-350$ с КП ТУ—ТС «Ветер» и без КП ТУ—ТС «Ветер», а на рис. 56, в — схема подключения $KУУВТ-350$, пускателя ПВИ-125 и аппарата защитного отключения «АЗОТ» к цепям телесигнализации КП ТУ—ТС «Ветер». Для сигнализации о работе контактора пускателя ПВИ-125 (для резервного ВМП) использован размыкающий контакт контактора этого пускателя.

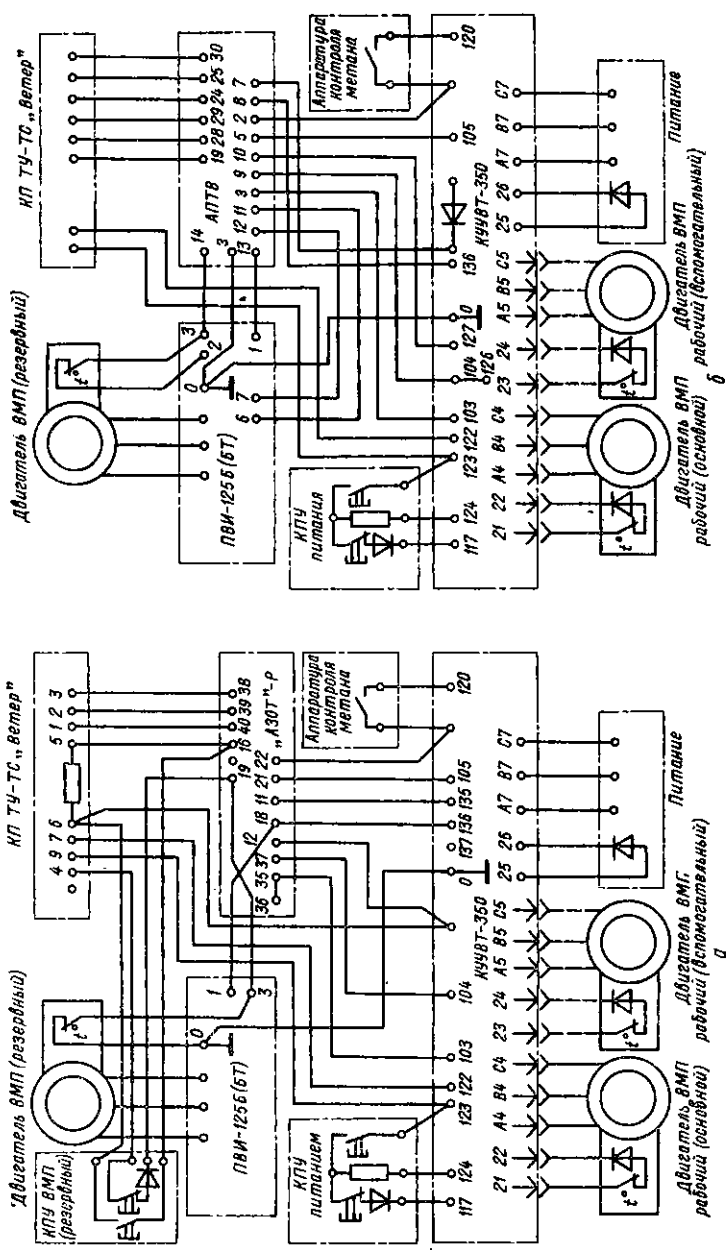


Рис. 58. Схемы подключения комплексного устройства КУУВТ-350 аппарата «АЗОТ»-Р (а) и с аппаратом АППТВ (б).

От комплектного устройства КУУВТ-350 напряжение 36 В подводится к следующей аппаратуре (рис. 57); контролируемый пункт устройства телеуправления-телефигнализации КП ТУ-ТС «Ветер»; аппарат защитного отключения «АЗОТ»; аппаратура контроля концентрации метана в атмосфере шахты: осветительный прибор, сигнализирующий о включении вывода питания токоприемников тупиковой выработки.

На рис. 58, а показана схема управления ВМП и питания с помощью КПУ, аппаратуры контроля метана КП ТУ-ТС «Ветер» и аппарата защитного отключения «АЗОТ»-Р, а на рис. 58, б — схема управления ВМП и питания с помощью КПУ, аппарата защитного отключения АПТВ, аппаратуры контроля метана и КП ТУ-ТС «Ветер». Возможны также и другие варианты сборки схем управления, для чего в коробку контрольных выводов выведены дополнительно вспомогательные контакты контакторов и контакты промежуточных и размножающих реле.

Станции управления проходческими комбайнами. Для установки на проходческих комбайнах выпускаются станции управления СУВК-8 (комбайны ПК-8, ПК-8М) и СУВК-9 (комбайны ПК-9рА, 4ПП-2) (табл. 23). Они предназначены для управления двигателями с короткозамкнутыми роторами при напряжении питания 660 В. Коммутационная аппаратура, расположенная в основном отделении, состоит из автоматического выключателя АЗ732, контактов КТУ и пускателей серии ПМЕ. Напряжение на станцию управления по-

23. Основные данные станций управления для проходческих комбайнов

Номер фидера	Рабочий ток, А	Номинальный ток продолжительного режима, А	Типы контакторов, установленных в фидерах	Наибольшая коммутационная способность, А		Наибольший диаметр проходного отверстия вывода, мм	Вывод для подсоединения
				на включение	на отключение		

Станция управления СУВК-8

3	110	250	КТУ-4А	7000	4000	60	Исполнительного органа
4	90	250	КТУ-4А	7000	4000	60	Маслонасоса и бермовых фрез
5	10	63	КТУ-2А	2700	1500	40	Конвейера
6	20	—	—	—	—	40	Пылесоса
7	25	63	КТУ-2А	2700	1500	40	Бункера-перегрузателя
7	5	25	ПМЕ-211			30	Электросверла

Станция управления СУВК-9

1	110	250	КТУ-4А	7000	4000	60	Исполнительного органа
2	40	63	КТУ-2А	2700	1500	30	Вентилятора пылесоса
3, 4, 5	40	63	КТУ-2А	2700	1500	40, 30, 30	Маслонасоса, питателя Конвейера, перегружателя
6, 7	40	63	КТУ-2А*	2700	1555	30	Левой и правой гусениц

* Схема работы контакторов реверсивная.

дается от группового магнитного пускателя дистанционно с рабочего места машиниста. В станции управления установлен источник питания на 127 В для подключения электросверла. Кабельная сеть напряжением 127 В защищается от токов к.з. автоматическим выключателем, а от токов утечки — встроенным реле утечки. В аварийных ситуациях при необходимости экстренного отключения приводов необходимо нажать на кнопку *Откл. Питание станции*, расположенную на станции управления, или нажать кнопку *Стоп*, расположенную на комбайне в зоне исполнительного органа. Обесточить станцию в аварийном режиме можно также с помощью аварийного выключателя, повернув его рукоятку по часовой стрелке.

Подготовка к эксплуатации и техническое обслуживание станций управления. Перед спуском в шахту станцию управления проверяют на легкость снятия и постановки на место съемных частей штепсельных разъемов. Затем подключают к станции кнопки и пульт управления, закрывают крышки, на ввод подают напряжение сети, включают блокировочный разъединитель. При этом должна загореться лампа подсветки шкалы приборов, а вольтметр должен показывать напряжение сети. При исправной цепи аварийного отключения загорается лампа, указывающая на возможность включения в работу нулевого расцепителя аварийного выключателя. Нажав на кнопку форсированного включения катушки нулевого расцепителя, включают автоматический выключатель (рукоятку ставят в положение *Включено*). Загоревшаяся при этом лампа сигнализирует о включении автоматического выключателя. Нажимая кнопку *Аварийный стоп*, осуществляют дистанционное отключение аварийного выключателя. В этом случае должны погаснуть указанные сигнальные лампы.

Включив вновь выключатель, рукоятки универсальных переключателей устанавливают в нулевое положение и нажатием на пусковые кнопки производят поочередное включение, а кнопками *Стоп* — отключение контакторов всех фидеров. Поворотом рукоятки универсального переключателя соответствующего фидера осуществляют проверку состояния блокировочных реле утечки. При исправном *БРУ* загорается лампа с белым светофильтром.

При спуске станции в шахту ее устанавливают в клетки в горизонтальном положении. При этом выемные блоки рекомендуется снимать и доставлять в шахту отдельно.

Место установки станции выбирают в зависимости от конкретных условий в выработке. Как правило, станция входит в состав энергопоезда комплекса. Угол наклона корпуса станции от рабочего горизонтального положения не должен превышать 15°. Зазор между станцией и выработкой, обеспечивающий удобство эксплуатации станции и безопасные условия для прохода людей, должен составить не менее 1200 мм со стороны быстроскрываемых крышек и не менее 500 мм с противоположной стороны.

Перед включением станции в работу необходимо произвести внешний ее осмотр, проверить тщательность затяжки болтовых соединений, проверить мегаомметром состояние изоляции силовых цепей, которое должно быть не менее 20 МОм (в процессе эксплуатации — не менее 0,5 МОм), установить уставку максимальной токовой защиты на каждом фидере, проверить наличие и действие механических блокировок, величину взрывозащитных зазоров. После окончания монтажа станции проверяют правильность функционирования схемы и соответствие направления вращения двигателей.

При эксплуатации станции проводят ежедневное, ежесуточное и еженедельное техническое обслуживание. Ежедневное обслуживание проводит дежурный электрослесарь в начале каждой смены. При этом обращается внимание на наличие крепежных болтов, заглушек, табличек, исправность заземления, целостность смотровых окон, отсутствие ненормального гула трансформаторов внутри станции, исправность сигнальных ламп, надежность крепления кабелей в штепсельных соединителях и глухих вводах.

В начале каждой смены проверяют возможность отключения станции кнопкой *Аварийный стоп*, работоспособность блокировочных реле утечки *БРУ*. При ежесуточном обслуживании кроме работ, выполняемых при ежедневном обслуживании, проверяют наличие и исправность механических блокировок, качество затяжки крепежных болтов, правильность функциониро-

вания электрической схемы, а также проводят (при необходимости) ремонтные работы по замечаниям обслуживающего персонала.

Ежеквартальными текущими ремонтами занимается бригада электрослесарей при полном снятии напряжения со станции.

Возможные неисправности станций управления и методы их устранения приведены в табл. 24.

24. Возможные неисправности станций управления и методы их устранения

Неисправности и их признаки	Причины возникновения	Методы контроля и устранения неисправностей
Не включается один из контактов	1. Вышла из строя катушка контактора	1. Заменить катушку
	2. Потерян контакт в переключателе цепи дистанционного управления фидера или рукоятка переключателя на быстрооткрывающейся крышке отсека не установлена в рабочее положение	2. Зачистить контакты переключателя, установить рукоятку переключателя в положение <i>Работа</i>
	3. Неисправность блока управления	3. Заменить блок управления
Не взводится аварийный выключатель, не включается ни один из фидеров станции	1. Вышла из строя нулевая катушка аварийного выключателя или произошел обрыв в цепи ее питания	1. Заменить катушку и проверить четкость отключения автомата при нажатии кнопки аварийного отключения на пульте управления
	2. Вышел из строя трансформатор управления, питающий катушку нулевого расцепителя	2. Проверить трансформатор и при необходимости заменить
	3. Сработала максимальная токовая защита какого-либо из фидеров, не взводится аварийный выключатель	3. По загоревшейся красной сигнальной лампе определить фидер, где произошло к.з.; отыскать и устранить причину к.з.; взвести сработавшую максимальную токовую защиту

6.4. ПУСКОВЫЕ АГРЕГАТЫ

Конструкция, электрические схемы и технические данные. Шахтный пусковой агрегат АПШ-1 предназначен для управления двумя ручными электросверлами, их защиты и питания, а также может применяться для питания сетей освещения. В последнем случае управление контакторами агрегата должно осуществляться с помощью вынесенных постов управления по трехпроводной схеме управления.

Технические данные шахтного пускового агрегата АПШ-1

Номинальное значение:	
мощности, кВт	4
напряжения первичной цепи, В	380/660
» вторичной цепи, В	133±5
тока в первичной цепи, А	6,76/3,9
» во вторичной цепи, А	17,4±0,6
Действующее значение трехфазного тока к.з. на выходных зажимах при температуре окружающего воздуха 35 °С, А	700
Коэффициент полезного действия	0,92
Сопротивление срабатывания блока реле утечки при симметричной трехфазной утечке (не менее), кОм	
Ток автоматического выключателя, А:	
номинальный	16
уставки	192
Габаритные размеры, мм:	
длина	850
ширина	630
высота	630
Масса, кг	210

Основными частями агрегата являются (рис.59): корпус 13, силовой трансформатор 8, панель управления 3, автоматический выключатель 1, блок реле утечки 16. Корпус представляет собой сварную оболочку, разделенную на четыре взрывонепроницаемые отделения (камеры): пусковой и защитной аппаратуры (отделение обслуживания), в котором размещены трансформатор, панель управления, блок реле утечки, клеммник для переключения трансформатора, панель с сигнальными лампами и кнопками, кронштейн с предохранителями; выключателя, в котором размещен автоматический выключатель; отделение ввода кабеля от сети, снабженное двумя кабельными вводами диаметром 32 мм, один из которых используется в качестве транзитного; отделение вывода кабеля от нагрузки, снабженное двумя кабельными вводами диаметром 32 мм для подключения электросверл и тремя вводами диаметром 20 мм для подключения дополнительного заземления реле утечки, местного освещения и кнопочного поста дистанционного управления.

Для открывания быстрооткрываемой крышки аппаратного отделения предусмотрен специальный зубчатый ключ 9, который крепится на приваренной шпильке. Корпус агрегата установлен на салазках 11.

Пересоединение обмоток ВН силового трансформатора *Тр1* в звезду или в треугольник в зависимости от напряжения сети 660 или 380 В осуществляется перемычками на клеммнике (рис. 60). На выемной панели управления расположены контакторы *КМ1* и *КМ2*, промежуточные искробезопасные реле *К1* и *К2*, реле максимального тока *К3* и *К4* и искробезопасный источник напряжения цепей управления — стабилизирующий трансформатор *Тр2*.

Электрическая схема агрегата обеспечивает защиту от токов к.з. в отходящих от агрегата цепях питания электросверл при помощи реле максимального тока, защиту в цепях питания местной осветительной нагрузки плавкими предохранителями; защиту от токов утечки в отходящих цепях напряжением 127 В и предупредительный контроль сопротивления изоляции этих цепей, а также сигнализацию о срабатывании реле утечки; защиту от замыкания в цепях дистанционного управления, от самовключения при повышении напряжения питающей сети до 1,5 номинального, от обрыва и увеличения сопротивления цепи заземления более 100 Ом; нулевую защиту отходящих цепей при управлении с вынесенного поста управления по трехпроводной схеме. Кроме того, схема обеспечивает световую сигнализацию о включенном автоматическом выключателе, срабатывании каждого из двух реле максимального тока; блокировку, препятствующую подаче напряжения в отходящую от вторичной обмотки силового трансформатора цепи.

При нажатой кнопке *SB1* включается автоматический выключатель *SF* и подается напряжение от сети на первичную обмотку трансформатора *Тр1* и, следовательно, на все элементы схемы, подключенные к его вторичной обмотке. После загорания сигнальной лампы *Н1* кнопку *SB1* следует отпустить. Напряжение подается на реле утечки *ПУ*, при этом срабатывает исполнительное реле *К5*, которое своим размыкающим контактом разомкнет цепь

питания катушки независимого расцепителя выключателя *SF*, а замыкающим подключит источник питания искробезопасных цепей управления (первичную обмотку трансформатора *Tr2*) к обмотке напряжением 36 В трансформатора *Tr1*.

Для надежного срабатывания реле утечки замыкающим контактом кнопки *SB1* шунтируются резисторы *R12*, *R13*, вследствие чего ток в обмотке реле *K5* увеличивается.

Дистанционное управление агрегатом и питание электросверл осуществляются включением кнопки *Пуск*, установленной на сверле. При этом обмотка промежуточного реле *K1* (или *K2*) шунтируется диодом *VD1*, реле срабатывает и замыкает свой контакт в цепи питания втягивающей катушки *KM1* (или *KM2*) контактора, в итоге подается напряжение на соответствующее сверло. Отключается сверло отпуском (размыканием) кнопки. Защита от токов к.з. в отходящих силовых цепях осуществляется электромагнитными реле *K3* и *K4* с током уставки 50 ± 5 А. При срабатывании реле своим размыкающим контактом размыкает цепь питания втягивающей катушки соответствующего контактора *KM1* или *KM2*, и отходящая цепь отключается, а замыкающим контактом замыкает цепь питания сигнальной лампы *H2* или *H3*. Защита от токов к.з. в силовых цепях на участке между автоматическим выключателем *SF* и реле *K3* и *K4* осуществляется электромагнитными расцепителями выключателя, а в цепи питания местного освещения — предохранителями *FU1—FU3*.

Срабатывание реле максимального тока проверяется нажатием кнопки *SB2*, замыкающей цепи питания проверочных катушек. Возврат реле защиты в исходное положение осуществляется при помощи рукоятки, вынесенной на корпус агрегата.

Защита от токов утечки на землю отходящих цепей и предварительный контроль сопротивления изоляции этих цепей выполняются посредством блока реле утечки *ПУ*. При отсутствии утечек в защищаемой цепи оперативный ток протекает от нулевой точки диодов *VD1—VD3*, через резисторы *R12* и *R13*, заземление корпуса, землю, добавочное заземление и его зажим *D₃*, катушку исполнительного реле *K5*, резисторы *R11*, *R5*, *R7*, источник питания (вторичные обмотки силового трансформатора *Tr1*, резисторы *R8—R10* и диоды *VD1—VD3*). В этом случае ток обмотки исполнительного реле *K5* максимален и его якорь притянут, цепь питания обмотки независимого расцепителя автоматического выключателя *SF* разомкнута размыкающим контактом, а замыкающий контакт подает напряжение на первичную обмотку трансформатора *Tr2*.

При снижении сопротивления изоляции защищаемой цепи часть оперативного тока ответвляется через сниженное сопротивление изоляции параллельно обмотке реле *K5*, в цепи обмотки ток уменьшается. При снижении сопротивления изоляции до уставки срабатывания реле *K5* отключается, размыкает замыкающим контактом цепь источника питания трансформатора *Tr2* и замыкает замыкающим контактом цепь питания обмотки независимого расцепителя автоматического выключателя *SF*. Последний снимает напряжение сети со входа трансформатора *Tr1*, сигнальная лампа *Включено* гаснет.

Предварительный контроль изоляции (работа в режиме *БРУ*) отходящих цепей при отключенных контакторах (пускателях) осуществляется шунтированием обмотки реле *K5* и резистора *R11* электрической цепью. Общая точка резисторов *R5—R7*, размыкающие контакты контакторов *KM1*, *KM2*, фаза *B* (зажимы *B1* и *B2* электросверл) и «земля» контролируются в месте снижения сопротивления изоляции. При шунтировании обмотки реле ток в последней не достигает величины срабатывания, реле *K5* не срабатывает и не замыкает свой замыкающий контакт в цепи питания катушки независимого расцепителя автоматического выключателя *SF*. Поэтому выключатель в случае повреждения изоляции после включения и подачи напряжения на первичную обмотку силового трансформатора мгновенно срабатывает и снимает напряжение, сигнальная лампа *Включено* гаснет. Величина уставки сопротивления срабатывания в режиме *БРУ* составляет не менее удвоенного максимального сопротивления срабатывания однофазной утечки в режиме реле утечки, равного 4 кОм.

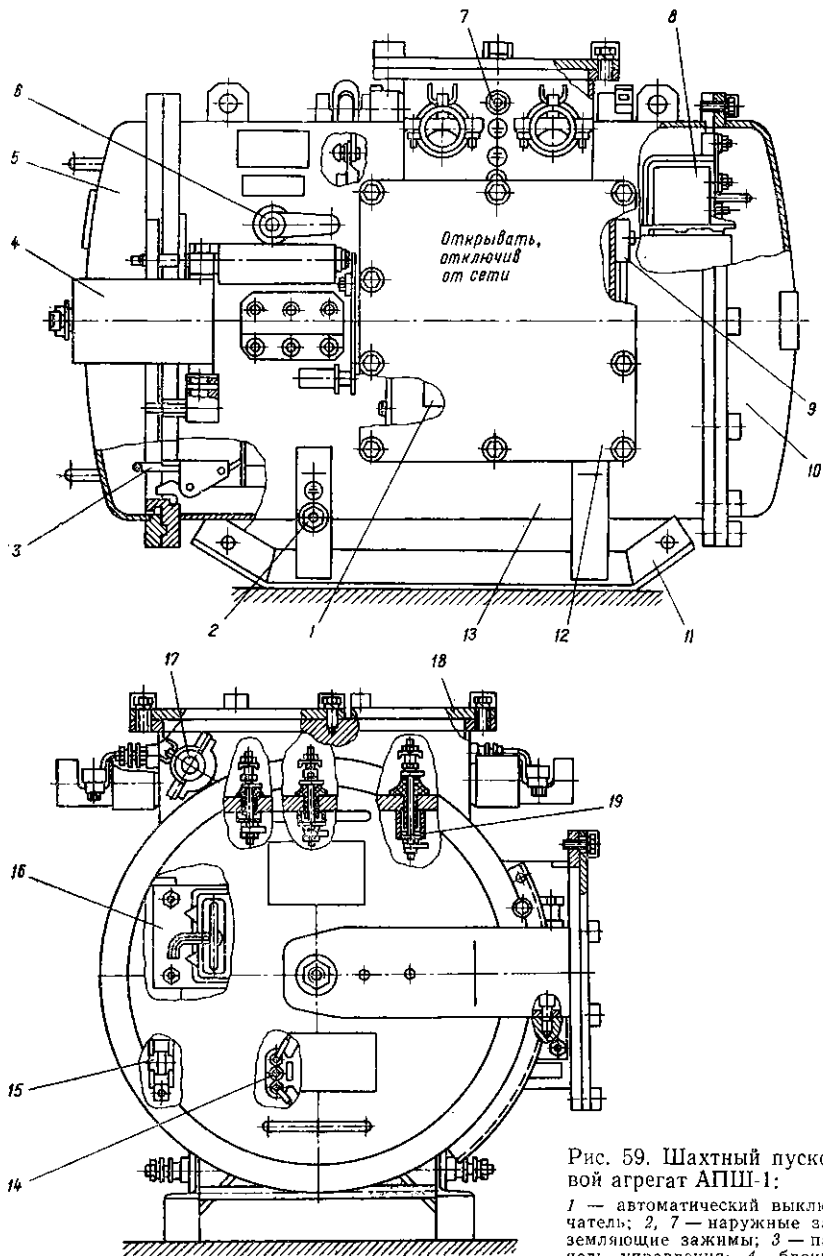
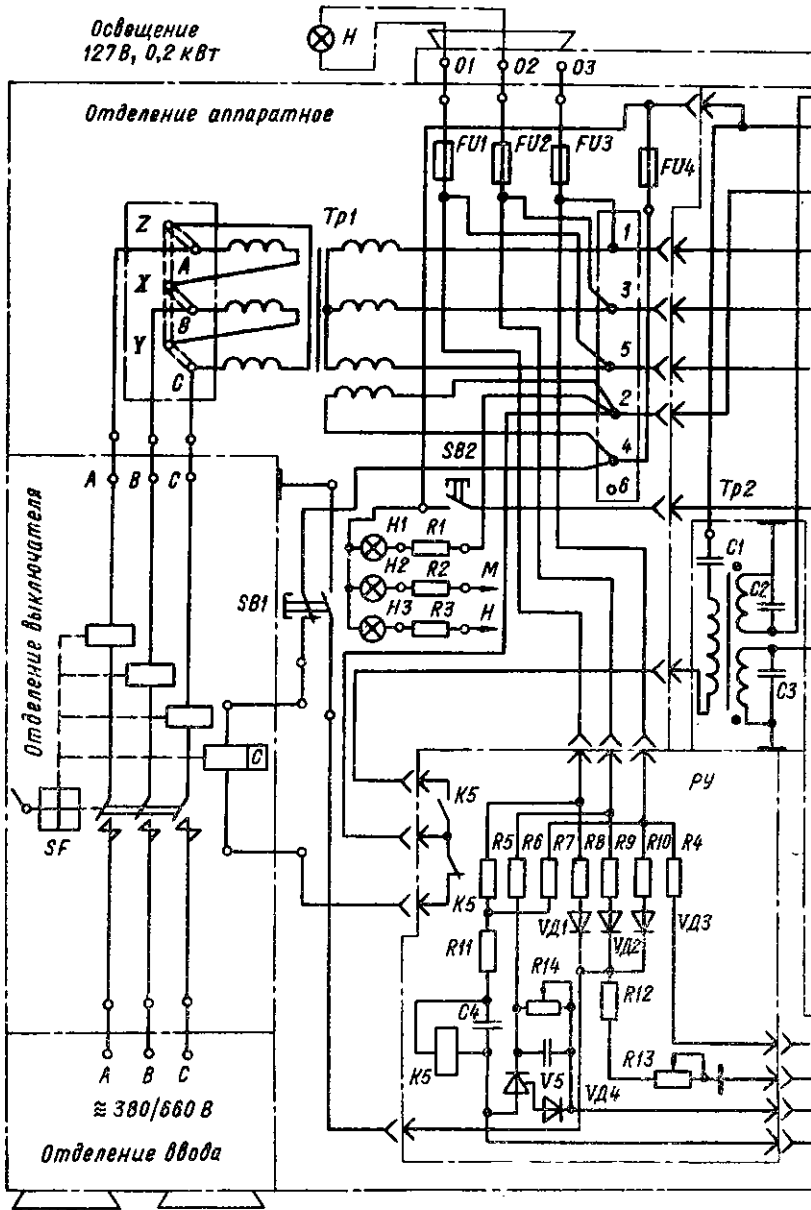


Рис. 59. Шахтный пусковой агрегат АПСШ-1:

1 — автоматический выключатель; 2, 7 — наружные заземляющие зажимы; 3 — панель управления; 4 — блокировочная планка; 5 — быстрооткрываемая передняя крышка; 6 — рукоятка привода выключателя; 8 — силовой трансформатор; 9 — зубчатый ключ; 10, 12 — крышки задняя и отделения автоматического выключателя; 11 — салазки; 13 — корпус; 14 — клеммник; 15 — кронштейн с предохранителями; 16 — блок реле утечки; 17 — кабельные вводы; 18 — крышка отделения ввода; 19 — проходные зажимы.

Освещение
127 В, 0,2 кВт



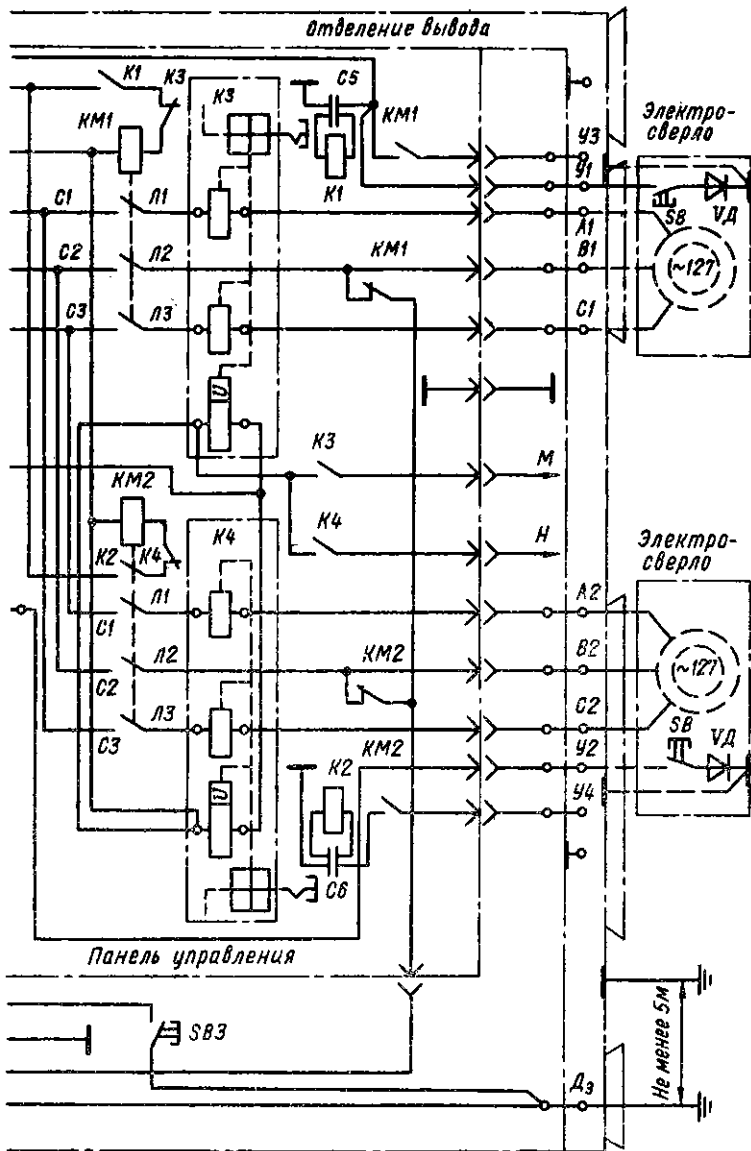


Рис. 60. Принципиальная электрическая схема шахтного пускового агрегата АПШ-1.

Срабатывание реле утечки проверяется путем кратковременного замыкания фазы *A1* вторичной обмотки трансформатора *Tr1* кнопкой *SB3* через проверочное сопротивление *R11* на добавочный заземлитель *D₃*.

Защита от замыкания в цепях дистанционного управления осуществляется промежуточными реле *K1* и *K2*. При этом диод, встроенный в электросверло последовательно с пусковой кнопкой, шунтируется, и работающее реле отключается. Защита от самовключения при повышении напряжения и нулевая защита электросверла осуществляются в результате применения пусковой кнопки с самовозвратом, а при подключении освещения — трехпроводной схемой управления контакторами агрегата. Защита от обрыва или увеличения сопротивления цепи заземления выполняется промежуточными реле *K1* и *K2*, которые настроены на отключение при сопротивлении 100 Ом и более.

Блокировка, препятствующая подаче напряжения в отходящие от трансформатора цепи при отсоединении реле утечки, обеспечивается тем, что подключение питания трансформатора *Tr2* выполнено через блок *ПУ* посредством штепсельного разъема *X2*. При снятом блоке цепь питания размыкается, и включить контакторы *KM1* и *УМ2* нельзя.

Световая сигнализация осуществляется лампами *H1—H3*. Лампа *H1* загорается при подаче напряжения на первичную обмотку трансформатора *Tr1*, лампы *H2* и *H3* — при срабатывании реле максимального тока *K3* и *K4*.

Применение, монтаж и эксплуатация пусковых агрегатов. Для подключения шахтного пускового агрегата к сети используются шахтные гибкие экранированные кабели на напряжение 660 В с наружным диаметром не более 30 мм площадью сечения жил 6 или 10 мм². Для подключения электросверл к агрегату применяются шахтные гибкие экранированные кабели с наружным диаметром не более 30 мм и площадью сечения силовых жил до 6 мм². Длина присоединяемого кабеля не должна превышать 90 м при площади сечения жил 2,5 мм², 140 при 4 мм² и 210 м при 6 мм². Минимально допустимая длина кабеля, которым агрегат подключается к сети, должна быть 50 м при площади сечения рабочей жилы 6 мм²; 31 м при 4 мм² и 20 м при 2,5 мм².

Для цепей управления электросверлом используются жилы управления силового кабеля, а для цепей освещения — отдельный кабель с наружным диаметром не более 17 мм и площадью сечения жил до 6 мм². Наибольшая длина кабеля искробезопасной цепи управления — 250 м. Для подключения местного освещения используют шахтный силовой кабель диаметром не более 29 мм и площадью сечения жил до 6 мм². Токоограничивающее действие вторичной силовой цепи агрегата, эквивалентное кабелю с площадью сечения 50 мм², составляет 110 м.

Предмонтажная проверка производится перед спуском агрегата в шахту. При открытых крышках внешним осмотром убеждаются в отсутствии видимых поломок и неисправностей, проверяют наличие пробок на блоке реле утечки, заземляющих зажимов, уплотнительных колец и заглушек в кабельных вводах. Поворотом ручки включения опробуют включение-отключение автоматического выключателя, поворотом рукоятки взвода реле максимального тока — их механическую часть. Нажатием толкателей на сигнальной панели убеждаются в возврате их в исходное положение. При открывании и закрывании крышки обслуживаемого отделения проверяют исправность и работоспособность блокировочного устройства. При извлечении и установке выемной панели проверяют надежность фиксирования ее фиксаторами. Кроме того, проверяют соответствие положения перемычек на клеммнике напряжению сети (660 или 380 В), наличие предохранителей и соответствие их плавких вставок току 6 А, наличие и исправность сигнальных ламп, а также затяжку гаек, винтов и болтов на элементах схемы.

Сопротивление изоляции контролируется при отключенном реле утечки. Оно должно быть не ниже 3 МОм для цепей напряжением 660 В и не ниже 1 МОм при 127 В.

Затем агрегат проверяют в действии на срабатывание всех защит и на работоспособность при питании электросверл. Каждую защиту рекомендуют проверять с помощью соответствующей кнопки проверки трех-, пятикратным включением. Электросверло включается 10—15 раз вхолостую при питании от каждого пускателя.

25. Возможные неисправности шахтных пусковых агрегатов АПШ-1 и методы их устранения

Неисправности и их признаки	Причины возникновения	Методы контроля и устранения неисправностей
Отсутствует напряжение при включенном выключателе, сигнальная лампа не горит, при нажатии на кнопки электросверла не включаются	1. Ослабли контакты на выходных зажимах или зажимах выключателя	1. Отыскать нарушения контактов и подтянуть гайки на контактных зажимах
	2. Обрыв жил в питающем кабеле	2. Заменить кабель с обрывом силовых жил
Отсутствует напряжение на выходе агрегата, при нажатии кнопки на рукоятке электросверла контактор агрегата не включается	1. Выход из строя диода в камере выключателя электросверла	1. Заменить диод
	2. Повреждение в цепи дистанционного управления	2. Отыскать нарушение целостности цепи, подтянуть контакты, зачистить места соединений и контактов промежуточного реле. Заменить кабель, если обрыв цепи обнаружен в кабеле
При включении выключателя ручного включения срабатывает независимый расцепитель и отключается выключатель. Электросверло работает с пониженными оборотами и греется	1. Утечка тока с нижней стороны силового трансформатора или в кабельной сети	1. Отыскать место утечки и устранить повреждение, заменить кабель, если утечка в кабеле, заменить электросверло при утечке в двигателе
	1. Обрыв одной из фаз в цепи питания, сверло работает в двухфазном режиме	1. Проверить главные контакты контактора, зачистить или заменить изношенный контакт; при обрыве силовой жилы в кабеле заменить кабель
Срабатывает максимальная токовая защита, при этом отключается электросверло	1. К.з. в питающем кабеле	1. Отыскать место к.з., заменить кабель, осмотреть контакторы, зачистить контакты
Магнитная система контакторов работает ненормально, контактор гудит, электросверло включается нечетко	1. Заедание магнитной системы контактора, затирание подвижных частей	1. Осмотреть контактор, зачистить и отрегулировать подвижные части и магнитную систему

Состояние и исправность взрывозащитных поверхностей проверяются таким же способом, как и для другой взрывозащищенной аппаратуры. На месте установки в шахте к агрегату подключают кабели с соблюдением известных методов разделки, уплотнения и крепления. После подключения агрегата к сети и проверки внешним осмотром следует опробовать его и убедиться в нормальном включении и отключении нагрузки, а также в работоспособности реле утечки при нажатии на кнопку *ПУ*, в результате чего должно происходить четкое отключение агрегата встроенным автоматическим выключателем.

При техническом обслуживании агрегата производятся ежесменный и еженедельный осмотры, а также ежеквартальная ревизия. При ежесменном осмотре, выполняемом электрослесарем, проверяются целостность обмотки, заземления, наличие болтов на взрывозащитных соединениях, уплотнения кабелей, заглушки на свободных вводах, реле утечки с помощью кнопки *ПУ* и реле защиты *PM1* и *PM2* с помощью штока *PM*. После проверки последних осуществляется их деблокировка. С поста дистанционного управления проверяется включение освещения.

При еженедельном осмотре, выполняемом механиком участка, осуществляются все те же проверки, что и при ежесменном, а также устраняются неполадки, отмеченные обслуживающим персоналом.

Ежеквартальная ревизия производится бригадой электрослесарей под руководством механика участка или энергетика шахты. Проводятся все те проверки, что и при ежесменном осмотре, а также при вскрытой оболочке очищаются взрывозащитные поверхности, проверяются контактная система пускателей, состояние элементов электрической схемы и монтажа, надежность подсоединения жил в коробках вводов, исправность механической блокировки и смотровых окон. После ревизии производится опробование агрегата при закрытых крышках.

Устранение возможных неисправностей при эксплуатации шахтного пускового агрегата производится согласно данным табл. 25.

7. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОТ УТЕЧКИ ТОКА В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

7.1. УСТРОЙСТВО И ЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ ЗАЗЕМЛЕНИЯ

Защитное заземление предназначено для создания между корпусом защищаемого объекта и землей электрического соединения с достаточно малым сопротивлением. Это необходимо для того, чтобы в случае прикосновения человека к корпусу этого объекта через тело не протекал ток такой величины, которая создавала бы угрозу жизни или здоровью.

Для обеспечения безопасности пригодно соединение с землей, имеющее сопротивление r_3 во много раз меньше сопротивления тела человека $R_ч$ (рис. 61). При этом основная часть тока замыкания будет проходить через заземление, а ток, проходящий через тело человека, будет малым и равным [4]:

$$I_ч = Ir_3 / (R_ч + r_3),$$

где $I = U / (1,73X_0)$ — максимальное значение тока к. з. фазы на корпус (землю), А; U — напряжение сети, В; $X_0 = 3180/C_0$ — емкостное сопротивление сети относительно земли, Ом; C_0 — емкость сети, мкФ.

Основная же часть тока замыкания будет протекать через заземление и составит

$$I_3 = IR_ч / (R_ч + r_3).$$

Расчеты показывают, что $r_3 \ll R_ч$, поэтому при $r_3 = 2$ Ом ток, проходящий через человека, вследствие шунтирующего действия заземления снижается на два порядка и не представляет опасности для жизни.

Согласно Правилам безопасности в шахтах применяют электрические сети с изолированной нейтралью. Для подземных электроустановок устраивают общую сеть заземления, к которой подсоединяют все подлежащие заземлению объекты, а также главные и местные заземлители (рис. 62). В этом случае используют оболочки (медные или свинцовые) бронированных кабе-

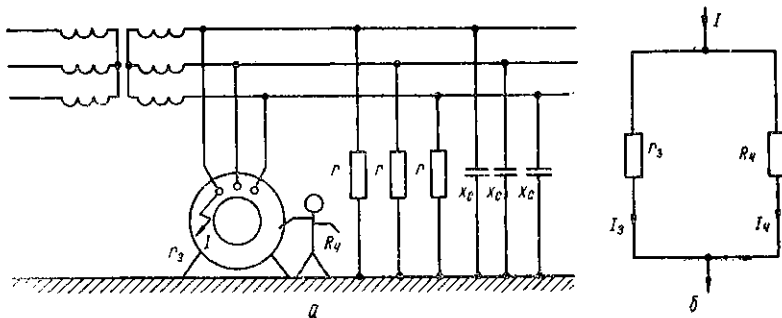


Рис. 61. Схема действия защитного заземления (а) и распределение тока замыкания (б).

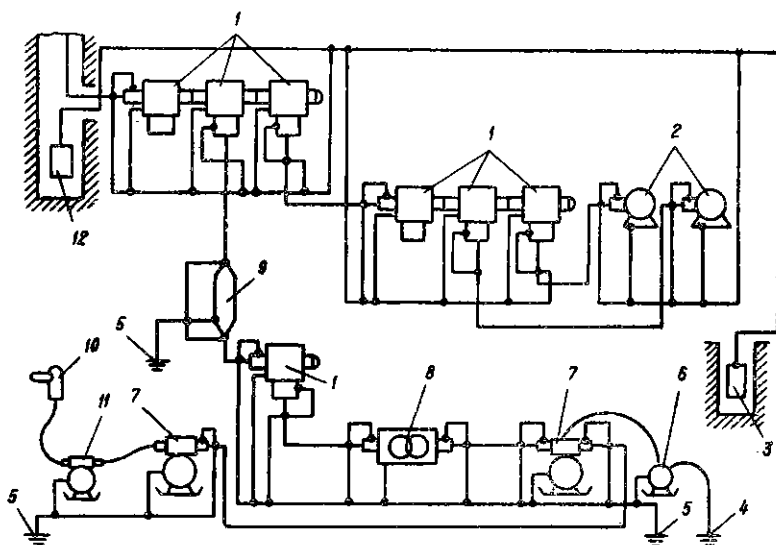


Рис. 62. Принципиальная схема сети заземления в шахте:
 1 — комплектные распределительные устройства; 2 — двигатели насосов; 3, 12 — главные заземлители (в водосборнике и зумпфе); 4, 5 — дополнительный и местные заземлители; 6 — реле утечки; 7 — автоматический выключатель; 8 — трансформатор (или подстанция); 9 — кабельная муфта; 10 — комбайн; 11 — магнитный пускатель.

лей, заземляющие жилы гибких кабелей, заземляющие провода и перемычки. Главные заземлители устраиваются в зумпфах стволов или водосборниках шахт. В случае электроснабжения шахты с помощью кабелей, прокладываемых по скважинам, главные заземлители могут располагаться на поверхности. В качестве одного из главных заземлителей можно использовать обсадные трубы, которыми закреплены скважины. Во всех случаях должно быть не менее двух главных заземлителей, расположенных в разных местах и резервирующих друг друга на время осмотра, чистки или ремонта

одного из них. При самостоятельном электроснабжении блоков шахты и отсутствии общего водоотлива главные заземлители должны располагаться в зумпфах или специальных колодцах, заполненных водой.

Для местных заземлителей устраиваются искусственные заземлители в штрековых водоотводных каналах или в других, пригодных для этого местах. В гидрошахтах в качестве местных заземлителей могут быть использованы металлические желоба самотечного гидротранспорта угля.

В отличие от кабельных муфт силовых бронированных кабелей, каждая из которых должна иметь местное заземление, для сетей стационарного освещения допускается устраивать местное заземление не для каждой муфты или светильника, а через каждые 100 м кабельной сети. Для аппаратуры и кабельных муфт телефонной связи на участке сети с кабелями без брони допускается только местное заземление без присоединения к общей сети заземления.

При откатке контактными электровозами заземление электроустановок постоянного тока, находящихся в непосредственной близости от рельсов, должно осуществляться путем присоединения заземляемой конструкции к рельсам, используемым в качестве провода контактной сети.

Заземление корпусов передвижных машин, забойных конвейеров, аппаратов, установленных в забое, и светильников, подсоединенных к сети гибкими кабелями, а также электрооборудования, установленного на платформах, перемещающихся по рельсам (за исключением передвижных подстанций), выполняется посредством соединения их с общей сетью заземления при помощи заземляющих жил питающих кабелей. Заземляющая жила с обеих сторон присоединяется к внутренним заземляющим зажимам в кабельных муфтах и вводных устройствах.

Заземление в шахтах выполняется в соответствии с Инструкцией по устройству, осмотру и измерению сопротивления шахтных заземлений. Характеристика заземлителей должна соответствовать данным табл. 26, а заземляющих проводников — табл. 27.

26. Характеристика шахтных заземлителей

Заземлитель	Вид заземлителя	Размеры (не менее)		
		Площадь поверхности, м ²	Толщина или диаметр, мм	Длина, м
Главный	Стальная полоса	0,75	5	2,5
Местный при установке: в сточной канаве в шпуре	То же	0,6	3	2,5
	Стальная труба	—	30	1,5

Для соединения заземляющих проводников применяются зажимы диаметром не менее 8 мм, снабженные пружинными шайбами или контргайками с зачищенными контактными поверхностями. Заземлители укладываются в сточную канаву на подушку толщиной не менее 50 мм из песка или мелких кусков породы и сверху засыпаются слоем в 150 мм из такого же материала. В выработках, в которых нет сточной канавы, заземлители, изготовленные из трубы с числом отверстий в стенках не менее и 20 диаметром не менее 5 мм, помещаются в шпур, пробуренный вертикально или под углом до 30° на глубину не менее 1,4 м. Труба заземлителя, а также пространство между наружной стенкой трубы и стенкой шпура заполняются периодически увлажняемым гигроскопическим материалом (песок, зола и т. п.).

27. Характеристика шахтных заземляющих проводников

Проводник	Материал проводника	Площадь сечения, мм ²
Сборные шины	Сталь, медь	50,25
Отводы от главных заземлителей и заземляющие контуры	Сталь	100
Заземляющие отводы: для силового оборудования	Сталь, медь	50,25
для оборудования связи и осветительных муфт и светильников	То же	12,6
Заземляющие переключки: для силового оборудования	»	50,25
для оборудования связи, осветительных муфт и светильников	»	12,6

Корпуса электрооборудования заземляются с помощью наружного заземляющего зажима, к которому присоединяется проводник сети заземления (заземляющий отвод). На скребковых и ленточных конвейерах, перегружателях, имеющих непосредственное металлическое соединение с электрооборудованием, разрешается заземлять только электрооборудование.

Заземляющие проводники к кабельным муфтам присоединяются с помощью заземляющего зажима, а к свинцовой оболочке и стальной броне кабеля — с помощью стального хомута шириной не менее 25 мм.

При отсутствии местного заземлителя вблизи муфты на ней устанавливаются две переключки, обеспечивающие соединение оболочек соединяемых кабелей между собой и с корпусом муфты.

При заземлении контрольного кабеля его свинцовую оболочку, если она есть, присоединяют к муфте скобой, расположенной внутри муфты. Стальная броня кабеля присоединяется к корпусу муфты переключкой с помощью хомута. При заземлении контрольного кабеля с пластмассовой оболочкой и стальной броней последние присоединяются к корпусу муфты. Для повышения проводимости заземляющей цепи в этом случае необходимо использовать одну или несколько жил кабеля общей площадью сечения не менее 1 мм².

Для заземления металлических трубопроводов, на которые может перейти напряжение от электрооборудования и кабелей при повреждении их изоляции, используются местные заземлители электроустановок. При этом заземляющий проводник присоединяется к трубопроводу при помощи стального хомута шириной не менее 30 мм. Если в выработке не применяется электроэнергия и отсутствуют заземлители, то трубопроводы можно не заземлять за исключением металлических вентиляционных труб и трубопроводов сжатого воздуха, заземление которых в этом случае осуществляется в начале и в конце воздухопроводов с помощью местных заземлителей для предотвращения накопления на них опасного электростатического заряда.

С этой же целью заземление металлических деталей (крючков, колец, петель, спиралей), предусмотренных в конструкции воздухопроводов из гибких вентиляционных труб, осуществляется путем подвешивания их на металлическом, заземленном с обоих концов тросе или проводе диаметром не менее 5 мм.

Общее переходное сопротивление сети заземления, измеренное у любого заземлителя, не должно превышать 2 Ом, а сопротивление заземляющей цепи, предназначенной только для защиты от статического электричества, — 100 Ом.

7.2. ПРОВЕРКА ПРАВИЛЬНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ И ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ СЕТИ ЗАЗЕМЛЕНИЯ

Проверка правильности выполнения и исправности состояния заземления шахтных электроустановок заключается в сравнении его конструктивных параметров (размеры заземлителей и правильность их устройства, сечение заземляющих проводников и шинопроводов, наличие перемычек, обеспечивающих непрерывность цепей, состояние контактов и отсутствие обрывов цепей) с нормируемыми.

Сопротивление заземления у отдельных заземлителей, распределителей и электроустановок измеряется без их отсоединения от общей сети заземления для того, чтобы обеспечить возможность измерения результирующего сопротивления с учетом влияния всех заземлителей и заземляющей системы.

На поверхности шахт и в шахтах, не опасных по газу или пыли, могут применяться любые измерители сопротивления заземления, в том числе и измерители общего назначения (МС-07, МС-08), в шахтах, опасных по газу или пыли, — только допущенные Госгортехнадзором СССР приборы, контрольный ток которых ограничен и не представляет опасности.

Осмотр и измерение сопротивления шахтных защитных заземлений производятся в следующем порядке. В начале каждой смены обслуживающий персонал производит наружный осмотр всех заземляющих устройств. При этом проверяется целостность заземляющих цепей и проводников, состояние контактов и т. п. Электроустановку разрешается включать только после проверки исправности ее заземляющего устройства. После каждого, даже мелкого, ремонта электрооборудования необходимо проверить исправность его заземления.

Не реже одного раза в 3 мес производится наружный осмотр всей заземляющей сети. Одновременно с этим измеряется общее сопротивление заземляющей сети у каждого заземлителя. Результаты осмотра и измерений заносятся в «Книгу регистрации состояния электрооборудования и заземления». При осмотре заземлений особое внимание обращается на непрерывность заземляющей цепи и состояние контактов. При ослаблении и окислении контактов необходимо зачистить до блеска все контактные поверхности, подтянуть болтовые соединения и проверить механическую прочность контактов. Механическая прочность контактов проверяется и перед измерением сопротивления заземления.

Не реже одного раза в 6 мес главные заземлители, располагаемые в зумпфе и водосборнике, подвергаются осмотру и ремонту.

Для измерения сопротивления заземляющей сети устанавливают два вспомогательных заземлителя на расстоянии не менее 15 м от проверяемого заземлителя. Расстояние между вспомогательными заземлителями принимается также не менее 15 м. В качестве вспомогательных заземлителей применяются стальные (желательно луженые) стержни с заостренными концами, забиваемые во влажную почву на глубину до 0,8 м.

Сопротивление заземления допускается измерять приборами М1103, М416 и М416/1 и другими в соответствии с заводскими инструкциями при выполнении требований Правил безопасности. В том случае, когда один местный заземлитель установлен на группу машин или аппаратов, сопротивление заземления измеряется отдельно для каждого аппарата без отсоединения его от местного заземлителя. Вначале проводник от прибора присоединяют к заземлителю, при этом будет измерено общее сопротивление заземления. Затем проводник поочередно присоединяют к заземляющему зажиму каждого аппарата. В случае расхождения результатов измерений необходимо еще раз проверить надежность подсоединения заземляющих проводников. В «Книге регистрации состояния электрооборудования и заземления» делается одна запись независимо от числа единиц электрооборудования, присоединенного к одному заземлителю.

При выполнении измерений сопротивления заземления в шахтах с контактной электровозной откаткой необходимо учитывать, что заземлители,

заземляющие проводники и заземленные электроустановки могут находиться в непосредственной близости от токоведущих рельсов, т. е. быть в зоне действия растекающихся по земле блуждающих токов. Последние, попадая в цепи заземления, могут вызвать погрешности измерений и даже полностью нарушить их. Поэтому необходимо следить за тем, чтобы во время измерения работающие электровазы находились на расстоянии не менее 100 м от места измерения и обязательно в сторону тяговой подстанции. Если это требование невозможно выполнить (например, при измерениях в околостольном дворе, в зоне тяговой подстанции), измерения должны выполняться при неработающих электровазах или отключенном контактным проводом.

Техническая характеристика прибора М1103

Диапазон измерения, Ом	0,1—10; 0,5—50
Сопротивление вспомогательных заземлений (не более), Ом	200
Номинальная частота вращения рукоятки, об/мин	120
Напряжение на зажимах, В, при разомкнутой внешней цепи и номинальной частоте вращения рукоятки	18
Габаритные размеры, мм	177 × 237 × 212
Масса, кг	6
Исполнение	РН, И

На панели прибора расположены зажимы для присоединения испытуемого заземления, зонда и вспомогательного заземления, индикатор нуля, переключатели пределов измерения и режимов работы, ручка реохорда и окно для отсчета показаний. Действие прибора М1103 (как и прибора М416) основано на компенсационном методе с применением вспомогательного заземления и потенциального электрода (зонда).

При измерениях сопротивления заземления генератор Γ переменного тока прибора (рис. 63) подключается к вспомогательному заземлителю (зажим Х3), а через первичную обмотку трансформатора $Tr1$ — к испытуемому заземлителю (зажим Х1). Вторичная обмотка трансформатора $Tr1$ включена на калиброванный резистор (реохорд) R . Нуль-индикатор $ИП$ включен между подвижным контактом реохорда и потенциальным электродом (зажим Х2) через трансформатор $Tr2$ и выпрямитель $Вп$.

Компенсация напряжения наступает при таком положении подвижного контакта реохорда, когда падение напряжения на участке реохорда до подвижного контакта равно падению напряжения на измеряемом сопротивлении. При этом ток в нуль-индикаторе отсутствует. Так как токи, протекающие в цепи заземлителя и реохорда, равны, то при компенсации сопротивление заземлителя равно сопротивлению участка реохорда до подвижного контакта.

Реохорд имеет шкалу, что позволяет непосредственно определить искомое сопротивление. Изменение пределов измерения осуществляется пере-

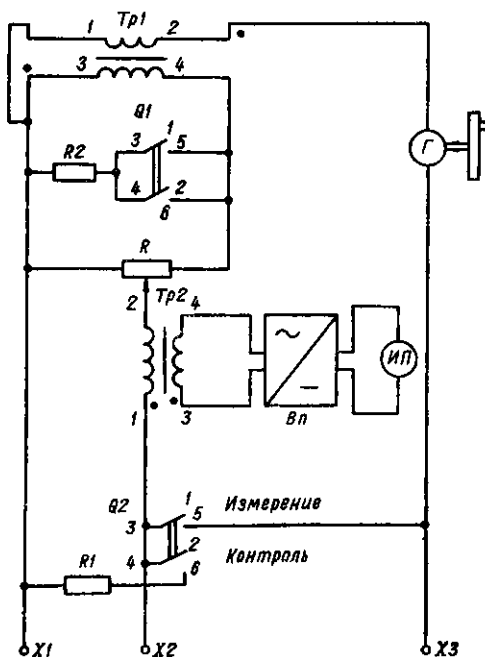


Рис. 63. Принципиальная электрическая схема прибора М1103.

ключателем $Q1$, который подсоединяет к реохорду шунтирующий резистор $R2$. Для проверки исправности самого прибора между клеммами $X1$ и $X2$ переключателем $Q2$ включается резистор (10 Ом), а между клеммами $X2$ и $X3$ — перемычка.

Прибор $M416$ предназначен для измерения сопротивления заземляющих устройств, активных сопротивлений и удельного сопротивления грунта. Применение прибора $M416$ в шахтах допускается при условии контроля рудничной атмосферы.

Техническая характеристика прибора $M416$

Диапазоны измерения, Ом	0,1—10; 0,5—50; 2—200; 10—1000
Сопротивление вспомогательных заземлителей и зонда (не более), Ом	500; 1000; 2500; 5000
Тип элемента, питающего прибор	373 (3 шт.)
Ток потребления (не более), мА	90
Напряжение на зажимах прибора при разомкнутой внешней цепи (не менее), В	13
Габаритные размеры, мм	245 × 140 × 160
Масса, кг	3
Исполнение	РНИ

На лицевой панели прибора расположены отсчетное устройство, указатель равновесия схемы, ручка переключателя диапазонов и рода работы, кнопка включения и четыре зажима. Прибор (рис. 64) состоит из источника

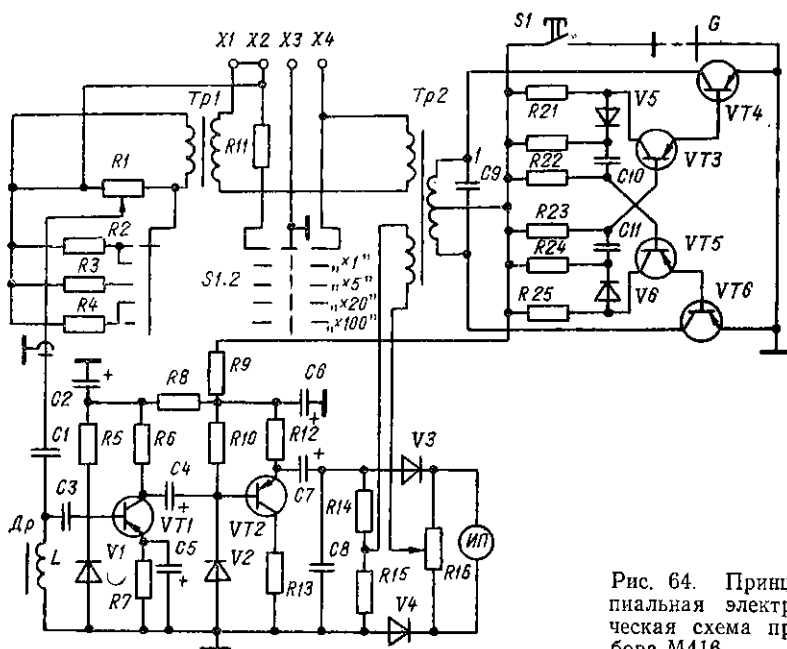


Рис. 64. Принципиальная электрическая схема прибора $M416$.

питания G , преобразователя и измерителя. Источник питания представлен тремя последовательно соединенными гальваническими элементами и подключается к остальным узлам прибора кнопкой $S1$. Преобразователь питает измерительные цепи переменным током и вырабатывает опорное напряжение для фазового детектора. Состоит он из мультивибратора (транзисторы $VT3$ и $VT4$) с усилителем (транзисторы $VT5$ и $VT6$) и трансформатора $Tp2$ на выходе. Измеритель обеспечивает возможность компенсации напряжения на измеряемом сопротивлении и отсчет измеряемой величины. Он состоит из

трансформатора *Тр1*, реохорда *Р1*, усилителя небаланса (транзисторы *VT1* и *VT2*), нагруженного через фазочувствительный детектор (диоды *V1* и *V2*) на нуль-индикатор *ИП*, и вспомогательных элементов.

Для подключения контролируемого объекта, вспомогательного заземлителя и зонда прибор имеет зажимы *X1—X4*. При измерении сопротивления заземления выход преобразователя подключается к вспомогательному заземлителю (зажим *X4*), через первичную обмотку трансформатора *Тр1* — к контролируемому объекту (зажим *X1*). Вторичная обмотка трансформатора *Тр1* подключается к калиброванному резистору (реохорду) *Р1*. При такой схеме включения помимо основной цепи тока через контролируемый объект создается цепь тока через реохорд.

Напряжение небаланса снимается с зонда (зажим *X3*) и с подвижного контакта реохорда и подается через усилитель и детектор на нуль-индикатор.

В отличие от *M416* прибор *M416/1* имеет исполнение *РО, U_а*, следовательно, при работе с ним не нужно контролировать рудничную атмосферу.

При ежесменной проверке заземления, проводимой обслуживающим персоналом, работающим на данной установке, в начале смены производится наружный осмотр всех заземляющих устройств. В случае обнаружения ослабленных контактов, нарушенной целостности проводников, оторванных заземлителей или других неисправностей, выводящих из действия защитное заземление, они должны быть устранены. Электроустановку разрешается включать только после проверки исправности заземления.

После ремонтов или переноски электрооборудования на новое место состояние заземления проверяется электротехническим персоналом, производившим ремонт и монтаж электрооборудования. Периодическая, не реже одного раза в 3 мес проверка заземления осуществляется специально назначенными лицами электротехнического персонала шахты в составе не менее двух человек. При этом тщательно проверяется механическая исправность цепей заземления, контактных соединений, заземлителей. Окисленные контактные поверхности зачищаются до блеска, ослабленные болтовые соединения подтягиваются и проверяются на механическую прочность контактов, а заземлители — на надежность заделки в почву. После проверки и исправления дефектов производится измерение сопротивления заземления с записью результатов измерений в рабочую тетрадь. При выезде из шахты результаты проверки и измерения сопротивления заземления заносятся в «Книгу регистрации состояния электрооборудования и заземления», а также сообщаются лицу, выдавшему наряд.

Если обнаружился дефект, который не может быть устранен проверяющим (например, полная негодность заземлителя или увеличение сопротивления заземления более 2 Ом), следует сообщить о нем руководителю или механику участка, в ведении которых находится электроустановка, или лицу, давшему наряд на проверку заземления, и принять меры по недопущению включения в работу электроустановки до устранения дефектов и приведения в исправное состояние защитного заземления.

Особое внимание необходимо уделять проверке главных заземлителей, располагаемых в зумпфе и водосборнике, которые должны проверяться не реже одного раза в 6 мес. Эта проверка производится специально назначенными лицами электротехнического персонала шахты. При проверке заземлители извлекаются, проверяются и ремонтируются поочередно таким образом, чтобы в работе находился хотя бы один главный заземлитель. Рекомендуется при извлеченном главном заземлителе замерить сопротивление заземления и убедиться, что оно не менее 2 Ом. В противном случае главный заземлитель должен быть опять введен в действие, а после этого и дополнительный, а затем нужно приступить к запланированному извлечению, осмотру и ремонту указанного главного заземлителя.

Проверяющие должны иметь новые заземлители, которые при необходимости могут быть использованы в качестве дополнительного и для замены изношенного рабочего заземлителя.

7.3. УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ И ЗАЩИТЫ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ТОКОМ

Для сетей с изолированной нейтралью на практике получили применение устройства, контролирующие сопротивление изоляции фаз сети относительно земли посредством наложения постоянного контрольного (оперативного) тока (рис. 65). На таком принципе построены выпускаемые промышленностью аппараты защиты от утечек тока (реле утечки тока)

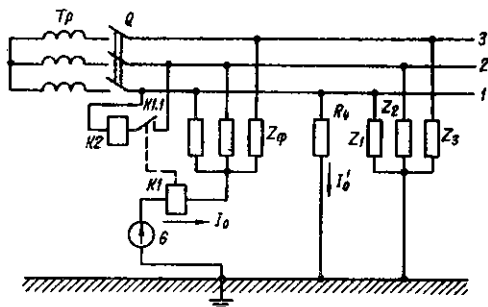


Рис. 65. Схема, поясняющая принцип контроля изоляции и защитного отключения и использующая источник оперативного тока.

для шахтных электрических сетей напряжением 127, 220, 380, 660 и 1140 В, необходимость применения которых предписывается Правилами безопасности.

По Правилам безопасности общее время отключения поврежденной сети напряжением 380 и 660 В не должно превышать 0,2 с, а напряжением 1140 В — 0,12 с, другие параметры аппаратов защиты от утечек тока на землю для сетей напряжением до 1200 В регламентируются ГОСТ 22929—78 (СТ СЭВ 2309—80).

Номенклатура аппаратов общесетевой защиты, выпускаемых серийно для угольных шахт, приведена в табл. 28.

Кроме того, в пусковых агрегатах, являющихся источником питания ручных электросверл и осветительных установок, применяется собственный блок защиты, встраиваемый в оболочку агрегата и имеющий параметры, аналогичные аппарату РУ-127/220.

28. Номенклатура аппаратов общесетевой защиты, применяемых

Параметр	Тип аппаратов общесетевой защиты и		
	РУ-127/220 (ПМВИ)	РУ-380 (АФВ)	РУ-1140 (АЗ/00)
Напряжение защищенной сети, В	127/220	380	1140
Емкость сети, мкФ	0,5	3,0	3,0
Сопротивление срабатывания, кОм, на фазу:			
однофазной утечки	5,8	20	50
трехфазной утечки	3,3/10	10	60
Собственное время срабатывания при сопротивлении однофазной утечки 1 кОм (не более), с	0,1	0,1	0,07
Габаритные размеры, мм	340×370× ×280	390×370× ×280	275×295× ×355
Масса, кг	25	40	25

Аппараты РУ-127/220, РУ-380 и АЗУР1 имеют взрывозащищенное исполнение, соответствующее уровню РВ, аппараты РУ-1140, АЗУР2 и АЗУР3 выполнены в виде блоков, встраиваемых в передвижные подстанции [4; 8].

Согласно Правилам безопасности защитное отключение сети напряжением до 1140 В должно осуществляться одним аппаратом защиты реле утечки тока в комплексе с коммутационным аппаратом на всю электрически

связанную сеть (подключенную к одному или группе параллельно работающих трансформаторов). При срабатывании реле утечки тока должна отключаться вся сеть, подключенная к указанным трансформаторам, за исключением отрезка кабеля длиной не более 10 м, соединяющего трансформатор с общесетевым аппаратом (автоматическим выключателем).

В одну сеть включить несколько реле утечки нельзя из-за взаимного влияния друг на друга и возможного нарушения работоспособности защиты.

Принцип действия аппаратов защиты заключается в следующем (рис. 65). К трехфазной сети через обмотку реле $K1$ и трехфазный присоединительный фильтр сопротивлением Z_{ϕ} присоединяется один из зажимов аппарата, источник G которого дает контрольный (оперативный) ток. Второй зажим аппарата, идущий от этого источника, соединяется с землей. Замыкающий контакт $K1.1$ реле $K1$ включается в цепь отключающей катушки $K2$ общесетевого автоматического выключателя Q . Таким образом, между всеми фазами сети и землей имеется оперативное напряжение. Присоединительный фильтр, кроме обеспечения подачи напряжения от оперативного источника G на три фазы, осуществляет ограничение переменного тока сети, который может протекать по контрольной цепи на землю.

Принцип контроля сопротивления изоляции, примененный в схеме реле утечки аппарата РУ-127/220 с самоконтролем элементов схемы (рис. 66, а), заключается в том, что источник оперативного тока (выпрямитель V) через токоограничительные резисторы $R_{\text{в}}$ включен между тремя фазами сети и землей параллельно сопротивлению изоляции сети и измерительному реле K , присоединенному между нулевой точкой резисторов R_{ϕ} и добавочным заземлением D_3 . Оперативный ток, протекающий в цепи обмотки реле K , тем выше, чем больше сопротивление изоляции. При высоком сопротивлении изоляции сети реле K удерживает свой якорь, при снижении сопротивления увеличивается часть оперативного тока, ответвляющаяся по цепи утечки, а ток в цепи реле уменьшается и при сопротивлении изоляции, равном уставке отключающего сопротивления, становится равным току возврата реле, и последнее отпускает свой якорь. Затем реле K своими контактами воздействует на цепь управления магнитного пускателя и вызывает отключение сети.

на угольных шахтах

коммутиционного (пускателя, автоматического выключателя)		
АЗУР1 (АЗ700)	АЗУР2 (АФВ)	АЗУР3 (АФВ)
380/660 3,0	380 3,0	660 3,0
12/20 10/30	10 20	10 30
0,1 385×275× ×250 17	0,1 400×275× ×250 18	0,1 620×480× ×440 70

Принцип самоконтроля исправности элементов схемы реле утечки заключается в том, что оно реагирует не на увеличение, а на снижение тока в реле K , поэтому повреждение схемы реле утечки, приводящее к уменьшению или к полному исчезновению тока в реле K , вызывает соответственно увеличение уставки реле утечки или отключение сети.

Для создания в обмотке измерительного реле $K1$ (рис. 66, б) тока, достаточного для притягивания его якоря, в схеме реле утечки применена кнопка $S2$ *Ввод*, при нажатии которой происходит шунтирование ограничительных резисторов $R11$, $R11$ и увеличение тока в обмотке реле $K1$. Последнее при этом замыкает свои контакты в цепи управления пускателем. При отсутствии утечек в сети оперативный ток протекает по цепи:

ограничительные резисторы $R4-R9$ — диоды $V1-V3$ — резисторы $R10$ и $R11$ — зажим в — добавочное заземление D_3 — конденсатор C — реле $K1$ — резистор $R15$ — резисторы $R12-R14$. При снижении сопротивления изоляции цепи ниже критического значения реле $K1$ отпускает свой якорь, размыкает контакты, воздействуя на цепь управления магнитного пускателя.

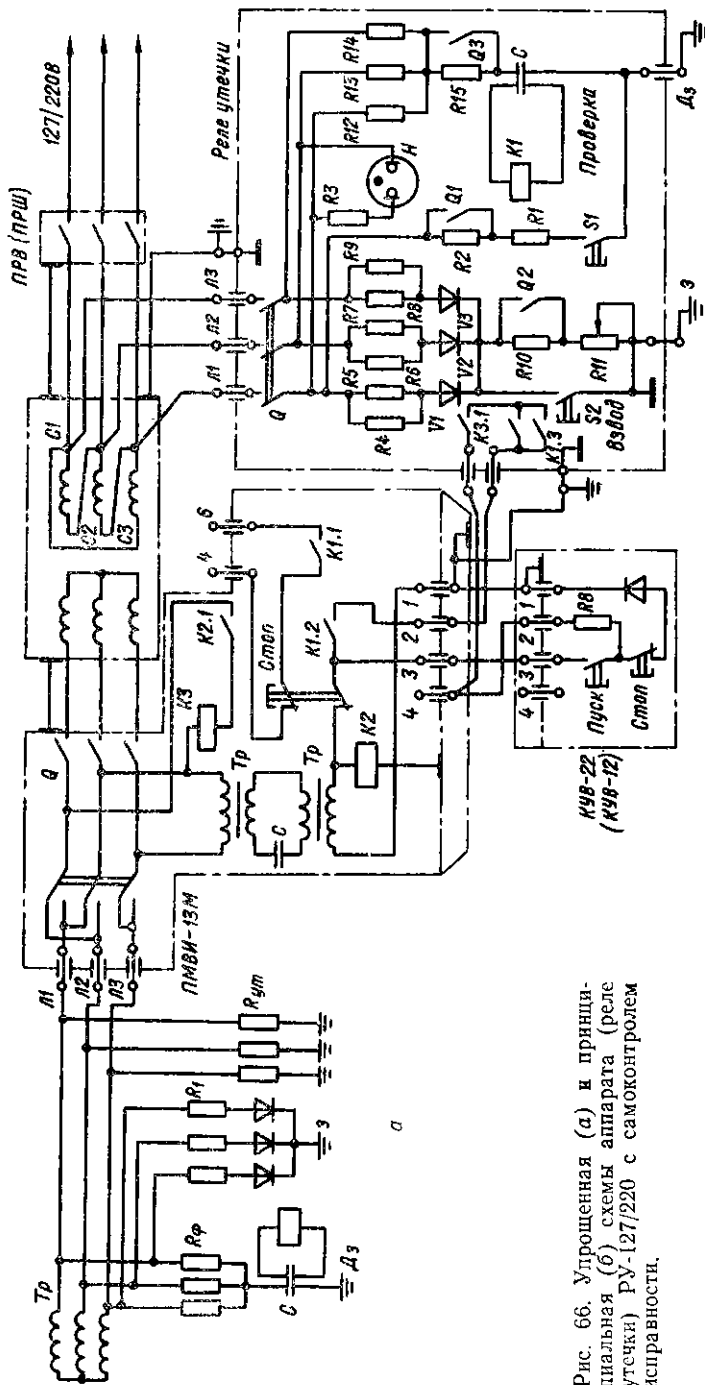


Рис. 66. Упрощенная (а) и принципиальная (б) схемы аппарата (реле утесчки) РУ-127/220 с самоконтролем исправности.

Для проверки исправности реле утечки необходимо нажать кнопку *S1* Проверка, чем создается однофазная утечка через резистор *R1* при напряжении сети 127 В или резисторы *R1* и *R2* при напряжении 220 В. При включении реле утечки в сеть напряжением 127 В резисторы *R2*, *R10* и *R15* шунтируются.

Для ввода в работу реле утечки аппарата РУ-127/220 необходимо повернуть рукоятку блокировочного выключателя в положение *Включено* и застопорить ее блокировочным винтом. При этом ручной пускатель ПРВ (ПРШ) должен быть отключен. Нажатием кнопки *Пуск* кнопочного поста КУВ-22 (КУВ-12) включают магнитный пускатель ПМВИ-13М. Если после отпущения кнопки *Пуск* пускатель сразу же отключается, это значит, что измерительное реле *K1* не притянуло свой якорь и не замкнуло контакт *K1.2* в цепи управления пускателем. В таком случае надо повторить операцию включения пускателя с помощью кнопки *Пуск*, но одновременно следует нажать кнопку *Взвод* на крышке аппарата. В связи с этим кнопочный пост КУВ-22 должен устанавливаться в непосредственной близости от реле утечки.

После включения пускателя ПМВИ-13М реле утечки оказывается под напряжением сети 127 В (220 В) и можно включить ручной пускатель ПРВ (ПРШ).

Упрощенная схема аппарата (реле утечки) РУ-380 с самоконтролем на напряжение сети 380 В приведена на рис. 67, а. Реле утечки состоит из трехфазного трансформатора *Tr*, источника оперативного тока, собранного из диодов *V8--V10*, ограничительных резисторов *R12*, *R13*, *R17*, источника вспомогательного тока, состоящего из диодов *V2*, *V6*, *V7*, двухобмоточного реле *K1*, стабилитрона *V4*, сглаживающих конденсаторов *C1* и *C4*.

Источник оперативного тока подсоединен между землей и фазами сети с помощью трансформатора *Tr*, а также к цепи контроля изоляции, состоящей из стабилитрона *V4*, обмотки 1, 2 двухобмоточного реле *K1* и фильтра присоединения (первичные обмотки трансформатора *Tr*). Сопротивление утечки $R_{ут}$ оказывается подключенным параллельно цепи контроля изоляции, поэтому ток в обмотке 1, 2 реле *K1* достигает наибольшего значения при высоком сопротивлении изоляции. Обмотки 3, 4 двухобмоточного реле *K1* подключены к вспомогательному источнику тока.

Обмотки реле утечки включены таким образом, что их магнитные потоки направлены встречно, причем магнитный поток вспомогательной обмотки больше, чем магнитный поток основной обмотки, но разность магнитных потоков недостаточна для притягивания якоря реле. При снижении сопротивления изоляции сети вследствие его шунтирующего действия ток в основной обмотке уменьшается и при сопротивлении изоляции (или утечки), равном сопротивлению срабатывания, результирующий магнитный поток становится достаточным для срабатывания реле. При этом оно своим контактом воздействует на цепь отключающей катушки коммутационного аппарата (фидерного автомата), который отключает сеть с поврежденной изоляцией.

Ввиду того что реле утечки реагирует на разность магнитных потоков основной и вспомогательной обмоток, любое повреждение схемы реле утечки, приводящее к уменьшению или к полному исчезновению тока в одной из обмоток, вызывает либо увеличение сопротивления срабатывания, либо отключение сети. В этом заключается принцип самоконтроля исправности элементов схемы реле утечки.

Принципиальная схема реле утечки РУ-380 представлена на рис. 67, б. Эта схема отличается от упрощенной наличием дополнительных элементов, не оказывающих влияния на принцип действия. Источником переменного тока в схеме служит трансформатор *Tr*, который одновременно является фильтром присоединения исполнительного реле *K1* и компенсирующего дросселя *L*. Резисторы *R12*, *R13*, *R17* являются ограничивающими в цепи источника оперативного тока, представленного выпрямителями *V8 — V10*, а резисторы *R3*, *R5* — в цепи вспомогательного источника тока. Резистор *R7* служит для настройки реле утечки (на заводе) на соответствующие сопротивление срабатывания.

Стабилитрон *V4* включен в цепь обмотки 1, 2, двухобмоточного реле *K1* как нелинейный элемент с целью уменьшения влияния изменения напря-

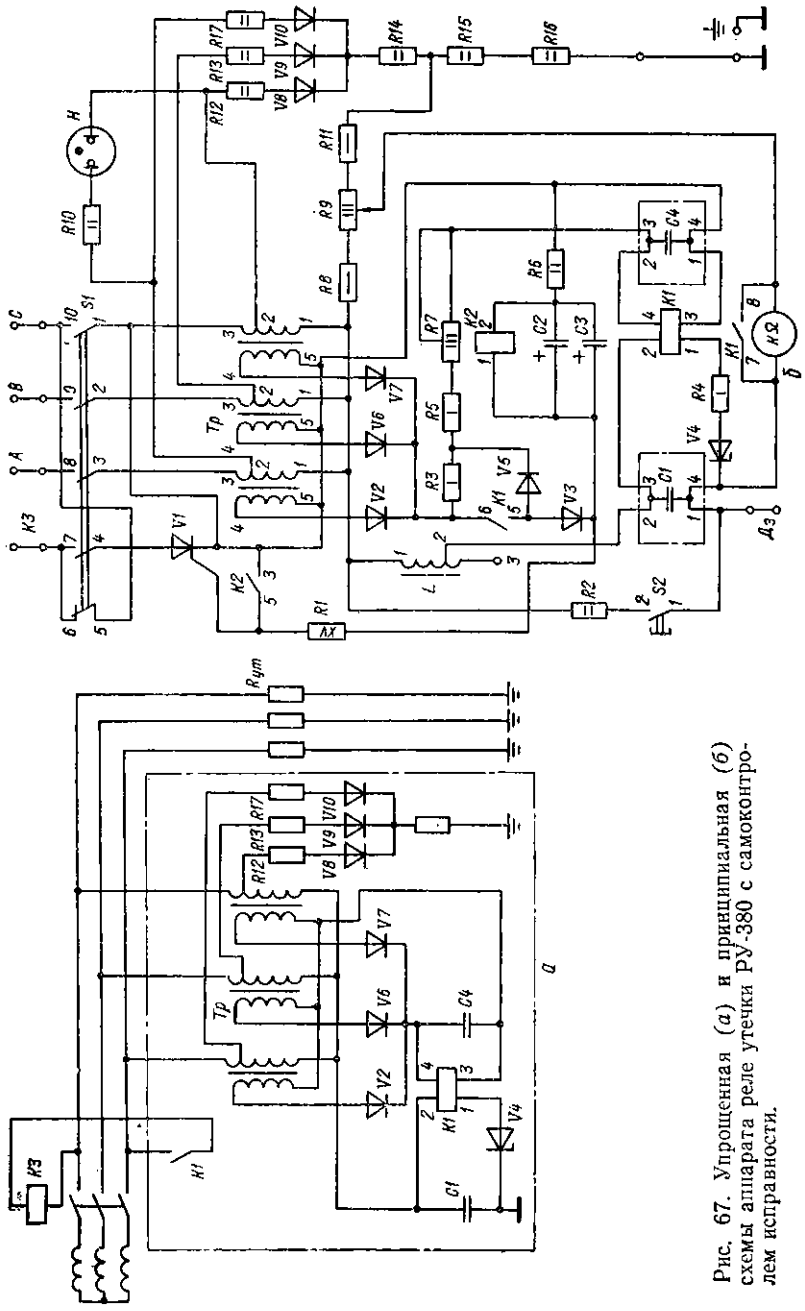


Рис. 67. Упрощенная (а) и принципиальная (б) схемы аппарата реле утки RU-380 с самоконтролем исправности.

жения сети на сопротивление 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.

Тиристор *VI* включен в цепь питания отключающей катушки фидерного автомата, благодаря чему предотвращаются перегрев катушки и к.з. в выходной цепи реле утечки при отказе механизма свободного расцепления автоматического выключателя. Цепь управления тиристора коммутируется контактами *5*, *6* исполнительного реле *K1*. При возникновении опасной утечки тока на землю исполнительное реле *K1* замыкает свой контакт, воздействуя на цепь управления тиристора и одновременно замыкая цепь питания реле *K2*. При этом тиристор открывается и обеспечивает питание отключающей катушки на короткий промежуток времени, до момента шунтирования его входа контактом реле *K2*, после чего тиристор закрывается и обесточивает отключающую катушку фидерного автомата.

Для компенсации емкостной составляющей токов утечки в схеме реле утечки применен компенсирующий дроссель *L*, присоединенный между землей и сетью с помощью фильтра присоединения *Tr*. Это способствует значительному уменьшению токов, протекающих через человека, прикоснувшегося к сети. Дроссель *L* имеет промежуточную отпайку от обмотки, позволяющую изменять его индуктивное сопротивление. Это дает возможность настраивать компенсатор на два значения максимальной емкости сети: 0,5 мкФ на фазу, что соответствует положению 3 дросселя на панели переключений реле утечки и длине кабельной сети до 1,5 км; 1 мкФ на фазу, что соответствует положению 2 дросселя на панели переключений реле утечки и длине кабельной сети до 3 км.

Магнитопровод дросселя выполнен с воздушным зазором, величина которого устанавливается на заводе-изготовителе и в условиях эксплуатации не регулируется.

Для возможности отключения реле утечки от сети применен выключатель *S1*, для осуществления проверки исправности реле утечки—кнопка проверки *S2*, с помощью которой создается искусственная утечка через проверочный резистор *R2*. Для сигнализации о наличии поданного на реле утечки напряжения сети, а также для подсветки шкалы килоомметра применена неоновая лампа *H*, подключенная между двумя фазами через ограничительный резистор *R10*.

Реле утечки РУ-380 работает совместно с фидерным автоматическим выключателем АФВ. Через один кабельный ввод реле утечки соединяется с АФВ гибким кабелем ГРШЭ 3 × 4 + 2,5. Три жилы кабеля соединяют силовые зажимы выводной коробки АФВ с линейными зажимами *A*, *B*, *C* реле утечки, четвертая жила соединяет зажим *K3* АФВ с зажимом реле утечки. Пятая жила является заземляющей, а шестая остается свободной или подключается параллельно. Второй кабельный ввод предназначен для кабеля, соединяющего зажим *D₃* с дополнительным заземлением, применение в этом случае голого или изолированного провода вместо кабеля недопустимо. Дополнительный заземлитель располагается на расстоянии не менее 5 м от ближайшего местного заземлителя какого-либо аппарата и выполняется согласно Правилам безопасности. Кроме того, реле утечки при помощи наружного болта заземления присоединяется к общему контуру заземления. Запрещается присоединять корпус реле утечки к дополнительному заземлению.

Аппараты РУ-127/220 и РУ-380 выполнены во взрывобезопасном цилиндрическом корпусе с защитой от проникновения пыли и влаги. Аппарат РУ-1140 имеет два блока: блок защитного отключения, представляющий собой собственно реле утечки с элементами контроля изоляции и защитного отключения, и блок компенсации емкостных токов утечки и шунтирования поврежденной фазы. Последнее необходимо для снижения кратковременных токов утечки.

Блок защитного отключения БЗО-1140 состоит из источника питания, усилителя постоянного тока, измерительной цепи и источника напряжения нулевой последовательности (рис. 68). Источник питания представлен трехфазным трансформатором *Tr* и двумя стабилизированными выпрямителями.

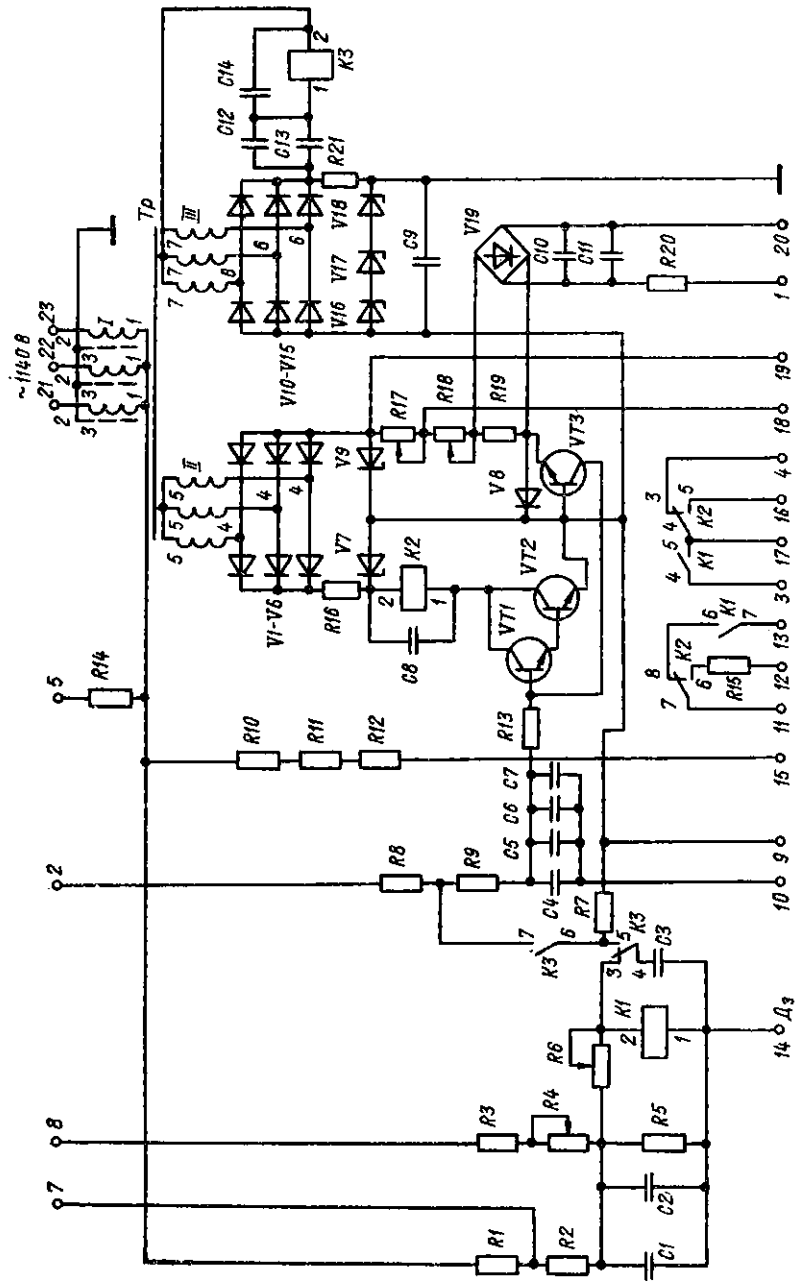


Рис. 68. Принципиальная электрическая схема блока БЗО-1140.

Один из стабилизированных выпрямителей подключен к обмотке II трансформатора Tr и состоит из выпрямительного моста $V1-V6$, балластного резистора $R16$ и стабилитронов $V7, V9$. Этот выпрямитель служит для питания усилителя постоянного тока, собранного на транзисторах $VT1-VT3$ и нагруженного обмоткой реле $K2$. Другой стабилизированный выпрямитель подключен к обмотке III трансформатора Tr и состоит из выпрямительного моста $V10-V15$, балластного резистора $R21$ и стабилитронов $V16-V18$. Данный выпрямитель служит источником оперативного напряжения, подключенного к измерительной цепи: обмотка реле $K1$ —резистор $R6$ и параллельно подключенные резистор $R5$ и конденсаторы $C1$ и $C2$ —резисторы $R2$ и $R1$ —первичная обмотка трансформатора Tr блока БЗО-1140—первичные обмотки трансформатора Tr и дросселя блока БКЗ-1140—резисторы $R8, R9, R13$ —эмиттер-базовый переход транзисторного усилителя $VT1, VT2$. К зажимам 7, 8 параллельно резистору $R2$ включен килоомметр с последовательно включенными в его цепь резисторами $R3$ и $R4$. Обмотки трансформатора Tr блока БЗО-1140 подсоединяются к фазам сети на вводе АФВ.

Между нулевой точкой источника оперативного напряжения и выпрямительным мостом (через конденсаторы $C12$ и $C13$) включена обмотка реле $K3$. Исполнительными элементами блока являются реле $K1$ (резервная защита) и реле $K2$ (основная защита). Измерительная цепь обеспечивает подключение обмотки реле $K1$ параллельно контролируемому сопротивлению утечки, а входа усилителя $VT1-VT3$ постоянного тока—последовательно.

Транзистор $VT3$ включен по схеме с общей базой и питается от источника питания, стабилизированного стабилитроном $V9$. Питание двоярного транзистора $VT1, VT2$ осуществляется от источника питания, стабилизированного стабилитроном $V7$. Эмиттер-базовый переход двоярного транзистора зашунтирован база-коллекторным переходом транзистора $VT3$.

Источник напряжения нулевой последовательности состоит из обмотки II компенсирующего дросселя Dr блока БКЗ-1140 (рис. 69), подсоединяемой к зажимам 1, 20, и выпрямителя $V19$ (рис. 68). Выход выпрямителя подключен к резистору $R19$ и цепи эмиттер-базового перехода транзистора $VT3$. После подачи напряжения на блок БКЗ-1140 конденсаторы $C12$ и $C13$ заряжаются. Зарядный ток конденсаторов протекает через обмотку реле $K3$ и оно включается, замыкая свой контакт в цепи конденсатора $C3$. Другим контактом реле $K3$ шунтирует вход усилителя, собранного на транзисторах $VT1, VT2$. Конденсатор $C3$ заряжается от источника оперативного напряжения через резистор $R7$.

Через промежуток времени, необходимый для заряда конденсатора $C3$, реле $K3$ отключится, так как после заряда конденсаторов $C12$ и $C13$ ток обтекать обмотку реле не будет. Затем по обмотке реле $K1$ пройдет разрядный ток конденсатора $C3$, в результате чего реле включится, а после разряда конденсатора $C3$ реле $K1$ останется во включенном состоянии благодаря оперативному току, протекающему по измерительной цепи. Реле $K1$ замкнет свои контакты в цепи нулевого расцепителя высоковольтной ячейки и нулевого расцепителя АФВ, чем обеспечится возможность включения последнего.

После срабатывания реле $K1$ контроль сопротивления изоляции осуществляется следующим образом. Через эмиттер-базовый переход транзистора $VT3$ протекает стабилизированный ток, а через его база-коллекторный—частично оперативный ток, меньший эмиттер-базового. При снижении сопротивления утечки контролируемой сети общее сопротивление, по которому протекает оперативный ток, уменьшается. В результате этого оперативный ток, протекающий через эмиттер-базовые переходы транзисторов $VT1, VT2$ и база-коллекторный транзистора $VT3$, увеличивается. Одновременно за счет разветвления цепи оперативного тока через сопротивление утечки и обмотку реле ток, протекающий через $K1$, уменьшается.

Если сопротивление изоляции будет меньше сопротивления срабатывания, то часть оперативного тока, протекающего через база-коллекторный переход транзистора $VT3$, станет больше тока, протекающего через его эмиттер-базовый переход, в результате чего откроется двоярный транзи-

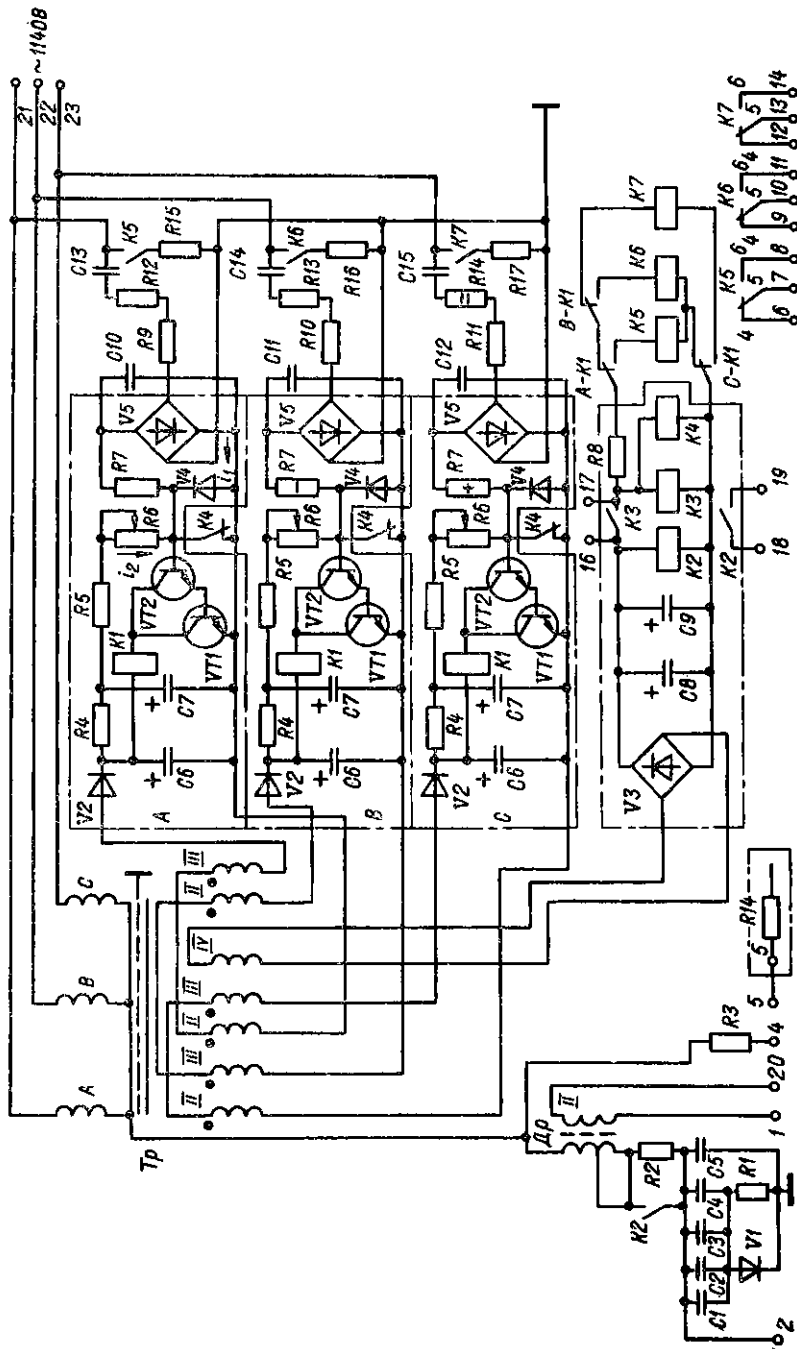


Рис. 69. Принципиальная электрическая схема блока BK3-1140.

стор, срабатывает реле $K2$ и своими контактами разомкнет цепь питания нулевого расцепителя АФВ. Последний отключит поврежденную сеть. Одновременно замыкается контакт реле $K2$ в цепи питания исполнительных реле блока БКЗ-1140 (рис. 69).

При случайном прикосновении человека к фазе или при возникновении однофазной утечки источник напряжения нулевой последовательности, включенный встречно опорному напряжению в цепь эмиттер-базового перехода транзистора $VT3$, резко уменьшит ток в этой цепи, чем приведет к срабатыванию реле $K2$.

Сопротивление срабатывания реле $K1$ выбрано меньшим сопротивления срабатывания реле $K2$, а время срабатывания $K1$ принято больше суммарного

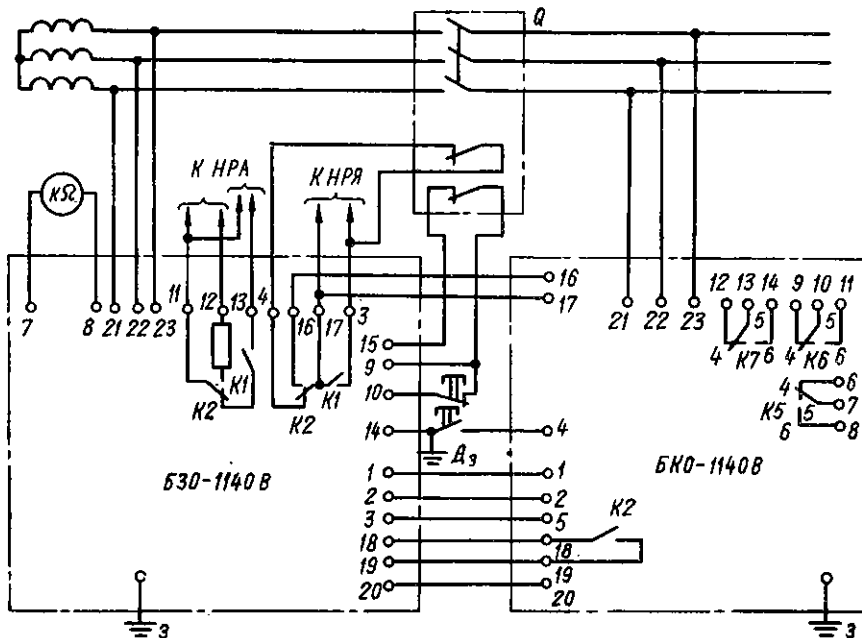


Рис. 70. Схема внешних соединений блоков БЗ0-1140 и БК3-1140.

времени отключения $K2$ и автоматического выключателя. При возникновении утечки на землю на участке после силовых контактов автоматического выключателя последний отключается и отключит поврежденный участок сети. В результате возрастет сопротивление неотключенной части, и реле $K1$ останется включенным. После срабатывания автоматического выключателя цепь реле $K1$ получит питание от источника оперативного тока через замыкающий блок-контакт автоматического выключателя и резисторы $R10—R12$.

Реле $K1$ выполняет роль резервной защиты и отключается, разрывая своим контактом цепь питания нулевого расцепителя автоматического выключателя HPA и цепь питания нулевого расцепителя высоковольтной ячейки $HРЯ$ при отказе автоматического выключателя (рис. 70), реле $K2$ и возникновении опасной утечки на неотключаемом автоматическом выключателем участке сети. Регулировка сопротивления срабатывания реле $K1$ (рис. 69, 70) производится переменным резистором $R6$, а реле $K2$ — резистором $R18$ (в режиме реле утечки) и резистором $R17$ (в режиме блокировочного реле утечки). Изменение сопротивления срабатывания блока БЗ0-1140 при работе его в режиме блокировочного реле осуществляется с помощью контакта реле $K2$, расположенного в блоке БК3-1140.

Спротивление изоляции измеряется килоомметром. Проверка исправности выполняется при помощи кнопки, размыкающий контакт которой (зажимы 9 и 10) помещен в цепи конденсаторов $C4-C7$ (рис. 68) для ускорения срабатывания реле $K2$ при проверке основной защиты. Резистор $R14$ (рис. 69) служит для проверки исправности резервной защиты блока БЗО-1140. При проверке необходимо на блоке БЗО-1140 провод из-под зажима 4 установить под зажим 5. Конденсаторы $C4-C7$ (рис. 68) установлены для снижения вероятности ложных срабатываний блока при коммутационных процессах в сети.

Блок БКЗ-1140 компенсации емкостных токов утечки и шунтирования поврежденной фазы содержит трехфазный трансформатор Tr , дроссель Dr , высоковольтный блок, панель конденсаторов, три измерительных и один промежуточный блоки (рис. 69). Измерительный блок выполнен на печатной плате. Он содержит диоды $V2, V4$, выпрямительный мост $V5$, транзисторы $VT1$ и $VT2$, реле $K1$, резисторы $R4-R7$, конденсаторы $C6$ и $C7$. Промежуточный блок также размещен на печатной плате и включает в себя выпрямительный мост $V3$, конденсаторы $C8$ и $C9$, реле $K2-K4$ и резистор $R8$. В состав высоковольтного блока входят реле $K5-K7$, резисторы $R9-R17$ и конденсаторы $C1-C15$.

Напряжения обмоток II и III присоединительного трансформатора Tr пропорциональны линейному напряжению сети и питают три независимые идентичные цепи, измеряющие напряжения в каждой из фаз относительно земли. Напряжение, снимаемое с обмотки IV, выпрямляется мостом $V3$, сглаживается конденсаторами $C8$ и $C9$ и питает реле $K2-K7$.

При появлении утечки блок БЗО-1140 отключает сеть с помощью автоматического выключателя и одновременно включает замыкающим контактом исполнительного реле основной защиты цепи питания реле $K3$ и $K4$ блока БКЗ-1140. Реле включаются и размыкают шунтирующие цепи сравнивающих диодов $V4$. Одновременно реле $K3$ и $K4$ самоблокируются, а схемы исполнительных реле $K4-K7$ подготавливаются к работе.

Диод $V4$ является элементом, сравнивающим опорный ток i_2 с измерительным i_1 . Для фазы A ток i_1 , пропорциональный фазному напряжению, протекает через конденсатор $C13$, резисторы $R12$ и $R7$, выпрямляется мостом $V5$, сглаживается конденсатором $C10$, проходит через диод $V4$, резистор $R7$ и далее через мост $V5$ на землю. Опорный ток i_2 обусловлен напряжением, выпрямленным диодом $V2$ и сглаженным фильтром $R4, C6, C7$. Протекает ток i_2 через резисторы $R5, R6$ и направлен встречно току i_1 .

Схему настраивают таким образом, чтобы в исходном состоянии (при отсутствии утечки) ток i_2 был меньше тока i_1 . При этом диод $V4$ будет открыт и шунтирует эмиттер-базовый переход транзисторов $VT1, VT2$, так как проводящее направление диода $V4$ обратно проводящему направлению этого перехода. При возникновении однофазной утечки напряжение между поврежденной фазой и землей снижается до величины, зависящей от соотношения емкости сети и сопротивления утечки. Как только ток i_1 становится меньше опорного тока i_2 , диод $V4$ запирается, и через эмиттер-базовый переход двоярного транзистора $VT1, VT2$ протекает ток, равный разности токов i_2 и i_1 . Этот ток открывает транзисторы, включает реле $K1$ в фазах A, B, C в зависимости от того, в какой фазе возникла утечка. Реле $K1$ своим контактом замыкает цепь одного из исполнительных реле $K5, K6$ или $K7$. Последнее своим контактом включает между поврежденной фазой сети и землей соответствующий резистор $R15, R16$ или $R17$.

Таким образом, сопротивление цепи утечки шунтируется малым по величине сопротивлением, в итоге ток через утечку снижается до допустимого уровня. Шунтирование фазы на землю дополнительно снижает напряжение фазы и уменьшает ток i_1 , поэтому двоярный транзистор открывается до своего насыщения. Для предотвращения одновременного срабатывания исполнительных реле выполнена блокировка, позволяющая включиться только одному из реле $K5-K7$.

В блоке БКЗ-1140 размещен ряд элементов, функционально относящихся к блоку защитного отключения. Так, с помощью контакта реле $K2$ изменяется величина сопротивления срабатывания блока в режиме блокировочного

реле утечки. При подаче напряжения на блок БКЗ-1140 (после ввода автоматического выключателя) реле *K2* замыкающим контактом (клеммы *18, 19*) шунтирует резистор *R17* в цепи усилителя постоянного тока блока БЗО-1140. При отключенном автоматическом выключателе реле *K2* обесточено, замыкающий контакт разомкнут, сопротивление срабатывания блока БЗО-1140 увеличивается в 1,5 раза, и он переходит в режим работы блокировочного реле.

Обмотка I дросселя *Dr* служит для компенсации емкостных токов утечки. Последовательно с ней включен резистор *R2*, предназначенный для обеспечения искробезопасности оперативной цепи при работе в режиме блокировочного реле. При работе в режиме реле утечки этот резистор шунтируется замыкающим контактом реле *K2*.

В блоке БКЗ-1140 находится также резистор *R3*, с помощью которого производится проверка исправности основной защиты блока БЗО-1140. Кроме того, в блоке БКЗ-1140 размещены элементы, обеспечивающие устойчивость к ложным срабатываниям блока защитного отключения. К ним относятся: конденсаторы *C1—C4*, резистор *R1* и диод *V1*, которые сгруппированы, как показано на схеме, и включены параллельно разделительному конденсатору *C5*. Эти элементы защищают также оперативную цепь от воздействия импульсных помех, появившихся при коммутации ответвлений сети.

Техническая характеристика блока БКЗ-1140

Минимальная уставка сопротивления срабатывания, кОм	4
Время шунтирования поврежденной фазы на землю с момента проявления однофазной утечки при сопротивлении 1 кОм (не более), с	0,17
Собственное время срабатывания (не более), с	0,10
Габаритные размеры, мм	275 × 295 × 355
Масса, кг	25

Оба блока БЗО-1140 и БКЗ-1140 имеют защиту от внешних воздействий пыли и влаги, подключаются к схеме передвижной подстанции в соответствии со схемой внешних соединений, приведенной на рис. 70.

Аппараты защиты от утечек (универсальные рудничные) имеют три варианта исполнения. Аппарат АЗУР-1 конструктивно выполнен в виде блока, устанавливаемого в РУНН шахтной передвижной трансформаторной подстанции типа ТСВП, и может воздействовать на расцепитель нулевого напряжения, на независимый расцепитель, а также одновременно на оба расцепителя автоматического выключателя А-3100. Аппарат АЗУР-1 заменяет аппараты АЗПБ и АЗШ-1. В виде блока выполнен и аппарат АЗУР-2, устанавливается в РУНН шахтной передвижной трансформаторной подстанции типов ТКШВП и ТСШВП, может воздействовать на автоматический выключатель аналогично аппарату АЗУР-1 или на независимый расцепитель автоматического выключателя АВ (АВМ, АВМУ). Аппарат АЗУР-2 заменяет аппараты БЗП-1А и АЗШ-2. Аппарат АЗУР-3 имеет взрывобезопасную оболочку и может воздействовать на независимый расцепитель автоматического выключателя, заменяет аппараты АЗАК-380/660 и АЗШ-3.

Аппарат АЗУР-1 включает в себя 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 и исполнительного реле *K3.1* (рис. 71). Источник питания представлен трансформатором *Tr1* (обмотка *W2*), диодом *VD4*, конденсатором *C5*. Источник эталонного напряжения состоит из трансформатора *Tr1* (обмотка *W2*), диода *VD5*, конденсатора *C6*, формирователя прямоугольных импульсов, собранного на транзисторе *VT4*, управляемый вход которого связан с генератором повышенной частоты через резистор *R17* и диод *VD14*. Генератор повышенной частоты имеет колебательный контур: *Tr3, C13, R31, R33, R27, VD23, VD24, VT8*.

Формирование прямоугольных импульсов происходит в результате работы транзистора *VT8* в ключевом режиме, который осуществляется при подключении вторичной обмотки контура *TV3* к эмиттер-базовому переходу транзистора *VT8* указанного генератора. Тогда при открытом состоянии транзистора *VT8* транзистор *VT4* открывается током, протекающим 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

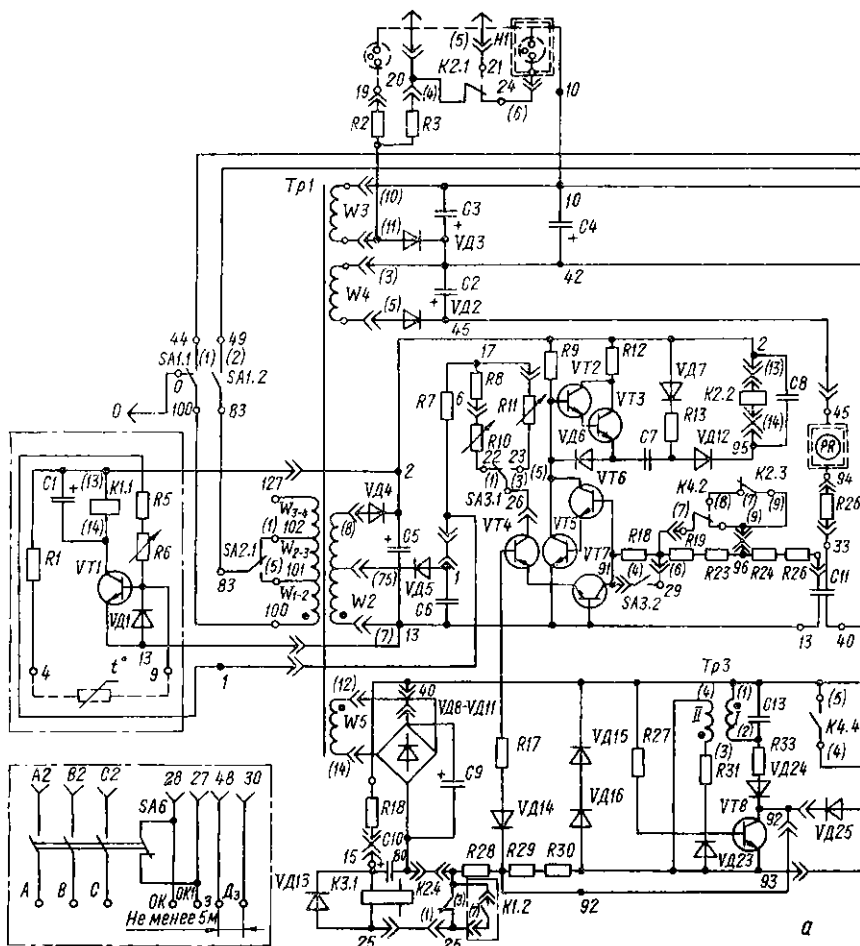
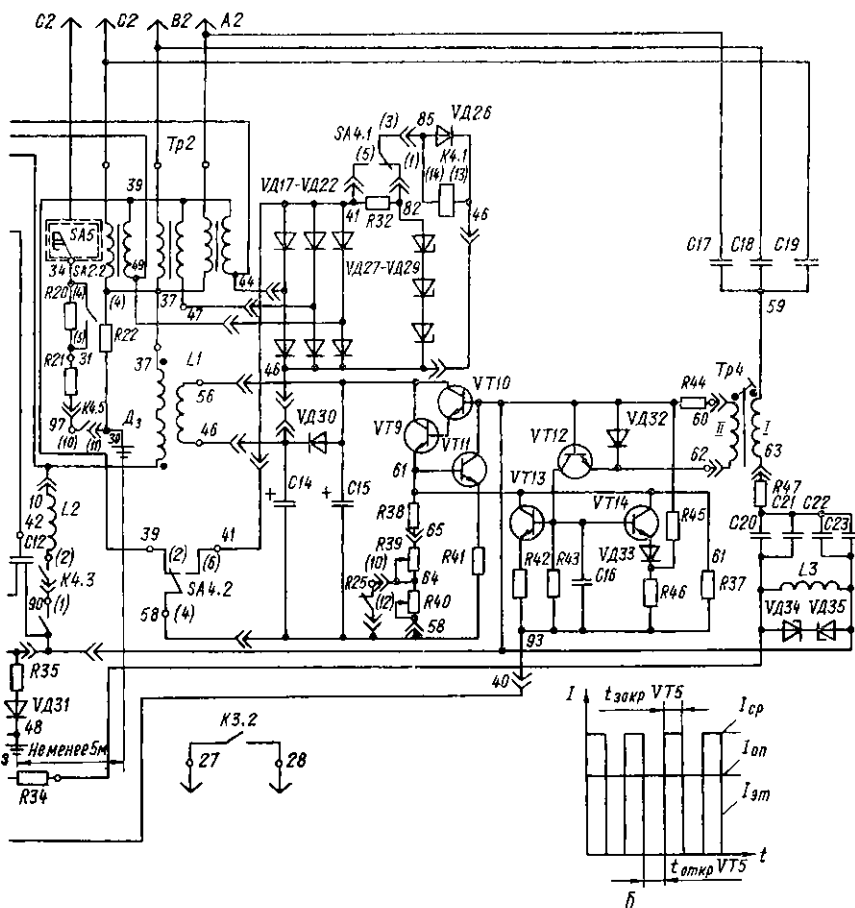


Рис. 71. Принципиальная электрическая схема

режиме с частотой переключения транзистора $VT8$ генератора повышенной частоты.

Источник оперативного напряжения состоит из трансформатора $Tr1$ (обмотки $W3$ и $W4$), диодов $VD2$ и $VD3$, конденсаторов $C2$, $C3$ и $C4$. Измерительная схема имеет элемент сравнения — транзистор $VT7$, усилитель — составной транзистор $VT5$, $VT6$, к выходу которого через конденсатор $C7$ подключено исполнительное реле $K2.2$. Источник оперативного напряжения представляет собой два источника (основной и дополнительный), соединенные последовательно. Основной источник включен в компенсирующую цепь

между нулевой точкой присоединительного дроссель-трансформатора $Tr2$ и разьединительным конденсатором $C12$, а дополнительный — к выходу RC -фильтра, состоящего из резисторов $R18, R19, R23 - R26$ и конденсатора $C11$. Источники эталонного и оперативного напряжений подключены встречно к элементу сравнения — транзистору $VT7$, стоящему на входе усилителя $VT5, VT6$. Источником питания исполнительного реле $K2.2$ является



аппарата защиты АЗУР (а) и график токов (б).

заряженный конденсатор $C7$, заряд которого осуществляется по цепи: конденсатор $C5$ — стабилитрон $VD7$ — резистор $R13$ — конденсатор $C7$ — диод $VD6$ — открытый коллектор-эмиттерный переход открытого составного транзистора $VT5, VT6$ — конденсатор $C5$.

Разряжается конденсатор $C7$ по цепи: конденсатор $C7$ — диод $VD12$ — обмотка реле $K2.2$ — резистор $R12$ — коллектор-эмиттерный переход составного транзистора $VT2, VT3$ — конденсатор $C7$.

Когда оперативный ток $I_{опер}$, пропорциональный проводимости изоляции сети, меньше амплитудного значения эталонного тока $I_{этал}$, через

переход база-эмиттер усилителя $VT5$, $VT6$ протекает импульсный ток, обусловленный разностью токов $I_{\text{этал}}$ и $I_{\text{опер}}$ (рис. 71). В связи с этим усилитель периодически открывается и закрывается, что определяет заряд и разряд конденсатора $C7$. Среднее значение разрядного тока конденсатора $C7$, протекающего через обмотку реле $K2.2$, обеспечивает срабатывание этого реле. При бесконечно большом сопротивлении изоляции контролируемой сети оперативный ток $I_{\text{опер}}$ протекает по цепи: конденсатор $C2$ — килоомметр PR — резисторы $R26$, $R25$, $R24$, $R23$, $R19$, $R18$ — параллельное соединение база-эмиттерных переходов $VT5$, $VT6$ и база-коллекторного перехода $VT7$ — замкнутый контакт $K4.4$ — земля — дополнительный заземлитель D_3 — резистор $R22$ — рабочая обмотка компенсирующего дросселя $L1$ — конденсаторы $C3$, $C4$.

При снижении сопротивления изоляции контролируемой сети ниже допустимого значения по условиям безопасности амплитудное значение тока $I_{\text{опер}}$, проходящего через база-коллекторный переход транзистора $VT7$, превысит амплитудное значение тока $I_{\text{этал}}$, проходящего через база-эмиттерный переход транзистора $VT7$. В итоге усилитель $VT5$, $VT6$ будет находиться только в открытом состоянии, поэтому разрядный ток конденсатора $C7$ уменьшится до нуля. В результате якорь реле $K2.2$ отпадает, и реле своими контактами $K2.4$ и $K2.1$ будет воздействовать на промежуточное реле $K3.1$ и на нулевой расцепитель автоматического выключателя $A-3700$, а реле $K3.1$ контактом $K3.2$ — на независимый расцепитель автоматического выключателя AB (ABM , $A-3700$), отключая сеть с поврежденной изоляцией.

Порог срабатывания усилителя на транзисторах $VT5$, $VT6$, а следовательно, и контролируемое сопротивление изоляции, регулируются резистором $R10$ при напряжении сети 660 В и резистором $R11$ при напряжении 380 В. Реле напряжения $K4.1$ присоединено через выпрямительный мост $VD17$ — $VD22$ к обмоткам трехфазного дросселя (трансформатора $Tr2$).

При работе аппарата в режиме БРУ контролируется состояние изоляции отключенной сети, реле напряжения $K4.1$ обесточено, так как отсутствует напряжение на клеммах $A2$, $B2$, $C2$. Работа аппарата в этом режиме аналогична работе в режиме реле утечки. При этом выключатель $SA1.1$ устанавливается в положение *Включено*, питание трансформатора $Tr1$ осуществляется не от $Tr2$, а от силовой сети напряжением 127 В. Аппарат АЗУР-3 не выполняет функцию БРУ в связи с тем, что для обеспечения искробезопасности выходных цепей в цепь разряда разделительного конденсатора вводится резистор $R35$ и диод $VD31$, а в оперативной цепи предусмотрено шунтирование резисторов $R19$, $R23$ для исключения снижения сопротивления срабатывания аппарата в указанном режиме. В остальном контроль сопротивления изоляции в режиме БРУ ничем не отличается от контроля сопротивления изоляции в режиме реле утечки.

При снижении сопротивления изоляции магистрального кабеля оперативный ток увеличивается и при достижении амплитудного значения импульсов эталонного тока оперативное реле $K2.2$ отпадает и не дает возможности включить автоматический выключатель подстанции, что не позволяет подать напряжение на магистральный кабель при низком сопротивлении его изоляции.

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 $Tr2$, компенсирующего дросселя $L1$, разделительного конденсатора $C12$ и электронной схемы настройки. Компенсирующий дроссель $L1$ представляет собой дроссель насыщения, который через присоединительный дроссель-трансформатор $Tr2$ и разделительный конденсатор $C12$ подключается параллельно емкости сети, образуя с последней параллельный колебательный контур.

Индуктивность компенсирующего дросселя LI регулируется изменением постоянного тока подмагничивания, протекающего по обмотке управления, а регулирование тока управления — электронной схемой настройки. Настраиваемый в резонанс параллельный колебательный контур обеспечивает снижение емкостной составляющей токов утечки. Электронная схема настройки состоит из блока измерения емкости сети и усилителя постоянного тока. Последний собран на транзисторах $VT9 - VT11$, в выходную цепь которого включена обмотка управления, зашунтированная диодом $VD30$.

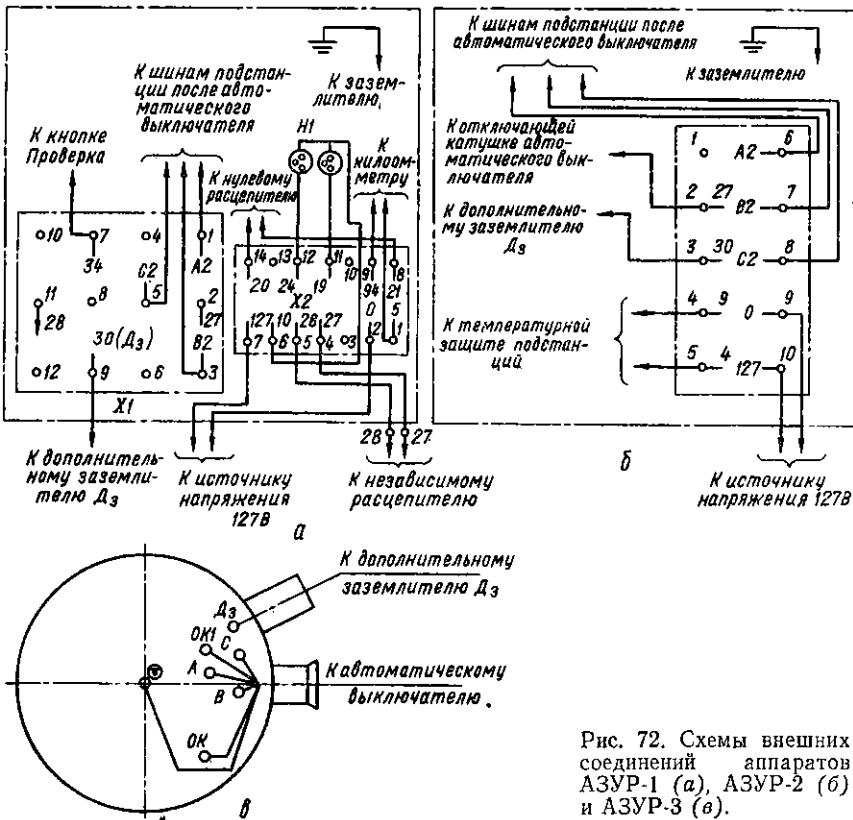


Рис. 72. Схемы внешних соединений аппаратов АЗУР-1 (а), АЗУР-2 (б) и АЗУР-3 (в).

Блок измерения емкости сети имеет генератор повышенной частоты (трансформатор $Tr4$), присоединительный фильтр $C17, C18, C19$, катушку индуктивности $L3$. Присоединительный фильтр подключен к выходу генератора повышенной частоты. Вторичная обмотка трансформатора $Tr4$ подключена к эмиттер-базовому переходу транзистора $VT12$. Ток, пропорциональный напряжению на контуре $Tr4$, 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 усилителя постоянного тока увеличивается в связи с уменьшением сопротивления в цепи источника генератора повышенной частоты, так как резисторы $R42, R46$ включа-

ются параллельно. Эмиттеры транзисторов *VT9*, *VT11* подключены к источнику питания через резисторы *R38*, *R41*, которые выполняют роль делителя тока и своим соотношением задают коэффициент усиления составного транзистора *VT7*, *VT10*. При изменении распределительной емкости сети меняется собственная частота колебательного контура, образованного соединительным фильтром *C17—C19*, *L3*, первичной обмоткой трансформатора *Tr4*. По мере приближения собственной частоты колебательного контура к частоте задающего генератора *VT8* напряжение на вторичной обмотке трансформатора *Tr4* возрастает. Это напряжение усиливается и подается на вход усилителя постоянного тока, на выходе которого включена обмотка управления компенсирующего дросселя *L1*.

Присоединение АЗУР-1 к схеме передвижной подстанции осуществляется согласно рис. 72, а.

Аппарат АЗУР-2 состоит из устройства контроля сопротивления изоляции, устройства автоматической компенсации емкостной составляющей тока утечки и блока тепловой защиты. Устройства контроля сопротивления изоляции и автоматической компенсации емкостной составляющей тока утечки аппарата АЗУР-2 аналогичны этим устройствам аппарата АЗУР-1. Блок тепловой защиты (рис. 71) имеет датчик нагрева (терморезистор *R1*), усилитель постоянного тока, задатчик порога срабатывания (резисторы *R5*, *R6*, диод *VД1*, реле *K1.1*), интегрирующий конденсатор *C1* и ограничитель тока через терморезистор *R1*. Порог срабатывания усилителя устанавливается переменным резистором *R6*.

При нагреве станции (в месте установки датчика) свыше установленной температуры возрастает ток, протекающий через терморезистор, транзистор *VT1* открывается, срабатывает реле *K1.1* и своим контактом *K1.2* подключает и источнику питания обмотку I исполнительного реле *K3.1*. Последнее своим контактом *K3.2* воздействует на отключающую катушку автоматического выключателя.

В случае работы аппарата АЗУР-2 с подстанцией, в которой встроены автоматические выключатели серий АВ, АВМ (АВМУ), необходимо установить перемычку между фазой сети А (контакт клеммной колодки 6) и проводом 2Б (контакт клеммой колодки 1). Присоединение аппарата АЗУР-2 к схеме передвижной подстанции осуществляется в соответствии со схемой, приведенной на рис. 72, б.

Аппарат АЗУР-3 выполнен во взрывобезопасной оболочке, может воздействовать на независимый расцепитель автоматического выключателя (рис. 72, в).

7.4. ПРОВЕРКА ИСПРАВНОСТИ АППАРАТА ЗАЩИТЫ ОТ УТЕЧЕК ТОКА

Аппаратура защиты от утечек тока считается исправной, если ее уставки сопротивления срабатывания и быстродействие находятся в норме. Для проверки сопротивления срабатывания реле утечки в шахтных условиях не требуется применения специальных приборов и изменения монтажа реле, поскольку предусмотренное в реле проверочное сопротивление выбирается по величине, близкой к минимально допустимой уставке сопротивления срабатывания.

Перед проверкой необходимо (по килоомметру реле утечки) убедиться в том, что сопротивление изоляции сети достаточно большое (не менее 50 кОм), или отключить сеть с помощью промежуточного выключателя. Поскольку в реле утечки на напряжение 127 и 220 В не предусматривается килоомметр, то для этих сетей отключение сети обязательно. При применении пусковых агрегатов, у которых сеть включается контакторами, достаточно убедиться, что последние отключены.

Затем, нажимая на проверочную кнопку реле утечки передвижной подстанции или пускового агрегата (в зависимости от того, в какой сети производится проверка сопротивления срабатывания), отключают сеть. Если отключение происходит четко, это значит, что сопротивление срабатывания реле

утечки не ниже требуемого. При ежемесячной проверке действия реле утечки обслуживающим персоналом или лицами надзора отключения сети перед проверкой не требуется. Более того, после отключения сети необходимо немедленно включить напряжение, чтобы избежать отключения пускателей ВМП, так как схемой аппаратуры контроля проветривания предусматривается удержание промежуточного реле пускателя во включенном положении до 60 с.

Результаты проверки заносятся в «Книгу регистрации состояния электрооборудования и заземления» или в «Книгу проверки аппаратуры защиты от утечек», туда же заносятся также значения сопротивления изоляции сети, измеренные перед проверкой сопротивления срабатывания.

При проверке времени срабатывания аппаратуры защиты от утечек необходимо измерительные схемы и приборы (ИВ-2, ИВ-3) подключить к сети, открыть оболочки электрооборудования и т. п. Меры безопасности при выполнении этих операций заключаются в следующем. Проверку нужно производить не менее чем двумя рабочими, имеющими удостоверение на право обслуживания, ремонта и монтажа электроустановок, по письменному наряду с указанием в нем мер безопасности. Если при измерениях нарушается взрывобезопасность электрооборудования или измерительные приборы вносят опасность взрыва, то в шахтах, опасных по газу или пыли, перед измерениями и в процессе всех операций по измерению времени должен быть установлен контроль за безопасной концентрацией метана в шахтной атмосфере.

Для измерения времени срабатывания от утечек тока (времени отключения сети и времени срабатывания отключающего аппарата) предназначен электросекундомер ИВ-2. Он имеет пластмассовый корпус с циферблатом, рукоятку для сброса показаний на нуль, переключатель и штепсельную розетку. Для возможности присоединения к цепям контролируемой аппаратуры секундомер снабжен жгутами специальных проводников с наконечниками типа «Крокодил» с одной стороны и штепсельной вилкой с другой. Жгут с надписью «АФВ и РУ» используется при измерении времени отключения сети, а с надписью «АФВ» — при измерении времени срабатывания отключающего аппарата.

Техническая характеристика электросекундомера ИВ-2

Напряжение сети, В	380; 660
Номинальная частота тока, Гц	50
Цена деления, с	0,01
Габаритные размеры, мм	160 × 105 × 70
Масса, кг	1,5

Секундомер выполнен на базе вибрационного механизма с поляризованным реле в качестве движущего элемента. Обмотка возбуждения (рис. 73, а) подсоединяется к трехфазной сети при измерении времени отключения сети через фильтр, образованный соединенными в звезду конденсаторами $C1-C3$, а при измерении времени срабатывания отключающего аппарата (рис. 73, б) — через конденсаторы $C1$ и $C2$, соединенные параллельно и используемые как элемент гашения напряжения. В сетях напряжением 660 В переключателем B подключается еще и гасящий резистор $R2$. Искусственная утечка тока на землю создается через резистор $R1$.

Для измерения времени отключения сети электросекундомер ИВ-2 устанавливают в оболочке любого отключающего аппарата данной сети и подсоединяют, как показано на рис. 73, а. Затем закрывают оболочку отключающего аппарата и включают его разъединитель Q . Убедившись, что все токоприемники отключены (токоприемники отключают для исключения влияния ЭДС вращающихся по инерции двигателей), нажатием на кнопку $S1$ создают утечку тока с фазы сети через резистор $R1$ на землю. Вследствие возникновения напряжения смещения нейтрали на обмотке W появляется напряжение и секундомер начинает отсчет времени. Утечка тока приводит к срабатыванию аппарата защиты (реле утечки), который своим контактом подключает отключающую катушку OK к сети, что приводит к срабатыванию отключающего аппарата и, как следствие, к обесточиванию сети и остановке секундомера.

После этого открывают отключающий аппарат и снимают показание секундомера, которое соответствует времени отключения сети защитой от утечек, т. е. суммарному времени срабатывания аппарата защиты от утечек и отключающего аппарата.

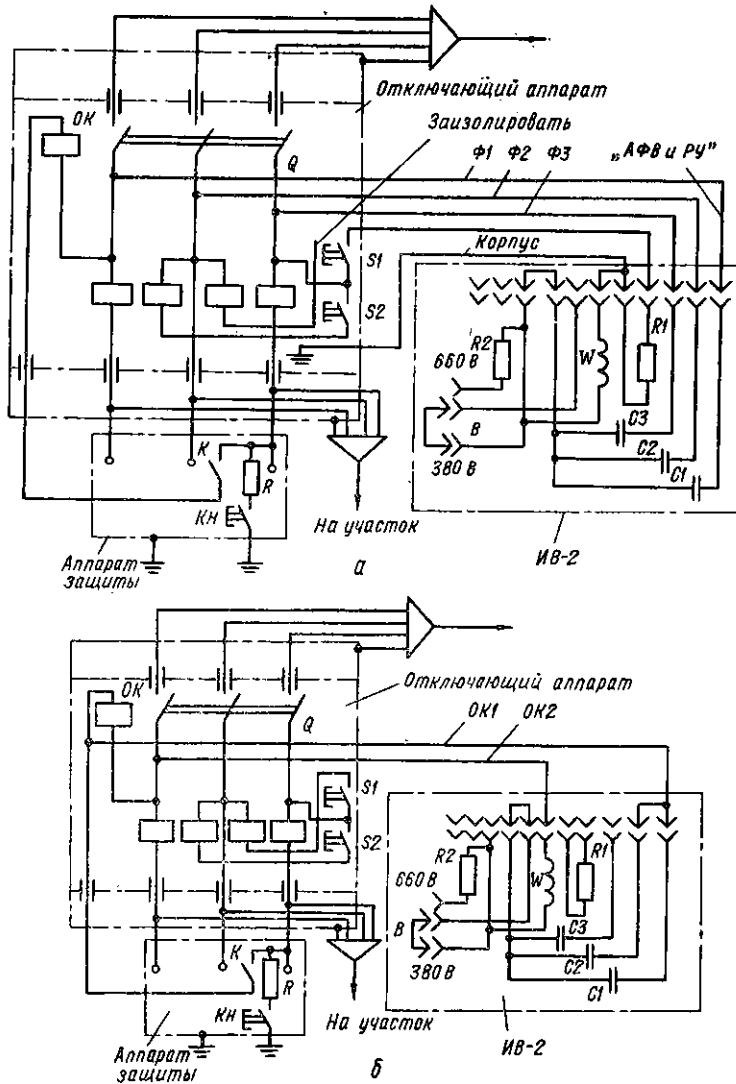


Рис. 73. Принципиальные электрические схемы измерения времени отключения сети (а) и времени срабатывания отключающего аппарата (б).

Для измерения времени срабатывания отключающего аппарата подключение производят в соответствии со схемой, приведенной на рис. 73, б. Секундомер устанавливают в оболочке контролируемого аппарата, закрывают оболочку, включают разъединитель Q и нажатием на кнопку КН аппарата защиты вызывают его срабатывание. При этом к сети подключаются

катушка OK и обмотка возбуждения W механизма секундомера. Обмотка W подключается через конденсаторы $C1$ и $C2$, а в сетях напряжением 660 В— и через резистор $R2$. Подключение к сети обмотки W приводит к запуску секундомера, а катушки OK — к срабатыванию отключающего аппарата и, как следствие, к обесточиванию сети и остановке секундомера. В результате показания секундомера соответствуют времени срабатывания отключающего аппарата.

При измерении времени отключения сети не следует пользоваться кнопкой $Kн$ аппарата защиты вместо кнопки $S1$ отключающего аппарата, так как кнопкой $Kн$ утечка создается не через резистор $R1$ (1 кОм), а через проверочный резистор. Сопротивление последнего значительно больше 1 кОм и близко к уставке сопротивления срабатывания аппарата защиты, что приводит к увеличению времени срабатывания этого аппарата и соответственно к ошибкам при измерениях.

Располагая двумя секундомерами и подключая один в соответствии со схемой, приведенной на рис. 73, а, а второй—со схемой рис. 73, б, можно одновременно измерить время отключения сети и время срабатывания отключающего аппарата. Утечки тока при этом создается нажатием на кнопку $Kн$ отключающего аппарата.

Индикатор времени ИВ-3 позволяет производить измерения аналогично секундомеру ИВ-2 не только в сетях напряжением 380 и 660, но и 1140 В.

В сетях ручных электросверл и осветительных сетях напряжением 127 и 220 В, а также в сетях зарядных устройств типа ЗУК (ЗУГ) аккумуляторных электровозов можно не контролировать время отключения сети защит от утечек, а достаточно лишь убедиться, что защита четко срабатывает при нажатии проверочной кнопки. Такое упрощение допустимо по следующим соображениям. В этих сетях максимально возможные кратковременные токи невелики и не превышают 55 мА, что объясняется сниженным напряжением сети, небольшой их емкостью (не более 0,2 мкФ на фазу), сниженным влиянием (бурильные сети) либо отсутствием (осветительные и зарядные сети) ЭДС двигателей.

При таких токах (не более 55 мА) время отключения сети может достигать 1 с. Однако проведенная проверка показала, что если реле утечки срабатывает четко, то время отключения сети не превышает этого значения. Более того, если реле не срабатывает за 0,5 с, то оно вообще не в состоянии работать. Поэтому для таких сетей достаточно проверить четкость отключения сети при нажатии на кнопку реле утечки (это будет свидетельствовать об исправности и требуемой эффективности защиты от утечки) и можно не контролировать время отключения сети защитой от утечек.

7.5. ОСНОВНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ АППАРАТУРЫ ЗАЩИТЫ ОТ УТЕЧЕК ТОКА И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Основные неисправности, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации аппаратуры (реле утечки типа АЗУР) защиты силовых сетей напряжением 380 и 660 В, их признаки, причины возникновения, методы контроля и устранения приведены в табл. 29.

Если при проверке аппарата защиты окажется, что причиной неисправности является выход из строя элементов схемы, то устранение этих неисправностей, как правило, должно производиться в мехмастерской. В шахте допускается производить устранение только тех неисправностей, которые не требуют выполнения специальных наладок, пайки, замены проводников заводского монтажа и т. п.

После устранения неисправностей необходимо проверить действие защиты от утечек с помощью кнопки *Проверка*, а также время срабатывания реле утечки, которое не должно быть более нормируемой величины. На время ремонта и проверки аппаратуры защиты в шахте, когда реле утечки или защита от утечек в целом выводятся из действия, должна быть отключена также и сеть. Любой ремонт аппаратуры защиты от утечек должен производиться специально назначенными квалифицированными рабочими.

29. Неисправности аппаратов защиты от утечек тока и методы их устранения

Неисправности и их признаки	Причины возникновения	Методы контроля и устранения неисправностей
<i>Реле утечки, воздействующие на АФВ (рис. 73)</i>		
Реле утечки не срабатывает при нажатии кнопки <i>Кн</i> ; а километр показывает сниженное сопротивление	1. Обрыв цепи катушки <i>ОК</i> . Неправильное подсоединение жил кабеля к зажимам в АФВ	1. Проверить целостность катушки <i>ОК</i> , поменять местами жилы кабеля на зажимах АФВ
При проверке кнопкой <i>Кн</i> реле не срабатывает и километр не фиксирует сниженное сопротивление	1. Обрыв цепи дополнительного заземлителя <i>Дз</i> или проверочного резистора	1. Проверить и устранить обрыв цепи <i>Дз</i> или местного заземлителя подстанции. В мехмастерской заменить проверочный резистор
Не загорается лампа подсветки шкалы километра	1. Отсутствие контакта между цоколем и патроном, выход из строя лампы	1. Проверить и восстановить контакт, заменить лампу
При проверке кнопкой <i>Кн</i> отключение сети не происходит, а в АФВ возникает гул	1. Заедание механизма независимого расцепителя или механизма свободного расцепителя АФВ. Заедание якоря катушки <i>ОК</i> или витковое замыкание в ней	1. При снятом с АФВ напряжении проверить вручную четкость работы механической части; устранить заедание. Если катушка <i>ОК</i> при проверке быстро нагревается, заменить ее
В момент проверки стрелка километра не отклоняется, хотя происходит четкое отключение сети	1. Выход из строя километра	1. В мехмастерской заменить километр
Стрелка километра показывает сниженное сопротивление на закрашенном участке шкалы, но отключение сети не происходит	1. В сети имеется аварийное повреждение изоляции, но защита не срабатывает из-за сгорания катушки <i>ОК</i> ; заедания механической части АФВ; неисправности контакта реле (контакт не замыкается)	1. Устранить неисправность аппаратуры защиты. Убедиться, что в сети имеется сниженное сопротивление изоляции, отыскать этот участок и устранить неисправность

Неисправности и их признаки	Причины возникновения	Методы контроля и устранения неисправностей
При попытке включения АФВ происходит его мгновенное отключение	1. В сети имеется аварийное повреждение изоляции. Контакты реле приварились. Прорит один из конденсаторов компенсатора емкости	1. Отыскать и устранить повреждение изоляции. Разъединить и зачистить контакты. В мехмастерской отыскать и заменить пробитый конденсатор
АФВ не поддается включению при отсоединенном реле утечки	1. Неисправность механизма свободного расцепления, смятие буфера	1. Отрегулировать механизм или буфер (путем подкладывания шайб)
<i>Аппараты типа АЗУР</i>		
Аппарат не срабатывает. Горит лампа <i>Н1</i> , автоматический выключатель в подстанции взвести невозможно	1. Некачественно выполнены заземлитель <i>з</i> и дополнительный заземлитель <i>Дз</i> , сопротивление между ними увеличено	1. Заземлитель и дополнительный заземлитель выполнить согласно установленным к ним требованиям
Аппарат не срабатывает. Горит лампа <i>Н1</i> , автоматический выключатель в подстанции (фидерный автомат) взведен	1. Некачественно выполнен дополнительный заземлитель, сопротивление между <i>Дз</i> и <i>з</i> увеличено	1. Дополнительный заземлитель выполнить согласно установленным к нему требованиям
Автоматический выключатель не взводится	1. Неисправен блок питания	1. Устранить неисправность в мехмастерской
	2. Обрыв в цепи катушки нулевого расцепителя	2. Проверить цепь катушки расцепителя
То же, лампа <i>Н1</i> горит	1. Низкое сопротивление изоляции магистрального кабеля	1. Проверить сопротивление изоляции магистрального кабеля
	2. Аппарат вышел из строя (осуществляется функция самоконтроля элементов схемы)	2. Устранить неисправность в мехмастерской
Автоматический выключатель не взводится. Стрелка километра в положении ∞ . Лампа <i>Н1</i> не горит	1. Сработала тепловая защита (в аппарате АЗУР-2)	Устранить причину перегрева свыше установленной нормы

Иногда к числу неисправностей реле утечки причисляют частое их срабатывание. Это неверно, поскольку срабатывание защиты от утечек, как правило, происходит вследствие повреждения изоляции, а именно: а) когда в сети имеется общее снижение сопротивления изоляции и стрелка килоомметра находится вблизи закрасненного участка шкалы; б) когда сопротивление изоляции сети велико, но один из токоприемников во время своего включения вызывает кратковременную утечку.

В первом случае необходимо проведение общей профилактики по повышению сопротивления изоляции (протирка от пыли и влаги изоляторов пусковой аппаратуры, концевых разделок кабелей; замена отсыревших элементов сети и т. п.). Особое внимание следует уделять тщательной зачистке концов силовых жил экранированных кабелей и удалению с них полупроводящей резины или графитного слоя, через которые возникают утечки тока на землю. Во втором случае необходимо установить и устранить причины кратковременных утечек. Однако последнее затрудняется тем, что утечка может возникать одновременно и затем прекратиться.

Иногда кратковременные утечки возникают при механическом повреждении изоляции контактной катушки магнитного пускателя в той части, в которую заходит при включении якорь контактора, когда магнитная система контактора и его катушка недостаточно хорошо отрегулированы. В момент включения контактора с поврежденной катушкой его якорь может касаться места с поврежденной изоляцией и вызвать отключение сети защитой от утечек.

Отключение сети может происходить также от действия максимальной токовой защиты автомата АФВ, вследствие к.з. или перегрузок. В этих случаях происходит срабатывание АФВ, но в отличие от действия защиты от утечек при действии максимальной токовой защиты АФВ блокируется специальной защелкой и его последующее включение может быть осуществлено после освобождения защелки, что можно сделать только при снятой крышке.

В передвижных подстанциях срабатывание автоматического выключателя может произойти также и от действия тепловой защиты. Однако при этом будет гореть сигнальная лампа, вследствие чего такой случай легко распознается.

Изложенное выше в части неисправностей аппаратуры защиты от утечек для силовых сетей распространяется также и на аппаратуру защиты от утечек для зарядных, осветительных и бурильных сетей.

При применении в осветительных сетях аппаратов РУ-127/220 они могут воздействовать на магнитный пускатель, поэтому в случае невозможности включения пускателя причина кроется не в реле утечки, а в самом пускателе. Если же пускатель включается и мгновенно отключается, то это свидетельствует о том, что в сети имеется утечка либо произошло замыкание (приваривание) контактов реле. Пускатель может отключаться и по причине обрыва цепи блок-контакта, за счет которого осуществляется его самоподхват. Однако в этом случае отключение происходит тогда, когда отпускается кнопка *Пуск*, если же эта кнопка остается прижатой, то отключение пускателя не происходит.

Так как в аппарате РУ-127/220 и блоке реле утечки пускового агрегата АП-4 отсутствует килоомметр, то при необходимости уточнения некоторых неисправностей, связанных с повреждением изоляции сети и возникновением утечки, приходится пользоваться переносными приборами для измерения сопротивления изоляции (мегаомметрами и омметрами).

Если в бурильных сетях, питающихся от пусковых агрегатов АП-4, при включении ручного электросверла имеющейся на нем кнопкой происходит отключение пускового агрегата с питающей стороны (это легко устанавливается по исчезновению гудения трансформатора), то можно предположить наличие в сети повреждения изоляции.

Если же сверло не включается при включенном пусковом агрегате, то причина заключается в неисправности схемы пускателя, встроенного в пусковой агрегат, либо в цепи дистанционного управления сверлом. Контакт пускового агрегата может также не включаться по причине срабатывания

максимальной токовой защиты. В этом легко убедиться, поскольку последующее включение контактора возможно только после схода максимального реле.

Если в результате проверки оказалось, что защита от утечек неисправна и неисправность не может быть устранена проверяющими, они обязаны немедленно доложить об этом руководству энергомеханической службы шахты.

7.6. ПРОВЕРКА СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ И ЕМКОСТИ УЧАСТКОВОЙ СЕТИ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Согласно Правилам безопасности активное сопротивление изоляции относительно земли элементов электрических установок, работающих в шахте, должно быть не ниже 0,5 МОм для двигателей угледобывающих и проходческих машин, 1 МОм для двигателей других шахтных машин, осветительных трансформаторов, пусковых агрегатов, ручных сверл, пусковой и распределительной аппаратуры, бронированных и гибких кабелей любой длины (на фазу).

Общее сопротивление изоляции всей электрической сети Правилами безопасности не нормируется, но ГОСТ 22929—79 устанавливает норму критического сопротивления изоляции сети, при котором должно происходить ее отключение защитой: не менее 3,3; 10; 30 и 60 кОм на фазу при напряжении 127; 220 и 380; 660; 1140 В соответственно.

Емкость электрической сети переменного тока относительно земли в соответствии с Правилами безопасности должна быть не более 1 мкФ на фазу, что соответствует емкостному сопротивлению изоляции 3,18 кОм на фазу.

Сопротивление изоляции электрооборудования и кабелей измеряется перед их включением после монтажа и переноски, аварийного отключения защитой, длительного пребывания в бездействии, если реле утечки не позволяет включить сеть, а для стационарного электрооборудования — периодически не реже одного раза в год.

Из множества средств измерения сопротивления изоляции для применения в угольных шахтах допущен лишь мегомметр типа М1102/1, поскольку другие измерители сопротивления по своему исполнению не отвечают шахтным условиям. Мегомметр М1102/1 предназначен для измерения сопротивления изоляции электрических сетей и установок, не находящихся под напряжением. Применение мегомметра в шахтах допускается при концентрации метана в шахтной атмосфере, не превышающей нормированного значения

Техническая характеристика мегомметра М1102/1

Пределы измерений:	
кОм	0—1000
МОм	0—500
Основная погрешность, % от длины рабочей части шкалы	±1
Выходное напряжение на разомкнутых зажимах (в пределе измерения МОм), В	500
Номинальная частота вращения ператора, об/мин	120
Габаритные размеры, мм	177 × 237 × 215
Масса, кг	5,5
Исполнение	РН

Действие мегомметра основано на измерении отношения приложенного к контролируемому объекту напряжения к протекающему через этот объект току. Источником питания (рис. 74) является встроенный генератор G переменного тока, приводимый во вращение от руки. Для обеспечения искробезопасности (ограничения тока к. з. до безопасной величины) часть обмотки генератора выполнена из провода высокого сопротивления.

Напряжение с генератора после преобразования в постоянное выпрямителем $VI—V4$ поступает на зажимы мегомметра. В качестве измерительного прибора $ИП$ использован логометр. Выходное напряжение мегомметра зависит от сопротивления контролируемого объекта. Примерные нагрузочные характеристики (зависимость напряжения на зажимах от измеряемого сопротивления) мегомметра приведены на рис. 75.

В исправном приборе при вращении ручки генератора и разомкнутых зажимах стрелка должна устанавливаться на конечных делениях шкал, определяемых положением переключателя, а при замкнутых зажимах — на начальных делениях. Измерения производятся в следующем порядке. К зажимам мегомметра присоединяется контролируемый объект, переключатель пределов измерения ставится в положение «КΩ» или «МΩ» в зависимости от измеряемого сопротивления. При вращении рукоятки генератора по часовой стрелке с номинальной скоростью производится отсчет по соответствующей шкале. Затем контролируемый объект отсоединяется от зажимов мегомметра.

При измерении сопротивления изоляции токоведущих частей относительно земли необходимо следить за тем, чтобы полярность измерительного тока совпадала с полярностью, которую имел перед этим оперативный ток. Несоблюдение указанного правила может привести к существенному снижению

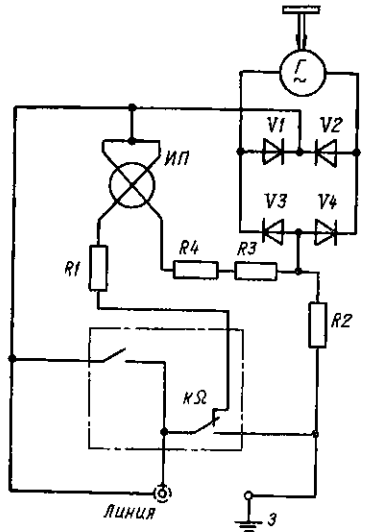
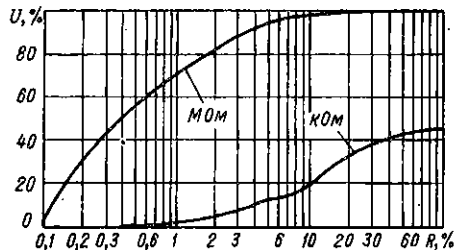


Рис. 74. Принципиальная электрическая схема мегомметра М1102/1.

Рис. 75. Нагрузочные характеристики мегомметра М1102/1.



результата измерения. Если измерениями установлено, что сопротивление изоляции ниже норм, то необходимо принять меры, обеспечивающие его повышение.

Необходимость контроля содержания метана в шахтной атмосфере при измерениях мегомметром вызвана следующим. Являясь источником тока, мегомметр способен создать на кабеле напряжение до 500 В. Если сопротивление изоляции кабеля большое (для простоты его можно считать бесконечно большим), то в контролируемом объекте может накопиться энергия, определяемая выражением

$$\omega = CU/2,$$

где C — емкость кабеля, зависящая от его удельной емкости и длины, Ф.

Измерения проводятся по схеме «фаза—фаза» при измерении сопротивления изоляции между двумя фазами, «фаза—земля» при измерении сопротивления изоляции фазы относительно земли, и «фазы, соединенные вместе,—земля» при измерении общего сопротивления изоляции всех фаз относительно земли. Накопленная энергия при разряде может вызвать искрение, которое способно воспламенить метановоздушную среду. Представляет повышенную опасность и сам ток заряда, поэтому при измерении сопротивления изоляции кабелей важно убедиться, что в месте подключения мегомметра, а также на протяжении выработок, где проложен контролируемый кабель, отсутствует опасное скопление метана в воздухе. Хотя метановоздушная

смесь воспламеняется при содержании в ней 4 % и более (по объему) метана, исходя из Правил безопасности измерения сопротивления изоляции должны производиться при содержании в шахтной атмосфере не более 2 % метана. Если метана содержится более 2 %, то измерения должны быть немедленно прекращены и могут возобновляться после снижения концентрации метана до 1 %.

Концентрация метана в шахтах III категории по газу, сверхкатегорных и опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа замеряется переносными или стационарными автоматическими приборами (в выработках, где ранее был обнаружен метан) и переносными приборами эпизодического действия (в остальных выработках) в соответствии с Инструкцией по замеру концентрации газов в шахте и применению автоматических приборов контроля содержания метана.

Для оперативной работы в шахтах применяется шахтный омметр М4125/1, который предназначен для измерения сопротивления различных электрических цепей постоянному току, а также для поиска участков электрических сетей с поврежденной изоляцией (к.з. фазы на землю) в условиях шахт, в том числе опасных по газу или пыли.

Техническая характеристика омметра М4125/1

Пределы измерений, кОм	0—3, 0—30, 0—300
Основная погрешность, от длины рабочей части шкалы	±1,5
Длина рабочей части шкалы, мм	62
Источник питания	Сухие элементы типа 322 (2 шт.)
Ток потребления и ток в контролируемом объекте, мА	10
Габаритные размеры, мм	135 × 137 × 72
Масса, кг	1
Исполнение	РО И

В омметре М4125/1 нерегулируемые резисторы в целях искробезопасности залиты компаундом. Работает омметр по принципу измерения тока, протекающего через контролируемое сопротивление. Переход с одного диапазона измерений на другой осуществляется переключением шунтирующих и добавочных резисторов путем перестановки штеккера из одного гнезда в другое. Принципиальная электрическая схема омметра М4125/1 приведена на рис. 76.

При работе с омметром необходимо соблюдать такую последовательность операций. Вначале штеккер одного проводника вставляют в гнездо «—» а штеккер второго — в гнездо, соответствующее выбранному диапазону измерения. Далее замыкают накоротко свободные концы проводников и вращением ручки устанавливают стрелку на нулевую отметку шкалы. При соединении соединительные проводники к контролируемому объекту и отсчитывают показания прибора. Затем отсоединяют проводники от контролируемого объекта и вынимают штеккеры из гнезда прибора.

В условиях эксплуатации измерение сопротивления изоляции электрических сетей можно производить с помощью реле утечки. Наличие в реле утечки килоомметра с освещаемой шкалой позволяет визуально определять уровень сопротивления изоляции сети. Визуальный контроль сопротивления бывает необходим как для профилактического контроля сопротивления изоляции, так и для отыскания присоединения сети, которое имеет сниженное

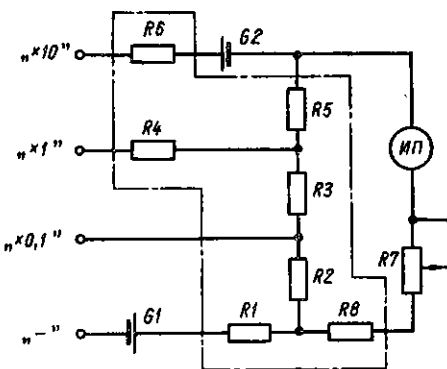


Рис. 76. Принципиальная электрическая схема омметра М4125/1.

сопротивление изоляции. Показания километра соответствуют результирующему сопротивлению изоляции трех фаз включенной сети относительно земли. Для того чтобы судить о сопротивлении изоляции всей сети, измерения должны выполняться тогда, когда все потребители включены в работу. При этом сопротивление изоляции считается допустимым, если его величина находится в диапазоне значений незакрашенной части шкалы километра. Если же сопротивление изоляции находится в диапазоне значений закрашенной части шкалы, то это значит, что его величина ниже значения уставки сопротивления срабатывания реле утечки, т. е. сеть находится в аварийном состоянии, а реле утечки — в неработоспособном, иначе сеть была бы отключена защитой.

В случае установления факта неработоспособного состояния реле утечки и сопротивления изоляции должны быть приняты меры по устранению неисправностей. Работа участка на этот период прекращена, а напряжение сети отключено.

Необходимость в отыскании присоединения сети с поврежденной изоляцией возникает тогда, когда при работе участка происходят срабатывание защиты от утечек и отключение сети фидерным автоматическим выключателем. В этом случае следует отключить пускателями распределителя все присоединения, запретить включение их на время проверки и снова включить АФВ. Если и после этого АФВ немедленно отключится, то это означает, что повреждена изоляция в фидерном кабеле. Если же фидерный кабель после отключения всех пускателей не вызывает срабатывания устройства при включении АФВ, то нужно поочередно включить все пускатели. Очевидно, что при включении того пускателя, в цепи которого имеется повреждение изоляции, АФВ отключится.

При поисках присоединения с поврежденной изоляцией следует иметь в виду возможность случая, когда в цепи каждого из пускателей не существует утечки, способной вызвать отключение, но суммарное сопротивление изоляции всей сети мало. Например, при параллельном включении трех гибких кабелей, каждый из которых имеет сопротивление утечки 10 кОм (для сетей 380 В), фактическое (общее) сопротивление утечки всей сети составит 3,3 кОм, что вызовет отключение сети.

Сопротивления утечек отдельных участков сети могут быть приближенно определены с помощью километра, расположенного в корпусе устройства защиты, при поочередном включении и отключении пускателей с учетом сопротивления изоляции фидерного кабеля. В отдельных случаях отключение АФВ может произойти из-за действия максимального реле.

При необходимости в более точном определении сопротивления изоляции ответвления $R_{от}$ его подсчитывают по формуле

$$R_{от} = R_{об}R_c / (R_c - R_{об}),$$

где $R_{об}$ — показание километра при включенной части сети с контролируемым ответвлением; R_c — показания километра при включенной указанной части сети без ответвления.

Когда установлено присоединение с поврежденной изоляцией, то само повреждение отыскивается с помощью мегометра или омметра. Для этого необходимо данное присоединение отключить от пускателя и поочередно измерить сопротивление изоляции всех его элементов (кабеля, двигателя и др.).

Емкость участков электрической сети практически определяется емкостью кабелей, поскольку их емкость намного больше емкости электрооборудования. По соображениям ограничения тока утечки Правила безопасности ограничивают общую длину кабелей, присоединенных к одному трансформатору или параллельно работающему с напряжением вторичной обмотки 380, 660, 1140 В, чтобы общая емкость фаз относительно земли была не более 1 мкФ на фазу. В условиях эксплуатации приближенно можно считать, что усредненная емкость 1 км кабеля сети имеет общую емкость всех трех фаз относительно земли, равную 1 мкФ. Это означает, что исходя из

требований Правил безопасности общая длина кабелей электрически соединенной сети напряжением до 1140 В должна быть не более 3 км.

При напряжении сети 1140 В емкость кабелей выше приведенных значений вследствие более высоких диэлектрических свойств изоляции, поэтому максимальную емкость сети при этом напряжении рекомендуется определять по формуле

$$C_c = 1,15L,$$

где L — длина сети, км.

Иногда в условиях эксплуатации необходимо знать емкостное сопротивление всех фаз сети или кабеля относительно земли. Оно может быть определено по формуле

$$X_c = 3180/C_\phi,$$

где C_ϕ — емкость всех фаз относительно земли, мкФ.

8. РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УЧАСТКА

8.1. РАСЧЕТ КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ УЧАСТКА

Выбор схемы электроснабжения участка производится в соответствии с «Прогрессивными технологическими схемами разработки пластов на угольных шахтах» и принципиальной схемой электроснабжения, построенной исходя из конкретных условий с учетом принятого очистного и проходческого оборудования и машин, наличия необходимого электрооборудования и кабелей. Для участков на пологих и наклонных пластах следует ориентироваться на применение забойного электрооборудования на напряжение 660 и 1140 В, на крутых пластах — на напряжение 380 В. Питание токоприемников участка должно осуществляться от комплектов передвижных трансформаторных подстанций. На принципиальной схеме должны быть указаны все токоприемники участка, распределительные пункты, трансформаторные подстанции, а также расстояния от подстанций до распределительных пунктов, от распределительных пунктов до токоприемников.

Выбор мощности участковой подстанции. На основе данных о принятых в схеме электроснабжения потребителях составляется таблица силовой и осветительной нагрузки по приведенной форме.

Потребитель	Тип двигателя	Количество двигателей	Номинальная установленная мощность, кВт	Общая установленная мощность, кВт
-------------	---------------	-----------------------	---	-----------------------------------

Мощность двигателей принимается по техническим данным принятого оборудования. Расчетная мощность $S_{тр}$ подземных передвижных подстанций и отдельных трансформаторов для питания электроприемников подземных выработок шахт определяется по формуле

$$S_{тр} = k_c \left(\sum P_{уст} / \cos \phi \right), \quad (1)$$

где k_c — коэффициент спроса; $\sum P_{уст}$ — суммарная установленная мощность электроприемников участка (без учета резервных), кВт; $\cos \phi = 0,6$ — условный средневзвешенный коэффициент мощности для группы электроприемников очистных и подготовительных забоев.

При применении для очистных работ комплексов с механизированной крепью

$$k_c = 0,4 + 0,6 \left(P_{н.к} / \sum P_{уст} \right); \quad (2)$$

при применении технологического оборудования в очистных забоях с индивидуальной крепью и в подготовительных забоях

$$k_c = 0,286 + 0,714 (P_{н.к} / \sum P_{уст}), \quad (3)$$

где $P_{н.к}$ — номинальная мощность наиболее мощного двигателя в группе (для комбайновых двигателей с воздушным охлаждением и необдуваемых — часовая мощность, режим S2), кВт.

В случае применения в забое многодвигательных очистных комбайнов или стругов коэффициент спроса определяется по формуле

$$k_c = 0,4 + 0,6 (k_{и} \sum P_{н.к}) / \sum P_{уст}, \quad (4)$$

где $k_{и}$ — коэффициент использования мощности двигателей; $\sum P_{н.к}$ — суммарная номинальная мощность комбайновых или струговых двигателей.

Значение $k_{и} \sum P_{н.к}$ зависит от допустимой токовой нагрузки силового кабеля, питающего оба двигателя, номинального тока или максимальной мощности управляемого контактором магнитного пускателя и станции управления двигателем, а также технологических факторов.

В зависимости от условий эксплуатации и расположения источников питания по расчетной мощности трансформатора выбирается передвижная подстанция. При этом к установке, как правило, следует принимать трансформаторную подстанцию ближайшей большей стандартной мощности.

Пример 1. При выборе трансформаторной подстанции для очистного комплекса КМК-Э7М из его электрической схемы суммарная установленная мощность электроотребителей участка принимается равной 462 кВт. Номинальная мощность наиболее мощного двигателя составляет 125 кВт.

Коэффициент спроса определяется по формуле (2)

$$K_c = 0,4 + 0,6 (125/462) = 0,56.$$

Расчетная мощность трансформатора рассчитывается по формуле (1) при $\cos \varphi = 0,6$; $k_{и} = 1$:

$$S_{тр} = 0,56 (462 / 0,6) = 431 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Уточненная расчетная мощность трансформатора

$$S_{ном} = S_{тр} / k,$$

где $k = 1,25$ — коэффициент использования шахтных участков подстанций [9].

Отсюда

$$S_{ном} = 431 / 1,25 = 345 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Исходя из полученных данных следует принять передвижную подстанцию ТСВП-400/6-0,69 мощностью 400 кВ · А, а без учета коэффициента k следовало бы выбрать подстанцию ТСВП-630/6-069 мощностью 630 кВ · А.

Выбор кабеля низкого напряжения. Выбор марки и сечения кабеля производится в зависимости от условий его эксплуатации и расчетного тока нагрузки с проверкой выбранного сечения по условиям термической устойчивости при к.з., механической прочности, срабатывания максимальной токовой защиты и допустимой потери напряжения [2].

Сечение магистрального кабеля, идущего от передвижной трансформаторной подстанции или трансформатора до распределителя, выбирается по условию

$$I_{ш} \geq I_{\phi}; \quad (5)$$

$$I_{\phi} = (k_c \sum P_{уст}) / (\sqrt{3} U_n \cos \varphi), \quad (6)$$

где $I_{ш}$ — длительно допустимый ток кабеля соответствующего сечения по нагреву, А (табл. 30—32) [7]; при температуре окружающей среды, отличной от 25 °С, следует вводить поправочные коэффициенты (табл. 33); I_{ϕ} — фак-

30. Выбор сечения кабеля в зависимости от его марки и тока нагрузки

Площадь сечения жил, мм ²	Допустимый ток нагрузки, А, кабелей				
	КГЭШ*-660; КГЭШ-1140 (четырежильные)	КГЭШ-660; КГЭШ-1140 (семизильные)	ЭВТ-660; ЭВТ-1140 (восемизильные)	ЭВТ-6000 (пятижильные)	
2,5	33	33	—	—	
4	45	45	—	—	
6	65	65	—	—	
10	95	85	—	—	
16	105	105	80	80	
25	140	140	105	105	
35	170	170	130	130	
50	200	200	150	—	
70	250	250	175	—	
95	290	290	200	—	
120	—	—	250	—	

*Кабели марки ГРШЭ согласно ГОСТ 10694—78 имеют наименование КГЭШ.

Если условию (5) не удовлетворяет ни один из кабелей с максимально возможной площадью сечения жил (по условию подключения во вводные устройства подстанций, фидерных автоматических выключателей и станций управления), то к прокладке принимают два параллельных или раздельно включенных кабеля. При параллельном включении кабелей их суммарное сечение определяется по условию

$$2I_{\text{сн}} \geq I_{\phi} \quad (7)$$

В случае раздельного включения кабелей, питающих две группы токоприемников одного распределителя или два отдельных распределителя, сечение каждого из них определяется по условию (5). При этом для каждой группы электроприемников (или каждого распределителя) значение I_{ϕ} определяется по формуле (6), а коэффициент k_c — по формуле (2).

Сечение гибких кабелей при питании отдельных электроприемников участка (кроме многоприводных комбайнов) предварительно выбирается исходя из длительной допустимой нагрузки по нагреву номинальным током $I_{\text{н}}$:

$$I_{\text{сн}} \geq I_{\text{н}} \quad (8)$$

При питании по одному кабелю нескольких одновременно работающих двигателей ток, проходящий через кабель, равен сумме номинальных токов

31. Выбор сечения кабеля в зависимости от напряжения и тока нагрузки

Площадь сечения жил, мм ²	Допустимый ток нагрузки, А, кабелей при напряжении, кВ					
	до 1 (одножильный)	до 1 (двухжильный)	до 3 (трехжильный)	6 (трехжильный)	10 (трехжильный)	до 1 (четырежильный)
10	140	105	95	80	—	85
16	175	140	120	105	95	115
25	235	185	160	135	120	150
35	235	225	190	160	150	175
50	360	270	235	200	180	215
70	440	325	285	245	215	265
95	520	380	340	295	265	310
120	595	435	390	340	310	350
150	675	500	435	390	355	395
185	755	—	490	440	400	450
240	880	—	570	510	460	—

тический ток нагрузки магистрального кабеля, А; $U_{\text{н}}$ — номинальное напряжение сети, В; значения k_c и $\cos \phi$ принимаются те же, что и при определении расчетной мощности трансформатора.

32. Выбор сечения кабеля в зависимости от материала жил в тока нагрузки*

Площадь сечения жил, мм ²	Допустимый ток нагрузки, А, при напряжении кабелей 6 В	
	с медными жилами	с алюминиевыми жилами
16	90/65	70/50
25	120/90	90/70
35	145/110	110/85
50	180/140	140/110
70	220/170	170/130
95	265/210	205/160
120	310/245	240/190
150	355/290	275/225

* В числителе приведены данные для кабеля, подвешенного в воздухе, в знаменателе — для кабеля, проложенного в земле.

33. Поправочный коэффициент в зависимости от температуры среды

Нормированная температура жилы, °С	Поправочный коэффициент k при фактической температуре среды, °С								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
65	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79
70	1,25	1,20	1,15	1,11	1,06	1,00	0,94	0,89	0,82
75	1,23	1,18	1,14	1,10	1,06	1,00	0,95	0,90	0,84
80	1,20	1,17	1,13	1,09	1,04	1,00	0,95	0,90	0,85

этих двигателей. Сечение гибкого кабеля для питания комбайнов с двумя двигателями равной мощности определяется исходя из условия:
для двигателей с водяным охлаждением

$$I_{\text{сн}} \geq 2I_{\text{н}}; \quad (9)$$

для двигателей с воздушным охлаждением

$$I_{\text{сн}} \geq 2I_{\text{н.час}}; \quad (10)$$

где $I_{\text{н.час}}$ — номинальный ток комбайнового двигателя с воздушным охлаждением в часовом (S2) режиме, А.

При напряжении 660 В в схемах, как правило, предусматривается питание комбайнов ГШ-68 и КШ-3М по одному кабелю марки ГРШЭ с площадью сечения основных жил 70 мм² (ограничение суммарного тока двух двигателей комбайнов до 270 А производится уставкой регулятора нагрузки). При работе с барабанным кабелеподборщиком нагрузка на кабели марок ГРШЭП и ГВШОП должна быть снижена на 30 % по сравнению с номинальной.

В случае питания многодвигательных забойных конвейеров и стругов от двух пускателей (контакторов) сечения кабелей, проложенных к каждому приводу, определяются по формуле (8), а при питании от одного аппарата — согласно условию

$$I_{\text{сн}} \geq nI_{\text{н}}; \quad (11)$$

где n — число двигателей.

Для проходческих комбайнов и погрузочных машин с многодвигательным приводом фактический ток нагрузки питающего кабеля определяется по формуле (6). Поскольку значения токов в табл. 30—32 приведены для максимально допустимой температуры жилы +60 °С при температуре окружающего воздуха +25 °С, при других допустимых температурах жил и окружающего воздуха значения токовых нагрузок должны приниматься с учетом поправочного коэффициента k (табл. 33)

$$I_{\text{сн}} k \geq I_{\text{ф}}; \quad (12)$$

а фактический ток нагрузки — по длительной мощности нагрузки $P_{\text{д}}$:

$$I_{\text{ф}} = P_{\text{д}} / (\sqrt{3} U_{\text{н}} \cos \varphi). \quad (13)$$

При длительном режиме работы электроприемника рекомендуется принимать длительную мощность равной установленной (номинальной) мощности нагрузки, приходящейся на выбираемый кабель.

При повторно-кратковременном и кратковременном режимах работы электроприемников (с общей продолжительностью цикла до 10 мин и продолжительностью рабочего периода не более 4 мин) в качестве расчетной нагрузки для определения сечения проводников по нагреву следует принимать ток нагрузки, приведенный к длительному режиму. При этом для кабелей

с площадью сечения до 6 мм² включительно ток нагрузки принимается как для установок с длительным режимом работы, а для кабелей с площадью сечения более 10 мм² — путем умножения на коэффициент $0,875/\sqrt{ПВ}$ (здесь ПВ — продолжительность включения в относительных величинах).

34. Выбор сечения кабеля в зависимости от термической устойчивости

Характеристика кабеля	Тип защитного аппарата	Предельно допустимый ток к. з., кА, для кабелей с площадью сечения жилы, мм ²						
		4	6	10	16	25	35	50
С бумажной изоляцией при напряжении, кВ: до 10	ЯВ-6400; КРУВ-6 РВД-6; УРВМ-6/3	—	1,95	3,25	5,20	8,12	11,30	16,3
		—	1,61	2,68	4,29	6,70	9,38	13,4
до 3	ЯВ-6400; КРУВ-6 РВД-6; УРВМ-6/3 АВ-200; АВ-320	—	1,82	3,02	4,84	7,55	10,60	15,1
		—	1,50	2,50	4,00	6,25	8,75	13,6
		—	3,35	10,10	16,10	25,20	35,30	50,5
С поливинилхлоридной изоляцией	АФВ-1А; АФВ-2А; АФВ-3 ЯВ-6400; КРУВ-6 РВД-6; УРВМ-6/3 АВ-200; АВ-320	—	2,37	3,95	6,32	9,90	13,80	19,8
		—	1,53	2,54	4,07	6,35	8,90	12,7
		—	1,26	2,10	3,36	5,25	7,35	10,5
		—	2,81	4,70	13,60	21,40	29,60	42,4
С резиновой изоляцией	АФВ-1А; АФВ-2А; АФВ-3; АВ-200; АВ-320 АФВ-1А; АФВ-2А; АФВ-3	—	2,00	3,32	5,31	8,29	11,70	16,6
		1,81	2,71	4,52	13,00	20,40	28,40	40,8
		1,28	1,92	3,20	7,23	5,11	8,00	11,40

Примечания: 1. Для ячеек РВД-6 и УРВМ-6/3, установленных в РПП-6, предельно допустимый ток к. з. увеличивается на 10%, для ячеек ЯВ-6400 и КРУВ-6 — на 15%.

2. Предельно допустимые токи к. з., рассчитанные для автоматов АВ, распространяются также на передвижные трансформаторные подстанции со встроенными в РУНН автоматическими выключателями серии А-3700, а токи к. з. для автоматов АФВ — со встроенными выключателями серии АВМу.

3. В числителе дроби указан ток для автоматов АВ-200, в знаменателе — для автоматов АВ-3200.

Проверка выбранного сечения кабеля по термической устойчивости производится по данным табл. 34 исходя из условия

$$I_{п} \geq I_{к.з.}^{(3)} \quad (14)$$

$$I_{к.з.}^{(3)} = \frac{1,1U_{н}}{\sqrt{3} \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}}, \quad (15)$$

где $I_{п}$ — предельно допустимый кратковременный ток к. з. в кабеле, А; $I_{к.з.}^{(3)}$ — ток трехфазного к. з. в начале проверяемого кабеля, А; $\sum R$, $\sum X$ — соответственно сумма активных и индуктивных сопротивлений в сети от трансформатора до начала проверяемого кабеля (аппарата), Ом.

Для трансформаторов мощностью 400 кВ А и более при к.з., возникшем на небольшом расстоянии (на выходе трансформаторов или при длине фидерного кабеля не более 50 м), ток трехфазного к.з. следует определять с учетом влияния мощности к.з. на шинах центральной подземной подстанции по формуле

$$I_{к.з.}^{(3)} = \frac{1,15U_n}{\sqrt{3} \sqrt{(\sum R)^2 + \left[\sum X + X_{к.з.} \left(\frac{k_{от}}{k_T} \right)^2 \right]^2}}, \quad (16)$$

где $X_{к.з.} = U^2/S_{ц.п.п.}^3$ — индуктивное сопротивление системы напряжением 6 кВ до центральной подземной подстанции включительно, Ом; U — расчетное напряжение сети, принимаемое равным 3,15 или 6,3 кВ; $S_{ц.п.п.}^3$ — мощность к.з. на шинах центральной подземной подстанции, МВ А; $k_{от}$ — коэффициент изменения напряжения в трансформаторе ПУПП, принимается равным 0,95 при отпайке +5%, 1,00 при отпайке 0 и 1,05 при отпайке -5%; k_T — коэффициент трансформации силового трансформатора.

Если нагрузка кабеля и температура окружающей среды отличны от значений, приведенных в табл. 34, то проверка кабеля по термической устойчивости может быть произведена по выражению

$$I_n = k_3 CS / \sqrt{t_n}, \quad (17)$$

где $k_3 = 1 + 0,05(v_{дл} - v_0)(1 - \beta^2)$ — коэффициент, учитывающий нагрузку кабеля до момента к.з. и температуру окружающей среды; значения коэффициента k_3 для различных типов кабелей принимается по данным табл. 35 в зависимости от степени их нагрузки и температуры окружающей среды; $v_{дл}$ — длительно допустимая температура силовых жил, °С; для кабелей с бумажной изоляцией при напряжении

35. Значения коэффициента k_3 для кабелей в зависимости от степени их загрузки и температуры окружающей среды

Характеристика кабеля	Длительно допустимая температура силовых жил, °С	Температура окружающей среды, °С	k_3 при коэффициенте загрузки β , равном						
			1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
С бумажной изоляцией при напряжении до 3 кВ	80	5—10	1,00	1,07	1,13	1,18	1,23	1,27	1,30
		15—25	1,00	1,06	1,11	1,15	1,19	1,22	1,25
		30—35	1,00	1,04	1,09	1,12	1,15	1,18	1,20
С резиновой изоляцией	75	5—10	1,00	1,07	1,12	1,18	1,21	1,25	1,28
		15—25	1,00	1,05	1,10	1,14	1,18	1,21	1,23
		30—35	1,00	1,04	1,07	1,11	1,13	1,16	1,18
С поливинилхлоридной изоляцией	70	5—10	1,00	1,06	1,11	1,16	1,20	1,23	1,26
		15—25	1,00	1,04	1,09	1,12	1,16	1,19	1,21
		30—35	1,00	1,03	1,07	1,09	1,11	1,14	1,16
С бумажной изоляцией при напряжении до 10 кВ	65	5—10	1,00	1,06	1,10	1,15	1,18	1,22	1,24
		15—25	1,00	1,04	1,08	1,11	1,14	1,17	1,19
		30—35	1,00	1,03	1,06	1,08	1,10	1,12	1,14

до 10 кВ $v_{дл} = 65^\circ\text{C}$, для кабелей с поливинилхлоридной изоляцией $v_{дл} = 70^\circ\text{C}$, для гибких кабелей с резиновой изоляцией $v_{дл} = 75^\circ\text{C}$, для кабелей с бумажной изоляцией при напряжении до 3 кВ $v_{дл} = 80^\circ\text{C}$; v_0 — температура окружающей среды, $^\circ\text{C}$; $\beta = I_{\phi} / (kI_{сн})$ — коэффициент загрузки кабеля; I_{ϕ} — фактический ток нагрузки кабеля, для магистрального кабеля определяемый по формуле (6), а для гибких кабелей равен номинальному току питаемых двигателей; C — коэффициент, учитывающий конечную температуру нагревания жил и напряжение кабеля; для кабелей с бумажной изоляцией при напряжении до 10 кВ $C = 134$ и до 3 кВ $C = 125$, для кабелей с поливинилхлоридной изоляцией $C = 105$, для гибких кабелей с резиновой изоляцией $C = 101$; S — выбранная площадь сечения жилы кабеля, мм^2 ; $t_{п}$ — приведенное время отключения, с; для автоматических выключателей АВ-200, АВ-320 и передвижных подстанций со встроенными выключателями типа А-3700 $t_{п} = 0,05$ с (при токах к. з. свыше 5 кА для автоматов АВ-200 и свыше 8 кА для автоматов АВ-320 $t_{п} = 0,015$ с), для автоматических выключателей АФВ-1А, АФВ-2А и АФВ-3 и передвижных подстанций со встроенными выключателями типа АВМу $t_{п} = 0,1$ с.

При проверке по напряжению потери последнего в магистральном кабеле определяются по формуле

$$\Delta U_{к} = \sum \Delta U - \Delta U_{тр}, \quad (18)$$

где $\sum \Delta U$ — допустимые суммарные потери напряжения в трансформаторе и кабеле при нормальном режиме ($\sum \Delta U = 117$ В при $U_{н} = 1140$ В, 66 при $U_{н} = 660$ и 39 при $U_{н} = 380$ В); $\Delta U_{тр}$ — потери напряжения в силовом трансформаторе, В.

В кабеле энергоприемника потери напряжения определяются с учетом потерь в магистральном кабеле:

$$\Delta U_{г.к} = \sum \Delta U - (\Delta U_{тр} + \Delta U_{к}). \quad (19)$$

С достаточной для практических целей точностью

$$\Delta U_{тр} = \sqrt{3} I_3 (R_T \cos \varphi_{с.в} + X_T \sin \varphi_{с.в}), \quad (20)$$

где $I_3 = \sum P / (\sqrt{3} U_0 \cos \varphi_{с.в})$ — ток (фазный) загрузки трансформаторов, А; $\sum P$ — расчетная электрическая нагрузка, создаваемая энергоприемниками участка, кВт; U_0 — напряжение х. х. трансформатора, В; $\cos \varphi_{с.в}$ — средневзвешенный коэффициент мощности токоприемников; R_T , X_T — активное и индуктивное сопротивление трансформатора, Ом (табл. 36).

Площадь сечения магистрального кабеля по допустимой потере напряжения

$$S = (\sqrt{3} I_{\phi} L \cos \varphi) / (\gamma \Delta U_{к}), \quad (21)$$

а для кабеля энергоприемника

$$S = (\sqrt{3} I_{\phi} L \cos \varphi) / (\gamma \Delta U_{г.к}), \quad (22)$$

где L — длина кабеля, м; γ — удельная проводимость меди, $\text{м}/(\text{Ом} \cdot \text{мм}^2)$; для малозагруженных гибких кабелей $\gamma = 53$, для сильно загруженных $\gamma = 6$, а для бронированных $\gamma = 44$ $\text{м}/(\text{Ом} \cdot \text{мм}^2)$.

Проверка принятой площади сечения кабеля по допустимой потере напряжения при включении наиболее мощного двигателя производится по формуле [10]

$$\frac{n' K Z_0^2}{(R_T + R_K + R_0)^2 + (X_T + X_K + X_0)^2} \geq 0,64, \quad (23)$$

где n' — число одновременно включаемых или работающих на общий вал дви-

36. Активное и индуктивное сопротивления трансформаторов (подстанций)

Трансформатор (подстанция)	Мощность трансформатора, кВ·А	Напряжение (вторичное), кВ	Сопротивление, Ом		Трансформатор (подстанция)	Мощность трансформатора, кВ·А	Напряжение (вторичное), кВ	Сопротивление, Ом	
			активное $R_{тр}$	индуктивное $X_{тр}$				активное $R_{тр}$	индуктивное $X_{тр}$
ТСВП	180	0,40 0,69	0,0109	0,0477	ТСВП	630	1,20	0,0172	0,0782
			0,0327	0,1431				0,0167	0,1010
ТСВП	100	0,40 0,69	0,0201	0,0517	ТМ	100	0,40	0,0312	0,0650
			0,0604	0,1550				0,0164	0,0420
ТСВП	160	0,40 0,69	0,0127	0,0325	ТМ	160	0,69	0,0492	0,1260
			0,0372	0,0975				0,0094	0,0273
ТСВП	250	0,40 0,69	0,0065	0,0213	ТМ	250	0,40	0,0094	0,0273
			0,0190	0,0638				0,0282	0,0819
ТСВП	400	0,69	0,0113	0,0402	ТМ	400	0,40	0,0055	0,0171
			0,0060	0,0230				0,0165	0,5130
ТСВП	630	0,69	0,0060	0,0230	ТМ	630	0,40	0,0030	0,0110
								0,0090	0,0330

гателей; $K = \left(\frac{U_0 - \Delta U_{ост}}{U_n} \right)^2$ — коэффициент, учитывающий включение наиболее мощного двигателя сети при включенных остальных токоприемниках, $K = (U_0/U_n)^2 = 1,1$ — то же, при отключенных остальных токоприемниках, питающихся от силового трансформатора; $\Delta U_{ост} = \sqrt{3}k_c \sum I_{ост} (R_{тр} \cos \varphi_{с.в} + X_{тр} \sin \varphi_{с.в})$ — потери напряжения в трансформаторе, создаваемые токоприемниками, за исключением включаемого двигателя; $\cos \varphi_{с.в} = (\sum P_i \cos \varphi_i) / \sum P_i$.

Полное, активное и индуктивное сопротивления включенияемого наиболее мощного двигателя при однодвигательном приводе

$$Z_3 = Z_n; R_3 = R_n; X_3 = X_n, \quad (24)$$

где R_n , X_n , Z_n — активное, индуктивное и полное сопротивления двигателей при пуске, Ом.

При одновременном включении двух однотипных двигателей

$$Z_3 = Z_n/2; R_3 = R_n/2; X_3 = X_n/2, \quad (25)$$

а при включении второго двигателя двухдвигательного привода

$$R_3 = \frac{R_n R_n}{R_n + R_n}; X_3 = \frac{X_n X_n}{X_n + X_n}; Z_3 = \sqrt{R_3^2 + X_3^2};$$

$$R_n = Z_n \cos \varphi_n; X_n = Z_n \sin \varphi_n; Z_n = U_n / \sqrt{3} I_n. \quad (26)$$

Здесь U_n и I_n — номинальные напряжения и ток первого двигателя.

Параметры схемы электроснабжения должны обеспечивать уровни напряжения на зажимах комбайновых двигателей при пуске — не ниже 0,8 номинального (при перегрузке одного из двигателей комбайна — не ниже 0,85 номинального);

на зажимах двигателей струговых (ближнего или дальнего привода) при перегрузке — не ниже 0,85 номинального.

Напряжение на зажимах двигателя комбайна (или струга) в j -м режиме работы

$$U_{dj} = \frac{1,05U_n - \Delta U_{н.р}}{1 + \sqrt{3} \frac{n_0 I_j}{U_n} (\sum R_n \cos \varphi_j + \sum X_n \sin \varphi_j)}, \quad (27)$$

где $\Delta U_{н.р}$ — потери напряжения в сети от работающих двигателей (за исключением запускаемого) при номинальном напряжении в элементе сети, через которые подключен комбайновый (струговой) двигатель, В; n_0 — количество одновременно запускаемых комбайновых двигателей (или двигателей струга) в одном приводе; в комбайнах с двухдвигательным приводом пуск двигателей при напряжении 660 В поочередный ($n_0 = 1$), а при напряжении 1140 В — одновременный ($n_0 = 2$); $I_j \cos \varphi_j$ — соответственно ток и коэффициент мощности двигателя в j -м режиме; при пуске принимаются равными пусковому току $I_{п}$ при нормальном напряжении и соответствующему ему коэффициенту мощности $\cos \varphi_{п}$, в режиме перегрузки — току $I_{к}$ и коэффициенту мощности $\cos \varphi_{к}$ при критическом скольжении (при отсутствии каталожных данных $\cos \varphi_{к}$ принимается равным 0,5); $\sum R_n = R_T + R_{\phi} + R_r$, $\sum X_n = X_T + X_{\phi} + X_r$ — соответственно суммарное активное и суммарное индуктивное сопротивления трансформатора, фидерного и гибкого кабелей (табл. 36 и 37), Ом.

37. Сопротивление кабеля в зависимости от площади сечения жил

Вид сопротивления	Величина сопротивления кабеля, Ом/км, с площадью сечения жилы, мм ²									
	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120
Активное бронированного и гибкого кабеля при 20 °С	4,600	3,070	1,840	1,150	0,740	0,520	0,370	0,260	0,194	0,153
Индуктивное бронированного кабеля на напряжение до 1000 В	0,095	0,090	0,073	0,068	0,066	0,064	0,063	0,061	0,060	0,060
Индуктивное гибкого и полугибкого кабелей на напряжение до 1000 В	0,101	0,095	0,092	0,090	0,088	0,084	0,081	0,079	0,078	0,076
Индуктивное бронированного кабеля на напряжение, кВ:										
3	0,111	0,104	0,083	0,076	0,071	0,069	0,067	0,065	0,064	0,063
6	—	—	0,110	0,102	0,091	0,087	0,083	0,080	0,078	0,076

При питании по двум раздельно включенным кабелям распределительного пункта очистного забоя, оборудованного струговой установкой или комбайном с одним или двумя совместно пускаемыми двигателями,

$$\Delta U_{н.р} = \frac{0,85}{U_n} [(\sum P_{н.р1} + \sum P_{н.р2})(R_T + X_T) + \sum P_{н.р1} (R_{\phi1} + X_{\phi1})] 10^3, \quad (28)$$

где $\sum P_{н.р1}$ — установленная мощность группы двигателей, питающихся по первому фидерному кабелю, через который подключен комбайновый или стру-

говый двигатель в j -м режиме (без комбайнового или стругового), кВт; $\sum P_{н.р2}$ — установленная мощность группы двигателей, питающихся по второму фидерному кабелю, кВт; $R_{\phi 1}$, $X_{\phi 1}$ — соответственно активное и индуктивное сопротивление первого фидерного кабеля, Ом.

В случае питания очистного забоя по одному или двум параллельно включенным кабелям значение $\Delta U_{н.р}$ определяется по формуле (24); при этом

$\sum R_{н.р2} = 0$, $\sum P_{н.р1} = \sum P_{н.р}$, $R_{\phi 1} = R_{\phi}$, $X_{\phi 1} = X_{\phi}$. При питании распределителя по двум раздельно включенным кабелям и оборудовании очистного забоя комбайном с двумя раздельно пускаемыми двигателями

$$\Delta U_{н.р} = \frac{0,85}{U_n} [(\sum P_{н.р1} + \sum P_{н.р2} + P_k)(R_T + X_T) + (\sum P_{н.р1} + P_k)(R_{\phi 1} + X_{\phi 1}) + P_k(R_T + X_T)], \quad (29)$$

где P_k — мощность одного из двигателей комбайна, кВт.

При раздельном пуске комбайновых двигателей напряжение $U_{дj} = U_{д.п}$ определяется при пуске второго двигателя и нормальной работе первого. Параметры схемы электроснабжения выбраны правильно, если соблюдаются условия $U_{д.п} \geq 0,8 U_n$ для комбайна и $U_{д.к} \geq 0,85 U_n$ для струга.

В связи с отсутствием каталожных данных I_k и $\cos \varphi_k$ для критического скольжения двигателей проверку уровня напряжения на зажимах струговых двигателей при перегрузке следует производить по формуле (23), сделав допущения о пуске двигателей дальнего привода и нормальной работе двигателей ближнего привода. Если при этом обеспечивается условие $U_{д.п} \geq 0,8 U_n$, то проверять уровни напряжения на зажимах комбайнового или стругового двигателя при перегрузке ($U_{д.к} \geq 0,85 U_n$) не требуется.

Если по расчету не обеспечивается необходимое напряжение при пуске (перегрузке), то следует предусматривать увеличение сечения основных жил комбайнового или магистрального (бронированного) кабелей в пределах, допустимых по условиям подключения к сетевым и моторным отделениям коммутационных аппаратов, а также для удобства эксплуатации; прокладку параллельных магистральных кабелей; приближение ПУПП к забюю; установку ПУПП повышенной (относительно расчетной) мощности. Во всех случаях необходимо производить технико-экономическое сравнение принимаемых вариантов с учетом наличия необходимого электрооборудования и кабелей.

При значительном удалении ПУПП от распределителя очистного забоя, оборудованного комбайном с однодвигательным приводом, потери напряжения в фидерном ΔU_{ϕ} и гибком ΔU_{Γ} комбайновом кабеле с целью минимизации годовых приведенных затрат рекомендуется распределять в следующих соотношениях:

$$\Delta U_{\Gamma} = \Delta U_k \left(1 + \frac{L_{\phi}}{2,2L_{\Gamma}}\right)^{-1} \quad \Delta U_{\phi} = \Delta U_k \left(1 + \frac{2,2L_{\Gamma}}{L_{\phi}}\right)^{-1} \quad (30)$$

где $\Delta U_k = \Delta U - \Delta U_{тр}$ — допустимые потери в кабельной сети участка, В; L_{Γ} , L_{ϕ} — длина гибкого и фидерного кабелей, км.

Проверка участковой сети на устойчивость работы защиты от утечек тока производится при условии, что длина кабелей, присоединенных к одной подстанции (трансформатору), не превышает 3 км (емкость относительно земли не более 1 мкФ на фазу). Проверка выбранного кабеля по условию срабатывания максимальной токовой защиты производится по формуле

$$I_{к.з.мин}^2 / I_y \geq k_{\phi}, \quad (31)$$

где $I_{к.з.мин}^2$ — расчетный минимальный ток двухфазного к. з. в конце кабеля

(на зажимах токоприемника), A ; I_y — уставка тока срабатывания реле аппарата (пускателя), к которому присоединен кабель, A ; $k_q = 1,5$ — коэффициент чувствительности защиты; при применении бронированных и экранированных кабелей согласно правилам безопасности допускается принимать $k_q = 1,25$.

Силовые кабели с минимальной площадью сечения 10 мм^2 (исходя из механической прочности) рекомендуется принимать для питания электроприемников, смонтированных на специальных тележках в составе общего энергопоезда, а 16 мм^2 — для питания отдельно установленных, периодически перемещаемых электроприемников. Если по расчету площадь сечения жилы кабеля получена меньше указанных величин, то необходимо принять кабель с площадью сечения жил не менее указанных по условию механической прочности.

Пример 2. Надо выбрать кабель для передвижного электроприемника (с параметрами $P_{\text{н}} = 45 \text{ кВт}$; $U_{\text{с}} = 660 \text{ В}$; $\cos \varphi = 0,8$, $I_{\text{н.пуск}} = 350 \text{ А}$), работающего при температуре окружающего воздуха 20°С , удаленного от распределителя на 100 м и питающегося от установленной на распределителе комплектной передвижной подстанции с мощностью трансформатора $S_{\text{тр}} = 400 \text{ кВ} \cdot \text{А}$. Ток нагрузки трансформатора при работе всех токоприемников $I_{\text{з}} = 300 \text{ А}$, $\cos \varphi_{\text{с.в}} = 0,75$, потеря напряжения в кабеле от передвижной подстанции до распределителя $\Delta U_{\text{ф}} = 20 \text{ В}$.

Вначале выберем марку кабеля и определим его длину. Так как электроприемник передвижной, то примем гибкий экранированный кабель марки КГЭШ. Длину кабеля определим с учетом 5% провиса при его прокладке на расстоянии от распределителя до места расположения электроприемника: $L = 100 \cdot 1,05 = 105 \text{ м}$.

Фактический ток нагрузки определим по формуле (13)

$$I_{\text{ф}} = \frac{(45 \cdot 1000)}{(1,73 \cdot 660 \cdot 0,8)} = 49 \text{ А}.$$

По данным табл. 33 примем поправочный коэффициент на температуру окружающей среды $+20^\circ \text{С}$ $k = 1,06$, а по формуле (12) найдем допустимый ток нагрузки $I_{\text{сн}} = 49 \cdot 1,06 = 51,94 \text{ А}$.

По табл. 30 для тока $51,94 \text{ А}$ выбираем ближайшую большую площадь сечения жилы: $S = 6 \text{ мм}^2$. Проверим площадь сечения по механической прочности. Так как $S = 6 \text{ мм}^2 < 16 \text{ мм}^2$, принимаем кабель площадью сечения $S = 16 \text{ мм}^2$.

Потери напряжения в трансформаторе определим по формуле (20)

$$\Delta U_{\text{тр}} = 1,73 \cdot 300 (0,0109 \cdot 0,75 + 0,038 \cdot 0,66) = 17,65 \text{ В},$$

а допустимую потерю напряжения в кабеле — по формуле (19)

$$\Delta U_{\text{г.к}} = 66 - (20 + 17,65) = 28,35 \text{ В}.$$

38. Значение коэффициента приведения в зависимости от сечения кабеля

Площадь сечения основной жилы кабеля, мм^2	Коэффициент приведения $k_{\text{пр}}$	Площадь сечения основной жилы кабеля, мм^2	Коэффициент приведения $k_{\text{пр}}$
Для сети напряжением 380—1140 В (площади сечения приведены к 50 мм^2)		Для сети напряжением 380—1140 В (площади сечения приведены к 50 мм^2)	
4	12,3	70	0,72
6	8,22	95	0,54
10	4,92	120	0,43
16	3,06	Для сетей напряжением 127—220 В (площади сечения приведены к 4 мм^2)	
25	1,97		
35	1,41		
50	1,00		
		2,5	1,6
		4,0	1,0
		6	0,67
		10	0,40

По допустимой потере напряжения (формула (21)) определим

$$S = (1,73 \cdot 49 \cdot 105 \cdot 0,8) / 46 \cdot 28,35 = 5,46 \text{ мм}^2.$$

Так как полученное значение $S = 5,46 \text{ мм}^2 < 16 \text{ мм}^2$, выбранный кабель удовлетворяет по допустимой потере напряжения.

Проверку по потере напряжения при пуске двигателя не производим ввиду небольшой его мощности по сравнению с мощностью питающего трансформатора.

Ток трехфазного к. з. в начале кабеля вычисляем по формуле (15)

$$I_{\text{к.з.}}^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 660}{1,73 \sqrt{0,113^2 + 0,0402^2}} = 10 \cdot 100 \text{ А.}$$

По данным табл. 34 находим предельно допустимый ток к. з. для гибкого кабеля с резиновой изоляцией и площадью сечения 16 мм^2 ; $I_{\text{п}} = 13600 \text{ А}$ при автоматическом выключателе АВ-320 подстанции. Поскольку $I_{\text{п}} > I_{\text{к.з.}}^{(3)}$, выбранный кабель удовлетворяет требованию по термической устойчивости.

Приведенную длину кабеля определяем по формуле $L_{\text{пр}} = k_{\text{пр}} L$. Здесь $k_{\text{пр}}$ — коэффициент приведения. Согласно данным табл. 38 $k_{\text{пр}} = 3,06$, отсюда $L = 3,06 \cdot 105 = 311 \text{ м}$.

Таким образом, принят гибкий экранированный кабель марки КГЭШ длиной 105 м.

Выбор фидерного автоматического выключателя и магнитного пускателя. Фидерные автоматические выключатели выбираются по назначению, номинальному напряжению, номинальному току и проверяются по предельному току отключения. Рабочий ток, который проходит через фидерный автомат, определяется по формуле (6), а типоразмер фидерного автомата — исходя из условия $I'_{\text{н}} \geq I'_{\text{ф}}$. Здесь $I'_{\text{н}}$ — номинальный ток фидерного автомата. Не рекомендуется выбирать фидерный автомат, рассчитанный на номинальный ток, значительно превышающий $I'_{\text{ф}}$, так как в этом случае токовые уставки будут заведомо завышены.

Магнитные взрывобезопасные пускатели выбираются по назначению, номинальному напряжению, номинальной мощности включаемого пускателем двигателя с учетом режима его работы и проверяются по способности пускателя отключать максимально возможный ток трехфазного к.з. При включении пускателем нескольких двигателей мощность их суммируется. При комплектовании пускателей в распределитель следует проверить допустимость нагрузки на их вводные зажимы (табл. 39). Выбранный фидерный выключатель (или магнитный пускатель) проверяется на способность отключать возможный ток трехфазного к. з. в защищаемом присоединении согласно условию

$$I_0 > 1,2 I_{\text{к.з. макс}}^{(3)}, \quad (32)$$

где I_0 — предельно отключаемый ток защитного аппарата, А; $I_{\text{к.з. макс}}^{(3)}$ — расчетный максимальный ток трехфазного к. з. на зажимах защитного аппарата, определяемый по формуле (15).

39. Транзитный ток нагрузки магнитных пускателей в зависимости от допустимого тока ввода

Допустимый ток ввода (номинальный ток аппарата), А	До 25	25—63	63—250	Свыше 250
Кратность суммарного тока (включая транзитный) по отношению к допустимому (не более)	3,0	2,5	2,0	1,2

Если отключающая способность проверяемого защитного аппарата (автомата или пускателя) оказывается равной или меньшей рассчитанной по выражению (32) величины, то при наличии на присоединении, питающем

защитный аппарат, группового общего или другого защитного аппарата необходимо проверить его на соответствие условию

$$I_{к.з.макс}^{(3)} \leq I_{о.гр}/1,2, \quad (33)$$

где $I_{о.гр}$ — предельно отключаемый ток группового или общего аппарата, А.

Показателем правильности выбора аппаратов должно быть соблюдение соотношения

$$I_{пр} \geq I_{к.з.макс}^{(3)}. \quad (34)$$

Пример 3. Нужно выбрать фидерный автоматический выключатель для следующих условий. Номинальное напряжение сети $U_0 = 600$ В; фактический ток общей нагрузки сети $I_{\phi} = 320$ А; максимальный ток трехфазного к. з. в месте установки автомата в сети

$I_{к.макс}^{(3)} = 8000$ А; минимальный ток двухфазного к. з. в наиболее удаленной точке

$I_{к.мин}^{(2)} = 1800$ А; пусковой ток самого мощного двигателя $I_{н.пуск} = 900$ А; сумма номинальных токов остальных двигателей $\Sigma I_{н} = 150$ А; в качестве кабеля применен бронированный кабель (без индивидуальных экранов на жилах).

Вначале по данным табл. 13 выберем автомат АФВ-3А с каталожными данными: $U_{н} = 660$ В, $U_{с} = 660$ В, $I_{н} = 350$ А $> I_{\phi} = 320$ А. Проверим выбранный автомат на возможность отключения максимального тока к. з. в месте его установки по условию (32) $I_0 = 10\,000 > I_{к.макс}^{(3)} = 8000$ А.

Затем определим ток в сети при пуске самого мощного двигателя и работе остальных двигателей в номинальном режиме

$$I_{н.пуск} + \Sigma I_{н} = 900 + 150 = 1050 \text{ А.}$$

Примем ток уставки $I_y = 1100$ А > 1050 А и коэффициент чувствительности $k_{\alpha} = 1,5$, поскольку кабель неэкранированный. Проверяем ток уставки по возможности отключения минимального тока двухфазного к. з. в наиболее удаленной точке:

$$I_y = 1100 < I_{к.мин}^{(2)}/1,5 = 1800/1,5 = 1200 \text{ А.}$$

Таким образом, фидерный автоматический выключатель АФВ-3А выбран правильно.

Пример 4. Надо выбрать магнитный взрывобезопасный пускатель для следующих условий вий. Номинальное напряжение сети $U_0 = 660$ В; фактический ток нагрузки $I_{\phi} = 120$ А;

максимальный ток трехфазного к. з. в месте установки пускателя $I_{к.макс}^{(3)} = 2500$ А; минимальный ток двухфазного к. з. в наиболее удаленной точке сети $I_{к.мин}^{(2)} = 1500$ А; в качестве кабеля, питающего двигатель, применен экранированный кабель; пусковой ток двигателя $I_{н.пуск} = 800$ А.

Вначале по данным табл. 16 выберем пускатель ПВИ-125-БТ с каталожными данными: $U_{н} = 660$ В; $I_{н} = 125$ А $> I_{\phi} = 120$ А; $I_0 = 8300$ А $> I_{к.макс}^{(3)} = 2500$ А. Примем ток уставки $I_y = 900$ А $< I_{н.пуск} = 800$ А и $k_{\alpha} = 1,25$, так как кабель экранированный.

Затем проверим уставки:

$$I_y = 900 \text{ А} < I_{к.мин}^{(2)}/1,25 < 1500/1,25 < 1200 \text{ А.}$$

Таким образом, принят пускатель ПВИ-125-БТ.

Выбор кабеля высокого напряжения для питания участковой трансформаторной подстанции [10]. Сечение кабеля, питающего участковую трансформаторную подстанцию, выбирается по нагреву рабочим током (табл. 34). Ток нагрузки высоковольтного кабеля при малой загрузке трансформатора (или передвижной подстанции)

$$I_{в} = 1,1 (k_{от}/k_{т}) I_{\phi} \quad (35)$$

при загрузке, близкой к номинальной,

$$I_{в} = 1,1 I_{т.в} \quad (36)$$

где 1,1 — коэффициент резерва, учитывающий возможное увеличение нагрузки; I_{ϕ} — фактический ток нагрузки подстанции, определяемый по формуле (6); $I_{т.в}$ — номинальный ток обмотки высшего напряжения подстанции (табл. 11), А;

При питании по одному кабелю двух-трех подстанций ток нагрузки определяется по формуле

$$I_{в} = (0,9 \dots 1,0) \sum I_{т.в}. \quad (37)$$

Выбранное по нагреву сечение кабеля проверяется на термическую устойчивость по формулам (14) и (17). При этом ток трехфазного к.з. в начале проверяемого кабеля определяется по формуле (15), а приведенное время t_n отключения к.з. принимается равным 0,12—0,17 с для ячеек ЯВ-6400 и КРУВ и 0,2—0,25 с для ячеек РВД-56 и УРВМ-6/3. Больше время относится к ячейкам, установленным в центральной подземной подстанции, меньшее — к ячейкам, установленным в РПП-6.

Поправочный коэффициент, учитывающий загрузку кабеля до момента к.з. и температуру окружающей среды, принимается по данным табл. 35 или определяется по формуле, входящей в выражение (17).

Проверка выбранного сечения высоковольтного кабеля по допустимой потере напряжения при известных значениях уровней напряжения на центральной подземной подстанции (РПП-6) производится исходя из условия обеспечения нормируемых уровней напряжения на зажимах двигателя комбайна (или струга) в j -м режиме по формуле

$$U_{дj} = \frac{\frac{k_{от}}{k_T} U_{ц.п.п} - \frac{0,85}{U_n} \left[\sum P_{н.р} \left(\frac{k_{от}}{k_T} \right)^2 (R_{в} + X_{к.з} + X_{в}) + \sum_{i=1}^m P_{н.р_i} (\sum R_i + \sum X_i) \right] 10^9}{1 + \sqrt{3} \frac{n I_j}{U_n} \left\{ \left[\sum R_n + \left(\frac{k_{от}}{k_T} \right)^2 R_{в} \right] \cos \varphi_j + \left[\sum X_n + \left(\frac{k_{от}}{k_T} \right)^2 (X_{к.з} + X_{в}) \right] \sin \varphi_j \right\}}, \quad (38)$$

где $U_{ц.п.п}$, U_n — напряжение на шинах центральной подземной подстанции и номинальное низковольтной сети, В; $R_{в}$, $X_{в}$ — активное и индуктивное сопротивление кабеля между центральной подземной подстанцией и ПУПП, Ом; $X_{к.з}$ — индуктивное сопротивление системы напряжением 6 кВ до подстанции включительно, Ом; $\sum P_{н.р_i}$ — установленная мощность m двигателей, питающихся от i -х элементов сети, через которые подключен двигатель комбайна (или струга), кВт; $\sum X_i$, $\sum R_i$ — суммарные активные и индуктивные сопротивления i -х элементов сети, Ом; I_j , $\cos \varphi_j$ — ток и коэффициент мощности двигателя в j -м режиме; $\sum R_n$, $\sum X_n$ — суммы активных и индуктивных сопротивлений трансформатора, фидерного и гибкого комбайнового (стругового) кабелей, Ом.

Величины $\sum P_{н.р_i}$, $\sum R_i$, $\sum X_i$ зависят от схемы питания РППН и принятого типа выемочной машины и соответствуют значениям, входящим в формулы (24) и (25). При известных (или ожидаемых) значениях $U_{ц.п.п}$ напряжение $U_{дj}$ следует определять сразу по формуле (38), а не по (27).

8.2. ВЫБОР И ПРОВЕРКА УСТАВОК РЕЛЕ И ПЛАВКИХ ВСТАВОК ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СЕТЕЙ ОТ ТОКОВ К. З.

Выбор устройств релейной защиты, а также расчет и проверка параметров срабатывания этих устройств при напряжении выше 1140 В должны производиться согласно Инструкции по выбору и проверке электрических аппаратов напряжением 3 и 6 кВ, а уставка тока срабатывания реле максимального тока автоматических выключателей, магнитных пускателей и станций управления, а также номинальный ток плавкой вставки предохранителей при напряжении до 1140 В должны выбираться согласно Инструкции по определению токов к.з., выбору и проверке уставок максимальной токовой защиты в сетях напряжением до 1,2 кВ.

При напряжении выше 1140 В выбор и проверка уставок срабатывания максимальной токовой защиты выполняются по следующим формулам:

а) для токовых реле мгновенного действия (без выдержки времени), включенных по схеме неполной звезды,

$$I_{\text{ср}2} = \frac{k_n I_{\text{р.макс}}}{k_{\text{т.т}}}; \quad I_{\text{ср}1} = k_{\text{т.т}} I_y; \quad k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.з}}^{(2)}}{I_{\text{ср}1}}, \quad (39)$$

где $I_{\text{ср}2}$, $I_{\text{ср}1}$ — расчетный ток срабатывания реле и первичный ток срабатывания защиты, А; k_n — коэффициент надежности защиты; $I_{\text{р.макс}}$ — максимальный рабочий ток защищаемой линии, А; $k_{\text{т.т}}$ — коэффициент трансформации трансформаторов тока; I_y — ток уставки реле, принимается ближайшее большее значение к расчетному току, А; $I_{\text{к.з}}^{(2)}$ — расчетный ток двухфазного к. з., А;

б) для токовых реле с ограниченно зависимой выдержкой времени (ТР-80 и аппарата АФЗ), включенных по схеме неполной звезды,

$$I_{\text{ср.п}} = \frac{k I_{\text{р}}}{k_n k_{\text{т.т}}}; \quad I_{\text{ср.п}1} = k_{\text{т.т}} I_y; \\ k_o = \frac{I_{\text{к.з}}^{(2)}}{k_{\text{ч}} I_{\text{ср.п}1}} \quad I_{\text{ср.о}1} = k_o I_{\text{ср.п}1}, \quad (40)$$

где $I_{\text{ср.п}1}$, $I_{\text{р}}$ — расчетный ток срабатывания реле и рабочий ток защищаемой линии, А; k_b — коэффициент возврата реле, для РТ-80 $k_b = 0,85$, для аппарата АФЗ $k_b = 1,0$; $I_{\text{ср.п}1}$, $I_{\text{ср.о}1}$ — первичные токи срабатывания защиты соответственно от перегрузки и к. з., А; k_o — оптимальная кратность тока отсечки реле; при ступенчатой регулировке следует принимать не менее 2 для реле РТ-80 и не менее 4 для аппарата АФЗ;

в) для токовых реле, шунтируемых сопротивлениями на период пуска двигателей, при $I_{\text{н.дв}} < 0,9 I_{\text{н.а}}$ следует принимать $I_y = 5$ А, при $I_{\text{н.дв}} = (0,9 \dots 1,0) I_{\text{н.а}}$ допускается принимать $I_y = 7$ А, а также

$$I_{\text{ср}1} = k_{\text{т.т}} I_y; \quad k_{\text{ч}} = I_{\text{к.з}}^{(2)} / (k_{\text{ш}} I_{\text{ср}2}), \quad (41)$$

где $I_{\text{н.дв}}$, $I_{\text{н.а}}$ — соответственно номинальные токи двигателя и аппарата; $k_{\text{ш}} = 7,5$ — коэффициент шунтирования.

Максимальный рабочий ток защищаемой линии для питающих линий центральных подземных подстанций и распределительных пунктов, а также для сборных шин этих подстанций

$$I_{\text{р.макс}} = I_{\text{р}} + I_{\text{р.макс}} = \sum I_{\text{н}} + k_{\text{п}} I_{\text{н.макс}}; \quad (42)$$

для двигателей

$$I_{p, \text{макс}} = I_{\Pi} = k_{\Pi} I_{н.дв}; \quad (43)$$

для силовых трансформаторов

$$I_{p, \text{макс}} = I_{н.тр} + I_{п, \text{макс}}/k_T, \quad (44)$$

где $I_{н.макс}$, $I_{п.макс}$ — номинальный и пусковой токи наиболее мощных электроприемников, присоединенных к шинам подстанции или силовому трансформатору, А; $k_{\Pi} = 6,5$ — кратность пускового тока для двигателей с короткозамкнутым ротором, $k_T = 1,5 \dots 2$ — с фазным ротором; $I_{н.тр}$ — номинальный ток силового трансформатора, А.

Коэффициент надежности токовой защиты принимается равным 1,2 — 1,4. Коэффициент чувствительности защиты определяется по номинальному значению тока двухфазного металлического к.з., который может возникнуть в предусматриваемой зоне действия защиты, т. е. с учетом резервирования защиты смежного последующего участка сети. Как уже упоминалось, коэффициент чувствительности не должен быть ниже 2, а для защит, установленных на питающих линиях, — не ниже 1,5.

Проверку чувствительности защиты силовых трансформаторов (передвижных подстанций) производят по Правилам технической эксплуатации*.

При напряжении до 1140 В уставка тока срабатывания реле автоматических выключателей, магнитных пускателей, станций управления определяется по формулам:

а) для защиты магистрали

$$I_y \geq I_{н.пуск} + \sum I_{н.раб}, \quad (45)$$

где $I_{н.пуск}$ — номинальный пусковой ток наиболее мощного двигателя, А;

$\sum I_{н.раб}$ — сумма номинальных токов всех остальных токоприемников, А;

б) для защиты ответвлений, питающих группу одновременно включаемых двигателей с короткозамкнутым ротором,

$$I_y \geq \sum I_{н.пуск}; \quad (46)$$

для защиты магистралей с мощным асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором (в случае если пусковые токи превышают 600—700 А) допускается выбирать уставки тока срабатывания реле исходя из величины фактических пусковых токов. Для приближенного определения пускового тока номинальный рабочий ток должен быть увеличен в случае применения двигателя с короткозамкнутым ротором в 6—7, а в случае применения двигателя с фазным ротором — в 1,5 раза;

в) для защиты ответвления, питающего осветительную нагрузку с лампами накаливания,

$$I_y \geq 3I_{н.раб}, \quad (47)$$

а с люминесцентными лампами

$$I_y \geq 1,25I_{н.раб}. \quad (48)$$

Выбранная уставка тока срабатывания реле проверяется по расчетному минимальному току двухфазного к.з. При этом отношение (кратность) расчетного минимального тока двухфазного к.з. к уставке тока срабатывания реле должно удовлетворять условию

$$I_{к.з. \text{ мин}}^{(2)} / I_y \geq K_d; \quad (49)$$

* Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт.— М.: Недра, 1976.— 303 с.

В отдельных случаях по согласованию с главным энергетиком для магистралей и ответвлений, выполненных бронированными или экранированными кабелями, допускается снижение коэффициента чувствительности до 1,25.

Выбор и проверка плавких предохранителей производится в следующем порядке. Определяется номинальный ток плавкой вставки предохранителей для защиты магистрали:

$$I_{\text{в}} \geq \frac{I_{\text{н.пуск}}}{1,6 \dots 2,5} + \sum I_{\text{н.раб}}, \quad (50)$$

где 1,6...2,5 — коэффициент, обеспечивающий неперегорание плавкой вставки при пусках двигателей с короткозамкнутым ротором. Для нормальных условий пуска двигателя (редкие пуски и быстрое разворачивание) значение этого коэффициента следует принимать равным 2,5, а для тяжелых условий пуска (частые пуски при длительном разворачивании) — равным 1,6—2.

Чрезмерно занижать номинальный ток плавкой вставки не следует, так как последняя может перегреться при пусках, что является одной из причин выхода из строя двигателей в неполнофазном режиме их работы.

Номинальный ток плавкой вставки для защиты ответвления в случае применения двигателя с короткозамкнутым ротором

$$I_{\text{в}} \geq I_{\text{н.пуск}} / (1,6 \dots 2,5); \quad (51)$$

а в случае осветительной нагрузки

$$I_{\text{в}} \geq I_{\text{н.раб}}. \quad (52)$$

Необходимо устанавливать плавкие вставки со значением их номинального тока, ближайшим к расчетному. Допускается параллельное включение в одном патроне предохранителя двух равных или отличающихся по номинальному току на 30—35 % плавких вставок. При этом суммарный ток их не должен превышать расчетного.

Для защиты искроопасных цепей напряжением до 42 В, отходящих от аппаратов (пускатели, станции управления) и питающих внешние нагрузки (аппараты автоматизации, светильники местного освещения), должны устанавливаться предохранители, величина плавкой вставки которых указывается в инструкции по эксплуатации аппарата. Для защиты этих цепей могут применяться также малогабаритные автоматические выключатели, встроенные в аппарат.

Выбранная плавкая вставка должна быть проверена по расчетному минимальному току двухфазного к.з., наименьшему сечению жил кабеля и должна соответствовать наибольшему длительно допустимому току нагрузки. При этом кратность, равная 4, допускается в сетях напряжением 380—1140 В, где требуется плавкая вставка на номинальный ток 160 и 200 А, а также в сетях напряжением 127 и 220 В независимо от величины тока плавкой вставки.

Плавкая вставка для защиты искробезопасных цепей напряжением до 42 В проверяется по условию

$$I_{\text{к.з.мин}} / I_{\text{в}} > 5. \quad (53)$$

Защита вторичной обмотки силового трансформатора напряжением до 1140 В и участка сети на расстоянии от зажимов этой обмотки до общего защитного аппарата от минимальных токов двухфазного к.з. осуществляется аппаратом защиты, установленным со стороны первичной обмотки этого трансформатора. Защита указанных участков электрической сети и трансформаторов с вторичным напряжением 1140, 660, 380, 230, 133 В может осуществляться как с помощью реле максимального тока, так и плавкими предохранителями. Выбор и проверка уставок тока срабатывания указанных реле производится по формулам:

для трансформаторов с одинаковыми схемами соединения первичной и вторичной обмоток

$$I_{\text{к.з.мин}}^2 / (k_{\text{T}} I_{\text{У}}) \geq k_{\text{ч}} = 1,5, \quad (54)$$

где $I_{к.з.мин}^2$ — расчетный минимальный ток двухфазного к.з. на стороне вторичной обмотки трансформатора, А; I_y — уставка тока срабатывания реле аппарата со стороны первичной обмотки трансформатора, А;

для трансформаторов с различными схемами соединения первичной и вторичной обмоток

$$I_{к.з.мин}^{(2)}/(k_T I_y \sqrt{3}) \geq 1,5. \quad (55)$$

Уставки тока срабатывания максимальных реле аппаратов на стороне первичной обмотки для защиты вторичной обмотки осветительных трансформаторов, питающих лампы накаливания и люминесцентные, определяются соответственно

$$I_y \geq 3I_{н.раб}/k_T; \quad I_y \geq 1,25I_{н.раб}/k_n. \quad (56)$$

Номинальный ток плавкой вставки предохранителей, встроенных в аппараты, установленные на первичной стороне осветительных трансформаторов,

$$I_n \geq \frac{1,2 \dots 1,4}{k_T} I_{н.раб}. \quad (57)$$

Приимается плавкая вставка ближайшим к расчетному значению номинальным током.

Отношение (кратность) расчетного минимального тока двухфазного к.з. к номинальному току плавкой вставки должно удовлетворять условиям:

для трансформаторов с одинаковой схемой соединения первичной и вторичной обмоток

$$I_{к.з.мин}^{(2)}/(k_T I_n) \geq 4; \quad (58)$$

для трансформаторов с различной схемой соединения первичной и вторичной обмоток.

$$I_{к.з.мин}^{(2)}/(k_T I_n \sqrt{3}) \geq 4. \quad (59)$$

Здесь $I_{к.з.мин}^{(2)}$ — расчетный минимальный ток двухфазного к.з., определенный для случая замыкания на вводных зажимах следующего после вторичной обмотки защитного аппарата, А.

Для обеспечения надежного отключения защитным аппаратом максимальных токов к.з., которые могут возникнуть в защищаемом присоединении, уставки тока срабатывания их реле необходимо проверить по предельно отключаемому току защитной аппаратуры:

$$I_o > 1,2I_{к.з.макс}^{(3)}. \quad (60)$$

В случае если отключающая способность проверяемого аппарата оказывается меньше величины, указанной в неравенстве (60), то при наличии на присоединении, питающем данный аппарат, другого аппарата с достаточной отключающей способностью необходимо, чтобы соблюдалось условие

$$I_y \leq I_o/(1,2k_n) = 0,55I_o. \quad (61)$$

Здесь I_y — уставка тока срабатывания реле максимального тока аппарата с отключающей способностью, удовлетворяющей условию (60), А. Если условие (60) не соблюдается, то необходимо устанавливать перед проверяемым аппаратом дополнительный аппарат, удовлетворяющий условиям (60) и (61).

Требование о проверке аппаратов по предельно отключаемому току не распространяется на автоматические выключатели, установленные в передвижных подстанциях и пусковых агрегатах.

Расчет токов к.з., необходимых для определения минимального значения тока двухфазного к. з. и выбора уставок средств защиты, а также макси-

мального тока трехфазного к.з., и проверка коммутационной аппаратуры на отключающую способность производится в следующем порядке.

При напряжении выше 1140 В. Ток трехфазного к.з. для любой точки сети может быть определен по формуле, кА,

$$I_{к.з.}^{(3)} = U / (\sqrt{3} \sqrt{x^2 + r^2}), \quad (62)$$

где U — напряжение сети, принимаемое равным 3,15 и 6,3 кВ; x, r — соответственно индуктивное и активное сопротивления цепи к.з., Ом.

Определение индуктивного сопротивления цепи к.з. следует производить с учетом сопротивлений всех элементов цепи, активного — только сопротивления кабельной линии:

$$x = x_c + x_{тр} + x_p + x_d; \quad r = r_d, \quad (63)$$

где $x_c = U/S_c^{(3)}$ — индуктивное сопротивление энергосистемы, приведенное к расчетному напряжению сети; при глубоком вводе 110/6 кВ можно принимать $x_c = 0$, а при 35/6 кВ — $x_c = 0,08$ Ом; $S_c^{(3)}$ — мощность трехфазного к. з. энергосистемы, МВ · А; $x_{тр} = (10U_k U^2)/S_H$ — индуктивное сопротивление трансформатора, может быть принято по данным табл. 40; U_k — напряжение к. з., %; S_H — номинальная мощность трансформатора, кВ · А; $x_p = (10x_{o.p} U_p) / (\sqrt{3} I_p)$ — индуктивное сопротивление токоограничивающего реактора; $x_{o.p}$ — относительная реактивность реактора, %; U_p, I_p — номинальные напряжение и ток реактора; x_d, r_d — индуктивное и активное сопротивления линии; для однопроводной воздушной линии индуктивное сопротивление принимается равным 0,4 Ом/км, для двухпроводной (два провода в одной фазе) — 0,3 Ом/км, а для кабелей — 0,08 Ом/км.

40. Индуктивное сопротивление двухобмоточных трансформаторов

Номинальная мощность трансформатора, кВ · А	Индуктивное сопротивление, Ом, двухобмоточных трансформаторов, отнесенное к напряжению 6 кВ*, при напряжении к. з., %						
	5,5	6,5	7,0	7,5	8,0		10,5
1000	2,17	2,67	2,77	2,96	3,17	3,36	4,16
1600	1,37	1,62	1,74	1,86	2,00	2,10	2,60
1800	1,21	1,43	1,54	1,65	1,76	1,86	2,31
2500	0,88	1,03	1,11	1,10	1,27	1,35	1,87
3200	0,68	0,81	0,87	0,93	0,99	1,05	1,30
4000	0,55	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	1,05
5600	0,39	0,46	0,50	0,53	0,57	0,60	0,74
6300	0,35	0,41	0,44	0,47	0,51	0,54	0,66
7500	0,29	0,34	0,37	0,40	0,43	0,45	0,56
10000	0,22	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,42
15000	0,15	0,17	0,19	0,20	0,21	0,22	0,28
16000	0,14	0,16	0,17	0,19	0,20	0,21	0,26
20000	0,11	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,21
25000**	0,087	0,103	0,11	0,12	0,13	0,14	0,17
31500	0,07	0,082	0,088	0,095	0,10	0,11	0,13
40000	0,06	0,064	0,07	0,074	0,079	0,084	0,104
63000	0,034	0,041	0,044	0,047	0,05	0,054	0,066

* Индуктивное сопротивление трансформаторов, отнесенное к напряжению 3 кВ: $x_{тр} = 0,25$.

** Индуктивное сопротивление трансформаторов с двумя расщепленными вторичными обмотками мощностью по 0,5 S_H : $x_{тр} = 2x_{тр}$.

Мощность трехфазного к. з. сети, МВ А,

$$S_{к.з.}^{(3)} = \sqrt{3}UI_{к.з.}^{(3)}. \quad (64)$$

Ток двухфазного к. з., кА,

$$I_{к.з.}^{(2)} = 0,87I_{к.з.}^{(3)}. \quad (65)$$

Значение тока трехфазного к.з. в шахтной сети может быть определено по таблицам, приведенным в Правилах технической эксплуатации в зависимости от приведенной длины кабелей. Для кабелей, имеющих площадь сечения токопроводящей жилы 50 мм², приведенная длина кабеля равна фактической его длине. Для кабелей с другой площадью сечения приведенная длина определяется по данным таблиц Правил технической эксплуатации. Для линий, состоящих из кабелей различного сечения, приведенная длина равна сумме приведенных длин отдельных участков, т. е. $L_p = L_1 + L_2 + \dots + L_n$, а расчетная приведенная длина двух кабелей, включенных параллельно,

$$L_{пр} = (L_1 L_2) / (L_1 + L_2). \quad (66)$$

При напряжении до 1140 В. Расчетный минимальный ток двухфазного металлического к.з. $I_{к.з.мин}^{(2)}$ в наиболее электрически удаленной от трансформатора точке сети определяется с учетом параметров высоковольтной распределительной сети, трансформатора и нагрева жил кабелей до 65 °С, а также с учетом переходных сопротивлений контактов и элементов коммутационных аппаратов, в том числе и сопротивления в месте к.з.

Расчетный ток $I_{к.з.мин}^{(2)}$ в зависимости от приведенной длины кабелей и параметров сети может определяться по данным таблиц Правил технической эксплуатации. Для промежуточных значений мощности к.з. и длин кабельных линий токи к.з. определяются методом линейной интерполяции.

Токи двухфазного к.з. могут быть также определены по формуле

$$I_{к.з.мин}^{(2)} = \frac{0,95U_n}{2\sqrt{(r_{р.с} + r_T + r_k L_{пр})^2 + (x_{р.с} + x_T + x_k L_{пр})^2}}, \quad (67)$$

где U_n — среднее номинальное напряжение, принимается равным 0,133; 0,23; 0,4; 0,69 или 1,2 кВ; $r_{р.с}$, r_T , $x_{р.с}$, x_T — активное и индуктивное сопротивление высоковольтной распределительной сети и трансформатора, приведенные ко вторичной обмотке, Ом; r_k , x_k — активное и индуктивное сопротивления 1 км кабеля участковой сети; $L_{пр}$ — приведенная к площади сечения 50 мм² или 4 мм² длина кабельных линий, включенных в цепь к. з., м.

При определении расчетного тока $I_{к.з.мин}^{(2)}$ допускается не учитывать сопротивление распределительной сети при мощности участков подстанций до 400 кВ А включительно, т. е. принимать $x_{р.с} = 0$, $r_{р.с} = 0$; при $S_{к.з.} > 50$ МВ · А принимать активное сопротивление распределительной сети равным нулю.

Полное, активное и индуктивное сопротивления высоковольтной распределительной сети при $S_{к.з.} \leq 50$ МВ · А

$$Z_{р.с} = \frac{U_n^2}{S_{к.з.}}; \quad r_{р.с} = U_n^2 \left(\frac{1,1}{S_{к.з.}} - 0,02 \right); \quad X_{р.с} = \sqrt{Z_{р.с.}^2 - r_{р.с.}^2}. \quad (68)$$

Здесь $S_{к.з.}$ — мощность к. з. на вводе участковой подстанции или на шинах ближайшего питающего РПП-6, МВ А.

Индуктивное и активное сопротивления трансформатора

$$x_T = \frac{10U_K U_H^2}{S_T}; \quad r_T = \frac{P_K U_H^2}{S_T^2}, \quad (69)$$

где S_T, P_K — номинальная мощность и потери к. з. трансформатора.

Активное и индуктивное сопротивления жил кабеля принимаются по каталожным данным и пересчитываются для температуры нагрева 65°C . Для указанной температуры и площади сечения медных жил 50 мм^2 активное сопротивление равно $0,423$, а индуктивное — $0,075 \text{ Ом/км}$. Суммарное переходное сопротивление контактов и элементов аппаратов, а также переходное сопротивление в месте к.з. принимаются равными $0,005$ на один коммутационный аппарат, включая точку к.з.

Расчетный минимальный ток к.з. в наиболее удаленной точке отходящего от аппарата искробезопасного присоединения напряжением до 42 В достаточно точно определяется по формуле

$$I_{\text{к.з. мин}} = U_H / (r_H + 2r_K). \quad (70)$$

Здесь U_H — номинальное напряжение вторичной обмотки трансформатора, В; r_K — сопротивление одной жилы кабеля, Ом; принимается равным $0,008; 0,005; 0,0033$ и $0,002 \text{ Ом/м}$ для кабелей с площадью сечения жил $2,5; 4; 6$ и 10 мм^2 .

Приведенная длина кабельных линий в цепи к.з. определяется суммированием приведенных длин отдельных кабелей:

$$L_{\text{пр}} = L_1 k_{\text{пр}1} + L_2 k_{\text{пр}2} + \dots + L_n k_{\text{пр}n} + (k_K + 1) l_3, \quad (71)$$

где $L_1, \dots, L_{\text{пр}n}$ — фактические длины кабелей с различными сечениями жил, м; k_K — количество коммутационных аппаратов, последовательно включенных в цепь к.з.; $l_3 = 10 \text{ м}$ — приведенная длина кабельной линии с сопротивлением, эквивалентным переходным сопротивлениям элементов коммутационных аппаратов.

При проверке уставки тока срабатывания защиты аппарата, защищающего питающий кабель и электрооборудование горных машин с многодвигательным приводом, необходимо к сумме (формула 71) прибавлять приведенную длину кабеля с площадью сечения основной жилы 50 мм^2 , токоограничающее влияние которого эквивалентно включению в защищаемую сеть элементов внутреннего монтажа машины. Эта величина указывается в заводских инструкциях по эксплуатации машин.

При определении $I_{\text{к.з. мин}}^{(2)}$ в осветительных сетях необходимо учитывать сопротивления контактов. Для этого к $L_{\text{пр}}$ необходимо прибавлять величину $2n$, где n — количество светильников в сети освещения.

Коэффициенты приведения $k_{\text{пр}}$ сечений кабелей для определения расчетных минимальных токов к. з. $I_{\text{к.з. мин}}^{(2)}$ приведены в табл. 38.

Максимальный ток трехфазного к.з. на выводе аппарата может быть вычислен исходя из значения минимального тока двухфазного к. з., определенного для той же точки с учетом температурного коэффициента и повышенного напряжения вторичной обмотки трансформатора, по формуле

$$I_{\text{к.з. мин}}^{(3)} \cong 1,6 I_{\text{к.з. мин}}^{(2)}. \quad (72)$$

Пример 5. Для данных примера 2 ток двухфазного к. з. в конце кабеля вычисляем по формуле (67)

$$I_{\text{к.з. мин}}^{(2)} = \frac{0,95 \cdot 660}{2 \sqrt{(0,423 + 0,311)^2 + (0,075 + 0,311)^2}} = 2370 \text{ А.}$$

Уставку максимальной токовой защиты принимаем согласно условию $I_Y > I_{\text{н.пуск}} = 350 \text{ А}$, принимаем $I_Y = 400 \text{ А}$. Затем проверяем по условию срабатывания максимальной токовой защиты: $I_{\text{к.з. мин}}^{(2)} / I_Y > k_C = 1,5$. Поскольку $I_{\text{к.з. мин}}^{(2)} / I_Y = 2370 / 350 = 6,5 > 1,5$, то принятый кабель удовлетворяет этому условию.

8.3. РАСЧЕТ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ СЕТИ УЧАСТКА

Вначале выбираются число и схема расстановки осветительных трансформаторов на участке. При этом следует стремиться применить их возможно меньшее число и обеспечить полную загрузку трансформаторов, удобство их переноса и т. д.

При расчете кабелей осветительной сети следует учесть то, что потери напряжения в сети не должны превышать 8 % при светильниках с лампами накаливания и 10 % при люминесцентных светильниках. Таким образом,

$$\Delta U_{oc} = 0,08U_{oc} = 0,08 \cdot 133 = 10,6 \text{ В,}$$

$$\text{или } \Delta U_{oc} = 0,1U_{oc} = 0,1 \cdot 133 = 13,3 \text{ В.}$$

Потери напряжения в сети складываются из потерь напряжения в осветительном трансформаторе $\Delta U_{тр.ос}$ и потерь в гибком кабеле $\Delta U_{г.ос}$: $\Delta U_{oc} = \Delta U_{тр.ос} + \Delta U_{г.ос}$. Потеря напряжения в осветительном трансформаторе с достаточной точностью определяется по формуле

$$\Delta U_{тр} = \beta e_k, \quad (73)$$

где e_k — напряжение к. з. осветительного трансформатора.

Допустимая потеря напряжения в осветительном кабеле

$$\Delta U_{г.ос} = \Delta U_{oc} - \Delta U_{тр.ос}; \quad (74)$$

площадь сечения токоведущей жилы осветительного кабеля

$$S = \frac{\sqrt{3} I \frac{L}{2} \cos \varphi_{ср}}{\gamma \Delta U_{г.ос}}; \quad (75)$$

если до линии со светильниками длиной L имеется кабель без светильников длиной l , то

$$S = \frac{\sqrt{3} I \left(l + \frac{L}{2} \right) \cos \varphi_{ср}}{\gamma \Delta U_{г.ос}}, \quad (76)$$

где $I = \sum P_{св} / (\sqrt{3} U_n \cos \varphi_{ср})$ — ток в осветительном кабеле; $\sum P_{св}$ — суммарная мощность светильников, кВт; $\gamma = 0,017$ — удельная проводимость меди, м/(Ом мм²), для малозагруженных кабелей $\gamma = 53$ и для сильно загруженных $\gamma = 46$.

Мощность осветительного трансформатора

$$S = \sum P_{св} / \eta_c \cos \varphi_{св}, \quad (77)$$

где $\eta_c = 0,9 \dots 0,92$ — КПД осветительной установки; $\cos \varphi_{св}$ — коэффициент мощности светильников, для светильников с лампами накаливания $\cos \varphi_{св} = 1$, для люминесцентных $\cos \varphi_{св} = 0,5$.

8.4. ПАРАМЕТРЫ КАБЕЛЕЙ И ИХ ФАЗИРОВКА

Важным параметром, характеризующим исправность кабеля, является сопротивление изоляции силовых жил относительно друг друга, а также каждой жилы относительно земли. При низком сопротивлении изоляции могут возникнуть к.з. или утечка тока в сети, в которой используется кабель с низким сопротивлением изоляции. У новых кабелей сопротивление изоляции жил, пересчитанное на 1 км длины, должно быть не менее 100 МОм.

В условиях эксплуатации сопротивление изоляции работающих бронированных и гибких кабелей любой длины согласно Правилам безопасности должно быть не ниже 1 МОм на каждую фазу.

Как уже говорилось, измерение сопротивления изоляции электрооборудования и кабелей перед включением производится после монтажа и переноски, после аварийного отключения защиты, после длительного пребывания в бездействии, если реле утечки не позволяет включить сеть, а для стационарного электрооборудования — не реже одного раза в год [7].

Для измерения сопротивления изоляции применяют мегомметр или другие приборы, измеряющие сопротивление изоляции.

Другим важным параметром является емкость кабеля. Различают рабочую емкость кабеля C_p и частичную емкость жилы на оболочку C_o . Рабочая емкость трехжильного кабеля при симметричном трехфазном напряжении может быть выражена через частичные емкости (рис. 77):

$$C_p = C_o + 3C_{\phi}, \quad (78)$$

где $C_{\phi} = C_{1,2} = C_{1,3} = C_{2,3}$ — частичные емкости между жилами.

Рабочая емкость характеризует нормальную работу трехфазной кабельной сети и служит для подсчета зарядного тока кабеля, А/км,

$$I_c = 0,314U_{\phi}C_p, \quad (79)$$

где U_{ϕ} — фазное напряжение линии.

Емкость жилы относительно оболочки характеризует работу трехфазной кабельной линии при замыкании на землю и служит для подсчета емкостного тока замыкания на землю:

$$I_z = 0,942U_{\phi}C_o. \quad (80)$$

При расчетах систем электроснабжения важно знать активное R_t и индуктивное X_t сопротивление жил кабелей, которые можно определить по зависимостям

$$R_t = r_o k_t L_{np}; \quad X_t = X_o L_{np}, \quad (81)$$

где r_o — удельное сопротивление одной жилы кабеля площадью сечения 50 мм² при температуре 20 °С, Ом/км, $r_o = 0,37$ для бронированных и $r_o = 0,394$ для гибких экранированных кабелей; x — удельное индуктивное сопротивление одной жилы кабеля площадью сечения 50 мм², Ом/км; $x_o = 0,063$ для бронированных и $x_o = 0,084$ Ом/км для гибких кабелей.

Приведенная длина кабельной линии определяется суммированием приведенных длин отдельных кабелей и вычисляется по формуле (71).

Если в условиях эксплуатации площадь сечения жил кабеля неизвестна, то ее можно определить по формуле [7]

$$S = (\pi d_o^2)/4n^2, \quad (82)$$

где d_o — диаметр отдельной проволоки жилы, мм; n^2 — количество проволок в жиле.

Длину кабеля, уложенного на барабан, с достаточной для практики точностью рекомендуется определять по формуле

$$L = \frac{3,14b}{4d_k^2} (D_2^2 - D_1^2)^{-2}, \quad (83)$$

где b — ширина активной части барабана, мм; d_k — диаметр кабеля, мм,

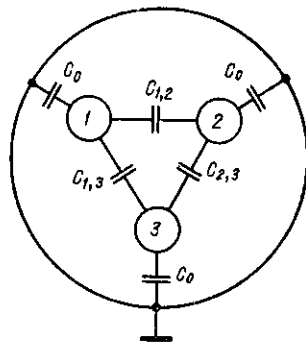


Рис. 77. Модель емкостей в кабеле (1—3— номера фаз).

D_1 — диаметр внешнего витка кабеля на барабане, мм; D_2 — диаметр шейки барабана, мм.

Для включения на параллельную работу линий, кабелей, а также трансформаторов необходима их предварительная фазировка, т. е. определение одноименных фаз, подлежащих совместному соединению.

Фазировку производят на отключенных разъединителях, выключателях или кабелях, отсоединенных от выключателей. Перед фазировкой проверяют напряжение на всех шести зажимах источников питания: при напряжении до 660 В с помощью индикатора напряжения ПИН-90, при более высоком напряжении — указателем напряжения УН-541.

При фазировке щупом основного корпуса указателя прикасаются к токоведущей части какой-либо фазы, а щупом вспомогательного — к той же фазе другого источника. Если одноименные фазы совпадают, то лампа светиться не будет, так как отсутствует разность потенциалов. Если фазы перепутаны и не совпадают, указатель покажет наличие напряжения.

По соображениям безопасности перед применением указателя нужно проверять на исправность. При работе с указателем УН-451 необходимо сначала коснуться его наконечником токоведущих частей, находящихся под напряжением, и убедиться, что лампа загорается. Затем, не отнимая указателя напряжения, коснуться тех же частей наконечником трубки фазировки и убедиться, что лампа гаснет.

Указатель напряжения, употребляемый при фазировке, должен быть рассчитан на двойное рабочее напряжение фазлируемых цепей или иметь соответствующее дополнительное сопротивление.

Фазировка электроустановок напряжением более 1000 В, которые не снабжены защитой от утечек, должна выполняться только по наряду и обязательно не менее чем двумя лицами. В электроустановках, снабженных защитой от утечек, перед фазировкой необходимо проверить функционирование защиты нажатием на кнопку проверки и убедиться, что она функционирует исправно и отключает сеть.

При работе с указателем УН-451 запрещается прикасаться к частям указателя напряжения и трубки фазировки, находящимся за ограничительным кольцом. В шахтах, опасных по газу или пыли, фазировка должна выполняться с контролем содержания метана в атмосфере выработок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Безопасность при управлении машинами выемочного комплекса / В. П. Колосюк, В. П. Коптиков, Л. А. Муфель, В. К. Подвойский.**— М.: ЦНИЭИуголь, 1982.— 33 с.
2. **Гуляев Б. В.** Взрывозащита и электробезопасность шахтных сетей.— Киев; Донецк: Вища шк., 1966.— 138 с.
3. **Дзюбан В. С., Римап Я. С., Маслий А. К.** Справочник энергетика угольной шахты.— М.: Недра, 1983.— 542 с.
4. **Колосюк В. П.** Техника безопасности рудничных электроустановок.— М.: Недра, 1987.— 460 с.
5. **Колосюк В. П., Пархоменко А. И., Шурип Э. С.** Справочник механика участка угольной шахты.— К.: Техніка, 1983.— 191 с.
6. **Новое взрывозащищенное электрооборудование: Справочник / А. И. Пархоменко, В. С. Дзюбан, И. Г. Ширнин, А. К. Маслий.**— К.: Техніка, 1986.— 141 с.
7. **Седаков И. В., Соболев В. Г.** Справочник электромонтажника шахтных электрических сетей.— М.: Недра, 1986.— 200 с.
8. **Шуцкий В. П., Волощенко Н. П., Плащанский Л. А.** Электрификация подземных горных работ: Учебник для вузов — М.: Недра, 1986.— 364 с.
9. **Электрооборудование и электроснабжение участка шахты: Справочник / Р. Г. Беккер, В. В. Дегтярев, Л. В. Седаков и др.** — М.: Недра, 1983.— 503 с.
10. **Эксплуатация электрооборудования участка шахты / К. П. Бочаров, Б. Я. Стариков, З. М. Рабинович, М. А. Перепелюк.**— К.: Техніка, 1982.— 175 с.

	Стр.
Предисловие	3
1. Общие сведения о рудничном электрооборудовании	4
1.1. Виды исполнения рудничного электрооборудования и его маркировка	4
1.2. Область и условия применения электрооборудования в шахтах	7
1.3. Проверка взрывобезопасности электрооборудования в условиях эксплуатации	10
2. Электроснабжение забойных машин и комплексов	13
2.1. Требования к системам электроснабжения, защиты забойных машин и управления ими	13
2.2. Аварийное отключение забойных машин	14
2.3. Подача электроэнергии к машинам	16
2.4. Особенности электроснабжения машин выемочного комплекса на пологих и наклонных пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа	17
2.5. Особенности электроснабжения машин выемочного комплекса на крутых пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа	17
2.6. Особенности схем электроснабжения тупиковых забоев, проветриваемых ВМП	20
3. Системы и схемы управления забойными машинами и комплексами	21
3.1. Способы управления забойными машинами и требования к системам схемам управления	21
3.2. Дистанционное управление забойными машинами и комплексами	23
3.3. Схемы управления забойными машинами и их эксплуатационные показатели	23
3.4. Стабилизация напряжения питания и формирование дополнительных источников ЭДС в схемах управления	28
3.5. Условия и факторы, способствующие переходу блуждающего тока контактной сети электровозной откатки в схемы управления	30
4. Защитные функции схем управления забойными машинами	32
4.1. Искробезопасные и искроопасные схемы управления	32
4.2. Нулевая защита и защита от потери управления	33
4.3. Помехозащищенность схем управления	37
4.4. Контроль заземления передвижных машин	39
4.5. Методы проверки выполнения защитных функций схемами управления забойным оборудованием в условиях эксплуатации	46
5. Эксплуатация комплектных передвижных трансформаторных подстанций	47
5.1. Конструктивные и технические данные подстанций	47
5.2. Электрические схемы подстанций, устройства их защиты и блокировки	49
5.3. Основные неисправности, технические меры их обнаружения и устранения	55
6. Эксплуатация электрооборудования распределителя участка	58
6.1. Автоматические фидерные выключатели	58
6.2. Рудничные магнитные пускатели	68
6.3. Станции управления для забойных машин	109
6.4. Пусковые агрегаты	138
7. Эксплуатация средств защиты от утечки тока в электрических сетях	146
7.1. Устройство и защитные свойства системы заземления	146
7.2. Проверка правильности выполнения заземляющих устройств и измерение сопротивления сети заземления	150

7.3. Устройства контроля изоляции электрических сетей и защиты от поражения током	154
7.4. Проверка исправности аппарата защиты от утечек тока	170
7.5. Основные неисправности аппаратуры защиты от утечек тока и методы их устранения	173
7.6. Проверка сопротивления изоляции и емкости участковой сети в условиях эксплуатации	177
8. Расчет системы электроснабжения участка	181
8.1. Расчет кабельной сети участка	181
8.2. Выбор и проверка уставок реле и плавких вставок предохранителей для защиты сетей от токов к.з.	195
8.3. Расчет осветительной сети участка	202
8.4. Параметры кабелей и их фазировка	202
Список литературы	205