

Пән: Заманауи электр энергетикасы

№ 9-дәріс

Тақырыбы: Заманауи коммутациялық аппараттар

Лектор: Сарсенбаев Е.А.

«Энергетика» кафедрасының қауымдастырылған профессоры

E-mail: y.sarsenbayev@satbayev.university

ДӘРІС ЖОСПАРЫ

1. Коммутациялық аппараттардың (КА) классификациясы;
2. 1 кВ-қа дейінгі КА;
3. 1 кВ-тан жоғары КА;
4. Жоғары кернеу ажыратқыштары;
5. Бақылау сұрақтары.

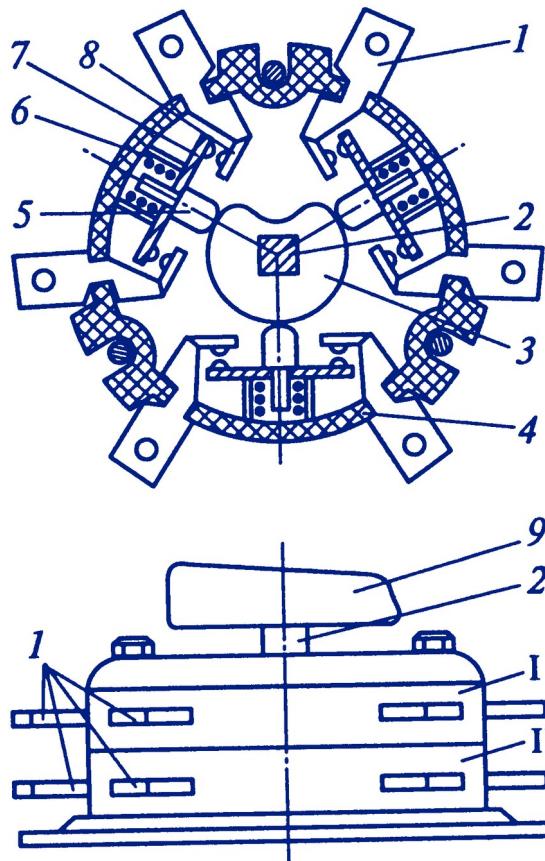
1. Классификация коммутационных аппаратов

Основными электрическими коммутационными аппаратами являются:

- выключатель;
- выключатель нагрузки;
- отделитель;
- короткозамыкатель;
- разъединитель;
- автоматический выключатель;
- устройство защитного отключения;
- контактор;
- рубильник;
- пакетный выключатель;
- предохранитель.

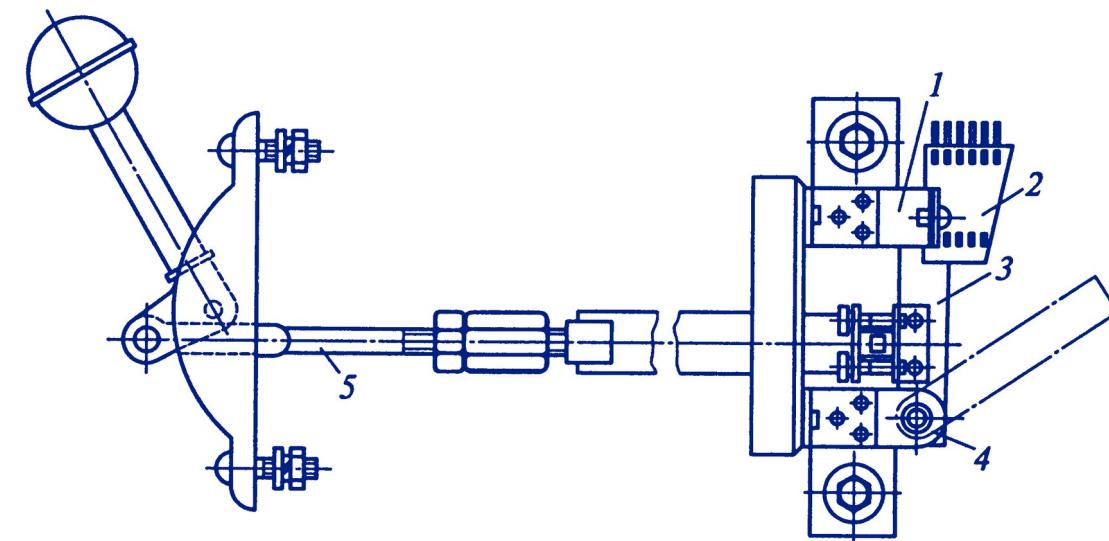
2. Коммутационные аппараты до 1 кВ

Пакетный кулачковый выключатель



1 –внешний контакт; 2 – вал; 3 – кулачок; 4 – корпус; 5 – пружина; 6 – шток; 7,8 - контакты

Рубильник с рычажным приводом

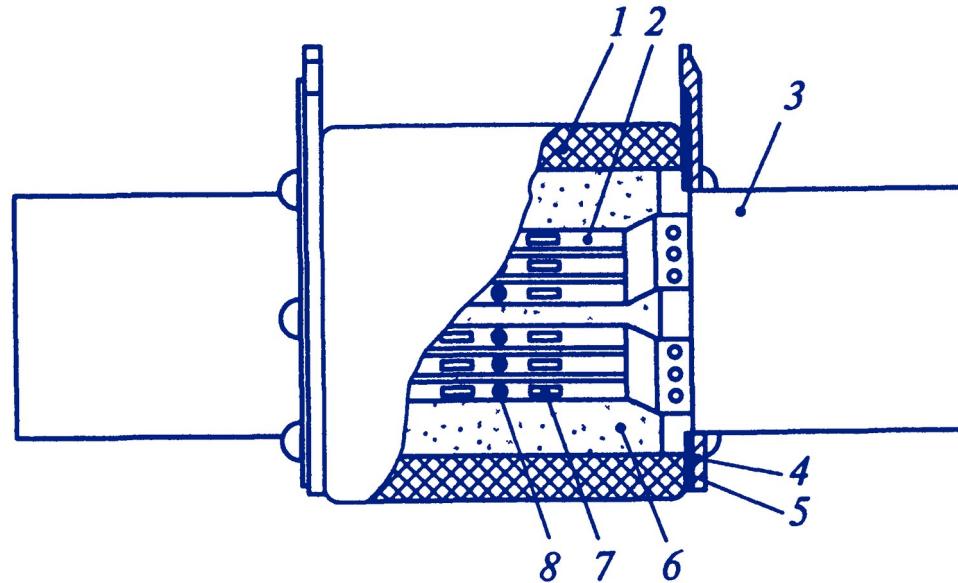


1 –неподвижный контакт; 2 – дугогасительная камера;
3 – подвижный контакт-нож; 4 – шарнирная стойка

Выбор рубильников производится по:
напряжению установки $U_{\text{ном}} > U_{\text{сет.ном}}$;
тoku нагрузки $I_{\text{ном}} \geq I_{\text{норм.расч}}$; $k_{\text{пр}} I_{\text{ном}} \geq I_{\text{прод.расч}}$;
конструктивному выполнению;
электродинамической стойкости $i_{\text{пр.с}} \geq i_{\text{уд}}$;
термической стойкости $I_{\text{тер}}^2 t_{\text{тер}} \geq B_{\text{к}}$.

2. Коммутационные аппараты до 1 кВ

Предохранитель типа ПН-2



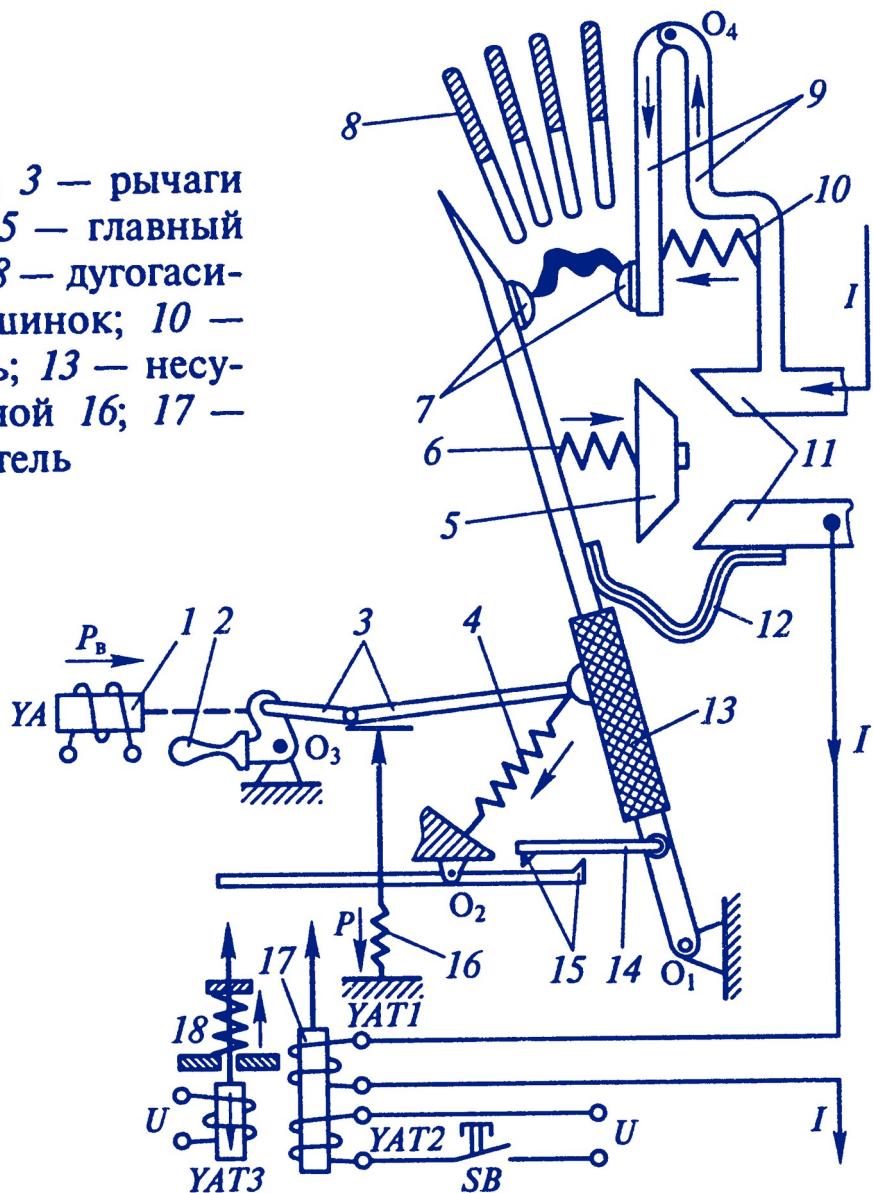
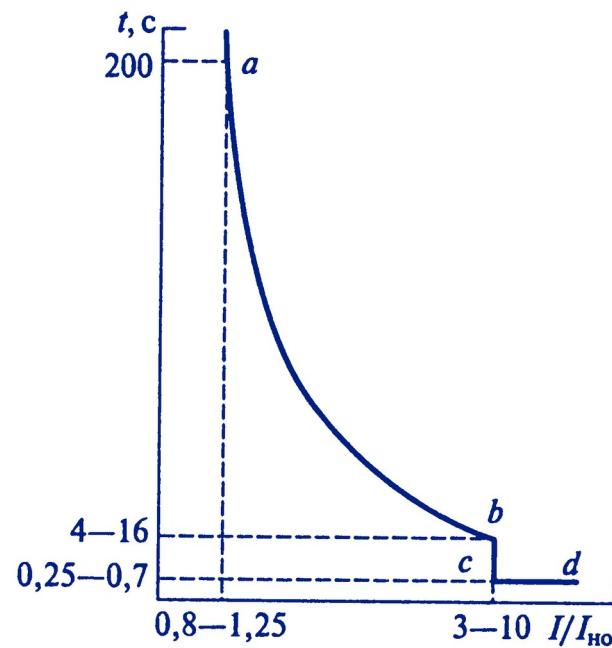
1 — фарфоровая трубка; 2 — плавкая вставка; 3 — контактный нож; 4 — крышка;
5 — уплотняющая прокладка; 6 — кварцевый песок; 7 — прорезь; 8 — шарики
олова

Выбор предохранителей производится:
по напряжению $U_{\text{ном}} = U_{\text{сети}}$;
току предохранителя (основания) $I_{\text{ном}} \geq I_{\text{норм.расч.}}$; $k_{\text{пр}} I_{\text{ном}} \geq I_{\text{норм.расч.}}$;
номинальному току плавкой вставки.

2. Коммутационные аппараты до 1 кВ

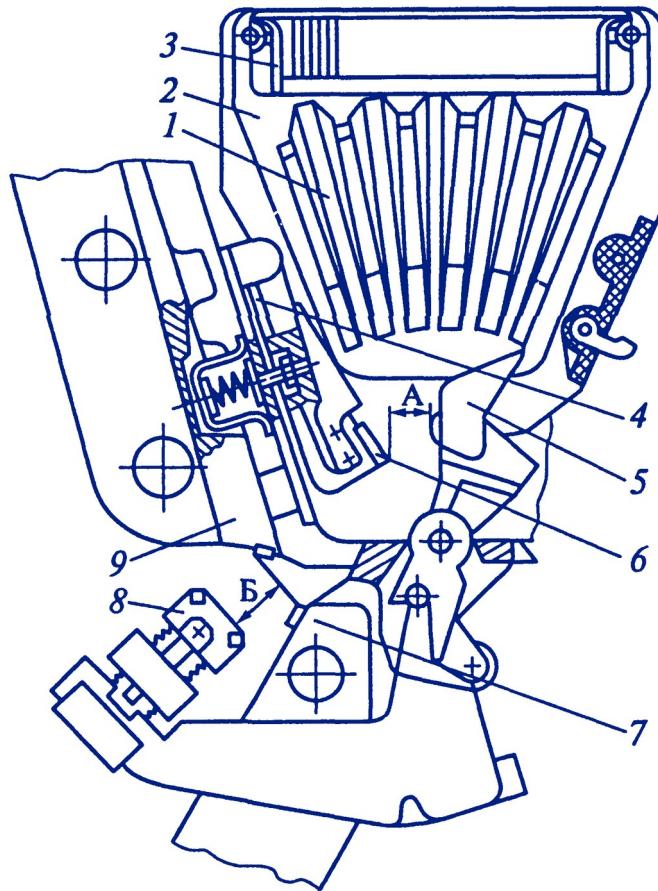
Принципиальная схема автоматического выключателя

1 — электромагнитный привод; 2 — рукоятка ручного включения; 3 — рычаги механизма свободного расцепления; 4 — отключающая пружина; 5 — главный подвижной контакт; 6 — пружина; 7 — дугогасительные контакты; 8 — дугогасительная камера; 9 — электродинамический компенсатор в виде шинок; 10 — пружина; 11 — главные неподвижные контакты; 12 — гибкая связь; 13 — несущая деталь; 14 — удерживающая защелка с зубцами 15 и пружиной 16; 17 — максимальный расцепитель; 18 — минимальный расцепитель



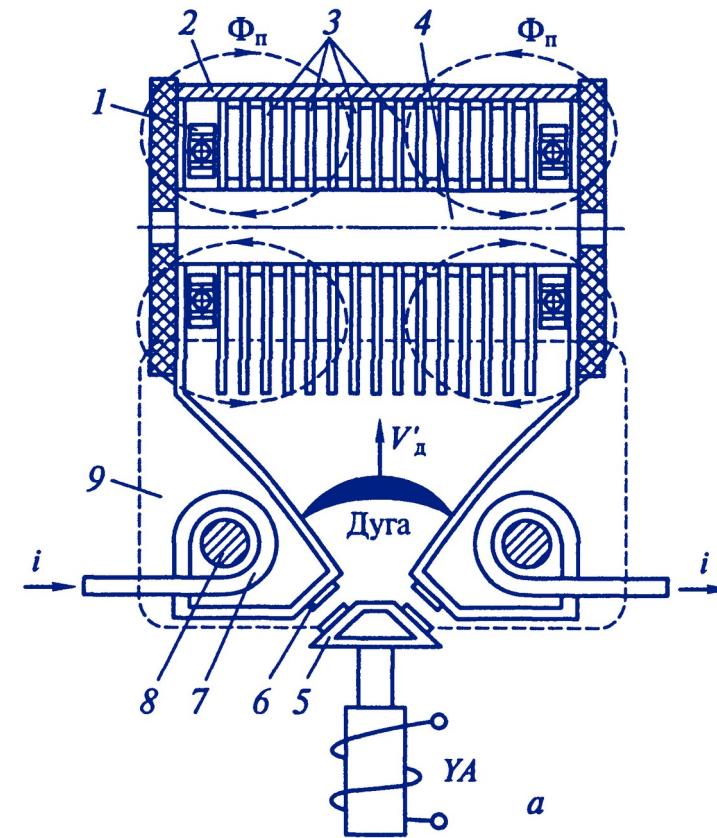
2. Коммутационные аппараты до 1 кВ

Автоматический выключатель серии Э16, Э25, Э40

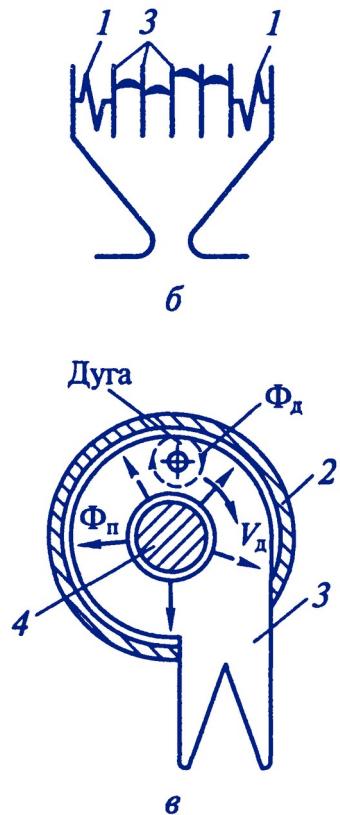


1 — стальные пластины; 2 — корпус; 3 — пламегасительная решетка; 4 — динамический компенсатор; 5, 6 — дугогасительные контакты; 7, 9 — рабочие неподвижные контакты; 8 — подвижный рабочий контакт

Автомат гашения поля



а — конструктивная схема; б — схема включения катушек; в — разрез по дугогасительной решетке; 1 — катушки радиального магнитного поля; 2 — наружный стальной кожух дугогасительной камеры; 3 — медные пластины; 4 — стальной сердечник; 5 — подвижный контакт; 6 — неподвижные контакты; 7 — катушка магнитного дутья; 8 — сердечник катушки 7; 9 — стальные полюса



Автоматический выключатель

Выбор автоматических выключателей производится:

по напряжению установки: $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сет.ном}}$;

роду тока и его величине: $I_{\text{ном}} \geq I_{\text{норм.расч}}; k_{\text{пг}} I_{\text{ном}} \geq I_{\text{прод.расч}}$;

конструктивному исполнению;

коммутационной способности $I_{\text{откл.ном}} \geq I_{\text{пт}} \approx I_{\text{п0}}$,

где $I_{\text{откл.ном}}$ — ток предельной коммутационной способности автомата; $I_{\text{пт}}$ — ток КЗ в момент расхождения контактов (если в расчете отсутствует, то принимают $I_{\text{пт}} \approx I_{\text{п0}}$);

включаемому току $i_{\text{вкл}} \geq i_{\text{уд}}$,

где $i_{\text{уд}}$ — ударный ток КЗ; $i_{\text{вкл}}$ — амплитудное значение номинального тока включения;

термической стойкости $I_{\text{тер}}^2 t_{\text{тер}} \geq B_{\text{к}}$,

где $I_{\text{тер}}$ — ток термической стойкости автомата (если не задан, то принимают $I_{\text{тер}} = I_{\text{откл.ном}}$); $t_{\text{тер}}$ — время термической стойкости, можно принять равным 1 с;

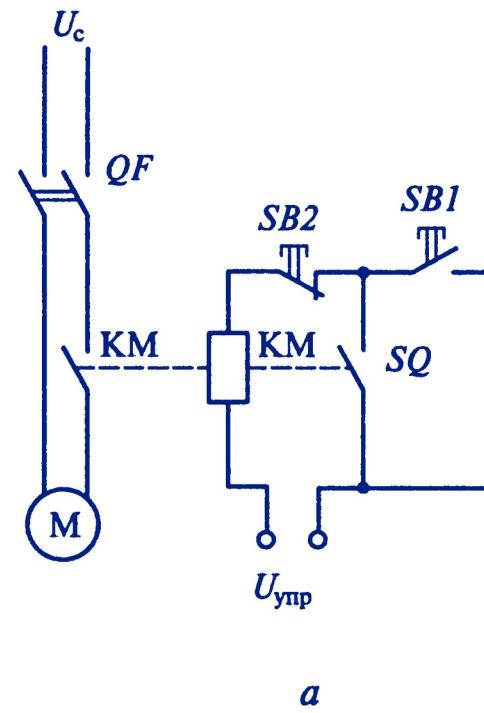
постоянной времени затухания апериодической составляющей тока КЗ

$$T_{\text{a.ном}} \geq T_{\text{a}},$$

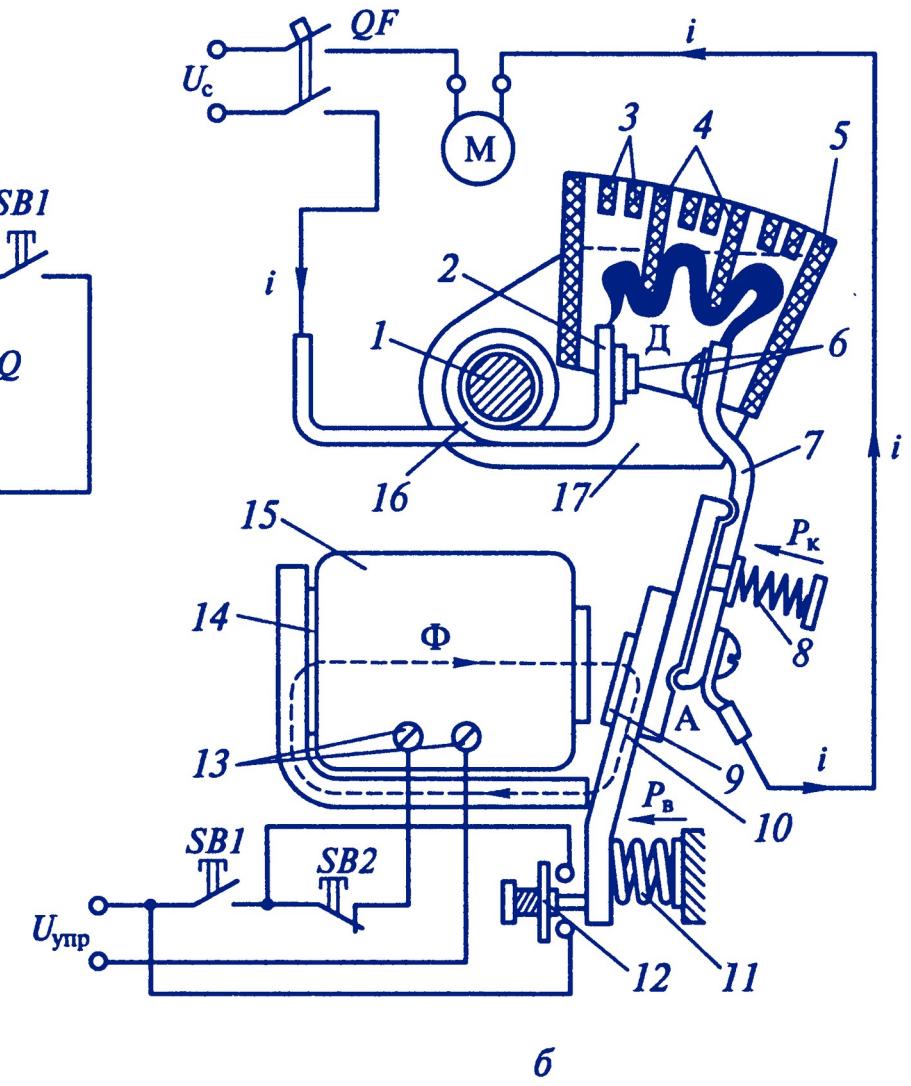
где $T_{\text{a.ном}}$ — значение по каталогу ($0,005 - 0,015$ с), $T_{\text{a}} = \frac{x_{\text{рез}}}{\omega r_{\text{рез}}}$ определяется в расчете токов КЗ.

2. Коммутационные аппараты до 1 кВ

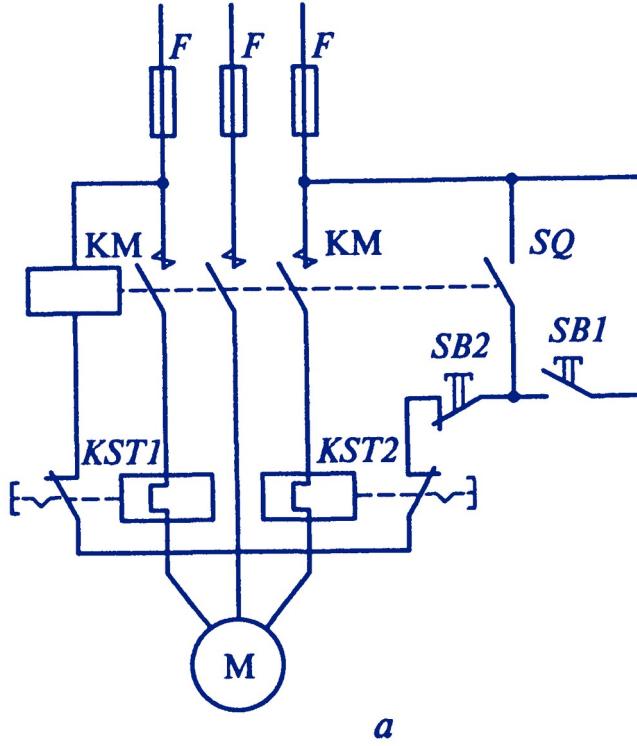
Электромагнитный контактор



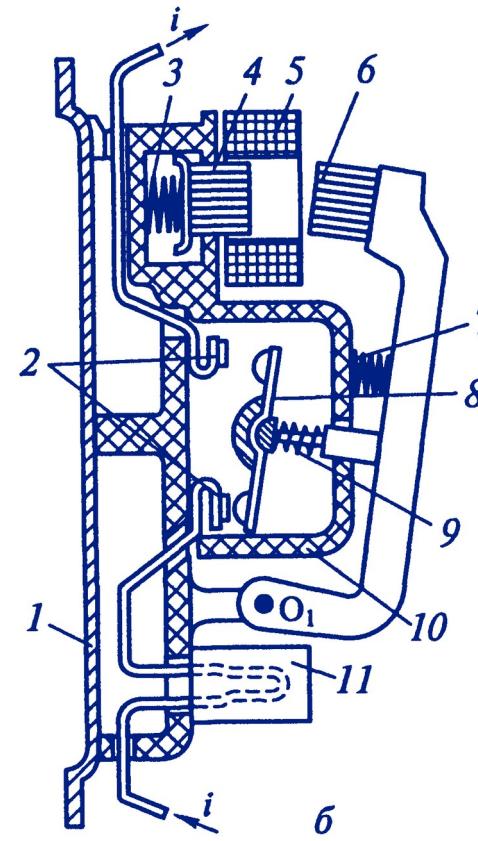
a — электрическая схема однополюсного контактора; *б* — условная конструктивная схема: 1 — стальной сердечник; 2 — неподвижный контакт; 3 — пламегасительная решетка; 4 — изоляционные перегородки; 5 — дугогасительная камера; 6 — накладки контактные; 7 — подвижный контакт; 8 — пружина; 9 — латунная прокладка; 10 — якорь; 11 — пружина; 12 — вспомогательные контакты; 13 — зажимы катушки 15; 14 — сердечник; 16 — катушка; 17 — полюсный наконечник



Магнитный пускатель



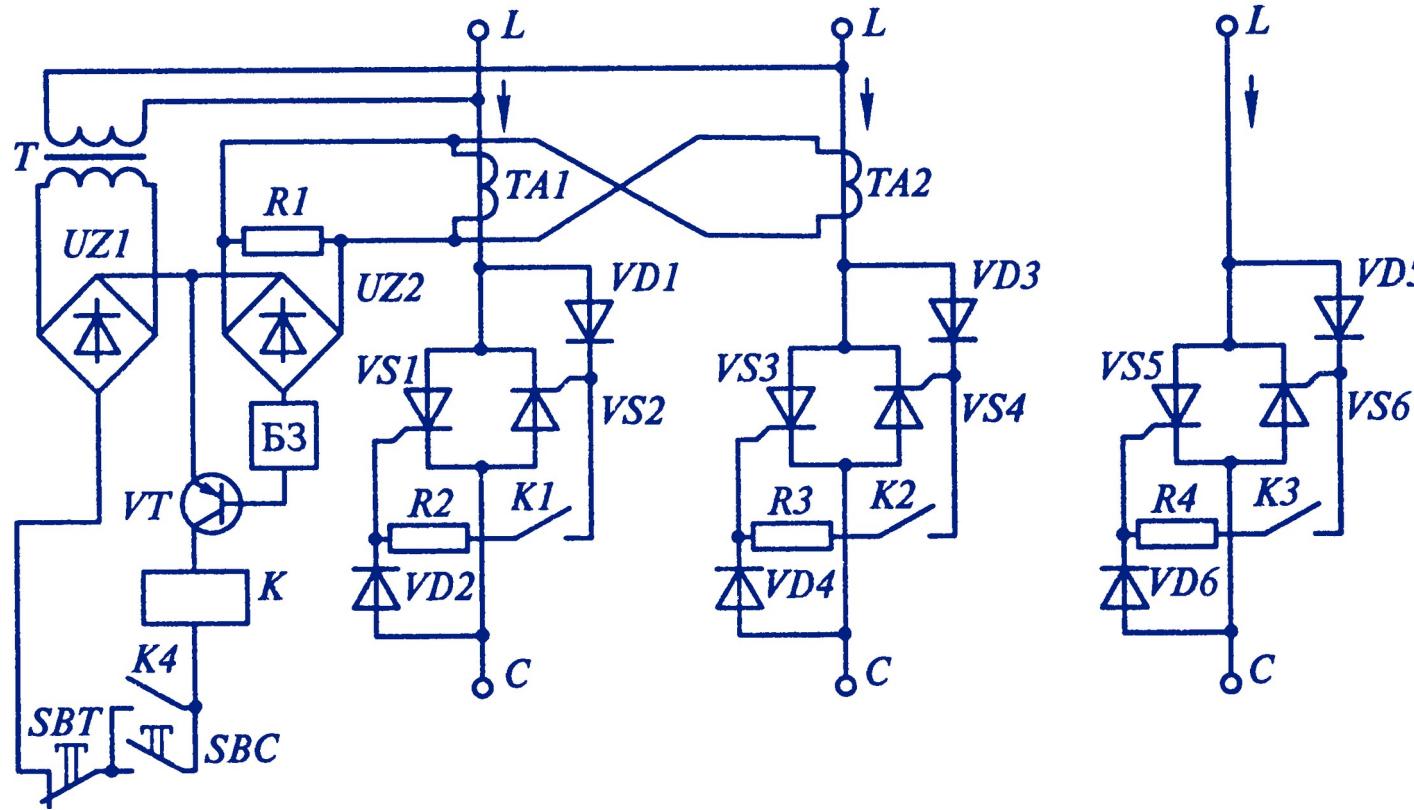
a — электрическая схема; *б* — конструктивная схема: 1 — металлическое основание; 2 — неподвижные контакты; 3 — амортизирующая пружина; 4 — сердечник; 5 — катушка; 6 — якорь электромагнита; 7 — отключающая пружина; 8 — контактный мостик; 9 — пружина; 10 — камера; 11 — тепловое реле



Выбор контакторов и магнитных пускателей производится:
по напряжению установки $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сет.ном}}$;
роду и значению тока $I_{\text{ном}} \geq I_{\text{норм.расч}}; k_{\text{пг}} I_{\text{ном}} \geq I_{\text{прод.расч}}$;
мощности подключаемых электродвигателей $P_{\text{доп}} \geq P_{\text{подкл}}$;
категории применения.

Бесконтактные коммутационные устройства

Тиристорный пускатель



3. Коммутационные аппараты выше 1 кВ

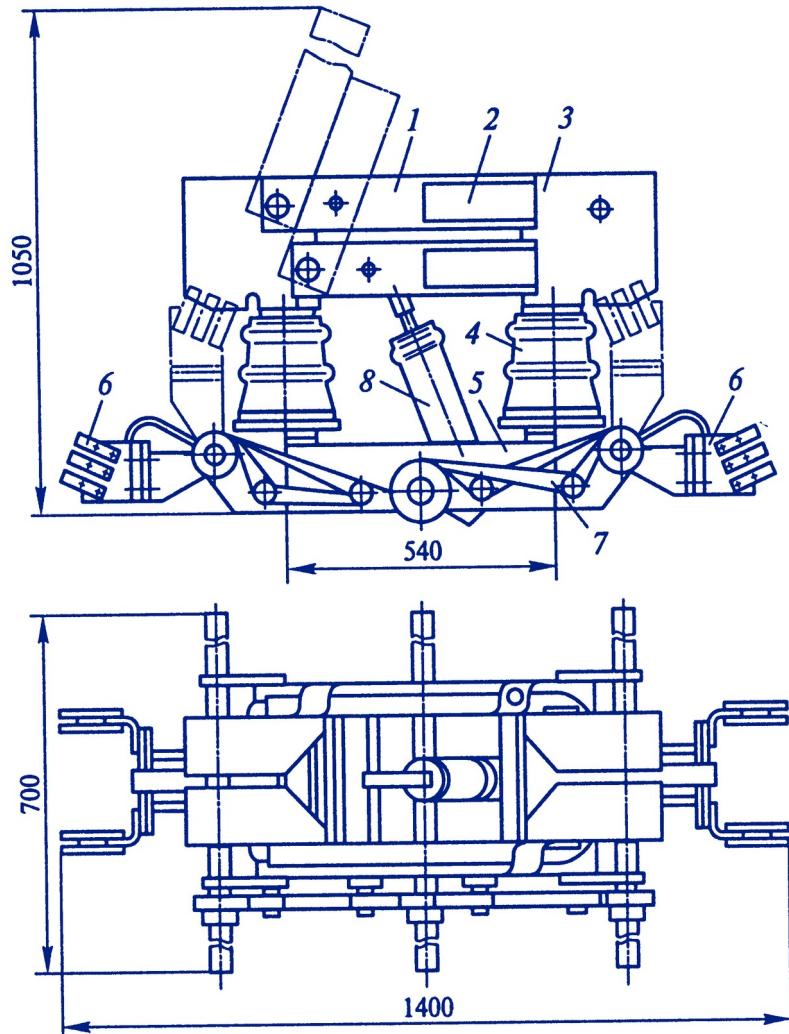
Разъединители

Наибольшие токи намагничивания трансформаторов и зарядные токи линий, допустимые к отключению в наружных РУ разъединителями горизонтального типа

| Номинальное напряжение, кВ | Расстояние между полюсами, м | Ток намагничивания, А | Зарядный ток линий, А |
|----------------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 20—35 | 1 | 2,3 | 1,0 |
| | 2 | 11,0 | 3,5 |
| 110 | 2,5 | 8,0 | 3,0 |
| | 3,5 | 14,5 | 5,0 |
| 150 | 3,0 | 2,3 | — |
| | 6,0 | 17,0 | — |
| 220 | 5,0 | 8,0 | — |
| | 6,8 | 17,0 | — |

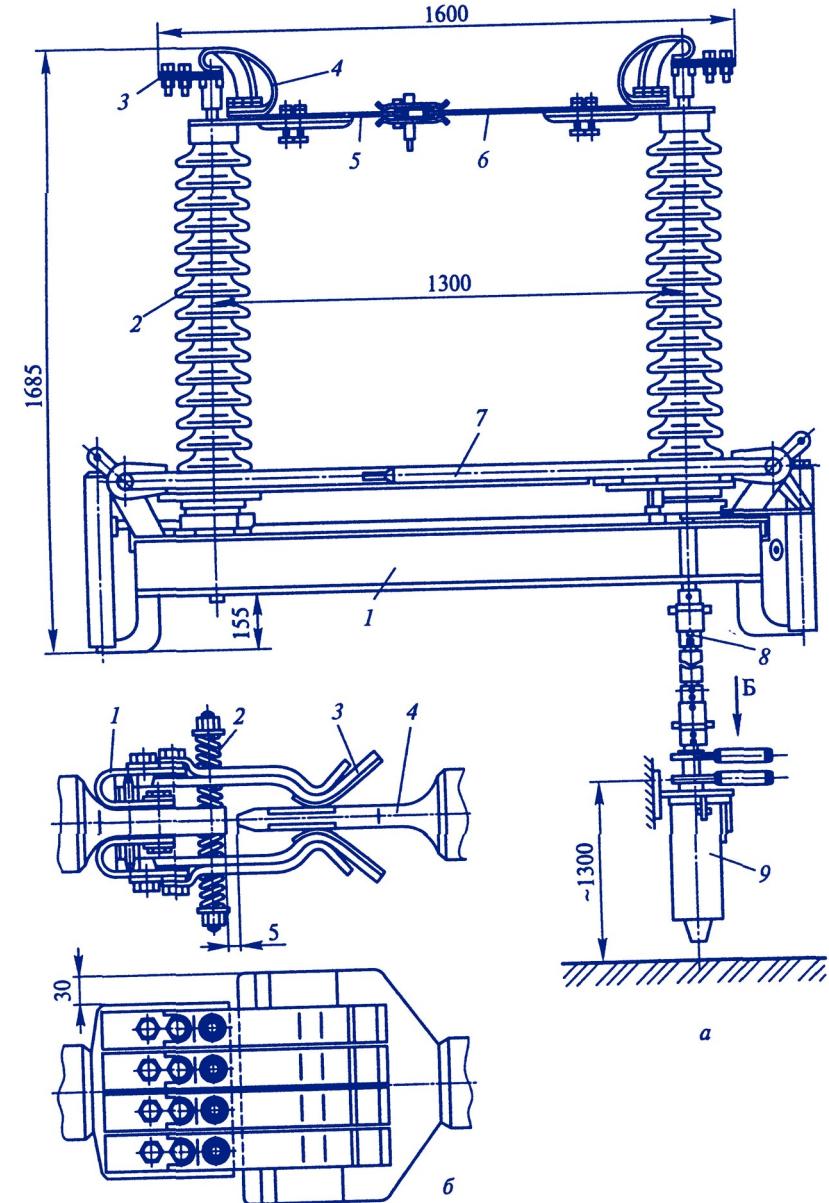
3. Коммутационные аппараты выше 1 кВ

Разъединитель РВРЗ-2-20/8000



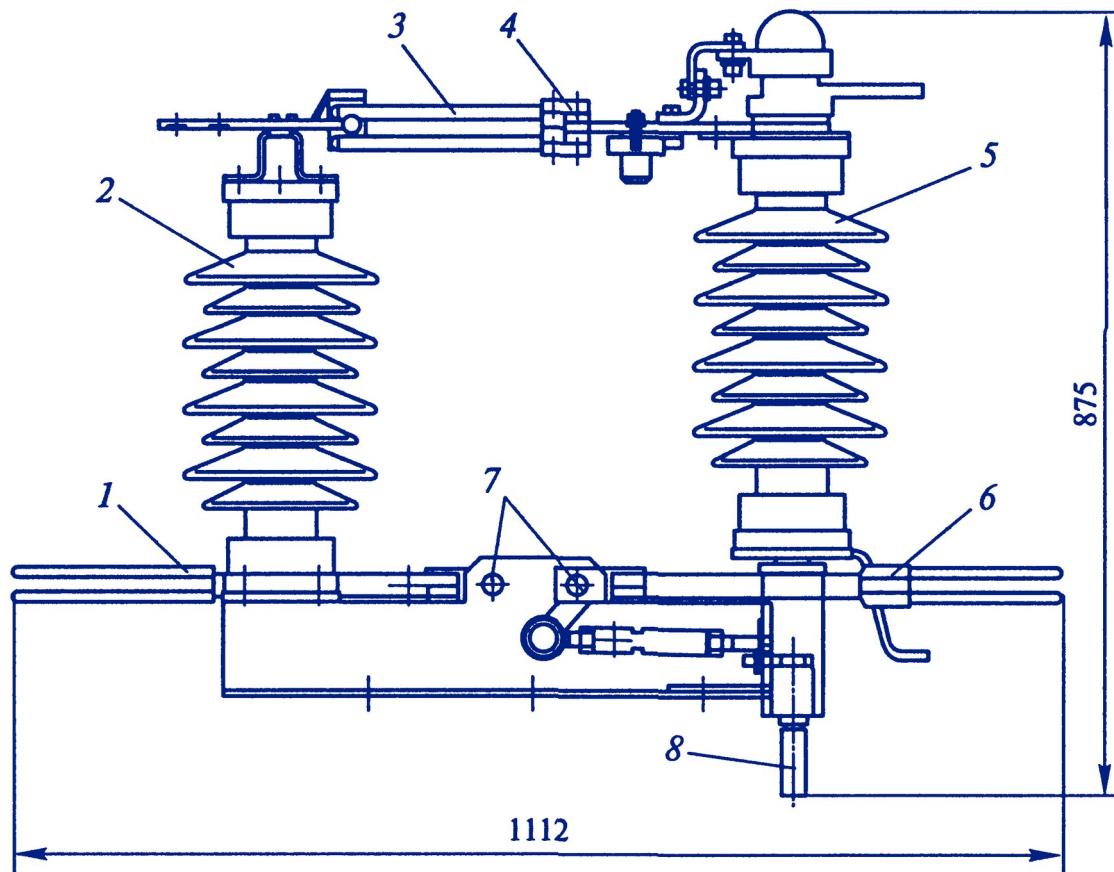
1 — подвижные главные контакты; 2 — стальные пластины; 3 — неподвижный контакт; 4 — опорный изолятор; 5 — рама; 6 — заземляющие ножи; 7 — механическая блокировка между главными и заземляющими ножами; 8 — фарфоровая тяга

Разъединитель РНДЗ-2-110



3. Коммутационные аппараты выше 1 кВ

Разъединитель РГ-35/2000УХЛ1



1 — заземлитель; 2 — неподвижная колонка; 3 — полунож двухполосный; 4 — разъемный контакт; 5 — подвижная колонка; 6 — заземлитель; 7 — валы ножей заземлителей; 8 — тяга к приводу

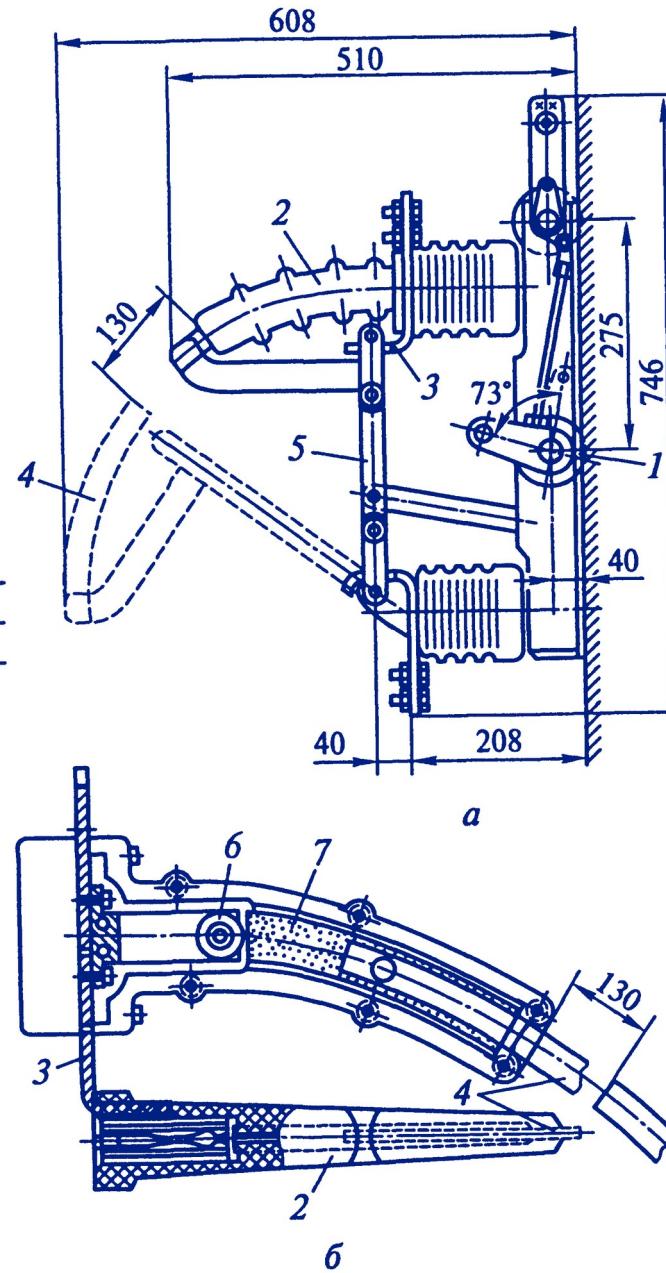
Отделители и короткозамыкатели

Выбор разъединителей и отделителей производится:
по напряжению $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сет.ном}}$;
току $I_{\text{ном}} \geq I_{\text{норм.расч}}; k_{\text{пр}} I_{\text{ном}} \geq I_{\text{пред.расч}}$;
конструкции, роду установки;
электродинамической стойкости $i_{\text{пр.скв}} \geq i_{\text{уд}}$; $i_{\text{пр.скв}} \geq I_{\text{п0}}$;
термической стойкости $I_{\text{тер}}^2 t_{\text{тер}} \geq B_{\text{к}}$.

3. Коммутационные аппараты выше 1 кВ

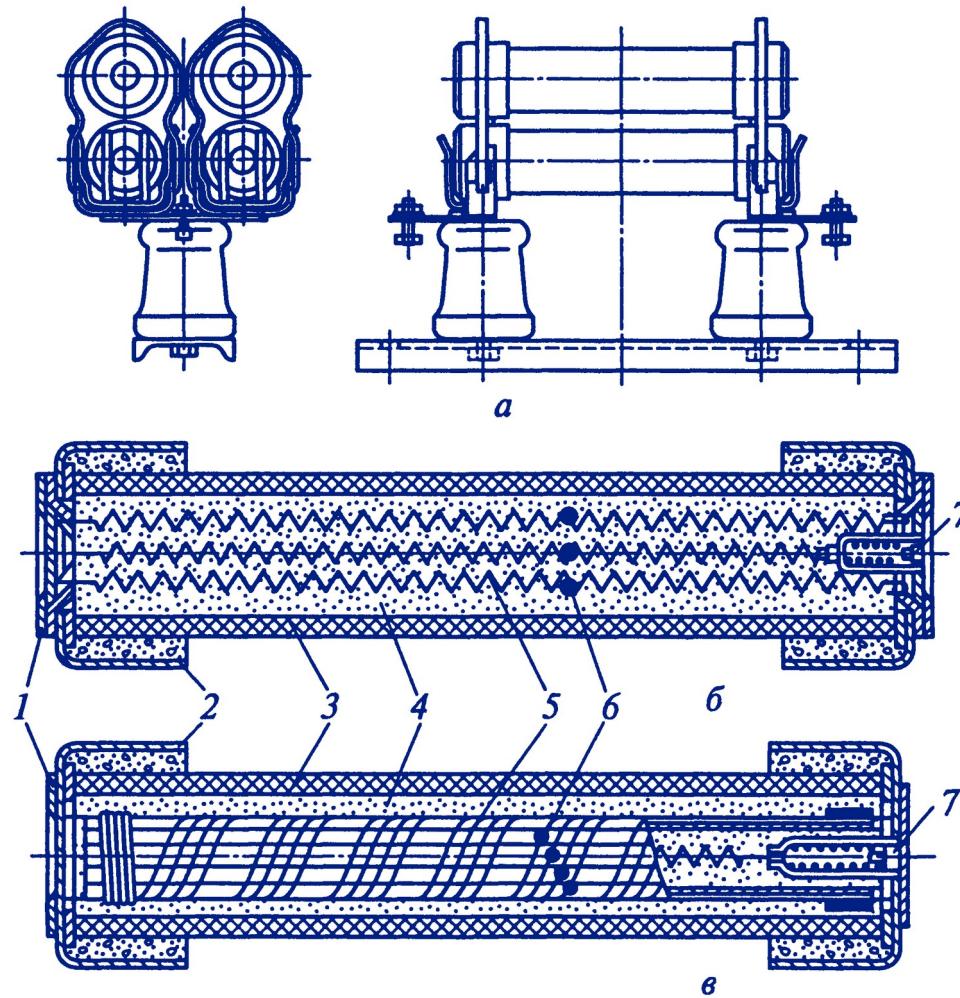
Выключатель нагрузки ВНПР

а — 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



3. Коммутационные аппараты выше 1 кВ

Плавкий предохранитель выше 1 кВ типа ПК



а — 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

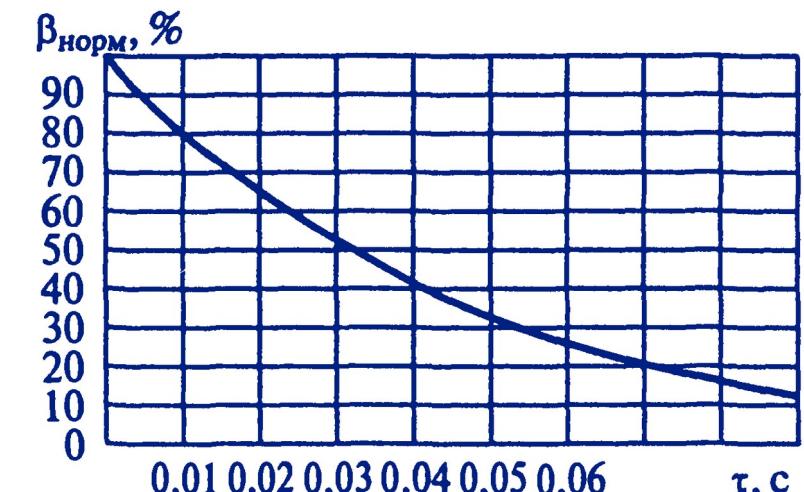
4. Выключатели высокого напряжения

Основные параметры высоковольтных выключателей

- 1) Номинальный ток отключения – $I_{\text{ном откл.}}$;
- 2) Допустимое относительное содержание апериодической составляющей тока в токе отключения $\beta_{\text{норм.}}, \%$;
- 3) Цикл операций, (О – 180с – ВО – 180с – ВО);
- 4) Стойкость при сквозных токах ($I_{\text{тер.}}$, $I_{\text{дин}}$ или $i_{\text{дин}}$);
- 5) Номинальный ток включения ($I_{\text{вкл ном.}}$);
- 6) Собственное время отключения ($t_{\text{с.в.}}$);
- 7) Время отключения – $t_{\text{откл.в.}}$;
- 8) Время включения – $t_{\text{вкл.в.}}$;
- 9) Параметры восстанавливающегося напряжения;

Номинальный ток— действующее значение наибольшего тока, допустимого по условиям нагрева токоведущих частей выключателя в продолжительном режиме, принимающее следующие значения: 200; 400; 600; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000; 6300; 8000; 10 000; 12 500; 16 000; 20 000; 25 000; 31 500 А.

Номинальным током отключения - действующее значение тока, которого может отключить выключатель при наибольшем рабочем напряжении и нормированных условиях восстановления напряжения: 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 35,5; 40; 45; 50; 56; 63; 71; 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200; 224; 250 кА



4. Выключатели высокого напряжения

Требования, предъявляемые к высоковольтным 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;
- возможность пофазного (пополюсного) управления для выключателей 110 кВ и выше;
- легкость ревизии и осмотра контактов;
- взрыво- и пожаробезопасность;
- удобство транспортировки и эксплуатации.

Выключатели высокого напряжения должны длительно выдерживать номинальный ток $I_{\text{ном}}$ и номинальное напряжение $U_{\text{ном}}$.

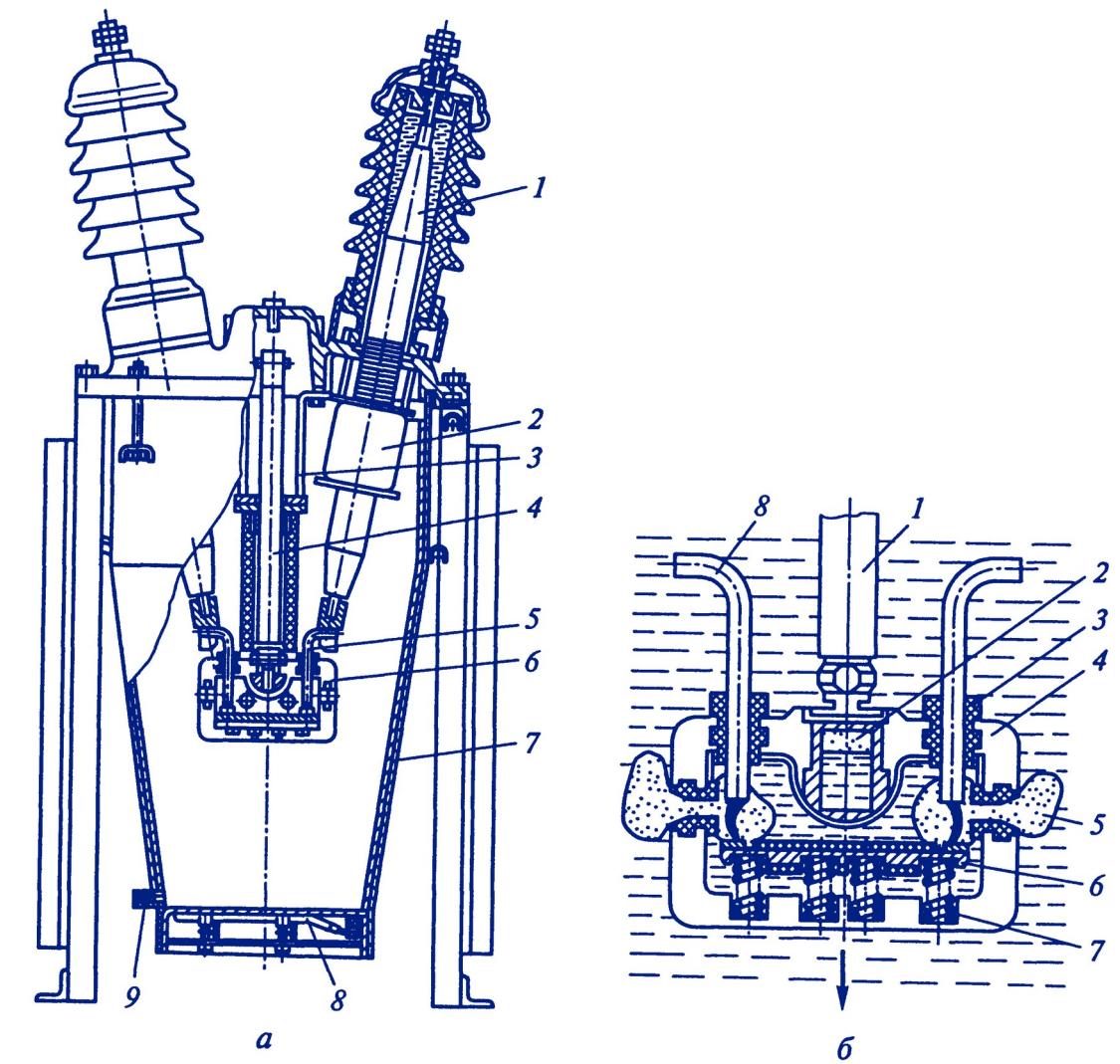
4. Выключатели высокого напряжения

Масляной баковый выключатель С-35-630-10

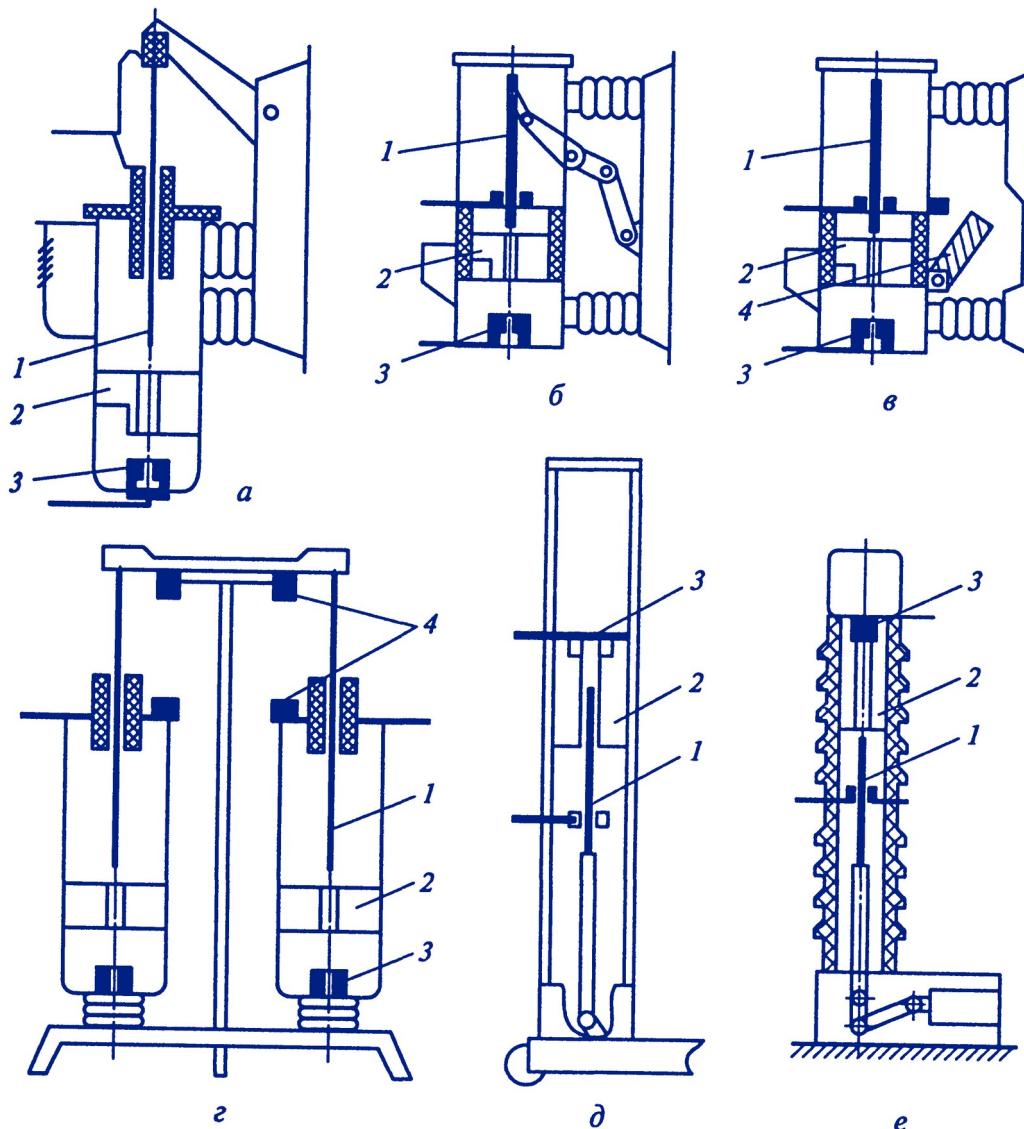
Основные преимущества: простота конструкции, высокая отключающая способность, пригодность для наружной установки, возможность установки встроенных трансформаторов тока.

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, большая масса, неудобство перевозки, монтажа и наладки.

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; *b* — 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

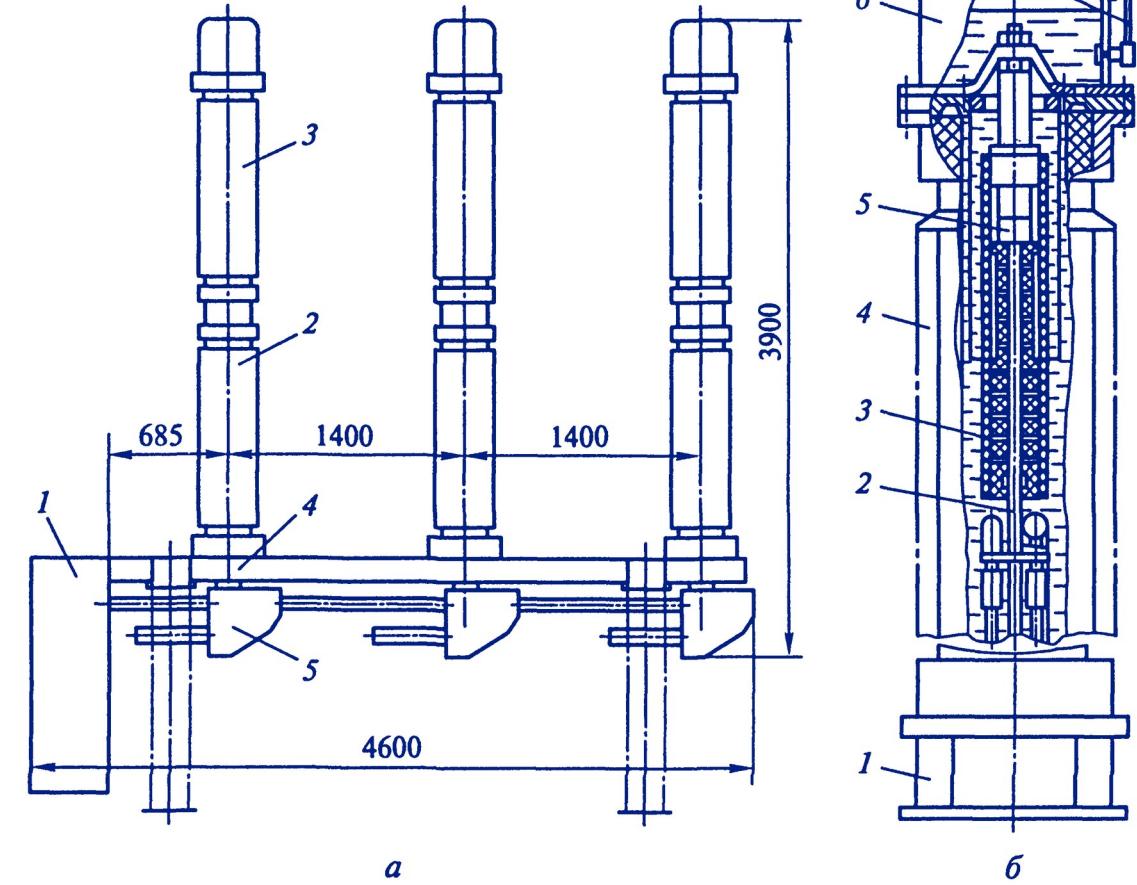


4. Выключатели высокого напряжения



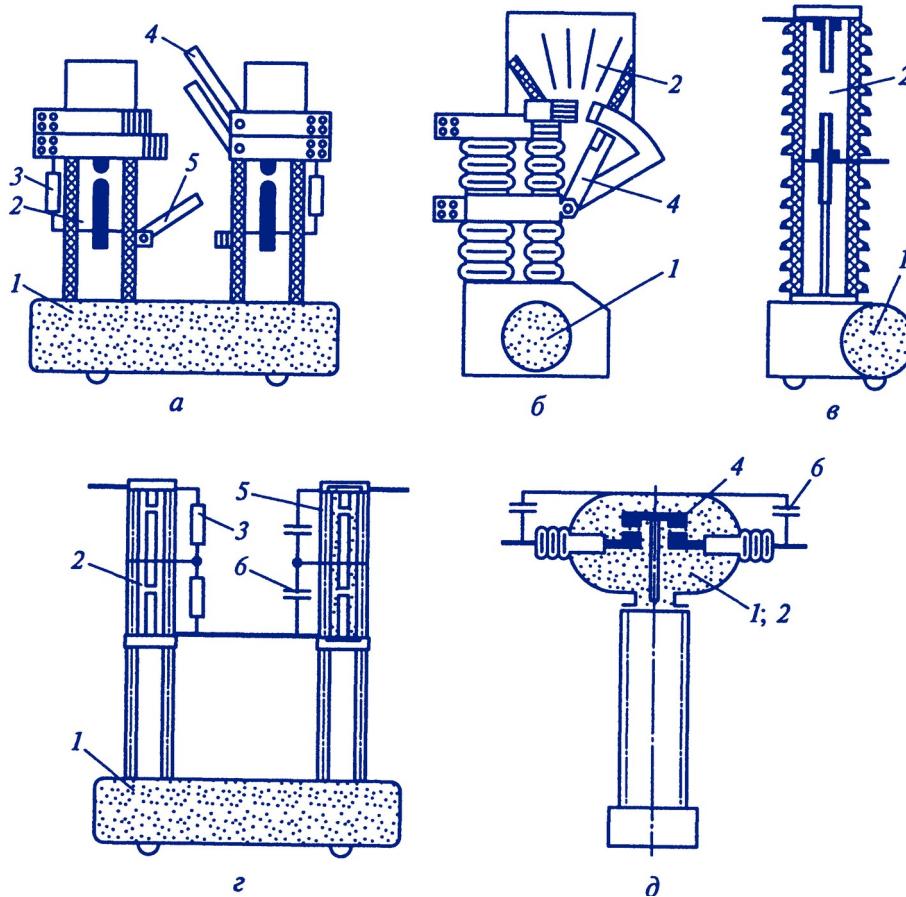
Конструктивные схемы маломасляных выключателей (а — е):
 1 - дугогасительные контакты; 2 - дугогасительная камера;
 3 - неподвижные контакты; 4 — рабочие контакты

Маломасляной выключатель ВМТ-110



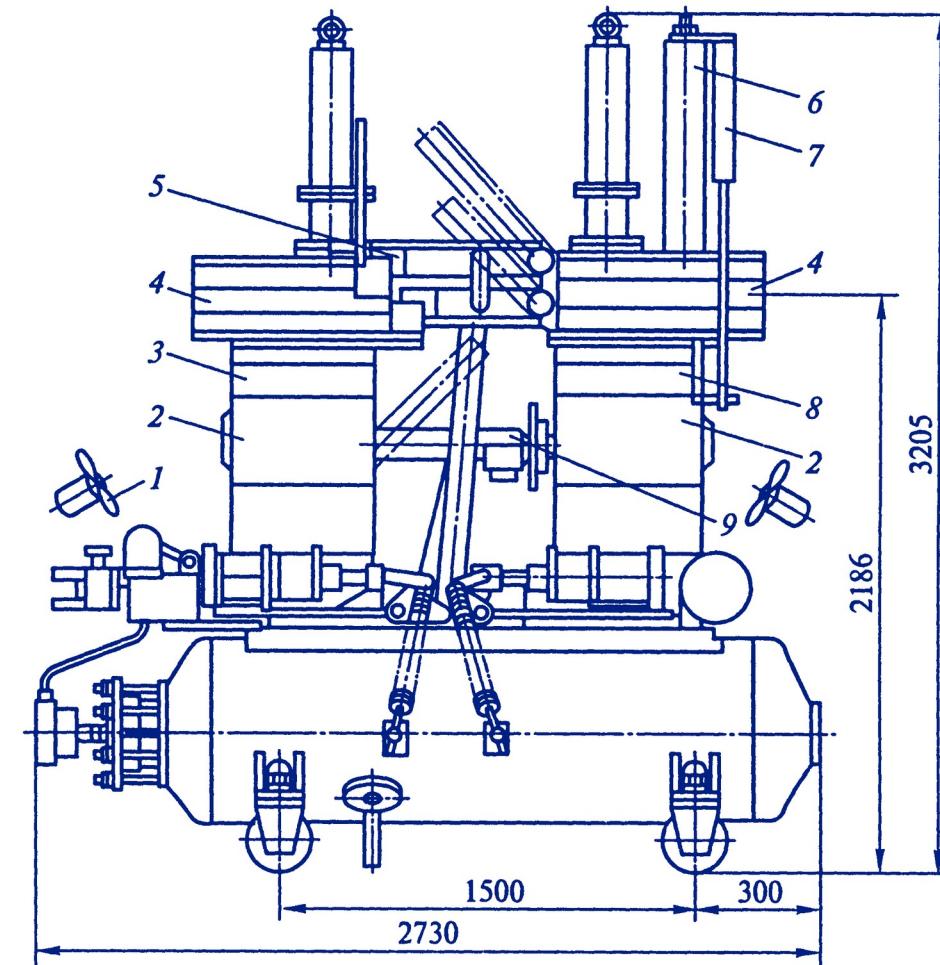
а — общий вид: 1 — пружинный привод; 2 — опорный изолятор; 3 — дугогасительное устройство; 4 — основание выключателя; 5 — механизм управления; б — дугогасительный модуль: 1 — токоотвод; 2 — подвижной контакт; 3 — дугогасительная камера; 4 — полый фарфоровый изолятор; 5 — неподвижный контакт; 6 — колпак; 7 — буферный объем; 8 — указатель уровня масла

4. Выключатели высокого напряжения



Конструктивные схемы воздушных выключателей (а-д):
 1 – резервуар со сжатым воздухом; 2 – дугогасительная камера; 3 – шунтирующий резистор; 4 – главные контакты; 5 – разделитель; 6 – емкостный делитель напряжения

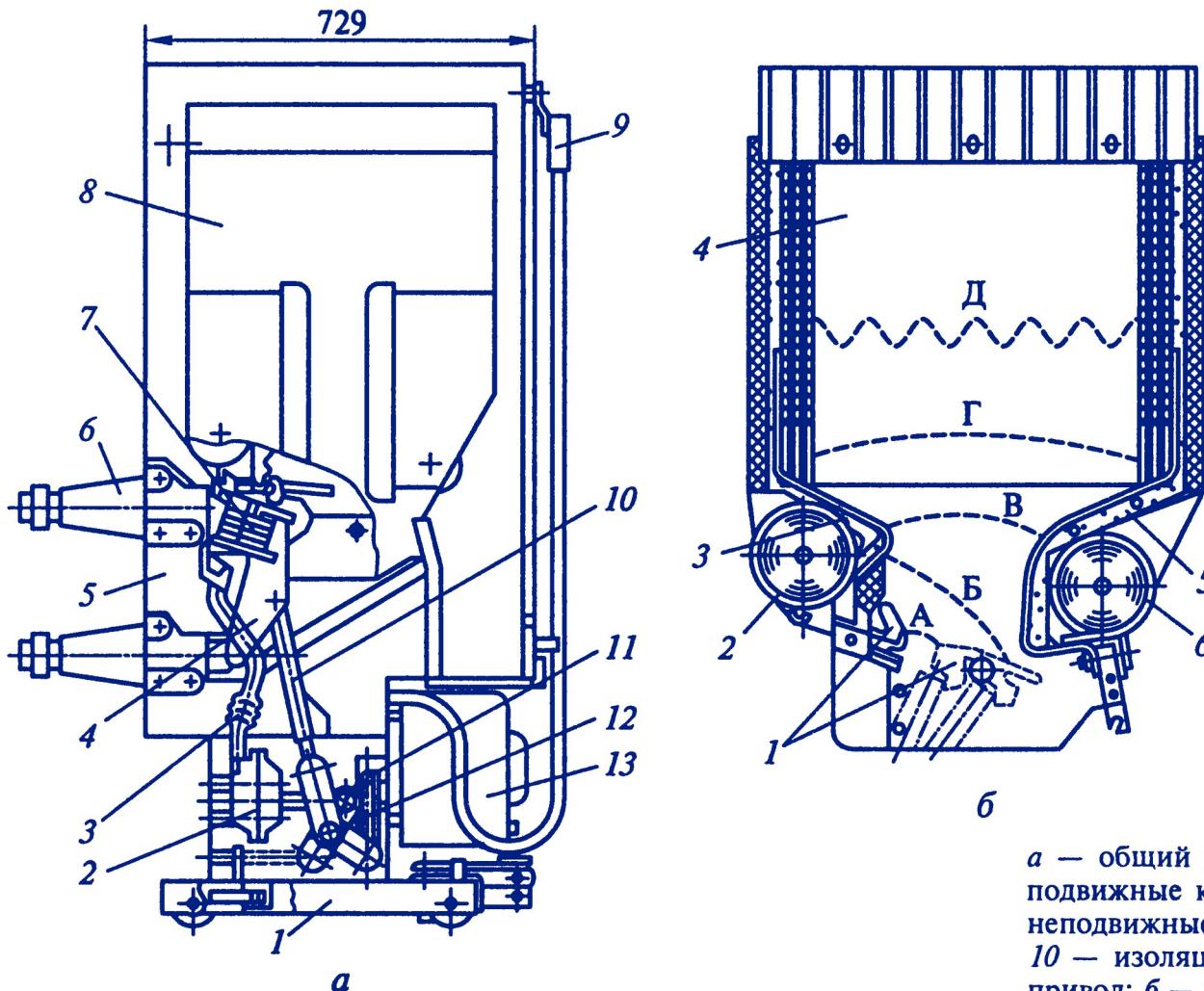
Воздушный выключатель ВВГ-20



а – общий вид; б – схема электрическая функциональная; 1 – вентилятор обдува; 2 – резистор; 3, 8 – дугогасительные камеры; 4 – контактные выводы; 5 – разъединитель; 6 – вспомогательная камера с резистором 7; 9 – разделитель

4. Выключатели высокого напряжения

Электромагнитный выключатель ВЭ-10-40



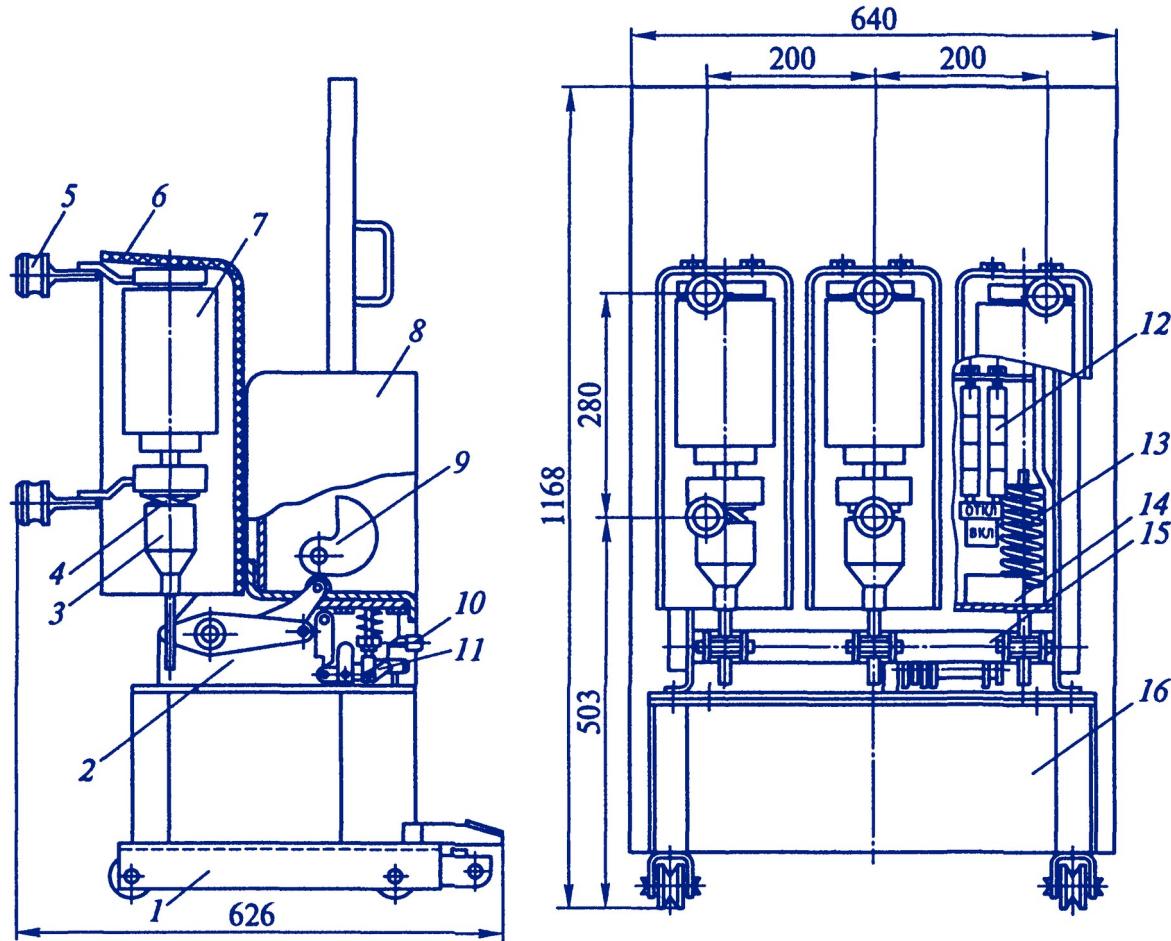
a — общий вид: 1 — основание; 2 — электромагнит; 3 — медный рог; 4 — подвижные контакты; 5 — полюс выключателя; 6 — проходной изолятор; 7 — неподвижные контакты; 8 — дугогасительная камера; 9 — штепсельный разъем; 10 — изоляционная тяга; 11 — рычаги связи с валом выключателя 12; 12 — привод; 13 — винт;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

Достоинства: 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.

3. Выключатели высокого напряжения

Вакуумный выключатель ВБП-С-10- 31,5/1600 УЗ



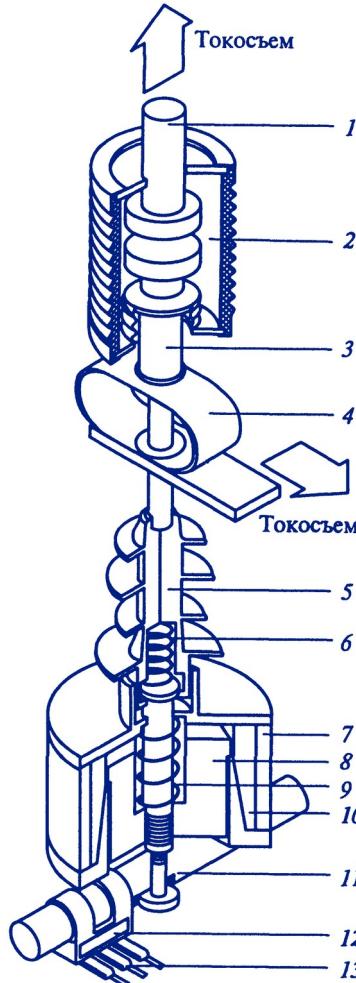
Достоинства: простота конструкции, высокая степень надежности, высокая коммутационная износостойкость, малые размеры, пожаро- и взрывобезопасность, отсутствие загрязнения окружающей среды, малые эксплуатационные расходы.

Недостатки: сравнительно небольшие номинальные токи и токи отключения, возможность коммутационных перенапряжений.

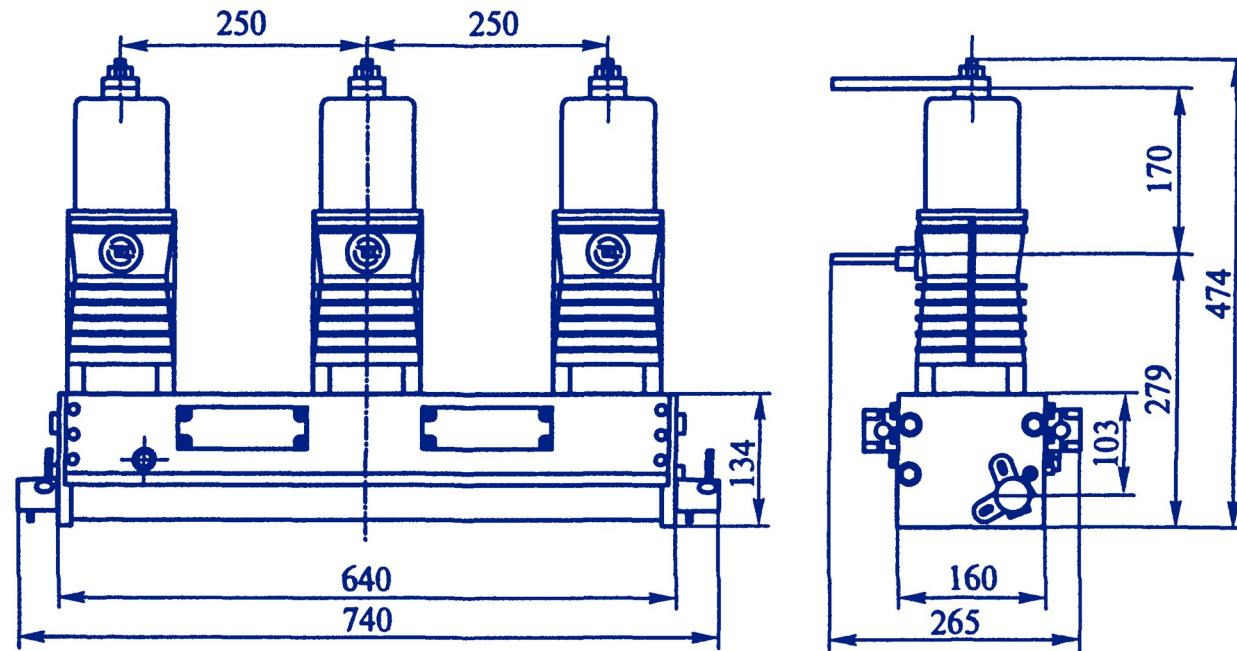
1 — выкатная тележка; 2 — рама; 3 — изоляционные тяги; 4 — узел поджатия; 5 — токовыводы; 6 — изоляционный каркас; 7 — вакуумная дугогасительная камера (КДВ); 8 — пружинно-моторный привод; 9 — кулачковый вал привода; 10 — кнопка отключения; 11 — блок защелок; 12 — блок сигнализации; 13 — отключающая пружина; 14 — буфер; 15 — вал выключателя; 16 — индукционно-динамическое устройство управления (ИДУУ)

3. Выключатели высокого напряжения

Вакуумный выключатель ВВ-TEL-10- 1000



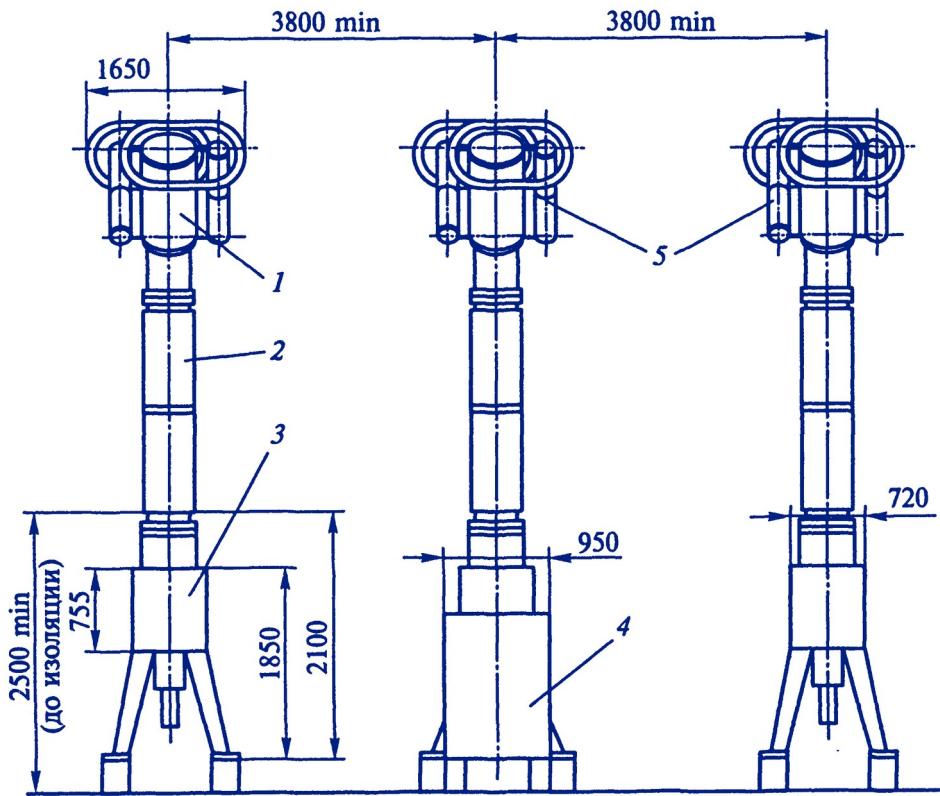
a



а — конструктивная схема полюса: 1 — неподвижный контакт ВДК; 2 — вакуумная камера (ВДК); 3 — подвижный контакт ВДК; 4 — гибкий токосъем; 5 — тяговый изолятор; 6 — пружина поджатия; 7 — кольцевой магнит; 8 — якорь; 9 — отключающая пружина; 10 — катушка; 11 — вал; 12 — постоянный магнит; 13 — герконы (контакты для внешних вспомогательных цепей); *б* — общий вид выключателя: 1, 2 — подключение главных цепей; 3 — кнопка ручного отключения; 4 — заземление; 5 — подключение вторичных цепей (см. также с. 263)

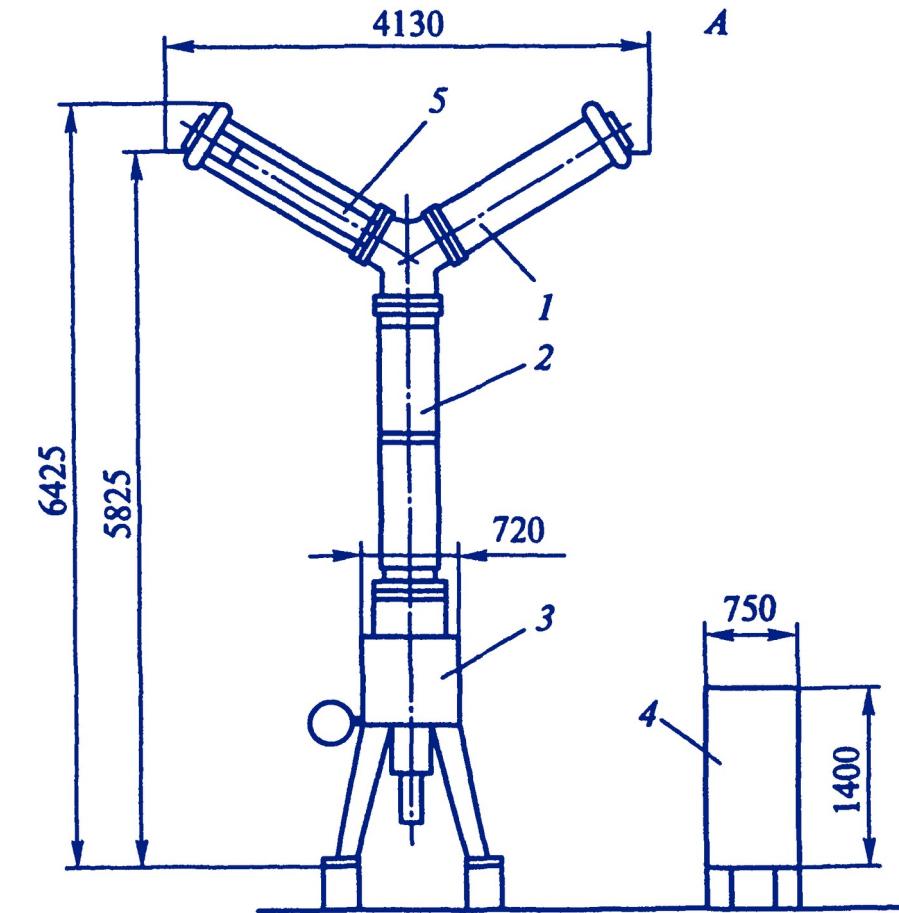
4. Выключатели высокого напряжения

Элегазовый выключатель ВГУ-220-45/3150



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

Достоинства: 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.

4. Выключатели высокого напряжения

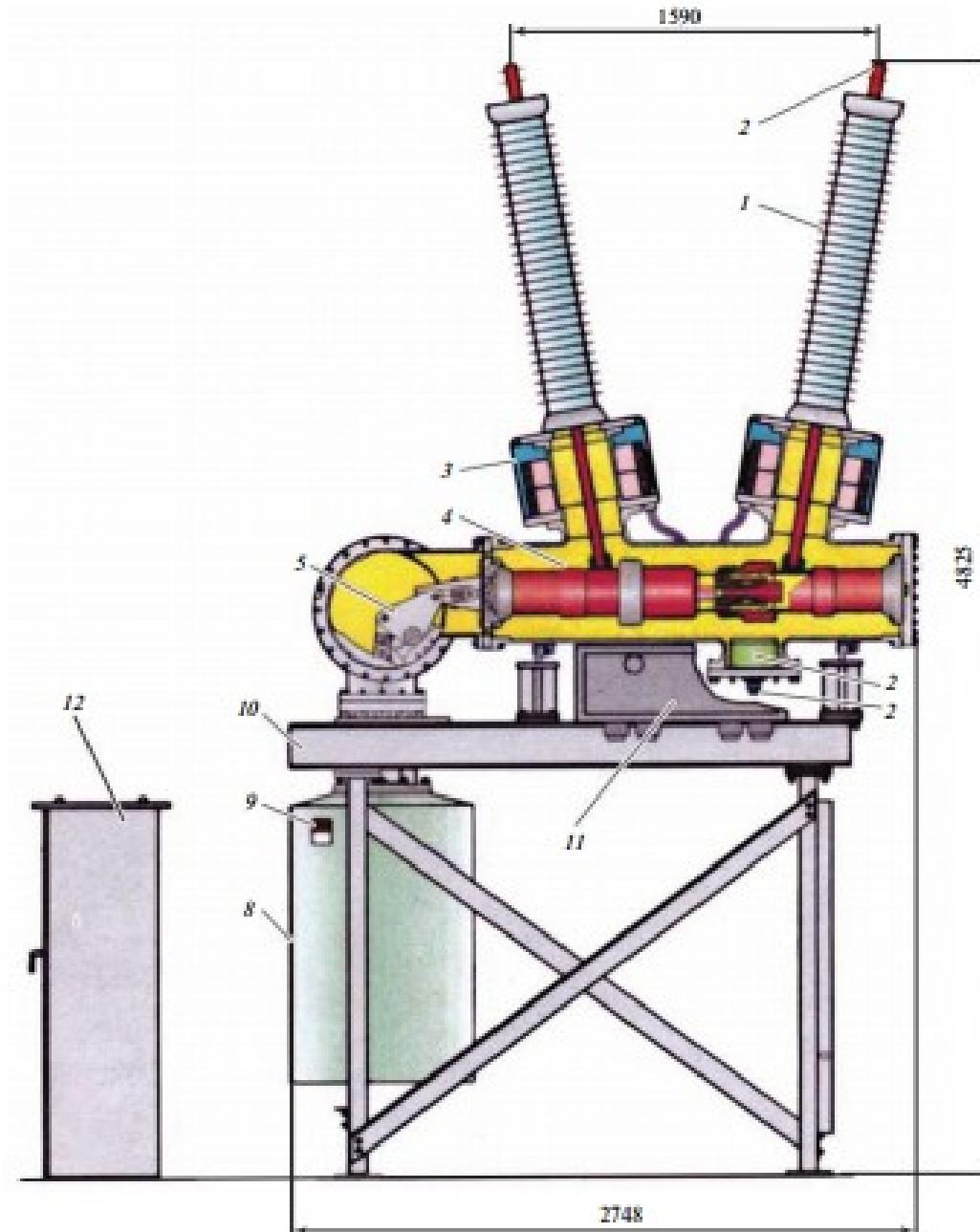
Элегазовый выключатель ВГБУ-110-40/2000 У1.

- 1— ввод;
- 2— контактная пластина;
- 3— блок трансформаторов тока;
- 4— гасительное устройство;
- 5— передаточный механизм;
- 6— фильтр;
- 7— разъем заполнения элегазом;
- 8— гидропривод;
- 9— указатель положения;
- 10— рама;
- 11— шкаф клеммных сборок;
- 12— шкаф аппаратный

$U_{\text{ном}}$ – 110 кВ;

$I_{\text{ном}}$ – 2000 А;

$I_{\text{н.откл}}$ – 40 кА.



5. Бақылау сұрақтары

Келесі сұрақтарға жауап беріңіз:

1. «Номиналды ток» және «номиналды өшіру тогы» үғымдарының айырмашылығы неде?
2. Ауалы ажыратқыштарындағы электр доғасын сөндірудің ерекшеліктері қандай?
3. 220 кВ жоғары кернеудегі ауалы ажыратқыштарының модульдік конструкциясы қандай?
4. SF6 газында доғаның өшү ерекшеліктері қандай?
5. Газ оқшауланған тарату құрылғыларының ұяшықтарының артықшылықтары қандай?
6. Майлы ажыратқыштардағы доғаны сөндіру процесінің негізгі кезеңдерін атаңыз.
7. Электромагниттік қосқышта доғаның сөну ерекшелігі неде?
8. Тарату құрылғыларының тізбектеріндегі айырғыштардың рөлі қандай?