

# Основное и вспомогательное оборудование УПП и ЦПП. Рудничные КРУ

Высоковольтные выключатели, применяемые в рудничных КРУ, бывают нескольких видов, в зависимости от способа гашения дуги:

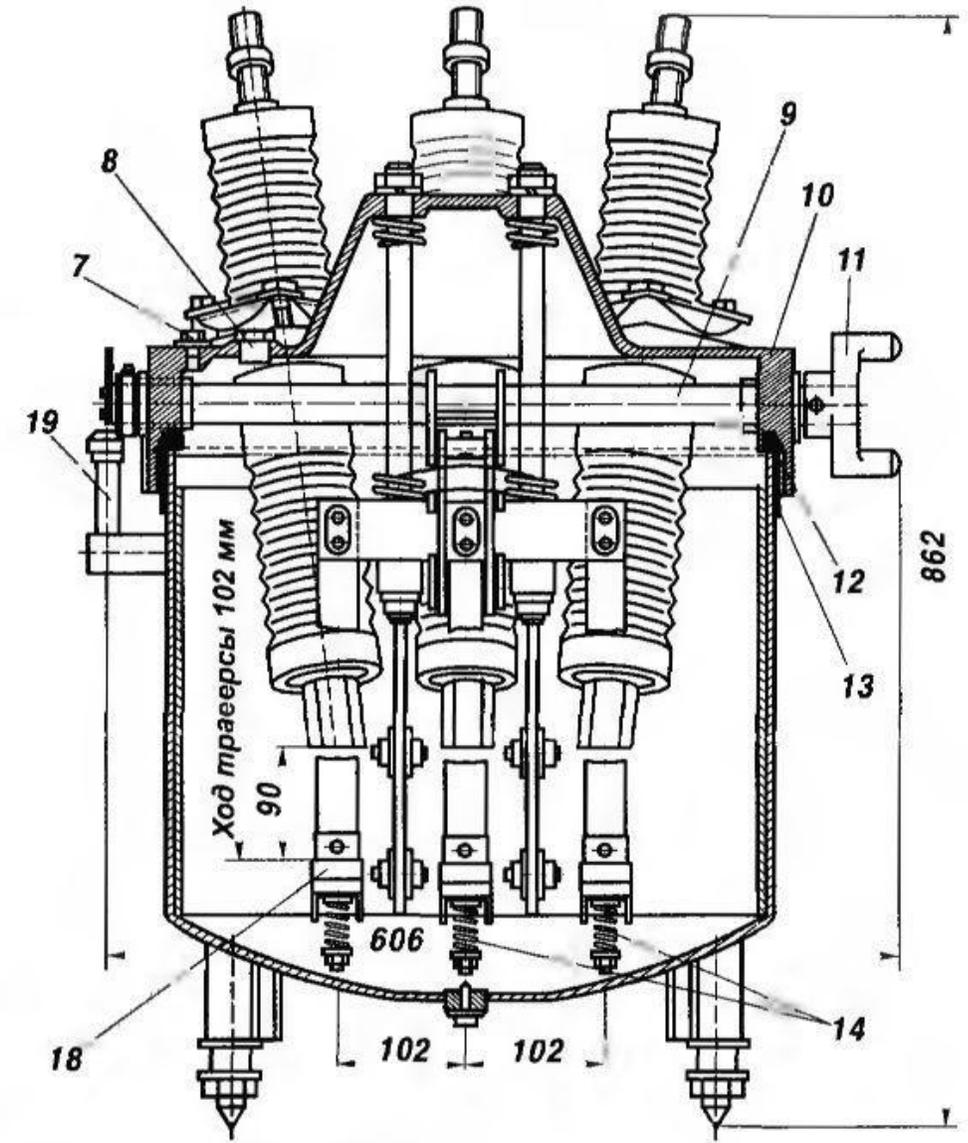
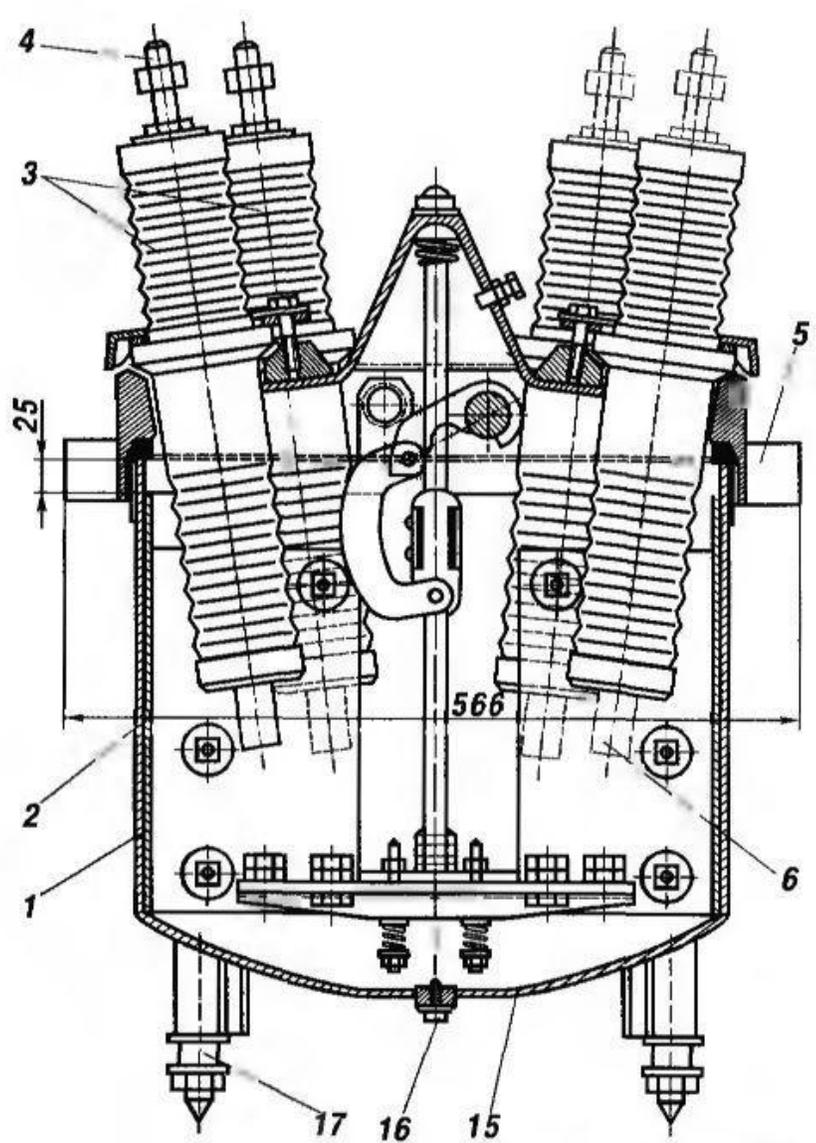
**маслонаполненные** – типа **ВМБ-10** (выключатель масляный баковый на 10 кВ) в ячейках УРВМ-6 и РВД-6;

# Высоковольтные выключатели, применяемые в рудничных КРУ

- **воздушные с магнитным дутьем** – типа **ВЭВ-6-16/630** (воздушный электромагнитный выключатель) в ячейках КРУВ-6 и КРУ-РН ранних модификаций;
- **вакуумные** – различных типов и производителей – в ячейках КРУВ-6 и КРУ-РН современных модификаций;
- **элегазовые** – различных типов и производителей – в ячейках КРУВ-6 и КРУ-РН современных модификаций.
- **Выключатель ВМБ-10** (слайд ниже) состоит из стального бака (1,2,3) с трансформаторным маслом, и со сливной пробкой (16), бак закрыт крышкой (5). В крышке проделан ряд отверстий. В

# Высоковольтные выключатели, применяемые в рудничных КРУ

- центральное отверстие вставлена изолирующая штанга с траверсой на которой установлены 6 подвижных контактов (18) с регулировочными болтами самих контактов (14). Контакты соединены попарно металлосвязями (одна пара на фазу). На изолирующую штангу установлена отключающая пружина и секторный механизм управления подвижными контактами, соединенный с приводным валом (9). Сам вал соединен с системой шестеренок(11), а те, в свою очередь с рукояткой ручного управления (ячейки УРВМ(местное)) и с ЭД привода выключателя (ячейки РВД(дистанционное)). Вал вращается на подшипниках(12). Крышке, так же проделаны 6 отверстий в которые установлены проходные фарфоровые изоляторы (3) (три на вводное напряжение, три на сетевое напряжение) с неподвижными контактами (6).



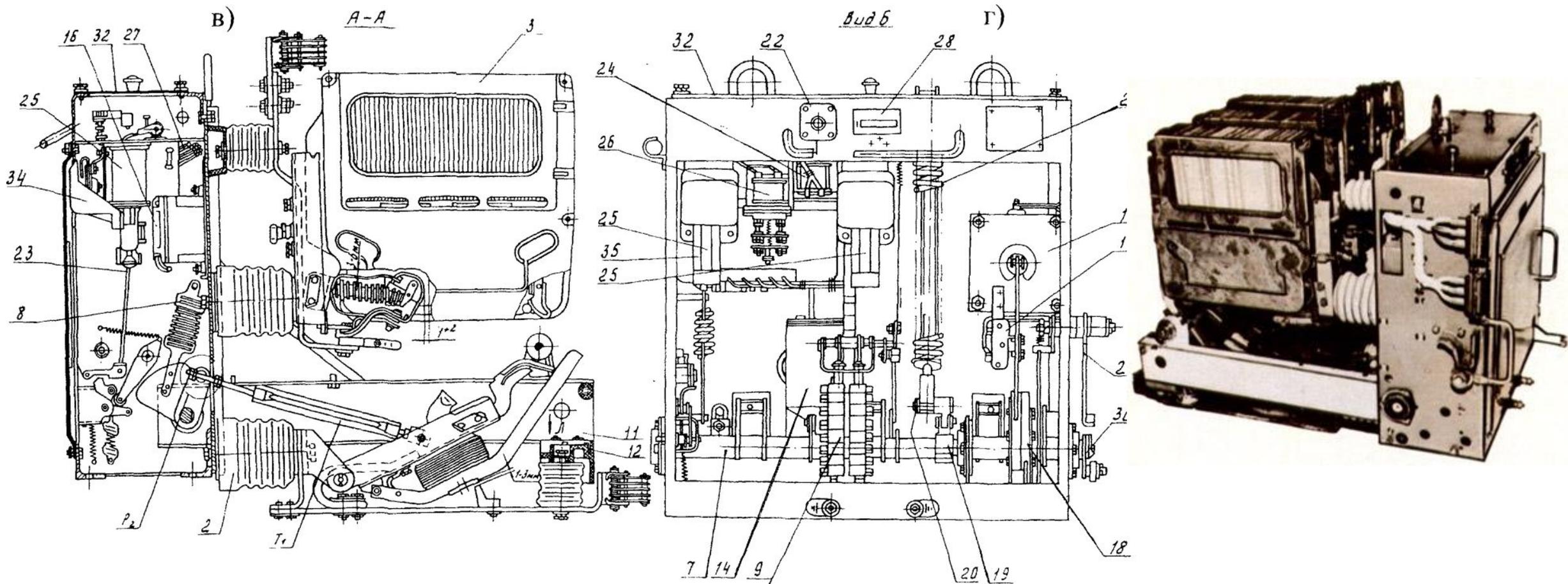
**Разрез выключателя  
ВМБ-10**

# Высоковольтные выключатели, применяемые в рудничных КРУ

- При включении ячейки траверса с неподвижными контактами поднимается вверх и замыкает цепь. Механизм при этом фиксируется храповым механизмом. При отключении (срабатывании защиты) происходит воздействие на храповый механизм, вал привода при этом становится свободным и пружина, толкая траверсу вниз, размыкает контакты.
- **Выключатель ВЭВ-6-16/630** состоит из: сварного корпуса (1) со встроенными соленоидно-пружинным приводом и элементами управления и защит; трех полюсов (2); трех камер дугогашения (3); выводных силовых штепсельных контактов; вала с отключающей пружиной (7); блок-контактов (9); изоляционной

# Высоковольтные выключатели, применяемые в рудничных КРУ

- панели с изоляторами(12); междуполюсных перегородок (13); воздушного буфера (14). Привод выключателя состоит из: заводного электромагнита с переключающими контактами (15); блока питания электромагнита (16); заводного устройства с двумя пружинами (18); рычага с осью; пружинного аккумулятора (21); замка отключения, образуемого рычагами, молотком, собачкой, жестко связанным с валом кулачковым профилем и пружинами.
- Принцип работы выключателя состоит в следующем: в исходном положении выключатель отключен, якорь заводного электромагнита не втянут. При подаче напряжения якорь



**Выключатель  
ВЭВ-6-16/630**

# Высоковольтные выключатели, применяемые в рудничных КРУ

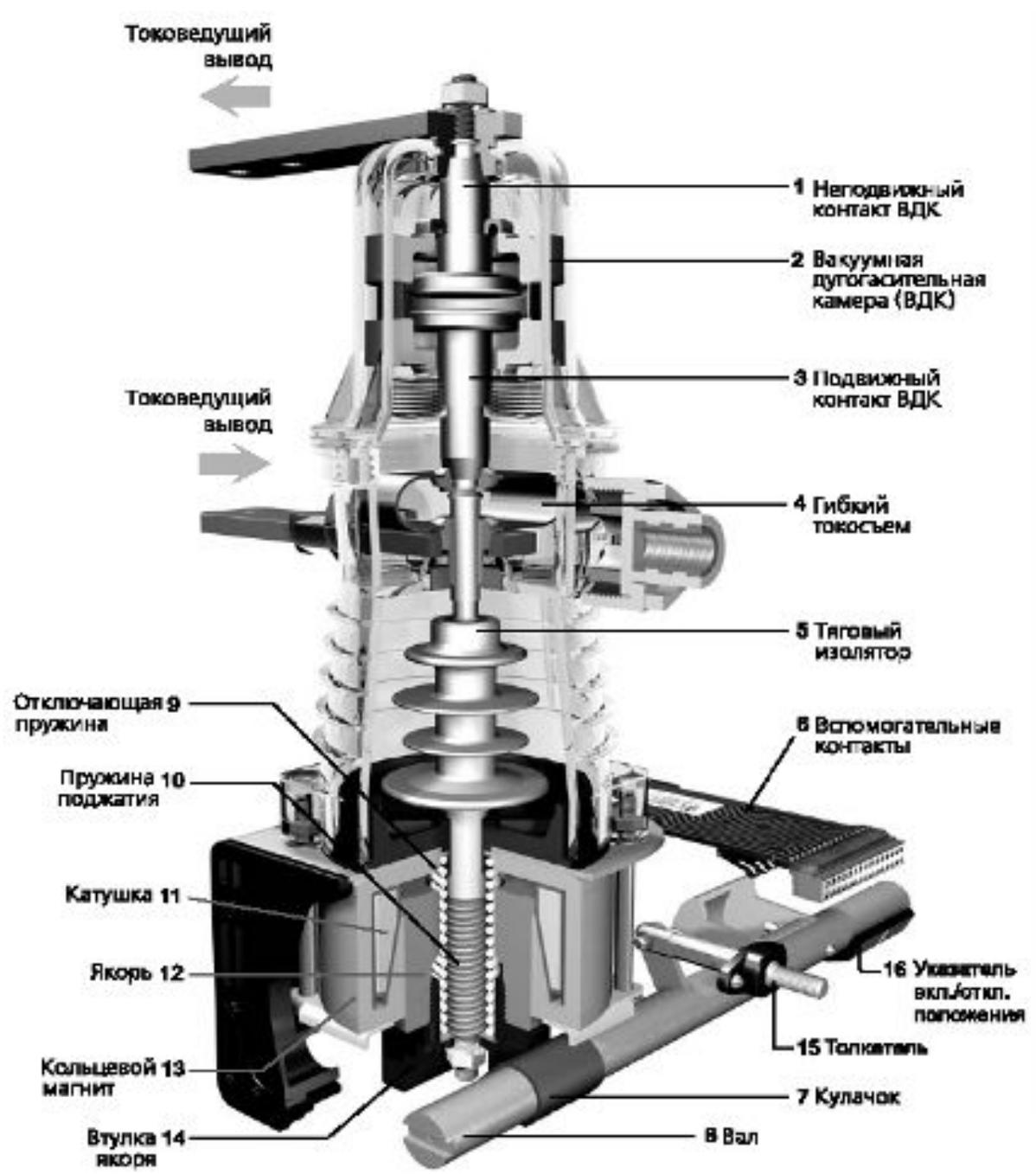
- электромагнита втягивается и поворачивает приводной вал, который, через систему рычагов включает полюса. Собачкой система рычагов фиксируется во включенном положении.
- При действии электромагнита отключения или срабатывании защиты собачка поднимается и под действием отключающей пружины контакты размыкаются. При размыкании дугогасительных контактов выключателя, электрическая дуга под действием собственных электродинамических сил, а при малых отключаемых токах и струи воздуха, создаваемой пневматическим устройством, поднимается в зону предварительного растягивания, переходит на дугогасительные рога экранов и включает катушки магнитного дутья. Под

# Высоковольтные выключатели, применяемые в рудничных КРУ

- действием это поля дуга перемещается в зону гашения, попадает на вспомогательные рога, установленные на концах керамических плиток и разделяется ими на отдельные отрезки после чего гаснет.
- **Вакуумные выключатели** (слайд ниже) состоят из: трех отдельных полюсов в вакуумных камерах подвижные контакты которых механически соединены с общим валом. Вся конструкция располагается на общей раме (в общем корпусе). Выключатель может иметь ручной, пружинный, электромагнитный или моторный привод. Расстояние между контактами не превышает 2,5 см, поэтому сами выключатели очень компактны.

# Высоковольтные выключатели, применяемые в рудничных КРУ

- Принцип работы вакуумного выключателя заключается в следующем. При работе привода вал вращается, замыкает контакты и поджимает возвратные пружины. Положение самого вала при этом фиксируется. При отключении выключателя (срабатывании защиты) фиксатор отпускается и вал, под действием пружин разрывает контакты. Из-за отсутствия среды электрическая дуга в вакуумных камерах моментально гаснет.
- Одним из недостатков выключателей этого типа является возникновение перенапряжений в момент разрыва контактов (в первые несколько циклов коммутации, пока не сгладятся шероховатости контактных поверхностей). Для устранения

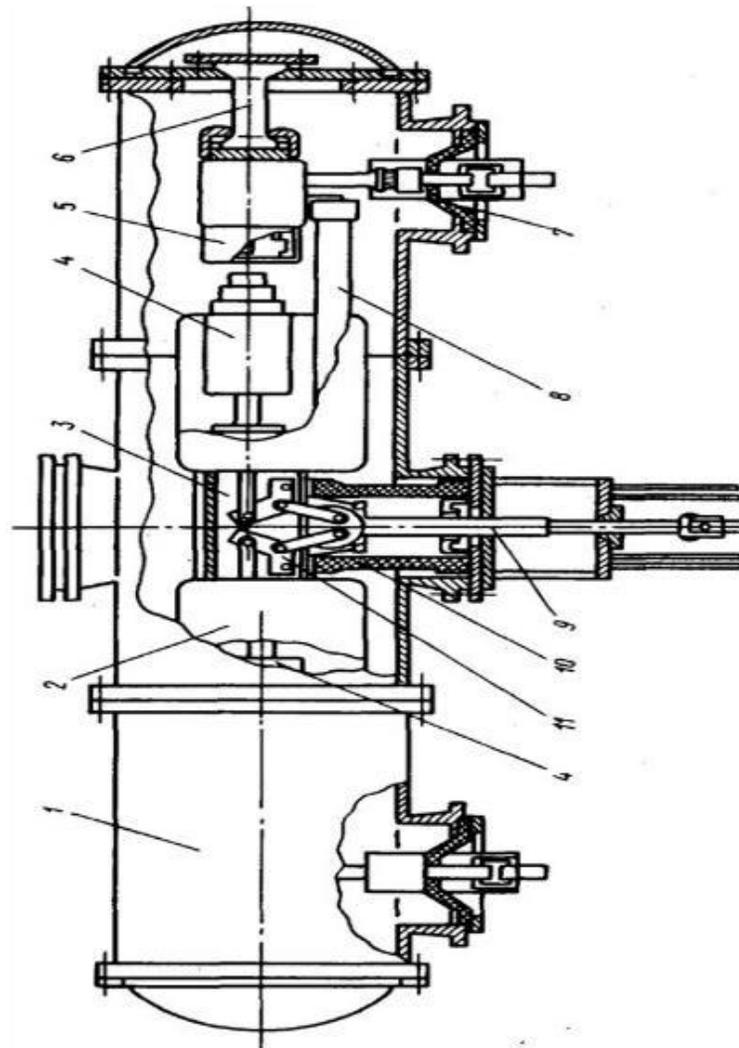


# Высоковольтные выключатели, применяемые в рудничных КРУ

- перенапряжений со всеми вакуумными выключателями применяют ограничители перенапряжений (ОПН).
- Некоторые производители применяют безвальную конструкцию привода вакуумного выключателя. В каждый полюс встраивается отдельный электромагнит с отключающей пружиной или на подвижный и неподвижный контакты подается постоянное напряжение. При этом каждый контакт представляет собой электромагнит. При подаче на подвижный подпружиненный контакт «+» напряжения на неподвижный контакт подается «-» напряжение и контакты смыкаются. Размыкание контактов происходит при подаче напряжения одной полярности или под действие пружин.

# Высоковольтные выключатели, применяемые в рудничных КРУ

- Элегазовые выключатели были разработаны для замены масляных и воздушных выключателей (до появления вакуумных выключателей). Конструктивно выключатели могут быть баковые, колонковые и смешанного типа. Такие выключатели имеют несколько способов гашения дуги (зависит от конструкции аппарата):
- автокомпрессия (гашение дутьем, когда дуга находится на месте, а у газа есть две ступени давления, газ поступает из области с высоким давлением в область с низким и гасит дугу)
- электромагнитное дутье (гашение дуги в неподвижном элегазе, когда под действием магнитного поля дуга вращается и происходит ее гашение)



## Полюс элегазового выключателя

- 1- корпус выключателя
- 2 – экран
- 3 – переключка для соединения дугогасительных устройств
- 4 – дугогасительное устройство (2шт), они же подвижные контакты
- 5 – неподвижный контакт
- 6 – литой изолятор
- 7 – изоляционная перегородка
- 8- керамические конденсаторы
- 9 – изоляционные штанги
- 10 - цилиндр, изолирует контакты от бака механизм

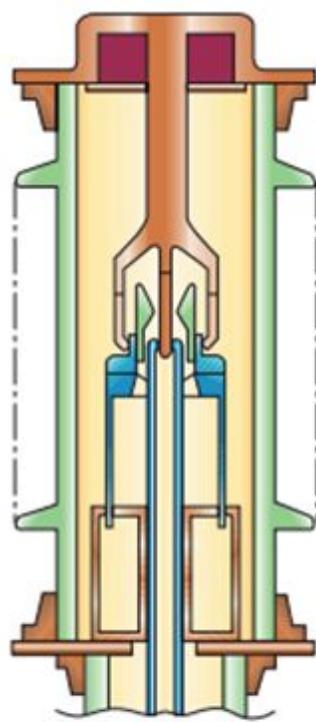


рис. 1: Включенное состояние

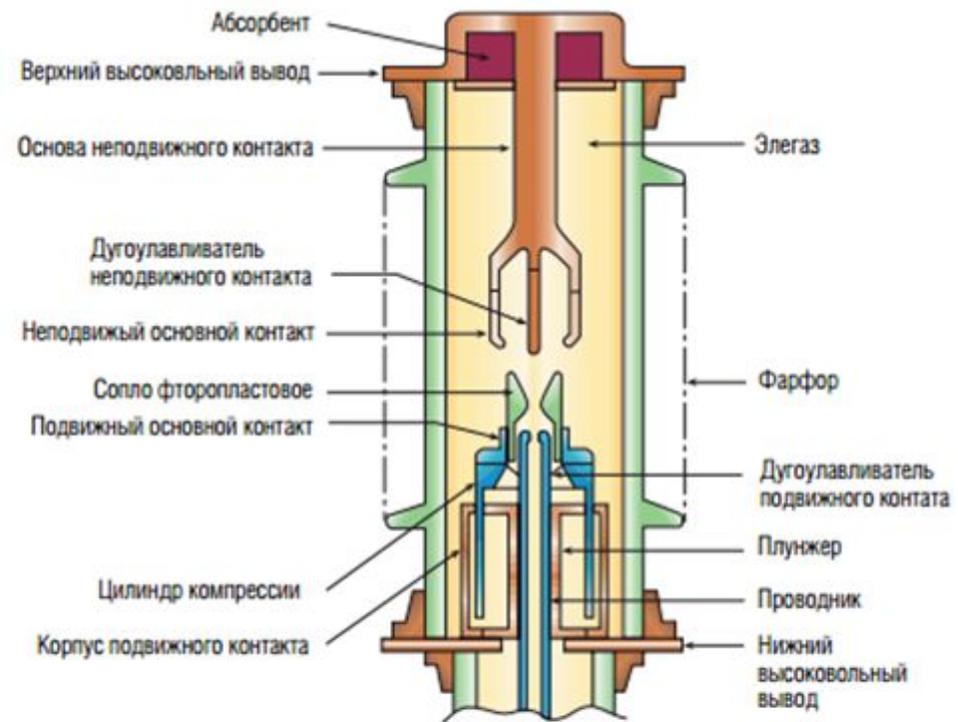
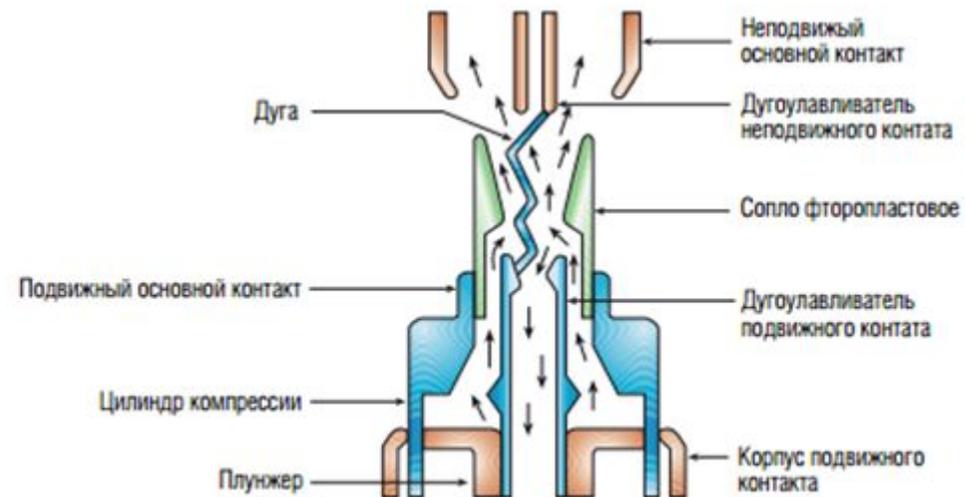


рис. 2: Отключенное состояние

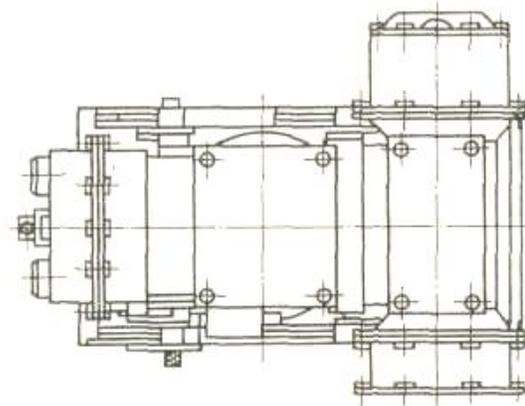
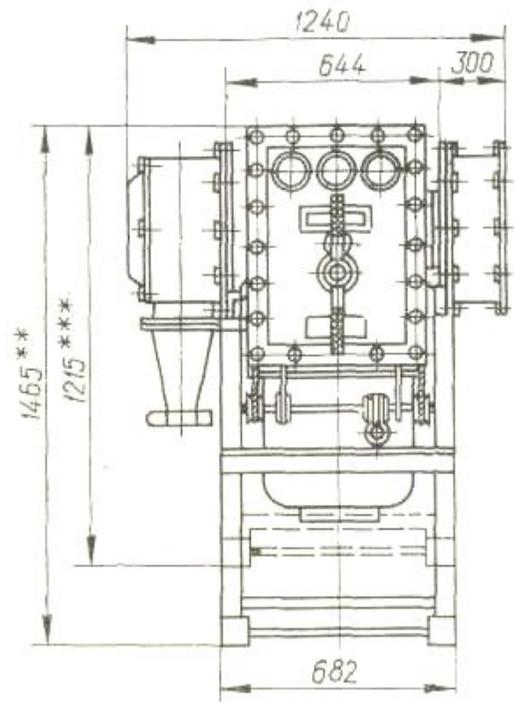
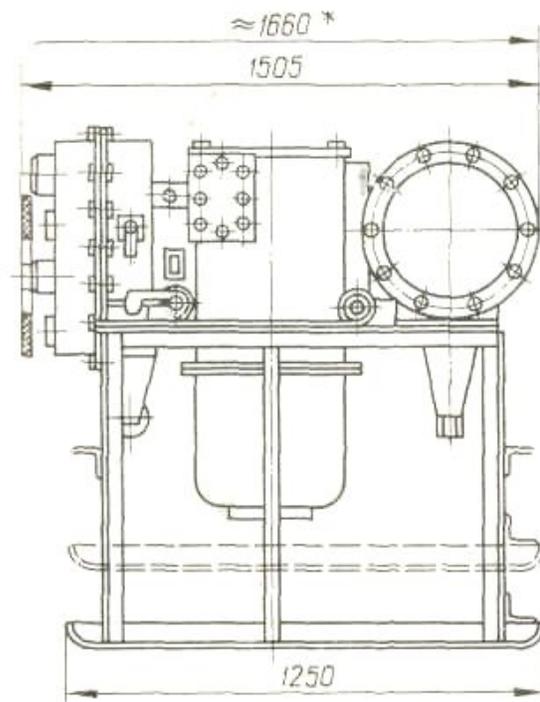
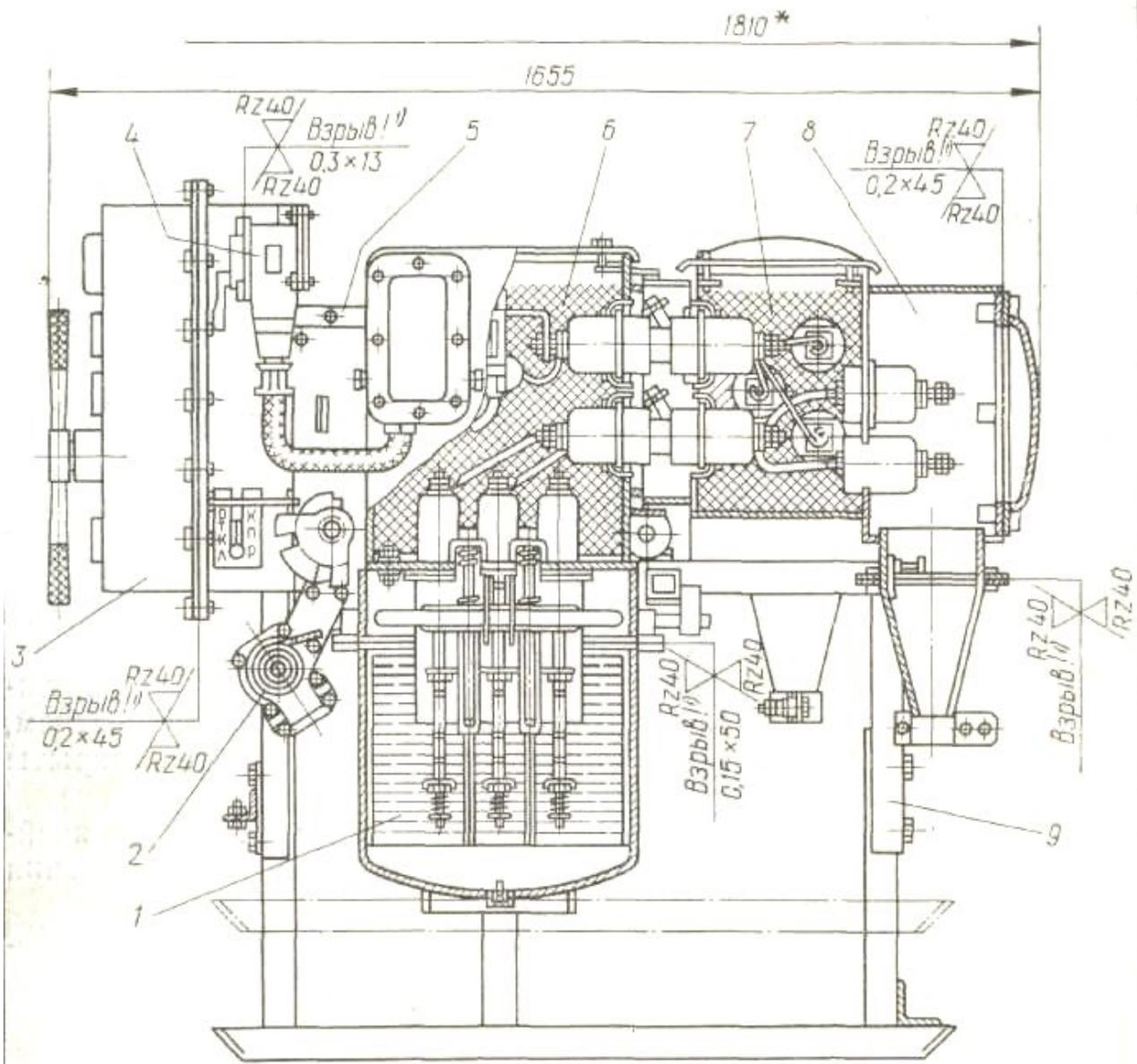
Обозначения:

- Подвижные элементы
- Неподвижные элементы
- Изолятор
- Элегаз



# Высоковольтные выключатели, применяемые в рудничных КРУ

- автопневматическое дутье (необходимый перепад давления создается за счет привода выключателя).
- Внешний вид, принцип гашения дуги и устройство полюса элегазового выключателя на слайде ниже.
- **КРУ РВД-6 (УРВМ-6)** (слайд ниже) состоит из подвижной и неподвижной частей, установленных на специальной раме.
- Подвижная часть состоит из отсека (3) с дверцей. На дверце расположена рукоятка включения выключателя. Внутри отсека находится моторно-пружинный (ручной) привод (5) и релейная схема управления, сигнализации и защиты. Отсек соединен с выключателем ВМБ-10 (1). Шины полюсов имеют выход на подвижные контакты розеточного типа и залиты специальной



# Рудничные КРУ

- мастикой с кварцевым песком (6). Для опускания бака ВМБ-10 имеется тросовая ручная лебедка (2). На корпусе имеется пульт местного управления (4). Сам отсек на колесах (называется тележкой) может перемещаться по раме для соединения и разрыва контактов розеточного типа.
- Неподвижная часть состоит из шинной камеры (7) с неподвижными контактами залитой мастикой. Сами неподвижные контакты имеют металлосвязи с шинопроводом и контактами для подключения кабелей. К шинной камере пристыковываются воронки для ввода кабелей. При выкатывании тележки в ремонтное положение неподвижные контакты автоматически закрываются шторкой.



# Рудничные КРУ

- Электрическая схема состоит из шинопровода системы шин 6 кВ, ВМБ-10, трансформаторов тока ТТ1 и ТТ2, **трансформатора напряжения (ТН) 6000/127/100 В** –питание цепей управления, штепсельного разъединителя Ш1, Ш2 – выполняет роль **шинного (РШ) и линейного (РЛ) разъединителей.**
- **Ячейка имеет следующие защиты:** МТЗ (на реле тока 1РМм, 2РМм) мгновенного действия, нулевую защиту (на реле напряжения РН), БРУ ниже 80 кОм (реле утечки РБ). В целом ячейка имеет самый маленький габарит среди рудничных КРУ, но недостаточный уровень защит и функционала.

# Рудничные КРУ

- **КРУ КРУВ-6** (слайд ниже) имеет несколько модификаций, внешний вид тоже может отличаться. Ячейки ранних версий могут проходить **ретрофит** (модернизацию или замену функциональных блоков, так выключатель ВЭВ-6 может меняться на вакуумный или элегазовый), релейная схема – на микропроцессорную и т.д.). Ячейка состоит из: взрывонепроницаемого корпуса (1), разделенного на отсеки (камеры). В верхней части корпуса смонтирован блок прямоугольных камер, из них (11) и (13) – вводные, а (6) и (15) – камеры разъединителей. В нижней части корпуса находятся камера (17) выключателя; двери (3) камеры выключателя с

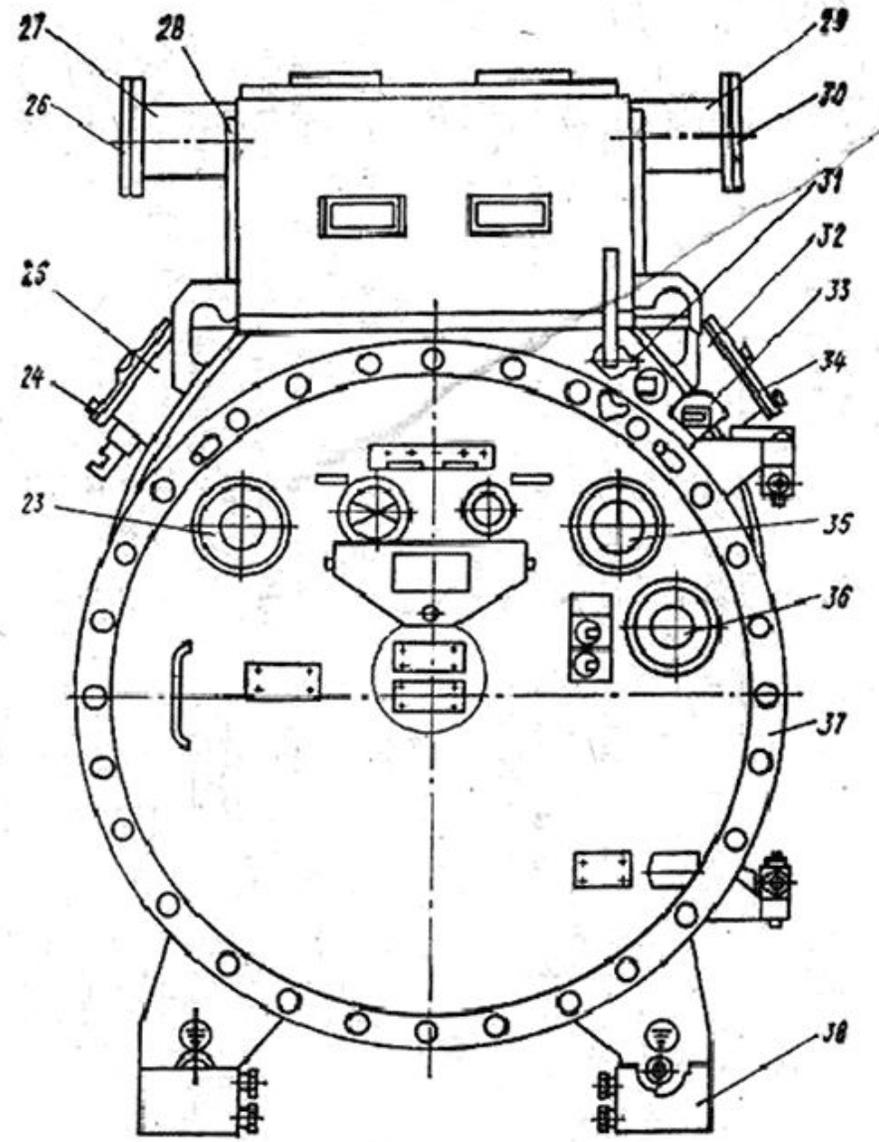
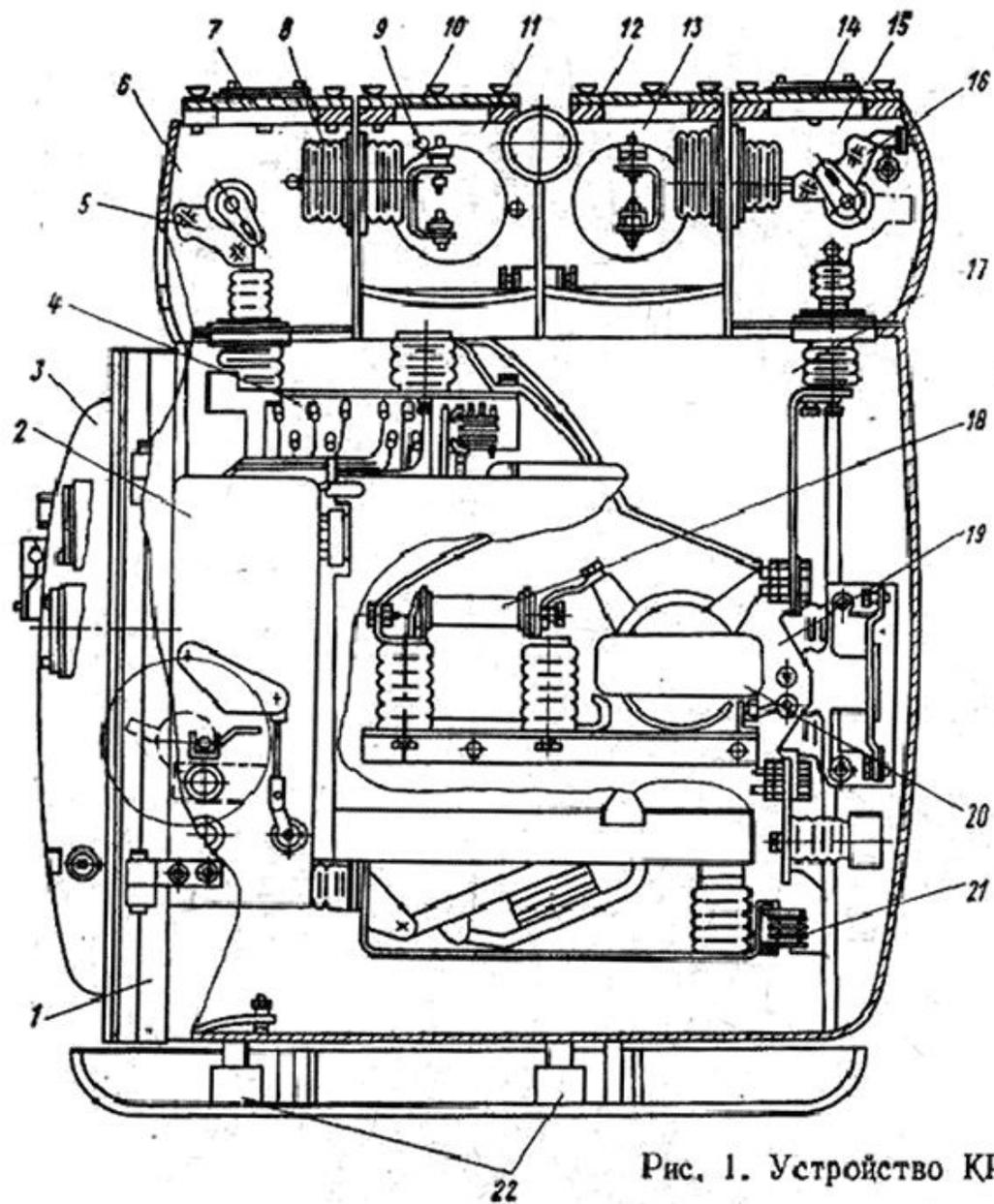


Рис. 1. Устройство КРУВ-6.

# Рудничные КРУ

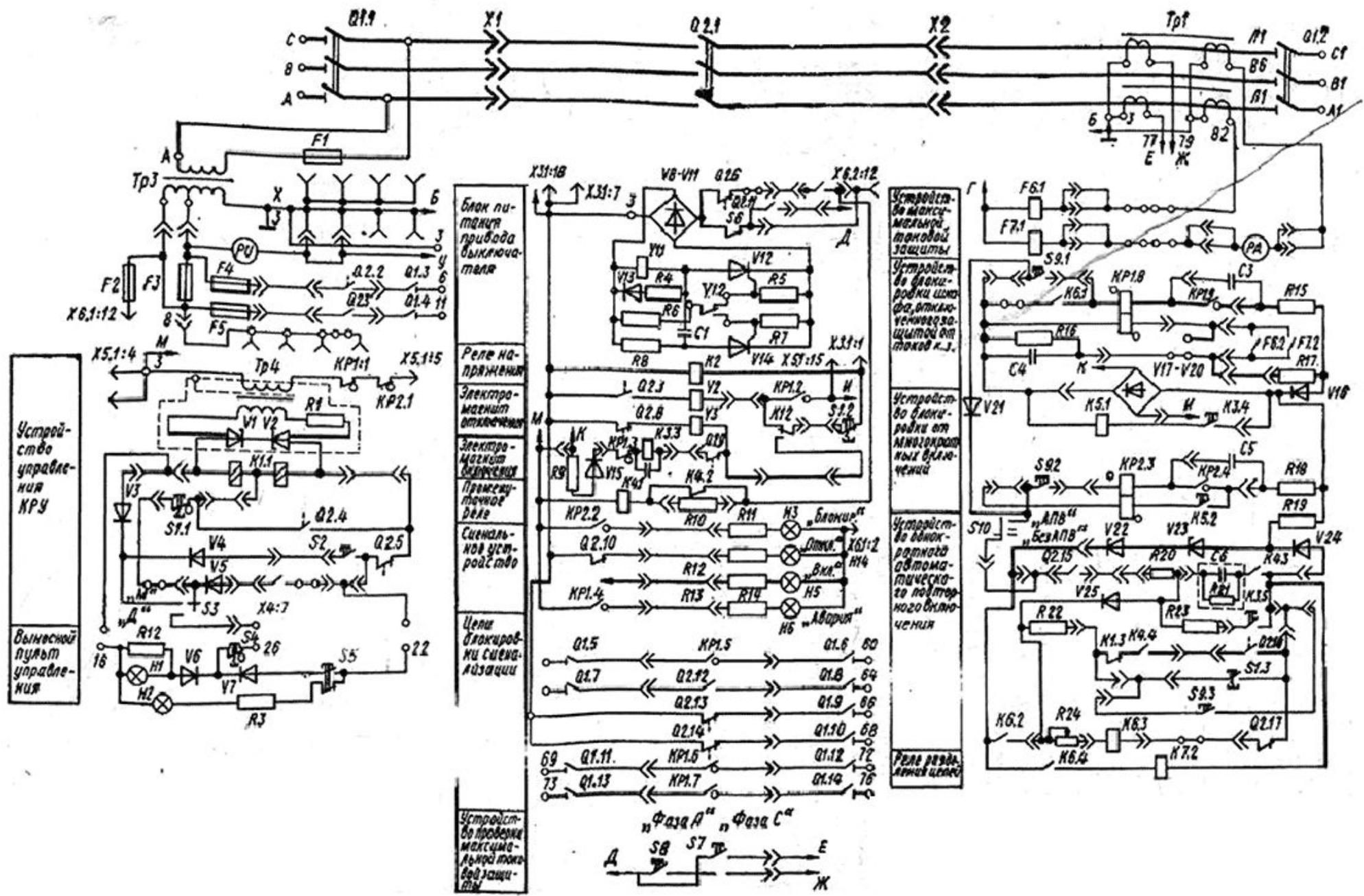
- установленными на ней блоками управления. В вводных коробках находятся высоковольтные проходные изоляторы (8) с зажимами (9) для подключения жил питающих (отходящих кабелей) либо шинных перемычек.
- Присоединяются кабельные вводы к фланцам (28). Вводные коробки соединяются с трубами (27 и 29) закрытыми крышками (26 и 30). В камерах (6, 15) установлены разъединители РШ и РЛ (5, 16), контакты которых представлены штырями проходных изоляторов. Контакты разъединителя (16) имеют две группы и используются для закорачивания и заземления отходящего присоединения (РЗ). В вводном и секционном КРУ контакты (16) отсутствуют. В камере (17) смонтированы выключатель (2) на выкатной тележке, ТТ (19) и ТН (20), высоковольтный предохра-

# Рудничные КРУ

- нитель (18) и ошиновка (в секционном КРУ ТН и предохранитель отсутствуют).
- Выключатель с ошиновкой соединяется штепсельными разъемами (21). Разъединители имеют общий привод, одновременно включающий и отключающий главные разъединители и разъединитель вторичных цепей.
- Каждый КРУ имеет два разъединителя РШ и РЛ и РЗ, установленных до и после выключателя. Блокировочный комплекс КРУ состоит из двух основных блокировок: разъединитель — выключатель и разъединитель — дверь. Предназначен комплекс для механических блокировок, предотвращающих отключение разъединителей при включенном выключателе, открывание двери при включенных разъедините-

# Рудничные КРУ

- лях и включение разъединителей при открытой двери. Каркас снабжен откидным рельсом, на который во время монтажа или осмотра выкатывается выключатель.
- **Электрическая схема** состоит из шинпровода системы шин 6 кВ, высоковольтного выключателя Q21, трансформаторов тока Трт1 и Трт2, **трансформатора напряжения** Тр3 6000/100 В –питание цепей управления с предохранителем F1, шинного Q 11 и линейного Q12 разъединителей, штепсельного разъема X1 и X2. Кроме этого, может устанавливаться ОПН.
- **Ячейка имеет следующие защиты на релейно-полупроводниковых схемах** : МТЗ 1 и 2 ступеней мгновенного действия, защиту от перегруза, защиту ЭД от продолжительного запуска, минимальную и нулевую защиту, БРУ ниже 300 кОм,



Блок питания привода выключателя

Реле напряжения

Электромагнит отключен

Электромагнит включен

Промежуточное реле

Сигнальное устройство

Цели блокировки сигнализации

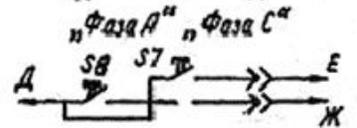
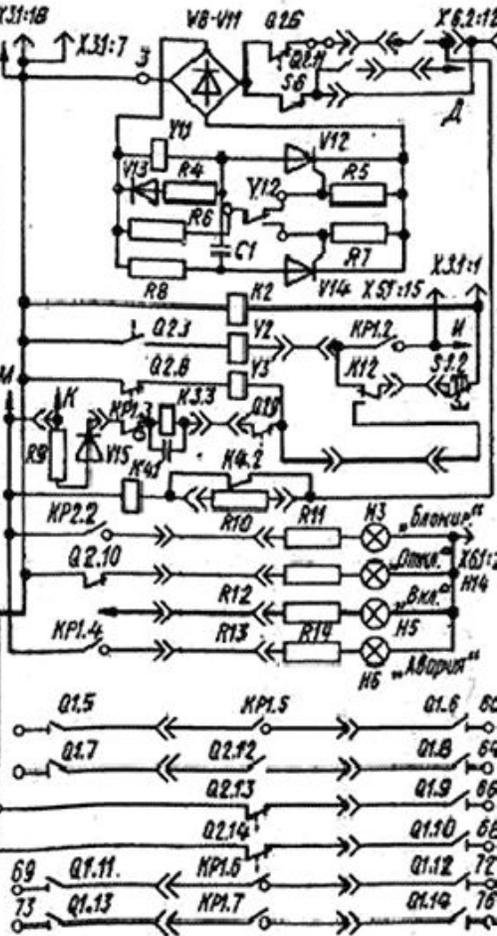
Устройство проверки максимальной токовой защиты

Устройство максимальной токовой защиты

Устройство блокировки от минимальных вращений

Устройство блокировки автоматического повторного включения

Реле реверсивной цепи



# Рудничные КРУ

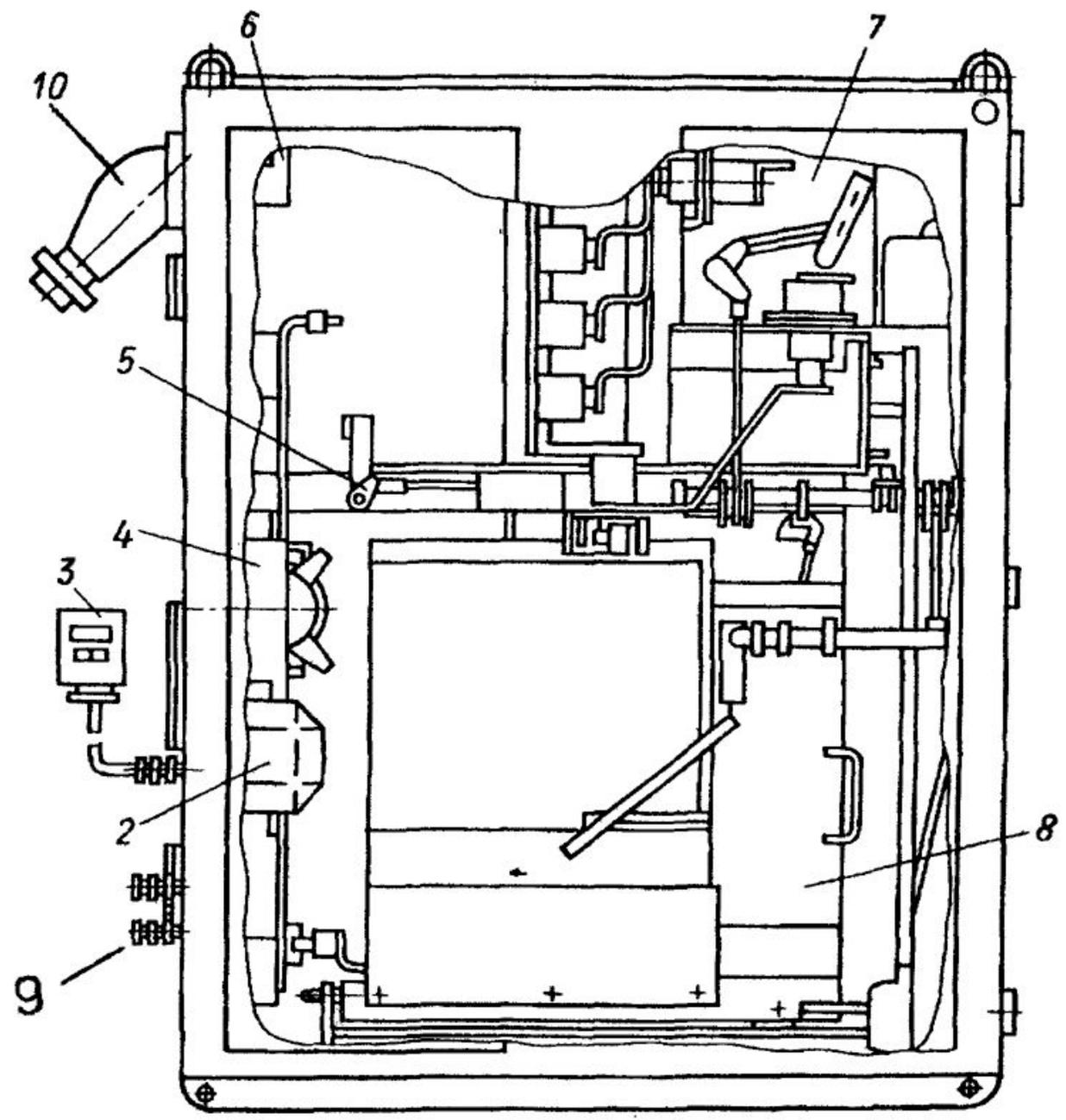
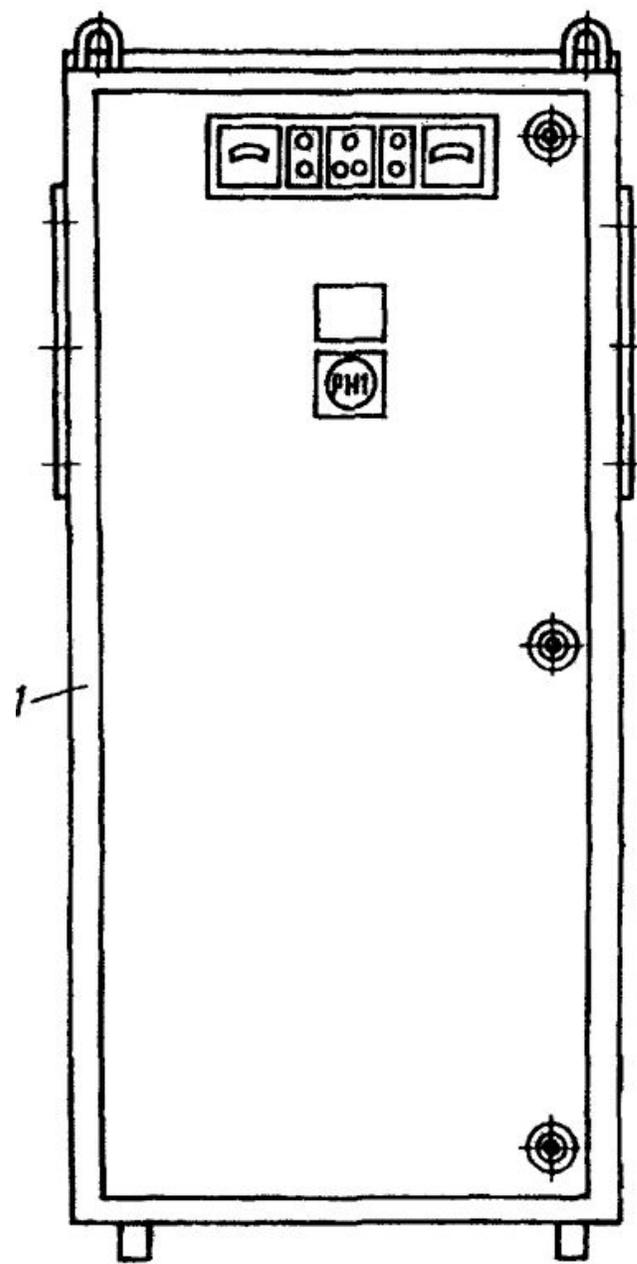
- защиту цепей управления от обрыва и к.з., блокировку от многократных включений при к.з.
- Кроме этого схема может реализовать однократное **автоматическое повторное включение (АПВ)** и **автоматический ввод резерва (АВР)**. В целом ячейка имеет небольшой габарит, хорошую безопасность эксплуатации, а после ретрофита соответствует всем современным требованиям.
- **КРУ КРУ - РН - 6** (слайд ниже) имеет несколько модификаций, внешний вид тоже может отличаться. Ячейки ранних версий могут проходить **ретрофит** (модернизацию или замену

# Рудничные КРУ

- функциональных блоков, так выключатель ВЭВ-6 может меняться на вакуумный или элегазовый), релейная схема – на микропроцессорную и т.д.). В целом ячейка имеет те же элементы и ту же электрическую схему, что и ячейка КРУВ-6.
- Шкаф КРУ-РН состоит из 4-х взаимно разделяемых отсеков: отсека сборных шин; кабельного отсека; отсека выключателя на тележке и отсека вспомогательных цепей.
- **Электрическая схема** состоит из шинопровода системы шин 6 кВ, высоковольтного выключателя (воздушного, вакуумного, элегазового), трансформаторов тока на 3-х фазах, трансформатора тока нулевой последовательности, трансформатора напряжения 6000/100 В – питание цепей управления с предохранителем, РШ и РЛ с РЗ, штепсельных разъемов выключателя. Кроме этого

# Рудничные КРУ

- может устанавливаться ОПН.
- **Ячейка имеет следующие защиты на релейно-полупроводниковых схемах или микропроцессорной схеме** : МТЗ 1 и 2 ступеней мгновенного действия, отсечку, защиту от перегруза, защиту ЭД от продолжительного запуска, защиту от перекоса фаз, минимальную и нулевую защиту, земляную защиту, настраиваемое БРУ, защиту цепей управления от обрыва и к.з., блокировку от многократных включений при к.з. Кроме этого схема может реализовать однократное автоматическое повторное включение (АПВ) и автоматический ввод резерва (АВР), функции самоконтроля и самодиагностики элементов. Так же имеется возможность передачи данных по протоколу RS-485. В целом, ячейка соответствует всем современным требованиям,

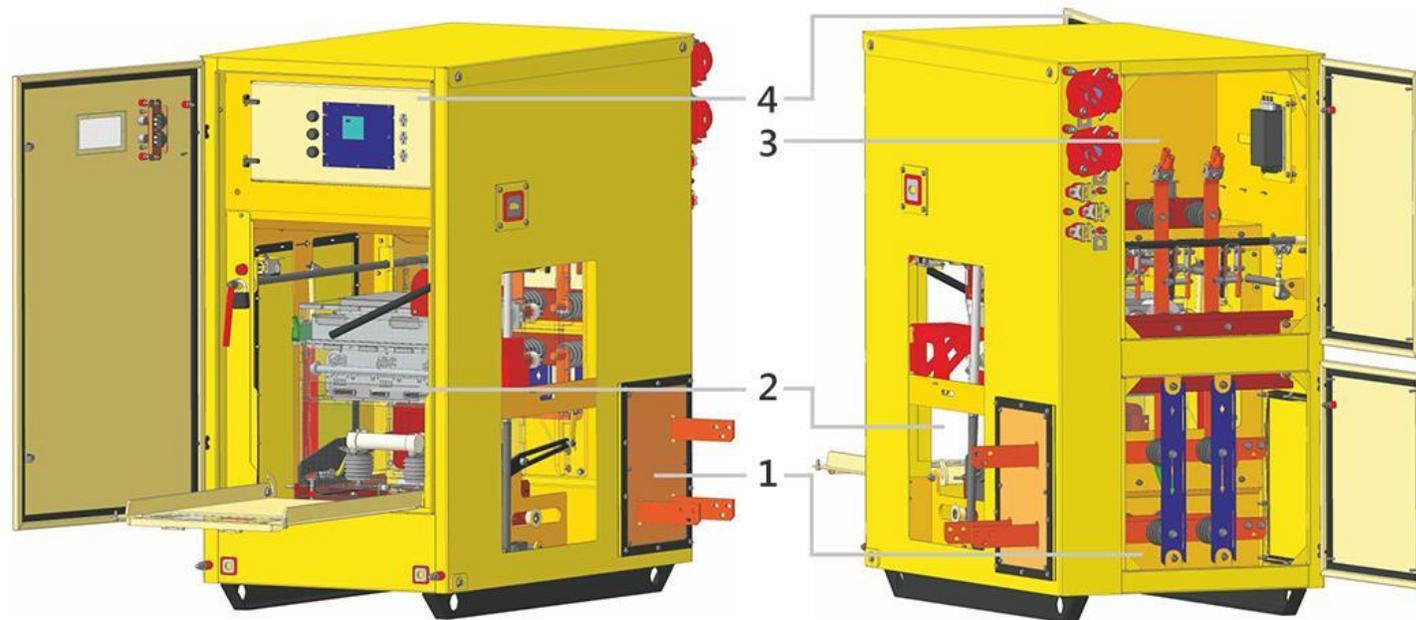


# Рудничные КРУ

- хотя имеет самый большой габарит.
- Рудничные КРУ отличаются от общепромышленных тем, что могут работать, как в одиночном исполнении (ПУПП), так и в групповом режиме - ЦПП, УПП). Это достигается тем, что электрические схемы рудничных КРУ самодостаточны для отдельного применения (например в общепромышленных КРУ ТН устанавливаются только вводные ячейки).
- КРУ бывают следующего исполнения (электрические схемы – слайд ниже):
- вводные – для ввода питающих линий;
- секционные – для секционирования систем шин;
- отходящих присоединений (фидерные) – для питания потреби-

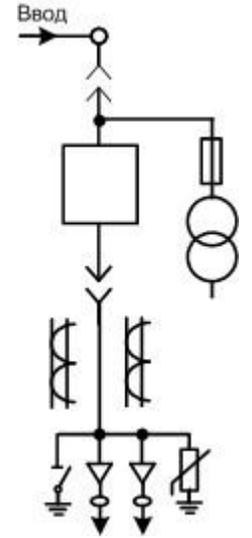
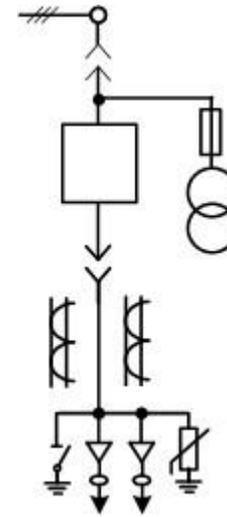
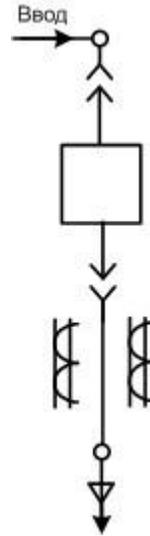
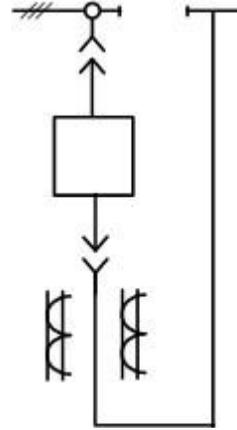
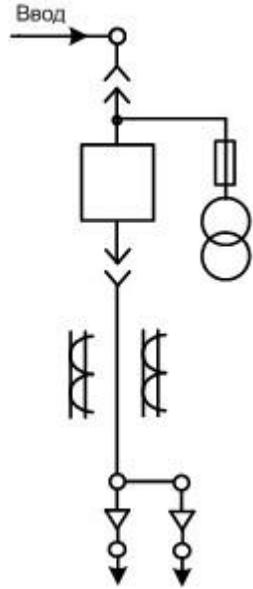
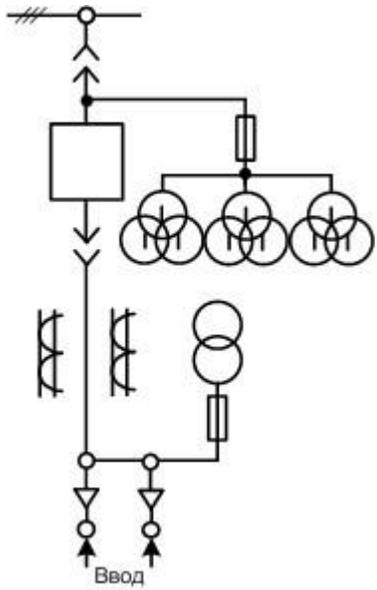


1 — отделение шинного моста; 2 — аппаратное отделение; 3 — вводное отделение; 4 — релейный отсек.



# Функциональные схемы рудничных КРУ

- телей.
- КРУ соединенные шинопроводом образуют системы шин. КРУ устанавливаются на полу ЦПП и УПП на подставки (обычно швеллер).
- КРУ бывают с верхним (с кабельных подвесов) и нижним (с кабельных каналов и лотков) вводом кабелей.
- В КРУ, где нет земляной защиты, она устанавливается отдельно с вводом цепей управления в саму ячейку.
- Иногда КРУ разных типов устанавливаются в одну систему шин. В этом случае они соединяются кабельными перемычками.
- В мировой практике есть удачные примеры объединения рудничных ячеек в один конструктив. Например несколько ячеек



**Вводное КРУ**  
**групповое и**  
**одиночное**

**Секционное**  
**КРУ**

**КРУ отходящих**  
**присоединений групповое**  
**и одиночное**

**Виды исполнения КРУ**

# Функциональные схемы рудничных КРУ

- 6 кВ устанавливаются на одну раму и образуют одно ПУПП. Такие конструктивы часто используются для проходки транспортных тоннелей (например тоннели под проливом Ла-Манш). Они позволяют быстро переместить КРУ к зоне работ. В России Правила безопасности, пока, не дают изготовить подобные комплексы.