

Министерство науки и высшего образования РФ
Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова
Политехнический институт (филиал) в г. Мирном

Волотковская Н.С., Семёнов А.С.

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

**Лабораторный практикум для студентов специальности 21.05.04
«Горное дело» (специализации «Горные машины
и оборудование», «Подземная разработка рудных месторождений»,
«Электрификация и автоматизация горного производства»),
направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(бакалавриат/специалитет, очная и заочная формы обучение)**

Якутск

2018

УДК 621.316
ББК 31.29-5я73

Утверждено учебно-методическим советом МПТИ (ф) СВФУ

Практикум подготовлен на кафедре электроэнергетики и автоматизации
промышленного производства

Рецензент

А.Б. Тархов, главный энергетик, АК «АЛРОСА» (ПАО),
г. Мирный, Республика Саха (Якутия), Россия

Волотковская, Н.С.

Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий :
лабораторный практикум / Н.С. Волотковская, А.С. Семёнов. – Якутск :
Издательский дом СВФУ, 2018. – 84 с.

ISBN 978-5-7513-2540-4

Лабораторный практикум разработан для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» (специализации «Горные машины и оборудование», «Подземная разработка рудных месторождений», «Электрификация и автоматизация горного производства») и направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» очной и заочной форм обучения.

Приведены материалы для изучения такого распространенного оборудования как автоматические выключатели, пускатели, шахтные трансформаторные подстанции, станции управления, комплектные распределительные устройства различного исполнения и др.

Практикум предназначен для помощи в освоении дисциплин «Электроснабжение горного производства», «Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий», а также для раздела «Электроснабжение» дипломного проектирования.

УДК 621.316
ББК 31.29-5я73

ISBN 978-5-7513-2540-4

© Волотковская Н.С., Семёнов А.С., 2018
© Северо-Восточный федеральный университет, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВСТУПЛЕНИЕ	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. Исследование шахтных трансформаторов и передвижных трансформаторных подстанций	5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. Исследование конструкции шахтных кабелей	12
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3. Исследование взрывобезопасных магнитных пускателей типа ПВИ	21
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4. Исследование взрывобезопасного реверсивного пускателя типа ПМВИР	30
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5. Исследование фидерного автомата и устройства контроля изоляции	35
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6. Исследование пускового агрегата типа АПШ	41
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7. Исследование комплектного устройства управления типа СУВ	51
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8. Передвижные переключательные пункты	56
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9. Изучение конструкций комплектных распределительных устройств	64
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10. Исследование работы комплектных распределительных устройств	78
СПИСОК ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	83

ВСТУПЛЕНИЕ

Проектирование систем электроснабжения горных предприятий представляет самостоятельную работу студентов в рамках изучаемых дисциплин. При этом обязательным является использование стандартного и типового электрооборудования. Необходимость применения специальных конструкций и устройств должна быть надлежащим образом обоснована. Вполне допустимо применение нового оборудования, выпускаемого отечественными производителями или оборудования, находящегося в стадии разработки заводами изготовителями, если известны его основные технические характеристики. Данные по новому электрическому оборудованию и новейшим разработкам всегда можно найти и использовать для проектирования систем электроснабжения горных предприятий в интернете.

Цель лабораторного практикума – изучение конструкций и особенностей изготовления основного горно-шахтного электрооборудования, а также их стандартных технических характеристик. При этом необходимо помнить условия их выбора и применения в распределительных сетях горных предприятий. Для этого необходимо изучить не только конструкцию и технические характеристики, но и принципиальные электрические схемы применяемого оборудования, а так же все виды защит, блокировок и сигнализаций, которые обеспечивают правильную, безотказную (надежную) и безопасную работу электрических сетей горных предприятий.

В методических указаниях приведены материалы для изучения такого распространенного оборудования как автоматические выключатели, пускатели, шахтные трансформаторные подстанции, станции управления, комплектные распределительные устройства различного исполнения и др., что помогут студентам в освоении дисциплины «Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.

ИССЛЕДОВАНИЕ ШАХТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И ПЕРЕДВИЖНЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Цель работы: изучить назначение, конструктивное исполнение и область применения шахтных трансформаторов и передвижных трансформаторных подстанций, а также рассмотреть принципиальную электрическую схему передвижных трансформаторных подстанций.

1. Назначение и область применения

Трансформаторы ТСШВ сухого типа предназначены для эксплуатации на предприятиях горнорудной промышленности, а также в условиях, где требуется обеспечение повышенной пожарной защищенности и взрывобезопасности. От трансформаторов и трансформаторных подстанций, подключаемых к сети 6 кВ, получают питание шахтные электроприемники с номинальным напряжением 380, 660 или 1140 В. Для данных условий электротехническая промышленность выпускает также подстанции серии ТСВП (с сухим трансформатором, взрывобезопасные, передвижные) и др.

2. Техническая характеристика

Трансформаторы ТСШВ и ТСВП имеют уровень взрывозащиты РВ-4В. Взрывонепроницаемость конструкции обеспечивается при помощи фланцевой защиты. Основные технические данные приведены в табл. 1.

Таблица 1. Технические параметры трансформаторов серии ТСШВ и ТСВП

Параметры	ТСШВ-100/6 (ТСВП-100/6)	ТСШВ-160/6 (ТСВП-160/6)	ТСШВ-250/6 (ТСВП-250/6)	ТСШВ-400/6 (ТСВП-400/6)	ТСШВ-630/6 (ТСВП-630/6)
Номинальная мощность, кВ·А	100	160	250	400	630
Частота, Гц	50				
Номинальное первичное напряжение, В	6000±5%				
Номинальное вторичное напряжение, В	400/690			400/690 (690)	400; 690 (690)
Напряжение короткого замыкания, %	3,5				

Ток холостого хода, %	6 (5)	4,5 (3,6)	3,5	2,5 (2,2)	1,5
Потери короткого замыкания при 115°C, Вт	1150 (1270)	1700 (1900)	2300 (2490)	3400 (3600)	4400 (4700)
Потери холостого хода, Вт	1000 (940)	1330 (1160)	1650 (1590)	2180 (2070)	2800 (2690)
Габаритные размеры:					
– длина, мм	2500 (3300)	2500 (3300)	2600 (3470)	2700 (3570)	3000 (3770)
– ширина, мм	1070 (1020)	1070 (1020)	1070 (1020)	1025 (1020)	1030 (1020)
– высота, мм	1240 (1430)	1240 (1430)	1350 (1430)	1520 (1500)	1580 (1580)
Масса, кг	1700 (2150)	1900 (2500)	2550 (2950)	3480 (3620)	4780 (4850)

Примечание. В скобках указаны параметры подстанций ТСВП, когда они отличаются от параметров трансформаторов ТСШВ той же мощности.

3. Конструкция

В настоящее время трансформаторы серии ТСШВ (сухие, шахтные, взрывобезопасные) выпускаются мощностью 100, 160, 250 и 400 кВ·А. Обмотки низшего напряжения (НН) данных трансформаторов могут быть соединены перестановкой перемычек:

- а) в звезду – для получения напряжения 690 В;
- б) в треугольник – для получения напряжения 400 В.

Трансформатор мощностью 630 кВ·А не имеет устройства для переключения обмоток НН и выпускается с завода-изготовителя с видом соединения обмоток НН по требованию заказчика.

Магнитопровод с обмотками помещен во взрывобезопасную оболочку – кожух, выполненный с ребристой поверхностью. В трансформаторах при мощностях 100 и 160 кВ·А кожух выполнен круглой формы, при мощностях 250, 400 и 630 кВ·А – овальной. На боковой поверхности имеется люк для доступа к панели регулировочных отводов обмотки ВН. Трансформатор оборудован ходовой частью, выполненной в виде буферов и кронштейнов для установки полускатов шахтных вагонеток на колею 600 или 900 мм.

Подстанции серии ТСВП выпускаются следующих мощностей:

- а) 100, 160 и 250 кВ·А на напряжение 690 и 400 В при соединении обмоток НН соответственно в звезду и треугольник;
- б) 400 кВ·А на 690 В при соединении обмоток ВН в звезду;
- в) 630 кВ·А на 690 В при соединении обмоток НН в треугольник.

Общий вид подстанции ТСВП изображен на рис. 1. Подстанция состоит из силового трансформатора 2, пристроенных к его оболочке с двух сторон распределительных устройств высшего напряжения (РУВН) 1 и низшего напряжения (РУНН) 3 и ходовой части 4, такой же, как в трансформаторе ТСШВ.

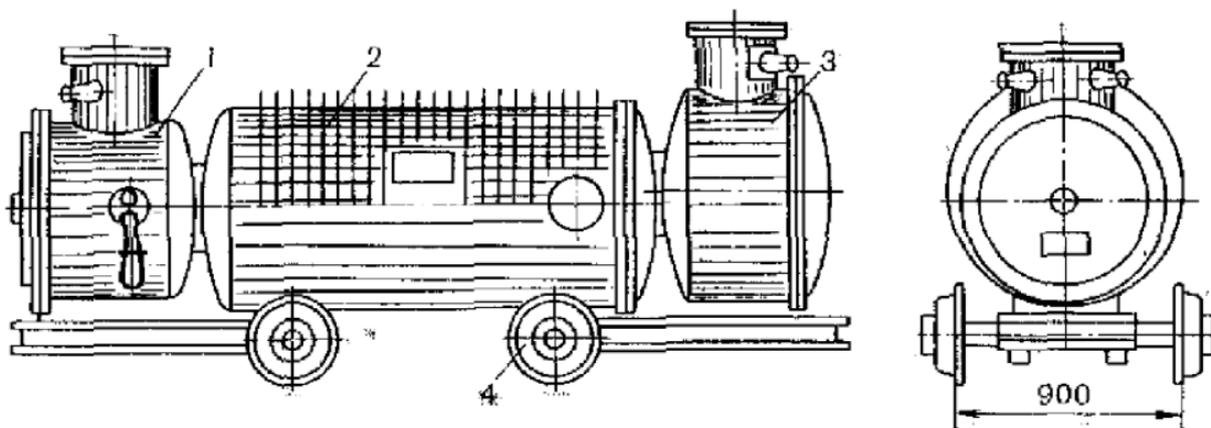


Рис. 1. Общий вид взрывобезопасной передвижной подстанции ТСВП

В подстанциях ТСВП установлены внутренние взрывонепроницаемые разгрузочные устройства УРГ-1 и УРГ-2, состоящие из двух расположенных один в другом стальных стаканов с отверстиями по боковым стенкам. Пространство между стаканами заполнено стеклянными шариками диаметром 3-4 мм. Устройства УРГ-1 монтируют на перегородках между отделениями РУВН, РУНН и соответствующими камерами выводов, а УРГ-2 – между отделением трансформатора и отделениями РУВН и РУНН. Устройства УРГ снижают давление взрыва в оболочках подстанции. Эксплуатировать подстанцию без этих устройств, менять их местами и разбирать запрещается.

4. Электрическая схема

Электрическая схема подстанции ТСВП мощностью 100, 160 и 250 кВ·А приведена на рис. 2. Начала и концы обмоток НН трансформатора выведены

включены параллельно соединенные контакты блока УМЗ, аппарата защиты АЗПБ и контакт К1.2 реле К1.1.

Катушка нулевого расцепителя питается постоянным током при напряжении 110 В от выпрямительного прибора U1, в цепь которого последовательно включены контакты аппарата защиты АЗПБ, блока УМЗ, электротеплового реле и размыкающий контакт кнопки SB1 электромеханической блокировки разъединителя- выключателя QS с выключателем QF.

Кнопка SB2 предназначена для закорачивания балластного резистора в цепи питания катушки нулевого расцепителя в момент включения выключателя QF.

Аппарат АЗПБ осуществляет защиту сети напряжения 380 или 660 В от токов утечки и контролирует сопротивление изоляции сети в отключенном состоянии выключателя QF (режим БРУ).

Защита от длительных перегрузок выполняется электротепловыми реле КК1 и КК2 типа ДТР-3М-УТ, закрепленными на обмотке НН. При чрезмерном перегреве трансформатора Т1 контакты этих реле размыкают цепь выпрямительного прибора U1, что приводит к отключению выключателя QF. Одновременно загорается сигнальная лампа НЛ1, расположенная у смотрового окна вольтметра, с табличкой ДТР.

Аппарат газовой защиты (АГЗ) питается от трансформатора Т2 напряжением 36 В переменного тока через предохранитель FU1 и проходные зажимы 9, 10 выводной коробки РУНН. Контакт К исполнительного реле аппарата газовой защиты через проходные зажимы 11, 12 оболочки РУНН включен последовательно в цепь реле К1.1, а контакт последнего – в цепь катушки РН независимого расцепителя.

Трансформатор Т2 подключен к силовой цепи до выключателя, чтобы обеспечить питание цепей управления и защиты подстанции со стороны НН при отключенном выключателе QF.

Светильники местного освещения (не более двух) присоединяют к проходным зажимам в оболочке РУНН. В цепи светильников устанавливают выключатель SA и предохранитель FU2.

В подстанциях серии ТСВП имеется электромеханическая блокировка, не допускающая отключения разъединителя-выключателя нагрузки QS при включенном автоматическом выключателе QF и высоковольтном КРУ. Эта блокировка состоит из кнопки SB1, штока 1, диска 2 и съемной рукоятки разъединителя-выключателя QS. Один размыкающий контакт кнопки SB1 включен последовательно в цепь дистанционного управления КРУ, другой – в цепь катушки нулевого расцепителя выключателя QF.

При включенном разъединителе-выключателе нагрузки QS шток 1 входит в паз диска 2. В этом положении размыкающие контакты кнопки SB1 в цепях катушки нулевого расцепителя выключателя QF и дистанционного управления КРУ замкнуты, а разъединитель-выключатель нагрузки QS механически заблокирован.

Для отключения разъединителя-выключателя нагрузки QS необходимо до поворота его рукоятки в положение «Отключено» нажать кнопку SB1. При этом шток 1 выходит из зацепления с диском 2. Контакты кнопки SB1 размыкаются и разрывают цепи катушки нулевого расцепителя выключателя QF и дистанционного управления КРУ. После поворота рукоятки QS KV.1 включает соленоид YA. Соленоид, воздействуя на механизм свободного расцепления, отключает масляный выключатель QF. Реле KV отключается при снижении напряжения ниже 60% номинального.

При ручном управлении КРУ (с помощью рукоятки) необходимо переключку А переставить с зажимов 31, 32 на зажимы 28, 29.

Состояние изоляции отходящего от КРУ участка сети контролируется реле утечки K4, которое срабатывает при снижении сопротивления изоляции до 80 кОм. Контакт K4.2 в цепи реле K3 размыкается, и оно не может быть включено. Контакт K4.1 замыкает цепь сигнальной лампы HL2.

5. Вопросы для самопроверки

1. Назовите основные узлы, из которых формируется подстанция.
2. Какие механические и электрические блокировки предусмотрены конструкцией подстанции ТСВП?
3. Какие способы регулирования напряжения предусмотрены схемой подстанции?
4. Назовите все виды защит, предусмотренные схемой подстанции.
5. Какие аппараты и устройства расположены в РПНН подстанции?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ШАХТНЫХ КАБЕЛЕЙ

Цель работы: изучить типы, конструкции и технические характеристики шахтных кабелей.

1. Назначение и область применения

Подземные электрические кабельные сети вследствие большой протяженности относятся к наиболее легко уязвимым и опасным элементам шахтного электрооборудования. В связи с этим в таких сетях допускаются к применению исключительно бронированные кабели при стационарной прокладке и гибкие кабели – для передвижных механизмов.

В подземных выработках не допускаются к применению обычные изолированные и голые провода, а также кабели с алюминиевыми жилами и оболочками, так как они допускают искрение во взрывоопасной атмосфере. Поэтому в подземных выработках, в карьерах и на некоторых производствах обогатительных фабрик применяются кабели, изготовленные из меди.

В табл. 1 приведены данные о марках кабелей, применяемых в шахтах и карьерах, их конструктивных особенностях и области применения.

2. Техническая характеристика

Таблица 1. Марки шахтных кабелей и области их применения

Марка кабеля	Напряжение, В	Количество и сечение жил	Особенность конструкции	Преимущественное назначение
СБн	6000, 10000 и 1000	Трехжильные, сечением 10-240 мм ² (6-10 кВ), 6-240 мм ² (1 кВ)	С бумажной пропитанной изоляцией, в свинцовой оболочке, бронированный стальными лентами, с негорючим наружным покровом	Стационарная прокладка по горизонтальным и наклонным выработкам с разностью уровней до 15-25 м

СБн-В	6000 и 1000	Трехжильные, сечением 16-120 мм ² (6 кВ), 6-120 мм ² (1 кВ)	С бумажной обедненно-пропитанной изоляцией, в свинцовой оболочке, бронированный стальными оцинкованными проволоками, с негорючим наружным покровом	Стационарная прокладка в вертикальных выработках с разностью уровней до 100 м
ЭВТ	6000 и 660 (380)	Четырех- и восьмижильные, сечением основных жил 16-35 мм ² (6 кВ) Четырех- и восьмижильные, сечением основных жил 10-95 мм ² ; 16-95 мм ² (660 В), вспомогательных – 4 мм ² , заземляющих – 10 мм ²	Экранированный, в полихлорвиниловой оболочке, бронированный многопроволочным стальным канатиком, с изоляцией жил из полихлорвинилового пластика, с наружным негорючим покровом из того же пластика	Периодическая прокладка по скважинам, наклонным и горизонтальным выработкам для питания участковых трансформаторных подстанций и распределительных пунктов
ПВШЭ	660 (380)	Четырехжильный, сечением 50-120 мм ²	Полугибкий экранированный с изоляцией и наружной оболочкой из негорючего полихлорвинилового пластиката	Периодическая прокладка по наклонным и горизонтальным выработкам для питания распределительных пунктов и подключения приемников, не требующих непрерывного перемещения во время работы
ГРШЭ	660 (380)	Семижильные и четырехжильные сечением 4-95 мм ²	Шахтный гибкий экранированный с резиновой изоляцией, в резиновой оболочке, не распространяющий горения	Питание передвижных приемников с дистанционным и местным управлением на участках шахты
КГШ	250	12-38-жильные, сечением 1,5-2,5 мм ²	Контрольный гибкий кабель с изоляцией и оболочкой из негорючего полихлоридного пластиката	Питание контрольных цепей передвижных выемочных машин и угольных комплексов

СБВш	1000, 6000, 10000	Четырехжильные, сечением основных жил 10-185 мм ² и заземляющей 6-50 мм ² (1 кВ); трехжильные, сечением 10-240 мм ² (6 кВ)	Кабель с медными жилами, с бумажной пропитанной изоляцией, в свинцовой оболочке, бронированный стальными лентами, в поливинилхлоридной оболочке, не распространяющей горение	Прокладка в шахтах в агрессивных условиях, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
СВш	1000	Четырехжильные, сечением основных жил 10-185 мм ²	Кабель с медными жилами, с бумажной пропитанной изоляцией, в свинцовой и поливинилхлоридной оболочках, не распространяющих горение	Прокладка в шахтах, в агрессивных условиях, при отсутствии механических воздействий на кабель

В зависимости от естественных условий шахтные кабели можно подразделить на:

- 1) бронированные, прокладываемые по вертикальным и наклонным выработкам (с углом падения от 45 до 90°);
- 2) бронированные, прокладываемые по горизонтальным и наклонным выработкам (от 0 до 45°);
- 3) гибкие, прокладываемые по горизонтальным и наклонным выработкам (от 0 до 45°).

3. Конструкция

Несмотря на некоторые различия в конструкции бронированных кабелей, применяемых в шахтах, устройство их в основном является одинаковым. Обычный бронированный кабель состоит из трех медных жил, скрученных из отдельных тонких проволок для увеличения гибкости. Каждая жила покрывается несколькими слоями специальной бумаги, пропитанной изолирующей массой. Изолированные бумагой жилы скручиваются вместе в общий кабель и покрываются общей, так называемой поясной, изоляцией, состоящей из пропитанной бумаги.

Для прокладки по горизонтальным и наклонным выработкам обычно применяются кабели со свинцовой оболочкой и броней из двух стальных лент, чтобы не допустить стекания изоляционных масс, так как бумажная изоляция имеет маслоканифольную пропитку.

К таким кабелям относятся кабели марки СБН (освинцованные и бронированные двумя стальными лентами) и СПН (освинцованные и бронированные плоскими стальными оцинкованными проволоками) и кабели марки СБГ и СНГ (то же, что и СБ и СП, но без джутовой оплетки – голые), предназначенные для питания стационарных потребителей.

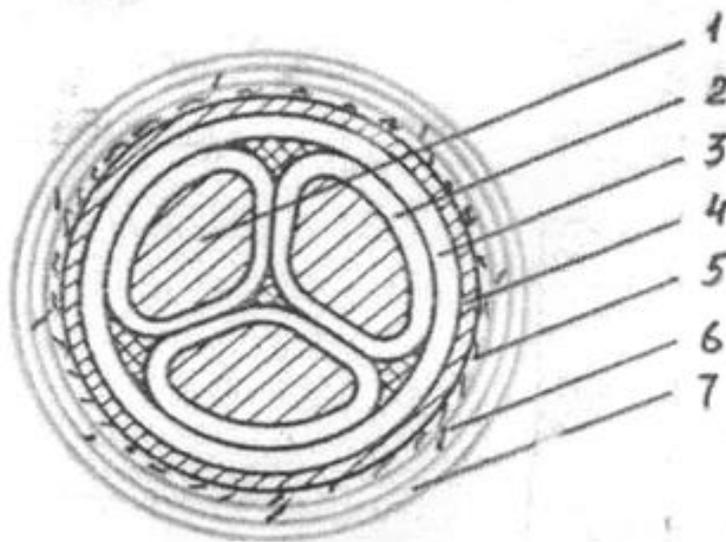


Рис. 1. Конструкция бронированных кабелей марок СБГ, СБн, СБлн, СБШв, а также СПн, СПлн, СПШв

На рис. 1 приведена конструкция кабелей данного типа, где: 1 – три медные жилы; 2 – фазная бумажная изоляция; 3 – поясная бумажная изоляция с маслоканифольной пропиткой; 4 – свинцовая оболочка; 5 – защитное покрытие; 6 – броня из стальной проволоки; 7 – противопожарная защитная изоляция.

Основными недостатками кабелей марки СБ и СП в условиях подземной эксплуатации являются чрезмерная жесткость и отсутствие жилы заземления и вспомогательной жилы с контрольными кабелями. В настоящее время эти недостатки устранены в полугибких кабелях марки ЭВТ и ПВШЭ.

Кабели ЭВТ (экранированные медной фольгой, с изоляцией из поливинилхлорида, для тяжелых условий работы) снабжены гибкой проволочной броней, выполненной из многопроволочного канатика, предназначены для питания участковых трансформаторных подстанций и распределительных пунктов.

Конструкция кабеля ЭВТ приведена на рис. 2, где: 1 – вспомогательные жилы; 2 – жгут из ПХВ пластиката; 3 – основные жилы; 4 – изоляция жил из ПХВ пластиката; 5 – экран из полупроводникового пластиката и медной фольги; 6 – общий экран из двух медных лент; 7 – поясная изоляция из ленты ПХВ; 8 – бронепокрытие из каната; 9 – поливинилхлоридный защитный шланг; 10 – заземляющая жила.

Кабели ЭВТ изготавливаются как на напряжение 6 кВ (сечениями 16, 25 и 35 мм²) – для подвода электроэнергии к передвижным трансформаторным подстанциям, так и на напряжение 660В (сечением от 16 до 95 мм²) – для подвода электроэнергии от передвижных подстанций к распределительным устройствам.

Для питания участковых трансформаторных подстанций и распредпунктов на напряжение 1140 В используются кабели марки КГЭБШ, сечением от 4 до 95 мм². Конструкция кабеля данного типа изображена на рис. 3, где: 1 – три гибкие силовые жилы с резиновой изоляцией, покрытых сверху экраном из электропроводной резины; 2 – неизолированная заземляющая жила; 3 – шесть вспомогательных жил с резиновой изоляцией и общим экраном; 4 – общая резиновая изоляция; 5 – броня; 6 – шланговая изоляция.

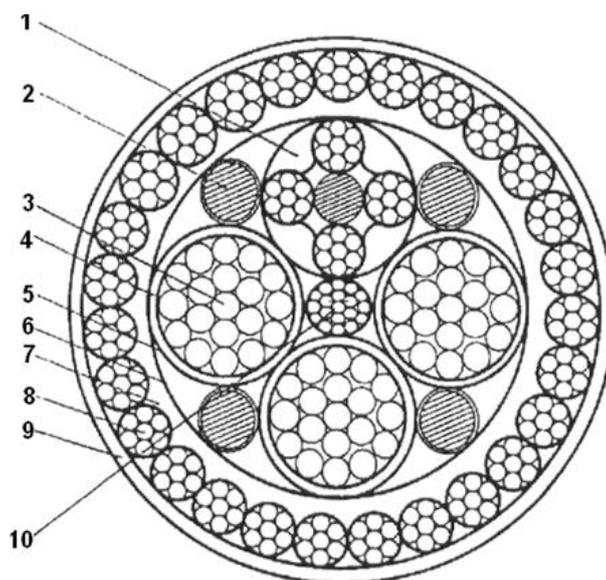


Рис. 2. Конструкция полугибкого кабеля ЭВТ

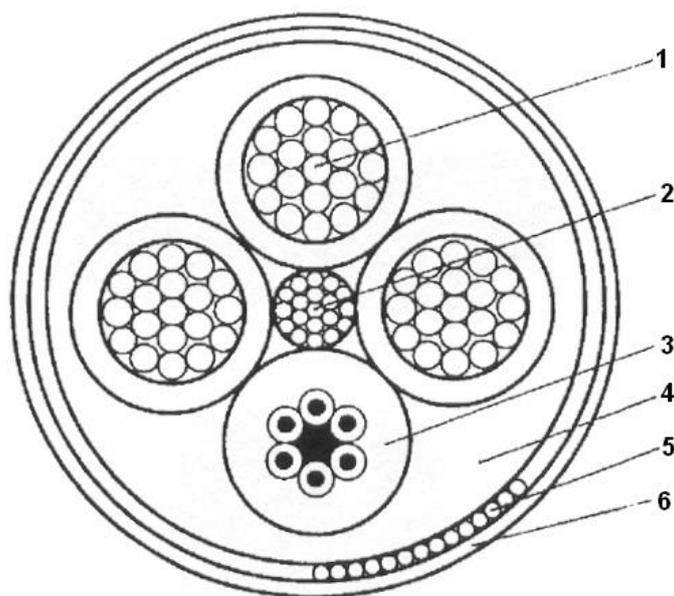


Рис. 3. Конструкция гибкого бронированного кабеля марки КГЭБШ

Для питания трансформаторных подстанций и распределительных пунктов на напряжение 660 В используются кабели КГЭШ и КГЭШУ, сечением от 6 до 50 мм². Конструкция кабелей приведена на рис. 3(а,б), где: 1 – основная жила; 2 – изоляция основной жилы; 3 – экран основной жилы; 4 – жила заземления; 5 – вспомогательная жила; 6 – шланговая изоляция; 7 – экран вспомогательных жил.

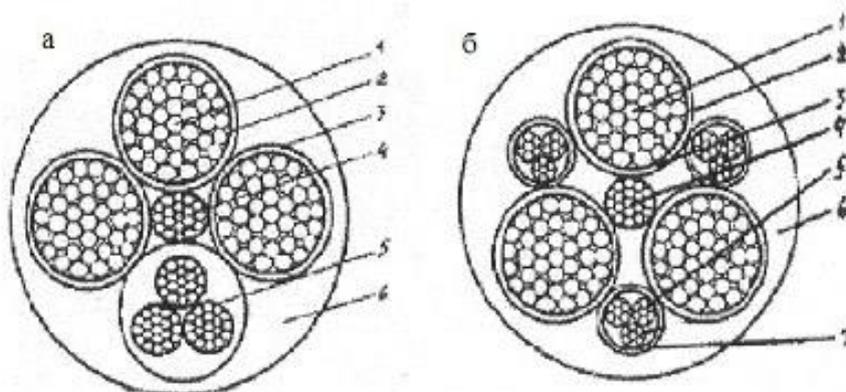


Рис. 4. Конструкция гибких экранированных кабелей марки КГЭШ (а) и КГЭШУ (б)

Для трансформаторных подстанций и распределительных устройств, не требующих непрерывного перемещения во время работы, применяется конструкция полугибкого кабеля марки ПВШЭ (полихлорвиниловый, шахтный,

экранированный) на напряжение 660 В, бронированного многопроволочными канатиками с наружным негорючим шлангом из пластиката (рис. 4).

На рис. 4 показаны: 1 – силовые жилы; 2 – заземляющая шила; 3 – изоляция из поливинилхлоридного пластиката; 4 – экран из электропроводного поливинилхлоридного пластиката; 5 – упрочняющие элементы; 6 – внутренняя оболочка из поливинилхлоридного пластиката; 7 – упрочняющая оплетка из синтетического материала; 8 – наружная оболочка из поливинилхлоридного пластиката.

Для передвижных электроприемников напряжением 660 В преимущественное распространение получили гибкие экранированные кабели с резиновой изоляцией марки ГРШЭ. Эти кабели изготавливаются семижильными с сечением основных жил от 4 до 95 мм² включительно и четырехжильными с сечением основных жил от 2,5 до 95 мм² включительно.

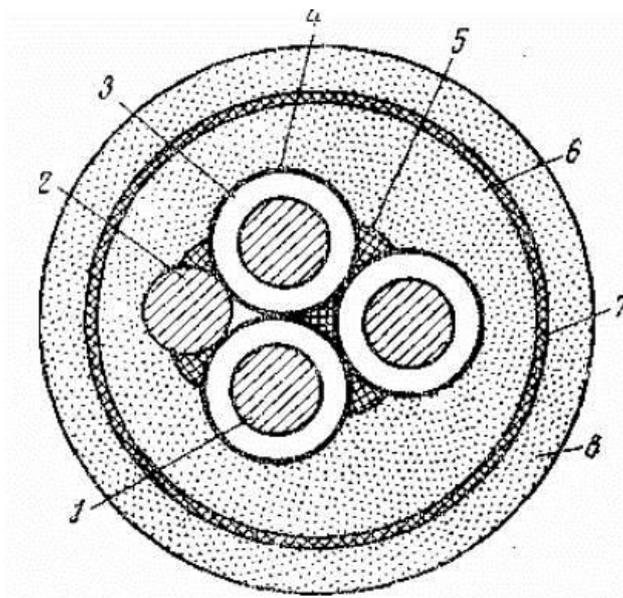


Рис. 5. Конструкция полугибкого кабеля ПВШЭ

Конструкция семижильного кабеля марки ГРШЭ приведена на рис. 5, где: 1 – силовые жилы; 2 – резиновая изоляция жил; 3 – экран из полупроводящей резины; 4 – вспомогательные жилы; 5 – заземляющая жила; 6 – шланговая резина.

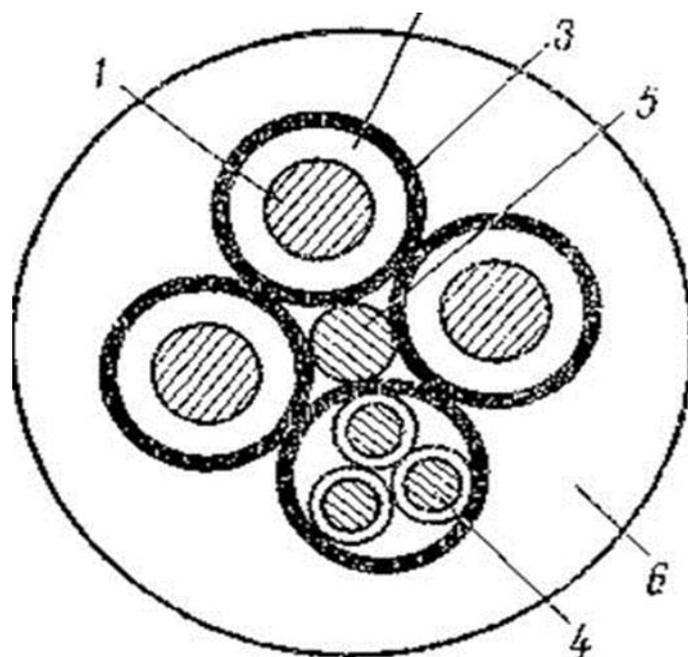


Рис. 6. Конструкция семижильного гибкого экранированного кабеля марки ГРШЭ

Наиболее эффективным путем повышения механической прочности гибких кабелей является применение высококачественных резиновых смесей, обеспечивающих высокую разрывную прочность и сопротивляемость истиранию при минимальном удельном весе.

Однако, хотя повышение механической прочности гибких кабелей и является одним из основных условий безопасного применения кабелей в шахтах, опасных по газу или пыли, оно не исключает возможности возникновения открытого искрообразования при повреждении кабеля.

Наиболее эффективно борьба с этим видом опасности в настоящее время осуществляется применением специальных экранированных кабелей. Основная идея экранированных кабелей заключается в обеспечении опережающего автоматического отключения кабеля от сети при его повреждениях, опасных в отношении появления открытого искрообразования.

Для этого экранированные кабели выполняются и включаются в общую цепь пускателя таким образом, что при механическом повреждении кабеля всякому опасному короткому замыканию между токоведущими жилами или же замыканию фазы на землю предшествует замыкание через заземленный экран,

благодаря чему осуществляется быстрое автоматическое отключение от сети поврежденного кабеля с помощью реле утечки.

В существующих конструкциях гибких кабелей крупным недостатком их экранов, выполняемых из полупроводящей резины, покрытой чешуйчатым графитом, является большое электрическое сопротивление экранов, достигающее до нескольких тысяч Ом. Использование экранов в виде металлических оплеток резко снижает гибкость кабелей и повышает его вес, и поэтому широкого применения не получило.

4. Вопросы для самопроверки

1. Почему на горных предприятиях не применяются кабели из алюминия?
2. Какой тип полугибкого кабеля прокладывают при угле падения от 45 до 90°?
3. Перечислите недостатки кабелей марки СБ и СП.
4. Опишите устройство бронированных кабелей.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗРЫВОБЕЗОПАСНЫХ МАГНИТНЫХ
ПУСКАТЕЛЕЙ ТИПА ПВИ

Цели работы: уяснить назначение взрывобезопасных магнитных пускателей и ознакомиться с их техническими данными; изучить конструкцию и электрическую схему пускателей типа ПВИ; исследовать работу основных функциональных узлов пускателей.

1. Назначение и область применения

Магнитные взрывобезопасные пускатели типа ПВИ с искробезопасной схемой дистанционного управления блокировочного реле утечки предназначены для работы в трехфазных сетях переменного тока с изолированной нейтралью в угольных и сланцевых шахтах, опасных по газу (метану) и угольной пыли, для дистанционного включения и отключения трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.

Пускатели надежно работают при:

- а) температуре окружающего воздуха от -5°C до $+35^{\circ}\text{C}$;
- б) относительной влажности окружающей среды до 98%;
- в) наклоне площади установки пускателя от горизонтальной до 30° в любом направлении;
- г) колебаниях напряжения в электрической сети от 80 до 100% номинального.

2. Техническая характеристика

1. Взрывобезопасные магнитные пускатели обеспечивают надежную работу в следующих режимах:

- продолжительном;
- прерывисто-продолжительном;
- кратковременном;
- повторно-кратковременном.

2. Номинальное напряжение сети, В – 380, 660 и 1140.

3. Частота переменного тока, Гц – 50.

4. Напряжение цепи управления, В – 18.

5. Уставки блокировочного реле утечки, кОм:

- в сети напряжением 380 В – 18;
- в сети напряжением 660 В – 30.

Таблица 1. Номинальные токи и уставки токовой защиты УМЗ

Тип пускателя	Номинальный ток, А	Токи уставок, соответствующих условным единицам на шкале блока защиты, А										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПВИ-25А	25	63	75	87	100	112	125	137	150	162	175	187
ПВИ-63А	63	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375
ПВИ-125А	125	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750
ПВИ-250А	250	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
ПВИ-320А	320	800	900	1180	1280	1440	1600	1760	1920	2080	2240	2400

6. Пускатели ПВИ допускают жесткое комплектование между собой с помощью специальных переходных коробок.

7. Электрическая схема пускателей обеспечивает следующие виды защит, электрических блокировок и проверок:

– защиту от токов короткого замыкания отходящих от пускателя силовых цепей и сигнализацию от срабатывания защиты (сигнальная лампа с красным светофильтром);

– защиту от потери управляемости при обрыве или замыкании проводов дистанционного управления между собой и с заземляющей жилой;

– защиту от обрыва или увеличения сопротивления цепи заземления свыше 100 Ом;

– нулевую защиту;

– защиту от самовключения пускателя при повышении напряжения в питающей пускатель электрической сети до 150% номинального;

– взаимную электрическую блокировку последовательности включений пускателей;

- проверку исправности работы электрической блокировки от утечки и максимальной токовой защиты;

- проверку исправности схемы управления и цепи втягивающей катушки контактора.

8. Электрическая схема обеспечивает следующие виды управления пускателя:

- дистанционное при помощи кнопочных постов управления, встроенных в рабочие машины или установленных отдельно;

- дистанционное автоматическое от замыкающего вспомогательного контакта другого пускателя или датчика;

- местное отключение с помощью встроенной в пускатель кнопки «Стоп».

9. Электрическая схема исключает возможность одновременной работы пускателя с несколькими видами управления.

10. Понижительный трансформатор пускателя допускает подключение к вторичной обмотке нагрузки мощностью до 75 ВА (светильника местного освещения, цепей автоматизации и др.).

3. Конструкция

Пускатель ПВИ состоит из набора электрической аппаратуры, смонтированной во взрывонепроницаемой оболочке. Корпус представляет собой сварную конструкцию, состоящую из четырех отделений, разделенных взрывонепроницаемыми перегородками.

Сетевое отделение предназначено для ввода, транзисторного вывода и подсоединения к пускателю силового гибкого или бронированного кабеля. Отделение выводов служит для ввода и присоединения кабеля токоприемника и кабелей контрольных цепей. В отделении разъединителя размещены блокировочный реверсирующий разъединитель и трансформатор тока максимальной токовой защиты. В контакторном отделении расположены выдвижной контрольный блок с контактором и аппаратурой защиты, управления и сигнализации, кнопки управления, проверок и механическая

блокировка разъединителя с кнопкой «Стоп». Отделение закрывается быстрооткрываемой крышкой с шарнирной подвеской.

Блоки управления БУ и максимальной токовой защиты УМЗ пускателей регулируются на заводе-изготовителе и пломбируются со стороны контактной панели.

Механическая блокировка в пускателях ПВИ предназначена для обеспечения безопасного обслуживания и монтажа пускателя в подземных выработках шахт. Она выполнена таким образом, что крышку обслуживаемого контакторного отделения невозможно открыть при включенном разъединителе, а также включить разъединитель при открытой крышке обслуживаемого отделения. Кроме того, блокировка не позволяет отключить разъединитель при включенном контакторе.

Для открывания быстродействующей открываемой крышки следует:

- а) отключить разъединитель;
- б) разблокировать привод замка крышки;
- в) повернуть привод замка быстрооткрываемой крышки по часовой стрелке и открыть крышку.

Запирание крышки и включение разъединителя выполняется в обратной последовательности.

4. Электрическая схема

Принципиальная электрическая схема пускателя ПВИ приведена на рис.1. Схема пускателя состоит из силовой цепи, схем управления, блокировок и защиты.

1. Силовая цепь пускателя включает цепи вводного и выводного (транзитного) устройств (зажимы А, В, С), блокировочный разъединитель Q, первичные обмотки Л1-Л2 трансформаторов тока ТА-1 и ТА-2, главные контакты контактора К1.2, зажимы А1, В1, С1 для присоединения кабеля, отходящего к токоприемнику.

2. Схема управления пускателем – трехпроводная с использованием в качестве третьего провода заземляющей жилы. При дистанционном управлении

от отдельного кнопочного поста в пускателе устанавливается переключатель 3-0. В вынесенный пост управления встраиваются диод V7 и шунтирующее сопротивление Rш. Промежуточное реле K4.1 постоянного тока включено параллельно вторичной обмотке III-IV трансформатора T2 (положение переключателей должно соответствовать таблице на рис. 1).

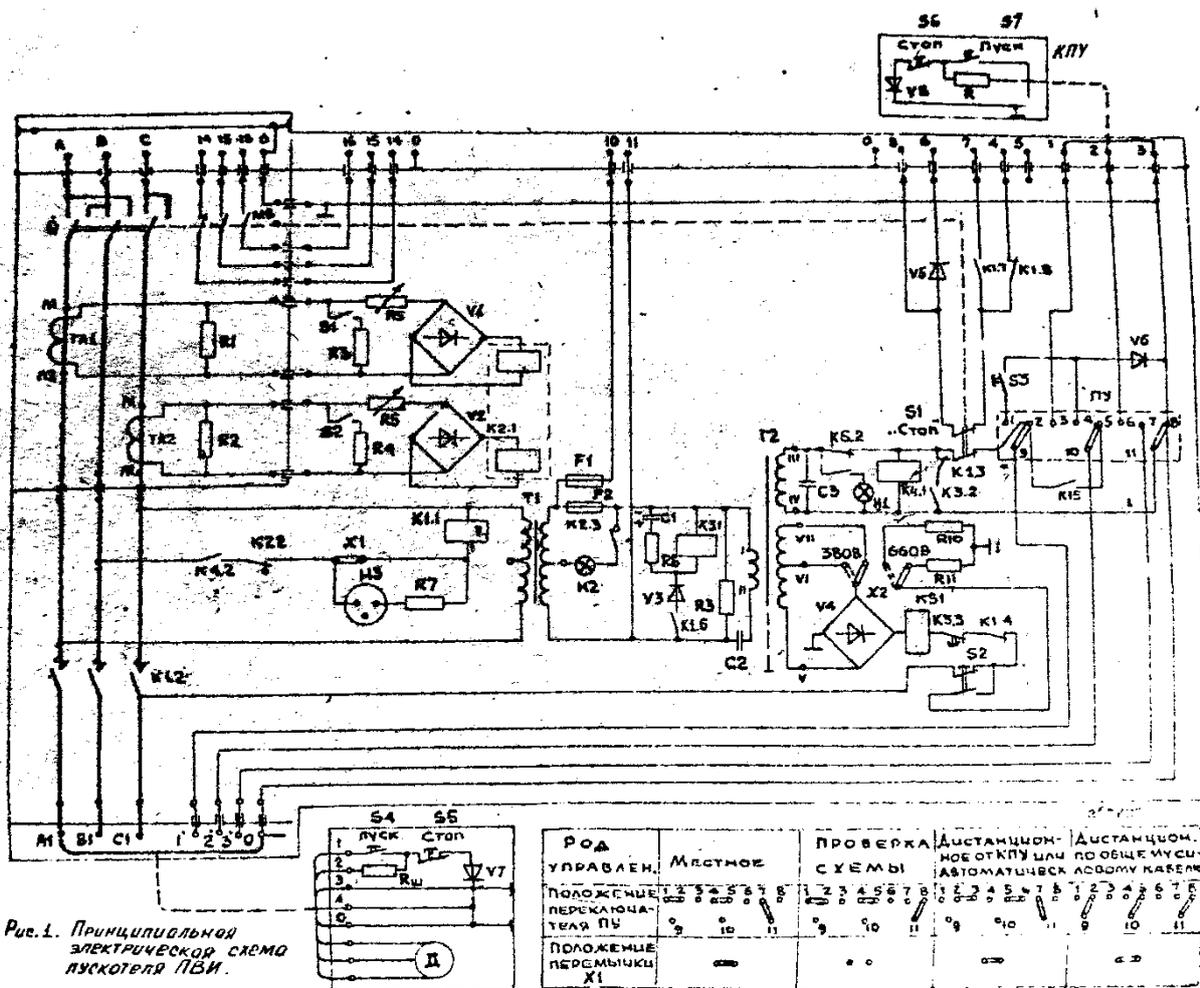


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема пускателя ПВИ.

Рис. 1. Принципиальная электрическая схема пускателя ПВИ

Дистанционное управление по общему силовому кабелю, т.е. установлены переключатели в ПУ: 2-9, 5-10, 8-11. При нажатии на кнопку S4 «Пуск», установленную на рабочем механизме, один полупериод переменного тока проходит по цепи: вывод III трансформатора T2, размыкающий контакт БРУ K5.2, кнопка S1 «Стоп», проходной зажим I в отделении контрольных выводов, жила управления силового кабеля, кнопки S4 «Пуск», S5 «Стоп», диод V7, заземляющая жила силового кабеля, переключатель на проходных зажимах 0-3 в пускателе, проходной зажим 0, вывод IV трансформатора T2.

Второй полупериод проходит через обмотку реле К4.1. Реле обтекается выпрямленным током, срабатывает и своим контактом замыкает цепь катушки контактора К1.1. При отпускании кнопки S4 «Пуск» цепь останется замкнутой через вспомогательный замыкающий контакт контактора К1.5 и резистор R_ш. При нажатии на кнопку S5 «Стоп» диод V7 в кнопочном посту исключается из схемы, реле К4.1 обтекается переменным током и отключается, размыкая цепь катушки контактора К1.1.

Дистанционное управление с вынесенного поста по отдельному кабелю. т.е. установлены переключки в ПУ: 2-3, 5-6, 7-11. При нажатии на кнопку S7 «Пуск» вынесенного поста управления один полупериод переменного тока проходит по цепи: вывод III трансформатора Т2, размыкающий контакт БРУ К5.2, кнопка S1 «Стоп», проходной зажим I, жила кабеля управления, кнопки S7 «Пуск», S6 «Стоп», диод V8, жила 3 кабеля управления, переключка в пускателе 0-3, вывод IV трансформатора Т2.

Электрической схемой пускателя предусмотрена возможность проверки исправности цепи втягивающей катушки контактора без подачи напряжения на электродвигатель. Для этого необходимо снять переключку XI в цепи катушки контактора, установить переключки в ПУ: 1-2, 4-5, 8-11 и включить пускатель кнопкой S3 «Проверка схемы».

Один полупериод переменного тока проходит по цепи: вывод III трансформатора Т2, размыкающий контакт БРУ К5.2, кнопка S1 «Стоп», переключка 1-2, диод V6, переключка 8-11, вывод IV трансформатора Т2. Вторым полупериодом проходит через реле К4.1. Реле обтекается выпрямленным током и срабатывает, замыкая свой контакт К4.2 в цепи катушки у контактора. Создается цепь: зажим силовой цепи (фаза С), катушка К1.1 контактора, резистор R7, лампа неоновая НЗ, размыкающий контакт К2.2 в блоке УМЗ, замыкающий контакт К4.2 в блоке БУ, зажим фазы В. Значение сопротивления резистора R7 подобрано таким образом, что ток, протекающий через катушку контактора, недостаточен для срабатывания контактора. При исправности цепи питания катушки контактора загорается неоновая лампа НЗ.

Включение в цепь диодов V7 или V8 обеспечивает защиту от потери управляемости. При замыкании либо обрыве цепи дистанционного управления диод исключается из схемы, реле К4.1 отключается и разрывает цепь питания катушки контактора. Пускатель отключается.

Контроль целостности заземляющей жилы кабеля осуществляется за счет использования в качестве жилы управления заземляющего провода и установки переключки 0-3 в двигателе, а также параметрами настройки реле К4.1.

3. Блокировочное реле утечки (БРУ) К5.1 предназначено для контроля сопротивления изоляции относительно земли отключенного пускателем участка цепи и блокировки выключенного пускателя, если сопротивление изоляции этого участка снизилось ниже допустимой величины (18 кОм при напряжении 380 В и 30 кОм при напряжении 660 В).

Схема БРУ состоит из выпрямительного моста, подключенного ко вторичной обмотке V-VII трансформатора Т2, переключек Х2 реле К5.1 БРУ и проверочных сопротивлений R10, R11.

При снижении сопротивления изоляции ниже уставки, высокочувствительное реле К5.1 БРУ при включенном разъединителе Q обтекается выпрямленным током, достаточным для его срабатывания, по цепи: вывод Т2 (VII при напряжении 660 В, VI при напряжении 380 В), переключка Х2, диодный мост V4, обмотка реле К5.1 БРУ, размыкающий контакт реле времени К3.3, вспомогательный контакт К1.4 контактора, кнопка S2 «Проверка БРУ», фаза С, сопротивление изоляции относительно земли, диодный мост V4, вывод V Т2. Реле К5.1 БРУ своим контактом К5.2 разрывает цепь питания промежуточного реле К4.1 и замыкает цепь сигнальной лампы Н1.

Контроль работы схемы осуществляется замыканием цепи БРУ кнопкой S2 «Проверка БРУ» через резистор R10, при напряжении сети 380 В или R11 – при напряжении сети 660 В.

4. Схема реле времени состоит из реле К3.1, конденсатора С1, резистора R8 и диода V3. Схема предотвращает ложные срабатывания защиты от утечек

(БРУ) при повторных включениях от электродвижущей силы отключенного, но вращающегося электродвигателя.

При включении контактора вспомогательный контакт К1.6 контактора К1.1 включает реле времени К3.1, оно замыкает свой контакт К3.2 в цепи, шунтирующей промежуточное реле К4.1, и размыкает свой контакт К3.3 в цепи реле К5.1 БРУ. При отключении контактора К1.1 прекращается питание реле времени К3.1, но его якорь остается в притянутом положении за счет обтекания обмотки реле током разряда конденсатора С1 через резистор R8. По истечении 2-3 с (время разряда конденсатора), когда электродвижущая сила электродвигателя практически снижется до нуля, размыкающий контакт К3.3 замыкается и включает в работу БРУ, а замыкающий контакт К3.2 разрывает цепь, шунтирующую реле К4.1.

5. Схема максимальной токовой защиты УМЗ обеспечивает отключение пускателем отходящей от него электрической сети, обеспечивающей нормальную эксплуатацию присоединенных к ней электродвигателей в случае возникновения в любой точке сети трехфазного или двухфазного короткого замыкания.

Схема состоит из двух одинаковых цепей, включающих трансформаторы тока ТА1 и ТА2, проверочные резисторы R3, R4, тумблеры S1, S2, переменные резисторы R5, R6, V1 и V2 и реле К2.1. Реле К2.1 воздействует на один исполнительный механизм.

При возникновении короткого замыкания ток вторичной обмотки трансформаторов тока ТА1 и ТА2 создает на резисторах R1 и R2 напряжение, которое выпрямляется и поступает на исполнительное реле К2.1. Реле срабатывает, размыкает свой контакт К2.2 в цепи сигнальной лампы Н2. Исполнительное реле К2.1 подключено к схеме как реле напряжения. Ток в обмотке реле изменяется по экспоненциальному закону. При нормальных коммутациях магнитный поток в магнитопроводе реле К2.1 не успевает достигнуть потока трогания реле, что дает возможно выбирать уставку защиты

по фактическому пусковому току электродвигателя. Регулировка уставок производится при помощи переменных резисторов R5, R6.

6. Блокировка последовательности включения двух или нескольких пускателей может быть осуществлена при любом виде управления. Для этого в цепь управления пускателя, который должен включаться вторым, вводится вспомогательный контакт K1.7 контактора K1.1, включенный последовательно с кнопкой S1 «Стоп» пускателя, который включается первым.

7. Схемы пускателей ПВИ-250, ПВИ-320 и др. несколько отличаются от приведенной на рис. 1. В этих пускателях катушка контактора питается постоянным (выпрямленным) током.

5. Вопросы для самопроверки

1. Назовите назначение магнитных пускателей.
2. Покажите на схеме блок УМЗ и объясните принцип его действия.
3. Покажите на схеме блок БРУ и объясните принцип его действия.
4. Как осуществляется защита от потери управляемости?
5. Что такое нулевая защита и как она обеспечивается в ПВИ?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОГО РЕВЕРСИВНОГО ПУСКАТЕЛЯ ТИПА ПМВИР

Цель работы: ознакомление с устройством, принципом действия и схемой взрывобезопасных реверсивных пускателей типа ПМВИР, а также исследование блокировочного реле утечки и защиты от неполнофазного режима работы.

1. Назначение и область применения

Взрывобезопасные реверсивные пускатели типа ПМВИР предназначены для дистанционного пуска, остановки и реверсирования асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.

2. Техническая характеристика

Технические данные пускателей типа ПМВИР-41 и ПМВИР-51 приведены в табл. 1.

Таблица 1. Технические характеристики пускателей

Тип пускателя	Номин. ток продолжит. режима, А	Наибольшая мощность управляемого электродвигателя, кВт			Вид защиты
		127-220 В	220-440 В	440-660 В	
ПМВИР-41	60	17	30	40	Блокировочное реле утечки, реле обрыва фазы, предохранители
ПМВИР-51	120	30	55	75	

Напряжение искробезопасной цепи управления: 18 В
Напряжение цепи контроля утечки тока блокировочного реле утечки: 100 В

3. Конструкция

Пускатель представляет собой аппарат, заключённый во взрывобезопасный корпус, внутри которого расположены: нереверсивный разъединитель ножевого типа Q, два трехполюсных контактора для хода «Вперед» и «Назад» KM1, KM2, плавкие предохранители F1, F2, трансформатор для питания цепей управления и блокировки T1, блок управления, кнопки управления, реле обрыва фазы K1. Для предотвращения возможности одновременного включения контакторов они сблокированы

между собой механически (при помощи тяги) и электрически (при помощи размыкающих блок-контактов КМ1.3, КМ2.3 контакторов).

Оболочка пускателя имеет две крышки (переднюю и заднюю), с которыми сблокирован разъединитель, предназначенный для снятия напряжения с доступных для осмотра панелей. В верхней части пускателя расположено вводное устройство, состоящее из сетевой и моторной камер.

4. Электрическая схема

Управление пускателем осуществляется с трехкнопочного поста управления. Для местного отключения пускателя в его корпус встроена кнопка «Стоп». На корпус выведена также кнопка «Проверка» (S1) для контроля исправности блокировочного реле утечки.

Включение пускателя осуществляется следующим образом. При включении разъединителя Q подается напряжение на трансформатор Т1 и стабилизирующие трансформаторы Т2 и Т3. Обмотки промежуточных реле К2 и К3 будут обтекаться при этом переменным током, недостаточным для их срабатывания. При нажатии кнопки «Вперед-S4» или «Назад-S5» одна полуволна переменного тока пойдет через цепь диода V, встроенного в пост управления, вторая полуволна соответственно через обмотку реле К2 и К3. При срабатывании этих реле замыкаются их контакты в цепи контакторных катушек КМ1 или КМ2, что приводит к включению пускателя. При отпускании кнопки «Вперед» («Назад») цепь питания реле К1 (К2) остается замкнутой через блок-контакт соответствующего контактора. Отключение пускателя осуществляется разрывом цепи управления с помощью кнопки «Стоп-S6».

Электрические схемы пускателя обеспечивают следующие виды защит и блокировок:

- защиту от токов короткого замыкания (предохранителями F1 и F2);
- нулевую защиту (шунтированием кнопок «Вперед» и «Назад» блок-контактами контактора);

Блокировочное реле утечки БРУ-2с работает следующим образом. Цепь контроля состояния изоляции отключенного кабеля и электродвигателя питается напряжением 100 В от выпрямителя V1. При этом оперативный ток проходит по цепи: «плюс» моста V1 – ограничительное сопротивление R3 – размыкающие блок-контакты контакторов КМ-1.2 и КМ-2.2 – кнопка «Проверка – S1» – жилы кабеля – обмотка электродвигателя – сопротивление изоляции трех фаз относительно земли – земля – заземляющий зажим на корпусе пускателя – регулируемые сопротивления R4,R5 – «минус» моста.

При высоком сопротивлении изоляции контролируемой цепи ток в ней мал, падение на резисторе R4 (R5) невелико и транзисторы V2 и V3, к которым приложено это падение напряжения, оказываются запертыми. Выпрямитель V4 при этом находится в режиме холостого хода, имеет высокое сопротивление и не препятствует включению реле К2 (К3) при нажатии кнопки «Вперед-S4» («Назад-S5»).

При снижении сопротивления изоляции контролируемой цепи до 200 кОм (предупредительная уставка реле БРУ-2с) ток в ней возрастает и падение напряжения на резисторе R4 (R5) увеличивается настолько, что транзисторы V2 и V3 начинают пропускать ток, достаточный для того, чтобы загорелась сигнальная лампа НЛ. При дальнейшем снижении сопротивления изоляции до 30 кОм (аварийная уставка реле БРУ-2с) падение напряжения на резисторе R4 (R5) возрастает настолько, что сопротивление транзисторов снизится до значения, при котором стабилизированный трансформатор Т3 окажется зашунтированным нагруженным теперь выпрямителем V4. Соответственно снизится напряжение в цепи управления пускателя, и реле К2 (К3) не сможет быть включено, пока не будет улучшено состояние изоляции в контролируемой отключенной силовой цепи.

Проверка исправности защиты реле БРУ-2с осуществляется кнопкой «Проверка-S1», с помощью которой создается искусственная утечка на землю через проверочное сопротивление R1.

5. Вопросы для самопроверки

1. Назовите назначение реверсивных пускателей.
2. Какие виды защит и блокировок предусмотрены схемой ПМВИР?
3. Как осуществляется защита от обрыва цепи заземления?
4. Назовите назначение предохранителей в силовой цепи.
5. Объясните назначение сдвоенной катушки К1.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИДЕРНОГО АВТОМАТА И УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯЦИИ

Цели работы: изучение конструкции и схемы рудничных автоматических выключателей типа АВ.

1. Назначение и область применения

Автоматические выключатели (АВ) по способу управления относятся к аппаратам ручного управления и служат для защиты магистральных силовых кабелей (фидеров), питающих распределительные устройства от перегрузок и коротких замыканий. Обычно АВ устанавливаются в участковых трансформаторных камерах или встраиваются внутрь передвижных трансформаторных подстанций. Часто эти аппараты применяются в качестве вводных в распределительных устройствах для быстрого их отключения при ремонтах и передвижках, а также для пуска и защиты стационарных электроустановок мощностью до 300 кВт при напряжении до 1140 В.

Реле утечки предназначено для автоматического контроля изоляции участка сети. При снижении сопротивления изоляции до определенной величины или при появлении утечек, реле утечки АВ отключает сеть.

Под сопротивлением изоляции $R_{из}$ принято понимать распределение вдоль всей длины каждого из проводников сопротивление относительно земли, величина которого обусловлена равномерным ухудшением изоляции вследствие ее отсыревания, старения, загрязнения и т.д.

Под сопротивлением утечки $R_{ут}$ понимают местные, сосредоточенные сопротивления одного или нескольких проводников относительно земли, обусловленные, как правило, механическим повреждением изоляции.

Благодаря отключению сети при снижении сопротивления изоляции или появлении недопустимых утечек предотвращается:

- опасность поражения электрическим током человека;
- опасность воспламенения электрооборудования токами утечки;
- опасность преждевременного воспламенения электродетонаторов;

– развитие повреждения электрооборудования с отсыревшей или неисправной изоляцией;

– опасный нагрев и сквозной прожог под действием электрической дуги между проводником и оболочкой;

– воспламенения газа и пыли токами утечки.

Применение реле утечки и трехфазных шахтных сетях с изолированной нейтралью согласно правил безопасности (ПБ) – обязательно.

2. Техническая характеристика

Технические данные взрывобезопасных фидерных автоматов, выпускаемых в настоящее время, приведены в табл.1.

Таблица 1. Технические данные фидерных автоматов

Тип	Номинальный ток, А	Номинальное напряжение, В	Коммутационная способность (действующее значение), кА	Предел регулирования уставок максимальной токовой защиты, А	Масса, кг
Встроенные в передвижные подстанции					
АВ-4МУ	400	380; 660	17; 10	600...1200	
АВ-6МУ	600			1000...2000	
Выпускаемые в отдельных оболочках					
АФВ-1А	200	380; 660	19; 10	300...600	190
АФВ-2А	350			600...1200	210
АФВ-3	500			1000...2000	240
АФВ-2БК	350			600...1200	210
АВ200ДО	200		20; 17	400...1200	340
АВ250Р	250		23; 20	800...2400	210
АВ315Р	315				290
АВ320ДО1	320				340
АВ320ДО2					1140
АВ400ДО	400		380; 660		23; 20
АВ400ДО1		1140	12,5		
АВВ400/250РМ		400/250	380; 660; 1140		25; 22; 12

3. Конструкция и работа схемы

Основной узел фидерного выключателя – трехполосный автоматический воздушный выключатель (автомат), встроенный во взрывонепроницаемую

оболочку сферической формы (рис.1). Последняя состоит из корпуса на салазках, вводной коробки и крышки, которая соединена с корпусом штыковым затвором. Блокировка крышки с рукояткой автомата выполнена так, что снятие ее при включенном аппарате, как и включение аппарата при снятой крышке невозможно. Для облегчения поворота крышки имеется приспособление, выполненное в виде рукоятки с шестерней на конце, а на части окружности крышки нарезаны зубья.

Вводная коробка фидерного автомата состоит из двух камер: сетевой и моторной. Первая предназначена для ввода кабеля от сети и вывода его без разрыва цепи к следующему автомату. Вторая – для вывода кабеля к защищаемой данным автоматом нагрузке.

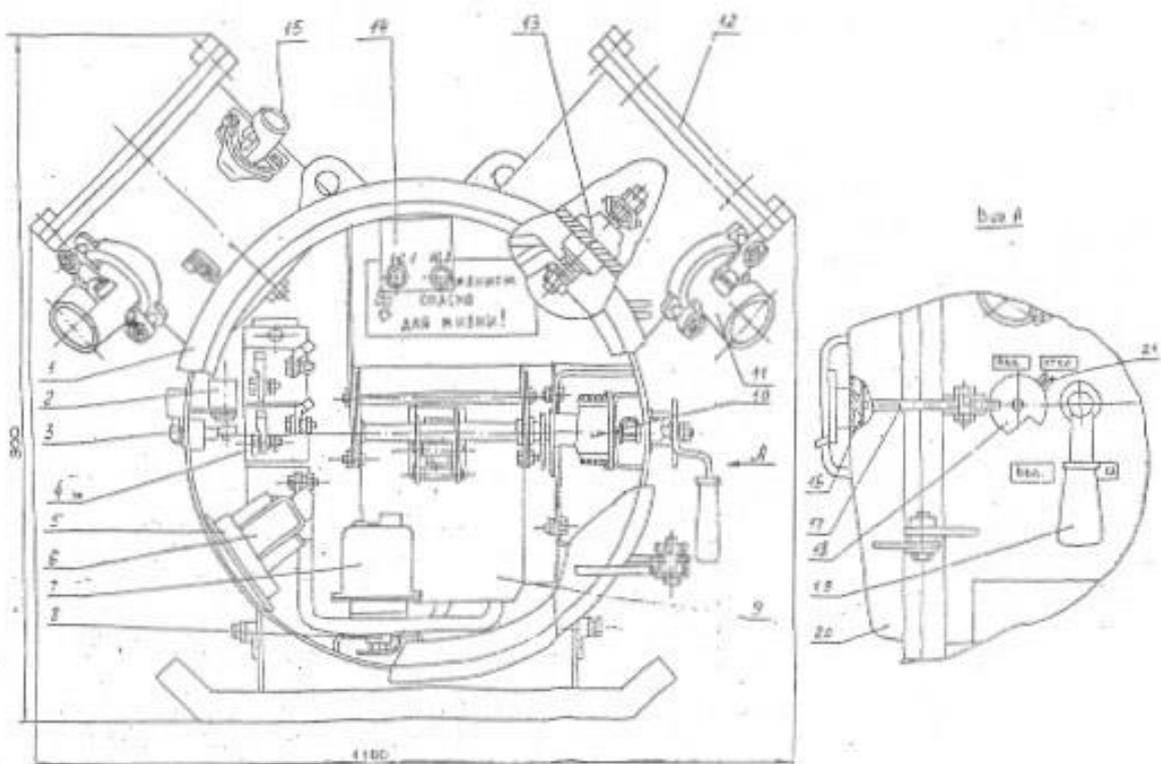


Рис. 1. Общий вид автоматического выключателя АВ - 315Р

На рис.1 введены следующие обозначения основных узлов и элементов АВ: 1 - корпус; 3 - ручка привода кнопки проверки максимальной токовой защиты; 4 – панель трансформаторов тока; 6 – питающий трансформатор; 7 – блок максимальной токовой защиты; 9 – автоматический выключатель типа А-

3732У с приводом; 10 – блокировочный переключатель; 11 и 12 – крышки отделений кабельных вводов и выводов; 13 – силовые проходные изоляторы с зажимами; 14 – ламповая панель; 15 – вводные воронки; 18 и 19 – рукоятки приводов переключателя и выключателя; 20 – крышка.

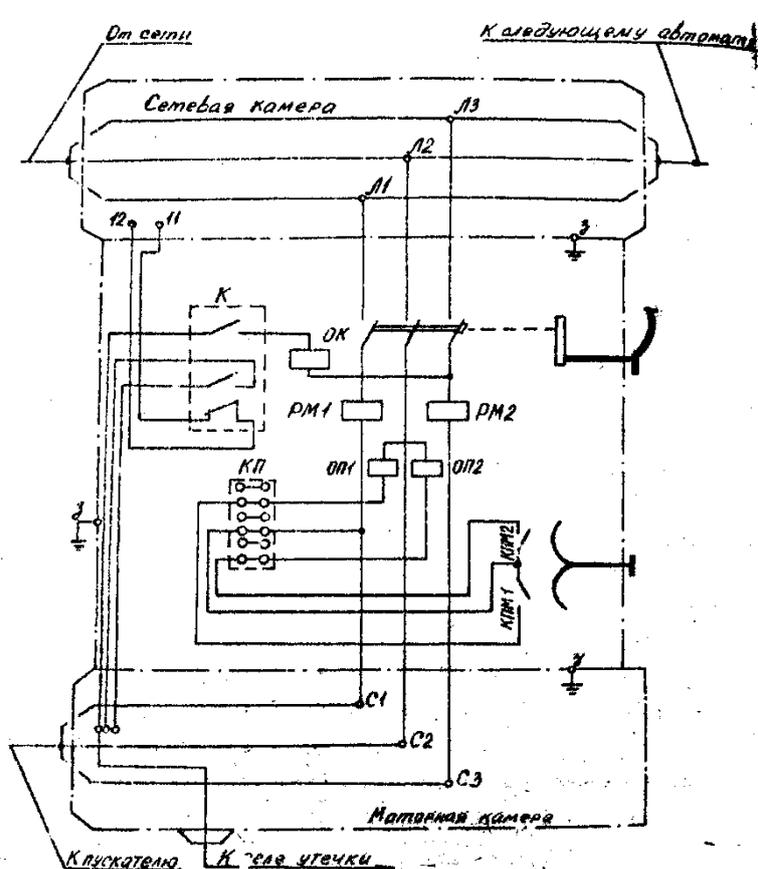


Рис. 2. Схема электрических соединений автомата АВ

Трехполюсный автоматический выключатель снабжен двумя максимальными реле мгновенного действия (PM1 и PM2), расположенными в нижней части панели на двух крайних фазах (рис. 2). Они позволяют автоматически отключить выключатель, когда ток в его цепи возрастает до величины, большей чем величина тока уставки реле. Изменение уставки реле производится при помощи регулируемого винта контргайкой, изменяющей натяжение пружины. Кроме того, имеется механизм свободного расцепления, который дает возможность максимальным реле отключить автомат даже в том случае, если рукоятка его удерживается во включенном положении. Размыкающие контакты расположены внутри дугогасительной камеры из

асбоцемента, снабженной внутри решетками из стальных омедненных пластин, которые улучшают гашение электрической дуги.

В нижней части панели автомата встроена отключающая катушка, которая питается напряжением 380, 660 или 1140 В. Она включается контактами реле утечки, которые замыкаются при появлении опасных утечек в сети.

Отключающая катушка ОК воздействует на механизм свободного расцепления так же, как и максимальные токовые реле.

При номинальных режимах в сети автоматические выключатели включаются и выключаются поворотом рукоятки, находящейся снаружи оболочки. Там же находится кнопка проверки максимальной токовой защиты (КПМ1 и КПМ2). При нажатии ее происходит искусственное замыкание фаз и срабатывание МТЗ.

На рис. 3 приведена схема АВ с дистанционным приводом, которая позволяет производить включение не только ручным приводом, а и с помощью нажатия кнопки КДВ, в результате срабатывает промежуточное реле РП, которое замыкает свой контакт в цепи указательного реле РУ, а оно в свою очередь вводит в работу двигатель М который поворачивает вал и включает (или отключает) автоматический выключатель АВ.

Как видно из рис. 2 и 3 все АВ работают совместно с реле утечкой, которое воздействует непосредственно на катушку отключения ОК и отключает АВ при уменьшении сопротивления изоляции до критического значения. Сопротивления срабатывания (минимальное значение сопротивление сети относительно земли, при котором должен подаваться сигнал на отключение) устройства защиты сети следующие:

- 127 В — 3,3 кОм на фазу,
- 220 В — 10кОм на фазу,
- 380 В — 10кОм на фазу,
- 660 В — 30 кОм на фазу,
- 1140 В — 60 кОм на фазу

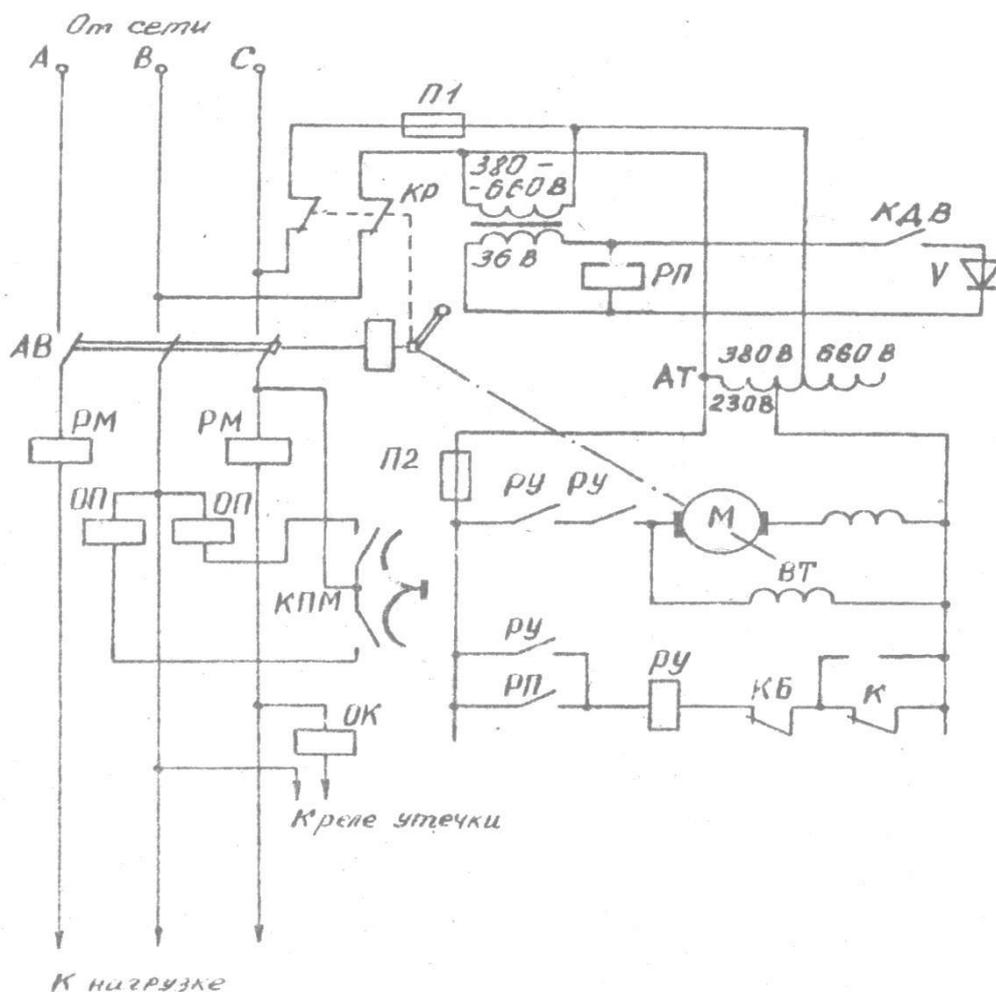


Рис.3. Схема дистанционного привода выключателя АВ

Самыми распространёнными в отечественной практике являются устройства марок АЗУР (аппарат защиты унифицированный рудничный): АЗУР 1, АЗУР 2, АЗУР 3, АЗУР4, АЗУР 4ПП, АЗУР 4МК (микроконтроллерный). Ранее широко применялись устройства марок РУВ, УАКИ (устройство автоматического контроля изоляции), АЗАК (аппарат защиты и автоматической компенсации) - комбинация из прибора УАКИ и устройства ёмкостной компенсации.

4. Вопросы для самопроверки

1. Какие типы автоматических выключателей выпускаются промышленностью?
2. Какие основные технические характеристики автоматических выключателей?
3. Какие виды защит предусмотрены в автоматических выключателях?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУСКОВОГО АГРЕГАТА ТИПА АПШ

Цель работы: изучить назначение, конструктивное исполнение и область применения пусковых агрегатов типа АПШ-1, а также рассмотреть принципиальную электрическую схему пускового агрегата АПШ-1.

1. Назначение и область применения

Пусковой агрегат АПШ-1 предназначен для преобразования трехфазного переменного напряжения 660 и 380 В в напряжение 127 В, а также для питания и защиты от аварийных режимов двух ручных электросверл трехфазного переменного тока мощностью не более 1,6 кВт каждое и светильников местного освещения мощностью не более 0,2 кВт. Он также может быть использован при отсутствии электросверл или питания осветительной сети.

Управление агрегатом должно осуществляться от вынесенного двухкнопочного поста управления по трехпроводной схеме. Он обеспечивает следующие виды защит и блокировок:

- от токов короткого замыкания в отходящих от агрегата цепях питания электросверл и местной осветительной сети (максимальная защита);
- от токов утечки в цепях напряжением 127 В;
- от коротких замыканий в цепях дистанционного управления;
- от самовключения при повышении напряжения питающей сети до 1,5 номинального;
- при обрыве или увеличении сопротивления заземляющей цепи ручных электросверл до значения более 100 Ом;
- при снижении питающего напряжения до 0,6-0,7 номинального;
- от подачи напряжения на поврежденный кабель на стороне 127 В;
- нулевую защиту отходящих цепей, питающейся от вторичной обмотки силового трансформатора;
- блокировку, препятствующую подачу напряжения в отходящие от вторичной обмотки силового трансформатора цепи при отключенном реле утечки.

Пусковой агрегат обеспечивает следующие виды световой сигнализации:

- о включении автоматического выключателя;
- о срабатывании каждого из двух реле максимального тока;
- о срабатывании реле утечки.

2. Техническая характеристика

Агрегаты имеют уровень взрывозащиты РВ с искробезопасными цепями управления и предназначен для работы в шахтах, опасных по газу и пыли.

Технические параметры агрегатов приведены в табл.1 и 2.

Таблица 1. Технические данные пускового агрегата АПШ-2

№	Параметры	Значения
1	Номинальная мощность, кВ·А	4
2	Номинальное напряжение первичной цепи, В	660:1140
3	Номинальное напряжение вторичной цепи, В	133±5
4	Номинальный ток в первичной цепи, не более А	6,76/3,9
5	Номинальный ток вторичной цепи, не более А	17,4
6	Коэффициент полезного действия	0,92
7	Уровень и вид взрывозащиты	РВ,ЗВ Ив
8	Масса, кг	200

3. Конструкция

Общий вид агрегата изображен на рис.1. Основными элементами агрегата являются корпус 13, силовой трансформатор 8, панель управления 3, автоматический выключатель 1, блок реле утечки 16.

Корпус 13 представляет собой сварную оболочку, разделенную на четыре взрывонепроницаемые отделения (камеры): отделение пусковой и защитной аппаратуры (отделение обслуживания), отделение выключателя, отделение ввода кабеля и отделение вывода кабеля.

В отделении обслуживания размещены силовой трансформатор 8, панель управления 3, блок реле утечки 16, клемма 14 для переключения обмоток трансформатора, панель с сигнальными лампочками, панель с предохранителями. Отделение закрыто передней крышкой 5, а со стороны трансформатора – задней крышкой 10. Отделение снабжено перегородкой для

уменьшения нагрева пусковой и защитной аппаратуры от работающего силового трансформатора. Отделение выключателя закрыто крышкой 12.

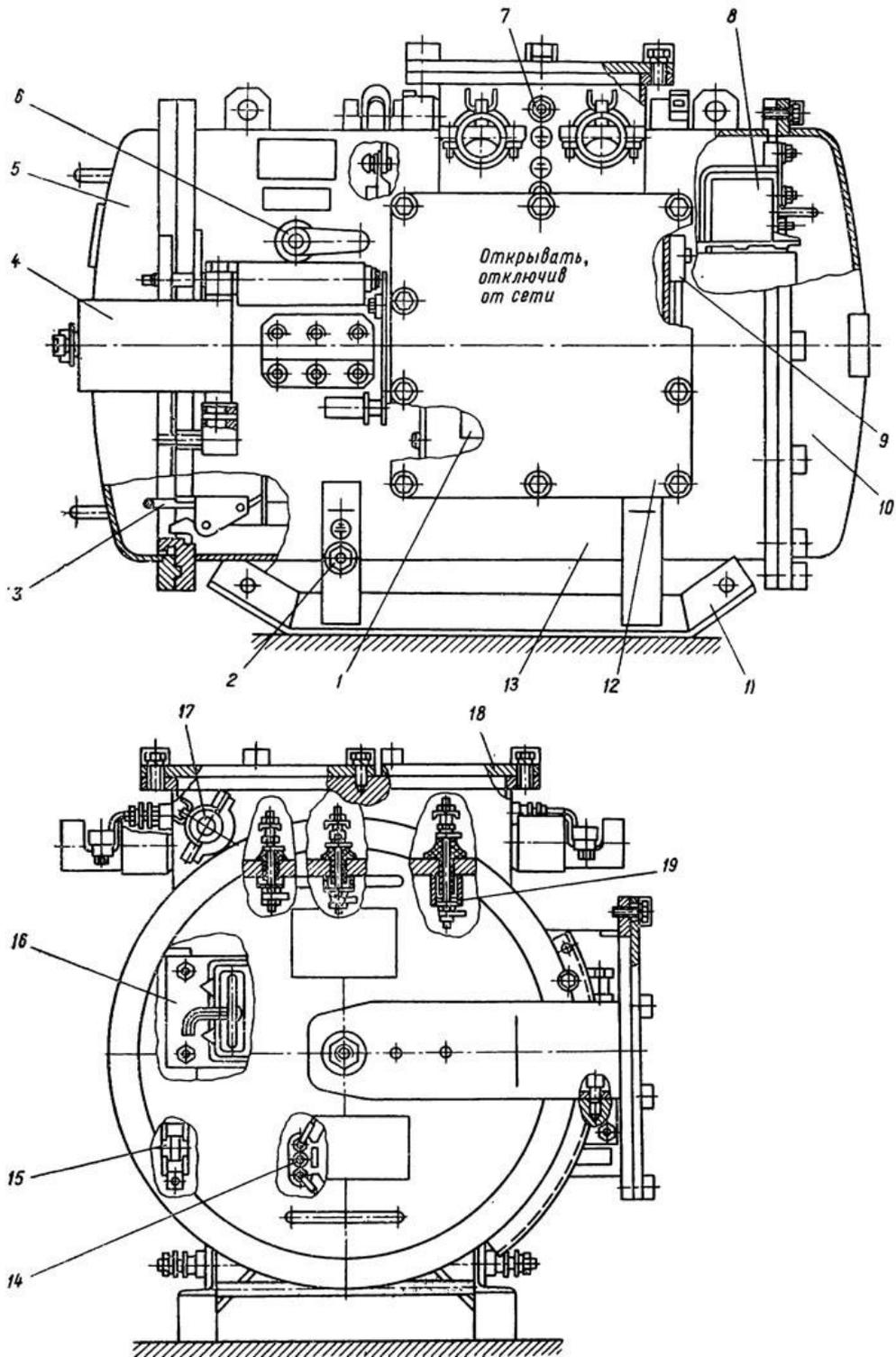


Рис. 1. Шахтный пусковой агрегат АПШ-2

Отделение ввода кабеля от сети снабжено двумя кабельными вводами диаметром 32 мм, один из которых используется в качестве транзитного, и закрыто крышкой 18.

Отделение вывода кабеля от нагрузки снабжено двумя кабельными выводами диаметром 32 мм для подключения электросверл и тремя кабельными вводами 17 диаметром 20 мм для подключения дополнительного заземления реле утечки, местного освещения и кнопочного поста дистанционного управления. Отделение закрыто сверху крышкой.

Электрическая связь между элементами схемы и внешними коммуникациями осуществляется через контактные клеммы, рассчитанные для подключения цепей напряжением 380, 660 и 1140 В с высокой стороны и 24, 38, 127 и 220 В с низкой стороны.

Для местного заземления корпуса предусмотрены заземляющие зажимы 2. Снаружи корпуса выведены валик с рычагом 6 для возврата реле максимального тока после их срабатывания, три штока для включения кнопки проверки реле утечки РУ, кнопки проверки одновременно двух реле максимального тока РМ1, РМ2 и кнопка для размыкания цепи питания независимого расцепителя автоматического выключателя НР.

Передняя быстрооткрываемая крышка обслуживаемого отделения 5 имеет байонетное (штыковое) соединение с корпусом, заблокирована с рукояткой привода выключателя посредством блокировочного узла. Блокировка позволяет открыть переднюю крышку только при выключенном агрегате и препятствует его включению при открытой передней крышке. Для открывания быстрооткрываемой крышки предусмотрен специальный зубчатый ключ 9, который крепится на приваренной шпильке. Корпус агрегата установлен на салазки 11.

Пересоединение обмоток ВН силового трансформатора Тр1 в звезду или треугольник в зависимости от напряжения сети 660 или 380 В осуществляется перемычками на клеммнике 14.

Реле утечки выполнено в виде отдельного блока в пластмассовом пылезащищенном корпусе с быстросъемным разъемом.

На быстросъемной панели управления расположены два пускателя КМ1 и КМ2, два промежуточных реле К1 и К2, два реле максимального тока К3 и К4, искробезопасный стабилизирующий трансформатор Тр2.

4. Электрическая схема

Электрическая схема пускового агрегата с цепями питания одного электросверла приведена на рис. 2. Основными элементами электрической схемы являются силовой трансформатор Тр1, стабилизирующий трансформатор Тр2 напряжением 18 В для питания цепей управления, отдельная вторичная обмотка Тр3 напряжением 36 В в одной из фаз силового трансформатора, от которой получают питание:

- трансформатор-стабилизатор Тр2 через замыкающий контакт К5 реле утечки РУ;
- катушка независимого расцепителя автоматического выключателя SF через размыкающий контакт К5 реле утечки РУ и кнопки SB1;
- втягивающие катушки пускателей КМ1 и КМ2 через замыкающие контакты промежуточных реле К1 и К2;
- проверочные катушки максимальных реле К3 и К4 через замыкающий контакт кнопки SB2;
- цепи питания сигнальных ламп Н1, Н2 и Н3 через резистор R1, диод VD5 и замыкающие контакты максимальных реле К3 и К4;
- автоматический выключатель SF, пускозащитная аппаратура и ручное электросверло.

Последовательность работы схемы. Нажимают на кнопку SB1. При этом размыкается цепь катушки независимого расцепителя автоматического выключателя SF. Ручкой включения включают автоматический выключатель SF. При этом подается напряжение сети на вход силового трансформатора Тр1 и, следовательно, на все элементы, подключенные к вторичной обмотке. После зажигания сигнальной лампы Н1 кнопку SF1 следует отпустить. После подачи напряжения на вторичную обмотку силового трансформатора Тр1 включается

реле утечки РУ, срабатывает его исполнительное реле К5, которое своим размыкающим контактом размыкает цепи питания катушки независимого расцепителя выключателя SF, а замыкающим контактом К5 подключает первичную обмотку стабилизирующего трансформатора Tr2 к источнику напряжения – отдельной обмотке Tr3 напряжением 36 В силового трансформатора Tr1. Кнопка SB1 предназначена для предотвращения отключения выключателя SF собственным независимым расцепителем в момент включения агрегата.

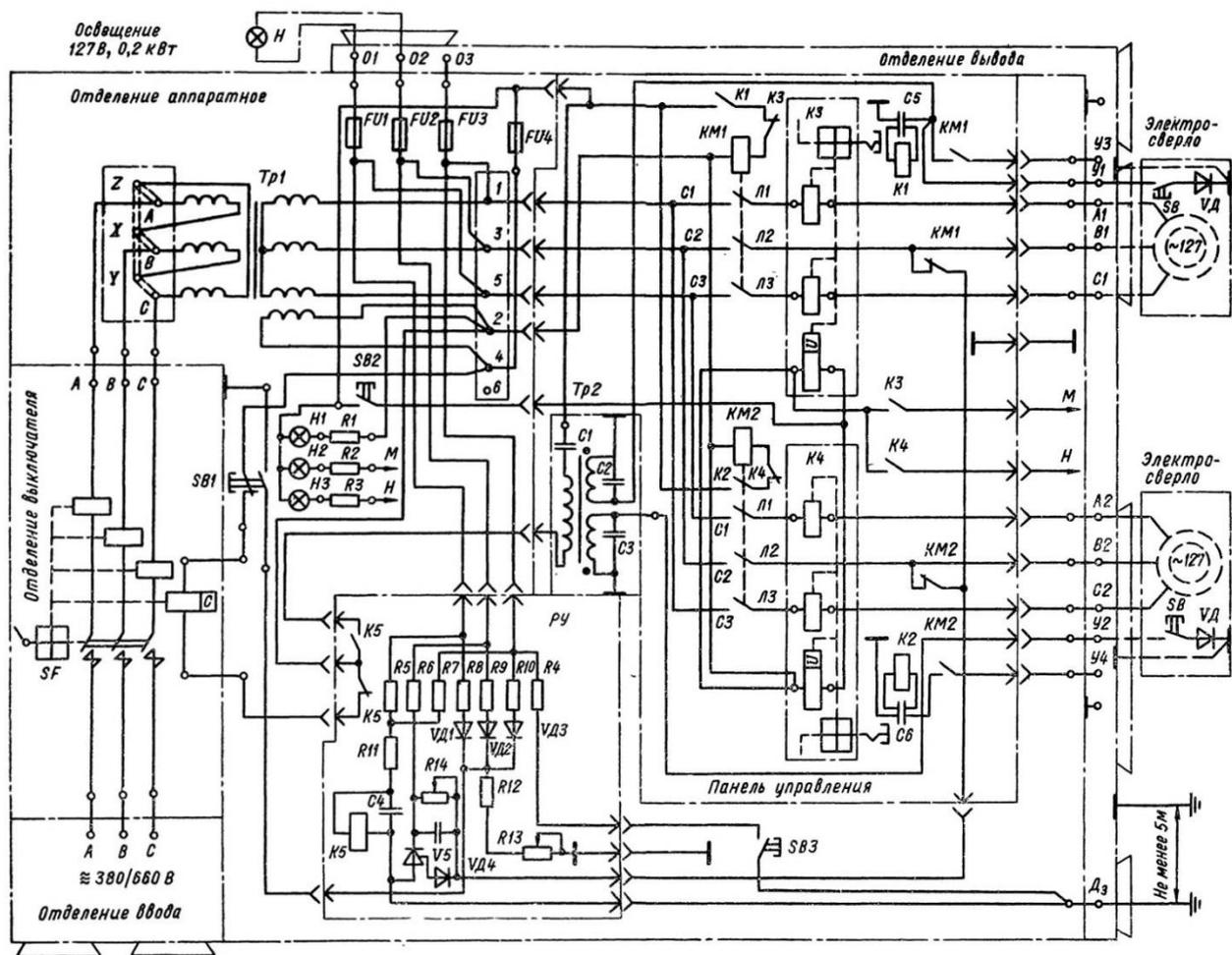


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема АПШ-2

Кнопкой SB1 необходимо предварительно (на время пуска) разомкнуть цепь питания расцепителя и тем самым предупредить подачу напряжения на катушку до того момента, пока не сработает реле утечки РУ и своим размыкающим контактом К5 не разомкнет эту цепь.

Для надежного срабатывания реле утечки замыкающим контактом кнопки SB1 шунтируются резисторы R12 и R13, ток в обмотке реле K5 увеличивается и реле надежно срабатывает.

Дистанционное управление агрегатом осуществляется включением кнопки «пуск» на сверле. При этом обмотка промежуточного реле K1 шунтируется в один полупериод диодом VD в пульте управления, реле срабатывает и замыкает свой контакт в цепи питания втягивающей катушки пускателя KM1, пускатель срабатывает и подает напряжение на сверло. Отключение сверла осуществляется отпусканием (размыканием) кнопки на сверле.

Защита от токов K3 в отходящих силовых цепях, питающихся от вторичной обмотки силового трансформатора, обеспечивается реле максимального тока K3 без самовозврата (с возвратом нажатием кнопки) с током уставки 50 ± 5 А.

При срабатывании реле максимального тока K3 своим размыкающим контактом K3 размыкает цепь питания втягивающей катушки пускателя KM1, и отходящая цепь отключается, а замыкающим контактом K3 замыкает цепь питания сигнальной лампы H2. Защита от токов K3 в силовых цепях на участке между автоматическим выключателем SF и реле K3 производится электромагнитными расцепителями выключателя.

Защита от токов K3 и цепи питания местного освещения осуществляется предохранителями FU1-FU3.

Проверка реле срабатывания максимального тока производится нажатием кнопки SB2, замыкающей цепи питания проверочных катушек, электромагнитная система воздействует на механизм свободного расцепления реле. Реле в исходное рабочее состояние возвращают при помощи рукоятки 6 (рис.1), вынесенной наружу корпуса агрегата, рычаг которой взводит кнопку реле.

Защита от токов утечки на землю отходящих цепей, питающихся от вторичной обмотки силового трансформатора, с предварительным контролем

сопротивления изоляции этих цепей осуществляется с помощью реле утечки РУ.

При отсутствии утечек в защищаемой цепи оперетавный ток протекает от нулевой точки («плюс») диодов VD1-VD3, через резисторы R12 и R13, заземление 2 на корпусе, землю, добавочное заземление и его зажим ДЗ, изолированный от корпуса, катушку двухобмоточного исполнительного реле К5, резисторы R11, R5-R7, резисторы R8-R10 и «минус» диодов VD1-VD3. В этом случае ток обмотки исполнительного реле К5 будет максимальным и его якорь притянут, цепь питания обмотки независимого расцепителя автоматического выключателя SF, разомкнута размыкающим контактом К5, а замыкающий контакт К5 подает напряжение на первичную обмотку стабилизирующего трансформатора Тр2.

При снижении сопротивления изоляции защищаемой цепи часть оперативного тока ответвляется через утечку параллельно обмотке реле К5, в цепи обмотки ток уменьшается. При снижении сопротивления изоляции до значения уставки сопротивления утечки реле К5 отключается, размыкает замыкающим контактом К5 цепь питания первичной обмотки трансформатора Тр2 и замыкает размыкающим контактом К5 цепь питания обмотки независимого расцепителя автоматического выключателя SF. Последний срабатывает и снимает напряжение с входа силового трансформатора Тр1, сигнальная лампа Н1 «Включено» гаснет.

Предварительный контроль изоляции (работа в режиме БРУ) цепей, отходящих от вторичной обмотки силового трансформатора Тр1 при отключенных контакторах КМ1, осуществляется шунтированием обмотки реле К5 и резистора R11 электрической цепью: общая точка резисторов R5-R7, резистор R14, размыкающие контакты контактора КМ1, фаза «В» (зажимы В1 электросверла), «земля» в месте снижения сопротивления или повреждения изоляции. При шунтировании обмотки реле К5 ток в последней не достигает величины срабатывания, и реле К5 не срабатывает и размыкающий контакт К5 в

цепи независимого расцепителя автоматического выключателя SF остается замкнутым.

Итак, в случае повреждения изоляции и снижения ее сопротивления до нормированной величины и ниже в отходящих от вторичной обмотки силового трансформатора цепях при отключенных контакторах во время включения и подачи напряжения на первичную обмотку силового трансформатора Tr1 выключатель SF мгновенно срабатывает и снимает напряжение. Сигнальная лампа Н1 «Включено» гаснет. Величина уставки при работе в режиме БРУ составляет не более 4 кОм.

Проверка срабатывания реле утечки РУ осуществляется путем кратковременного замыкания фазы А1 вторичной обмотки силового трансформатора Tr1 кнопкой SB3 через поверочное сопротивление R4 на добавочное заземление ДЗ.

Защита от короткого замыкания в цепях дистанционного управления осуществляется промежуточным реле К1 постоянного тока и встроенного диода в ручку электросверла. При замыкании диод, включенный последовательно с пусковой кнопкой, шунтируется и работающее реле К1 отключается. Защита от самовключения при повышении напряжения в питающей сети до 1,5U номинального обеспечивается стабилизирующим трансформатором Tr2. Нулевая защита электросверла обеспечивается за счет применения пусковой кнопки с самовозвратом, а при подключении освещения – за счет применения трехпроводной схемы управления контакторами агрегата. Защита от обрыва или увеличения сопротивления цепи заземления осуществляется промежуточным реле К1, которое настроено на отпускание при сопротивлении заземляющей жилы 100 Ом и более.

Блокировка, препятствующая подаче напряжения в отходящие от вторичной обмотки силового трансформатора цепи при отсоединении реле утечки, достигается тем, что при отсоединении реле утечки будет разорвана цепь питания первичной обмотки стабилизирующего трансформатора Tr2.

Для подключения пускового агрегата к сети должен использоваться шахтный кабель на напряжение 660 В наружным диаметром не более 30 мм и сечением жил 6 мм². Допускается применять кабель с сечением жил до 10 мм².

Для подключения электросверл к агрегату должен использоваться экранированный особо гибкий кабель наружным диаметром не более 30 мм и сечением силовых жил до 6 мм².

В зависимости от сечения жил длина присоединяемого кабеля не должна превышать:

- 90 метров при сечении 2,5 мм²;
- 140 метров при сечении 4 мм²;
- 210 метров при сечении 6 мм².

Минимально допустимые длины кабелей, с помощью которых подключаются ручные электросверла к агрегату, должны быть:

- 50 метров при сечении рабочей жилы 6 мм²;
- 31 метр при сечении рабочей жилы 4 мм²;
- 20 метров при сечении рабочей жилы 2,5 мм².

Для осветительной сети используют отдельный кабель наружным диаметром не более 17 мм и сечением жил до 6 мм². Наибольшая длина искробезопасной цепи управления не должна превышать 250 м.

5. Вопросы для самопроверки

1. Назовите назначение и область применения осветительных трансформаторов.
2. Назовите различительную особенность осветительных трансформаторов и пусковых агрегатов.
3. Объясните, согласно электрической схеме, какие отходящие присоединения служат для подключения сверла?
4. Объясните, согласно электрической схеме, какие отходящие присоединения служат для подключения осветительных сетей?
5. Назовите назначение предохранителей в схеме АПШ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКТНОГО УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ТИПА СУВ

Цели работы: ознакомиться с комплектными устройствами управления электроприводами; исследовать электрическую схему данных устройств на примере СУВ-350А, записать технические данные; сделать вывод о возможном применении комплектных устройств управления.

1. Назначение и область применения

Станциями управления называют комплектные устройства управления электроприводами. Их взрывонепроницаемые оболочки состоят из отдельных сварных отсеков, соединенных между собой, или представляют собой корпус, разделенный взрывонепроницаемыми перегородками. В отсеках располагаются коммутационные аппараты и аппаратура управления, защиты, сигнализации и блокировки. Число отсеков в различных станциях управления – от двух до четырех. Отсеки закрываются быстрооткрываемыми крышками.

В настоящее время выпускаются следующие станции управления: СУВК-8 для управления электродвигателями проходческого комбайна ПК-8 и ему подобных; СУВ-350А для дистанционного управления асинхронными электродвигателями, установленными на машинах и механизмах угледобывающих комплексов КМ87 или подобных комплексов, выполняющих очистные работы на пологих пластах при комбайновой выемке угля и механизированной гидравлической крепи; СУВК-9 для управления электродвигателями проходческих комбайнов ПК-9рА и 4ПП2; САУБ-У5 для дистанционного управления асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором, устанавливаемыми на буровой машине БГА и ей подобных, а также для автоматической стабилизации тока двигателя вращателя и защиты его от опрокидывания при технологических перегрузках; СУВ-1Л-100 и СУВ-2Л-120 для дистанционного управления двигателями приводных станций, электромагнитами тормозных и стопорных устройств, двигателями привода

жидкостного реостата и насоса охлаждения в ленточных конвейерах 1Л-100, 2Л-120 и др.

Место установки станций управления зависит от их назначения. Так, станции управления СУБК-8 и СУБК-9 монтируют на комбайнах. Станции СУВ-350А и САУБ-У5 имеют салазки; их устанавливают на штреке около забоя непосредственно на почву или на настил и перемещают с помощью лебедки. Станции СУВ-1Л-100 и СУВ-2Л-120 монтируют стационарно на штреке или в камерах.

2. Техническая характеристика

Таблица 1. Основные технические данные СУВ-350А

Ввод и выводы	Рабочий ток, А	Номин. ток продолж. режима, А	Типы и схемы контакторов (выключателей), установленных на выводах	Электроприемник
Общий	3	50		
Выводы:				
1	63	63	КТУ-2А, нереверсивная	Насосная станция
2	160	250	КТУ-4А, реверсивная	Конвейер лавы
3	63	63	КТУ-2А, нереверсивная	Насос орошения
4	160	250	КТУ-4А, нереверсивная	Комбайн
5	63	63	КТУ-2А, нереверсивная	Предохранительная лебедка
6	63	63	КТУ-2А, нереверсивная	Насосная станция
7	160	250	КТУ-4А, реверсивная	Резервный
8, 9 и 10	15	15	АП-2 (I = 15 А), нереверсивная (U = 127 В)	Цепи освещения, сигнализации и электросверла

Примечание. Наибольшая включающая (отключающая) способность контакторов: КТУ-2А – 2700 А (1500 А); КТУ-4А – 7000 А (4000 А).

Станция управления СУВ-1140. Станция состоит из двух самостоятельных полукомплектов – комбайнового и конвейерного, связанных электрически контрольными кабелями по цепям управления. Каждый полукомплект имеет три отсека и по конструкции аналогичен станции управления СУВ-350А. Электродвигатели включаются контакторами КТУ-2Е при рабочем токе $I_p = 63$ А и контакторами КТУ-4Е при $I_p = 250$ А.

Конвейерный полукомплект обеспечивает управление верхним и нижним приводами конвейера лавы (выводы соответственно 1 и 4, $I_p = 250$ А, схема

управления реверсивная) и насосной станцией № 1 (вывод 2, $I_p = 63$ А, схема нереверсивная). Кроме того, имеется резервный вывод 3 ($I_p = 63$ А, схема реверсивная).

Комбайновый полукомплект имеет шесть выводов: выводы 5 и 9 (резерв) для комбайна ($I_p = 250$ А, схема реверсивная); вывод 6 для насоса орошения ($I_p = 63$ А, схема нереверсивная); вывод 7 для предохранительной лебедки ($I_p = 63$ А, схема реверсивная); выводы 8 и 10 для насосных станций № 2 и 3 ($I_p = 63$ А, схема нереверсивная).

3. Конструкция

Станция управления СУВ-350А состоит из трех сварных отделений 3, 7 и 11 (рис. 1, а), соединенных прямоугольными патрубками, в окнах которых прокладываются монтажные провода. Они имеют общий кабельный ввод и выводы для 10 отходящих присоединений (рис. 1, б).

Аппаратура станции управления размещена в трех основных выдвижных блоках (2, 8, 12), боковом дополнительном – 13, блоке трансформаторов и также непосредственно в оболочке станции. В каждом выдвижном блоке, установленном в одном из отделений станции, содержатся два-три комплекта аппаратуры для управления несколькими электроприводами. Электрическая связь силовых цепей блока аппаратуры с остальной частью станции управления осуществляется стыковыми контактами, размещенными на контакторной панели блока, которые соприкасаются с контактами в оболочке при задвигании блока. Для электрической связи цепей управления используются соединители РЩА.

Дополнительный блок 13 аппаратуры размещен в боковой полости левого отделения перпендикулярно к оси отсека. Его выкатывают и извлекают при вынужденном выкатывании основного блока. На нем размещены комплект аппаратуры вывода 8, лампы сигнализации об исправности цепи нулевого расцепителя аварийного выключателя, вспомогательные реле, предохранители в цепях с напряжением 36 В и диодные мосты. В этой же полости находится блок трансформатора, который жестко крепится к оболочке.

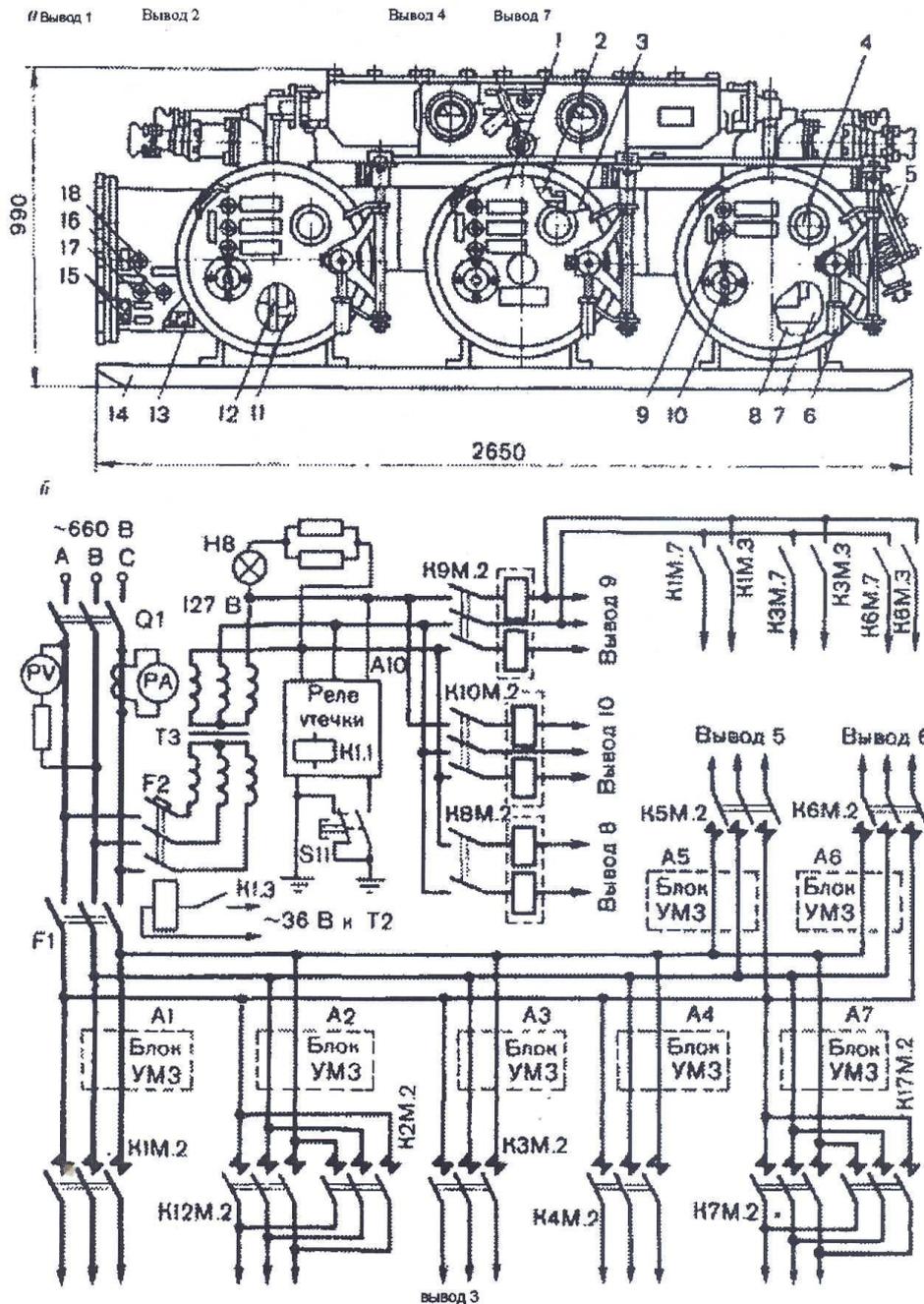


Рис.1. Магнитная станция управления СУВ-350А

На рис.1 введены следующие обозначения основных узлов и элементов СУВ: а – общий вид; б – схема силовых цепей; 1 – быстрооткрываемая крышка; 2, 8, 12 – соответственно средний, правый и левый блоки аппаратуры; 3, 7, 11 – среднее, правое и левое отделения; 4, 9, 18 – смотровые окна; 5 – коробка контрольных выводов; 6 – рукоятка крышки; 10 – рукоятка переключателя; 13 – дополнительный блок аппаратуры; 14 – салазки; 15 – кнопки включения и

отключения выключателя в цепи 127 В; 16 – кнопка включения расцепителя; 17 – кнопка проверки БРУ.

Вводные устройства рассчитаны на присоединение бронированного (при сухой разделке) и гибкого кабелей. Все выводы станции управления снабжены штепсельными соединителями, которые отключаются и включаются при помощи специальных съемных гаек.

Крышки 1 всех отделений станции – быстрооткрываемые. Они заблокированы с разъединителем так, что при включенном разъединителе их нельзя открыть и, наоборот, если открыта хотя бы одна крышка, разъединитель включить нельзя. Механическая блокировка аварийного выключателя с разъединителем выполнена в виде секторов, жестко связанных с рукоятками разъединителя и аварийного выключателя. Блокировка не позволяет отключить разъединитель при включенном аварийном выключателе.

На быстрооткрываемых крышках 1 отсеков станции имеются смотровые окна 9 (по одному на каждый вывод) под лампы – о срабатывании БРУ (с белым светофильтром) и максимальной токовой защиты (с красным светофильтром). Электрическая аппаратура станции СУВ-350А обеспечивает те же виды защиты, блокирования и сигнализации, что и рассмотренные выше непереворсивные и реверсивные пускатели, и, кроме того, электрическое блокирование, исключающее возможность включения комбайна и конвейера без подачи предупредительного звукового сигнала, а также световую сигнализацию об исправности цепей контроля гидросистемы и предупредительной сигнализации.

Станции управления СУВК-9 и СУВК-8 имеют по два отделения, закрываемых быстрооткрываемыми крышками.

4. Вопросы для самопроверки

1. Назовите назначение и область применения станции управления.
2. Назовите основные составные конструктивные блоки станции.
3. Объясните, согласно электрической схеме, какие отходящие присоединения служат для подключения силовой нагрузки?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8.

ПЕРЕДВИЖНЫЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬНЫЕ ПУНКТЫ

Цель работы: уяснить назначение передвижного переключательного пункта (ППП) и изучить их технические характеристики; изучить конструкции и принципиальную электрическую схему ППП типов ЯКНО-6 и ПКРН-6В.

1. Назначение и область применения

Передвижные переключательные пункты предназначены для присоединения и защиты электрооборудования экскаваторов и других электроприемников карьеров и разрезов в сетях трехфазного тока напряжением 6-35 кВ.

ППП обеспечивают следующие виды защит и блокировок:

- максимальная токовая защита;
- защита от минимального напряжения;
- защита от однофазных замыканий на землю;
- блокировка от подачи напряжения при проведении ремонтных работ.

В настоящее время для использования в качестве ППП на открытых горных работах электротехнической промышленностью выпускаются комплектные распределительные устройства типов ЯКНО, КРУПП, РВНО, ПКРН, ОПП.

2. Технические данные

ППП типа ЯКНО выпускаются в двух исполнениях:

- 1 – без устройства защиты от перенапряжений (ячейка на салазках с воздушным вводом и ячейка с кабельным вводом);
- 2 – с устройством защиты от перенапряжений (две ячейки с кабельным вводом).

Технические характеристики переключательного пункта типа ЯКНО-6 приведены в табл. 1.

Таблица 1. Техническая характеристика ППП типа ЯКНО

Номинальное напряжение, кВ	6
Номинальный ток, А	630
Амплитудное значение сквозного тока к.з., кА	51
Мощность отключения (МВА) с управлением:	
ручным	150
дистанционным	350
Основные размеры, мм:	
высота с салазками	4500
ширина	1000
глубина	1300
Масса, кг	1500

3. Конструкция

Шкаф ЯКНО разделен сплошными перегородками на три отсека: линейного разъединителя, масляного выключателя, управления. В отсеке линейного разъединителя расположены разъединитель, проходные изоляторы; в отсеке масляного выключателя – трансформаторы тока и напряжения, масляный выключатель, трансформатор нулевой последовательности, высоковольтные предохранители, механизмы блокировок; в отсеке управления – приводы разъединителя и масляного выключателя, блок защиты, аппаратура измерения, контроля и сигнализации.

Общий вид переключательного пункта типа ЯКНО-6ЭП приведен на рис.1, где обозначены:

- 1 – проходной изолятор;
- 2 – привод разъединителя;
- 3 – трансформатор тока нулевой последовательности;
- 4 – салазки;
- 5 – разъединитель;
- 6 – выключатель ЕМП-1ОК;
- 7 – привод пружинный ПП;
- 8 – трансформатор тока.

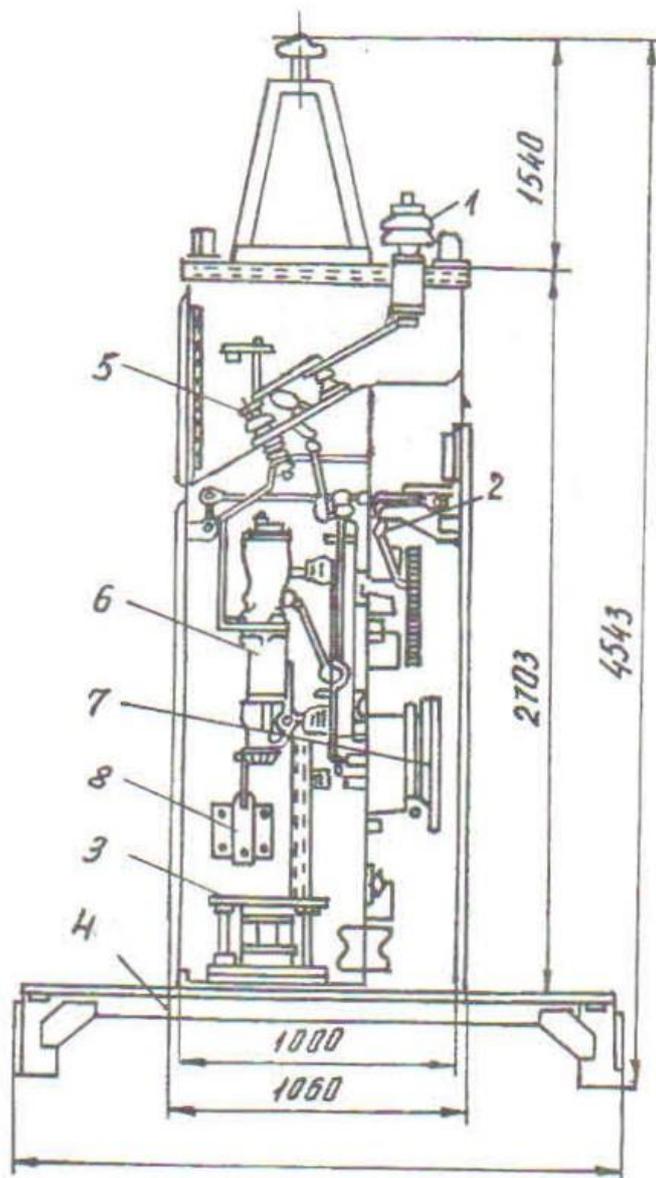


Рис. 1. Переключательный пункт ЯКНО-6ЭП

4. Электрические схемы

Принципиальные электрические схемы приведены на рисунках 2-5. Схемой предусматривается максимальная токовая защита, защита от однофазных замыканий на землю и защита от минимального напряжения.

Максимальная токовая защита мгновенного действия выполнена встроенной в привод масляного выключателя, обеспечивается токовыми реле КА1, КА2 (рис. 2) и трансформаторами тока ТА1, ТА2. Последовательно включенный с реле КА2 амперметр РА показывает значение тока нагрузки.

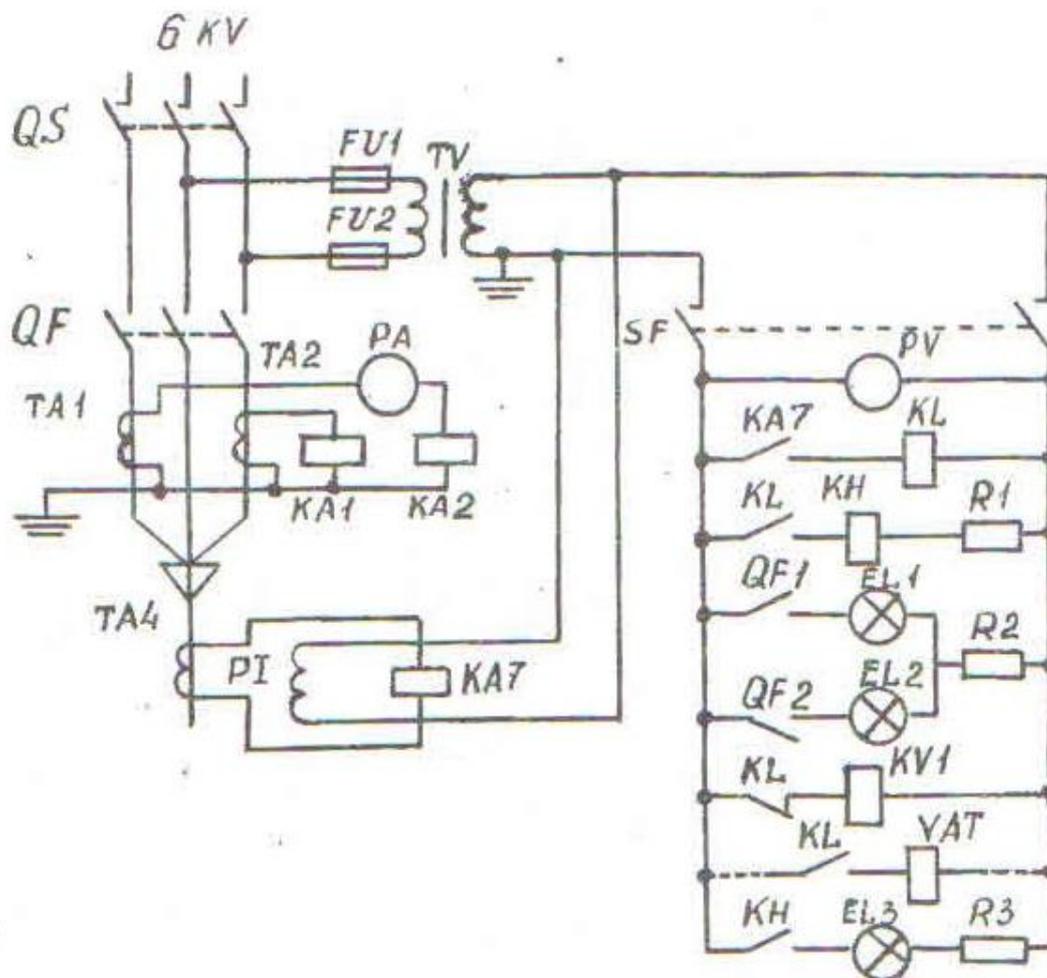


Рис. 2. Электрическая принципиальная схема ЯКНО-6

Защита от однофазных замыканий на землю осуществляется с помощью трансформатора тока нулевой последовательности ТА4 типа ТНП-2 и реле максимального тока КА7. При возникновении на защищаемом участке однофазного замыкания на землю во вторичной обмотке ТА4 появляется ток, при достаточной величине которого срабатывает реле КА7. Одновременно срабатывает и реле KV, которое получает питание от трансформатора TV типа НТМИ и осуществляет блокировку защиты по напряжению нулевой последовательности. При срабатывании реле КА7 и KV напряжение подается на электромагнит отключения привода выключателя и на сигнальное реле.

Минимальную защиту выполняет реле напряжения KV1, встроенное в привод выключателя.

Приведенная схема ППП обладает следующими недостатками: при магистральных схемах питания, когда от одной линии питаются несколько

экскаваторов, будут иметь место необоснованные отключения при глубоких кратковременных понижениях напряжения из-за КЗ на смежных ответвлениях, из-за пусков электродвигателей и КЗ на ВЛ; а также неселективные отключения всей питающей линии от однофазных замыканий на землю со стороны подстанции.

Повышение надежности такой схемы можно достигнуть, введя в схему дополнительный повышающий трансформатор и реле напряжения косвенного действия KV1 (рис. 3). Уставка реле KV1 должна быть принята $(0,8-0,85) \cdot U_n$. Если напряжение питания окажется ниже этой величины, то реле KV1 своими контактами подключит схему к вторичной обмотке трансформатора.

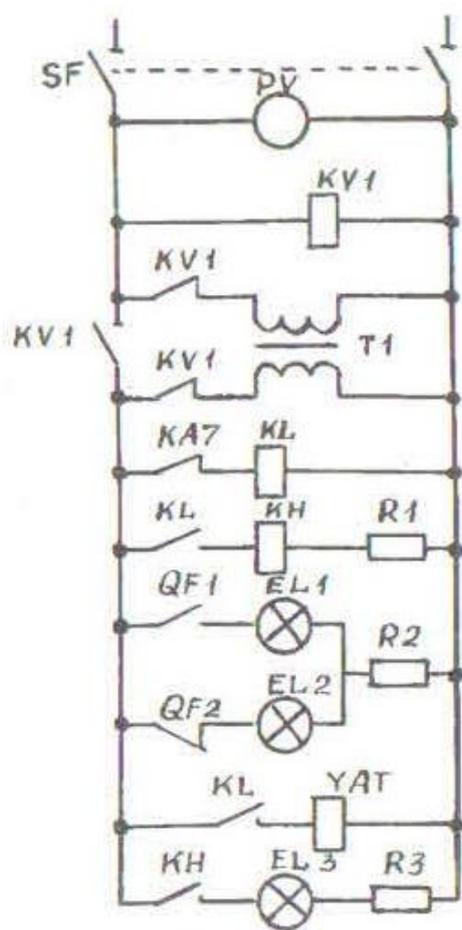


Рис. 3. Первый вариант выполнения защиты и автоматики переключательного пункта

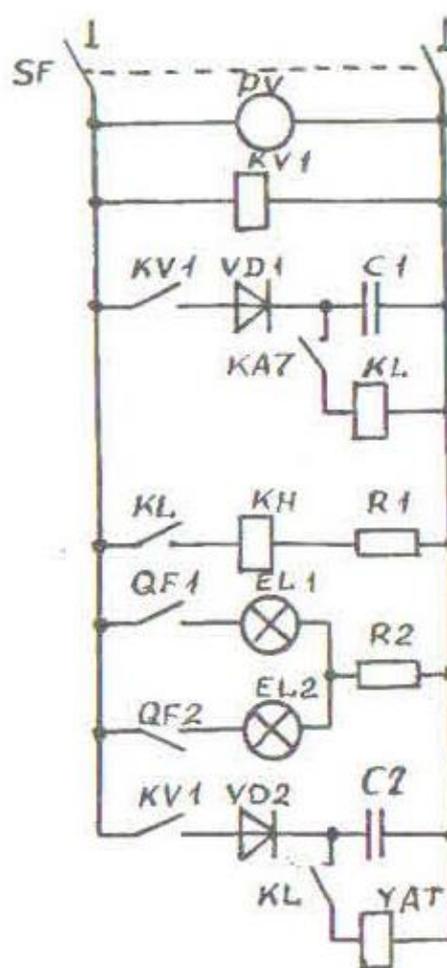


Рис. 4. Второй вариант выполнения защиты и автоматики переключательного пункта

Также повысить надежность первоначальной схемы можно, применяя предварительно заряженные конденсаторы С1 и С2 (рис. 4) для питания промежуточного реле КЛ и электромагнита УАТ. Эта схема работоспособна практически при любых снижениях питающего напряжения.

Распределительное устройство типа ПКРН-6В можно использовать в виде одиночного переключательного пункта для подключения электроприемника к переносной ЛЭП и для передвижных групповых распределительных устройств (рис. 5).

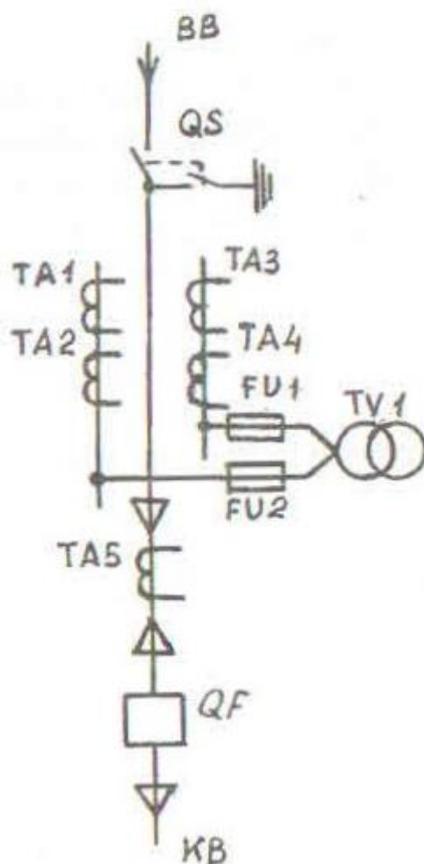


Рис. 5. Электрическая схема включения переключательного пункта ПКРН-6В

Шкаф устройства ПКРН-6В представляет собой металлическую камеру прочной конструкции пылезащищенного исполнения. Внутри камеры размещены коммутационные аппараты (как и в ЯКНО-6), трансформаторы тока и напряжения. Управление выключателем может осуществляться с помощью привода ПРБА-100 либо электромагнитным приводом ПЭ-11 с дистанционным управлением. Привод ПРБА можно применять только в том случае, если ток КЗ в месте установки ячейки не превышает 5 кА. Коммутационные аппараты и

двери шкафа снабжены блокирующими устройствами, не допускающими выполнения неправильных операций. Переключательный пункт одиночного исполнения может иметь воздушный или кабельный ввод и вывод.

Разработана модернизированная конструкция одиночного передвижного переключательного пункта с масляным выключателем, управляемым дистанционно с экскаватора (ПКРН-6ВМ). Этот переключательный пункт оснащен следующими средствами защит и автоматики:

- избирательной защитой от однофазных замыканий на землю;
- однократным автоматическим повторным включением в случае ложного действия защиты от замыканий на землю;
- блокировкой, запрещающей включение выключателя при наличии замыкания на землю на защищаемом участке;
- максимальной токовой защитой и от минимального напряжения;
- контролем целостности заземляющей жилы кабеля, соединяющего ячейку устройства ПКРН-6ВМ с экскаватором;
- дистанционным управлением приводом выключателя с площадки экскаватора.

Передвижные карьерные распределительные пункты (КРП) на 6-10 кВ предназначены для питания потребителей в карьерах и отвалах. Передвижные КРП комплектуются из ячеек наружной установки типа ПКРН или ЯКНО, а также из комплектных распределительных устройств наружной установки КРН-10.

Применение передвижных и полустационарных КРП позволяет значительно сократить объем работ, а также срок их сооружения, и повысить надежность электроснабжения. Передвижные распределительные устройства, так же как и переключательные пункты, монтируют на салазках и оборудуют воздушными вводами, что дает возможность быстро перемещать их по мере развития горных работ.

КРП собирают из комплектных распределительных устройств, состоящих из шкафов ввода, трансформаторов собственных нужд, трансформатора напряжений и разрядников, отходящих линий (рис. 6).

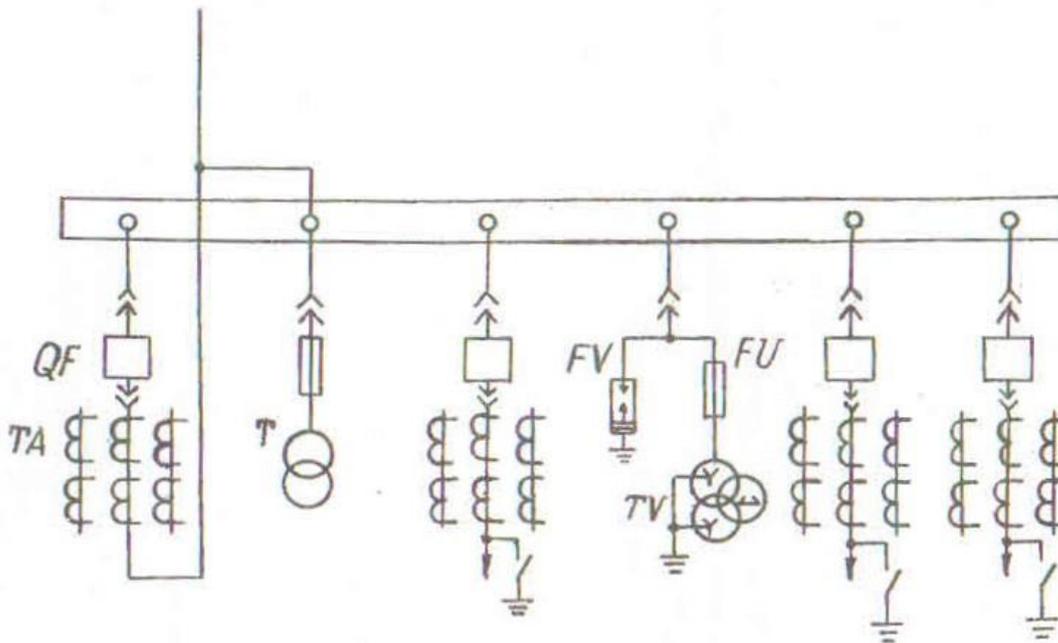


Рис. 6. Однолинейная схема передвижного КРП

Количество шкафов для отходящих линий определяется схемой электроснабжения. При питании крупных участков горных работ, а также карьеров с потребителями первой категории применяют КРП с двумя и более вводами и секционированием шин.

5. Вопросы для самопроверки

1. Назовите назначение и область применения ППП.
2. Назовите виды защит и блокировок, которыми оборудованы ППП.
3. Какие повреждения отключает максимальная токовая защита?
4. Какие элементы схемы ППП выполняют защиты от однофазных замыканий на землю?
5. Назовите недостатки электрической схемы ЯКНО-6.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9.
ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ КОМПЛЕКТНЫХ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Цель работы: изучить назначение, область применения, схемы и принцип действия комплектных распределительных устройств.

1. Назначение и область применения

Одним из важнейших и ответственных узлов подстанций промышленных предприятий являются распределительные устройства (РУ), содержащие коммутационные аппараты, устройства защиты и автоматики, измерительные приборы, сборные и соединительные шины, вспомогательное оборудование.

По конструктивному исполнению РУ делят на открытые и закрытые. Они могут быть комплектными (сборка на предприятии-изготовителе) или сборными (сборка частично или полностью на месте применения). К наиболее распространенным на подстанциях промышленных предприятий относятся следующие РУ.

Открытое распределительное устройство (ОРУ) – распределительное устройство, все или основное оборудование которого расположено на открытом воздухе; закрытое распределительное устройство (ЗРУ) – устройство, оборудование которого расположено в здании.

Комплектное распределительное устройство (КРУ) – распределительное устройство, состоящее из шкафов, закрытых полностью или частично, или блоков с встроенными в них аппаратами, устройствами защит и автоматики, измерительными приборами и вспомогательными устройствами, поставляемое в собранном или полностью подготовленном для сборки виде и предназначенное для внутренней установки.

Комплектное распределительное устройство наружной установки (КРУН) – это КРУ, предназначенное для наружной установки.

Комплектная трансформаторная (преобразовательная) подстанция (КТП) – подстанция, состоящая из трансформаторов (преобразователей) и блоков КРУ

или КРУН, поставляемых в собранном или полностью подготовленном для сборки виде.

Распределительный переключательный пункт (РП) – распределительное устройство, предназначенное для приема и распределения электроэнергии на одном напряжении без преобразования и трансформации.

Камера – помещение, предназначенное для установки аппаратов и шин: закрытая камера закрыта со всех сторон и имеет сплошные (не сетчатые) двери; огражденная камера имеет проемы, защищенные полностью или частично (сетчатыми или смешанными) ограждениями.

Открытые распределительные устройства. Согласно ПУЭ на главных понизительных подстанциях (ГПП) промышленных предприятий обычно сооружаются РУ открытого типа напряжением 35 кВ и выше с применением для отдельных элементов крупноблочных узлов заводского изготовления. Конструкции ОРУ разнообразны и зависят от высшего и низшего напряжений (ВН и НН), принятой схемы электрических соединений, наличия на стороне ВН выключателей или короткозамыкателей и отделителей и их размещения по отношению к воздушной ЛЭП и трансформатору.

С применением открытых РУ уменьшается стоимость и сокращаются сроки их сооружения. При замене и демонтаже электрооборудования открытые РУ более маневроспособны по сравнению с закрытыми. Однако обслуживание открытых РУ несколько сложнее, чем закрытых. Кроме того, для наружной установки требуется более дорогое электрооборудование.

При монтаже электрооборудования ОРУ применяют гибкие шины, выполненные голыми медными или сталеалюминиевыми многопроволочными или гибкими трубчатыми проводами, закрепленными на опорах при помощи натяжных гирлянд изоляторов, а также жесткие шины, выполненные стальными, алюминиевыми и медными трубами или полосами, укрепленными на опорных изоляторах. Опоры ОРУ выполняются деревянными, стальными и железобетонными. Железобетонные опоры применяются чаще в РУ до 220 кВ,

учитывая недолговечность деревянных опор, высокую стоимость и большой расход металла при установке стальных опор.

Закрытые распределительные устройства. Согласно ПУЭ на ГПП промышленных предприятий закрытые РУ, как правило, выполняют при напряжении 6-20 кВ, а в случае повышенной загрязненности атмосферы и в районах Крайнего Севера – для более высокого напряжения (35-220 кВ).

Обслуживание РУ должно быть удобным и безопасным, а размещение оборудования должно обеспечивать хорошую обзораемость, удобство ремонтных работ, полную безопасность при ремонтах и осмотрах.

Неизолированные токоведущие части во избежание случайных прикосновений к ним должны быть помещены в камеры или ограждения. Во многих ЗРУ применяются смешанные ограждения, высота которого должна быть не менее 1,9 м. Ограждения должны запираются на замок.

Осмотры оборудования производятся из коридора обслуживания, ширина которого должна быть не менее 1 м при одностороннем и 1,2 м при двухстороннем расположении оборудования.

Если в коридоре ЗРУ размещены приводы разъединителей и выключателей, то ширина такого коридора управления должна быть соответственно 1,5 и 2 м.

При установке в ЗРУ ячеек КРУ ширина прохода для управления и ремонта КРУ выкатного типа при однорядном расположении определяется длиной тележки +0,6 м, при двухрядном – длина тележки +0,8 м.

Из помещений ЗРУ предусматриваются выходы наружу или в помещение с несгораемыми стенами и перекрытиями. Количество выходов в зависимости от длины РУ определяется ПУЭ.

ЗРУ должны обеспечивать пожарную безопасность, а их строительные конструкции отвечать требованиям СНиП и правилам пожарной охраны. Здание ЗРУ сооружается из огнестойких материалов. При установке в ЗРУ масляных трансформаторов предусматриваются меры для сбора и отвода масла в маслосборную систему.

В ЗРУ предусматривается естественная вентиляция помещений трансформаторов и реакторов, а также аварийная вытяжная вентиляция коридоров обслуживания открытых камер с маслonaполнительным оборудованием.

РУ должно быть экономичным. Для уменьшения стоимости электромонтажных работ и ускорения сооружения РУ широко применяют укрупненные узлы, собранные на специализированной монтажной базе. Такими узлами могут быть камеры и шкафы со встроенным электрооборудованием; камеры для сборных шин и шинных разъединителей, шкафы управления выключателями, шкафы линейных разъединителей. Для присоединения линий 6-10 кВ применяют комплектные РУ. Применение укрупненных узлов позволяет использовать индустриальные методы сооружения ЗРУ с максимальной механизацией электромонтажных работ.

Комплектные распределительные устройства высокого напряжения.

КРУ высокого напряжения являются защищенными электротехническими устройствами. Они предназначены для внутренней установки при напряжении 6-10 кВ и одинарной системе сборных шин закрытых РУ.

КРУ обладают рядом преимуществ по сравнению со сборными конструкциями РУ:

- значительно уменьшается объем и сроки строительно-монтажных работ;
- улучшается качество электроустановок, повышается их надежность и безопасность обслуживания, сокращаются эксплуатационные расходы;
- обеспечивается удобство и быстрота при расширении и реконструкции;
- упрощается комплектация при производстве строительно-монтажных работ;
- сокращаются объемы и сроки проектирования.

Для РУ 6-10 кВ понизительных подстанций с одной системой шин широко применяют КРУ различных типов: с маломасляными выключателями ВМП, ВМПЭ, ВК, МГГ; с электромагнитными выключателями ВНВП, ВВТЭ, ВВТП; с вакуумными ВРС, ВВК и др.

В предлагаемой работе рассмотрены особенности КРУ на примере установленного в лаборатории КРУ серии КРУ2-10Э.

2. Техническая характеристика

КРУ состоят из шкафов, представляющих собой отдельные законченные элементы распределительного устройства. В зависимости от установленной в них основной аппаратуры шкафы имеют следующие номенклатурные обозначения:

- а) с высоковольтными выключателями и пружинными приводами (КВП);
- б) с высоковольтными выключателями и электромагнитными приводами (КВЭ);
- в) с разрядниками (КРВП);
- г) с разъединителями (КРД);
- д) шкафы кабельных сборок (КСБ);
- е) шкафы силовых трансформаторов мощностью 2 кВ·А (КТМ);
- ж) шкафы шинных перемычек (КШП);
- з) шкафы комбинированные (КА).

Полное номенклатурное обозначение шкафа включает в себя кроме буквенных индексов цифровые, которые обозначают номинальное напряжение, номер схемы первичной коммутации и номинальный ток шкафа.

Например, «КВП-07-600» обозначает: шкаф КРУ с высоковольтным выключателем, пружинным приводом, на номинальное напряжение 6кВ, схема первичной коммутации шкафа за №07, номинальный ток шкафа 600 А.

Номенклатурное обозначение шкафа выбивается на заводском щитке, устанавливаемом на двери шкафа (с внутренней стороны) и на фасаде выкатной тележки. Основные технические данные приведены в табл. 1.

Таблица 1. Технические характеристики шкафов КРУ/TEL

Параметр	Значение
Номинальное напряжение (линейное), кВ	10
Номинальный ток отключения, А	16
Номинальный ток шкафа КРУ, А	400; 630
Ток термической стойкости, кА	16

Номинальный ток сборных шин, А	400; 630
Ток электродинамической стойкости, кА	41
Система сборных шин	одионочная
Выключатель	Вакуумный
Основная, встраиваемая в КРУ, аппаратура	а) выключатель ВВ-TEL б) привода в) трансформаторы тока ТПЛ-10 г) трансформатор напряжения д) разрядники РВП и предохранители типа ПК1-10
Габаритные размеры: ширина/ глубина/высота	680/550/2000
Масса, кг	250

3. Конструкция

КРУ монтируется из отдельных конструктивно законченных элементов шкафов и шинных кожухов, служащих для соединения сборных шин отдельных секций КРУ.

Шкаф КРУ с выключателем (рис. 1) состоит из трех основных частей: корпуса (35), выкатной тележки (32) и релейного шкафа (1).

Корпус шкафа представляет собой металлическую каркасную конструкцию, разделенную стальными перегородками на три камеры (отсеки): камеру для выкатной тележки (30), камеру трансформаторов тока и кабельных разделок (21) и камеру сборных шин (6).

В камере для выкатной тележки размещается тележка с установленной на ней аппаратурой, выкатываемой из шкафа при необходимости осмотра и ревизии аппаратуры. В нижней части камеры расположены рельсы для направления тележки при ее перемещениях в шкафу.

Камера трансформаторов тока и кабельных разделок отделена от камеры тележки съемной крышкой и шторками. Шторки открываются при вкатывании тележки в шкаф и закрываются при выкатывании тележки из шкафа.

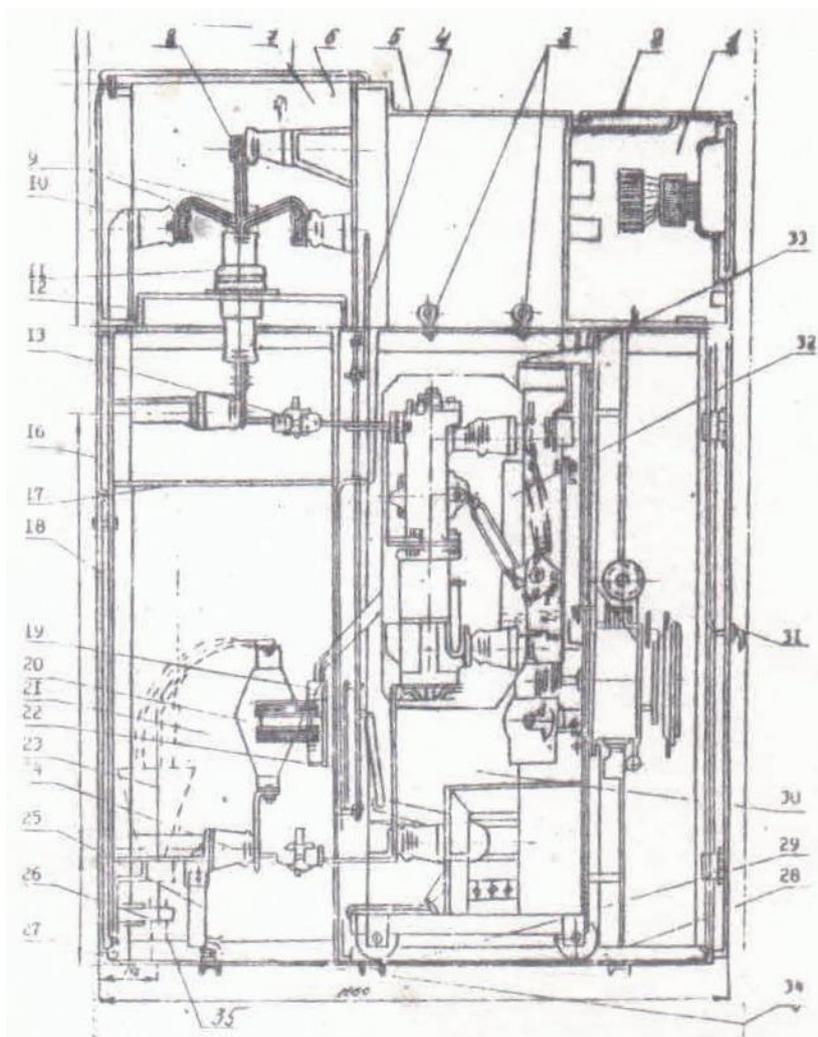


Рис. 1. Шкаф КРУ с выключателем

В камере сборных шин (6) на опорные изоляторы устанавливаются алюминиевые шины (на номинальный ток до 1000 А – одна полоса 10x80, на номинальный ток 1500 А – две полосы 10x80 и на номинальный ток 2000 А – две полосы 10x100).

Между камерами сборных шин и шкафом установлена перегородка (12) и проходные изоляторы (11) с отпайками от сборных шин. Сверху камера сборных шин закрывается съемной крышкой.

Ошиновка шкафа имеет следующую отличительную окраску: фаза «А» – желтая, фаза «В» – зеленая и фаза «С» – красная.

Выкатная тележка представляет собой сварной каркас, на котором устанавливается масляный выключатель, привод, контактор, розетки штепсельного разъединителя, механизм вкатывания и другие узлы и детали.

Тележка в шкафу может находиться в двух фиксированных положениях: контрольном и рабочем.

Контрольным положением тележки называется такое ее фиксированное положение в шкафу, когда штепсельные контакты первичной цепи разомкнуты и находятся на безопасном расстоянии друг от друга (обусловленном нормами на испытательные и разрядные напряжения), а разъединяющие контакты вторичной цепи, обеспечивающие возможность опробования работы выключателя с приводом, могут быть замкнуты.

Рабочим положением тележки называется такое ее фиксированное положение в шкафу, когда штепсельные контакты первичной цепи и разъединяющие контакты вторичной цепи замкнуты и соответствуют нормальному рабочему режиму шкафа КРУ.

Ремонтным положением тележки называется такое ее положение, когда она выкачена из шкафа полностью, контакты первичной и вторичной цепи разомкнуты.

Перемещение тележки из ремонтного положения в контрольное и обратно производится вручную за рукоятки, имеющиеся в фасаде выкатной тележки. Перемещение тележки из контрольного в рабочее положение и обратно приводится специальной съемной рукояткой при помощи червячного редуктора механизма доводки.

В шкафах с выключателем предусмотрены блокировки, не допускающие:

- а) выкатывание тележки из рабочего положения при включенном выключателе;
- б) включение выключателя в промежутке между рабочим и контрольным положением тележки.

Кроме того, в шкафу КРУ с выключателями, имеющими заземляющие разъединители, предусматриваются блокировки, не допускающие:

- а) выкатывание тележки в рабочее положение при включенном заземляющем разъединителе;

б) включение заземляющего разъединителя в рабочем положении тележки.

Конструктивно блокировка выполнена следующим образом. В отсеке трансформаторов тока, в нижней части, установлены подвижные контакты разъединителя, имеющие электрическую связь между фазами и соединение с заземленными частями шкафа. На левой стенке шкафа устанавливается привод к заземляющему разъединителю, при помощи которого производится поворот подвижных контактов и замыкание накоротко нижних ножей высоковольтного штепсельного разъединителя.

Привод к заземляющему разъединителю представляет собой отливку, в которой имеется паз, занимающий горизонтальное положение при отключенном заземляющем разъединителе. Когда тележка находится вне шкафа, либо установлена в контрольное положение, имеется возможность при помощи рукоятки привода включить или отключить заземляющий разъединитель. Если тележка с выключателем находится в рабочем положении, то включить заземляющий разъединитель нельзя. При включенном заземляющем разъединителе вкатить тележку в рабочее положение также не представляется возможным.

Релейный шкаф представляет собой сварную конструкцию из листовой стали. В нем устанавливаются приборы защиты, измерения и сигнализации. В верхней части релейного шкафа размещаются клеммы наборного магистрального щитка, служащего для подсоединения к нему магистралей и отпаек цепей управления защиты. В нижней части шкафа размещаются ключи управления, сигнальное реле и сигнальные лампы. Приборы измерения и учета располагаются на двери релейного шкафа, а внутри шкафа, на задней и боковой стенке размещаются все остальные реле и приборы. На дне релейного шкафа установлены неподвижные низковольтные контакты для связи цепей вторичной коммутации тележки и релейного шкафа, а также выходные клеммники цепей вторичной коммутации.

Шкафы КРУ с трансформатором напряжения, силовым трансформатором 2 кВ·А, с разрядниками РВП также состоят из трех основных частей: корпуса, выкатной тележки и релейного шкафа. Отличие заключается только в том, что в шкафах с упомянутой высоковольтной аппаратурой не устанавливаются нижние ножи штепсельных разъединителей и трансформаторы тока.

Релейные шкафы вышеупомянутых шкафов КРУ по металлоконструкции не отличаются от релейных шкафов, устанавливаемых на шкафах с выключателями. Имеется отличие только по схемам вторичной коммутации.

Шкафы КРУ со штепсельными разъединителями применяются для осуществления секционных связей. В них предусмотрена блокировка, препятствующая выкатыванию тележки из рабочего положения при включенном секционном выключателе. Блокировка осуществляется при помощи блок-замка, установленного на фасаде тележки, запирающего механизм вкатывания, и при помощи съемной рукоятки не удается осуществить вращение червяка редуктора.

Чтобы выкатить тележку, необходимо отключить секционный выключатель. При этом через блок-контакты выключателя постоянный ток попадает на контакты блок-замка. Блокировка с блок-замком предотвращает ошибочные операции со штепсельным разъединителем при выкате тележки из шкафа, но не действует при вкатывании тележки в шкаф.

Тележку со штепсельным разъединителем разрешается вкатывать в шкаф только при сплоченном секционном выключателе.

Основные указания по монтажу. Для проведения монтажа комплектно со шкафами КРУ завод-изготовитель направляет заказчику: шинопроводы для соединения сборных шин противостоящих секций КРУ; сборные шины; монтажные материалы и принадлежности; комплектности технической документации.

Основные указания по эксплуатации. При эксплуатации ячеек КРУ необходимо соблюдать такие требования:

1) эксплуатацию выключателей, приводов и прочей аппаратуры осуществлять в соответствии с монтажно-эксплуатационными инструкциями и заводов-изготовителей;

2) производить периодические осмотры шкафов КРУ и смонтированного на ней электрооборудования; внеочередные осмотры производить после отключения коротких замыканий; во время периодических осмотров подлежат проверке:

- а) уровень масла в маслоуказателях;
- б) состояние изоляции (запыленность, состояние армировки, отсутствие видимых дефектов);
- в) наличие смазки на трущихся частях механизмов (выключатели, приводы и др.);
- г) состояние проводов, контакторов, КСА, механизмов доводки и блокировки;
- д) состояние разъединяющих контактов, цепей вторичной и первичной коммутации.

При эксплуатации шкафов КРУ запрещается поднимать автоматические шторки от руки, снимать крышки шкафа при наличии напряжения на сборных шинах и питающих кабелях.

Шкафы КРУ выполняют по определенной сетке схем главных и вспомогательных соединений. Выбирая по справочной литературе типы шкафов данной серии, можно составить компоновку шкафов для выбранной схемы.

Новые серии КРУ с маломасляными колонковыми выключателями ВК-10 выпускаются типов КМ-1 и К-104. В шкафах этой серии применена частичная изоляция твердыми диэлектриками токоведущих частей и отсеков друг от друга. Шкафы имеют меньшие размеры и меньшую металлоемкость по сравнению с другими КРУ на такие же параметры.

КРУ с электромагнитными выключателями серии К-ХХ1У, К-ХХУ, КЭ-10 рассчитаны на номинальные токи отходящих присоединений до 2000 А и

вводов до 3200 А. Благодаря особенностям конструкции электромагнитных выключателей обеспечивается пожаро- и взрывобезопасность КРУ, облегчается обслуживание, уменьшается расход вспомогательных материалов при эксплуатации.

КРУ с вакуумными выключателями серий КВ-1, К-101, рассчитанные на номинальный ток шкафа до 1600 А и ток сборных шин до 3200 А, имеют значительно меньшие габариты, чем другие КРУ, и являются наиболее перспективными.

КРУ наружной установки КРУН устанавливаются вне помещений и состоят из металлических шкафов со встроенным в них аппаратами, приборами, устройствами защиты и управления.

КРУН могут иметь стационарную установку выключателя в шкафу или выкатную тележку с выключателем. Шкафы КРУН широко применяются для комплектных трансформаторных подстанций и в открытых РУ электростанций и подстанций. Так же, как и КРУ, они разработаны для схемы с одной системой сборных шин.

Серия КРУП-К-34 без коридора обслуживания является крупноблочной конструкцией, состоящей из 6-10 шкафов, смонтированных на общей раме. Шкафы серии К-34 созданы на базе малогабаритного выключателя ВММ-1042 со встроенным пружинным приводом, на переменном оперативном токе, двухстороннего обслуживания.

На базе вакуумного выключателя ВВВ-10/320 разработана конструкция КРУН серии К-100. Шкаф К-100 имеет цельносварную раму, на которой размещены четыре линейные ячейки с выдвижными элементами, ячейка с выдвижными элементами, ячейка трансформаторов напряжения и разрядников и вводная ячейка.

В новой серии К-47 КРУН применен маломасляный выключатель ВК-10 на токи до 1600 А.

КРУН может иметь различные конструкции и схемы главных и вспомогательных соединений, поэтому при выборе их надо ориентироваться на

сетку схем и каталожные данные. Применение в последнее время элегаза SF_6 в качестве изоляции позволяет создать КРУ на напряжения до 800 кВ (КРУЭ). Коммутационные аппараты с элегазовой изоляцией имеют значительно меньшие габариты, чем такие же аппараты с масляной и фарфоровой изоляцией. Каждый элемент (блок) КРУЭ заключают в металлический герметичный заземленный кожух, заполненный элегазом под избыточным давлением. Деление КРУЭ на блоки позволяет при замене одного из них сохранить газовое заполнение в остальной части.

Ячейки элегазовые трехполюсные серии ЯЭ-110 рассчитаны на номинальное напряжение 110 кВ, номинальный ток сборных шин 1600 А, ток ответвлений от шин 1250 А, ток отключения 40 кА. Для схемы с одной и двумя системами сборных шин серия включает типы ячеек: линейных ЯЭ-110Л, секционных ЯЭ-110С, шиносоединительных ЯЭ-110Ш, трансформаторов напряжения ЯЭ-110Т.

В КРУЭ на 220 кВ в отличие от КРУВ-110 кВ принято однофазное исполнение сборных шин.

КРУ с элегазовой изоляцией имеют следующие достоинства: уменьшение требуемой площади в 10-15 раз, увеличение межремонтных периодов, полная автоматизация обслуживания, биологическая безопасность для окружающей среды (отсутствие электрических и магнитных полей, низкий уровень шума, отсутствие радиопомех).

Недостатками являются относительно высокая стоимость элегаза, ограничение нижних рабочих температур окружающей среды (не ниже $-5^{\circ}C$), что приводит к необходимости установки КРУЭ в закрытых помещениях.

Причиной ограничения нижних температур является сжижение элегаза при $-30^{\circ}C$, а, следовательно, ухудшение его изоляционных и дугогасительных свойств.

Строительство подстанций с КРУЭ дает значительную экономию строительно-монтажных работ, в 7-8 раз сокращает расход металлоконструкций и их применение имеет большие перспективы.

4. Вопросы для самопроверки

1. Назовите назначение комплектных распределительных ячеек различного исполнения.
2. Назовите основные составные части шкафов КРУ.
3. Что устанавливается на выкатной тележке?
4. Какие блокировки предусмотрены в шкафах КРУ?
5. Где расположен трансформатор тока?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10.
ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ КОМПЛЕКТНЫХ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Цели работы: ознакомиться с комплексным распределительным устройством КРУВ-6УХЛ15-ВВ; исследовать схему данного устройства; записать технические данные и сделать вывод о возможном применении.

1. Назначение и область применения

Комплектные распределительные взрывозащищенные устройства типа КРУВ-6 применяют для распределения электрической энергии напряжением 6 кВ частотой 50 Гц, а также защиты сетей с изолированной нейтралью и управления подземными токоприемниками угольных шахт, опасных по газу и пыли. Могут применяться как в групповом, так и в одиночном исполнении. Выпускаются в трех исполнениях (в зависимости от типа шкафа): КРУВ-6ВВ(В) – вводное; КРУВ-6ВВ(С) – секционное и КРУВ-6ВВ(ОП) – отходящего присоединения.

Применение вакуумной коммутационной техники позволяет достичь следующих преимуществ по сравнению с другими коммутационными аппаратами:

- высокий механический и коммутационный ресурс, простая кинематическая схема;
- малые габариты и вес выкатной части КРУВ;
- низкое энергопотребление по цепям управления;
- работа в любом пространственном положении;
- защита основных узлов от дуговых и механических повреждений;
- отсутствие необходимости ремонта в течении всего срока службы;
- простая конструкция привода с магнитной защелкой и высокая надежность в работе.

Кроме указанного, время готовности после отключения составляет от 3 до 4 секунд (для сравнения: у КРУВ-6 с ВЭВ украинского производства время от

подачи команды на взведение включающей пружины до момента замыкания дугогасительных контактов составляет 9-12 секунд).

Данная особенность в сочетании с высоким коммутационным ресурсом позволяет использовать модернизированный КРУВ-6 УХЛ5-ВВ при нагруженном запуске («раскачке») ленточного конвейера или углесоса (насоса).

2. Техническая характеристика

Исполнение шкафа по взрывозащите – РВ 4В Иа, пульта дистанционного управления – РО Иа. Технические данные КРУВ рассматриваемой в данной работе модели представлены в табл. 1.

Таблица 1. Технические параметры КРУВ-6-УХЛ5-ВВ

Номинальное напряжение, кВ	6
Мощность отключения, МВ А	100
Термическая стойкость, кА ² с	300
Номинальный ток вводных и секционных шкафов, А	100, 160, 200, 315, 400, 630
Номинальный ток шкафов КРУ отходящих присоединений, А	20, 31.5, 40, 50, 80, 100, 160, 200, 315, 400
Частота, Гц	50
Номинальный ток отключения, кВ	10
Ток включения и электродинамической стойкости, кА	25
Предельный ток термической стойкости, кА	10
Тип выключателя	Электромагнитный
Вид исполнения и степень защиты	РВ, IP54
Габариты: высота/ ширина/глубина, мм	1420/1050/1350
Масса, кг	1200
Срок службы, лет	25

Электрическая схема КРУВ обеспечивает следующие виды защит, электрических блокировок и проверок:

– электрическая блокировка против подачи напряжения на отходящее присоединение с сопротивлением изоляции относительно земли менее 360 кОм, при нарушении вакуума в вакуумной камере, а также на отходящее присоединение, отключенное защитой от токов короткого замыкания;

– блокировка против длительного и повторного включения при отказе механизма, удерживающего выключатель во включенном положении;

- от токов перегрузки и защита асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором от пусковых токов недопустимой продолжительности (зависимая и независимая максимально-токовая);
- направленная защита отходящего присоединения от однофазных замыканий на землю;
- однократное автоматическое повторное включение (АПВ);
- искробезопасность выходных цепей дистанционного управления при подключении пульта дистанционного управления по отдельному кабелю, длиной до 10 км и сечением жил 2,5 мм²;
- защиту от потери управляемости при замыкании или обрыве жил дистанционного управления;
- функциональная проверка исправности максимальной токовой защиты на контрольной уставке, блокировочного реле утечки и защиты от однофазных замыканий на землю;
- сигнализация о срабатывании блокировки, защиты от токов короткого замыкания, защиты от токов перегрузки, защиты от однофазных замыканий на землю с указанием времени события;
- токовая отсечка (МТЗ без выдержки времени);
- по превышению или снижению напряжения сети.

Вакуумный выключатель серии ВВ/TEL – это коммутационный аппарат, в основе принципа действия которого лежит гашение возникающей при размыкании контактов электрической дуги в глубоком вакууме, а фиксация контактов вакуумных дугогасительных камер (ВДК) в замкнутом осуществляется за счет остаточной индукции приводных электромагнитов («магнитной защелки»).

Отличительной особенностью конструкции вакуумных выключателей серии ВВ/TEL по сравнению с традиционными аппаратами заключается в использовании принципа соосности электромагнита привода и вакуумной дугогасительной камеры в каждом полюсе выключателя, которые механически соединены между собой общим валом. Аксиальное магнитное поле создается

путем выполнения в контактах специальных разрезов. За счет этого поля дуга не контактируется (не собирается в пучок), а находится в диффузионном состоянии на всей поверхности контактов, повышает отключающую способность и коммутационный ресурс выключателя.

3. Конструкция

Каждый шкаф КРУ представляет собой взрывонепроницаемый корпус, разделенный на отсеки (камеры) взрывонепроницаемыми перегородками. В верхней части корпуса прямоугольные камеры, из которых две средние являются вводными, а две крайние – камерами разъединителей. В нижней части корпуса находится камера выключателя с расположенными на ней коробками вторичных цепей. Камера выключателя закрывается дверью. Остальные камеры закрываются крышками. В камерах разъединителей установлены проходные изоляторы.

Взрывозащищенность КРУ достигается за счет заключения электрических частей во взрывонепроницаемые оболочки, которые выдерживают давление взрыва и, совместно с электрическими средствами защиты, исключают передачу взрыва в окружающую взрывоопасную среду. Прочность каждой взрывонепроницаемой оболочки проверяется при ее изготовлении путем гидравлических испытаний избыточным давлением 1 МПа в течение 1 минуты.

На рис. 1 приведена схема конструкции КРУВ (а – общий вид; б, в, г – электрические схемы силовых цепей соответственно шкафов отходящего присоединения, вводного и секционного; д – электрическая схема оперативного управления).

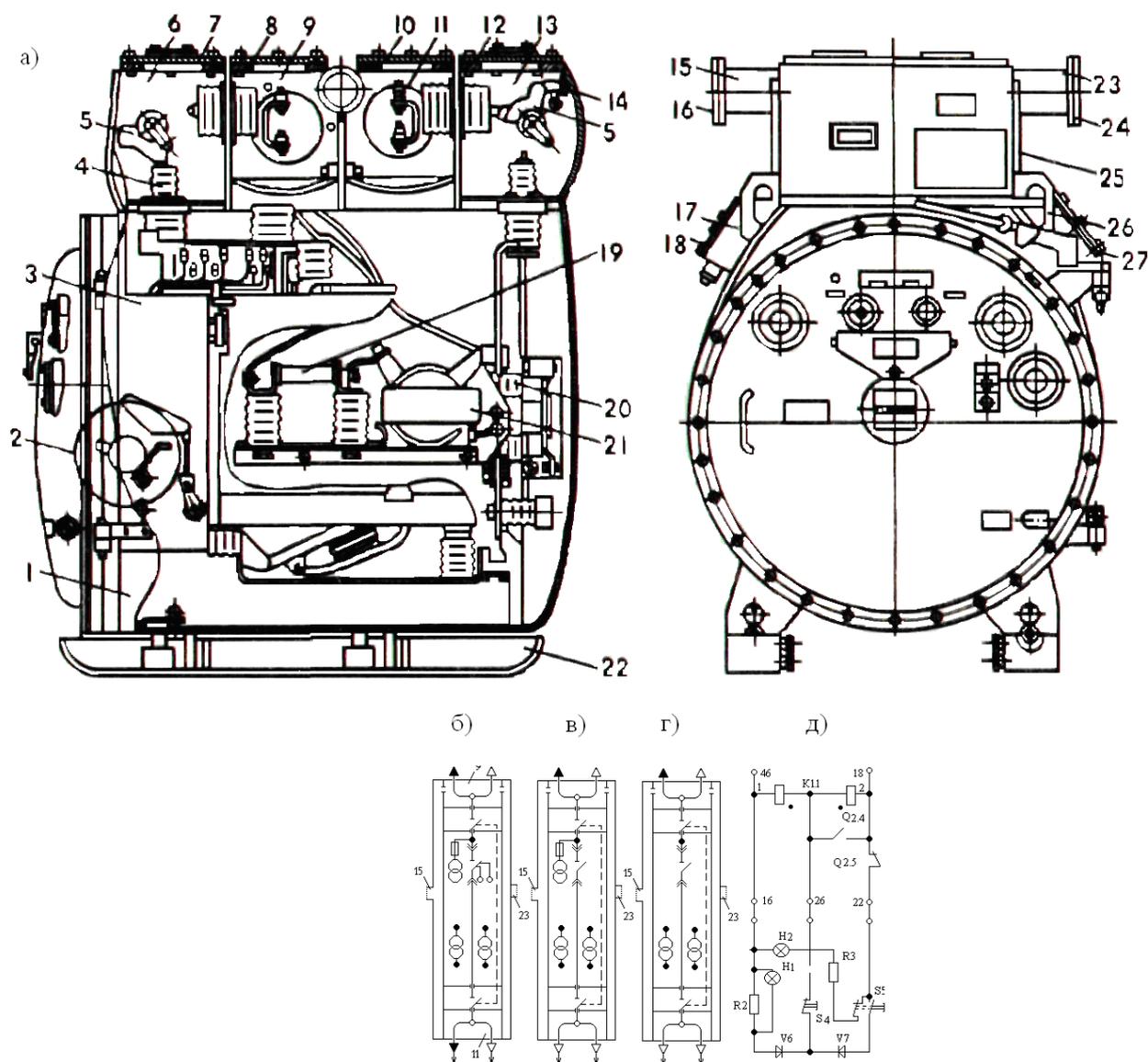


Рис.1. Конструкция и электрические схемы силовых цепей комплектного распределительного устройства типа КРУВ-6

Комплектные распределительные устройства рудничного исполнения типа УК-6, УКР-РН-6В, ЗКВЭ-10-РН и ВМ-1-РН выполняются с вакуумными выключателями ВВ/ТЕ.

5. Вопросы для самопроверки

1. Какими механическими блокировками снабжены ячейки?
2. Какими электрическими блокировками снабжены ячейки?
3. Из каких основных частей состоит ячейка?
4. Как производится включение ячейки?
5. В каких случаях происходит отключение ячейки?

СПИСОК ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чеботаев Н.И. Электрификация горного производства: Часть 1: Учебное пособие для вузов. – М.: Изд. МГГУ. 2007. – 138с.
2. Электрификация горного производства: Учебник для вузов: в 2 т. / Под ред. Л.А. Пучкова и Г.Г. Пивняка. – М.: Изд. МГГУ, 2007. – Т.1. – 511 с.
3. Электрификация горного производства: Учебник для вузов: в 2 т. / Под ред. Л.А. Пучкова и Г.Г. Пивняка. – М.: Изд. МГГУ, 2007. – Т.2. – 595 с.
4. Электроснабжение горного производства. Учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта / Н.С. Волотковская, А.С. Семёнов. – М.: Издательство «Перо», 2017. – 41 с.
5. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Системы электроснабжения» / Н.Н. Кугушева, А.С. Семёнов. – М.: Издательство «Перо», 2015. – 24 с.
6. Семёнов А.С. Основы теории надежности электротехнических систем. Учебное пособие. – М.: Издательство «Перо», 2015. – 106 с.
7. Сборник тестовых материалов по электроэнергетике и электротехнике / А.С. Семёнов, В.М. Хубиева, Н.Н. Кугушева, Г.А. Матул. – М.: Издательство «Перо», 2016. – 64 с.
8. Лабораторный практикум по дисциплине «Электробезопасность в горной промышленности» / Н.М. Кузнецов, П.В. Саввинов, А.С. Семёнов, Л.В. Подрясова. – М.: Издательство «Спутник +», 2013. – 28 с.
9. Семёнов А.С. Лабораторный практикум. «Основы теории надежности электротехнических систем». – М.: Издательство «Перо», 2012. – 49 с.
10. Качество электрической энергии горных предприятий: монография / Н.М. Кузнецов, Ю.В. Бебихов, А.В. Самсонов, А.Н. Егоров, А.С. Семенов. – М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2012. – 68 с.

Учебное издание

ВОЛОТКОВСКАЯ Наталья Сергеевна, СЕМЁНОВ Александр Сергеевич

**ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ
ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**Лабораторный практикум для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»
(специализации «Горные машины и оборудование», «Подземная разработка
рудных месторождений», «Электрификация и автоматизация горного
производства»), направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(бакалавриат/специалитет, очная и заочная формы обучение)**

Печатается в авторской редакции

Компьютерная вёрстка: **Кинаш А.А.**

Подписано в печать 14.08.2018. Формат 60x84/16. Гарнитура «Таймс».

Печ.л. 5,25. Уч.-изд. л. 5,5. Тираж 39 экз. Заказ № 205.

Издательский дом Северо-Восточного федерального университета,
677891, г. Якутск, ул. Петровского, 5.

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии ИД СВФУ