

ЛЕКЦИЯ 3

РУДНИЧНОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ

3.1 Общие сведения

Тяжелые условия эксплуатации в подземных выработках предъявляют к рудничному электрооборудованию ряд общих требований, соблюдение которых обеспечивает безопасность и надежность его эксплуатации, а именно:

- закрытое исполнение для предотвращения проникновения внутрь пыли или влаги;
- повышенная механическая прочность для защиты от внешних повреждений;
- необходимость блокировочных устройств, препятствующих подаче напряжения при открытом корпусе;
- необходимость интенсивного и надежного проветривания горных выработок для снижения концентрации газа в рудничной атмосфере до допустимых пределов;
- обеспечение непрерывности заземления для передвижных машин.

Как правило, рудничная аппаратура совмещает функции управления и защиты (автоматические выключатели, магнитные пускатели, пусковые агрегаты и др.). Под управлением понимают включение, отключение и реверсирование электродвигателей. Защита необходима в случае нарушения нормального режима работы при появлении коротких замыканий, перегрузок, пробоя изоляции и недопустимого колебания напряжения в сети.

В зависимости от способов управления различают аппаратуру ручного и автоматического управления.

Во всех аппаратах различают следующие основные элементы: контактную систему (контактор); механизм включения и отключения (разъединитель); элементы защиты; различные блокировочные устройства для обеспечения требований безопасной эксплуатации; оболочку, обеспечивающую защиту всех элементов аппарата от механических воздействий, с вводными и выводными устройствами.

Наиболее ответственным элементом коммутационного аппарата является контактная система контактора. При замыкании, и особенно при размыкании больших токов силовых цепей возникает электрическая дуга, под действием которой контакты оплавляются и разрушаются, нарушая работу аппарата.

Рудничная аппаратура должна удовлетворять ряду дополнительных требований в части обеспечения безопасности от поражения током и возникновения пожаров:

- надежность и удобство эксплуатации в подземных условиях шахт;
- предупреждение опасности поражения электрическим током;
- искробезопасность цепей дистанционного управления, особенно в шахтах, опасных по газу или пыли;
- обеспечение минимального числа жил для цепей управления, блокировки и др.;
- предварительный контроль изоляции участка шахтной электрической сети перед подачей напряжения.

Требование удобства эксплуатации выдвигает необходимость применения быстрооткрываемых крышек. Конструкции таких крышек нашли применение в фидерных автоматических выключателях, магнитных пускателях, магнитных станциях управления.

3.2 Исполнения рудничного электрооборудования

Рудничное электрооборудование эксплуатируется в условиях возможного появления взрывоопасной среды. В соответствии с ПУЭ все помещения с взрывоопасной сре-

дой разделены на классы с различными требованиями к электрооборудованию, работающими в таких помещениях.

Все взрывозащищенное электрооборудование в зависимости от сферы применения, категории и группы взрывоопасной смеси подразделяется на группы (табл.1).

Таблица 1 – Группы взрывозащищенного электрооборудования

Электрооборудование	Обозначение группы
Рудничное, предназначенное для подземных выработок шахт	I
Для внутренней и внешней установки (кроме рудничного)	II

Взрывозащищенное электрооборудование разделяется по уровням и видам взрывозащиты, группам и температурным классам (табл.2–4).

Таблица 2 – Уровни взрывозащиты электрооборудования и их обозначения

Уровень взрывозащиты	Обозначение уровней взрывозащиты	
	Группа I	Группа II
Рудничное нормальное	РН	–
Повышенной надежности против взрыва	РП	2
Взрывобезопасное	РВ	1
Особовзрывобезопасное	РО	0

Примечание. В некоторых случаях обозначения электрооборудования группы I выполняется так же, как и для группы II.

Таблица 3 – Виды взрывозащиты электрооборудования и их обозначения

Вид взрывозащиты	Обозначение видов взрывозащиты	
	Группа I	Группа II
Взрывонепроницаемая оболочка	1В, 2В, 3В, 4В	d
Искробезопасные электрические цепи	Иа, Ив, Ис	ia, ib, ic
Защита вида "е"	II	e
Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением защитным газом	–	p
Кварцевое заполнение оболочки с токоведущими частями	1К, 2К, 2КЕ	q
Масляное заполнение оболочки с токоведущими частями	1М, 2М, 3М, 4М	o
Специальный вид взрывозащиты	С	s
Автоматическое защитное отключение	А	–

Примечание. В некоторых случаях обозначения вида взрывозащиты электрооборудования группы I выполняется так же, как и для группы II.

Таблица 4 – Температурные классы электрооборудования (только для группы II)

Обозначение температурного класса	Предельная температура, °С	Группа взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным
T1	450	T1
T2	300	T1, T2
T3	200	T1...T3
T4	135	T1...T4
T5	100	T1...T5
T6	85	T1...T6

Обозначение категории исполнения электротехнических изделий в зависимости от местоположения и климатического исполнения приведены в табл.5–6.

Таблица 5 – Категории выполнения электротехнических изделий в зависимости от места их расположения

Категория исполнения изделия	Характеристика местоположения
1	На открытом воздухе
2	Под навесом или в открытых (с доступом внешнего воздуха) помещениях
3	В закрытых помещениях с естественной вентиляцией без искусственного регулирования климатических условий
4	В помещениях с искусственным регулированием климатических условий
5	В помещениях с повышенной влажностью (шахты, подвалы и др.)

Примечание. Для уточнения указанных категорий исполнения введены дополнительные категории расположения электрооборудования.

Таблица 6 – Климатическое исполнение электротехнических изделий

Климатическое исполнение	Характеристика климата
В	Умеренный
УХЛ	Умеренный и холодный
ХЛ	Холодный
ТВ	Тропический влажный
ТС	Тропический сухой
Т	Тропический, как сухой так и влажный

Электрооборудование, предназначенное для использования в угольных шахтах, по уровню взрывозащиты разделяется на:

- рудничное нормальное (РН), не имеющее средств взрывозащиты и предназначенное для эксплуатации в шахтах, безопасных по газу или пыли;

- рудничное повышенной надежности (РП), в котором предусмотрены средства и мероприятия, которые снижают вероятность возникновения опасного искрения, электрических дуг и недопустимого нагрева в нормальном режиме работы. Такое электрооборудование является безопасным к взрыву только тогда, пока оно исправно, то есть отсутствуют механические и электрические повреждения. Оно допускается к применению в стационарных электроустановках, расположенных в выработках, обтекаемых свежей струей воздуха за счет общешахтной депрессии шахт, опасных по газу или пыли;

- рудничное взрывобезопасное (РВ), где предусмотрены средства и мероприятия защиты от взрыва окружающей взрывоопасной среды как при нормальной работе, так и при вероятных повреждениях электрических цепей. Такое электрооборудование теряет свои защитные свойства только при повреждениях средств взрывозащиты. Оно предназначено для эксплуатации в шахтах, опасных по газу или пыли. В очистных и подготовительных выработках на крутых пластах, опасных по внезапным выбросам, применение электрооборудования допустимо только при соблюдении ряда дополнительных требований, которые повышают безопасность эксплуатации;

- рудничное взрывобезопасное при любых повреждениях (особовзрывобезопасное – РО), где предусмотрены средства и мероприятия против взрыва как при нормальной работе, так и при любых механических и электрических повреждениях. Взрывозащита обеспечивается параметрами электрических цепей. При их повреждении энергия возникших искр недостаточна для инициации взрыва или возникновения пожара. Такое электрооборудование допустимо для работы в любых выработках любых шахт.

В зависимости от величин номинального напряжения и тока КЗ электрооборудования, установлены четыре класса взрывонепроницаемых оболочек:

- 1В – при $U \leq 65 \text{ В}$ $I_{кз} \leq 100 \text{ А}$;
- 2В – при $U \leq 127 \text{ В}$ $I_{кз} \leq 450 \text{ А}$;
- 3В – при $U \leq 660 \text{ В}$ $I_{кз} \leq 1500 \text{ А}$;
- 4В – при $U \leq 6000 \text{ В}$ $I_{кз} \leq 10000 \text{ А}$.

Для рудничных взрывобезопасных светильников независимо от параметров принимается класс оболочки 1В.

Искробезопасные электрические цепи разделяются на три уровня:

- Иа – особо взрывобезопасные;
- Ив – взрывобезопасные;
- Ис – повышенная надежность против взрыва.

Кварцевое заполнение имеет два класса оболочек:

- 1К – если защитный слой заполнителя рассчитан по условию искрового разряда;
- 2К – при расчете защитного слоя по условию дугового короткого замыкания.

При использовании защитных экранов к обозначению вида взрывозащиты добавляют букву Е (например, 2КЕ).

Специальный вид взрывозащиты может быть обеспечен заполнением внутреннего объема электрооборудования диэлектриком любого типа, исключающего возможность взаимодействия токоведущих частей со взрывоопасной средой.

В настоящее время заполнение электрооборудования, применяемого в подземных выработках, маслом, запрещено. Эффективный способ обеспечения взрывозащиты – заполнение корпусов инертным газом (азот, элегаз и др.). Однако трудности поддержания избыточного давления внутри оболочки оборудования ограничивают его применение.

Взрывозащищенное электрооборудование маркируется согласно ГОСТ 12.2.020-76. Маркировка взрывозащиты для электрооборудования группы I имеет две части. В первой (круг) отражается уровень взрывозащиты, во второй (прямоугольник) – ее вид.

Например, маркировка (РВ) 3ВИа означает: рудничное взрывобезопасное электрооборудование (РВ) со взрывозащитой вида "взрывонепроницаемая оболочка" (3В) и искробезопасными электрическими цепями (Иа).

Маркировка по взрывозащите электрооборудования группы II (а в некоторых случаях группы I) выполняется в такой последовательности:

- обозначение уровня взрывозащиты электрооборудования (2, 1, 0) – только для группы II;
 - обозначение Ex – указывает на соответствие электрооборудования стандартам на взрывозащищенное электрооборудование;
 - обозначение вида взрывозащиты (d, i, q, o, s, e);
 - обозначение группы или подгруппы электрооборудования (I, II, IA, IB, IC);
 - обозначение температурного класса электрооборудования (T1, T2, T3, T4, T5, T6)
- только для группы II.

Например:

1ExedIIТЗ означает: взрывобезопасное электрооборудование (1), отвечает стандартам на взрывозащищенное электрооборудование (Ex), с видами взрывозащиты вида "e" (e) и "взрывонепроницаемая оболочка" (d), относится к подгруппе IIВ и температурному классу ТЗ;

ExdIcI – взрывозащищенное электрооборудование, отвечает стандартам на взрывозащищенное электрооборудование (Ex), с видами взрывозащиты "искробезопасные электрические цепи" (ic) и "взрывонепроницаемая оболочка" (d), группа I (рудничное).

Сферы применения электрооборудования устанавливаются ПБ в зависимости от его уровня взрывозащиты.

3.3 Виды защит рудничного электрооборудования

При эксплуатации рудничных электроустановок могут возникать аварийные режимы работы в результате КЗ, значительных отклонений напряжения, недопустимого нагрева токоведущих частей, превышения концентрации метану в горных выработках и др. Поэтому основным заданием защиты является локализация уже возникшего повреждения и предотвращение выхода из строя еще исправных элементов. Вот почему современные электроустановки оборудуются такими видами защит и блокировок:

- максимальная токовая (от токов КЗ);
- тепловая (от перегрева);
- от перегрузок;
- минимальная (от снижения напряжения до $0,6 - 0,7 U_{ном}$);
- нулевая (от непроизвольного включения электродвигателей);
- от потери управляемости (от замыканий в цепях дистанционного управления);
- от недопустимого увеличения сопротивления или обрыва заземляющей жилы;
- от подачи напряжения на кабель с низким сопротивлением изоляции;
- от чрезмерной частоты включений асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором;
- от искрений в штепсельных устройствах.

Защита от токов короткого замыкания может быть реализована с помощью плавких предохранителей или электромагнитных реле.

Плавкие предохранители представляют собой устройства, чувствительным элементом которых является плавкая вставка. Она выполнена в виде пластин (провода), рассчитанных на определенные стандартные значения тока. При протекании в них тока, величина которого превышает допустимую, плавкая вставка расплавляется и установка отключается от сети. Плавкие предохранители удовлетворительно защищают сеть от токов КЗ, но не защищают электродвигатели от перегрузок. В связи с этим их сфера применения ограничивается неотчетственными электроустановками небольшой мощности и осветительными сетями.

Электромагнитные реле выполняют роль чувствительного элемента, который при возникновении тока КЗ подает импульс на отключающий механизм АВ или на выключение контактора в магнитных пускателях. В схемах максимальной защиты выключателей типа АФВ используются первичные реле прямого действия, включенные последовательно в рассечку двух фаз. При протекании тока КЗ в обмотке реле якорь притягивается, воздействуя на механизм расцепления, и АВ отключается. Практика эксплуатации такой защиты выявила ряд недостатков, что обусловило использование вторичных реле косвенного действия, в которых устранены недостатки реле прямого действия.

Одним из таких устройств является универсальная максимальная защита (УМЗ), вмонтированная в рудничные магнитные пускатели ПВИ, ПМВИ и ПВ, станции управления СУВ-350 и другую аппаратуру. Схема УМЗ (рис.16) состоит из двух одинаковых цепей, включенных в две фазы сети, каждая из которых содержит трансформатор тока ТА, шунтирующие резисторы R_u и R_n , регулировочный резистор R_p , выпрямительный мост V и исполнительное реле постоянного тока K .

Особенностью УМЗ является подбор параметров схемы, когда магнитный поток в магнитопроводе при переходных процессах во время пуска асинхронного двигателя не достигает потока трогания реле. Это дает возможность отстройки защиты от фактического пускового тока двигателя. Уставка УМЗ регулируется резисторами R_p . Для проверки защиты переключателем S отключают резистор R_n от проверочных цепей защиты.

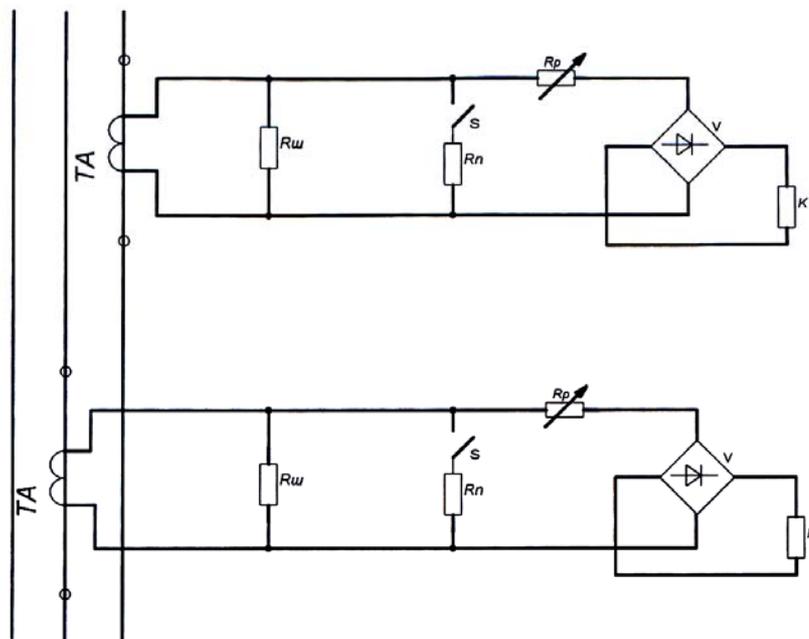


Рис.16. Принципиальная схема УМЗ

В новых типах АВ и магнитных пускателей устанавливается максимальная токовая защита типа ПМЗ (рис.17), состоящая из трех трансформаторов тока 1, выпрямителя 2, измерительной 3 и исполнительной 4 частей схемы, независимого 5 и нулевого 6 расцепителей. При токах КЗ, превышающих уставку защиты, из измерительной части 3 схемы поступает сигнал на исполнительную часть 4, которая срабатывает и с помощью расцепителя 5 выключает АВ. Отключенный выключатель блокируется специальным реле, размыкающие контакты которого включены в цепь нулевого расцепителя 6.

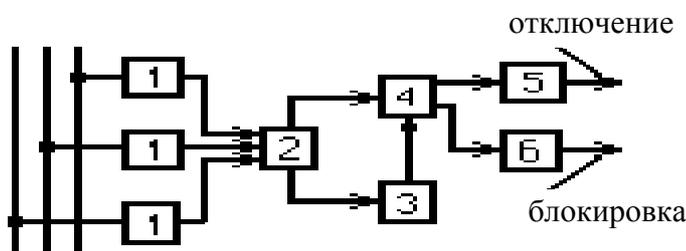


Рис.17. Блок-схема максимальной токовой защиты типа ПМЗ

Защиты типов УМЗ и ПМЗ реагируют на величину тока в защищаемой сети. Разработана быстродействующая максимальная токовая защита типа ШМЗ, которая реагирует на скорость изменения тока в сети. Датчиками защиты являются трансформаторы тока с сердечником из электротехнической стали с воздушным зазором, установленные в трех фазах сети. Эти трансформаторы тока получили название трансреакторов. Такая максимальная токовая защита имеет значительно большее быстродействие по сравнению с защитами типов УМЗ и ПМЗ.

Эффективным средством защиты от перегрузок является тепловая защита, быстродействие которой зависит от скорости нарастания температуры (кратности перегрузки). Она осуществляется с помощью температурного дифференциального реле ДТР-212, применяемого для защиты от недопустимого нагрева обмоток двигателей, трансформаторов и др. (рис.18). Термореле состоит из теплоизолирующего пластмассового корпуса 1 с теплопроводной крышкой 2, биметаллических пластин 4, 5, сгибающихся в одну сторону, контактов 7, 8, изоляционной пластины 9, установленной на пластине 6.

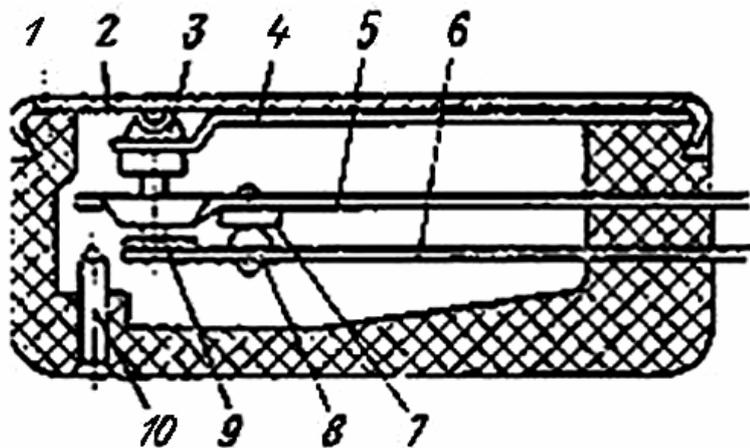


Рис.18. Схема температурного реле ДТР-212

При медленном нарастании температуры (перегрузка двигателя), когда ток равен $1,2 - 2 I_{ном}$, пластины 4 и 5 сгибаются вместе до упора пластины 5 в винт 10, а пластина 4 будет продолжать сгибаться, отгибая пластину 6 и размыкая контакты 7 и 8.

В аварийных режимах (режим КЗ, режим затормаживания двигателя) в результате большой кратности перегрузки скорость роста температуры пластин 4 и 5 неодинакова. Между пластинами устанавливается температурный перепад, пропорциональный скорости нарастания температуры обмотки. Биметаллическая пластина 4 сгибается больше, чем пластина 5, и размыкание контактов 7, 8 наступает раньше, чем момент стопорения пластины 5 винтом 10.

Чем больше скорость роста температуры обмотки в аварийном режиме, тем меньше температура на крышке реле в момент срабатывания и меньше уставка реле.

Провалы напряжения на зажимах ЭП могут достигать $0,6 - 0,7$ номинального значения, что приводит к снижению вращающего момента асинхронных двигателей, который прямо пропорционален квадрату напряжения. Для исключения таких режимов используют минимальную защиту, которая обеспечивается электромагнитные реле напряжения, включенными параллельно между двумя фазами. При недопустимом снижении напряжения в питающей сети реле воздействуют на механизм свободного расцепления коммутационного аппарата, который отключается. Роль минимальной защиты в рудничных пускателях выполняют силовые контакторы, в которых катушка не может удержать якорь контактора с подвижными контактами в притянутом положении при снижении напряжения до $0,6 - 0,7$ номинального значения, и поэтому контакты размыкаются, отключая электродвигатель от сети.

Значительную опасность представляет собой внезапное появление напряжения на зажимах двигателя после его исчезновения. Это может привести к несчастным случаям, которые случаются с обслуживающим персоналом при самовключении ЭП. Для исключения возможности самовключения электроустановки служит *нулевая защита*. Функции нулевой защиты выполняет электромагнитное реле напряжения, выключающее двигатель при исчезновении напряжения или его снижении до $0,15 - 0,4$ номинального.

В современных рудничных магнитных пускателях нулевая защита реализована двумя методами: шунтированием кнопки "Ход" блок-контактом контактора или активным сопротивлением (рис.19).

В первом случае схема защиты работает таким образом (рис.19, а): при нажатии на кнопку "Ход" промежуточное реле КЛ обтекается выпрямленным током, замыкает свои контакты КЛ1 в цепи катушки контактора КМ, который контактами КМ1 включает двигатель. Одновременно замыкается блок-контакт КМ2 контактора и шунтирует кнопку

"Ход", которую можно отпустить. При исчезновении напряжения катушка контактора теряет питание и двигатель отключается. Размыкаются контакты КМ1, КМ2 и КЛ1. После появления напряжения непроизвольного включения не произойдет, поскольку цепь контакторной катушки прервана контактом КЛ1, а цепь реле КЛ – кнопкой "Ход" и блоком контактом КМ2. Для включения двигателя нужно нажать кнопку "Ход".

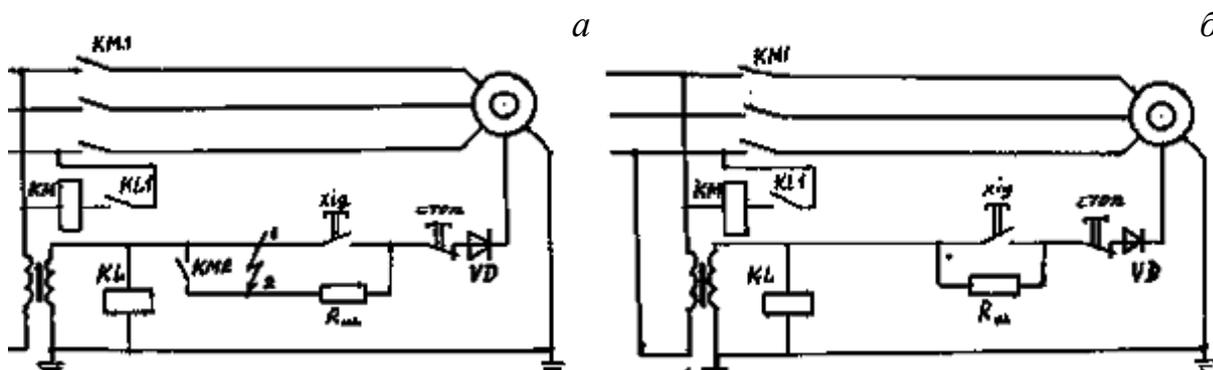


Рис.19. Принципиальные схемы нулевой защиты

При шунтировании резистором (рис.19, б) используют такое свойство электромагнитных реле, что ток трогания реле больше тока удержания во включенном состоянии. Параметры шунтирующего резистора $R_{ш}$ подобраны с учетом этого свойства реле.

При нормальном положении ток, что протекающий через промежуточное реле КЛ, недостаточный для его срабатывания. При нажатии на кнопку "Ход" шунтируется резистор $R_{ш}$, ток в цепи растет до тока включения реле. Реле КЛ притягивает свой якорь, запирает контакты КЛ1 в цепи контакторной катушки КМ и двигатель включается. После отпускания кнопки "Ход", катушка возвращается в исходное положение, размыкая свои контакты. Однако цепь питания промежуточного реле КЛ сохраняется через резистор $R_{ш}$. Ток в цепи реле уменьшается настолько, что он еще достаточный для удержания якоря реле во включенном положении, но недостаточный для притягивания якоря и включения контактов. Поэтому при исчезновении напряжения в сети его последующем появлении самовключения контактора не произойдет.

Основным недостатком этого способа является возможность самовключения промежуточного реле и контактора при резких колебаниях напряжения в питающей сети. В современных магнитных пускателях этот недостаток устраняется применением стабилизированного трансформатора напряжения для питания цепей управления и подбором резистора $R_{ш}$ так, чтобы самовключение не происходило при повышении напряжения в питающей сети до 1,5 номинального.

При электроснабжении забойных машин и механизмов используются гибкие кабели, которые по разным причинам могут быть повреждены. При этом возможны случаи замыканий жил дистанционного управления. Схема управления должна быть такой, чтобы при подобных повреждениях сохранялась возможность остановки машины с пульта дистанционного управления, если она работала, и исключалось самовключение, если она не работала. Это возможно благодаря *защите от потери управляемости*.

В современных магнитных пускателях эта защита выполнена с помощью промежуточного реле постоянного тока и диода в пульте дистанционного управления (рис.19). При КЗ жил цепи управления диод VD в кнопочном посту шунтируется местом замыкания и через реле КЛ начинает протекать переменный ток, в результате чего оно размыкает свои контакты КЛ1 в цепи катушки контактора КМ и двигатель отключается. При замыкании, например, между жилами 1 и 2 (рис.19, а), самовключения двигателя не проис-

ходит благодаря резистору $R_{ш}$, однако сохраняется возможность его остановки кнопкой "Стоп" с фиксацией.

Защита от увеличения сопротивления или обрыва заземляющей цепи

В рудничных магнитных пускателях и станциях управления цепи дистанционного управления искробезопасные. Поэтому заземляющая жила используется в цепях управления (рис.19) и тем самым контролируется ее состояние. В аппаратах напряжением 660 и 1140 В при увеличении сопротивления цепи заземления до 50 и 100 Ом соответственно промежуточное реле КЛ не в состоянии удерживать в притянутом состоянии свой якорь, поэтому пускатель или соответствующий контактор станции управления отключается. В случае обрыва цепи заземления промежуточное реле теряет питание и выключает тем самым коммутационный аппарат (пускатель или контактор станции управления).

Блокировка от чрезмерной частоты включения двигателя

Для привода горных машин применяются, в основном, асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, пусковые токи которых в 5 – 7 раз превышают номинальные. Поэтому при частых пусках осложняется работа контакторов магнитных пускателей и возникает опасность перегрева двигателей от собственных пусковых токов. Для обеспечения их нормальных условий работы используется ограничение частоты включения контакторов. Его суть состоит в том, что после отключения двигателя промежуточное реле пускателя шунтируется размыкающим блок-контактом контактора и контактом реле времени с выдержкой времени на размыкание. Только через три секунды после выключения пускателя реле времени размыкает свой контакт, создавая возможность следующего включения двигателя. Количество включений–отключений двигателя не может превысить 1200 в час.

Защита от искрений в штепсельных устройствах обеспечивается конструкцией штепсельных устройств. Контактные пальцы искробезопасной цепи дистанционного управления конструктивно сделаны короче пальцев силовой цепи. Вследствие этого при размыкании сначала происходит разрыв цепи дистанционного управления и отключение пускателя, а затем размыкание силовой цепи.

3.4 Рудничные автоматические выключатели

Рудничные АВ предназначены для нечастых коммутаций в магистральных и групповых кабельных линиях трехфазного тока шахт, опасных по газу или пыли. Кроме того, они служат для защиты от токов КЗ отходящих линий, для отключения сети при срабатывании аппаратуры контроля содержания метана в горных выработках, скорости движения воздушной струи, защиты от утечек тока и др. По способу управления АВ могут иметь четыре вида исполнения: с ручным управлением, с ручным управлением и дистанционным отключением (ДО), с дистанционным управлением (ДУ) и с автоматическим повторным включением (АПВ).

В настоящее время в эксплуатации находятся выключатели серий АФВ, АВ и АВВ во взрывобезопасном исполнении, а также выключатели ВРН и ВАРП в рудничном нормальном исполнении. Технические характеристики можно посмотреть в справочной литературе [2, 7–9] или на сайтах заводов-изготовителей.

Из-за недостатков конструктивного и схемного характера АФВ сняты с производства. На смену им выпускаются выключатели серии АВ, который представляет собой взрывонепроницаемую оболочку с быстрооткрываемой крышкой, отделение вводов, выводов и камеру разъединителя. Внутри корпуса размещается АВ серии АЗ700У, блокировочный разъединитель, блоки регулируемой максимальной токовой защиты (МТЗ) ти-

па ПМЗ, дистанционного выключения, блокировочного реле утечки, автоматического повторного включения, управления и сигнализации.

Электрическая схема АВ с дистанционным отключением обеспечивает ручное включение и отключение, дистанционное отключение и такие защиты:

- от токов КЗ в силовых цепях;
- от обрыва цепи дистанционного отключения;
- от потери управляемости при замыкании жил в цепи управления;
- нулевую;
- минимальную;
- от обрыва или увеличения сопротивления цепи заземления;
- от произвольного включения при повышении напряжения, а также электрическую и механическую блокировки от включения при снижении сопротивления изоляции относительно земли в отходящем присоединении ниже за 30 или 90 кОм (кроме АВ-320ДО2);
- проверку действия МТЗ и БРУ;
- световую сигнализацию о включении выключателя, срабатывание МТЗ и БРУ (кроме АВ-320ДО2).

Кроме того, схема выключателя АВ-320АПВ позволяет осуществлять: АПВ после срабатывания присоединенного к нему реле утечки, если сопротивление изоляции отходящего присоединения превышает 30 кОм; автоматическое включение выключателя при повторной подаче напряжения не более чем через минуту после его снятия; блокировку АПВ при срабатывании БРУ, если сопротивление изоляции отходящего присоединения относительно земли окажется менее чем 30 кОм, после срабатывания МТЗ, а также при подаче напряжения после его снятия в промежутке, превышающем минуту.

Электрическая схема выключателя АВ-400ДО приведена на рис.20. При включении разъединителя QS подается питание на понижающий трансформатор TV. Если жилы цепи дистанционного отключения в удовлетворительном состоянии и не замкнуты между собой, а кнопка SB вынесенного поста дистанционного отключения не зафиксирована в разомкнутом положении, то срабатывает реле блока дистанционного отключения А2, которое своим контактом А2.1 замыкает цепь питания нулевого расцепителя KV2. Перед включением выключателя необходимо нажать на кнопку SB1, возвращая ручку привода кнопки в положение "Взвод защиты". При достаточно высоком уровне изоляции отходящего присоединения вручную включают выключатель QF, в результате чего замыкается его блок-контакт QF.1 в цепи питания белой сигнальной лампы HL2. Контакт SB1.1 кнопки замыкается и шунтирует резисторы R1 и R2.

Если при выключенном выключателе QF сопротивление изоляции отходящего присоединения стало ниже уставки (30 или 100 кОм), то срабатывает БРУ блока БКИ (А3). Размыкающий контакт А3.1 разъединяет цепь питания нулевого расцепителя и тем самым блокирует включение АВ. При этом контактом А3.1 включается сигнальная лампа с желтым светофильтром HL1, сигнализируя о низком сопротивлении изоляции в отходящем участке сети.

Выключатель может быть выключен вручную рукояткой на его корпусе или дистанционно кнопкой SB на вынесенном посту управления. Он может отключаться автоматически от действия защитной аппаратуры: МТЗ, реле утечки, анализатор метана, температурных реле, аппаратов контроля воздуха и др. Все они влияют на цепь питания нулевого расцепителя (кроме МТЗ), размыкая ее. Нулевой расцепитель воздействует на механизм свободного расцепления и отключает выключатель QF. При дистанционном выключении нажимают на кнопку SB, реле блока А2 теряет питание, его контакт А2.1 размыкается и соответственно размыкает цепь питания нулевого расцепителя KV2.

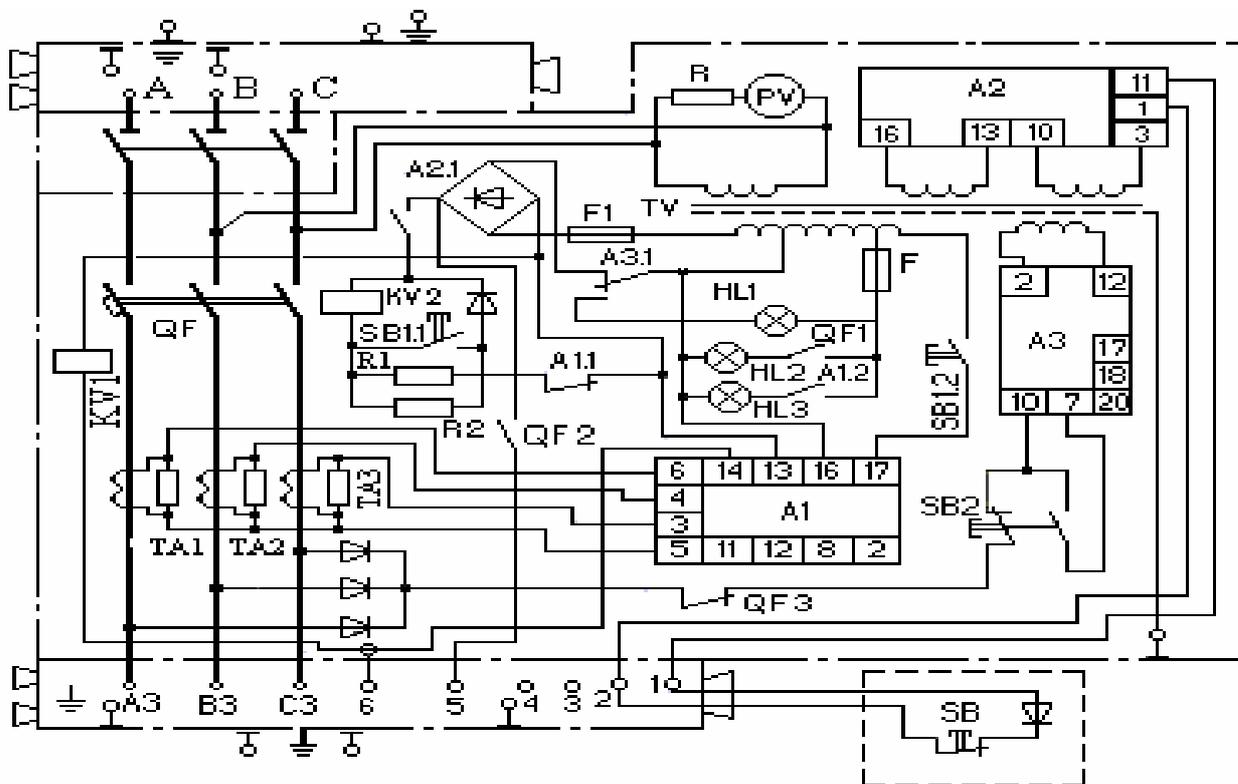


Рис.20. Принципиальная электрическая схема выключателя АВ-400ДО

Проверка блока контроля изоляции БКИ (А3) выполняется при отключенном выключателе нажатием на кнопку SB2. При исправном блоке замыкается контакт А3.1 в цепи питания сигнальной лампы HL1 и последняя загорается.

Взрывобезопасные быстродействующие АВ типа АВВ предназначены для работы в системах электроснабжения с автоматическим опережающим отключением (2,5 мс) очистных и подготовительных забоев шахт, опасных по внезапным выбросам угля, породы или газа. В отличие от АВ с ДО схема АВВ обеспечивает:

- быстродействующую защиту от одно- и двухфазных замыканий на землю;
- быстродействующую защиту от межфазных КЗ в отходящем присоединении;
- защиту от однофазных и симметричных трехфазных утечек тока на землю;
- подачу управляющего импульса на моторные короткозамыкатели при срабатывании быстродействующих защит;
- закорачивание отходящего присоединения при срабатывании быстродействующих защит главным и механическим короткозамыкателями АВ.

Кроме рассмотренных, промышленностью выпускаются рудничные автоматические выключатели АВ-315Р, АВ-320Р и АВ-400Р1 с ручным управлением, электрическая схема которых выполняет те же виды защиты, за исключением защиты от обрыва цепи дистанционного управления, нулевой защиты, защиты от потери управляемости, блокировки включения при снижении сопротивления изоляции.

Выключатели АВВ-400/250РМ и АВВ-400/250ДОМ являются универсальными, поскольку выполнены на токи 250 и 400 А с возможностью переключения их в шахте.

Для шахт, безопасных по газу и пыли, а также для рудников разработана серия АВ типа ВРН. Они выпускаются в корпусах прямоугольной формы и имеют ручное управление. Кроме нечастых оперативных переключений их электрическая схема предусматривает защиту от токов КЗ, проверку действия МТЗ и световую сигнализацию о включении выключателя и срабатывания МТЗ. Автоматические выключатели могут применяться как исполнительный орган при работе реле утечки.

Для сетей постоянного тока шахт выпускаются рудничные выключатели ВАРП-200 и ВАРП-315 на напряжение 440 В, однако они не всегда надежно защищают тяговые сети от токов КЗ. Для отключения малых токов КЗ (отдаленного короткого замыкания) применяются автоматические фидерные тиристорные выключатели (АФВТ) и автоматические линейные выключатели (АЛВ), у которых защита от токов КЗ реагирует не на значение тока, а на скорость его нарастания.

3.5 Рудничные пускатели

3.5.1 Ручные пускатели

Такие пускатели предназначены для ручного управления и защиты маломощных электродвигателей, которые редко включаются, вспомогательных установок, а также для защиты кабельных линий от токов КЗ. Сегодня нашли применение ручной взрывобезопасный пускатель ПРВ-3 и пускатель со штепсельным выводом типа ПРШ-1. Оба пускателя рассчитаны на управление двигателями трехфазного тока мощностью до 5 кВт при напряжении 660 В и для присоединения осветительных установок с номинальным током до 25 А. Включение и отключение пускателей осуществляется поворотом в одну сторону рукоятки, связанной с ускорительным механизмом, который обеспечивает мгновенность замыкания и размыкания контактов рубильника. Защита от токов КЗ осуществляет плавкий предохранитель ПР-2.

3.5.2 Нереверсивные магнитные пускатели

Нереверсивные магнитные пускатели предназначены для дистанционного управления асинхронными электродвигателями горных машин и механизмов, для которых нет необходимости в частых изменениях направления вращения, в электрических сетях напряжением 380, 660 или 1140 В. Реверсирование таких электродвигателей выполняется разъединителем пускателя.

В настоящее время выпускаются серии магнитных пускателей ПВИ с индексами БТ и БТМ, ПВИТ-М и ряд других серий.

Пускатель ПВИ-БТ состоит из аппаратуры, смонтированной во взрывобезопасной оболочке, которая имеет четыре отделения, разделенные взрывонепроницаемыми перегородками: вводов и транзитного вывода, выводов, разъединителя и контактора. Электрическая схема пускателей (рис.21) обеспечивает такие виды управления, защиты, проверок и сигнализации:

- дистанционное управление с кнопочных постов, встроенных в рабочую машину или установленных отдельно, автоматическое управление от замыкающего контакта другого пускателя или датчика;
- защита от токов КЗ в отходящих присоединениях;
- нулевая защита;
- защита от потери управляемости при замыкании жил дистанционного управления между собой и с заземляющей жилой или при их обрыве;
- защита от обрыва или увеличения сопротивления цепи заземления до 50–100 Ом;
- защита от самовключения при повышении напряжения до 150% номинального;
- защита асинхронного двигателя и отходящих силовых кабелей от перегрузки;
- блокировка подачи напряжения на отходящее присоединение с низким сопротивлением изоляции;

- проверка исправности схемы управления, цепи катушки контактора, МТЗ, защиты от перегрузок и БРУ без подачи напряжения на асинхронный двигатель;
- световую сигнализацию при срабатывании МТЗ, защиты от перегрузок и БРУ.

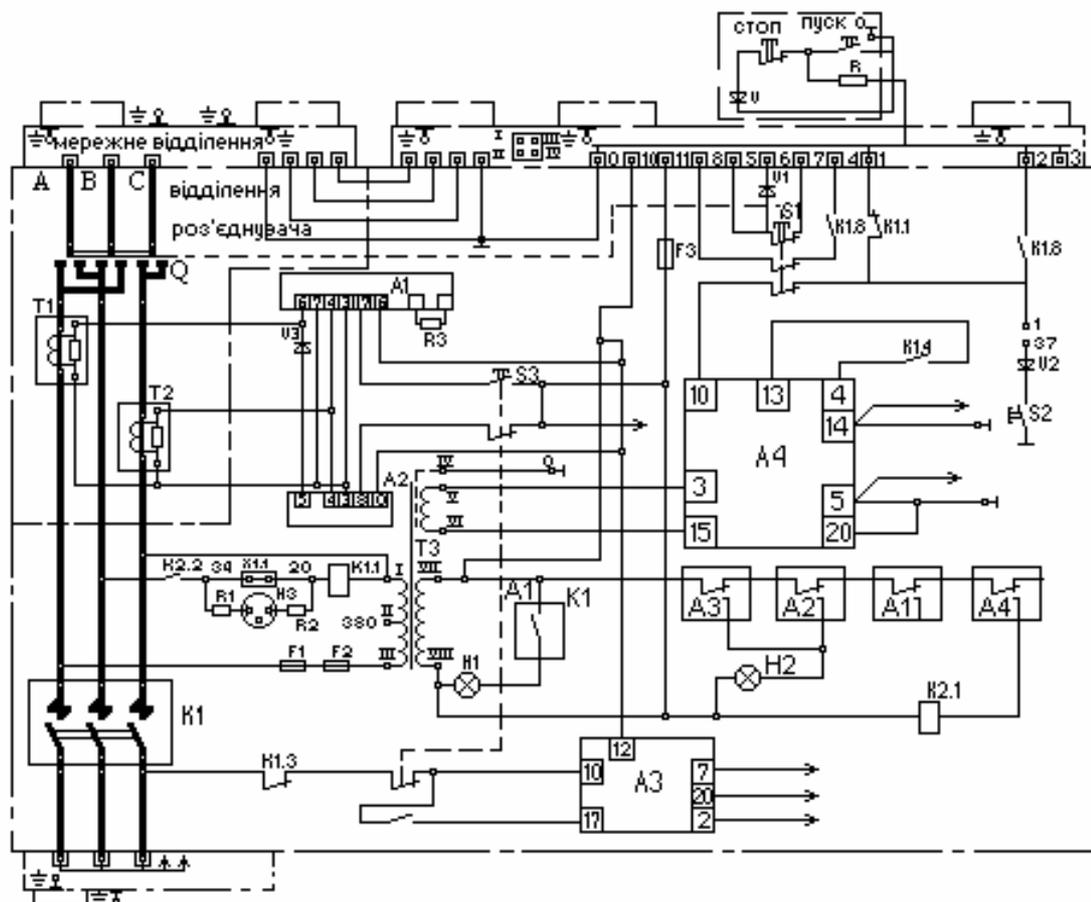


Рис.21. Электрическая схема пускателей ПВИ-32БТ, 63БТ, 125БТ:

A1 – блок ПМЗ; A2 – блок ТЗП; A3 – блок БКИ; A4 – блок БДК; Q – разъединитель; K1.1 – контактор; K2.1 – реле промежуточное; H1 – лампа сигнальная (красная) ПМЗ; H2 – лампа сигнальная ТЗП, БКИ; H3 – лампа сигнальная проверки схемы; S1 – кнопка "Стоп"; S2 – кнопка "Проверка схемы"; S3 – кнопка "Проверка БКИ".

Конструкция пускателя предусматривает электрическую и механическую блокировку, повышающую безопасность его эксплуатации путем выполнения определенной последовательности открытия крышки: выключить контактор нажатием кнопки "Стоп" на корпусе пускателя – выключить разъединитель – разблокировать привод замка крышки – специальным ключом открыть крышку. Для включения разъединителя все операции необходимо выполнять в обратной последовательности.

Все пускатели ПВИ-БТ обеспечены МТЗ типа ПМЗ и защитой от перегрузок типа СЗП. При возникновении КЗ блок ПМЗ срабатывает, размыкает свои контакты в цепи промежуточного реле K2 и замыкает в цепи лампы H1, сигнализируя о срабатывании защиты. Контакты исполнительного реле блока ПМЗ выполнены без самовозврата в исходное положение, поэтому это необходимо сделать вручную нажатием на кнопочный выключатель "ПМЗ, СЗП" на корпусе пускателя. Включение пускателя при коротком замыкании на отходящем участке сети невозможно из-за наличия блока БКИ-1.

Блок СЗП защищает асинхронный двигатель от перегрузки, затяжного пуска и затормаживания, причем время срабатывания реле зависит от кратности перегрузки: чем она выше, тем меньше время. О срабатывании СЗП сигнализирует лампа H2. Проверка

работоспособности блока осуществляется с помощью тумблера SA "Проверка", который расположен на крышке.

Схема электрических соединений пускателя ПВИ-250БТ отличается от других типоразмеров этой серии тем, что катушка контактора питается от выпрямительного моста.

Пускатели серии ПВИ-БТ могут использоваться в системе опережающего отключения с быстродействующим выключателем АБВ-250.

Характеристики пускателей серии ПВИ-БТМ аналогичны характеристикам пускателей ПВИ-БТ. Конструктивно они отличаются тем, что панели с блоками управления и защиты расположены на внутренней стороне быстрооткрываемой крышки. Есть также некоторые конструктивные отличия контакторного блока и его связи с другими элементами пускателя. Для осуществления максимальной токовой защиты и защиты от перегрузок используется блок БСЗ-3.

Пускатели серии ПРВ-М имеют электрическую схему, которая выполняет те же функции, что и схема в пускателях ПВИ-БТМ. Однако в отличие от пускателей ПВИ-БТ и ПВИ-БТМ оболочка ПРВ-М состоит из трех, а не из четырех отделений и, кроме того, применены разъединители чашечного типа с прямолинейным ходом ножей, что позволило снизить массу пускателя более чем на 20 кг. В пускателях типов ПРВ-М-160 и ПРВ-М-125 применены вакуумные контакторы.

Пускатели типа ПРВИ изготавливаются в унифицированном корпусе для всех типоразмеров. В электрической схеме применяется блок комплексной защиты БКЗ, выполняющий функции блоков БТЗ-3 и БКИ-1, то есть предназначенный для защиты от токов КЗ, перегрузок и предварительного контроля двух уровней сопротивления изоляции отходящих присоединений. Пускатели ПРВИ-125-400 изготавливаются с вакуумными контакторами.

Взрывобезопасные неререверсивные пускатели типа ПВИ-М по конструктивным особенностям выпускаются в 12-ты исполнениях. Каждый типоразмер пускателя может быть с глухим выводом (ПВИ-МВ) или с соединительными муфтами СНВ (ПВИ-МВШ). Пускатели ПВИ-125МВ, ПВИ-125 МВШ, ПВИ-160 МВ и ПВИ-160 МВШ комплектуются вакуумным контактором КМ17Р33.

Дистанционное управление и защиту обеспечивает блок защиты и управления БЗК-2. На корпусе блока есть два тумблера: для установки напряжения сети 1140 или 660 В и для выбора режима работы "Проверка" или "Работа". Кроме того, на нем расположены два регулятора для уставок МТЗ и защиты от перегрузки.

По техническим характеристикам пускатели серии ПВИТ-М, выпускаемые Торезким электротехническим заводом, отвечают пускателям ПВИ-М. Их электрические схемы выполняют стандартные функции магнитных пускателей. В большей части типоразмеров используются вакуумные контакторы (если в обозначении типа пускателя есть буквы МВ).

Для рудников и шахт, не опасных по газу и пыли, разработаны неререверсивные магнитные пускатели серии ПРН в рудничном нормальном исполнении на номинальные токи 63, 80, 100, 200, 250 А при напряжении 380, 500 и 660 В. Элементы пускателей смонтированы в оболочках прямоугольной формы.

Электрическая схема пускателя обеспечивает нулевую защиту, защиту от потери управляемости, от самовключения при повышении напряжения сети до 150% номинального, от обрыва или увеличения сопротивления заземляющей цепи более чем на 100 Ом, от затормаживания управляемого двигателя. Защиту от токов КЗ силовых отходящих присоединений осуществляет автоматический выключатель.

3.5.3 Реверсивные магнитные пускатели

Реверсивные магнитные пускатели имеют два контактора, поэтому наряду с выполнением функций неревверсивных, они обеспечивают возможность дистанционного изменения направления вращения (реверсирование) асинхронных двигателей.

В настоящее время эксплуатируются реверсивные пускатели, которые выпускались ранее: ПМВИР-41 на ток 80 А и ПВИР-250У5 на ток 250 А при напряжении 660 и 380 В. Для управления двигателями напряжением 1140 В еще используются пускатели ПВ-1140-2х25 и ПВ-1140-2х65, которые позволяют раздельное управление двумя электродвигателями.

Серийно выпускаются реверсивные пускатели типов ПВИР-250Т, ПВИ-80МР с глухим выводом и ПВИ-80МРШ с соединителем (муфтой), а также пускатели серий ПВИТ-МР и ПВИТ-МВР.

Электрические схемы реверсивных магнитных пускателей выполняют те же функции, что схемы неревверсивных соответствующих серий и, кроме этого, позволяют реверсирование вращения двигателей как с кнопочного поста управления, встроенного в рабочую машину, так и с выносного пульта. В отличие от неревверсивных пускателей они оборудованы двумя контакторами, неревверсивным разъединителем и имеют электрическую и механическую блокировку, препятствующую одновременному включению обоих контакторов.

Характерной особенностью пускателя ПВИР-250Т является то, что блоки защиты от токов КЗ (ПМЗ) и от перегрузки (СЗП) могут быть переключены потребителем с номинального тока 250 А на ток 125 или 63 А. При переключении на ток 125 А уставки ПМЗ из диапазона 500 – 1500 А переключаются на диапазон 250 – 750 А, а уставки СЗП – из диапазона 125 – 250 А на 63 – 125 А; при переключении на ток 63 А уставки защит изменяются соответственно на 125 – 375 и 32 – 63 А. Это расширяет сферу применения такого пускателя.

Кроме этого, разработаны и серийно выпускаются взрывозащищенные устройства ПВИ-400МВП и ПВИ-250МВП для плавного пуска асинхронных двигателей в угольных шахтах, опасных по газу и пыли. Они оснащены тиристорным модулем, обеспечивающим плавное увеличение момента во время пуска, и допускают подключение двух и более двигателей, суммарный ток которых не превышает номинальный ток устройства. Электрическая схема обеспечивает такие функции:

- плавный пуск электродвигателя по заданной программе;
- изменение времени разгона электродвигателя;
- динамическое торможение электродвигателя после его выключения;
- МТЗ и световую сигнализацию при ее срабатывании;
- токовую защиту от перегрузки и световую сигнализацию при ее срабатывании;
- нулевую защиту;
- защиту при увеличении сопротивления заземляющей цепи отходящего присоединения более 50 Ом;
- защиту от самовключения при непродолжительном (не более 1 с) повышении напряжения питающей сети до 150% номинального;
- электрическую блокировку, не позволяющую включить устройство с сопротивлением изоляции в отходящих силовых цепях ниже 30 кОм при напряжении сети до 660 В и 100 кОм при напряжении 1140 В и световую сигнализацию при ее срабатывании;
- проверку действия МТЗ;

- проверку действия схемы управления и цепи катушки контактора без подачи напряжения на отходящее присоединение, и сигнализацию при ее работоспособности;
- проверку действия устройства предварительного контроля изоляции;
- контроль состояния вакуумных камер контактора;
- подключение встроенной в электродвигатель температурной защиты с размыкающим контактом.

Командоконтроллер выполняет все необходимые функции, связанные с работой устройства, а все параметры отображаются на цифровом индикаторе.

3.6 Магнитные станции управления

При проведении очистных и проходческих работ широко применяются механизированные комплексы, для управления машинами и механизмами которых на штреке размещают низковольтные распределительные пункты, состоящие из большого количества пускателей. Это вызывает определенные трудности при перемещении их вслед за продвижением забоя. Поэтому разработаны магнитные станции управления в рудничном взрывобезопасном исполнении. Они представляют собой взрывонепроницаемую оболочку, состоящую из отдельных сваренных отсеков, соединенных между собой, или корпус, разделенный взрывобезопасными перегородками. Внутри отсеков размещается необходимая аппаратура защиты и управления электродвигателями комплексов и транспортных средств. В настоящее время выпускаются такие станции: СУВ-350А, СУВ-350АВ и СУВ-630 – для управления асинхронными электродвигателями угледобывающих комплексов КМ-87 и подобных; СУВК-8 – для дистанционного управления электродвигателями проходческих комбайнов ПК-8 и ПК-8М; СУВК-9 – для управления двигателями проходческих комбайнов ПК-9рА и 4ПП-2; СУВ-1Л-100 и СУВ-2Л-120 – для дистанционного управления электродвигателями ленточных конвейеров 1Л-100 и 2Л-120; КУУВМ1-400 и КУУВМ2-400 – для управления асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором в шахтах, опасных по газу или пыли.

Последний тип станций имеет четыре вывода на токи 2×125 и 2×250 А (суммарная токовая нагрузка всех присоединений не должна превышать 400 А) и допускает совместную работу с аппаратурой управления очистными комплексами.

Станция СУВ-350 представляет собой три отдельных сваренных отсека, соединенных болтами с помощью прямоугольных патрубков (рис.22, а). Оборудование станции размещено в трех основных выдвигных блоках, каждый из которых имеет 2 или 3 комплекта аппаратуры. Электрическая схема (рис.22, б) обеспечивает: дистанционное управление с центрального пульта всеми двигателями комплекса, кроме комбайна, управление которым вместе с конвейером лавы осуществляется аппаратурой ГАУСС или АУС, подключенной к станции управления; остановку конвейера с пульта управления комбайном; снятие напряжения со станции с помощью аварийной кнопки "Стоп"; защиту от токов КЗ блоками УМЗ; защиту от подачи напряжения на отходящее присоединение при снижении в нем сопротивления изоляции до 30 кОм и меньше; нулевую защиту; защиту от потери управляемости, от непроизвольного включения при повышении напряжения на вводе станции до 1,5 номинального, от обрыва или увеличения сопротивления цепи заземления управляемого двигателя свыше 100 Ом; блокировку реверсивных контакторов, исключаящую их одновременное включение; проверку БРУ и УМЗ и сигнализацию об их срабатывании; блокировку, исключаящую возможность включения комбайна и конвейера без подачи предупредительного звукового сигнала, а также одновременное управление конвейером с центрального пульта и пульта управления комбайном.

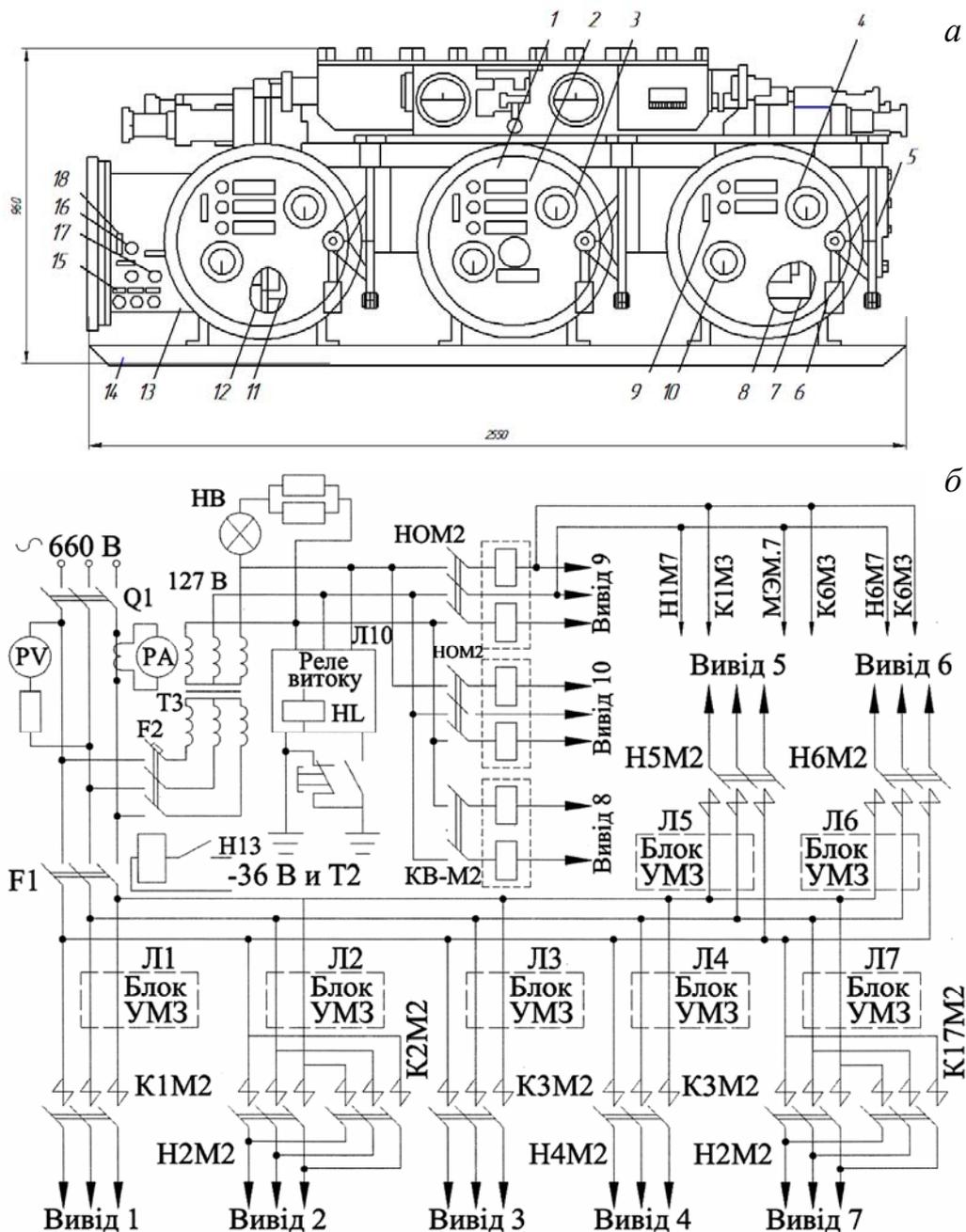


Рис.22. Магнитная станция управления СУВ-350:

a – общий вид; *б* – схема силовых цепей; 1 – быстрооткрывающаяся крышка; 2, 8, 12 – соответственно средний, правый и левый блоки; 3, 7, 11 – соответственно среднее, правое и левое отделение; 4, 9, 18 – обзорные окна для сигнальных устройств; 5 – коробка контрольных выводов; 6 – рукоятка крышки; 10 – рукоятка переключателя; 13 – дополнительный блок аппаратуры; 14 – салазки; 15 – кнопка включения и отключения выключателя в цепи 127 В; 16 – кнопка включения расцепителя; 17 – кнопка проверки БРУ.

Станция управления СУВ-350А укомплектована более совершенными контакторами КТУ-4010 и КТУ-2000 и на выводах 2, 4 и 7 установлены аппараты защиты КОРД1-11. В станциях управления СУВ-350АВ вместо контакторов КТУ-4010 установлены 5 вакуумных контакторов (выводы 2, 4 и 7), что позволило повысить надежность станции. Станция жестко крепится к облегченным салазкам, которые устанавливаются на почву или настил. Станции СУВК устанавливаются на проходческих комбайнах.