

Коммутационное оборудование

Коммутационные оборудование напряжением выше 1 кВ

- **Выключатели высокого напряжения**
- **Разъединители**
- **Короткозамыкатели и отделители**
- **Разрядники**
- **Реакторы**
- **Изоляторы**
- **предохранители**

Выключатели высокого напряжения

- коммутационный аппарат, предназначенный для включения и отключения тока.
- основной аппарат в электрических установках, служит для отключения и включения в цепи в любых режимах: длительная нагрузка, перегрузка, короткое замыкание, холостой ход, несинхронная работа.
- Наиболее тяжелой и ответственной операцией является отключение токов КЗ и включение на существующее короткое замыкание.

Требования к выключателям

- надежное отключение любых токов (от десятков ампер до номинального тока отключения);
- быстрота действия, т.е. наименьшее время отключения;
- пригодность для быстродействующего автоматического повторного включения, т.е. быстрое включение выключателя сразу же после отключения;
- легкость ревизии и осмотра контактов;
- взрыво- и пожаробезопасность;
- удобство транспортировки и эксплуатации.
- Выключатели высокого напряжения должны длительно выдерживать номинальный ток и номинальное напряжение $U_{ном}$.

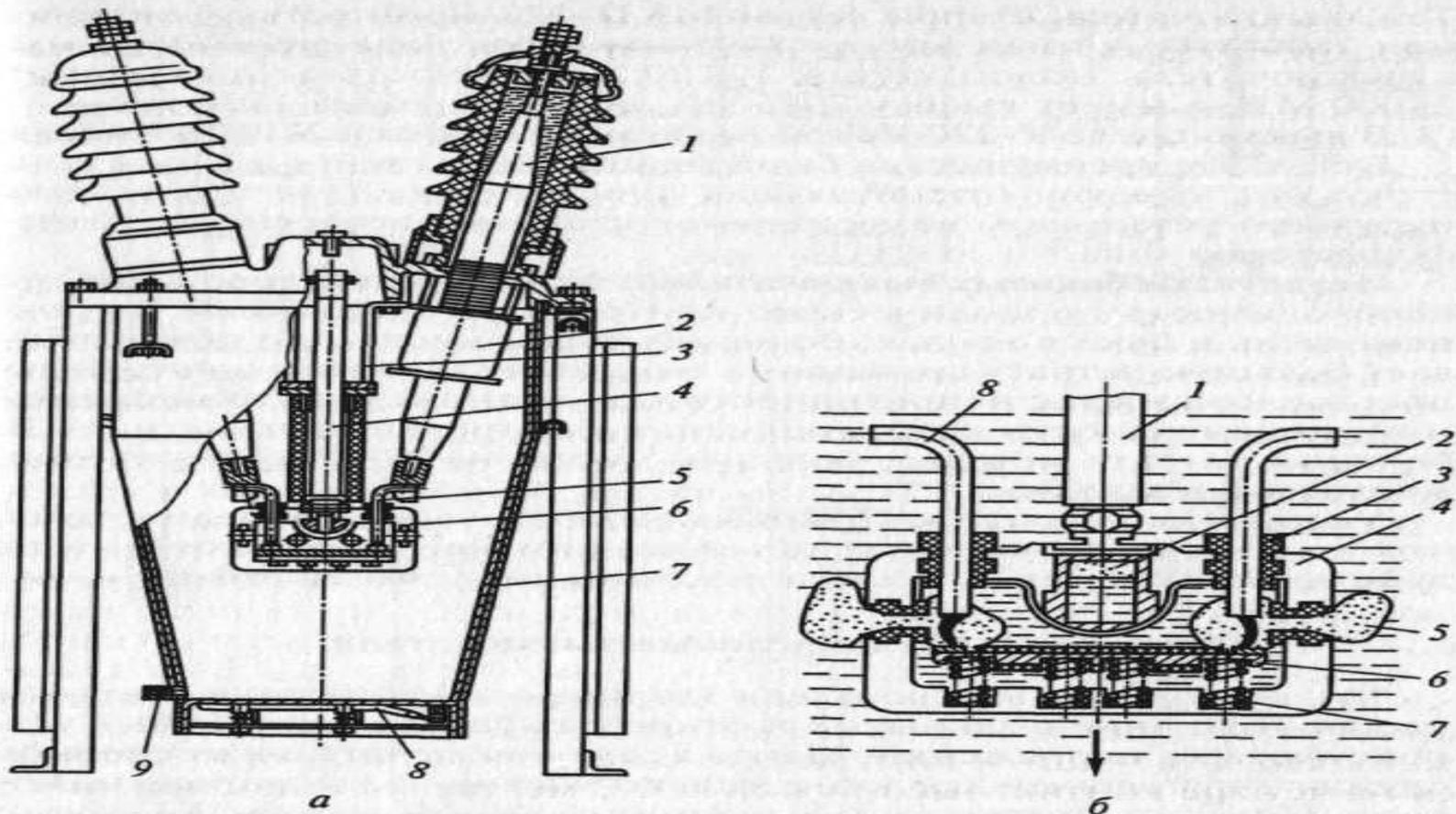


Рис. 4.34. Выключатель баковый масляный С-35-630-10:

a — разрез полюса: 1 — ввод; 2 — трансформатор тока; 3 — корпус приводного механизма; 4 — штанга; 5 — неподвижный контакт; 6 — дугогасительная камера; 7 — внутрибаковая изоляция; 8 — нагревательное устройство; 9 — маслоспускное устройство; *б* — дугогасительная камера в процессе отключения: 1 — штанга; 2 — воздушная подушка; 3 — выхлопные отверстия; 4 — камера; 5 — боковые выхлопные отверстия; 6 — подвижный контакт; 7 — контактные пружины; 8 — неподвижный контакт

баковые выключатели

преимущества :

- простота конструкции,
- высокая отключающая способность,
- пригодность для наружной установки,
- возможность установки встроенных трансформаторов тока.

Недостатки:

- взрыво- и пожароопасность;
- необходимость периодического контроля за состоянием и уровнем масла в баке и вводах;
- большой объем масла, что обуславливает большую затрату времени на его замену, необходимость больших запасов масла;
- непригодность для установки внутри помещений;
- непригодность для выполнения быстродействующего АПВ;
- большая затрата металла и масса, неудобство перевозки, монтажа и наладки.

Указанные недостатки привели к тому, что на вновь сооружаемых объектах они не применяются, а на действующих заменяются маломасляными и элегазовыми

Маломасляные выключатели

- Распространены горшковые типа ВМГ-10 в закрытых и открытых РУ всех напряжений и выключатели подвесные типа ВМП-10 в закрытых и комплектных РУ 6—10 кВ,
- специально для КРУ выдвигного исполнения применяются колонковые выключатели серии ВК.
- Выключатели для КРУ имеют встроенный пружинный или электромагнитный привод (типы ВМПП и ВМПЭ). Выключатели этих серий рассчитаны на номинальные токи **630 — 3150 А** и токи отключения **20 и 31,5 кА**.
- Для управления выключателями серии ВГМ-20 применяются **электромагнитные приводы ПС-31 или ПЭ-2, ПЭ-21**.
- Выключатели **колонкового типа ВК-10** с пружинным приводом и **ВКЭ-10** с **электромагнитным приводом** предназначены для применения в КРУ внутренней и наружной установки, серии ВМК, ВМУЭ применяются в установках 35 кВ.

Достоинства ВК:

- небольшое количество масла;
- относительно малая масса; более удобный, чем у баковых выключателей, доступ к дугогасительным контактам;
- возможность создания серии выключателей на разные напряжения с применением унифицированных узлов.
- .

Недостатки ВК:

- взрыво- и пожароопасность, хотя и значительно меньшая, чем у баковых; невозможность осуществления быстросействующего АПВ;
- необходимость периодического контроля, доливки, относительно частой замены масла в дугогасительных бачках;
- трудность установки встроенных трансформаторов тока; относительно малая отключающая способность

Воздушные выключатели

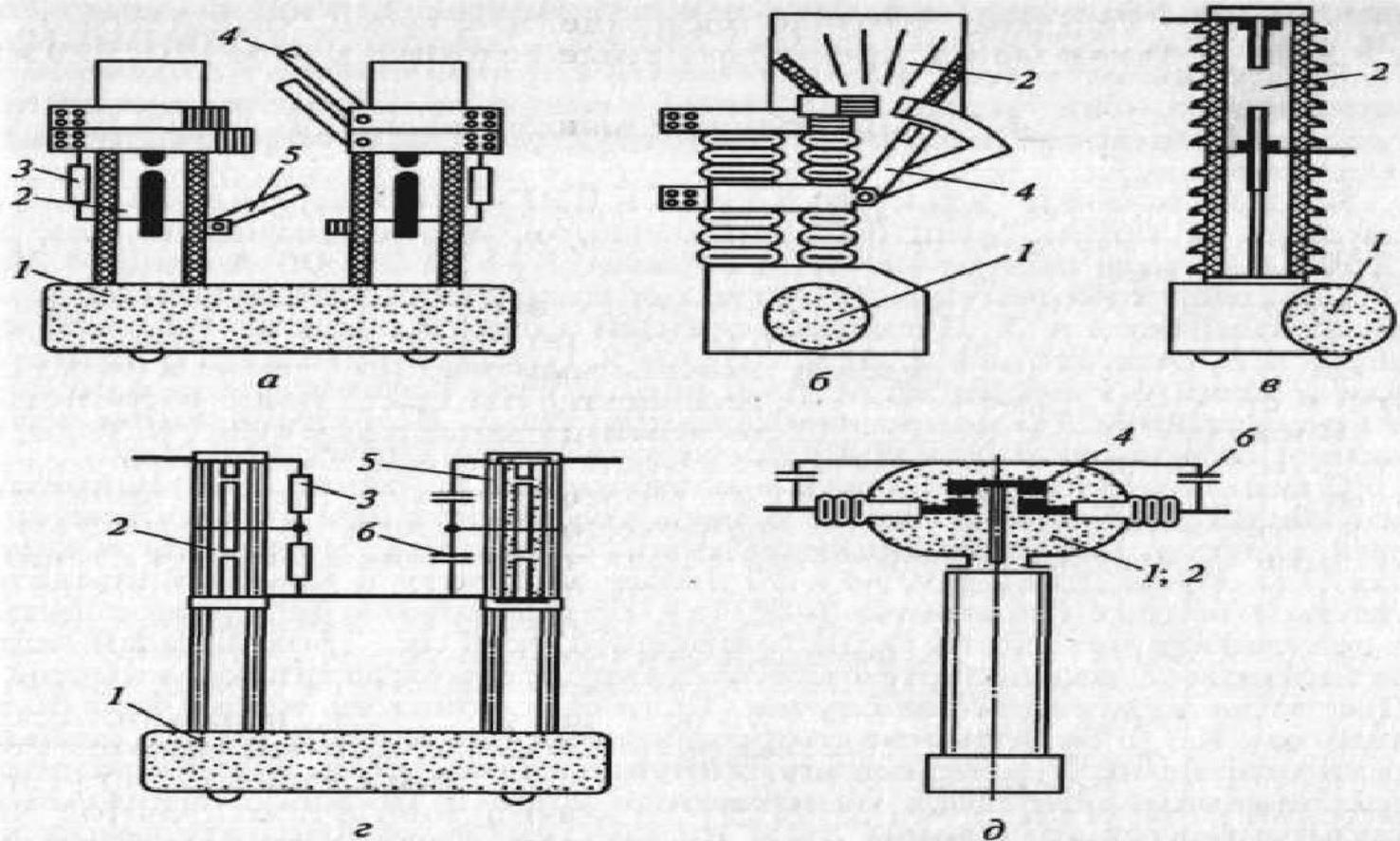


Рис. 4.38. Конструктивные схемы воздушных выключателей (а — д):
1 — резервуар со сжатым воздухом; 2 — дугогасительная камера; 3 — шунтирующий резистор; 4 — главные контакты; 5 — отделитель; 6 — емкостный делитель напряжения

Воздушные выключатели имеют

Достоинства:

- взрыво- и пожаробезопасность,
- быстрое действие и возможность осуществления быстрого действия АПВ,
- высокую отключающую способность,
- надежное отключение емкостных токов линий,
- малый износ дугогасительных контактов, легкий доступ к дугогасительным камерам,
- возможность создания серий из крупных узлов,
- пригодность для наружной и внутренней установки.

Недостатки :

- необходимость компрессорной установки,
- сложная конструкция ряда деталей и узлов,
- относительно высокая стоимость,
- трудность установки встроенных трансформаторов тока.

Электромагнитные выключатели

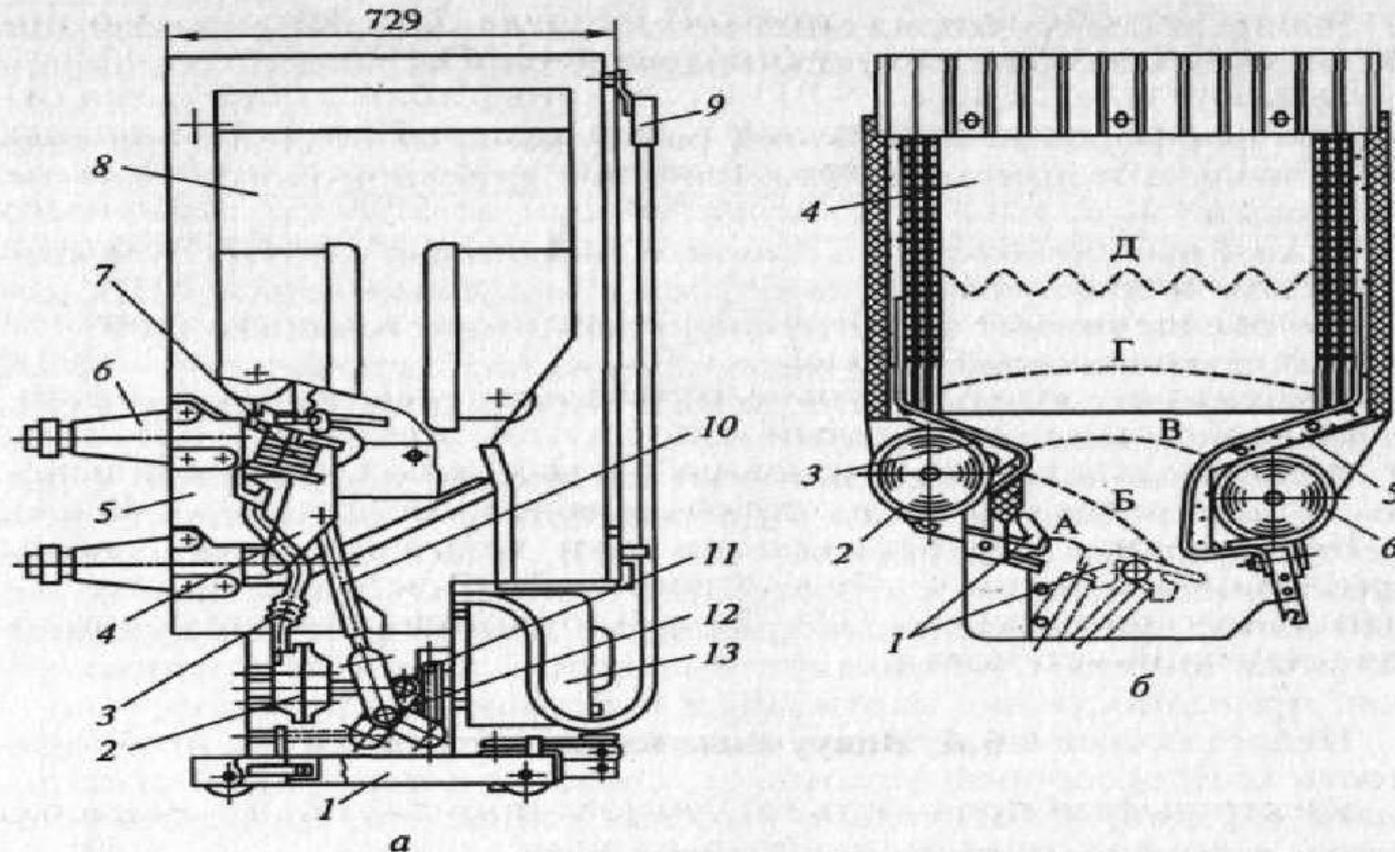


Рис. 4.43. Выключатель электромагнитный ВЭ-10-40:

a — общий вид: 1 — основание; 2 — электромагнит; 3 — медный рог; 4 — подвижные контакты; 5 — полюс выключателя; 6 — проходной изолятор; 7 — неподвижные контакты; 8 — дугогасительная камера; 9 — штепсельный разъем; 10 — изоляционная тяга; 11 — рычаги связи с валом выключателя 12; 13 — привод; *б* — дугогасительная камера: 1 — дугогасительные контакты; 2 — электромагнит; 3, 5 — медные рога; 4 — гасительная камера; б — обмотка второго электромагнита; А, Б, В, Г, Д — положение дуги в процессе гашения

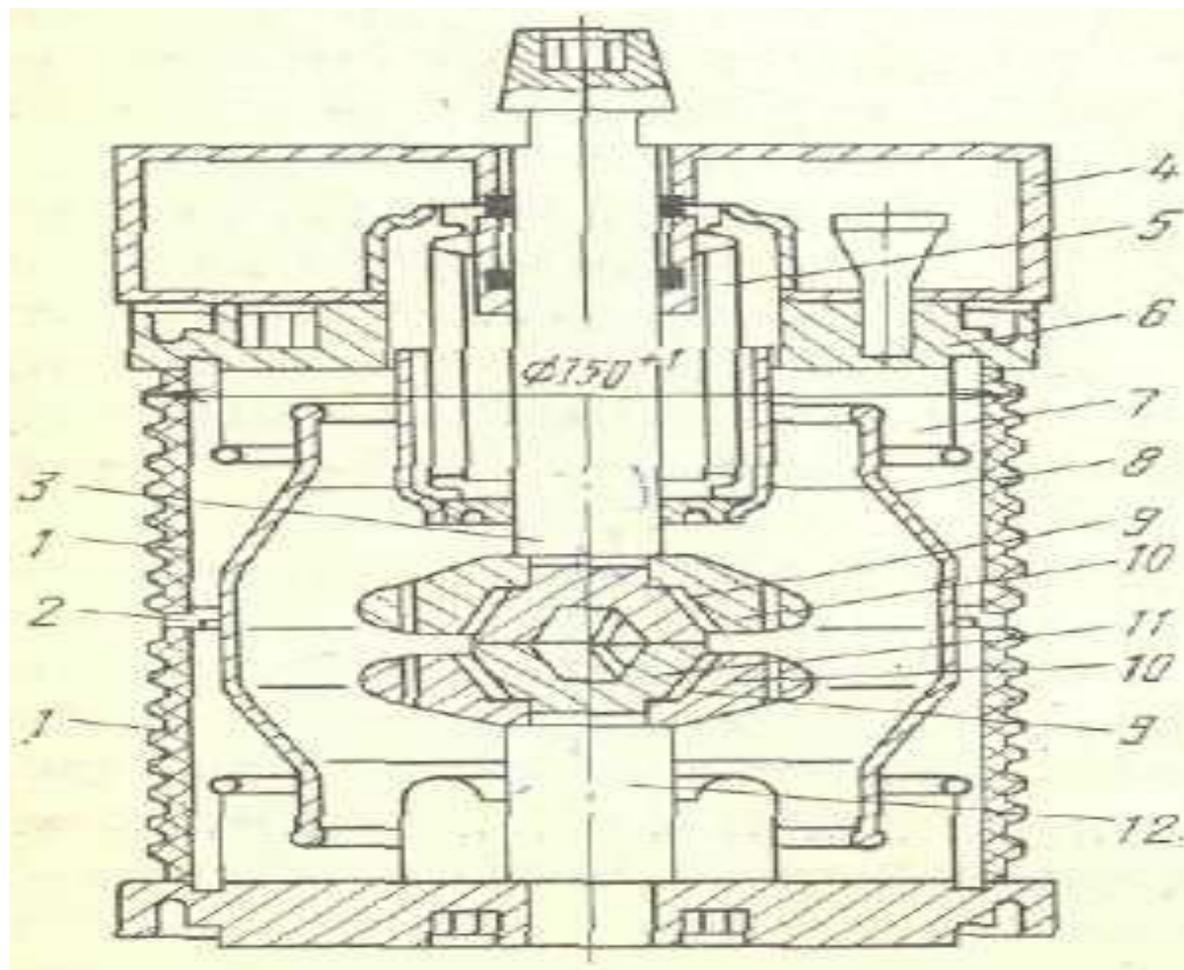
В электромагнитных выключателях применяется

- принцип *магнитного дутья*.
- Катушку дугогасительного устройства располагают таким образом, чтобы ее магнитный поток был направлен перпендикулярно дуге и создавал условия для перемещения дуги в дугогасительную камеру.
- *Электромагнитные выключатели* типов ВЭМ и ВЭ предназначены для работ в закрытых помещениях или в комплектных распределительных устройствах напряжением 6, 10 кВ

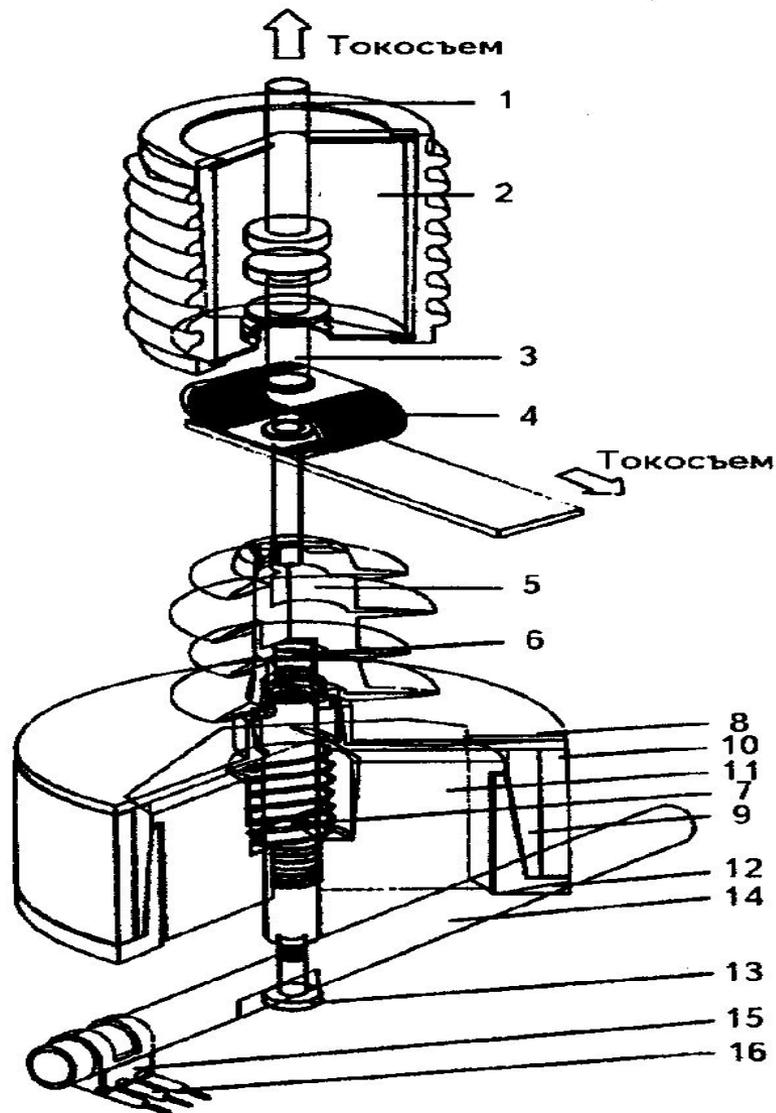
- Приводы выключателей ВЭ-10 — пружинные, выключателей ВЭЭ-6 — электромагнитные.
- **Достоинства электромагнитных выключателей:**
- полная взрыво- и пожаробезопасность, малый износ дугогасительных контактов,
- пригодность для работы в условиях частых включений и отключений,
- относительно высокая отключающая способность (20—40 кА).
- **Недостатки:**
- сложность конструкции дугогасительной камеры с системой магнитного дутья, ограниченный верхний предел номинального напряжения (15 — 20 кВ),
- ограниченная пригодность для наружной установки.

Вакуумные выключатели

Схематический разрез вакуумной камеры КДВ-10-1600-20



Устройство вакуумного выключателя ВВ/ТЕЛ

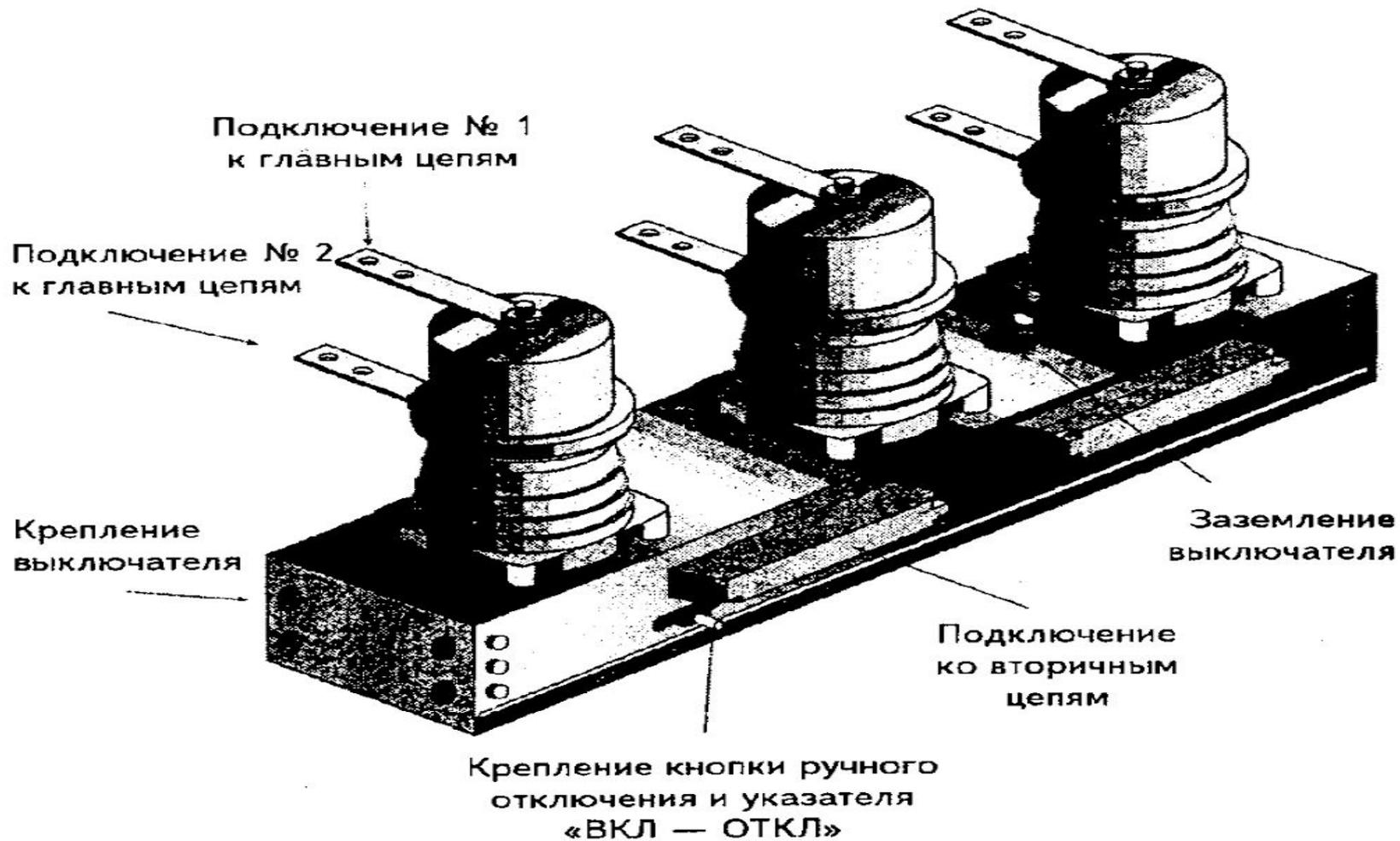


- 1 – неподвижный контакт ВДК; 2 – вакуумная дугогасительная камера (ВДК);
- 3 – подвижный контакт ВДК; 4 – гибкий токоъемник; 5 – тяговый изолятор;
- 6 – пружина поджатия; 7 – отключающая пружина; 8 – верхняя крышка; 9 – катушка;
- 10 – кольцевой магнит; 11 – якорь;
- 12 – нижняя крышка; 13 – пластина;
- 14 – вал; 15 – постоянный магнит;
- 16 – герконы (контакты для внешних вспомогательных цепей)

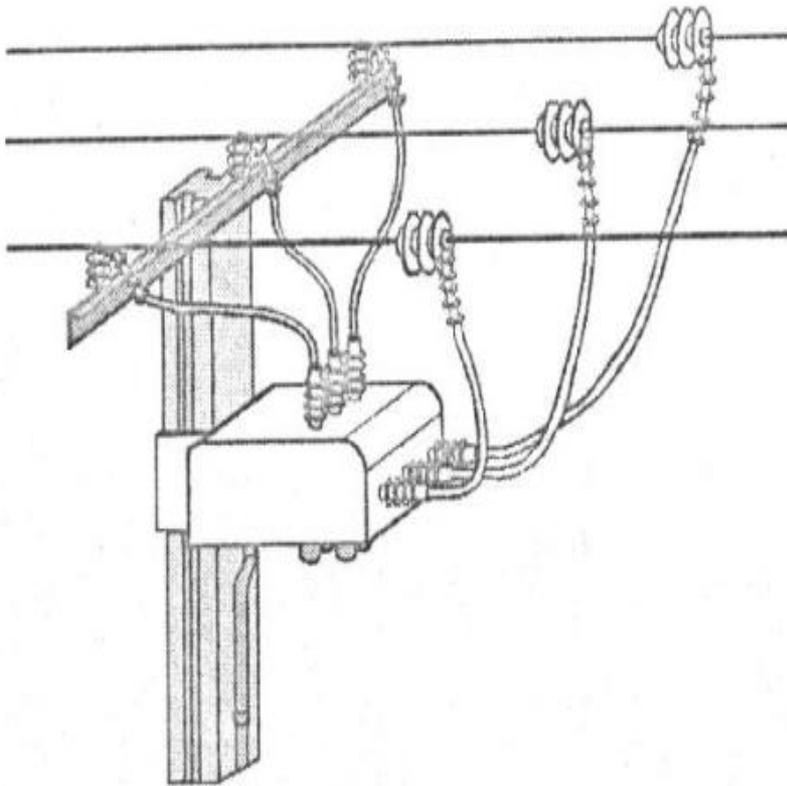
Отличительной особенностью вакуумных выключателей ВВ/TEL является

- использование не механической (как в приводах малообъемных масляных выключателей), а магнитной защелки.
- Это означает, что контакты выключателя находятся в замкнутом состоянии за счет остаточной магнитной индукции электромагнитов, которые устанавливаются в каждой фазе (полюсе) выключателя, причем между полюсами имеется механическая связь в виде общего вала.

Общий вид вакуумного выключателя ВВ/ТЕL



На воздушных линиях 6--10 кВ нашел применение реклоузер вакуумный (столбовой выключатель)



- предназначен для осуществления функций секционирования, сетевого резервирования, АВР (авт. ввод резерва) и плавки гололеда.
- Реклоузер состоит из силового модуля, в котором расположены аппараты главных цепей и шкафа управления, где установлены приборы управления, защиты и автоматики.

- **Достоинства вакуумных выключателей:**
- простота конструкции,
- высокая степень надежности,
- высокая коммутационная износостойкость,
- малые размеры, пожаро- и взрывобезопасность,
- отсутствие загрязнения окружающей среды,
- малые эксплуатационные расходы.

Недостатки вакуумных выключателей:

- сравнительно небольшие номинальные токи и токи отключения,
- возможность коммутационных перенапряжений

Элегазовые выключатели

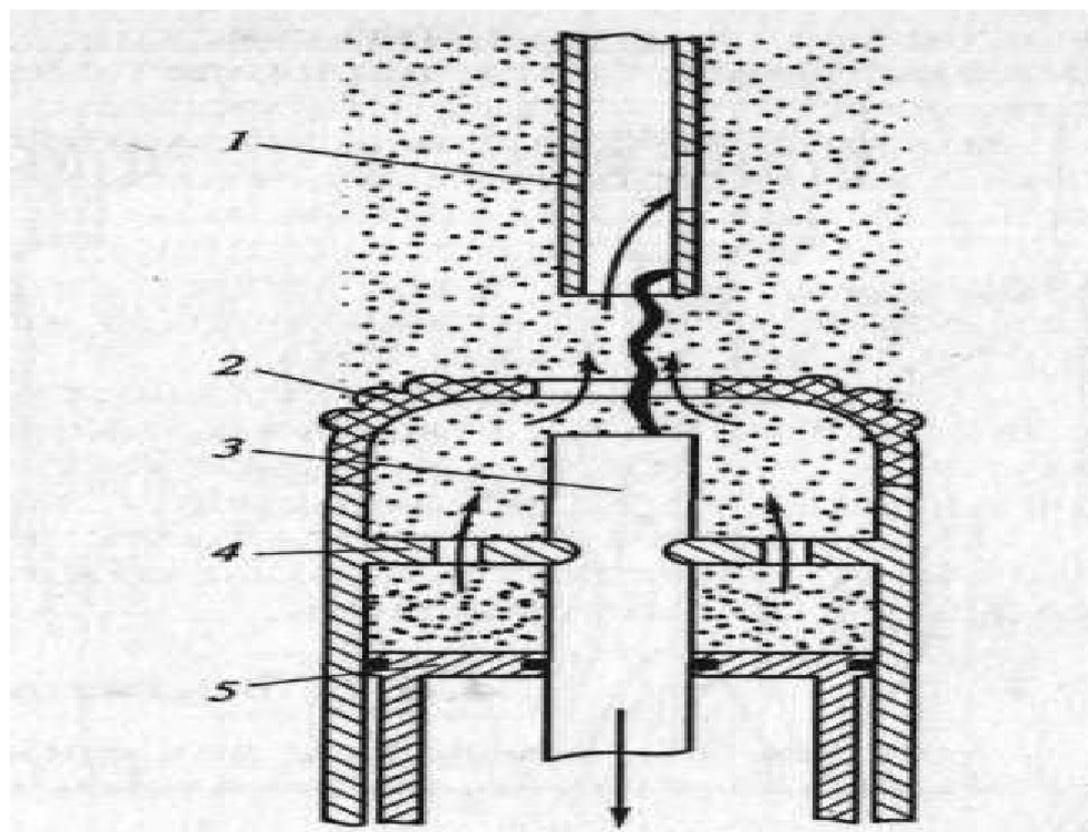


Рис. 4.47. Схема дугогасительного устройства элегазового выключателя с односторонним дутьем:

1 — неподвижный полый контакт; *2* — сопло из фторопласта; *3* — подвижный контакт; *4* — подвижный цилиндр; *5* — поршень

По способу гашения дуги в элегазе различают следующие типы ДУ:

- автокомпрессионное дутье – создается дополнительный перепад давления под поршнем 0,2 МПа, обеспечивающий истечение элегаза в дугогасительном сопле с критической скоростью, охлаждающего столб дуги;
- с электромагнитным дутьем, приводящим к вращению дуги в неподвижном элегазе;
- комбинированный – автокомпрессионный с газовым дутьем из-под поршня и с магнитным дутьем с использованием автогенерации при вращении дуги в замкнутом объеме.

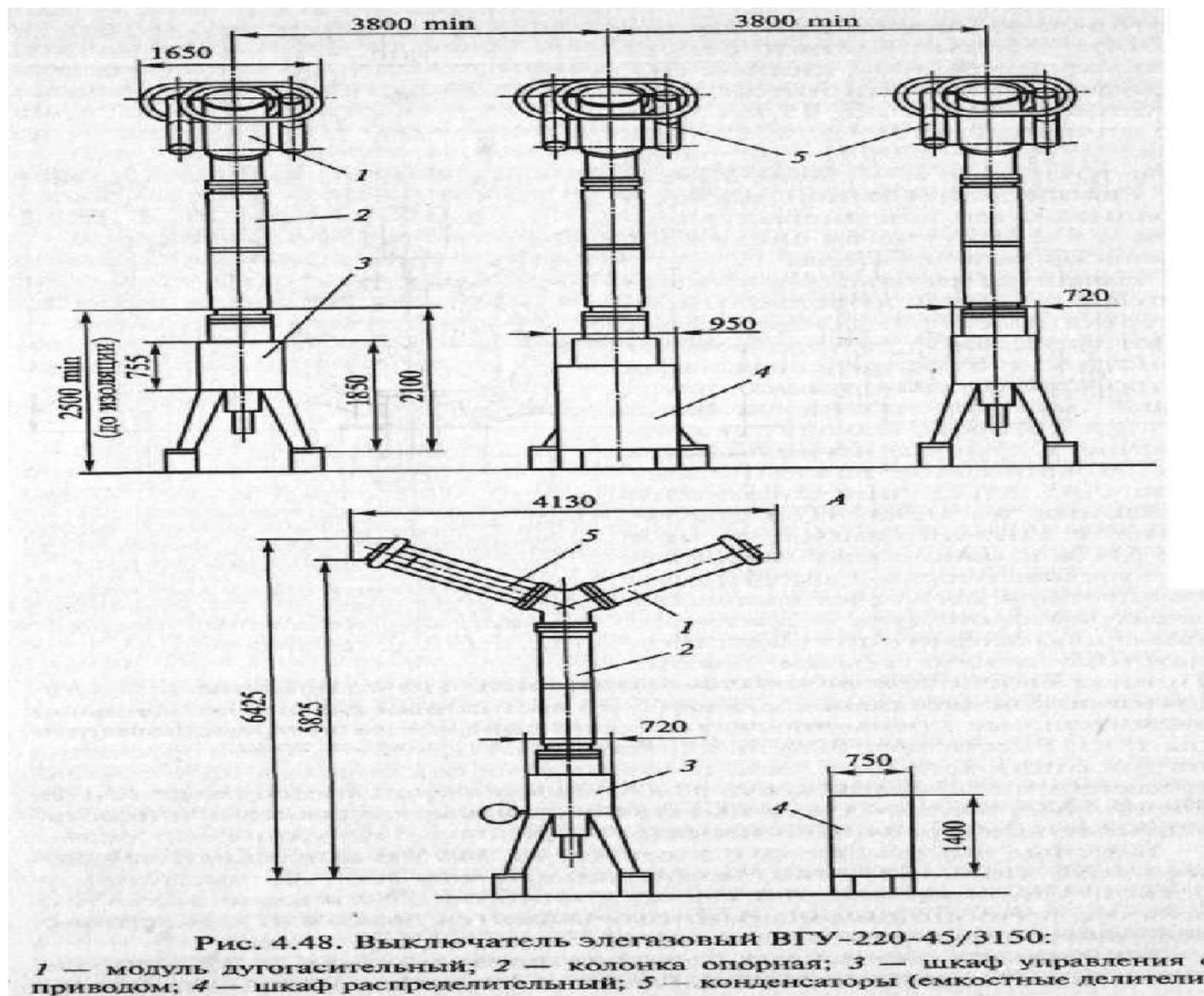


Рис. 4.48. Выключатель элегазовый ВГУ-220-45/3150:

1 — модуль дугогасительный; 2 — колонка опорная; 3 — шкаф управления с приводом; 4 — шкаф распределительный; 5 — конденсаторы (емкостные делители)

- Достоинства элегазовых выключателей:
- пожаро- и взрывобезопасность, быстрота действия,
- высокая отключающая способность,
- малый износ дугогасительных контактов,
- возможность создания серий с унифицированными узлами модулями,
- пригодность для наружной и внутренней установки.

Недостатки:

- необходимость специальных устройств для наполнения,
- перекачки и очистки SF₆,
- относительно высокая стоимость SF₆.

Привода выключателей

- предназначены для операции включения, удержания во включенном положении и отключения выключателя.
- Привод — это специальное устройство, создающее необходимое усилие для производства перечисленных операций.
- В некоторых выключателях привод конструктивно связан в одно целое с его контактной системой (воздушные выключатели).

Основными частями привода являются:

- включающий механизм,
- запирающий механизм (защелка, собачка), который удерживает выключатель во включенном положении,
- и расцепляющий механизм, освобождающий защелку при отключении.

В соответствии с назначением привод имеет

Три основные части:

- включающее устройство,
- удерживающий механизм
- и отключающее устройство.

Включающее устройство имеет разнообразное исполнение, в зависимости от которого приводы делятся на

- электромагнитные,
- пружинные,
- пневматические и др.

Отключающее устройство и удерживающий механизм аналогичны для многих типов приводов.

Приводы выключателей ВН

Служат для:

- включения выключателя, удержания во включенном положении,
- отключения.

В соотв-вии назначению привод имеет части:

- включающее уст-во,
- удерживающий механизм,
- отключающее уст-во.

От исполнения включающего уст-ва приводы делятся на:

- Электромагнитные,
- пружинные,
- пневматические и др.

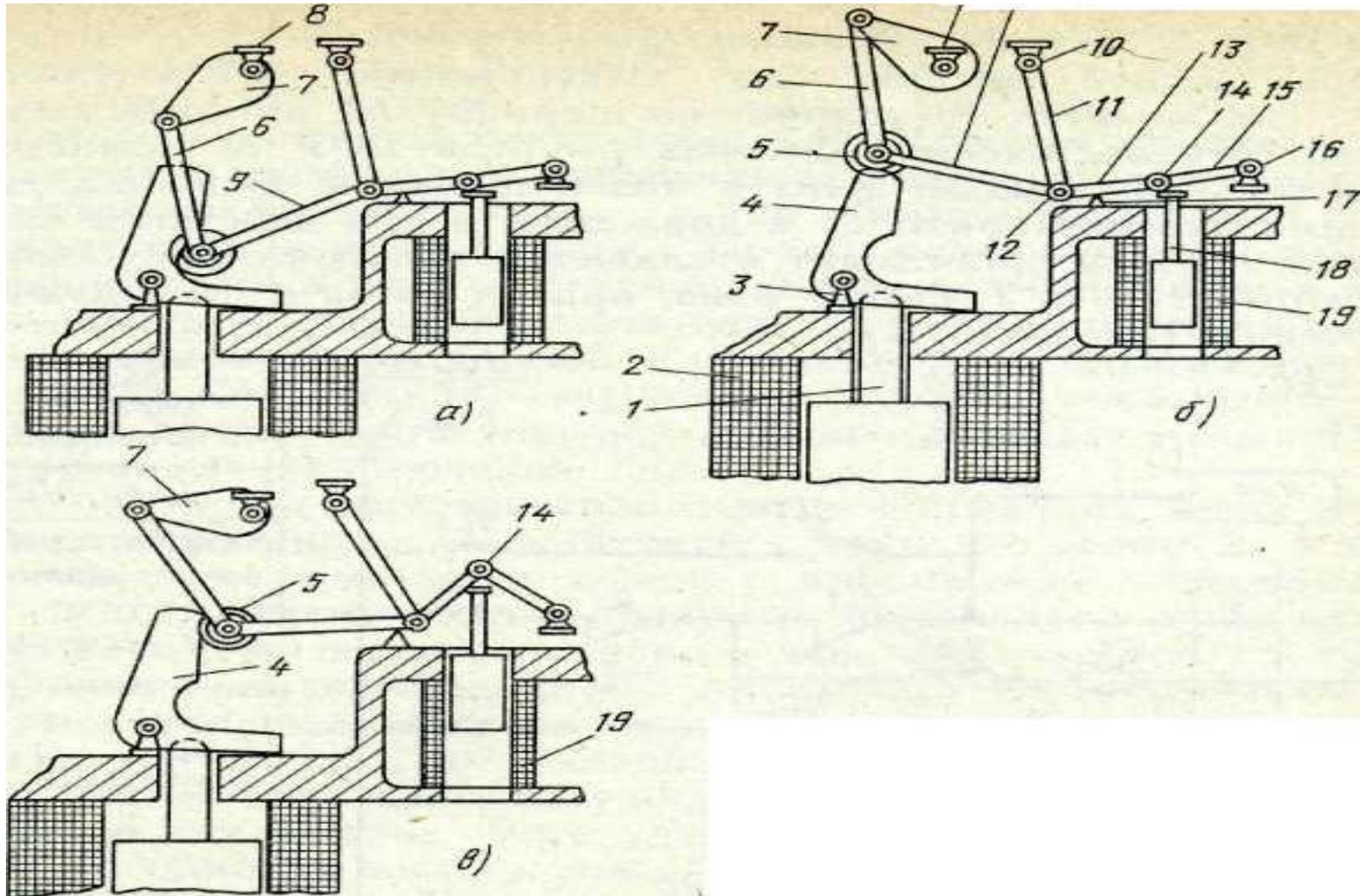
Отключающее уст-во и удерживающий механизм аналогичны для многих типов приводов.

Назначение отключающего уст-ва — освобождение пружин.

В зависимости от источника энергии, затрачиваемой на вкл.и откл.

- **ручные** (применяются для маломощных выключателей, когда мускульной силы оператора достаточно для совершения работы включения. Отключение может быть автоматическим с помощью реле, встроенных в привод. В н.в. эл.уст. сохранились приводы ПРА только для выключателей нагрузки ВНР) ,
- **пружинные** (привод косвенного действия. Энергия, для включения, запасается в мощной пружине, которая заводится от руки или эл.дв.небольшой мощности. После каждого включения необходимо вновь завести пружину. Привод доп. спец.эл.дв.для завода пружины. ППМ-10 примен. для ВМГ-10иВМП-10),
- **грузовые,**
- **электромагнитные** (прямого дейст.: энергия, для вкл., сообщается приводу в процессе самого включения от источника большой мощности),
- **пневматические.**

Электромагнитный привод



. Механизм свободного расцепления: а – положение «отк»,
б - положение «вкл», в – начальная стадия процесса отключения.

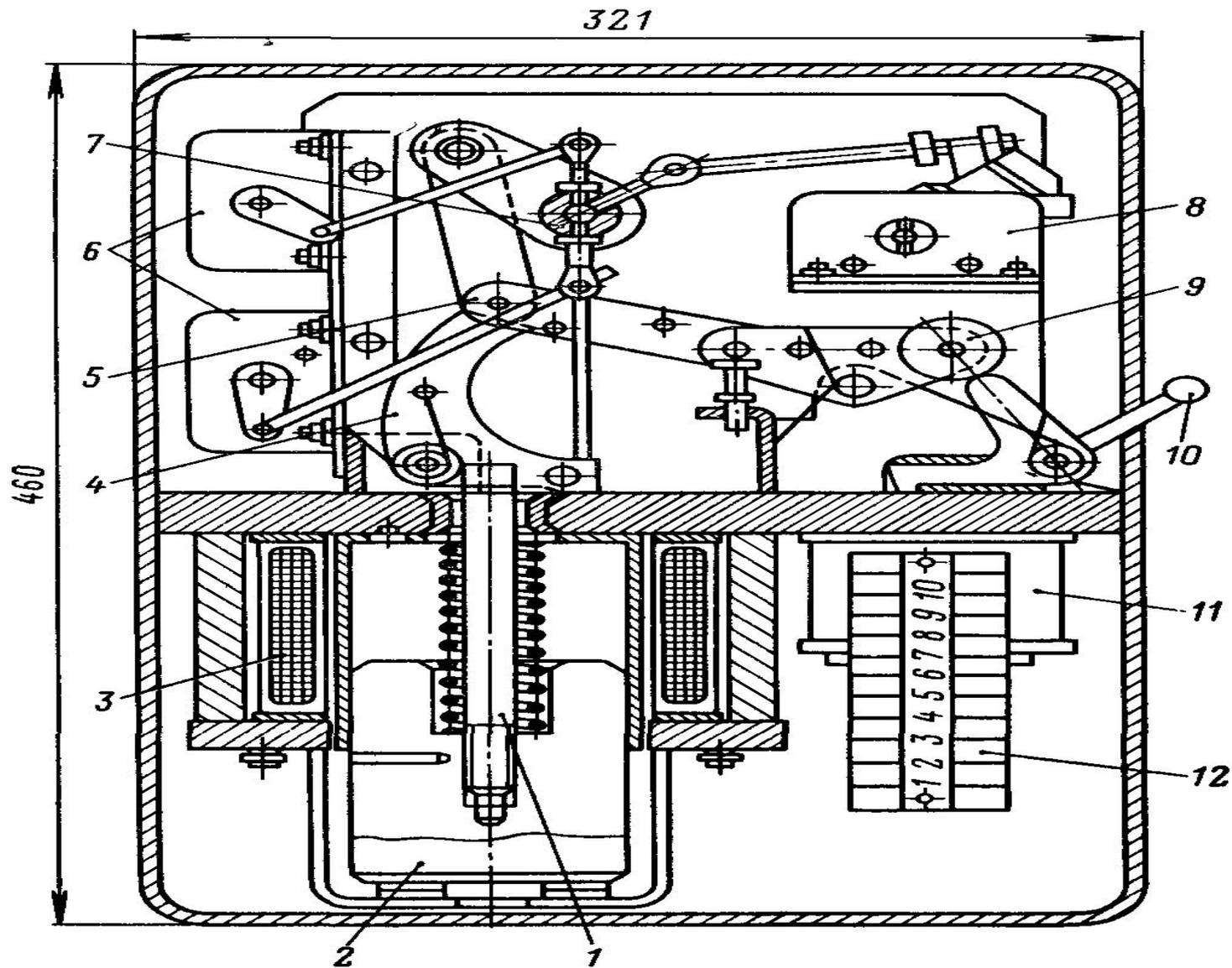
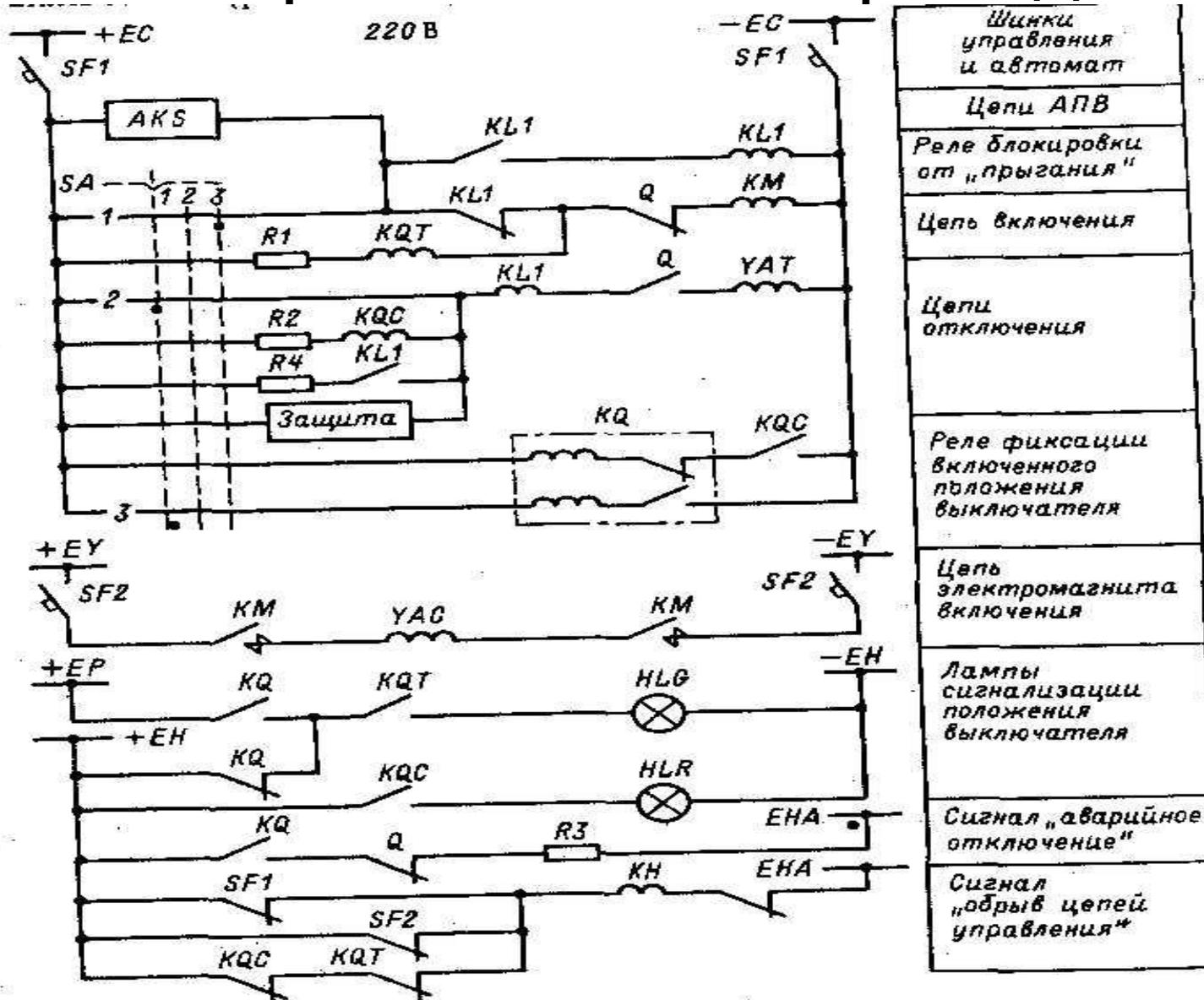


Рис. 4.84. Привод электромагнитный ПЭ-11

- Эл.магнитные приводы относятся к приводам прямого действия: энергия, необходимая для включения, сообщается приводу в процессе самого включения от источника большой мощности. Усилие, необходимое для включения выключателя, создается стальным сердечником **2**, который втягивается в катушку электромагнита **3** при прохождении по ней тока.
- Шток сердечника **1** упирается в ролик **5** рычажного механизма, поднимает его вверх вместе с двумя шарнирно-связанными рычагами. Последние через приводной рычаг передают движение валу выключателя **7**. В конце хода сердечника, когда выключатель включился, защелка **4** заскакивает под ролик и удерживает механизм во включенном положении.
- В конце включения сигнальные вспомогательные контакты **6** разрывают цепь эл. магнита включения и сердечник падает вниз. Эл.магниты получают питание от аккумуляторы через сборку зажимов **12**
- При отключении ток подается в электромагнит отключения **11**, его боек ударяет в рычаг механизма свободного расцепления **9**, благодаря чему «ломаются» рычаги механизма свободного расцепления и ролик **5** соскакивает с защелки. Вал выключателя под действием отключающей пружины поворачивается против часовой стрелки - происходит отк.
- **Ток, потребляемый электромагнитом включения привода ПЭ-11, составляет 58 А, электромагнитом отключения — 1,25 А при напряжении 220 В.**
- **В приводе имеется рычаг ручного отключения.**
- **Привод ПЭ-11 применяется для выключателей ВМП-10, ВМГ-10.**
- **Для более мощных выключателей внутренней установки применяются эл. магнитные приводы ПЭ-2, ПЭ-21, ПС-31, а для наружной установки - ШПЭ-44, ШПЭ-38, ШПЭ-46 и др**

- Электромагниты включения и отключения получают питание от аккумуляторной батареи через сборку зажимов.
- **Достоинствами** электромагнитных приводов являются простота конструкции и надежность работы в условиях сурового климата.
- **Недостатки** — большой потребляемый ток и вследствие этого необходимость мощной аккумуляторной батареи (для включения выключателя МГГ-10-3200 требуется ток 155 А, а выключателя У-220-40 — 500 А при напряжении 220 В), а также значительное время включения (до 1 с).

Схема управления выключателем с электромагнитным приводом



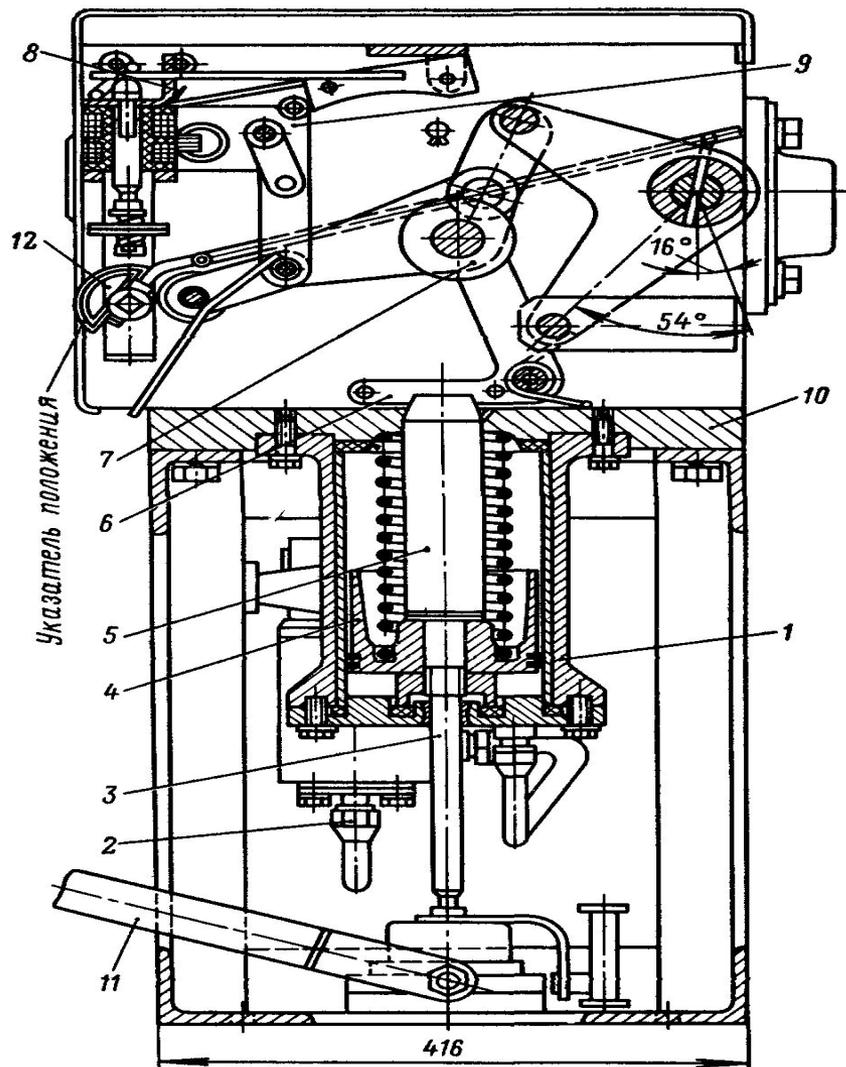


Рис. 4.85. Привод пневматический ПВ-30.

1 — пневматический цилиндр, 2 — фланец воздухопровода; 3 — шток демфера, 4 — поршень, 5 — шток; 6 — удерживающая защелка; 7 — подъемный ролик, 8 — электромагнит отключения; 9 — система рычагов свободного расцепления; 10 — корпус привода; 11 — домкрат для ручного включения, 12 — указатель положения

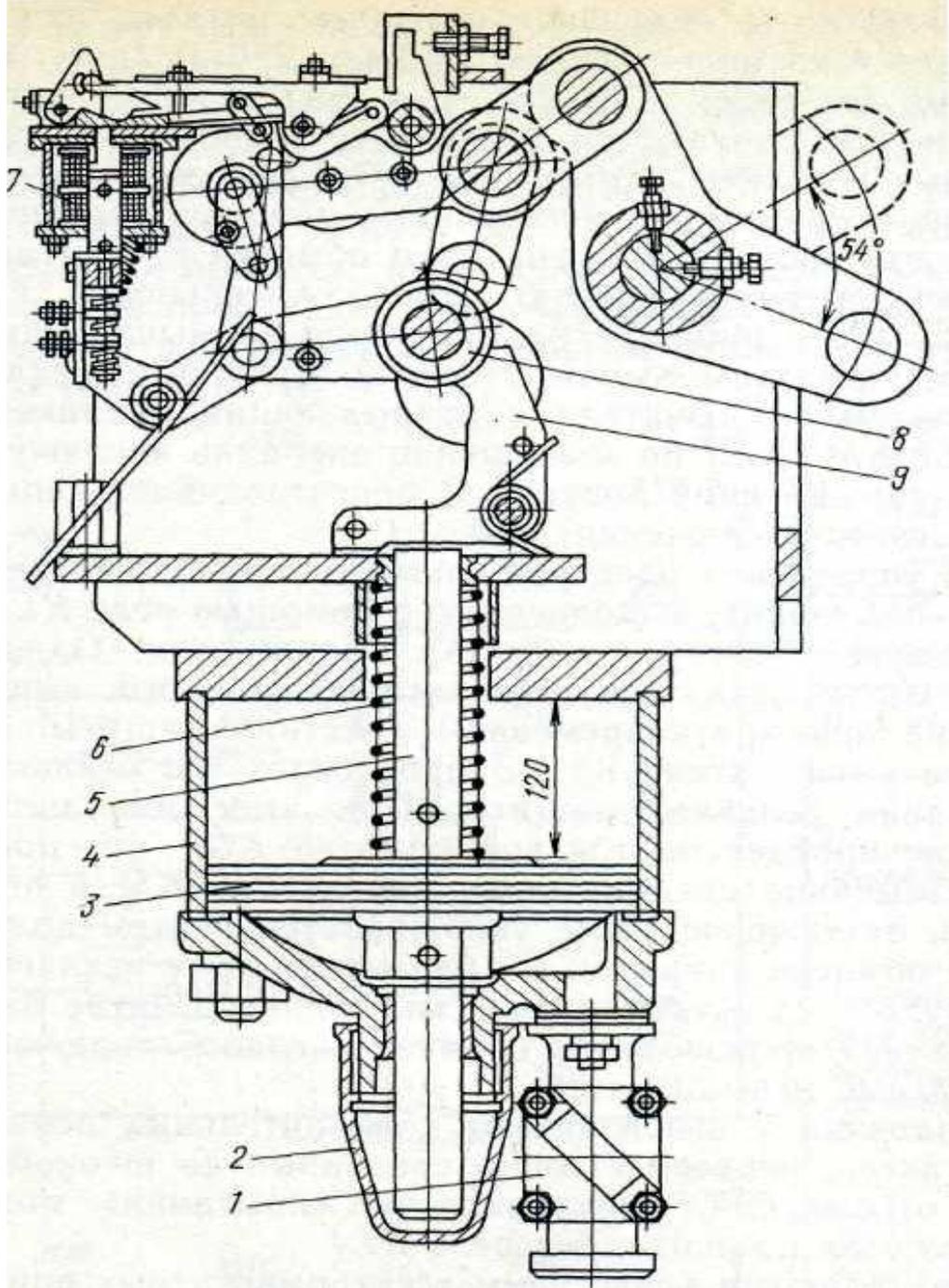
Пневматический привод

Достоинство:

- имеет малые времена включения ($< 0,3$ сек),
- тяговая характеристика круто нарастает и легко регулируется изменением сечения отверстия для подачи сжатого воздуха,
- характеристики привода не изменяются при частых включениях.

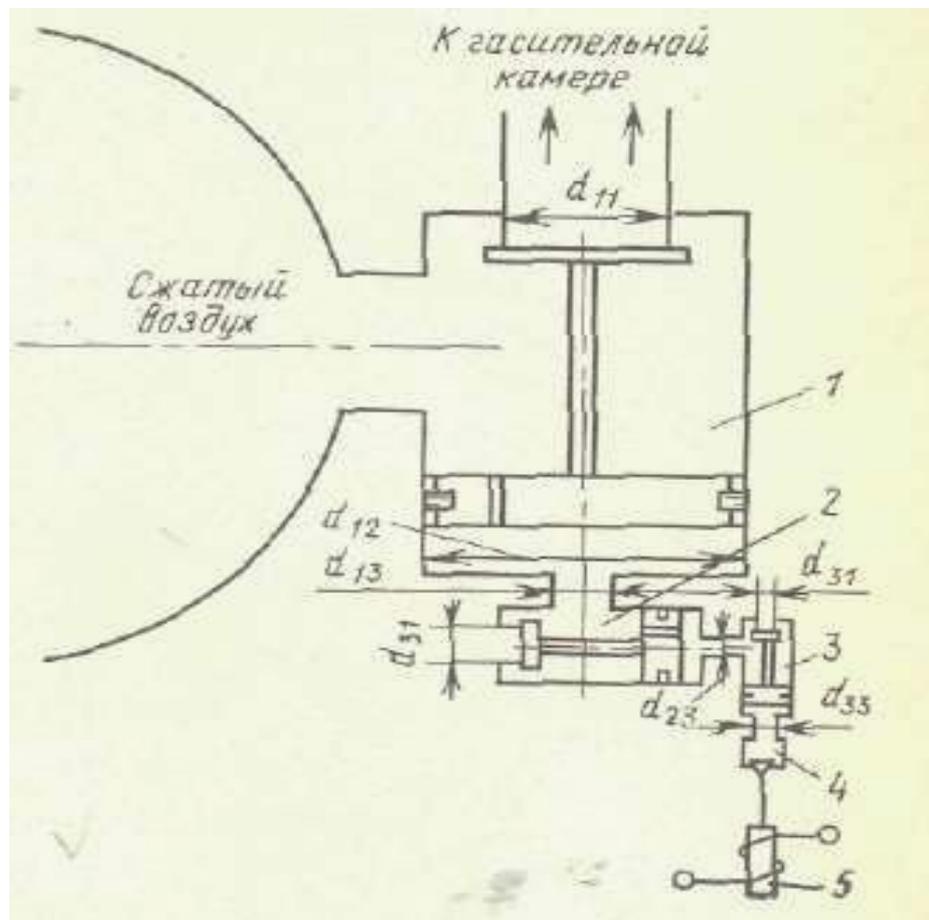
Недостаток: требуется спец.подготовка воздуха.

Пневматический привод

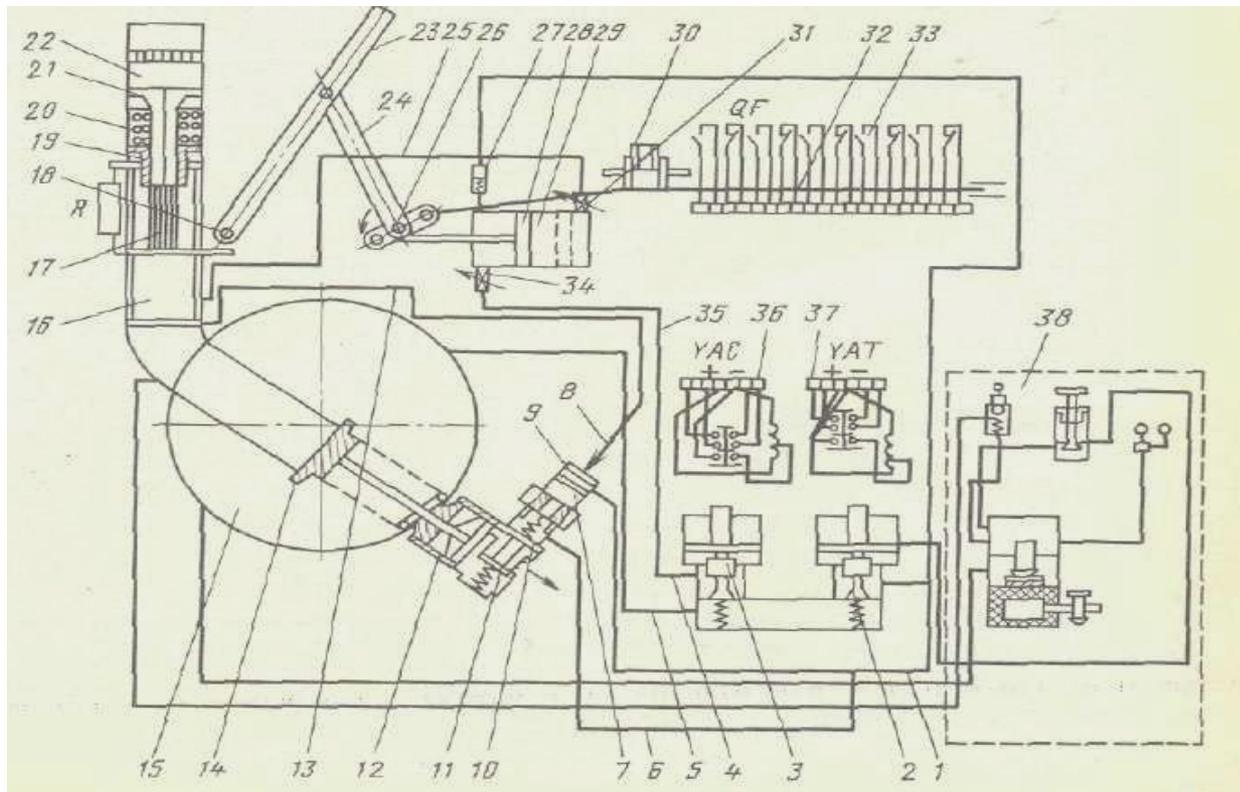


- 1 – клапанное уст-во,
- 2 – сил. часть привода,
- 3 – поршень,
- 4 – цилиндр,
- 5 – шток,
- 6 – пружина,
- 7 – удержив. мех-зм и электромагнит отключения,
- 8 – ролик мех-ма свободного расцепления,
- 9 – защелка.

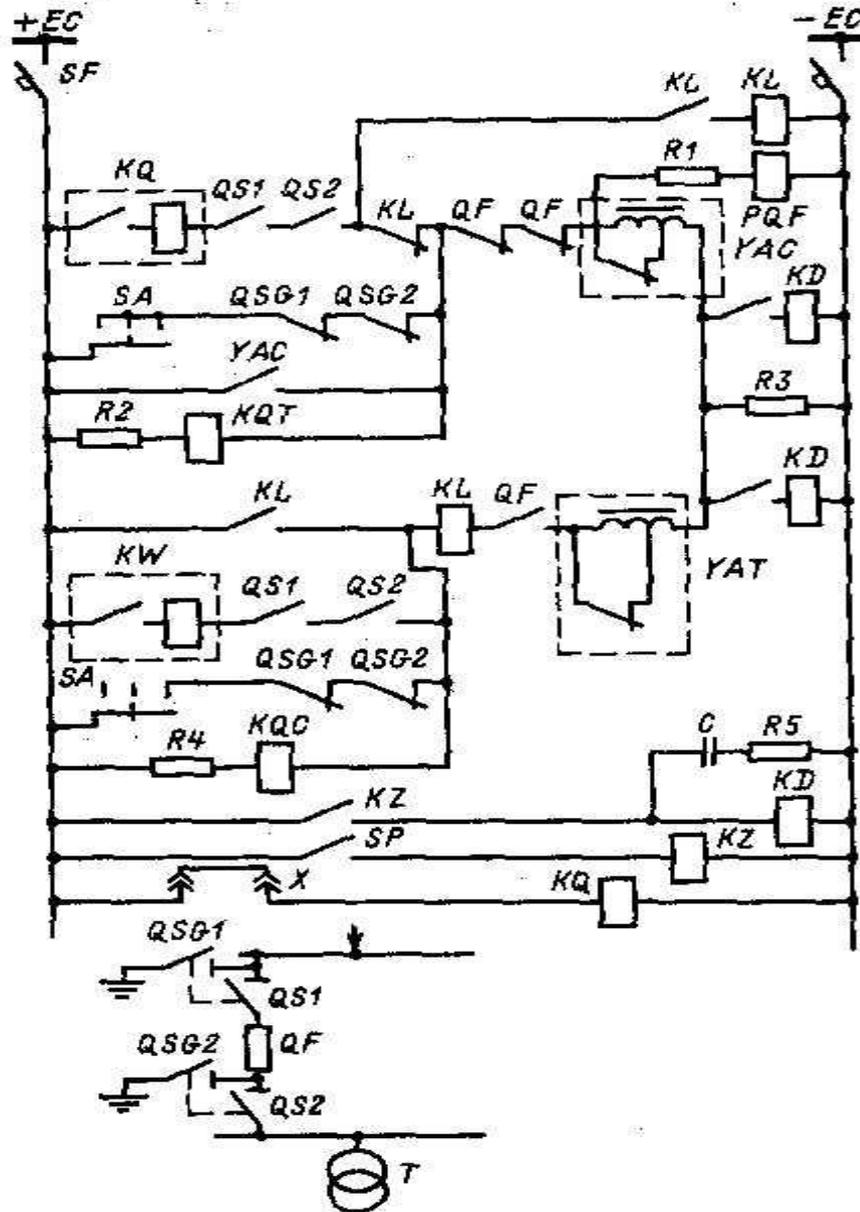
Дифференциальный клапан, система управления пневматического привода воздушных выключателей



Принципиальная пневматическая схема управления выключателем ВВП-35



Электрическая схема управления ВВП-35

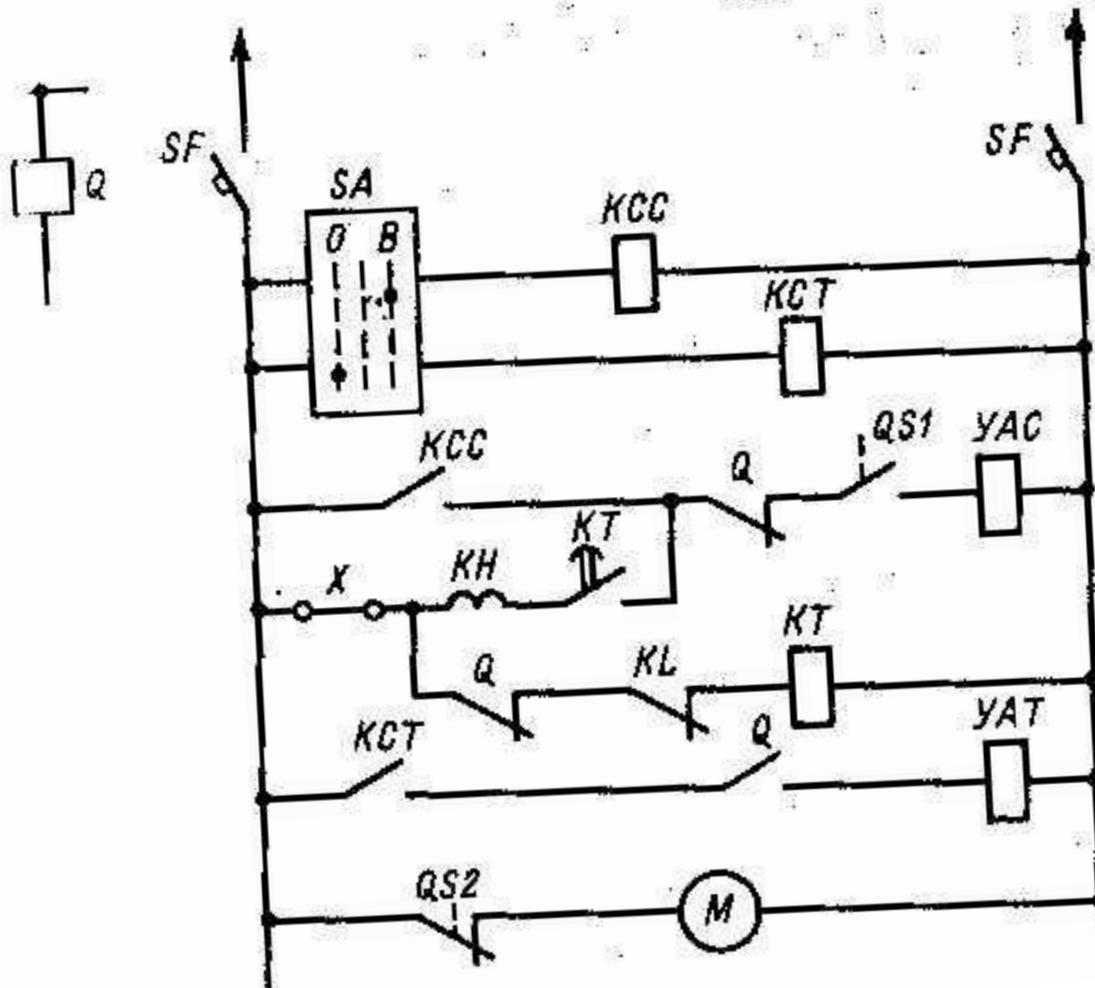


Блокировка от многократных включений
Счетчик числа срабатываний выключателя
Дистанционное включение
Местное опробование
Подхват командного импульса на включение
Реле положения "отключено"
Подхват командного импульса на отключение
Дистанционное отключение
Местное опробование
Реле положения "включено"
Контроль давления воздуха
Блокировка "вилка сталевара"

Пружинный привод

- Энергия , необходимая для включения выключателя, аккумулируется во включающих пружинах, которые заводятся двигателем небольшой мощности (~ 1 кВт) или вручную. Окончание заводки пружины фиксируется замыканием контакта путевого выключателя QS1

Схема управления выключателем с пружинным приводом на переменном оперативном токе



Автомат
Команда на включение
Команда на отключение
Включение выключателя
Цепи АПВ
Отключение выключателя
Двигатель завода пружины

- Недостатком пружинных приводов является уменьшение тягового усилия в конце хода включения вследствие уменьшения деформации пружин. Чтобы устранить этот недостаток, пружинные приводы дополняются маховиком, который поглощает избыточную энергию в начале включения и отдает накопленную энергию в конце включения.
- Приводы подобного типа ППМ-10 применяются для выключателей ВМГ-10 и
- ВМП-10. Завод пружины производится электродвигателем через редуктор. Запорнопусковой механизм привода удерживает пружины в заведенном состоянии. Для автоматического включения необходимо освободить заводящий рычаг, после чего энергия заведенной спиральной пружины поворачивает вал выключателя на включение.
- Дистанционное и автоматическое отключение выключателя производится с
- помощью реле, встроенных в нижней части привода, которые через планку отключения воздействуют на механизм свободного расцепления. Привод допускает механическое АПВ. Импульс для работы такого АПВ дается при отключении благодаря освобождению включающего механизма привода.
- Аналогичное устройство имеет привод ПП, применяемый для выключателей ВМГ. Выключатели ВМПП, ВЭ-10, ВК-10 для КРУ имеют встроенный пружинный привод. Пружинные приводы не требуют для своего управления источника постоянного тока, что является существенным преимуществом перед другими приводами. Недостатком его является малая мощность, поэтому он применяется для маломасляных выключателей 6—10 кВ.

Аппараты высокого напряжения

- **Разъединитель – это контактный коммутационный аппарат, предназначенный для вкл. и отк. обесточенных участков цепи, находящихся под напряжением**
- При ремонтных работах разъединителем создается видимый разрыв между частями, оставшимися под напряжением, и аппаратами, выведенными в ремонт.
- Разъединителями нельзя отключать токи нагрузки, т.к. контактная система их не имеет ДУ, в случае ошибочного отключения токов на-рузки возникает устойчивая дуга, которая может привести к междуфазному КЗ и несчастным случаям с обслуживающим персоналом.
- Перед операцией разъединителем цепь должна быть разомкнута выключателем.

Для упрощения схем ЭУ допускается использовать разъединители для операций:

- отключения и включения нейтралей трансформаторов и заземляющих дугогасящих реакторов при отсутствии в сети замыкания на землю;
- отключения и включения зарядного тока шин и оборудования всех напряжений (кроме БК);
- отключения и включения нагрузочного тока до 15 А 3-х полюсными разъединителями наружной установки при напряжении 10 кВ и ниже;
- разрешается операции отключения и включения, если он надежно шунтирован низкоомной параллельной цепью (шиносоединительным или обходным выключателем);
- разрешается отключать и включать незначительный намагничивающий ток силовых трансформаторов и зарядный ток ВЛ и кабельных линий

Разъединитель

- **Основное назначение** – создавать **видимый разрыв в электрической цепи** и **изолировать** части системы ЭУ, **отделять аппараты от смежных частей**, находящихся под напряжением, для безопасного ремонта.
- **Допол. назначение** – используют для **отключения и включения ненагруженных силовых трансформаторов** небольшой мощности и **линий** ограниченной длины при строго установленных условиях, для **переключения** присоединений РУ с одной системы сб. шин на другую без перерыва тока, для **заземления отключенных** и изолированных участков системы с помощью вспомогательных ножей, предусмотриваемых для этой цели.
- Имеют простую конструкцию. Снабжают приводами – ручными или электродвигательными.

Требования к разъединителям

- **Создавать ясно видимый разрыв цепи**, соответствующий классу напряжения установки, электрическая прочность которого соответствует максимальному импульсному напряжению.
- Приводы разъединителей должны иметь уст-во фиксации в одном из 2-х оперативных положений – включенном и откл-м. **Должны быть снабжены надежными упорами, ограничивающими поворот главных ножей** на угол больше заданного.
- **Опорные изоляторы и изолирующие тяги должны выдерживать нормативные мех.нагрузки** при операциях.
- **Главные ножи - иметь блокировку с заземляющими ножами и не допускать одновременного** включения тех и других.
- **Беспрепятственно включаться и отключаться при любых наихудших условиях ОС** (обледенение, снег, ветер).
- Соответствующий **уровень термической и динамической стойкости, исключающий отброс и сваривание контактов**, разрушение элементов конструкции при сквозных КЗ.
- **Блокировка с выключателем**, чтобы исключить операции коммутирования эл.цепей под нагрузкой.
- **Надлежащую изоляцию**, обеспечивающую не только их надежную работу при длительном воздействии раб.напряжения и перенапряжения, но и безопасное обслуживание.

Параметры разъединителей

- номинальное напряжение,
- номинальный ток и токи устойчивости, т.е. токи, определяющие терм. и эл.динам.устойчивость разъединителя при прохождении по его токоведущим частям токов КЗ.

Устойчивость разъединителя определяется величинами, нормируемыми для каждой серии и типа

- ❖ амплитудой предельного сквозного тока,
- ❖ предельным током термической стойкости
- ❖ временем протекания предельного тока терм.стойкости

Обозначение

- Наиболее распространены разъединители РВ, РВО, РВЗ, РЛН, РНДЗ, РВПЗ.
- Р- разъединитель,
- В- внутренняя установка
- Н – наружная установка
- О - однополюсный
- Д - двухколонковый
- Ф- фигурное исполнение (проходные изоляторы)
- З- заземляющие ножи
- Л –линейный контур тока
- П – поступательное движение главных ножей
- Цифры после букв указывают ном.напряжение (числитель дроби) и ток(знаменатель дроби)

Разъединители различают

- По конструкции – одно- и трех полюсные,
- По характеру подвижного контакта:
 - **рубящего типа** (перемещение ножей в плоскости осей изоляторов – обычно для **QS внутренней установки**) ,
 - **поворотного типа** (вращение ножей в плоскости, перпендикулярной осям изоляторов – применяются для **наружной установки**,
 - **подвесного типа** (подвижное контактное устройство подвешено на гирлянде изоляторов – **для открытых РУ**),
 - **штепсельного типа** (с контактами, движущимися вдоль осей изоляторов – **применяются в КРУ**)

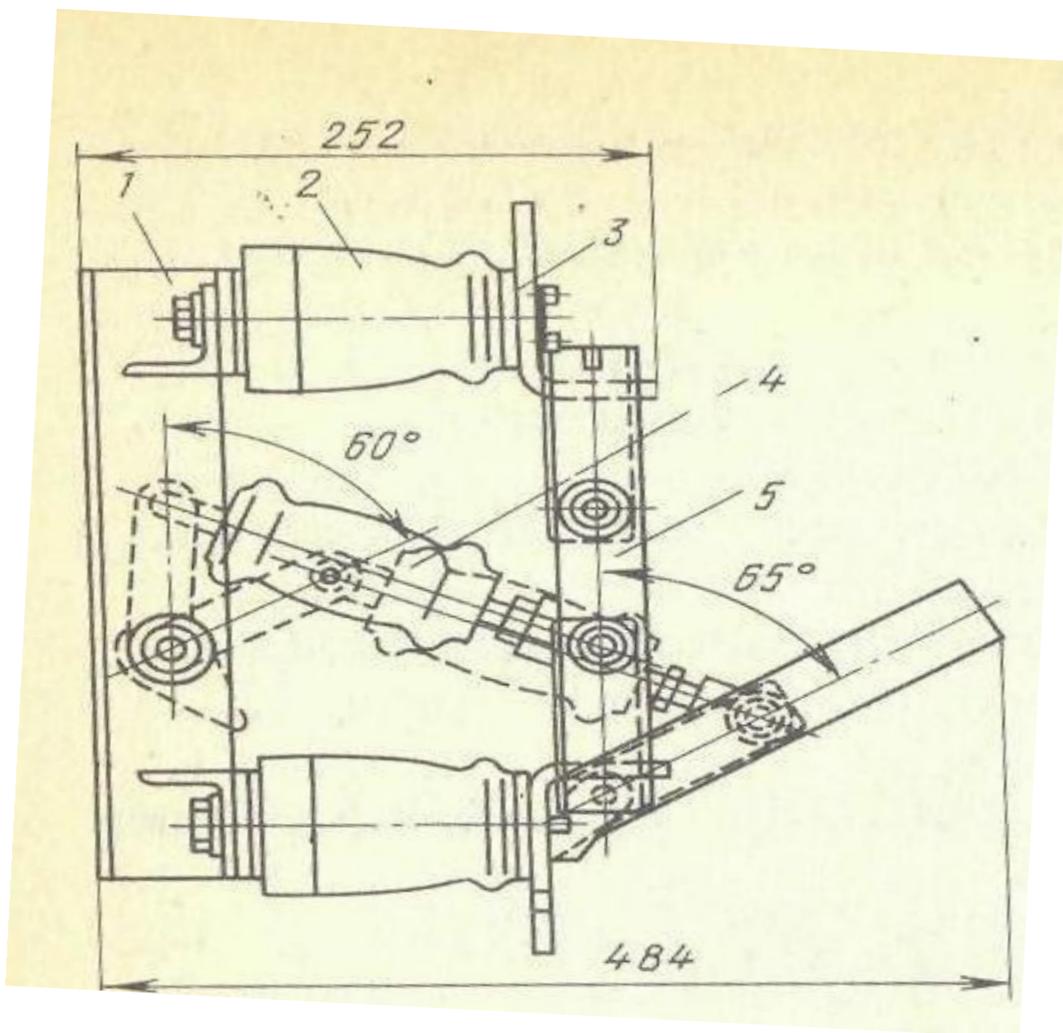
Классификация разъединителей (см.обр.)

- По характеру движения подвижного контакта (ножа)
 - вертикально-поворот.типа с вращением ножа в вертикальной плоскости
 - горизонтально-поворотного типа с вращением ножа в горизонтальной плоскости
 - качающегося типа с вращением ножа совместно с поддерживающим его изолятором в вертикальной в плоскости
 - катящегося типа с прямолинейным возвратно-поступательным движением опорного изолятора совместно с закрепленным на нем подвижным контактом
 - с прямолинейным движением ножа в вертикальной плоскости вдоль или поперек осей опорных изоляторов
 - со складывающимся ножом в вертикальной плоскости (телескопического типа)
 - подвесного типа с перемещением подвижного контакта вместе с поддерживающими изоляторами по вертикальной оси

Разъединители по характеру движения подвижного контакта различают:

- рубящего типа – перемещение ножей в плоскости осей изоляторов (обычно для разъединителей внутренней установки);
- поворотного типа – вращение ножей в плоскости, перпендикулярной осям изоляторов (чаще применяются в наружных установках);
- подвесного типа – подвижное контактное устройство подвешено на гирлянде изоляторов (для открытых РУ);
- штепсельного типа – с контактами, движущимися вдоль осей изоляторов (применяются в КРУ).

Разъединитель трехполюсный (QS)

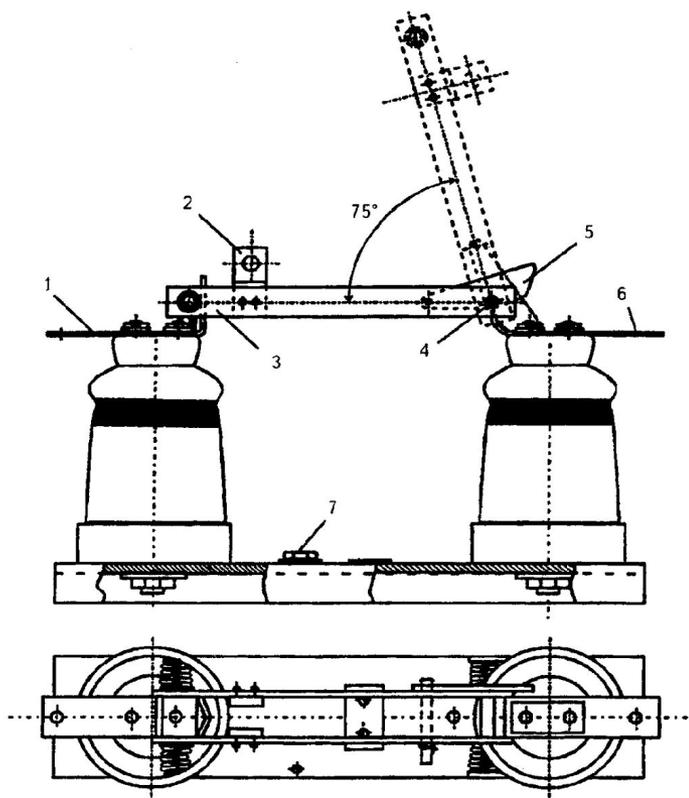


- 1 – рама,
- 2 – опорные изоляторы,
- 3-контактная стойка,
- 4-тяговый изолятор,
- 5-главные ножи.

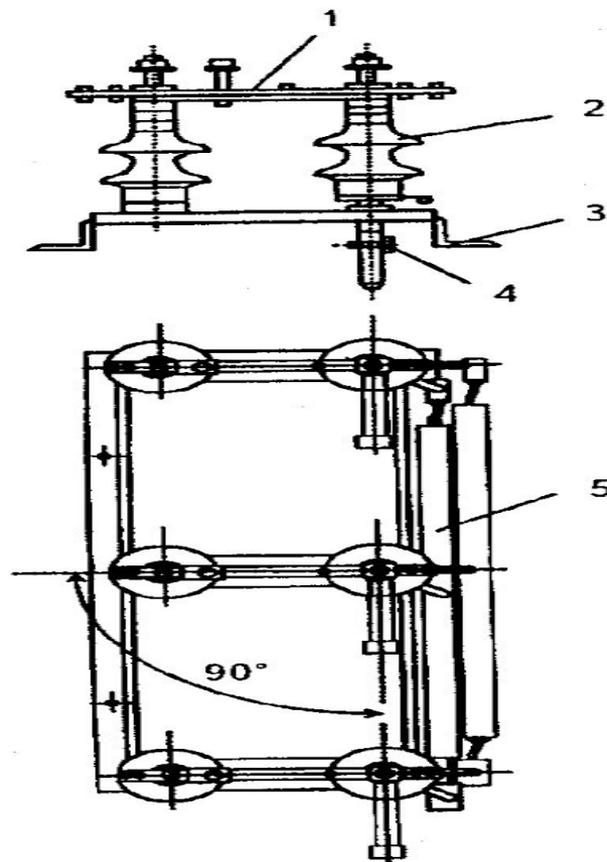
В эл.схемах **QS** устанавливаются с обеих сторон **QF**,

но во многих схемах для питания **ЭТУ QS** ставится перед **QF** со стороны подачи эл.энергии, т.к. **ЭТУ** являются тупиковыми потребителями.

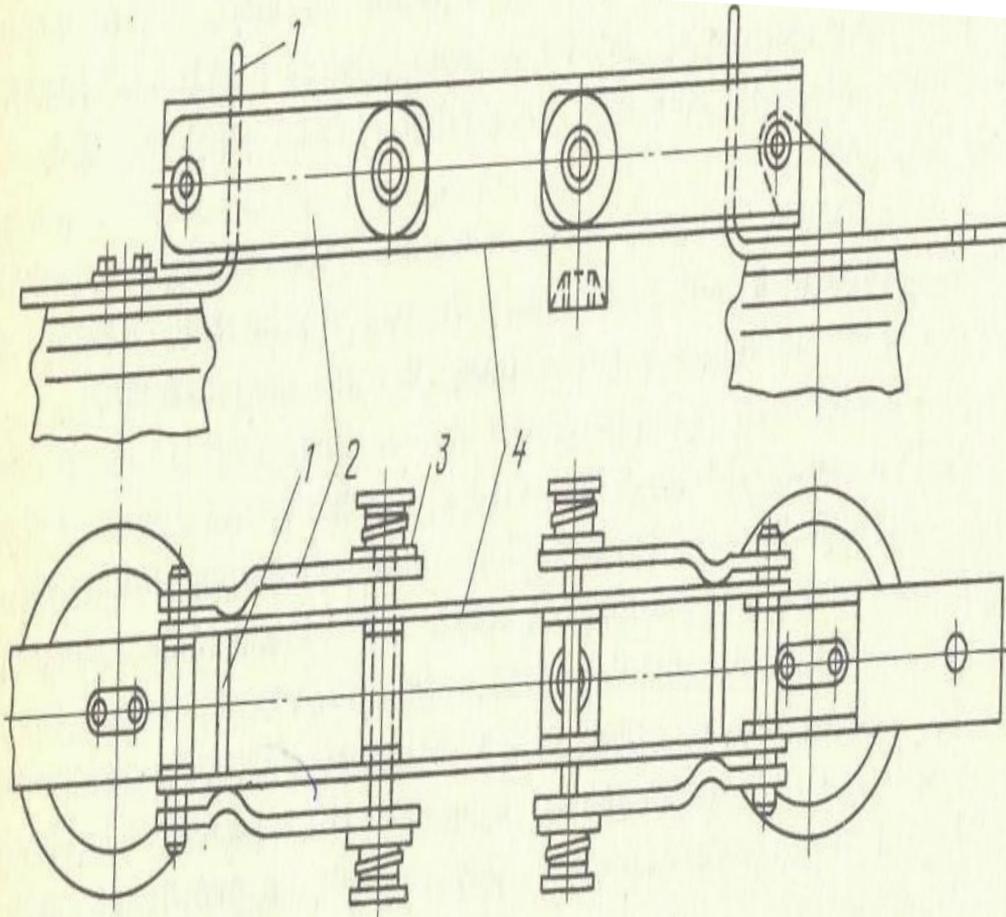
- Однополюсные (РВО) для внутренней установки



- РЛН, РЛНД для наружной установки



Контактная система трехполюсного разъединителя



- 1-контакт,
- 2-стальные пластины,
- 3-пружины,
- 4-ножи.
- **При протекании тока пластины ножей притягиваются**, тем самым увеличивается давление в контакте.
- **Устройство** получило название **магнитного замка**.

- При прохождении токов КЗ создаются эл. динам. усилия в местах перехода тока с пластин ножа **1** в неподвижный контакт **3**, стремящиеся оттолкнуть ножи от контакта.
- С другой стороны, пластины ножа притягиваются друг к другу благодаря взаимодействию токов одного направления. При больших токах КЗ силы отталкивания могут оказаться больше, чем силы притяжения пластин ножа, это приведет к отбросу пластин ножа от контакта, возникновению дуги, т. е. к аварии. Чтобы избежать этого, в разъединителях предусматривается устройство магнитного замка. Он состоит из двух стальных пластин **2**, расположенных снаружи ножа, которые, намагничиваясь токами КЗ, притягиваются друг к другу и создают дополнительное давление в контакте.
- Для уменьшения отключающего и включающего усилия применяется механизм для снятия контактного давления.

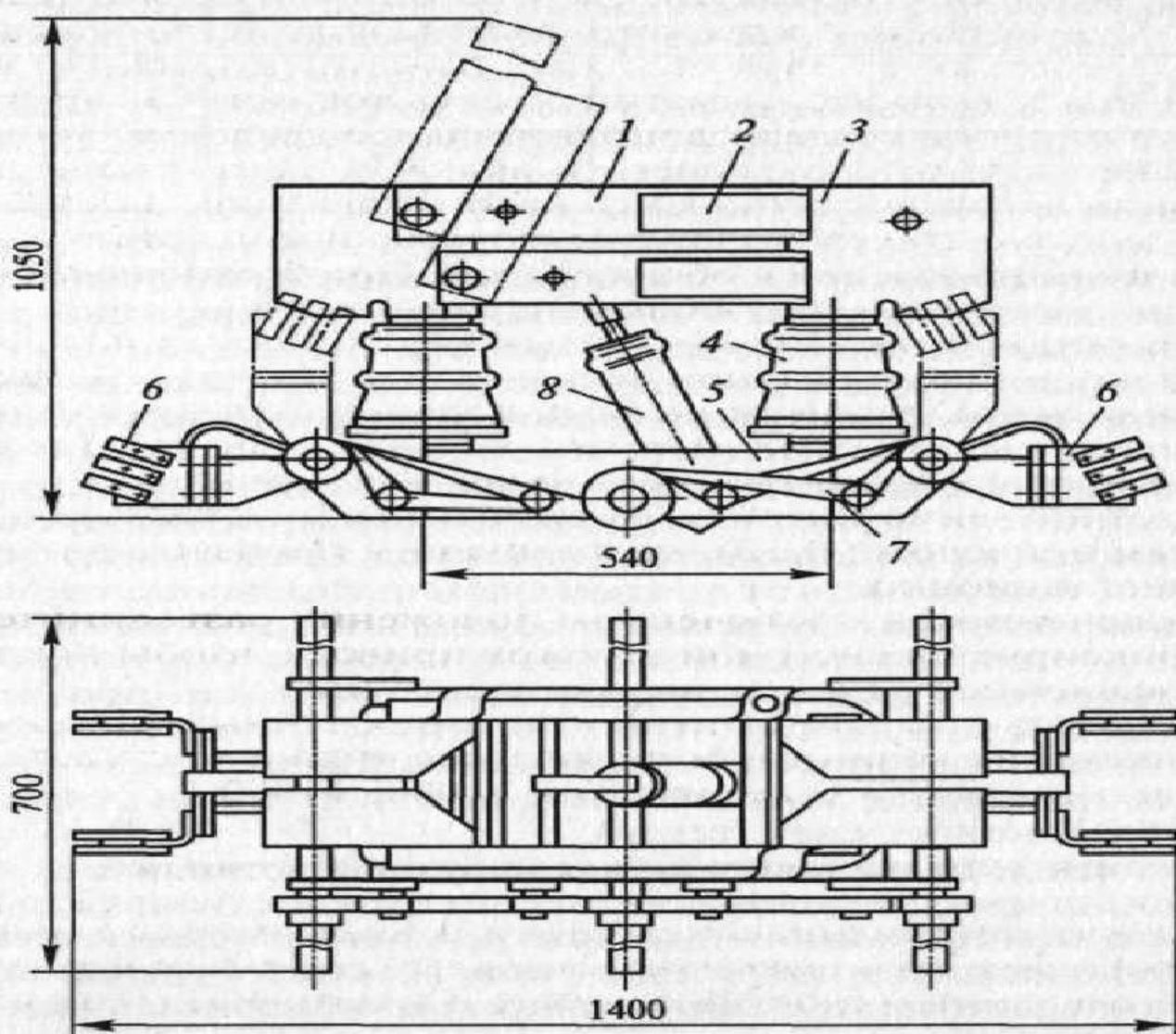


Рис. 4.26. Разъединитель рубящего типа для внутренней установки с двумя заземляющими ножами РВРЗ-2-20/8000 (один полюс):

1 — подвижные главные контакты; 2 — стальные пластины; 3 — неподвижный контакт; 4 — опорный изолятор; 5 — рама; 6 — заземляющие ножи; 7 — механическая блокировка между главными и заземляющими ножами; 8 — фарфоровая тяга

- **Трехполюсные разъединители** могут выполняться на общей раме или на отдельных рамах для каждого полюса.
- Отдельные полюсы объединяются общим валом, связанным с приводом разъединителя.

- На токи **до 1000 А** нож **QS** изготавливается из двух медных полос, на большие токи применяются ножи из 3 – 4 полос.

- Наилучшее использование материала при больших токах достигается, если неподвижные контакты будут коробчатого сечения, а ножи разъединителя — корытообразной формы.

- В **QS** рубящего типа (см.рис предыдший) нож вращается вокруг одного из неподвижных контактов, движение ножу передается от вала через фарфоровые тяги **8**.

- Необходимое давление в контактах создается пружинами.

Разъединители для наружной установки

- Разъединители, устанавливаемые в открытых распределительных устройствах (ОРУ), должны обладать соответствующей изоляцией и надежно выполнять свои функции в неблагоприятных условиях окружающей среды.

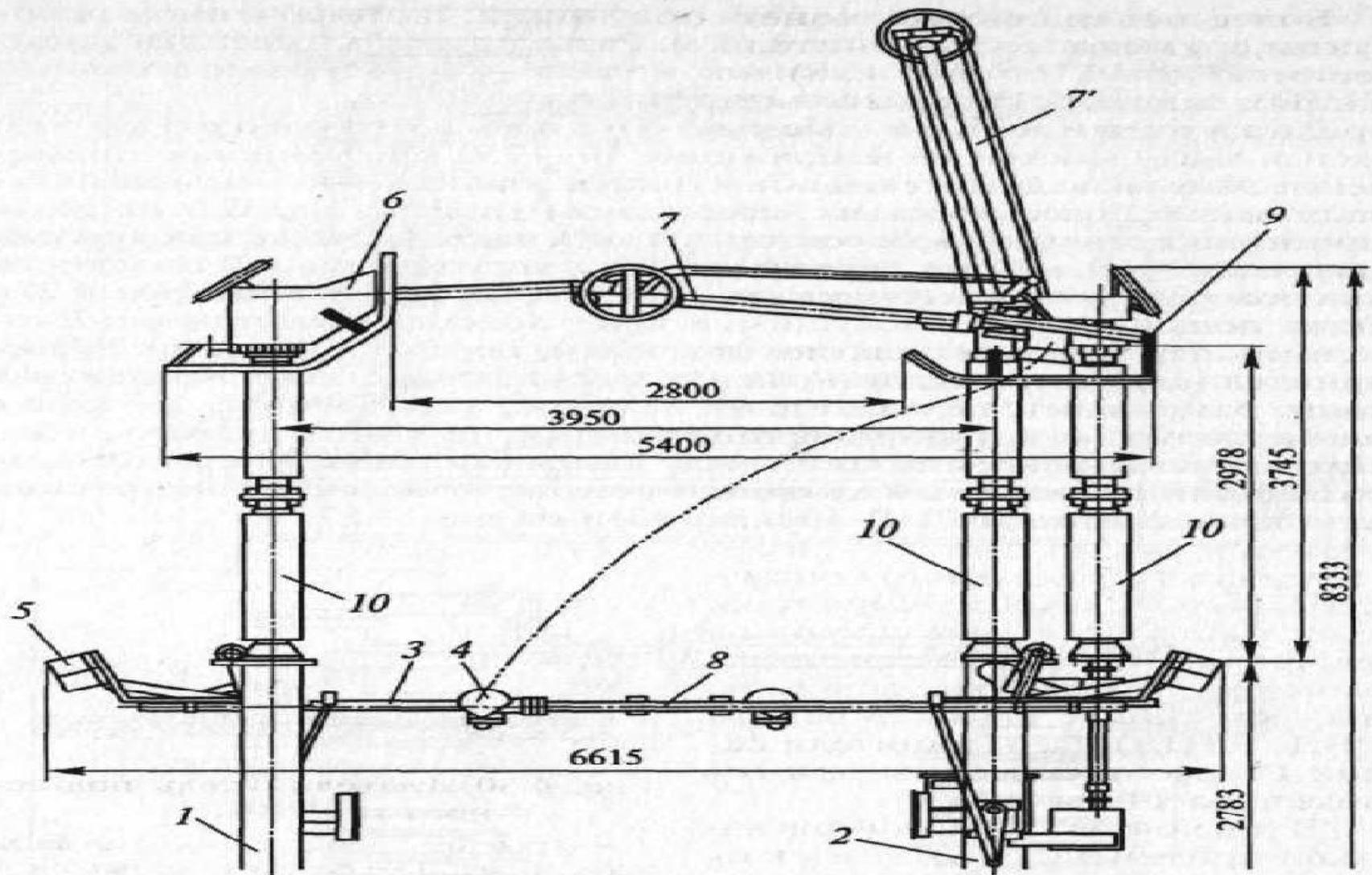


Рис. 4.29. Разъединитель полупантографный РПГ.2-330/3150УХЛ1:

1, 2 — стойки; 3 — труба; 4 — кожух; 5 — противовес; 6 — неподвижный контакт; 7 — контактный нож во включенном положении; 7' — контактный нож в отключенном положении; 8 — заземлитель; 9 — контактный вывод; 10 — изолирующие колонки

- В установках 330 кВ и выше используют **QS** полупантографные с горизонтальным разъемом серии РПГ.
-
- Контактный нож **7** состоит из двух полуножей, складывающихся в верт. плоскости в процессе отключения.
- **QS** серии РПГ снабжаются двигательными приводами ПДГ-25-8 (с одним заземлителем) и ПДГ-26-8 (с двумя заземлителями).

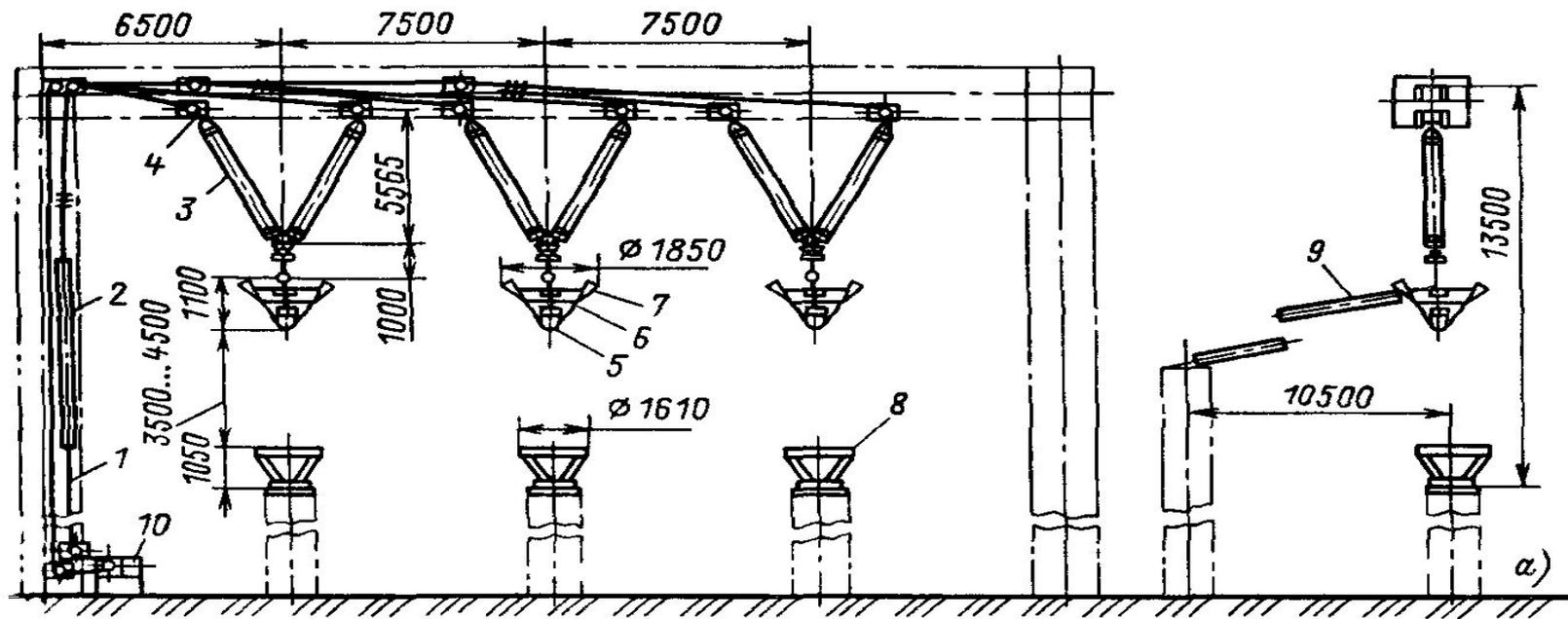


Рис 4.46. Разъединитель подвесного типа РПД-500:

а — отключенное положение, **б** — включенное положение разъединителя, смонтированного на трансформаторах тока 500 кВ

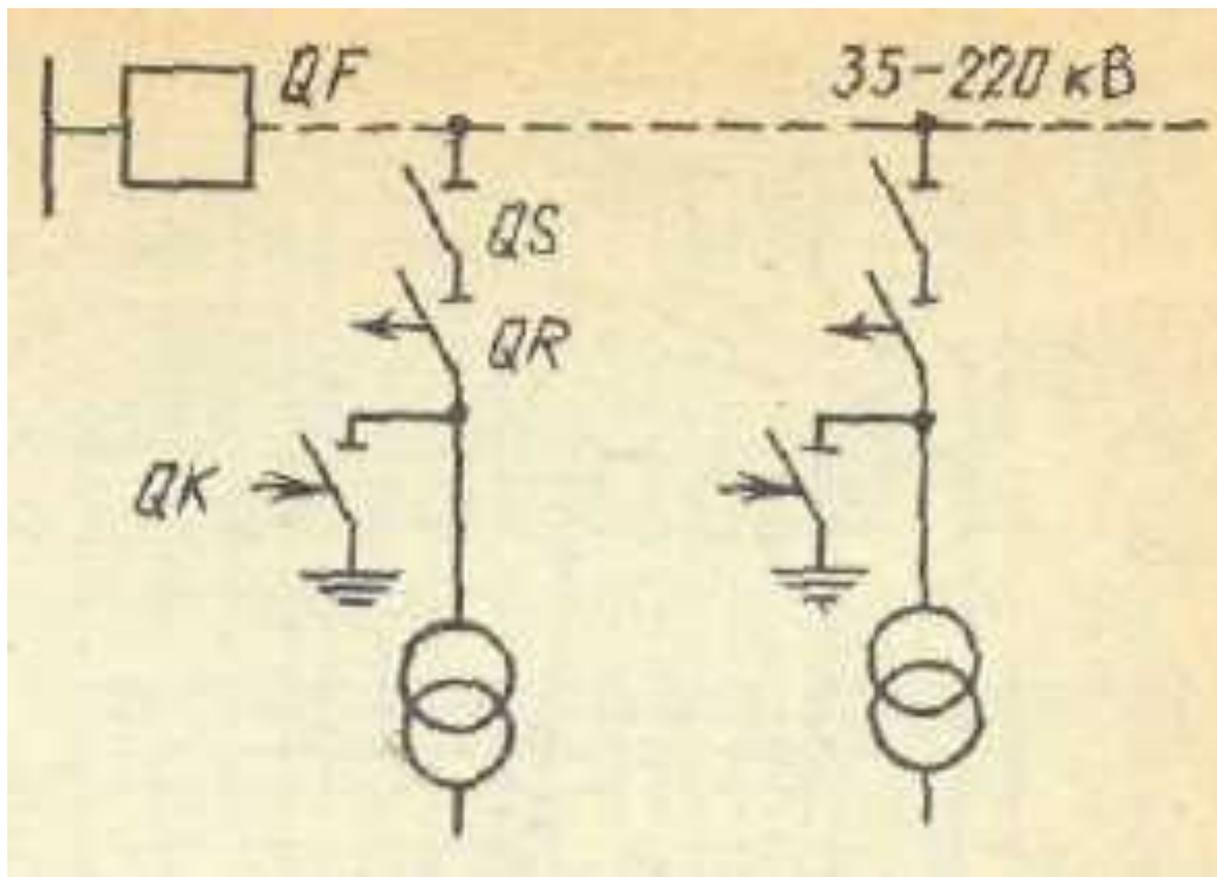
- Подвесной разъединитель имеет подвижную контактную систему, состоящую из груза **5**, пружинящими лапами **6** и конт.наконечниками **7**, к которым приварены токопроводы **9**. Эта система подвешена на гирлянде изоляторов **3** к portalу. Неподвижный контакт **8** может устанавливаться а шинной изол. опоре, и также на ТТ и ТН. Троссовая СУ — из эл.дв. привода **10**, троса **1**, противовеса **2**, блоков **4**.

В отк.пол. подвижный контакт поднят. При включении подвижный контакт опускаются вниз и **7** соприкасается с **8** — цепь замыкается

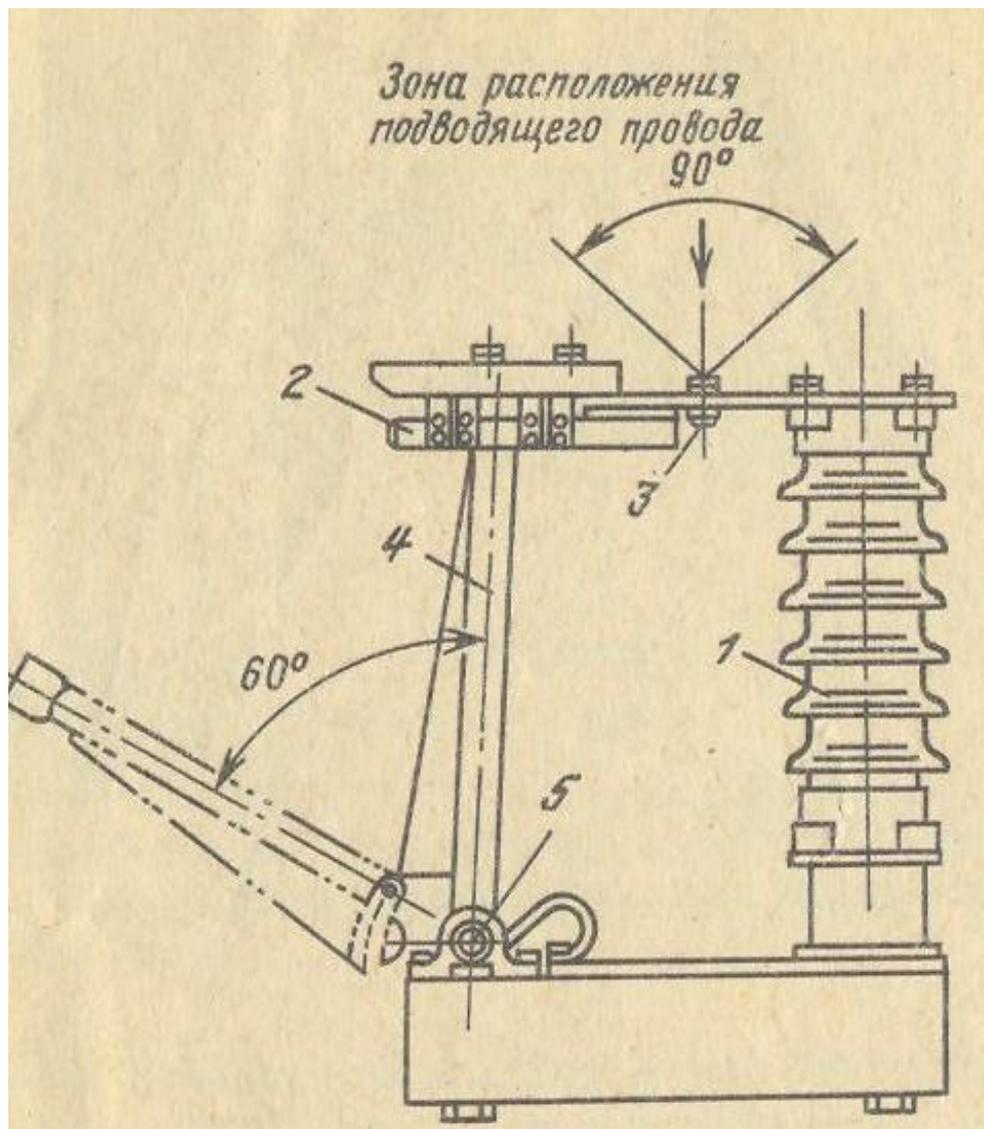
Короткозамыкатели и отделители (*QK* и *QR*)

- Короткозамыкатели и отделители представляют собой одно-, двух- или трехполюсные аппараты, выполненные на базе разъединителей, снабжаются приводом для автоматического управления.
- ***QR*** по команде соответствующего автоматического устройства способен совершать операции **отсоединения участков цепи, предварительно отключенных выключателями**, (в бестоковую паузу).
- ***QK*** предназначен **для соединения цепей трехфазной системы с землей** по ручной команде или от релейной защиты.

Схема, поясняющая назначение отделителей и короткозамыкателей



Короткозамыкатель 35 кВ открытого типа



- 1- опорный изолятор
- 2 - неподвижный контакт
- 3 - зажим
- 4 - заземляющий нож
- 5 - вал.

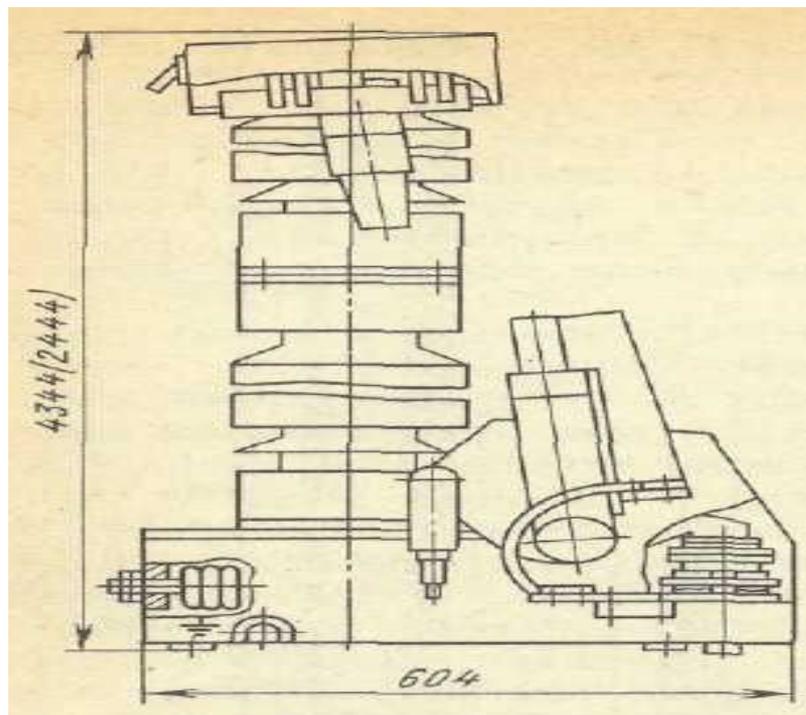
QK снабжен пружинным приводом, действующим на включение.

Контактная система и привод **QK** рассчитаны на включение на КЗ.

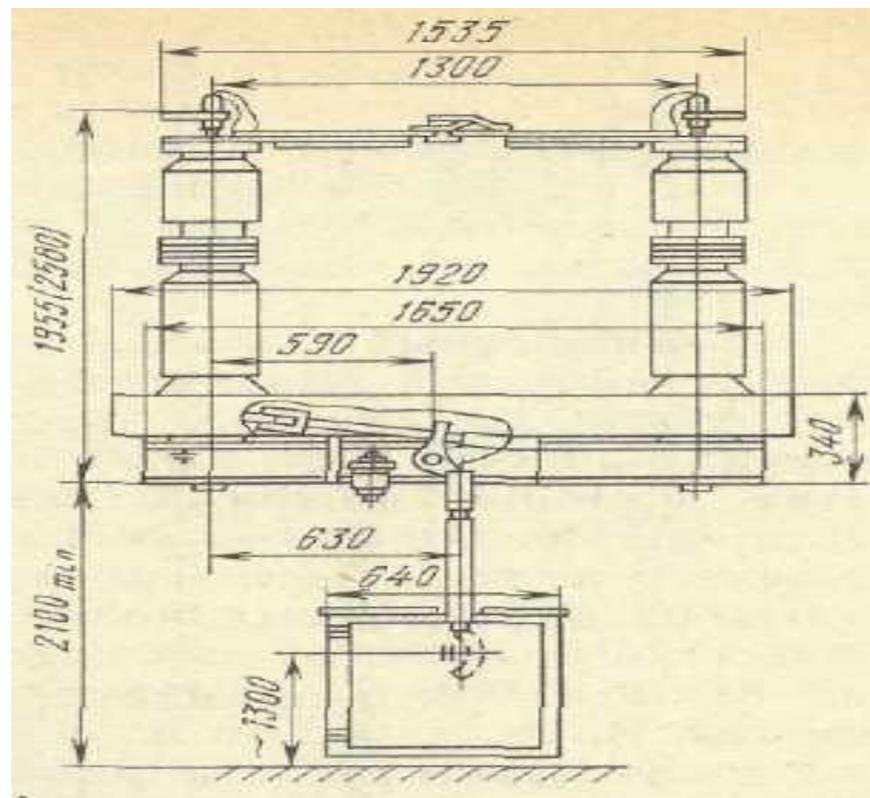
Время срабатывания – **0,4с**
Используются для
заземления нулевых точек трансформаторов.

Короткозамыкатели и отделители

- Короткозамыкатель КЗ-110У



- Отделитель ОД-110У



Короткозамыкатель — это коммутационный аппарат, предназначенный для создания искусственного КЗ в электрической цепи

- **Короткозамыкатели** применяются в упрощенных схемах подстанций для обеспечения отключения поврежденного трансформатора после создания искусственного КЗ действием РЗ питающей линии.
- **В установках 35 кВ** необходимо применять два полюса короткозамыкателя для создания двухфазного КЗ, в установках 110 кВ и выше достаточно одного полюса.

Конструкция КЗ-35 аналогична разъединителю.

- Ножи, соединенные с заземленной шиной, приводятся в движение пружинным приводом при подаче импульса от релейной защиты и замыкаются на неподвижные контакты, находящиеся под напряжением.

Время включения составляет **0,12—0,25 с**. Отключение производится вручную.

- **Отделители серии ОД** представляют собой обычный трехполюсный разъединитель, снабженный приводом для автоматического отключения обесточенной цепи.
- **Время отключения** достаточно велико — **0,4—0,5 с**, что является **недостатком конструкции.**
- Отделители могут отключать обесточенную цепь или ток намагничивания трансформатора.

- Отделители и короткозамыкатели открытой конструкции недостаточно надежно работают в неблагоприятных погодных условиях (мороз, гололед).
- В эксплуатации наблюдаются случаи их отказа в работе, поэтому применение их в н. вр. ограничено.
- Взамен этих конструкций разработаны отделители и короткозамыкатели с контактной системой, расположенной в закрытой камере, заполненной элегазом (КЭ-110, КЭ-220, ОЭ).
- Достоинством закрытых короткозамыкателей и отделителей является четкая работа и малые времена включения (КЭ) и отключения (ОЭ).

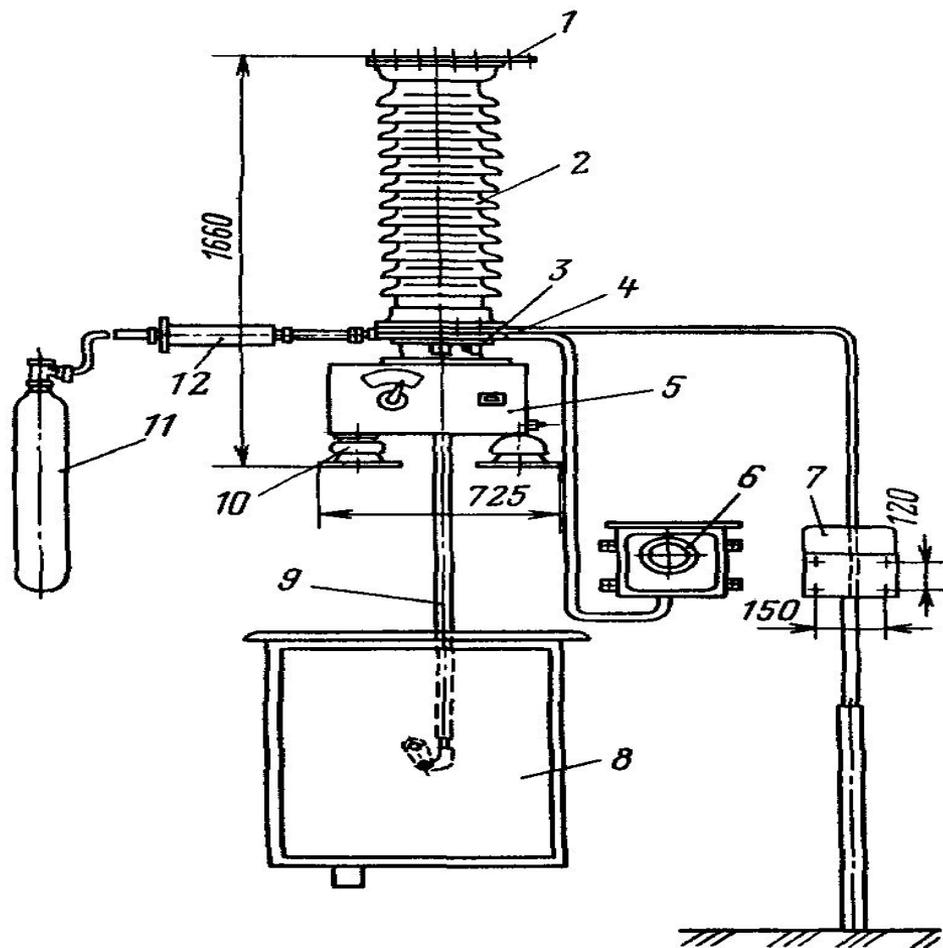


Рис. 4.48. Короткозамыкатель закрытого типа с элегазовым наполнением КЭ-110: 1 — контактный вывод; 2 — контактная камера; 3 — гидравлический затвор; 4 — присоединение заземляющей шины; 5 — основание; 6 — мановакуумметр; 7 — трансформатор тока ТШЛ-0.5; 8 — привод; 9 — тяга; 10 — изолятор; 11 — баллон с элегазом; 12 — фильтр

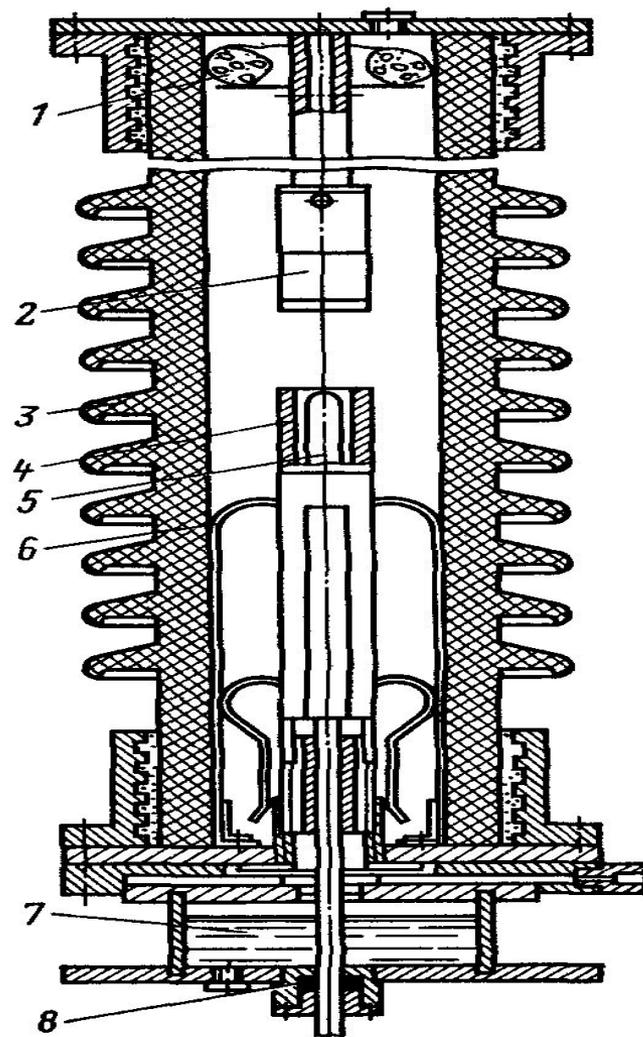


Рис. 4.49. Контактная камера короткозамыкателя КЗ-110: 1 — мешочек с силикагелем; 2 — неподвижный контакт; 3 — фарфоровый корпус; 4 — экран; 5 — подвижный контакт; 6 — гибкая связь; 7 — масляный гидрозатвор; 8 — сальниковое уплотнение

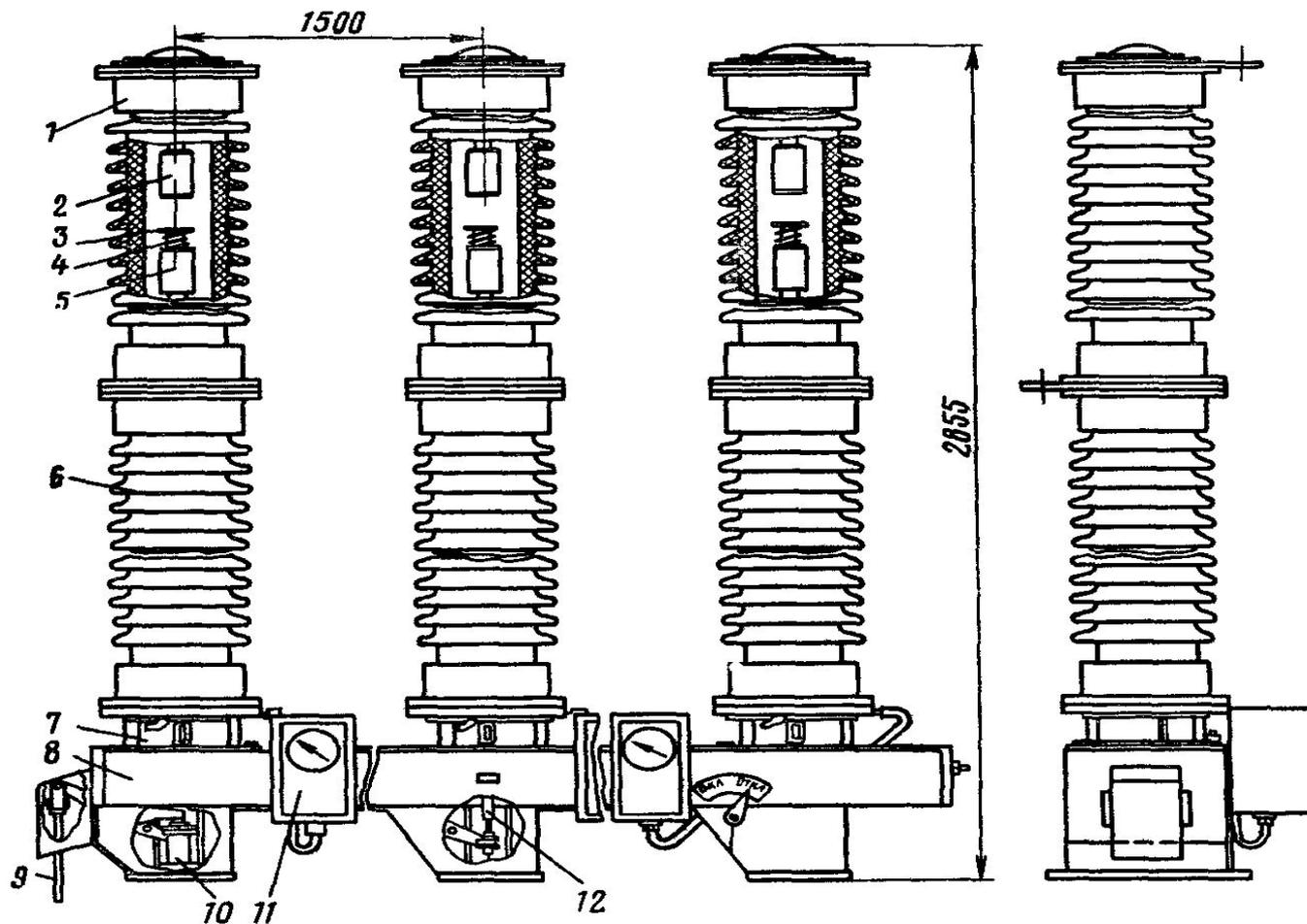


Рис. 4.50. Отделитель закрытый с элегазовым наполнением ОЭ-110/1000:
 1 — верхний фланец; 2 — неподвижный контакт; 3 — экран; 4 — контактная пружина; 5 — подвижный контакт; 6 — изолирующая колонка; 7 — масляный гидрозатвор, 8 — основание; 9 — тяга к приводу; 10 — буфер, 11 — мановакуумметр; 12 — тяга к неподвижному контакту

Выключатели нагрузки (QW)

- В сетях 6—10 кВ электроснабжения городских промышленных и сельскохозяйственных предприятий возникает необходимость отключения и включения токов нормальной нагрузки.
- Такая операция **QS** не производится, т.к. они не имеют устройств для гашения возникающей дуги.
- Простейшим коммутационным аппаратом, позволяющим отключать и включать токи нагрузки в нормальном режиме, является автогазовый выключатель нагрузки **ВНПР**

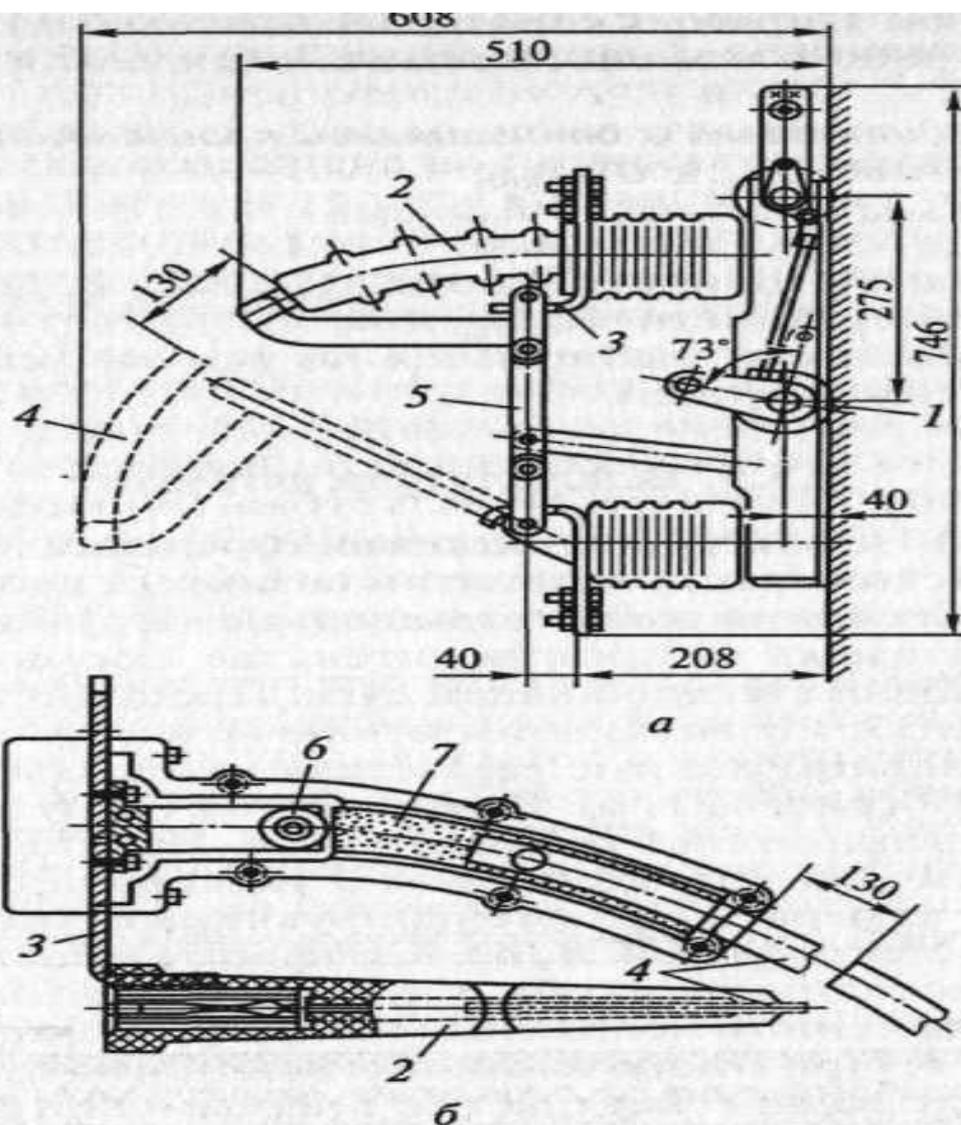
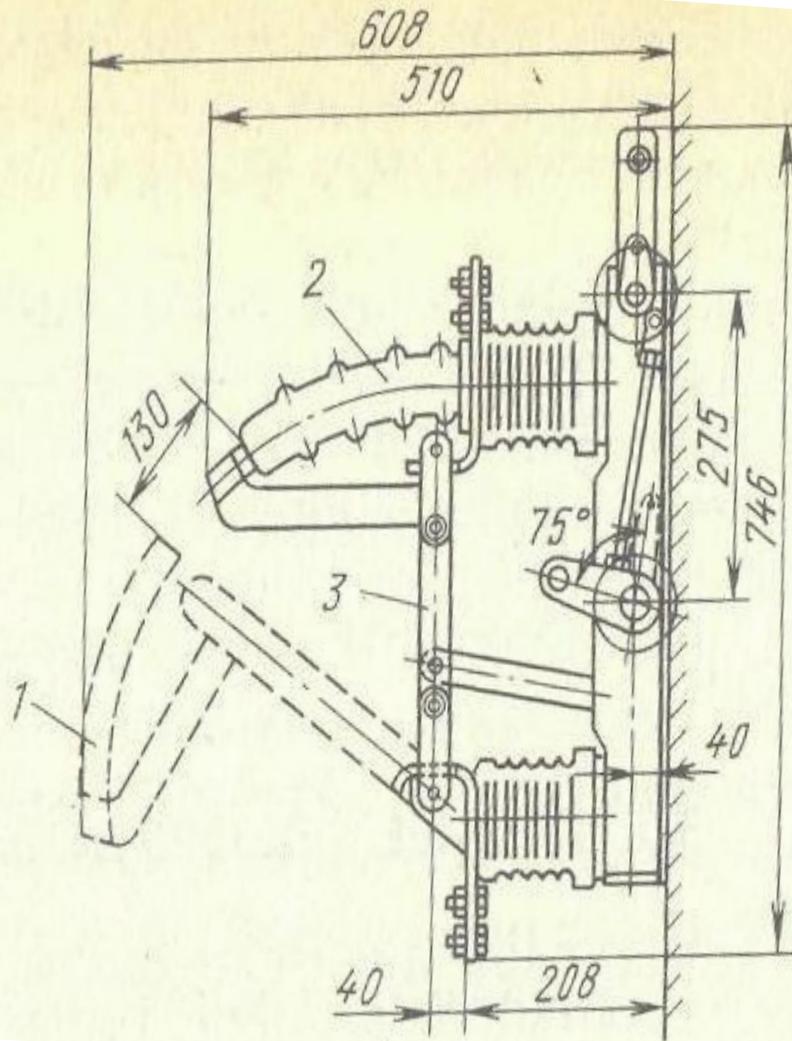


Рис. 4.31. Выключатель нагрузки ВНПР:

a — общий вид; *б* — дугогасительная камера; 1 — вал привода; 2 — дугогасительная камера; 3 — главный неподвижный контакт; 4 — подвижный дугогасительный контакт; 5 — главный подвижный контакт-нож; 6 — неподвижный дугогасительный контакт; 7 — газогенерирующие вкладыши

Выключатель нагрузки ВН-11



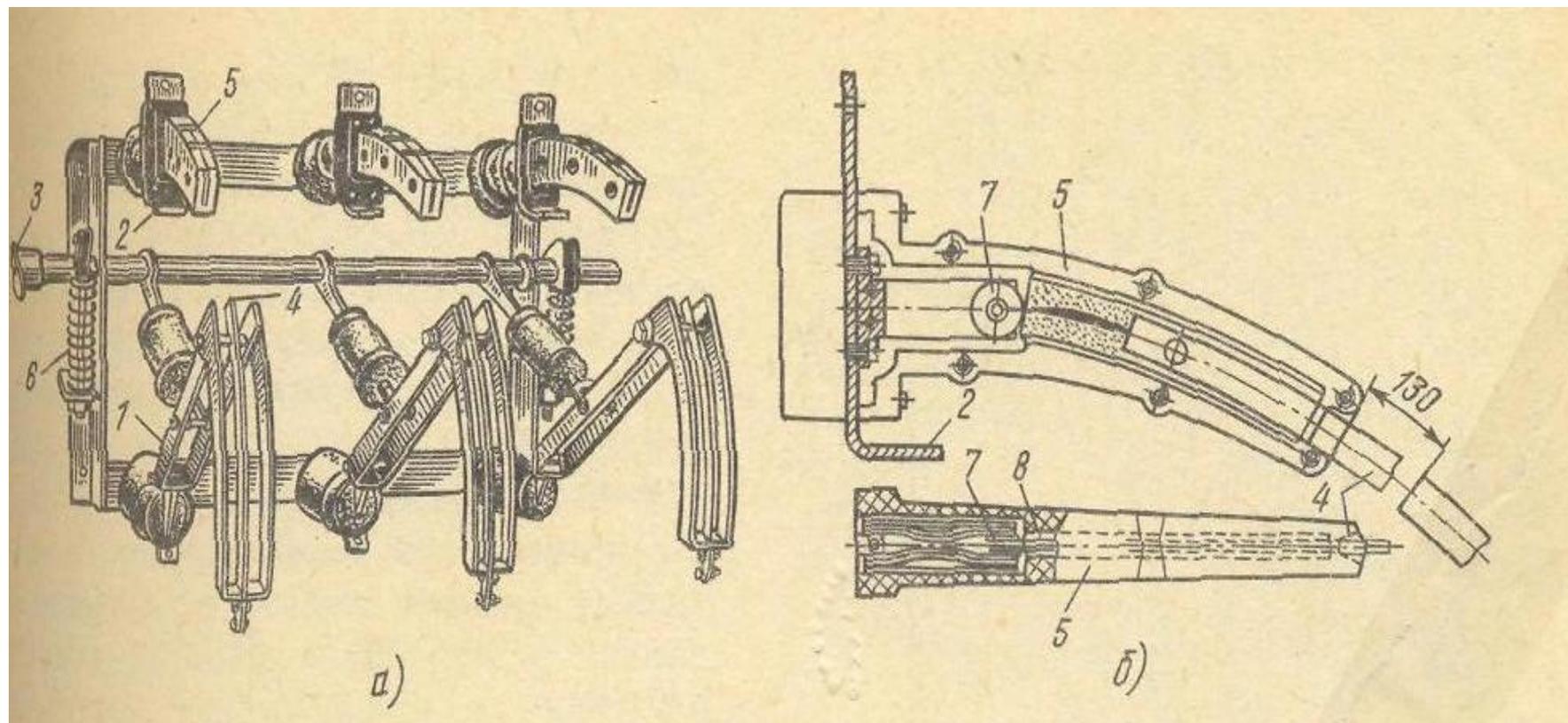
- 1- дугогасительный подвижный контакт
- 2 - дугогасительное устройство
- 3 –система главных контактов

Выключатели нагрузки **QW**

- Это 3-х полюсный коммутационный аппарат переменного тока, созданный на базе **QS**, рассчитанный на отключение рабочего тока, порядка номинального (**200-400 А**) и снабженный приводом для неавтоматического или автоматического управления.
- Но в отличие от **QS** способны отключать рабочие токи благодаря наличию **маломощной дугогасительной камеры**, выполненной из пластмассы и имеющей вкладыши из органического стекла.
- Для отключения тока **КЗ** последовательно с **QW** (ВН-11, ВН-16) устанавливаются **плавкие предохранители**, которые в некоторых типах являются составной частью конструкции выключателя нагрузки (ВНП-16, ВНП-17).
- В качестве выключателей нагрузки применяются **вакуумные выключатели типа ВВВ-10/320**, электромагнитные **ВНТЭМ-10** или элегазовые на напряжение **110 кВ и выше**.

Выключатель нагрузки с гасительными устройствами газогенерирующего типа

1, 2 - ножи и контакты разъединителя, 3 – вал, 4 – всп.ножи, 5 – гасительные камеры, 6 – пружины, 7 –скользящие контакты гасительных камер, 8 - вкладыши



Выключатели нагрузки ВНП могут дополняться

- предохранителями ПКЭ,
- заземляющими ножами,
- приводами разного типа:
- ручным (ПР),
- ручным с дистанционным отключением (ПРА),
- или электромагнитным (ПЭ).

Плавкий предохранитель **FU**

- Это однополюсной коммутационный аппарат однократного действия с пофазным отключением цепи.
- Предназначены **для защиты ЭУ**, эл. цепей при превышении определенного значения тока (при КЗ и перегрузках).
- **Основные части** любого вида **FU** :
 - изолирующее *основание* или металлическое основание с изоляторами,
 - *контактная система* с зажимами для присоединения проводников,
 - *патрон с плавкой вставкой*,
 - *устройство для гашения дуги* (может отсутствовать),
 - *указатель срабатывания* (может отсутствовать).
- **Предохранитель характеризуется:**
 - номинальным напряжением, номинальным током плавкой вставки, номинальным током отключения, защитной характеристикой.

Требования к *FU*

- **Защитная характеристика** -проходит ниже характеристики защищаемого объекта, причем, возможно близко к ней.
- При КЗ *FU* должны работать избирательно (селективно).
- Характеристики *FU* должны стабильными.
- *FU* должны обладать высокой отключающей способностью, т.е. должны разрывать большие токи КЗ.

- Замена плавкой ставки не должна занимать много времени. При опасном для ЭО цепи увеличения тока **плавкая вставка расплавляется**, отсоединяя защищаемую цепь от источника питания. Возникшая дуга гасится с помощью **ДУ**. Большинство *FU* имеют указатели срабатывания.

Каждый *FU* характеризуется ном.напряжением - **3-220 кВ**,

ном.током $\geq 8-400$ А,

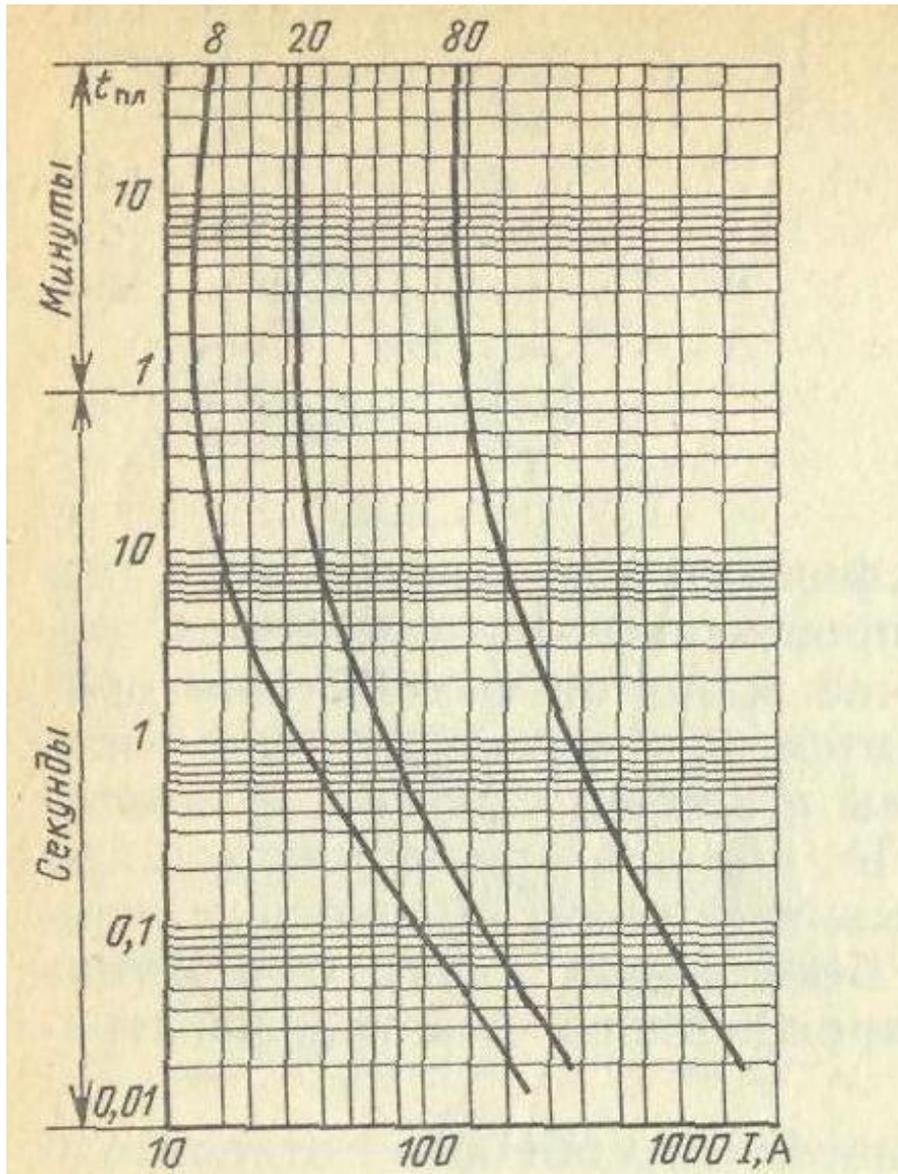
отключающей способностью. **$I_{откл.} \geq 2,5 - 40$ кА.**

Распространены газогенерирующие и кварцевые плавкие *FU*.

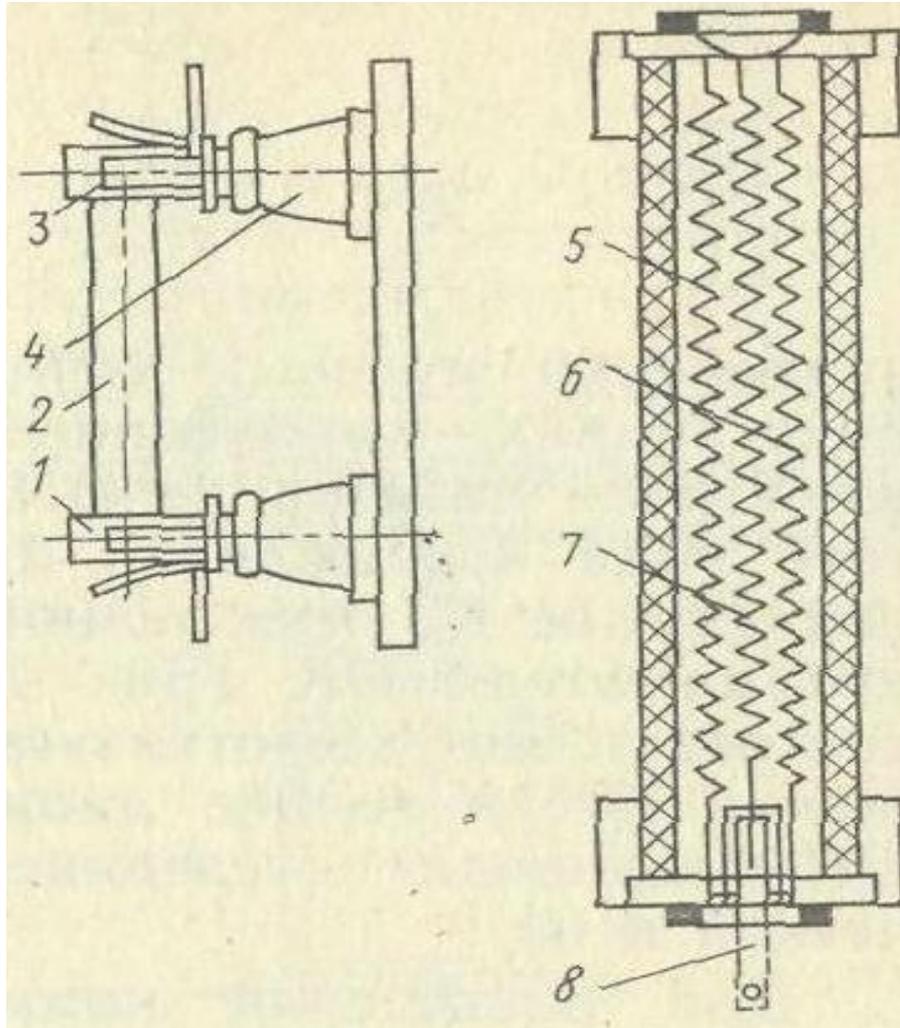
Защитные (время-токовые) характеристики предохранителей

(цифры у кривых соответствуют $I_{ном}$ вставок).

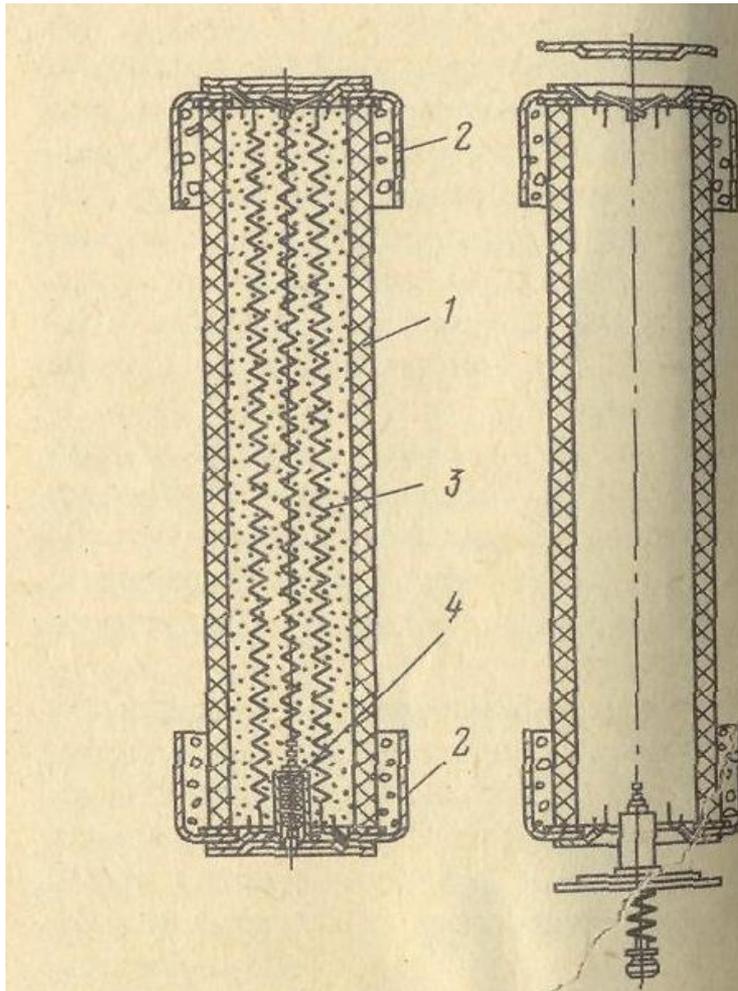
- Время расплавления плавкой вставки зависит от:
 - состояния контактов FU,**
 - температуры ОС,**
 - состояния поверхности плавкой вставки и ее материала,**
 - типа дугогасящего устройства.**



Кварцевый предохранитель *FU*



- 1-колпачки,
- 2- трубка фарфоровая, заполненная кварцевым песком,
- 3-пружинные контакты,
- 4 -опорные изоляторы,
- 5,6 –медные пластины или проволоки,
- 7-спираль,
- 8-якорь указателя срабатывания



- Патрон кварцевого **FU** типа ПКТ – 10.
- 1-фарфоровая или стеклянная трубка
- 2- металлические колпачки
- 3– плавкая вставка
- 4 – указатель срабатывания предохранителя.

- **Предохранители серии ПК с мелкозернистым наполнителем** выполняются на напряжения 3, 6, 10, 35 кВ и номинальные токи 400, 300, 200 и 40 А соответственно.
- Эти предохранители обладают токоограничивающим эффектом, полное время отключения при токах КЗ составляет 0,005 — 0,007 с.
- **Разновидностями серии ПК** являются:
- ПКТ — предохранители для защиты силовых трансформаторов и линий;
- ПКН — предохранители для защиты трансформаторов напряжения;
- ПКЭ — предохранители для силовых цепей экскаваторных установок.

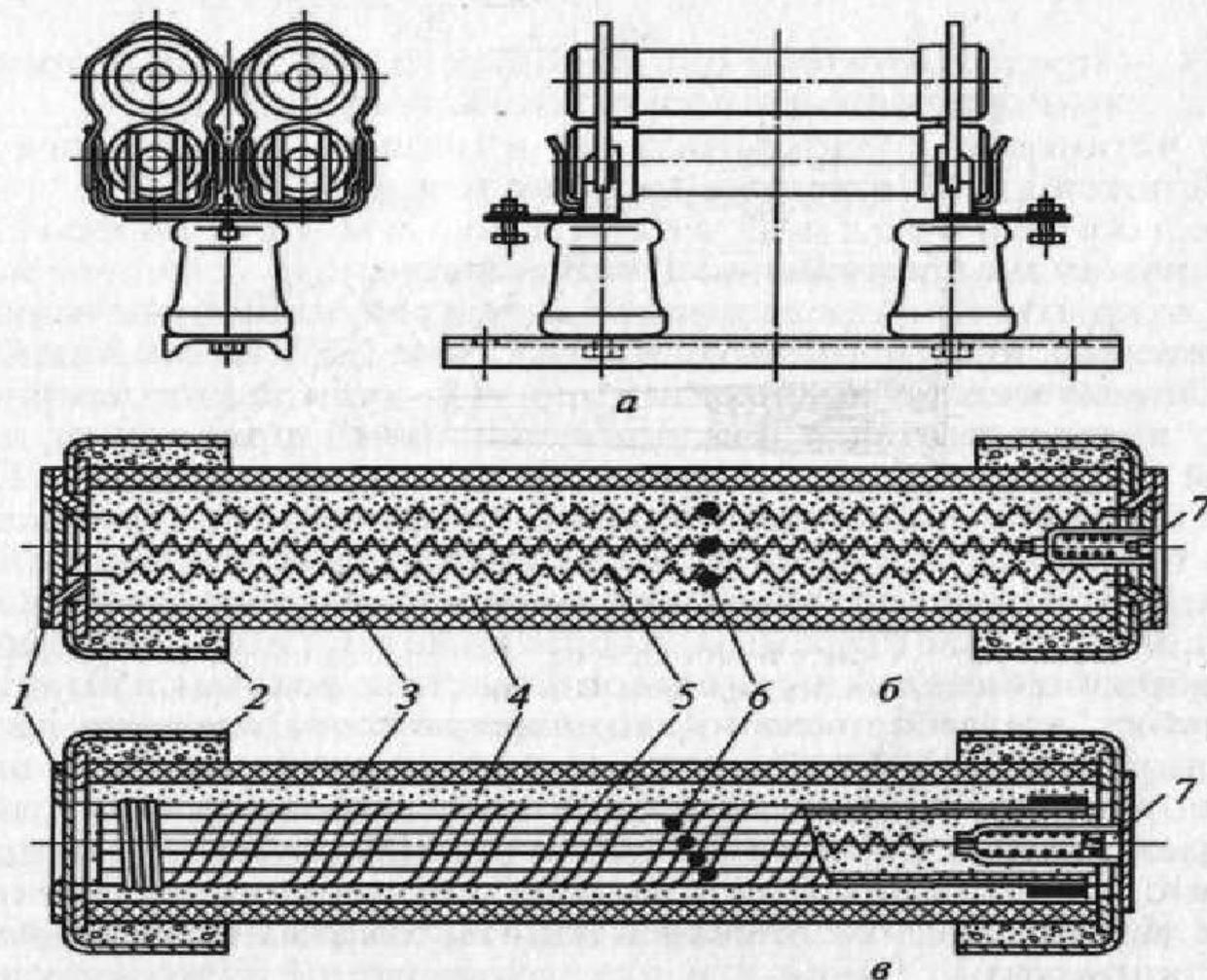


Рис. 4.32. Предохранители типа ПК:

a — общий вид ПК4; *б* — патрон предохранителя на ток более 7,5 А; *в* — патрон предохранителя на ток до 7,5 А; 1 — торцевая крышка; 2 — латунный колпачок; 3 — фарфоровая трубка; 4 — кварцевый песок; 5 — плавкая вставка; 6 — шарики из олова; 7 — указатель срабатывания

- **Предохранители с автогазовым гашением дуги выполняются на напряжение 10 кВ и выше.**

- Для ОРУ получили распространение выхлопные предохранители типа **ПВТ** на **10, 35 и 110 кВ**.

- Основные части предохранителя

- *газогенерирующая трубка,*

- *внутри которой расположен гибкий проводник,*

- *соединенный с плавкой вставкой*

- *и контактным наконечником.*

Параллельно медной вставке расположена ставка, воспринимающая усилие пружины, стремящейся вытащить *гибкий проводник*.

- Предохранители **ПВТ** применяются в комплектных трансформаторных подстанциях. Они защищают силовые трансформаторы от токов КЗ, но не защищают от других видов повреждений.

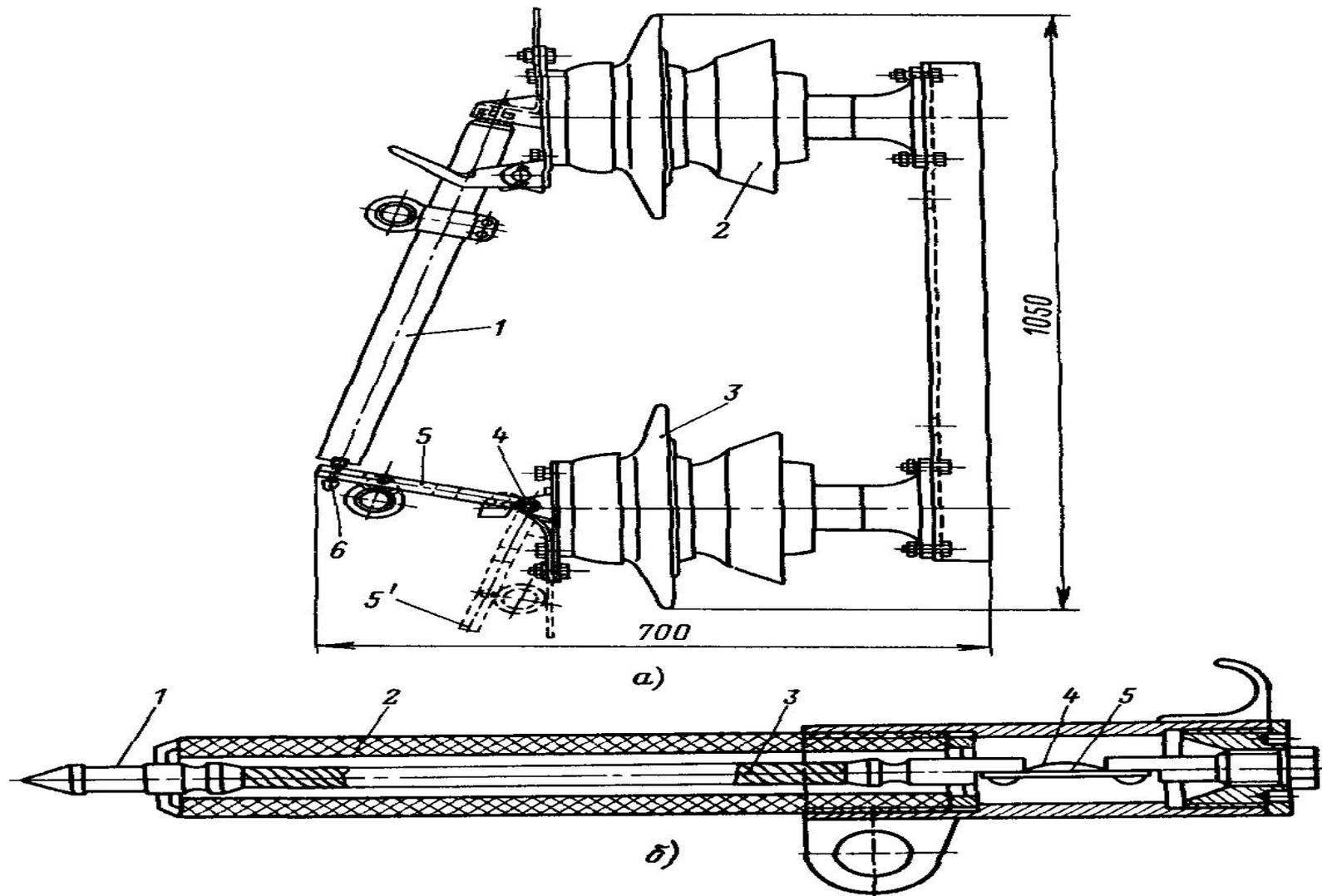
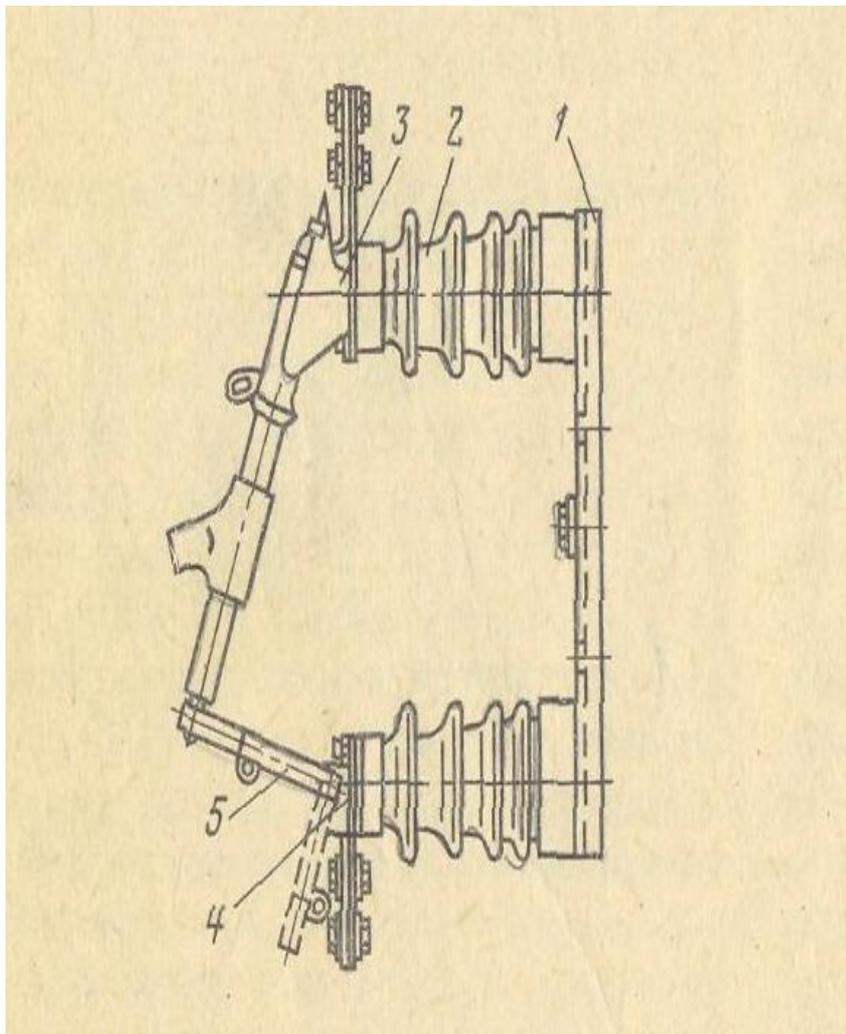


Рис. 4.52. Предохранитель ПВТ:
 а — общий вид; б — патрон предохранителя

- Дальнейшее **усовершенствование предохранителей ПВТ** привело к созданию **автогазового выключателя с газогенерирующим патроном**, внутри которого размещены **плавкая вставка и контактная система**.
- Пружинный привод, получив сигнал релейной защиты, выдергивает гибкую связь из патрона, разрушая контакты. Возникшая дуга гасится так же, как в предохранителе ПВТ.

Недостатком такого выключателя является

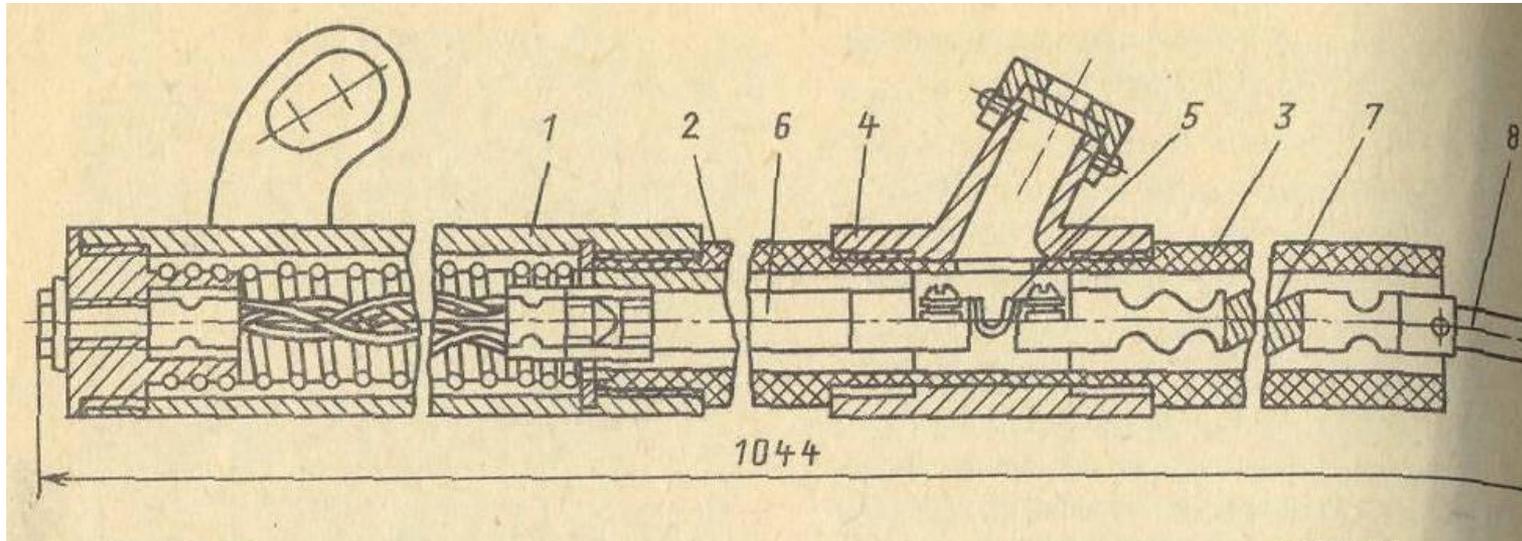
- быстрый износ твердого дугогасителя,
- разрушение контактов, а следовательно, необходимость замены того и другого после каждого отключения КЗ.



- Газогенерирующий плавкий предохранитель **типа ПВТ – 35.**
- 1-цоколь,
- 2- опорные изоляторы,
- 3, 4 – верхняя и нижняя головка изолятора с зажимами для крепления проводников,
- 5 – контактный нож.

Ном.ток отключения
ПВТ-35 – **3,2 кА.**

При КЗ расплавляется вставка. Под действием пружины выбрасывается гибкий проводник. Дуга, образовавшаяся после расплавления вставок, затягивается в трубку, где выделяется газ. Давление в трубке $p=10-20\text{МПа}$, создается продольное автодутье-гасится дуга с звуковым эффектом-выстрелом. ПВТ применяют в ОРУ, чтобы в зоне выхлопа не было эл.аппаратов. В процессе откл.длина дуги увеличивается по мере выброса гибкой связи - перенапряжения нет.



Патрон газогенерирующего плавкого предохранителя типа ПВТ-35

- 1-корпус патрона, 2, 3 – трубки, 4 – патрубок, 5 – плавкая вставка, 6 – токоведущий стержень, 7 – гибкий проводник, 8 – наконечник.
- Эти предохранители предназначены для наружной установки в устройствах 35 и 110 кВ.
- Патрон устанавливается на основание предохранителя

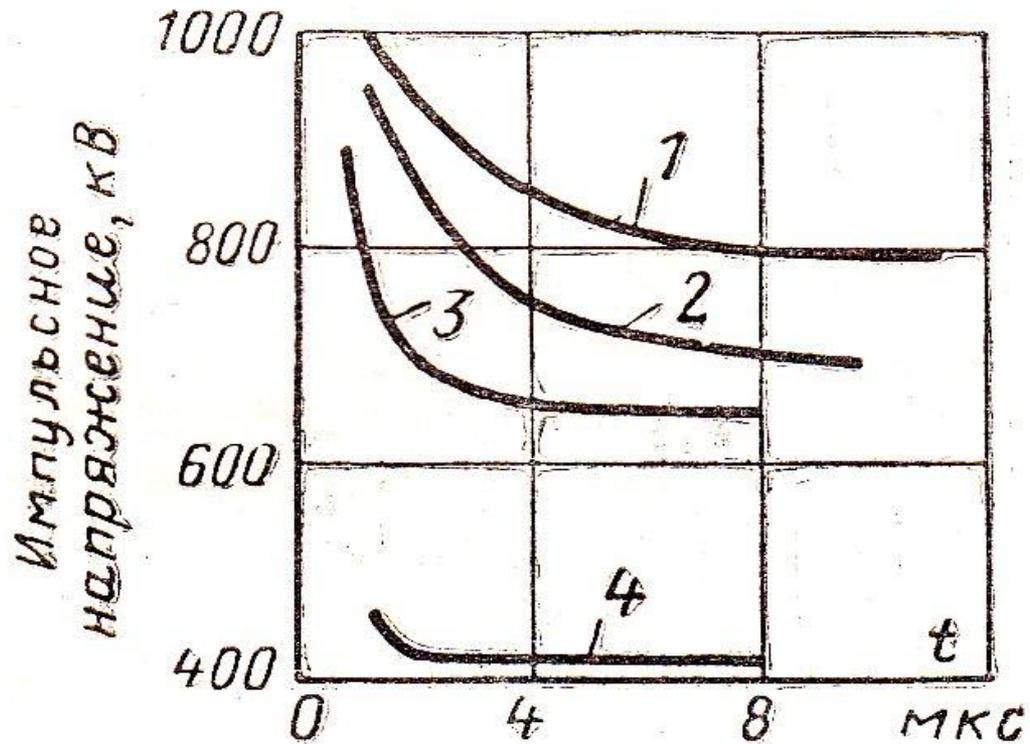
Разрядники

- Служат для защиты изоляции электроустановок от опасных повышений напряжения (перенапряжений). Ограничение перенапряжений позволяет снизить габариты и стоимость оборудования.
- Перенапряжения подразделяются на атмосферные (грозовые) и внутренние (коммутационные и квазистационарные).
- Основное средство защиты при **перенапряжениях**
грозовых - трубчатые разрядники,
коммутационных- вентильные.
- Основной элемент защиты: искровой промежуток, отделяющий токоведущий элемент установки от заземляющего контура.
- Разрядник подключается между фазным выводом и землей. После пробоя – фазный провод ЭУ оказывается соединенным с землей через искровой промежуток

Требования

- **Вольт-секундная характеристика разрядника должна быть пологой и располагаться ниже характеристики защищаемого оборудования**
- Искровой промежуток должен иметь гарантированную прочность при импульсном напряжении частотой 50 герц
- Сопровождающий ток должен быть отключен за минимальное время
- **Остающееся напряжение не должно быть больше величины, опасной для изоляции**
- Разрядник должен допускать большое число срабатываний без осмотров и ремонта.

Импульсные вольт-секундные характеристики



1-изоляция ЛЭП

- 2-трубчатого разрядника
- 3-силового трансформатора
- 4-вентильного разрядника

Вентильный разрядник

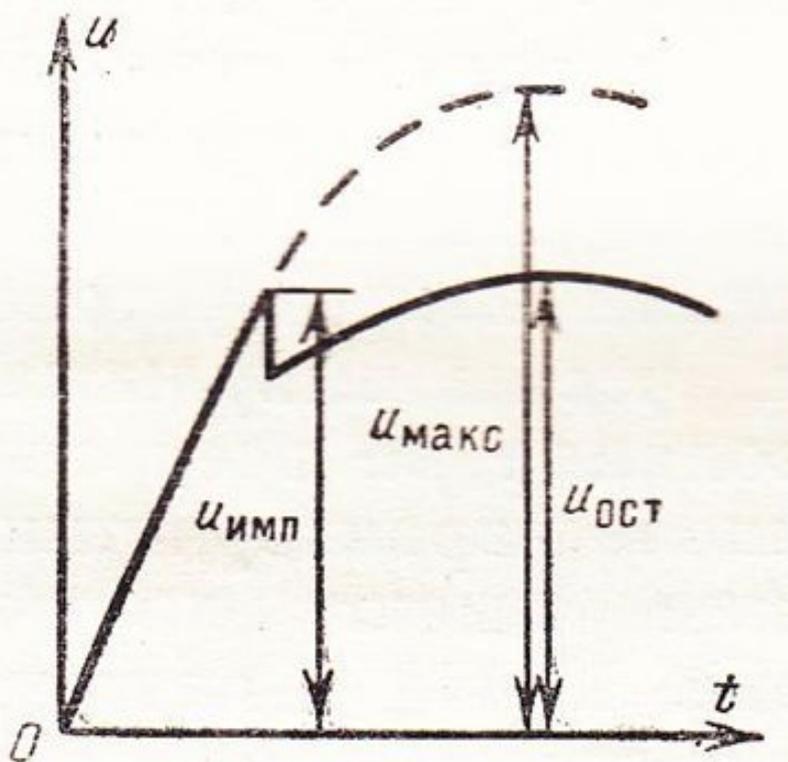
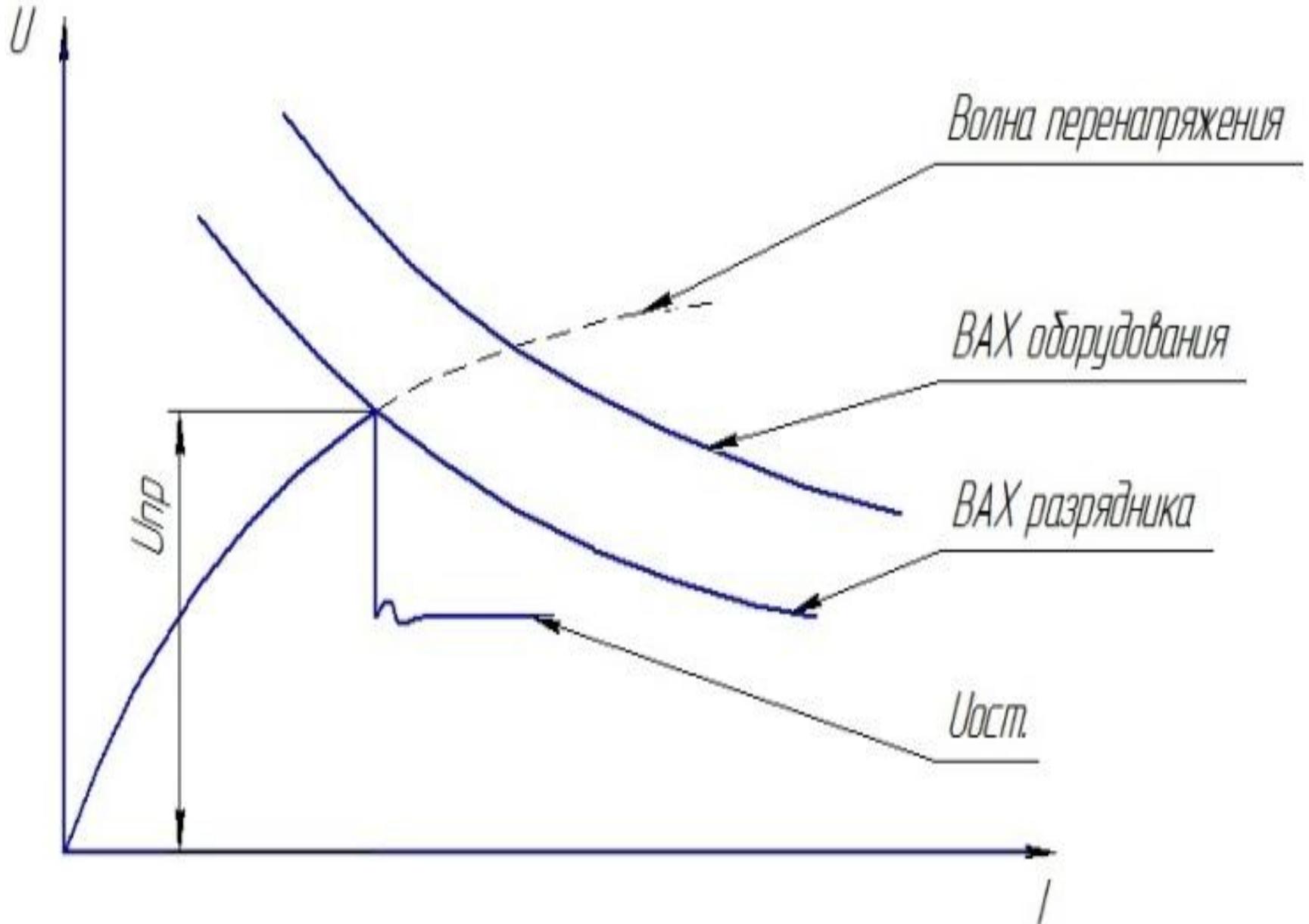


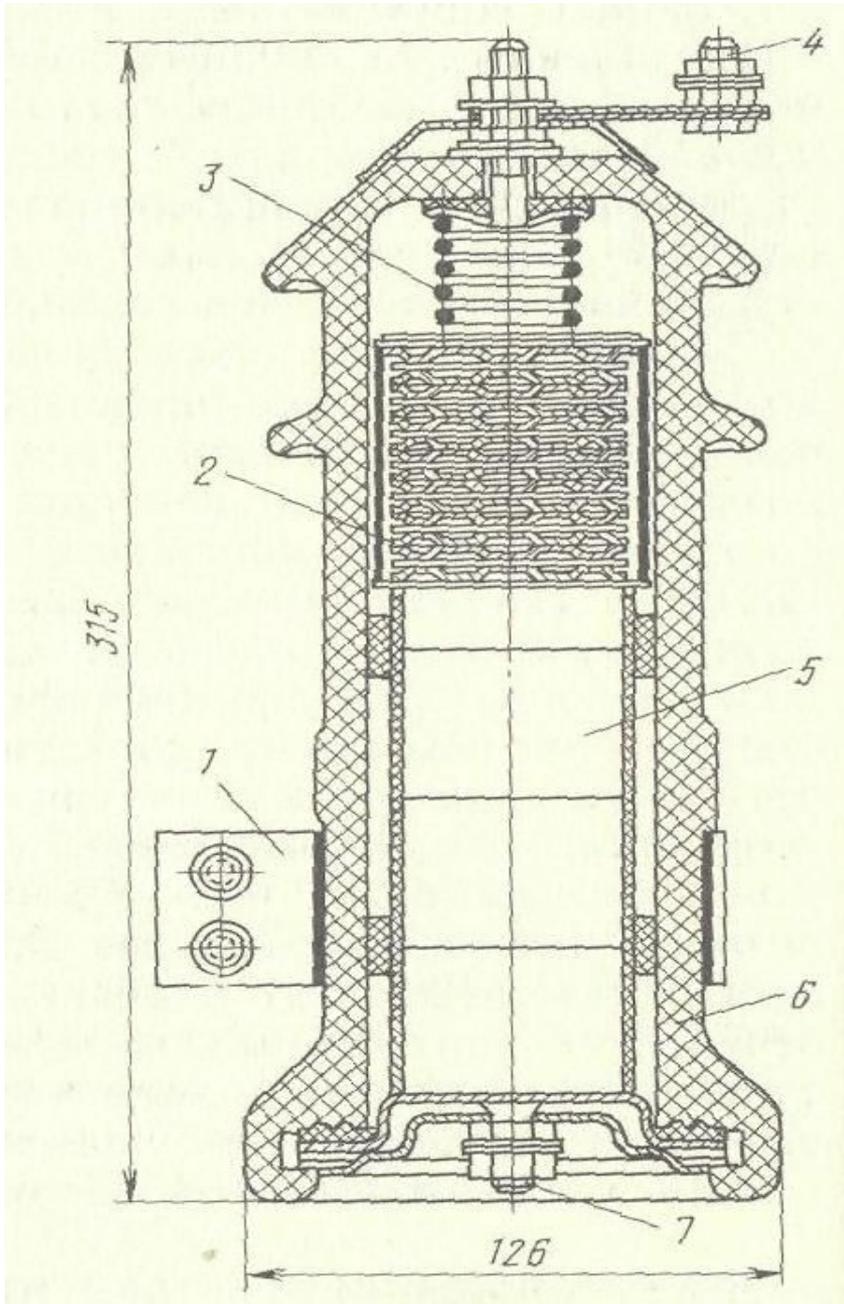
Рис. Работа вентильного разрядника

- Вентильные разрядники состоят из колонки искровых промежутков, шунтированных нелинейными резисторами, и нелинейных рабочих резисторов (диски, выполненные из вилита или тервита, имеют нелинейную ВАХ) .

Принцип работы разрядника

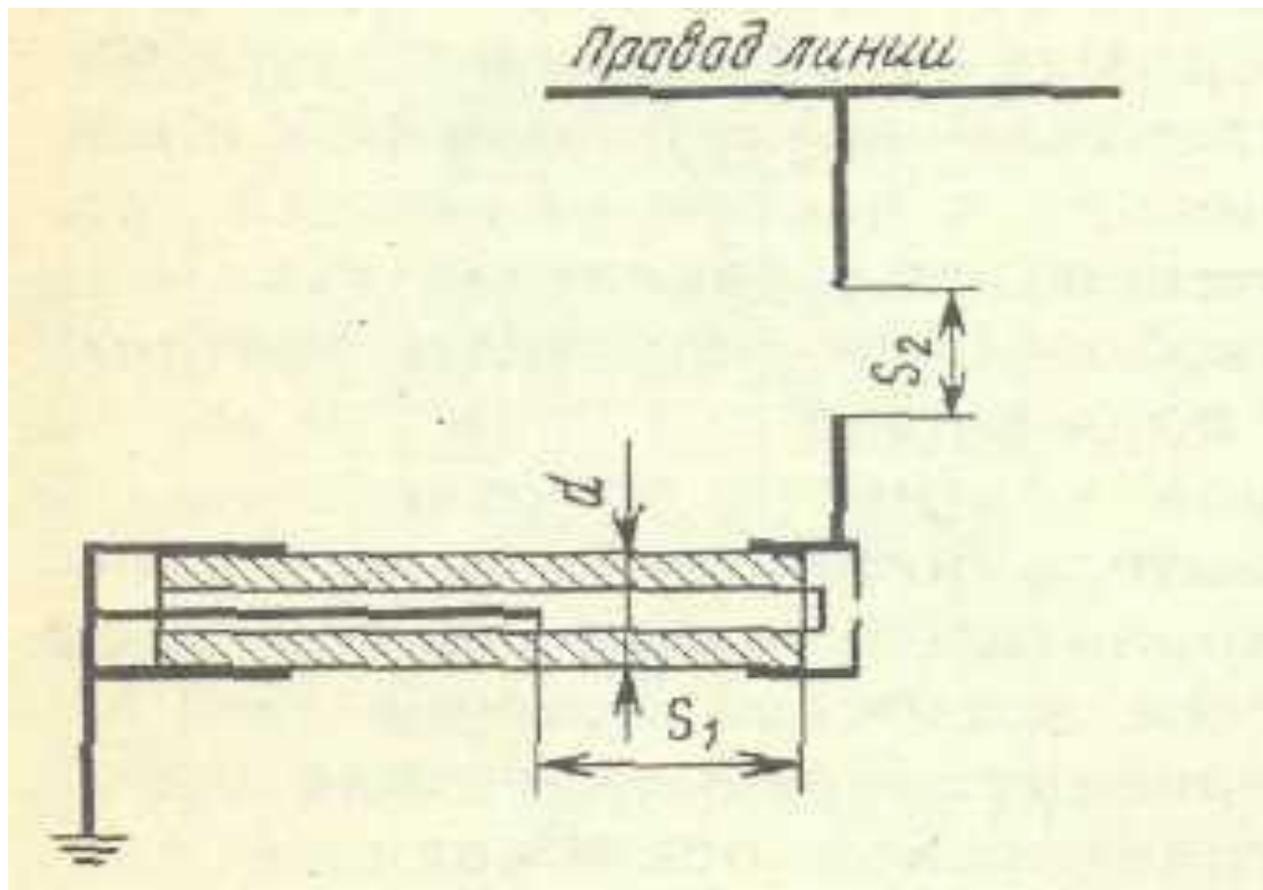


Вентильный разрядник



- 1- хомут для крепления
- 2 – искровой промежуток
- 3-пружина, 4-болт крепления к токоведущей шине,
- 5-рабочие резисторы,
- 6-фарфоровый изолятор
- 7-шпилька подсоединения к заземлению.
- Типы разрядников:
- РВП - разрядник вентильный подстанционный
- РВС- станционный
- РВМ- с магнитным гашением
- РВТ -токоограничивающий

Трубчатый разрядник

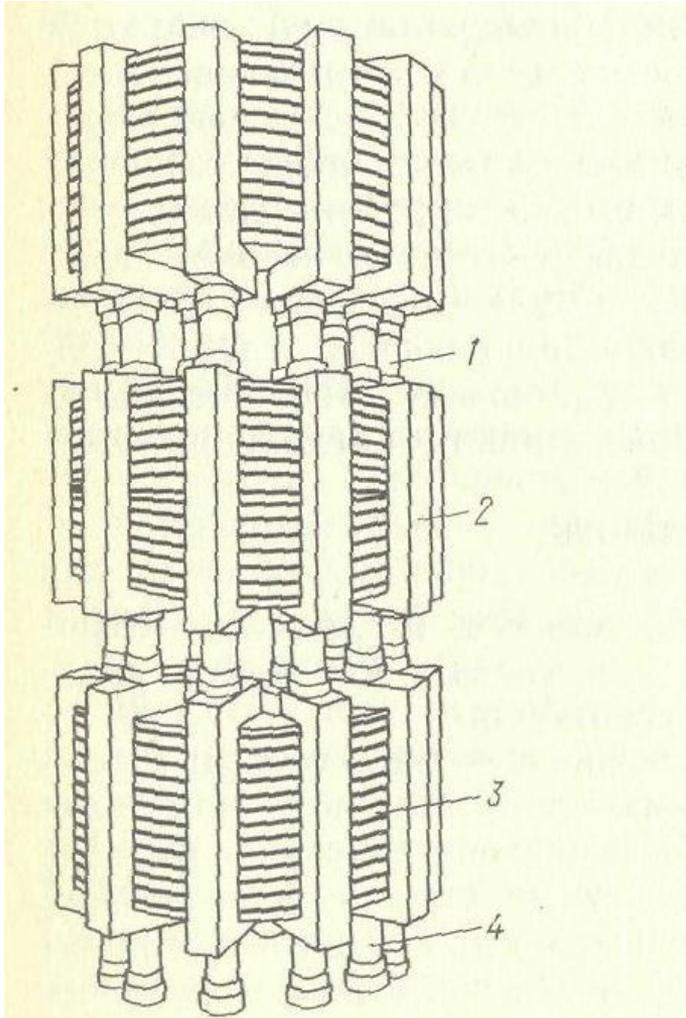


После пробоя – фазный провод ЭУ оказывается соединенным с землей через искровой промежуток, возникает $I_{кз}$, через разрядник –сопровожающий ток, он д.б прекращен за $t_{мин}$, чтобы не сработала РЗ

Реактор

статическое электромагнитное устройство,
предназначенное для использования его

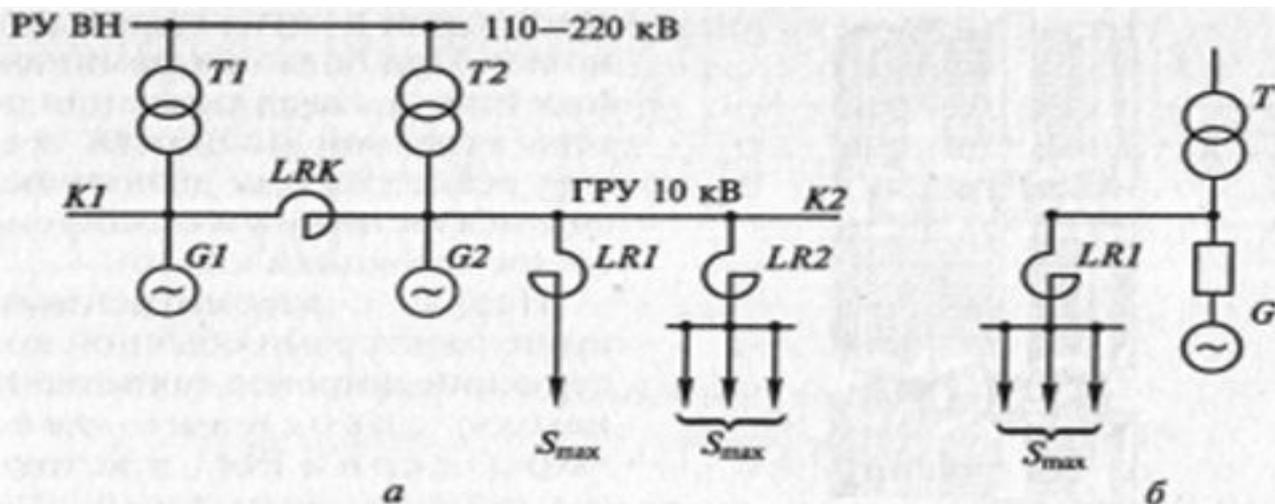
индуктивности в электрической цепи



Бетонный реактор.

- 1, 4 - изоляторы, 2 – бетонные колонны, 3 – обмотка.
- В цепь **переменного** тока включают:
- **токоограничивающие** реакторы, для ограничения амплитуды тока и его скорости нарастания,
- реакторы **помехоподавления**, входящие в состав высокочастотных фильтров,
- **фильтровые** реакторы, входящие в состав резонансных фильтров или фильтров низких частот.
- Реакторы, в цепи **выпрямленного** тока служат для сглаживания тока вентильных групп в преобразователях (фильтровые реакторы типа ФРОС).

Токоограничивающие реакторы



Реактор представляет собой **индуктивную катушку** без сердечника, поэтому его сопротивление не зависит от протекающего тока.

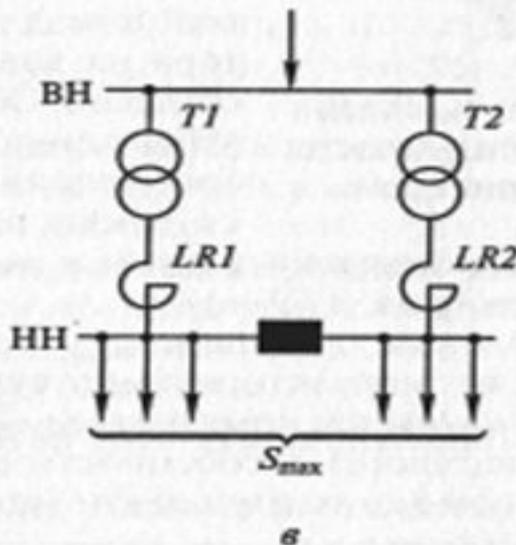
Токоограничивающие реакторы применяются на станциях типа ТЭЦ:

а) между секциями ГРУ (**секционные реакторы**) — реактор **LRK** на рис., а; б)

для питания местных потребителей от сборных шин ГРУ (**линейные LR1** или **групповые LR2** реакторы — рис., а);

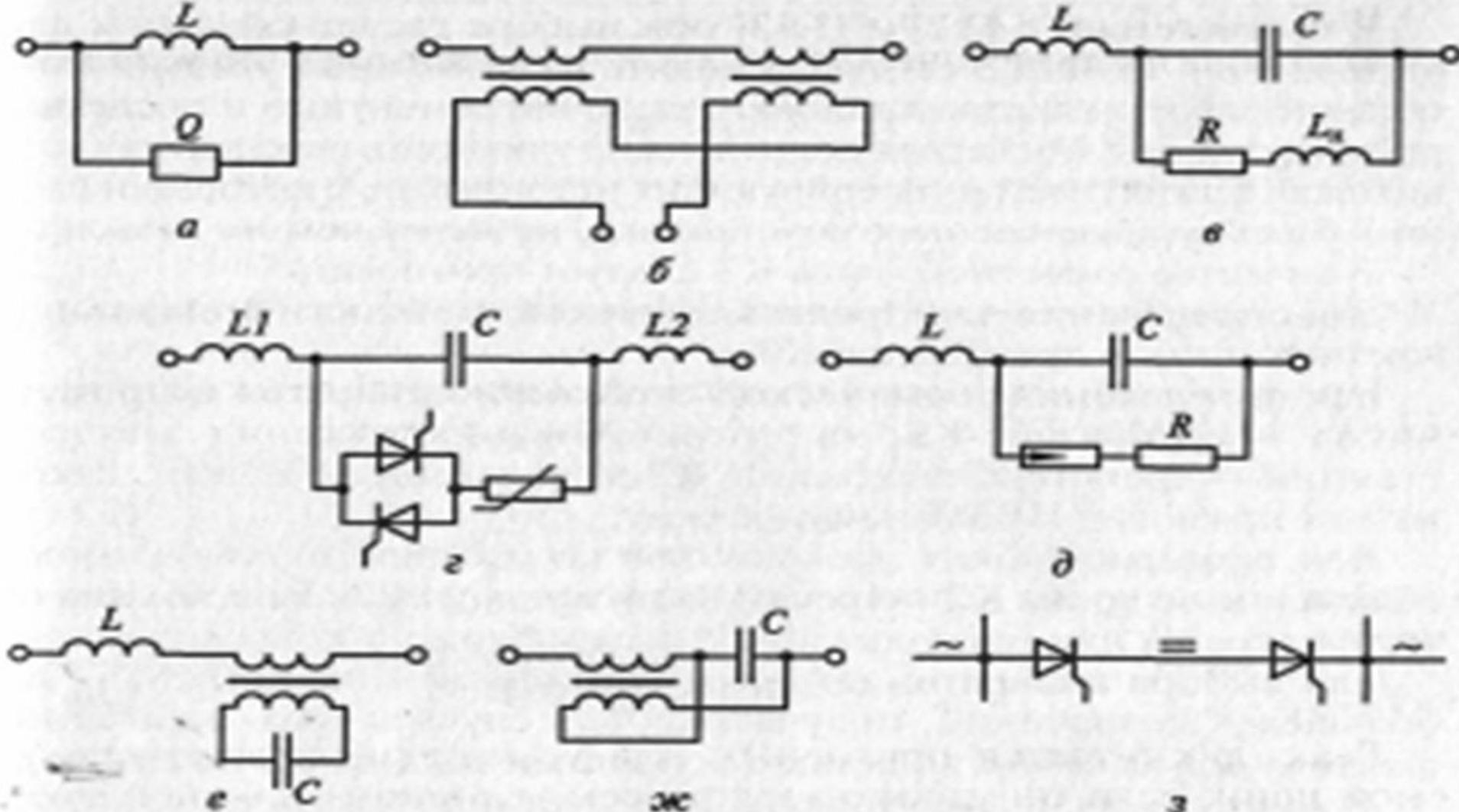
в) для питания местных потребителей от блочных ТЭЦ через **реактированные отпайки** — рис., б.

Иногда устанавливают в цепях вводов НН понижающих ТП — рис. в



Схемы подключения токоограничивающих реакторов:

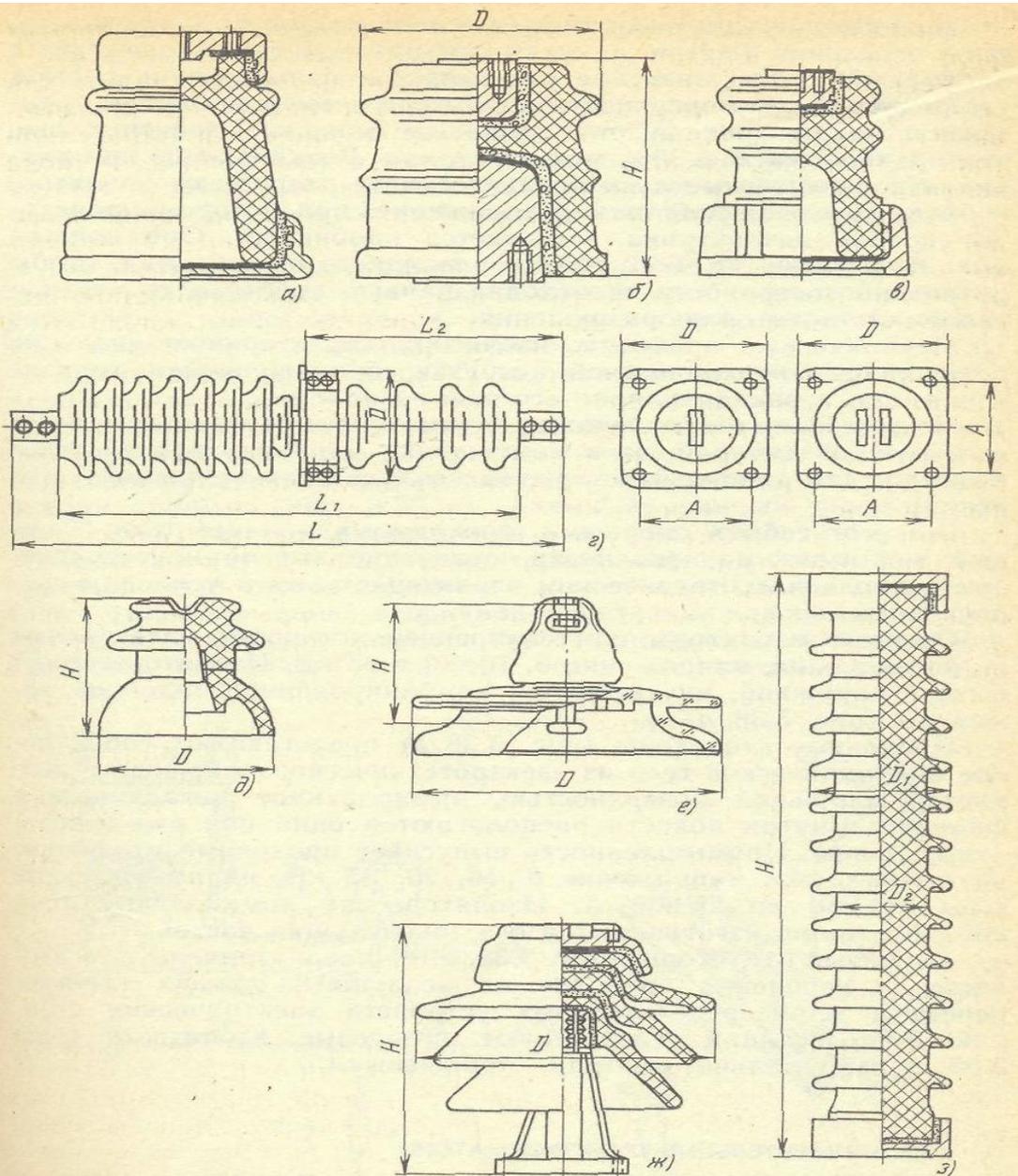
а — на ТЭЦ, имеющих ГРУ; б — на ТЭЦ блочного типа; в — на подстанциях



Схемы токоограничивающих устройств:

a — реактор, нормально шунтированный пороговым элементом; *б* — управляемый реактор с подмагничиванием постоянным током; *в—д* — резонансные токоограничивающие устройства с различными способами расстройки резонанса напряжения при КЗ; *е, ж* — токоограничивающие устройства трансформаторного типа с регулированием параметров со стороны вторичной обмотки; *з* — вставка постоянного тока

Изоляторы



- **а...в** – опорные с наружной, внутренней и комбинированной заделкой арматуры
- **г** – проходной наружно-внутренней установки с одной или двумя токоведущими шинами
- **д, е** – опорно-штыревой и опорно-стержневой изоляторы для наружной установки
- Служат для крепления токоведущих частей, их изолирования от заземленных частей установки и др. частей, находящихся под другим потенциалом.

Виды изоляторы : проходные, линейные (опорные и подвесные), аппаратные.

- **Требования** к ним определяются их эл. и мех. характеристиками, в соответствии с назначением и ном.напряжением, и загрязненностью воздуха в районе установки.
- ***К эл. характеристикам*** относятся: ном. и пробивное напряжение, разрядные и выдерживаемые напряжения промышлен. частоты в сухом состоянии и под дождем,
- импульсные 50%-е разрядные напряжения обеих полярностей.

- **Основной механической характеристикой является минимальная разрушающая нагрузка, H , приложенная к головке изолятора в направлении, перпендикулярном оси,**
- **а также жесткость или отношение силы, приложенной к головке изолятора**
в направлении, перпендикулярном оси, к отклонению головки от вертикали, Н/мм.
- **Жесткость опорных изоляторов зависит от их конструкции и ном.напряжения.**

- **Линейные** – для крепления проводов воздушных линий
- **Опорные изоляторы предназначены для изоляции и крепления шин и аппаратуры в РУ или токоведущих частей аппаратов на заземленных металлических или бетонных конструкциях, а также для крепления проводов воздушных линий на опорах. Разделяются на стержневые и штыревые. Могут быть с наружной, внут. и комбинированной заделкой арматуры**

- Опорные стержневые изоляторы - для внут. установки серии ИО для ном. напряжений от 6 до 35 кВ (*рис .а –серии ИО 10 кВ с квадратным фланцем и колпаком*).
- Опорные стержневые изоляторы для наружной установки серии ИОС (*рис. е*) отличаются от ИО конструкции более развитыми ребрами, благодаря которым увеличивается разрядное напряжение под дождем. Их изготавливают для ном. напряжений от 10 до 110 кВ. Минимальная разрушающая нагрузка находится в пределах от 3 до 20 кН.

- **Проходные изоляторы - для проведения проводника сквозь заземленные кожухи трансформаторов и аппаратов, стены и перекрытия зданий.**
- Для внутренней установки до 35 кВ включительно имеют полый фарфоровый корпус без наполнителя с небольшими ребрами (*рис.г*). У изоляторов - для ввода жестких и гибких шин в здания РУ или шкафы КРУ наружной установки, часть фарфорового корпуса, обращенная наружу, имеет развитые ребра для ув.разрядного напряжения под дождем.

- **Подвесные изоляторы** - для крепления многопроволочных проводов к опорам воздушных линий и РУ. Их конструируют так, чтобы они могли противостоять растяжению.
- Тарельчатый изолятор (*рис. ж*) имеет фарфоровый или стеклянный корпус в виде диска с шарообразной головкой.

- **Аппаратные изоляторы** – для крепления и вывода токоведущих частей аппаратов, крепления шин в РУ