

Автоматические выключатели

Автоматический выключатель предназначен для коммутации цепей при аварийных режимах, а также нечастых оперативных включений и отключений электрических цепей.

Автоматические выключатели

- Автоматические выключатели изготавливают для цепей переменного до 1000 В и постоянного тока до 440 В одно-, двух-, трех- и четырехполюсные на номинальные токи от 6,3 до 6300 А.
- Автоматические выключатели имеют реле прямого действия, называемые расцепителями, которые обеспечивают отключение при перегрузках, КЗ, снижении напряжения. Отключение может происходить без выдержки времени или с выдержкой.
- Автоматические выключатели изготавливают с ручным и двигательным приводом, в стационарном или подвижном исполнении.

Способы гашения электрической дуги (дугогасительные устройства)

- При коммутациях в электрических сетях, особенно при отключении (разрыве) контактов, образуется электрическая дуга. При этом она сильно **нагревает контактные поверхности**, что способствует быстрому износу (выгоранию) контактов. Так же другим опасным фактором является **появление перенапряжений** в сети связанное с переходными процессами электрической сети (появление искрового пробоя). Для борьбы с вредными последствиями применяется ряд технических решений которые разделяются на **гашение дуги в различных средах и дугогасительные устройства**.
- **Дугогасительные устройства:**

Способы гашения электрической дуги (дугогасительные устройства)

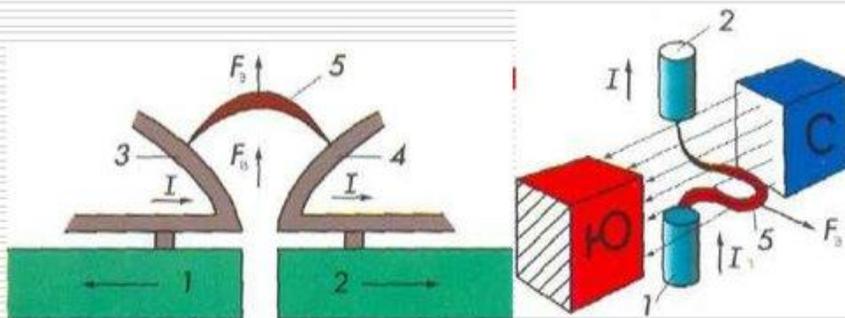
- **быстродействующие системы отключения (включения) контактов.** Чем быстрее процесс коммутации, тем быстрее электрическая дуга исчезнет. Пример: применение пружин в механизмах отключения контактов
- **дугогасительные (предварительные) контакты (многоступенчатые системы).** Эти контакты проще и дешевле, чем силовые. Они быстро приходят в негодность и быстро меняются. Пример дугогасительные контакты – рога.
- **дугогасительные камеры.** Специальные камеры, в которых электрическая дуга нагревает среду (воздух или газ) в результате чего возникают конвекционные потоки которые разрывают дугу.

Содержание

Дугогасительные устройства электрических аппаратов

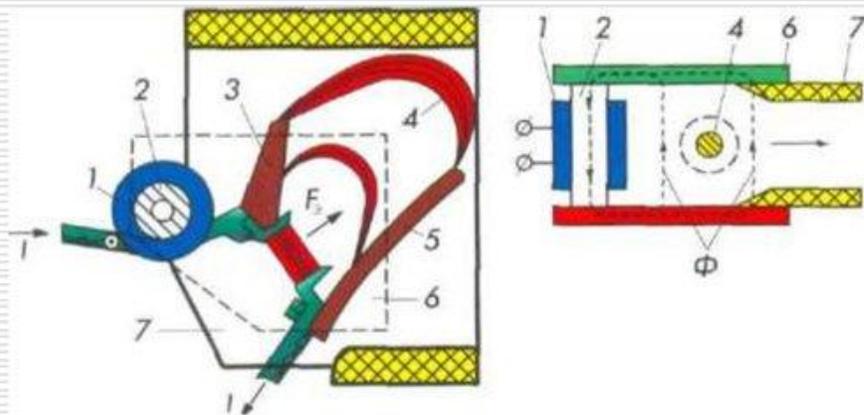
При размыкании контактов электрического аппарата возникает электрическая дуга, которая отрицательно влияет на контакты. Способы гашения дуги могут быть самыми различными, но все они основываются на следующих принципах: принудительное удлинение дуги; охлаждение межконтактного промежутка воздухом или газом; разделение дуги на ряд отдельных дуг

Устройства удлинения дуги



Дугогасительное устройство с защитными рогами

Принцип гашения путем удлинения дуги используется в аппаратах с защитными рогами и в разъединителях. Электрическая дуга 5, возникающая между контактами 1 и 2 при их размыкании, поднимается вверх под действием усилия F_b , создаваемого потоком нагретого ею воздуха, растягивается и удлиняется на расходящихся неподвижных рогах 3 и 4, что приводит к ее гашению. Удлинению и гашению дуги способствует также электродинамическое усилие F_z , создаваемое в результате взаимодействия тока дуги с возникающим вокруг нее магнитным полем. В этом случае дуга является проводником с током, находящимся в магнитном поле, которое стремится вытолкнуть его из пределов поля.



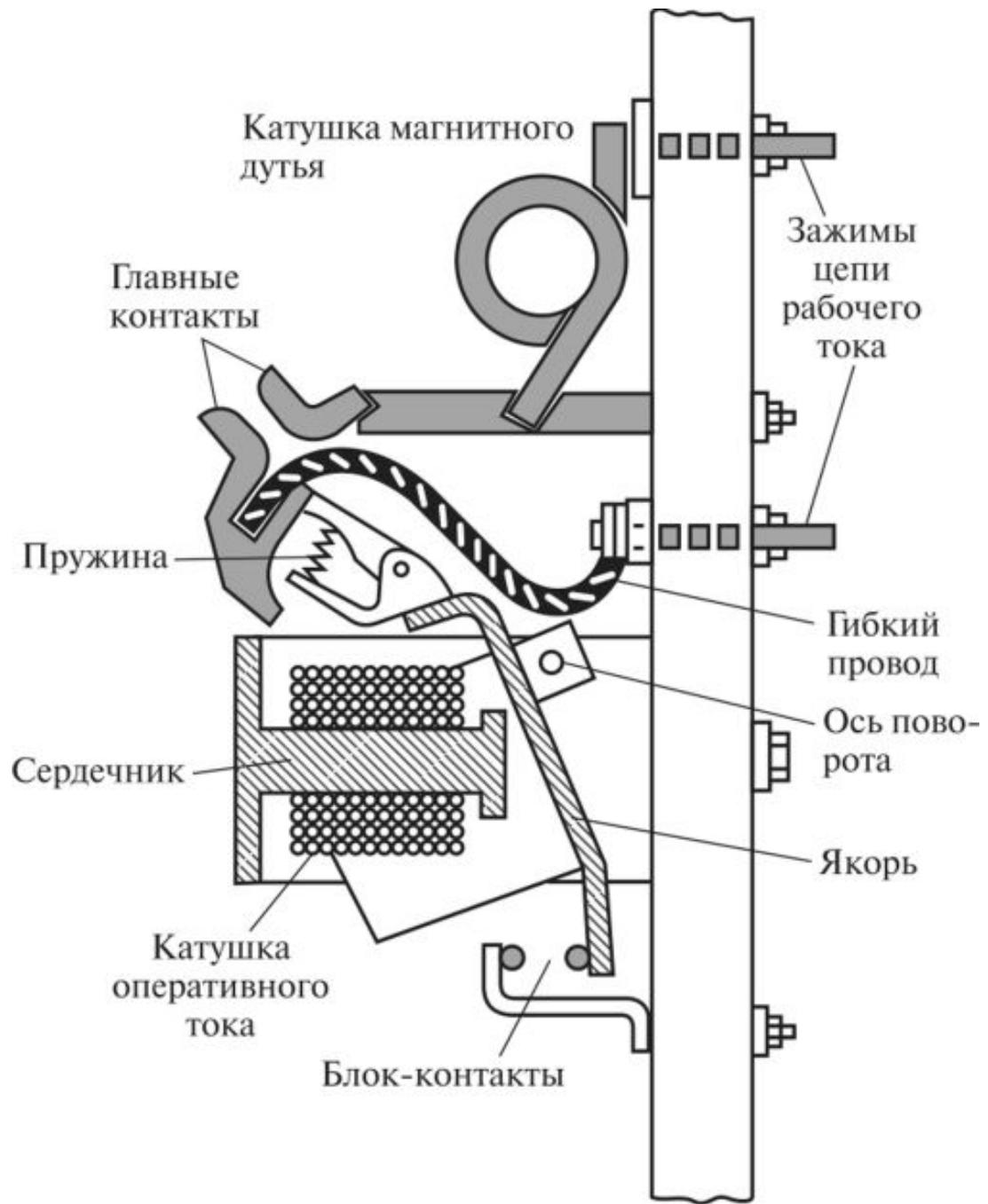
Дугогасительное устройство с магнитным дутьем

- 1 — дугогасительная катушка;
- 2 — сердечник;
- 3, 5 — дугогасительные рога;
- 4 — дуга;
- 6 — полюсы;
- 7 — дугогасительная камера.

Для увеличения электродинамического усилия F_z , действующего на дугу, в цепь одного из контактов в ряде случаев включают специальную дугогасительную катушку с ферромагнитным магнитопроводом, создающую в зоне дугообразования сильное магнитное поле, магнитный поток которого Φ , взаимодействуя с током 1 дуги, обеспечивает интенсивное выдувание дуги.

Способы гашения электрической дуги (дугогасительные устройства)

- **деионные (дугогасительные) решетки из магнитных и немагнитных материалов.** Специальные устройства, имеющие решетки внутри которых двигаются контакты. Траектория этих контактов (сектор) рассчитана так, чтобы электрическая дуга задевала за края решеток.
- **магнитное дутье.** Рядом с контактами (обычно сбоку) располагается электромагнит. При разрывании контактов происходит его включение и дуга срывается (сдувается) в сторону.
- **воздушное дутье.** Электрическая дуга «сдувается» потоком сжатого воздуха (газов). Применяется только на подстанциях, где есть оборудование категорий напряжения ВН (редко СН1). Требуется дополнительного компрессорного хозяйства.



Дугогасительная решетка



Способы гашения электрической дуги (дугогасительные устройства)

- **масляное дутье.** Электрическая дуга «сдувается» потоком масла. **Гашение дуги в различных средах.**
- **Вакуумные камеры.** Для возникновения электрической дуги необходимо наличие в средах молекул (ионов). Если среды нет, то электрическая дуга не возникает. Для этого камеры, в которых располагаются контакты вакуумируют (выкачивают воздух). Применяется до напряжения 10 кВ. Современные технические средства не позволяют дешево создать необходимое разряжение для более высоких напряжений.

Способы гашения электрической дуги (дугогасительные устройства)

- **масляные камеры.** Камеры с контактами заполняются маслом с высокими диэлектрическими свойствами (трансформаторное масло). Практически применяются только на устаревшем оборудовании.
- **камеры с инертным газом.** Заполняются инертным газом (например элегазом).

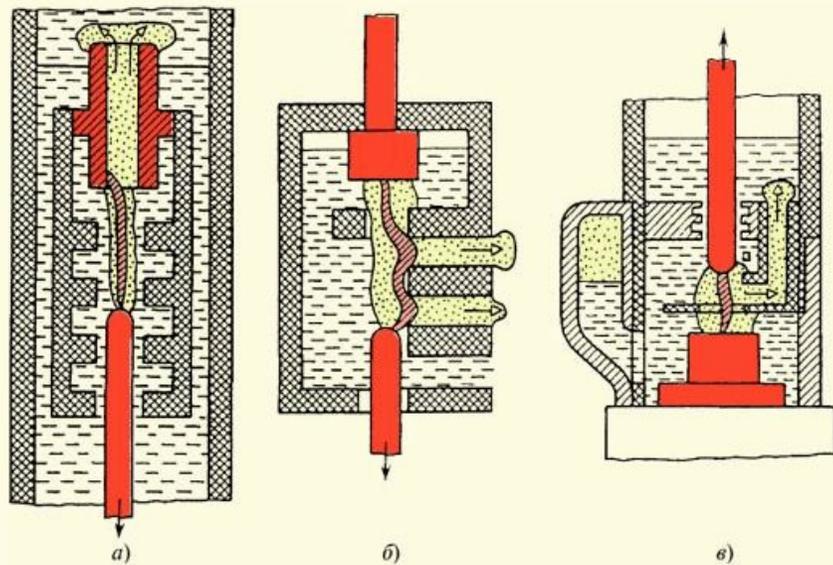


Рис. 5.8. Принципы организации автодутья дугогасительных камер в масляных выключателях

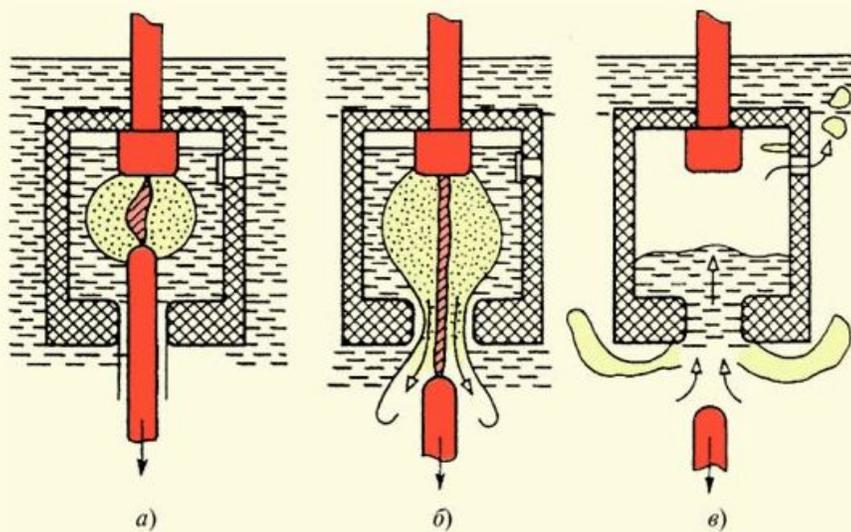


Рис. 5.9. Этапы гашения дуги с автодутьем в масляных выключателях

Автоматические выключатели

- **История изобретения**
- Автомат защиты линии был изобретён американским учёным Чарлзом Графтоном Пэйджем в 1836 году. Первую конструкцию автоматического выключателя описал Эдисон в 1879 году, в то время как его коммерческая система электроснабжения использовала плавкие предохранители. Конструкция современных автоматических выключателей была запатентована швейцарской компанией Brown, Boveri & Cie в 1924 году.
- ГОСТ 9098-78 устанавливает следующую классификацию автоматических выключателей:

Автоматические выключатели

- **По роду тока главной цепи:** постоянного тока; переменного тока; постоянного и переменного тока.
- Номинальные токи главных цепей выключателей, предназначенных для работы при температуре окружающего воздуха +40 °С, должны соответствовать ГОСТ 6827. Номинальные токи для главных цепей выключателя выбирают из ряда: 6,3; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 1600; 2500; 2000; 4000; 6300 А. Дополнительно могут выпускаться выключатели на номинальные токи главных цепей выключателей: 1500; 3000; 3200 А.

Автоматические выключатели

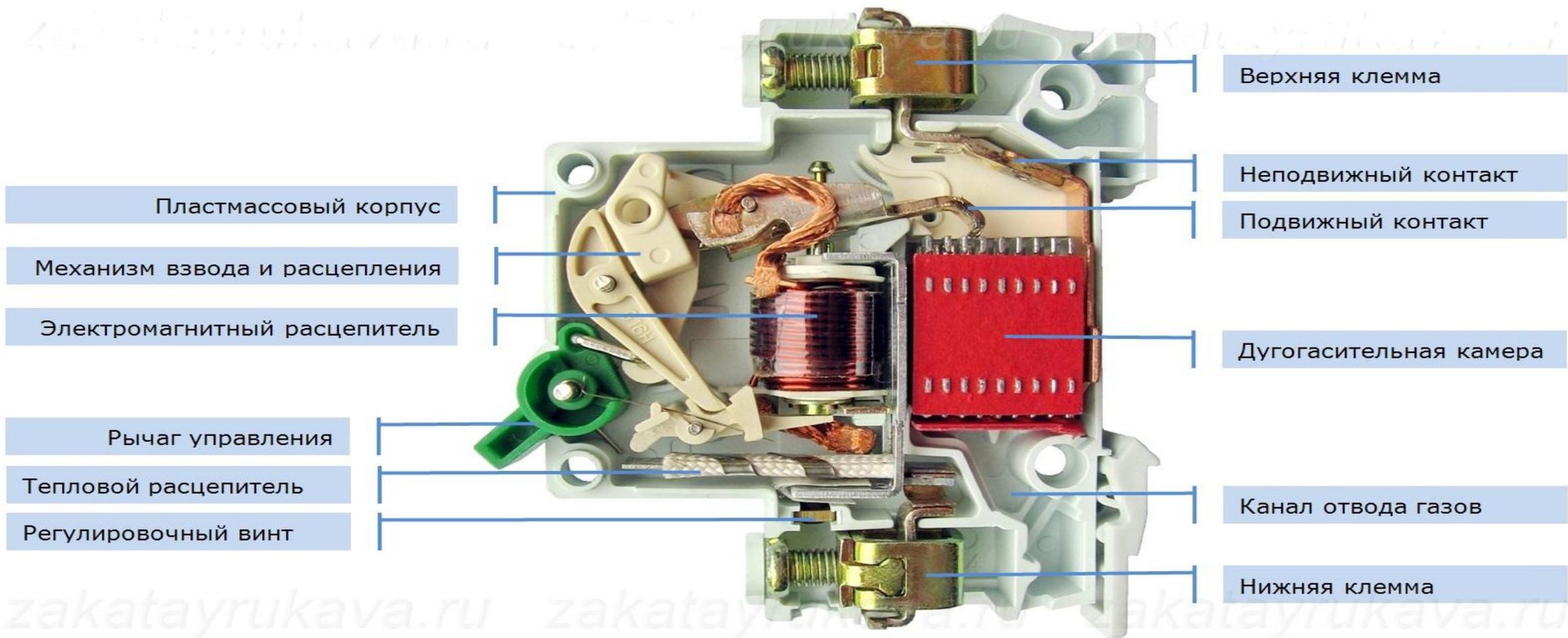
- **По конструкции:** воздушный автоматический выключатель (англ. *Air Circuit Breaker*, сокращенно *ACB*) от 800 А до 6300 А, выключатель в литом корпусе (с англ. — «МССВ») от 10 А до 2500 А, модульные автоматические выключатели (с [англ.](#) — «МСВ») от 0,5 А до 125 А.
- **По числу полюсов главной цепи:** однополюсные; двухполюсные; трёхполюсные; четырехполюсные.
- **По наличию токоограничения:** токоограничивающие; нетокоограничивающие.
- **По видам расцепителей:** с максимальным расцепителем тока; с независимым расцепителем; с минимальным или нулевым расцепителем напряжения; с электронным расцепителем.

Автоматические выключатели

- По характеристике выдержки времени максимальных расцепителей тока: без выдержки времени; с выдержкой времени, независимой от тока; с выдержкой времени, обратно зависимой от тока; с сочетанием указанных характеристик.
- По наличию свободных контактов («блок-контактов») для вторичных цепей: с контактами; без контактов.
- По способу присоединения внешних проводников: с задним присоединением; с передним присоединением; с комбинированным присоединением (верхние зажимы с задним присоединением, а нижние — с передним присоединением или наоборот); с универсальным присоединением (передним и задним).

Автоматические выключатели

- наоборот); с универсальным присоединением (передним и задним).
- **По виду установки:** выкатные с втычными контактами; стационарные.
- **По виду исполнения отсечки:** селективные, неселективные.
- **По виду привода:** с ручным; с двигательным; с пружинным.
- **Устройство**
- Автоматические выключатели бывают одно-, двух-, трёх- или четырёхполюсными и имеют следующие конструктивные узлы:



Автоматические выключатели

- главную контактную систему, дугогасительную систему, привод расцепляющего устройства, расцепитель (прерыватель, прерыватели), вспомогательные контакты (необязательно).
- Контактная система может быть трёхступенчатой (с главными, промежуточными и дугогасительными контактами), двухступенчатой (с главными и дугогасительными контактами) и одноступенчатой (при использовании металлокерамики).
- Для каждого исполнения автоматического выключателя существует предельный ток короткого замыкания, который гарантированно не приводит к выходу из строя автомата.

Автоматические выключатели

- Превышение этого тока может вызвать подгорание или сваривание контактов. Например, у популярных серий бытовых автоматов при токе срабатывания 6-50 А предельный ток обычно составляет 1000—10 000 А.
- Привод автоматического выключателя служит для включения, автоматического отключения и может быть ручным непосредственного действия и дистанционным (электромагнитным, пневматическим и тому подобным).
- Автоматические выключатели имеют реле прямого действия, называемые прерывателями.

Автоматические выключатели

- Расцепители (прерыватели) — это электромагнитные, электронные, микропроцессорные или термобиметаллические элементы, служащие для отключения автоматического выключателя через механизм свободного расцепления при коротком замыкании, перегрузках и исчезновении напряжения в первичной цепи (непосредственно: электромагнитные и термобиметаллические элементы; либо косвенно через отдельный независимый электромагнитный расцепитель: электронные и микропроцессорные).

Автоматические выключатели

- Механизм свободного расцепления состоит из рычагов, защелок, коромысел и отключающих пружин и предназначен для мгновенного отключения автоматического выключателя (вне зависимости от положения органа включения: невозможность удержания автоматического выключателя во включённом положении при срабатывании расцепителя), а также для устранения повторного включения автоматического выключателя на короткое замыкание при длительно существующей команде на включение.
- **Электромагнитный расцепитель (отсечка)**

Автоматические выключатели

- Расцепитель мгновенного действия представляет собой соленоид, подвижный сердечник которого также может приводить в действие механизм расцепления. Ток, проходящий через выключатель, течет по обмотке соленоида и вызывает втягивание сердечника при превышении заданного порога тока. Мгновенный расцепитель, в отличие от теплового, срабатывает очень быстро (доли секунды), но при значительно большем превышении тока: в 2÷10 раз от номинала, в зависимости от типа (автоматические выключатели делятся на типы (классы) А, В, С и D в зависимости от чувствительности мгновенного расцепителя). В автоматических выключателях на большие токи начиная с 1970-х



Электромагнитный расцепитель модульного автоматического выключателя

Автоматические выключатели

- годов стали применять **электронные расцепители** (например, отечественные автоматические выключатели серии «Электрон», некоторые типы автоматов серий А-37, ВА), а в последнее время - и **микропроцессорные расцепители** (микропроцессорные блоки защиты).
- **Тепловой расцепитель.**
- Представляет собой биметаллическую пластину, нагреваемую протекающим током. При протекании тока выше допустимого значения биметаллическая пластина изгибается и приводит в действие механизм расцепления.



Биметаллическая пластина модульного автоматического выключателя

Автоматические выключатели

- Время срабатывания зависит от тока (время-токовая характеристика) и может изменяться от секунд до часа. Минимальный ток, при котором должен срабатывать тепловой расцепитель, составляет 1,45 от тока уставки теплового расцепителя. Настройка тока срабатывания производится в процессе изготовления регулировочным винтом (6). В отличие от плавкого предохранителя, автоматический выключатель готов к следующему использованию после остывания пластины. Роль теплового расцепителя может выполнять электромагнитный (мгновенный) расцепитель, оснащённый гидравлическим замедлителем срабатывания. Такие автоматические выключатели

Автоматические выключатели

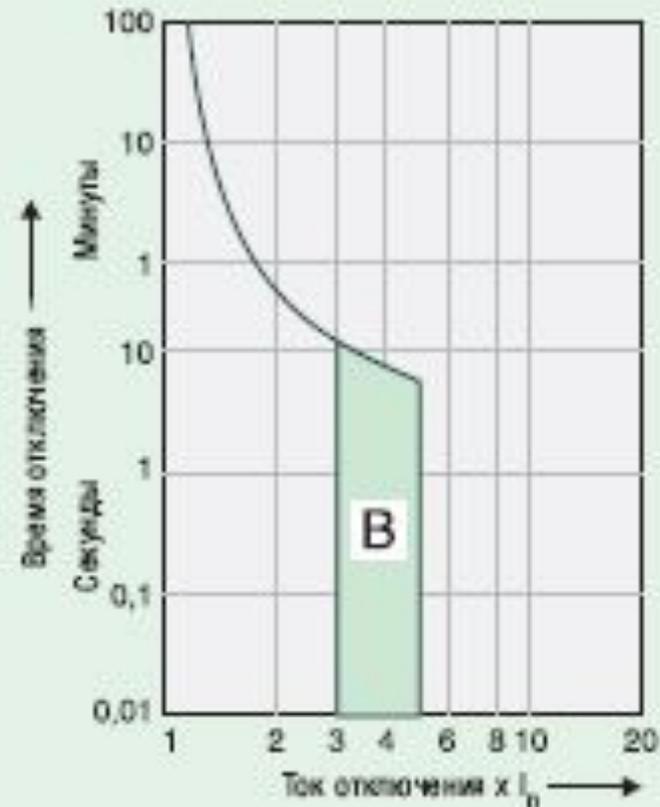
- отличаются пожаробезопасностью, так как не имеют нагреваемого элемента (биметаллической пластины).
- Отключение может происходить без выдержки времени или с выдержкой. По собственному времени отключения t_c , 0 (промежуток от момента, когда контролируемый параметр превзошёл установленное для него значение, до момента начала расхождения контактов) различают нормальные выключатели ($t_c, 0 = 0,02-1$ с), выключатели с выдержкой времени (селективные) и быстродействующие выключатели ($t_c, 0 < 0,005$ с).

Автоматические выключатели

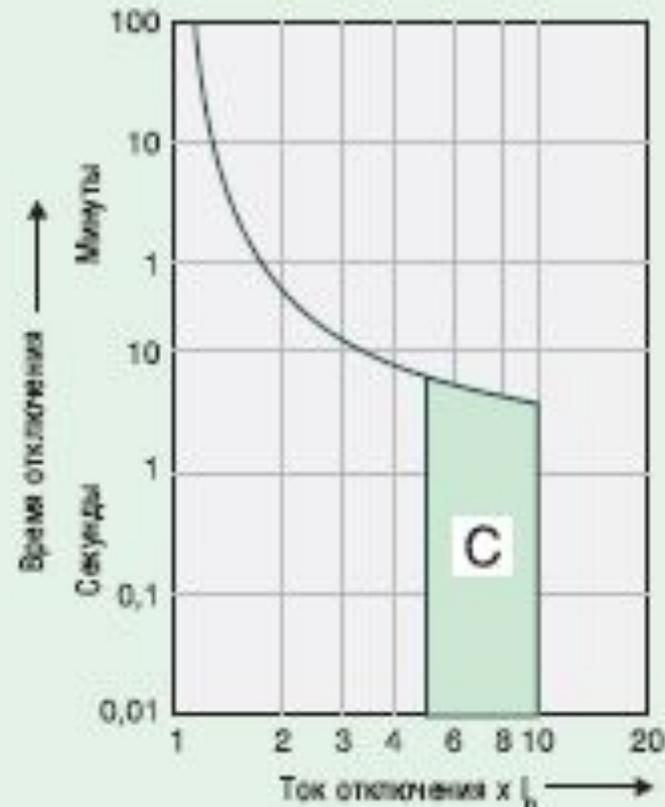
- Нормальные и селективные автоматические выключатели токоограничивающим действием не обладают. Быстродействующие выключатели, так же как предохранители, обладают токоограничивающим действием, так как отключают цепь до того, как ток в ней достигнет значения I_y .
- Селективные автоматические выключатели позволяют осуществить селективную защиту сетей путём установки автоматических выключателей с разными выдержками времени: наименьшей у потребителя и ступенчато возрастающей к источнику питания.

Кривая отключения (пределы токов отключения согласно EN 60898)

Кривая отключения В
(расцепитель короткого замыкания 3-5 I_n)



Кривая отключения С
(расцепитель короткого замыкания 5-10 I_n)



Кривая отключения D
(расцепитель короткого замыкания 10-20 I_n)

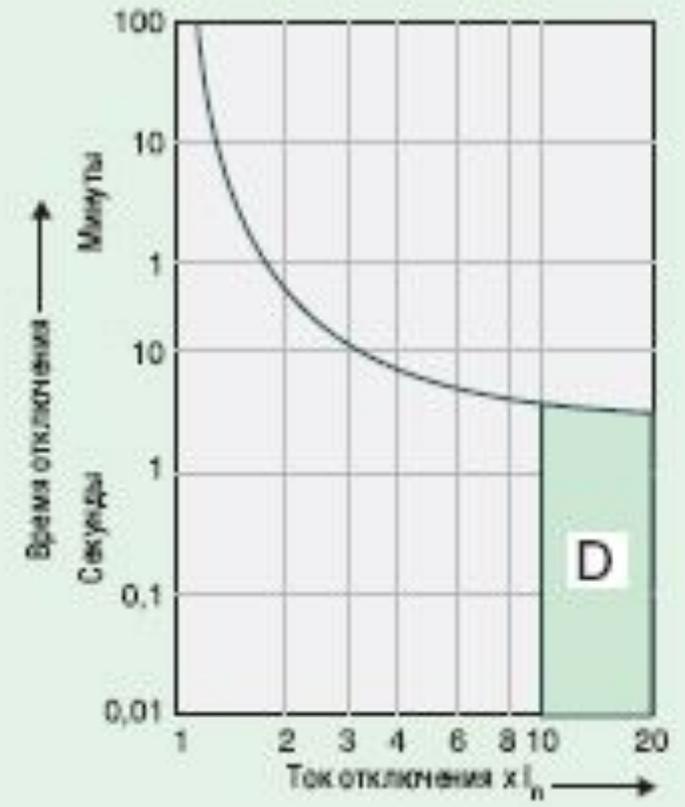


Диаграмма отключения модульных автоматических выключателей разных производителей (закрашена область токов мгновенного

Автоматические выключатели

- **Модульный автоматический выключатель**
- Автоматический выключатель, рассчитанный на небольшие токи, в настоящее время чаще всего имеет модульную конструкцию, которая предназначена для крепления на DIN-рейку.