

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Любая автоматическая система состоит из отдельных, связанных между собой элементов.

Элементом автоматики называют часть автоматической системы, в которой происходят качественные или количественные преобразования физической величины, а также передача преобразованного воздействия от предыдущего элемента к последующему.

Подразделяя элементы автоматических устройств по характеру выполняемых функций, можно выделить следующие основные виды функциональные устройства и элементы автоматических систем:

- датчики;**
- элементы сравнения;**
- усилители;**
- исполнительные механизмы и регулирующие органы;**
- элементы настройки;**
- аппаратура управления;**
- аппаратура защиты;**
- контрольно-измерительные приборы.**

Датчики измеряют управляемые (регулируемые) величины объектов управления и преобразовывают измеренные величины одной физической природы в другую (например, разность температур - в ЭДС, усилие - в электрическое сопротивление).

Элементы сравнения сопоставляют задающее воздействие $x(t)$ и управляемую величину $y(t)$. Получаемая на выходе разность $\Delta = x(t) - y(t)$ передается по цепи воздействия либо непосредственно, либо через усилитель на исполнительный механизм. Элементы сравнения как самостоятельная часть системы не применяются, а являются составной частью других устройств.

Усилители в системах автоматики (магнитные, электронные, полупроводниковые и др.) обычно используются для усиления задающего воздействия $x(t)$ или разности Δ , когда мощность этих сигналов недостаточна для нормальной работы регулятора.

Исполнительные механизмы предназначены для изменения управляемых величин или поддержания их в заданных пределах. Исполнительным механизмом может быть электрический двигатель, нагревательное устройство и др.

Элементы настройки (задающие элементы) представляют собой устройства, при помощи которых в систему автоматики подаются задающие воздействия $x(t)$. В качестве этих элементов могут применяться пружинные элементы, сопротивления.

Аппаратура управления (кнопки, переключатели, концевые выключатели, реле, контакторы, магнитные пускатели) предназначены для подачи в систему различных воздействий и команд.

Аппаратура защиты (тепловые и токовые реле, плавкие предохранители, автоматы и др.) - для выполнения защитных функций при недопустимых режимах работы.

Контрольно-измерительные приборы (амперметры, вольтметры, тахометры и т. д.) - для контроля и измерения различных величин.

УСИЛИТЕЛИ

Мощность сигналов, получаемых от датчиков, в большинстве случаев недостаточна для непосредственного перемещения регулирующего органа.

Это обстоятельство приводит к необходимости применения **усилителей**.

Усилители выполняют или как самостоятельные элементы, или в составе исполнительных механизмов. Наибольшее распространение получил второй вид усилителей.

Основной характеристикой любого усилителя является коэффициент усиления:

$$K_y = \frac{X_{ВЫХ}}{X_{ВХ}}$$

Разнообразные усилительные устройства различают по выходной мощности, виду вспомогательной энергии подводимой к усилителю, коэффициенту усиления, принципу действия.

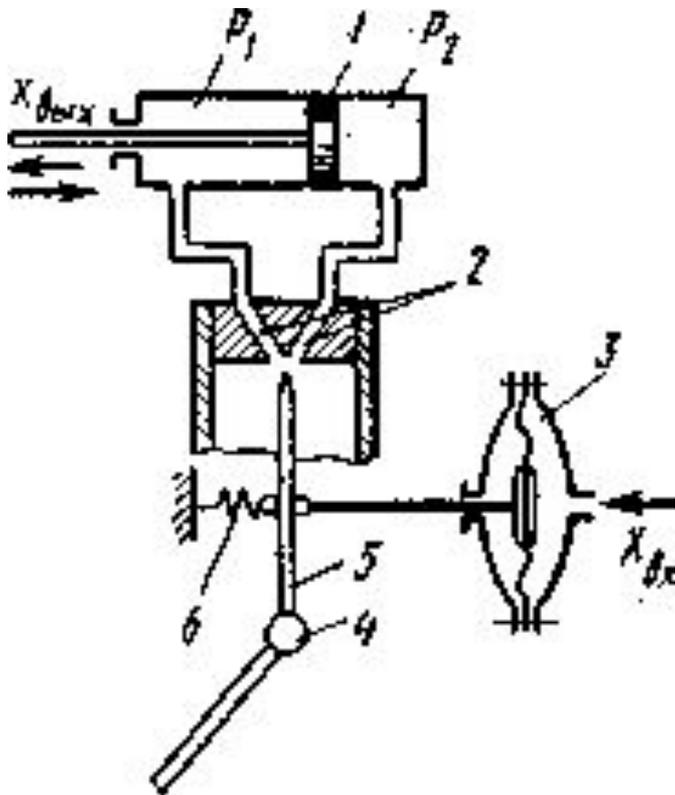
По виду используемой вспомогательной энергии **усилители** разделяют:

- гидравлические (**струйные**, золотниковые и дроссельные);
- пневматические;
- электрические
- комбинированные.

Возможный коэффициент усиления по мощности в зависимости от принципа действия и конструкции усилителя может колебаться в пределах от 10 до 10^7 .

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ УСИЛИТЕЛИ

Струйный усилитель состоит из струйной трубки, плиты с приемными соплами и силового цилиндра. Струйная трубка закреплена на полой оси и может поворачиваться на небольшой угол. Через полую ось к струйной трубке подводится жидкость под давлением.



1-поршень исполнительного механизма; 2 - приемные сопла, 3 - чувствительный элемент; 4 - цапфа; 5 - струйная трубка, 6 – пружина.

Расстояние между осями входных отверстий 2,5 мм, так что полный ход конца трубки составляет 1,25 мм в обе стороны. Приемные сопла плитки соединены с полостями сервопривода исполнительного механизма.

Принцип работы струйного усилителя заключается в том, что кинетическая энергия струи масла, направляемая в сопло, преобразуется в потенциальную энергию давления; значение и направление результирующего давления на поршень сервопривода зависят от положения струйной трубки, от соблюдения соосности трубки и сопла.

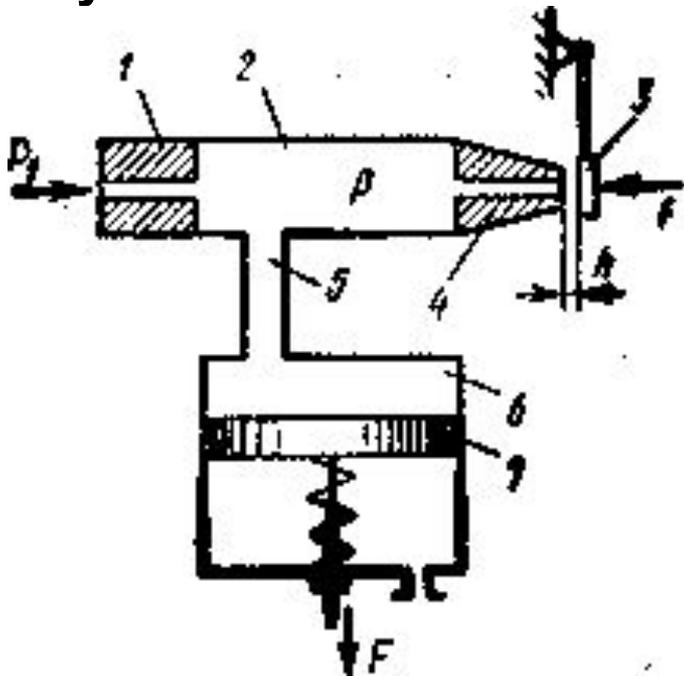
Если струйная трубка расположена в среднем положении на одинаковом расстоянии от осей приемных сопел, то давление масла в обеих полостях силового цилиндра P_1 , и P_2 будет одинаковым; разность давлений $P_1 - P_2$, действующая на поршень 1, будет равна нулю и поршень останется неподвижным. Если же под воздействием какого-либо усилия струйная трубка отклонится от среднего положения, то давление в одном из приемных сопел возрастет, а в другом - уменьшится; в результате в полостях силового цилиндра возникнет разность давлений $P_1 - P_2$ и поршень начнет перемещаться. Направление перемещения поршня будет зависеть от направления отклонения сопла струйной трубки. При этом масло через второе сопло поступает обратно в корпус усилителя.

Небольшие усилия на перемещение струйной трубки вызывают большие изменения усилий в силовом цилиндре.⁷

ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ УСИЛИТЕЛЬ

Пневматический усилитель представляет собой механизм, в котором достаточно мощный поток энергии, предназначенный для приведения в действие регулирующего органа, управляется тем небольшим потоком энергии, который поступает в управляющий элемент и изменяется там по величине.

Основным элементом пневматических усилителей является устройство «сопло-заслонка», схема работы которого показана на рисунке:



- 1 - дроссель постоянного сечения,
- 2 - междроссельная камера,
- 3 - заслонка,
- 4 - сопло,
- 5 - трубка,
- 6 - камера исполнительного механизма,
- 7 - поршень.

Сжатый воздух под давлением P_1 , поступает в междроссельную камеру 2 через дроссель постоянного сечения 1. Дроссель изменяет проходное сечение трубопровода для воздуха и соответственно этому изменяет расход и давление. Давление сжатого воздуха P в камере является командным, через трубку 5 командное давление поступает в камеру исполнительного механизма 6. В междроссельной камере 2 имеется еще одно отверстие - сопло 4, через которое воздух поступает в атмосферу. Сопло 4 прикрывается заслонкой 3, которая может перемещаться к соплу и от него. Проходное сечение сопла в 3...4 раза больше сечения отверстия дросселя. Например, если диаметр сопла 0,5 мм, то диаметр дросселя 0,2 мм.

При постоянном сечении сопла 4 расход через него будет зависеть от положения заслонки 3. Чем ближе заслонка будет расположена к соплу, тем меньше будет сечение, через которое будет происходить истечение воздуха, и тем меньше будет расход через сопло-заслонку.

Значение давления в междроссельной камере и, следовательно, значение выходного (командного) давления P зависят от расхода воздуха через переменный дроссель.

А расход через сопло-заслонку зависит от положения заслонки.

Отсюда следует, что, перемещая заслонку, можно изменять давление сжатого воздуха, поступающего на исполнительный механизм.

Если заслонка полностью закрыла сопло 4, то командное давление P будет равно давлению питания P_1 .

Чем дальше будет передвинута заслонка от сопла, тем меньше будет командное давление P и, наконец, оно может стать равным атмосферному.

Поскольку усилие f , необходимое для перемещения заслонки 3, значительно меньше усилия F , развиваемого на штоке поршня. 7, то рассмотренное устройство является усилителем.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ УСИЛИТЕЛИ

Из электрических усилителей в устройствах автоматики наиболее широко применяются электронные, собираемые на полупроводниковых элементах.

Электронные усилители применяют главным образом в автоматических мостах и потенциометрах.

ТИРИСТОРНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

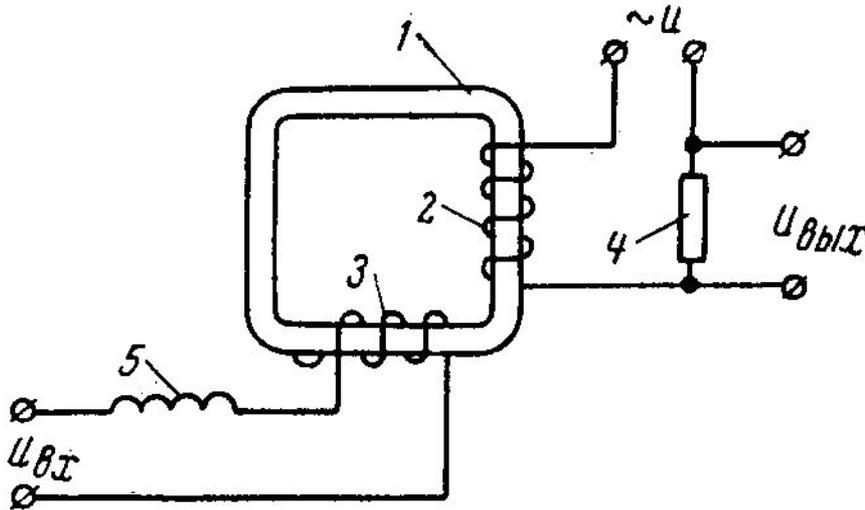
Тиристорным усилителем называется устройство, состоящее из схемы управления тиристорами и регулятора мощности (силовой части усилителя). Тиристорные усилители основаны на свойстве управляемого вентиля (тиристора) пропускать ток только при подаче напряжения на его управляющий электрод, т. е. работать в режиме ключа.

Тиристорные усилители выпускаются с выходом на постоянном токе, с выходом на переменном токе, с питанием от сети постоянного тока.

В настоящее время тиристорные усилители находят преимущественное распространение в регулируемых электроприводах различной мощности.

МАГНИТНЫЕ УСИЛИТЕЛИ

Магнитная проницаемость ферромагнитных материалов резко изменяется при подмагничивании их постоянным током. На этом основан принцип действия магнитных усилителей.



- 1 – магнитопровод,
- 2 – катушка переменного тока,
- 3 – катушка постоянного тока,
- 4 – резистор,
- 5 - дроссель.

Увеличивается ток, проходящий через нагрузку 4, включенную в цепь переменного тока, и, следовательно, увеличивается напряжение $U_{\text{ВЫХ}}$, снимаемое с нагрузки (выход).¹²

При сравнительно небольшом увеличении величины постоянного тока $U_{\text{ВХ}}$ магнитная проницаемость магнитопровода резко снижается, и, следовательно, понижается индуктивное сопротивление обмотки переменного тока.

Переменный ток будет оказывать влияние на катушку постоянного тока. Для уменьшения этого влияния в цепь постоянного тока включен дроссель 5 с большой индуктивностью.

При отсутствии подмагничивания выходное напряжение мало. При подмагничивании выходное напряжение сильно увеличивается.

Магнитный усилитель позволяет управлять мощной системой переменного тока путем изменения постоянного тока в маломощной катушке подмагничивания.

МУ отличаются простотой устройства, значительным коэффициентом усиления, отсутствием подвижных частей и нечувствительностью к значительным перегрузкам.

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Исполнительные механизмы автоматических устройств предназначены для силового воздействия на конечное звено автоматического устройства - регулирующей или управляющей орган.

Исполнительные механизмы могут выполнять простейшие операции (открыть - закрыть) и тогда их называют двухпозиционными и более сложные, ступенчатого или плавного регулирования - многопозиционные или пропорциональные.

По конструктивному признаку исполнительные механизмы делят на поршневые, электромагнитные, мембранные, электродвигательные и комбинированные.

В качестве исполнительных механизмов применяют электродвигатели, которые приводят в действие регулирующей орган (шибер, задвижку, реостат)

В качестве исполнительных механизмов применяют электродвигатели, электромагниты, гидравлические и пневматические механизмы.

Электрические исполнительные механизмы бывают с трехфазными, однофазными и конденсаторными электродвигателями, а также с электромагнитами. Включение электродвигателей как исполнительных механизмов может производиться с помощью контакторов или магнитных пускателей.

В состав исполнительных механизмов с электродвигателями входят: реверсивный электропривод, концевые выключатели, редукторы, устройства сопряжения с регулирующим органом.

Гидравлические исполнительные механизмы, воспринимая разность давлений рабочей жидкости, преобразуют ее в механическое перемещение регулирующего органа. Эти механизмы выпускают в двух исполнениях: для прямого и поворотного перемещения регулирующего органа.

Пневматические исполнительные механизмы бывают мембранными, сильфонными и поршневыми. В мембранных пневматических исполнительных механизмах силовым элементом исполнительного механизма является плоская гибкая мембрана, которая под влиянием разности давлений с одной и другой стороны прогибается и осуществляет поворот заслонки с помощью кривошипного устройства.

ЗАДАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Задающие элементы (задатчики) представляют собой устройства, применяемые для настройки регулятора на заданное значение регулируемого параметра, которое регулятор должен поддерживать в процессе регулирования.

В гидравлических и пневматических регуляторах **задатчик** выполняется в виде пружинного элемента, в котором натяжение пружины устанавливается с помощью винта.

В электрических и электронных регуляторах **задатчики** могут представлять собой регулируемые омические или индуктивные сопротивления или другие электрические величины.

РЕГУЛИРУЮЩИЕ ОРГАНЫ

Регулирующие органы предназначены для непосредственного воздействия на регулируемую среду, поступающую в объект регулирования. Цель этого воздействия - количественное или качественное изменение этой среды для поддержания заданного значения регулируемого параметра.

Всякий регулирующий орган характеризуется следующими показателями: величиной перестановочного усилия, необходимого для перемещения регулирующего органа, скоростью его перемещения и характеристикой изменения расхода регулируемой среды от перемещения регулирующего органа.

В качестве регулирующих органов в системах ТГВ применяют краны, вентили, задвижки, клапаны, заслонки и шиберы.

Краны бывают пробковые, муфтовые и фланцевые, одноходовые и многоходовые.

Вентили, применяющиеся для регулирования расхода в трубах небольшого диаметра (до 200 мм).

Задвижки в зависимости от конструкции, затвора подразделяют на два типа: параллельные и клиновые. Оба типа задвижек изготавливают с выдвигным или не выдвигным шпинделем. Закрывание, задвижек производится вращением шпинделя. Их выпускают объединенными с электрическим или гидравлическим приводом.

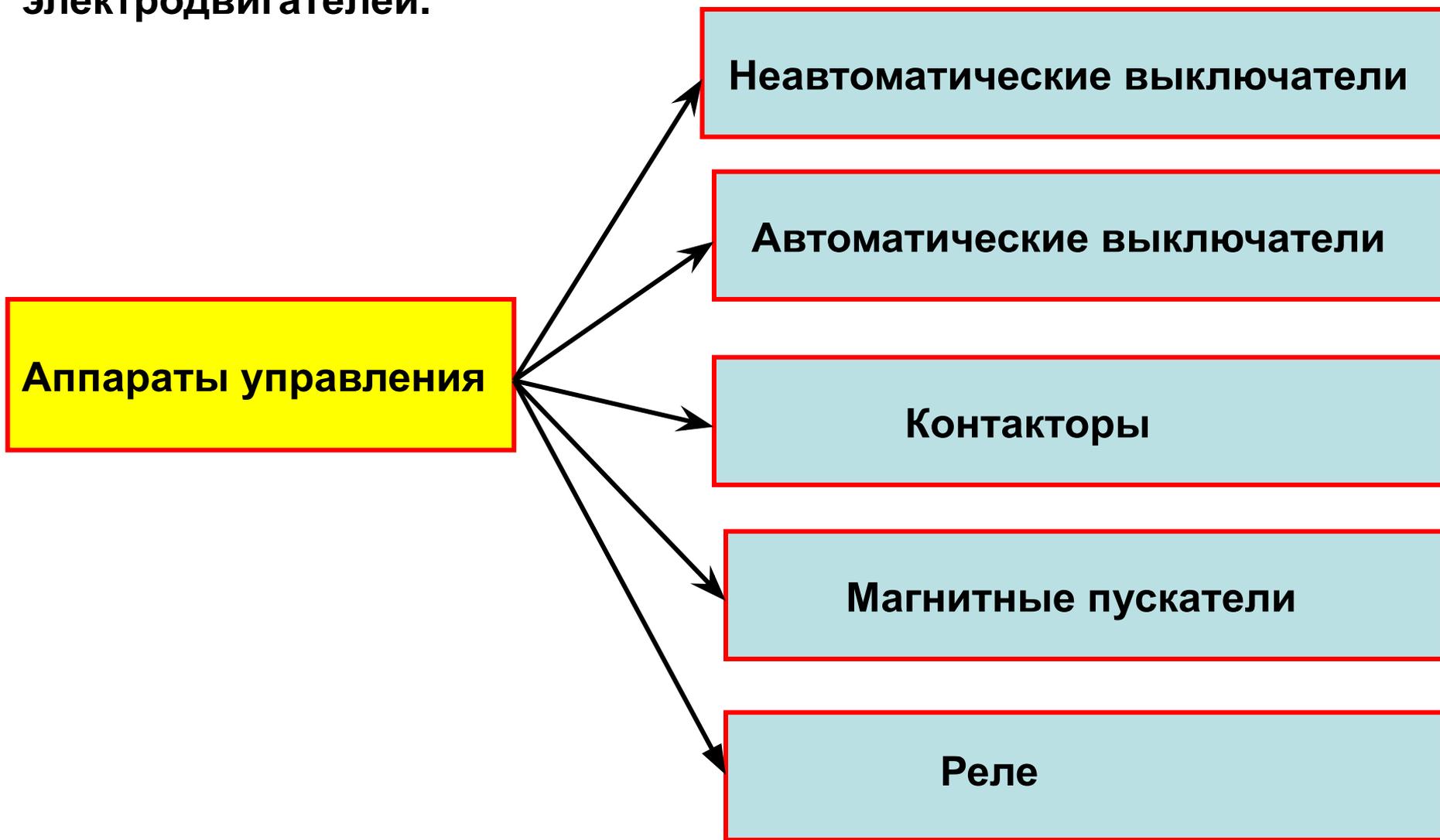
Клапаны ввиду сложности их устройства и высокой стоимости применяют для регулирования расхода редко. Основным достоинством клапанов является прямолинейная или близкая к ней характеристика.

Заслонки находят широкое применение при регулировании расхода воздуха и газа, когда их рабочее давление невелико. В последнее время стали выпускать поворотные заслонки с диаметром проходного отверстия от 80 до 500 мм.

Шиберы используют для регулирования расхода жидкостей в открытых каналах.

АППАРАТУРА УПРАВЛЕНИЯ

Аппаратура управления предназначена для включения и отключения электрических цепей, пуска, остановки и торможения электродвигателей.



**Состав аппаратов
управления**

```
graph LR; A[Состав аппаратов управления] --> B[Электрические контакты]; A --> C[Устройство гашения электрической дуги]; A --> D[Механический или электро-электромагнитный привод контактной группы]; A --> E[Рабочие обмотки катушек электромагнитного привода]; A --> F[Рукоятки управления];
```

Электрические контакты

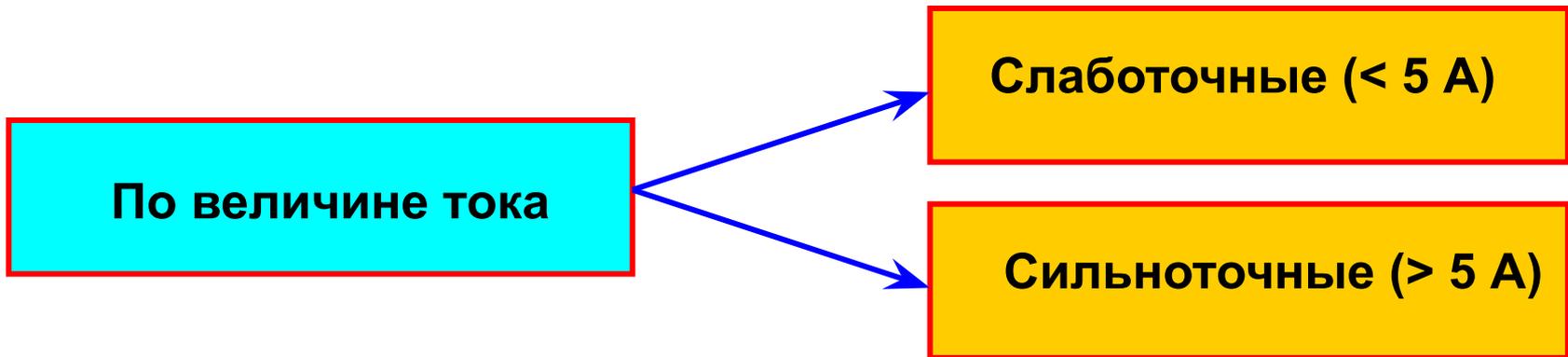
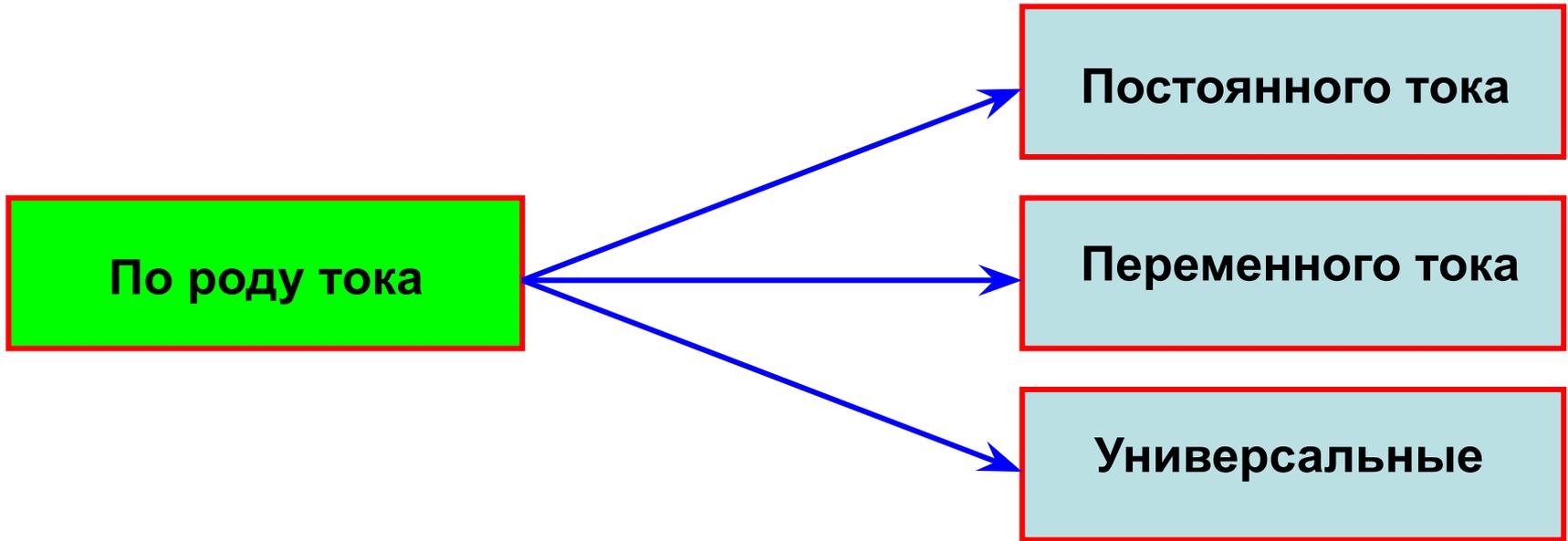
**Устройство гашения
электрической дуги**

**Механический или электро-
электромагнитный привод
контактной группы**

**Рабочие обмотки катушек
электромагнитного привода**

Рукоятки управления

Классификация аппаратов управления



По величине напряжения

Низкого (< 1000 В)

Высокого (> 1000 В)

По числу разрываемых контактов (полюсов)

Однополюсные

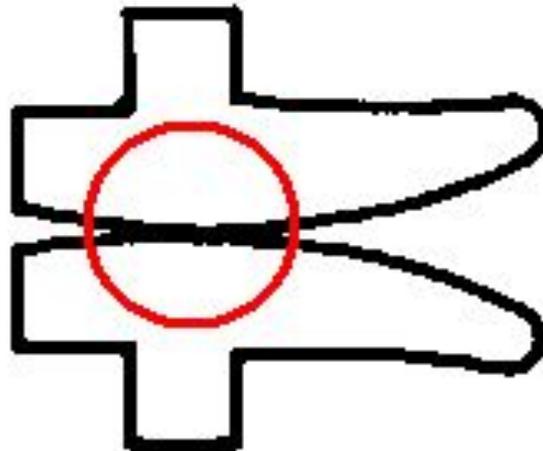
Двухполюсные

Трехполюсные

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОНТАКТЫ

Основным элементом всех аппаратов управления является их контактная система.

Электрическим контактом называется зона перехода электрического тока из одной токоведущей части в другую.



Наиболее тяжелый режим работы контактов - процесс размыкания.

Это объясняется тем, что разрываемая цепь, как правило, обладает индуктивностью, и при размыкании контактов ток скачкообразно измениться не может.

Но одновременно по мере снижения силы сжатия контактной пары растет переходное сопротивление контактов, что приводит к увеличению их температуры.

При размыкании контактов электрического аппарата вследствие ионизации пространства между ними возникает газовый разряд, то есть образуется электрическая дуга. Промежуток между контактами при этом остается проводящим и прохождение тока по цепи не прекращается.

Для ионизации и образования дуги необходимо, чтобы напряжение между контактами было примерно 15—30 В и ток цепи 80—100 мА.

При больших токах температура дуги достигает таких значений, что контакты могут пригореть или даже расплавиться.

Для повышения надежности и долговечности работы электрических контактов в силовых аппаратах применяются устройства дугогашения.

Способы гашения дуги могут быть различные, но все они основываются на следующих принципах:

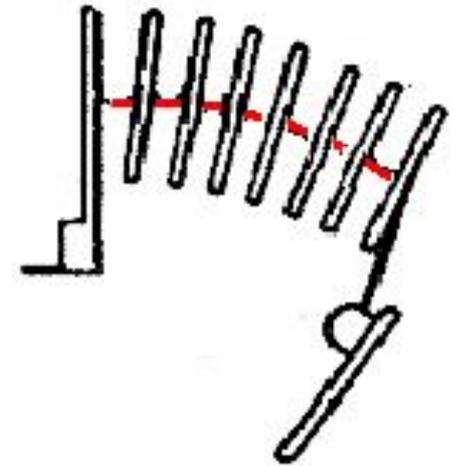
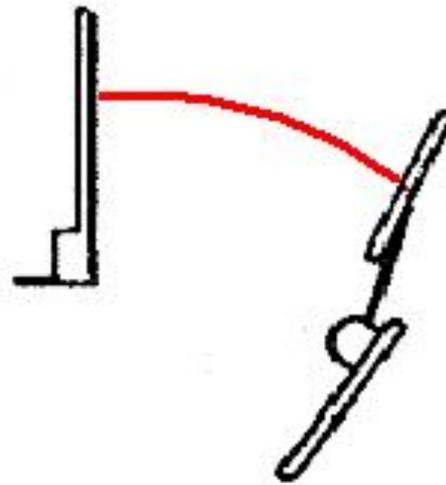
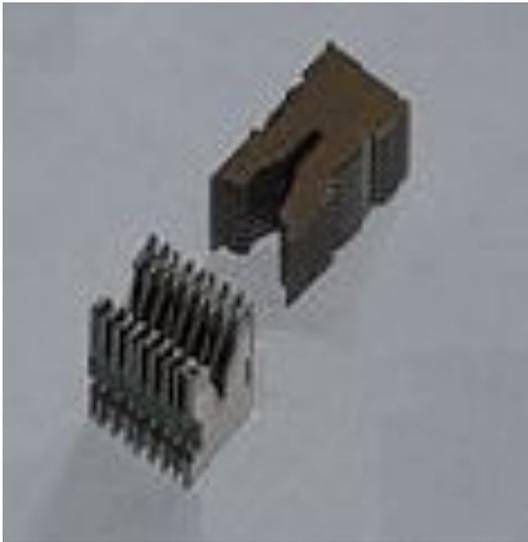
- принудительное удлинение дуги;**
- охлаждение межконтактного промежутка посредством воздуха;**
- охлаждение межконтактного промежутка посредством паров или газов;**
- разделение дуги на ряд отдельных коротких дуг.**

Способы гашения дуги:

1. Гашение дуги в продольных щелях.
2. Гашение дуги с помощью дугогасительной решётки.
3. Гашение дуги высоким давлением.
4. Гашение дуги в масле.
5. Гашение дуги воздушным дутьём.
6. Гашение дуги в элегазе (шести-фторная сера SF₆).
7. Гашение дуги в вакууме.

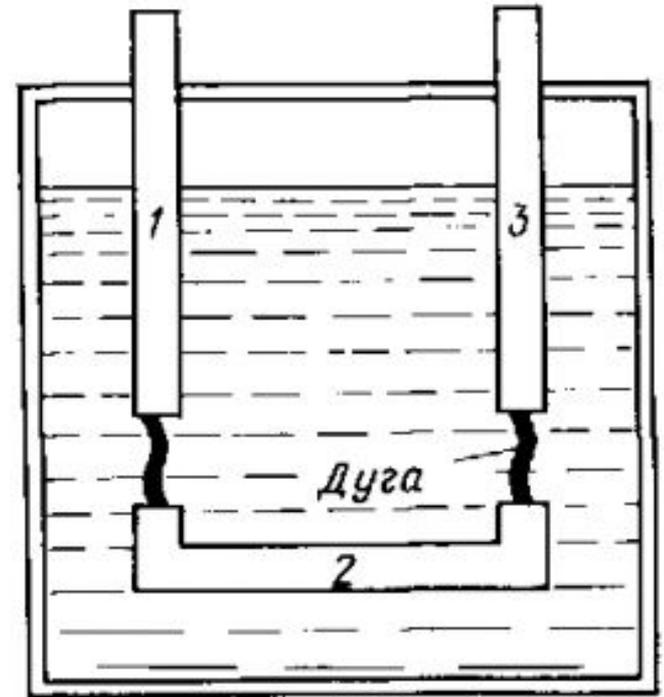
Гашение дуги с помощью дугогасительной решётки

Электрическая дуга удлиняется, разбивается пластинами камеры на несколько более маленьких по длине дуг, при этом быстро деионизируется, охлаждается и гаснет.



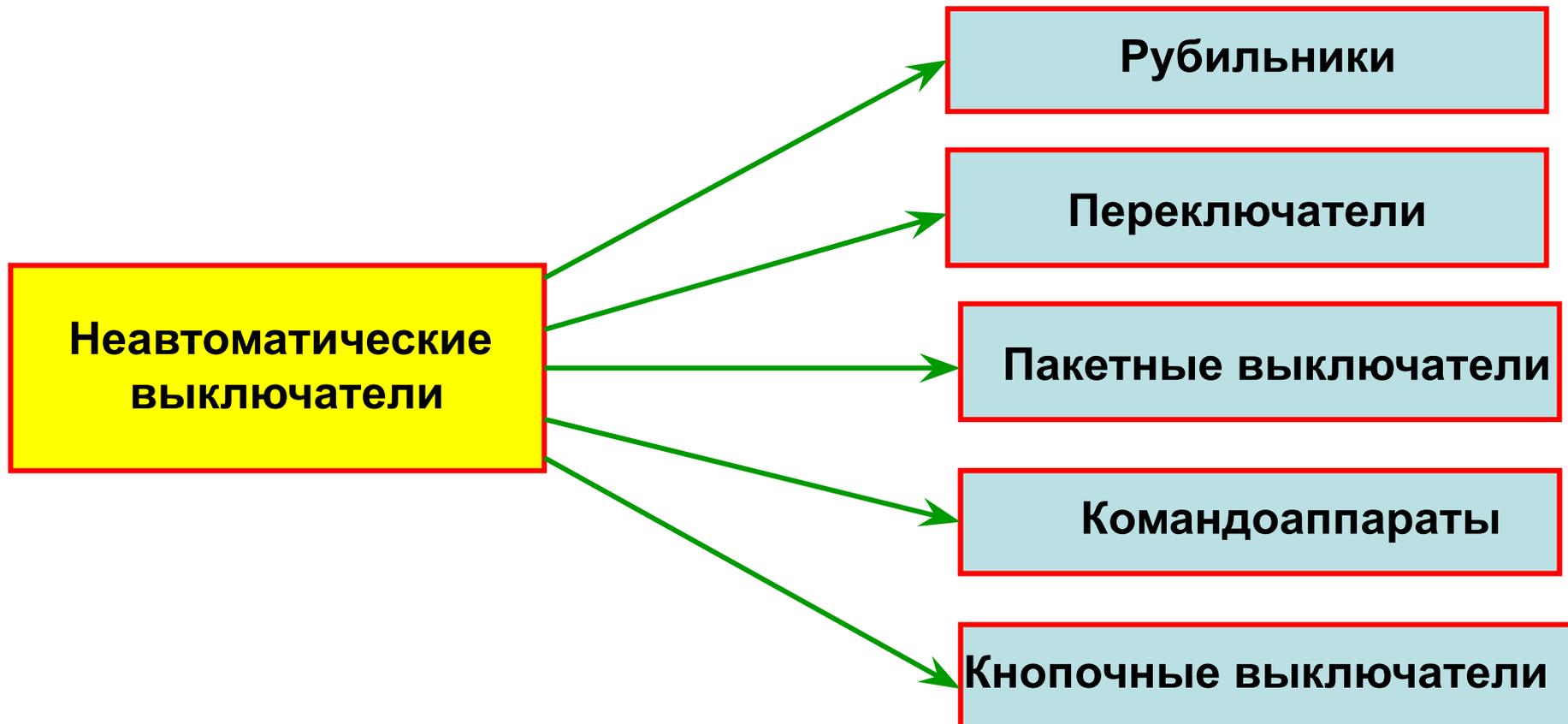
Гашение дуги в масле

Для гашения дуги в масляных выключателях переменного тока используется негорючее масло. При возникновении дуги в момент размыкания подвижных 1, 3 и неподвижного 2 контактов ее гашение происходит под действием двух факторов: выделения большого количества водорода, не поддерживающего горение (в применяемом для этой цели масле содержание водорода 70—75 %), и интенсивного охлаждения дуги маслом вследствие его высокой теплоемкости. Дуга гаснет в момент, когда ток равен нулю. Масло не только способствует ускоренному гашению дуги, но и служит изоляцией токоведущих и заземленных частей конструкции.



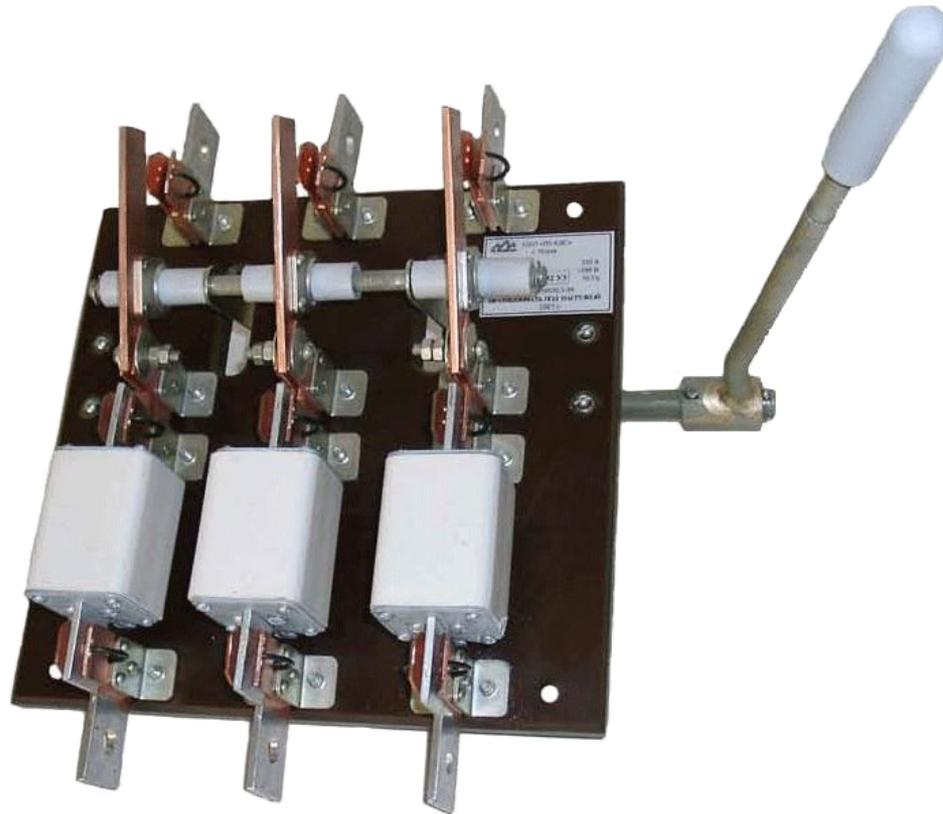
НЕАВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Неавтоматические выключатели предназначены для ручного замыкания и размыкания электрических цепей. Они используются в распределительных щитах и устройствах, служащих для управления.



РУБИЛЬНИКИ

Рубильники являются простейшими аппаратами для ручного включения и отключения электрических цепей при напряжении до 500В. Они изготавливаются одно-, двух- и трехполюсными на номинальные токи до 600 А.



На рубильниках указывается номинальный ток I_n , на который они рассчитаны. Это максимальный ток, который может проходить через аппарат во включенном его положении, не повреждая его.

Предельная величина тока, разрываемая обычным рубильником с боковой рукояткой или с приводом значительно ниже его номинального.

При напряжении 380 В переменного тока разрываемый ток составляет $0,3 \cdot I_n$.

В связи с этим для повышения разрывной способности рубильника они выпускаются с дугогасительными камерами. При наличии дугогасительной камеры рубильник может разрывать ток равный номинальному.

ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ



ПАКЕТНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Они выпускаются одно-, двух- и трехполюсными типа ПК на номинальные токи от 10 до 400 А при напряжении переменного тока 220 В и от 6 до 250 А при напряжении переменного тока 380 В.



Пакетные выключатели и переключатели типа состоят из отдельных колец-пакетов, выполненных из изолирующего материала. Внутри пакета помещается контактная система, состоящая из неподвижного и подвижного контактов.

Дуга возникающая при замыкании и размыкании контактов, гасится в закрытой камере, образованной фибровыми искрогасительными шайбами.

Фибра - спресованные слои бумаги пропитанной хлоридом цинка

КОМАНДОАППАРАТЫ

Командоаппараты применяются для производства переключений в цепях управления сложных схем автоматизированного электропривода при большой частоте переключений и когда требуется строгое чередование в последовательности действия отдельных механизмов. Они предназначены для работы в цепях до 440 В постоянного и 500 В переменного тока.



КНОПОЧНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

В цепях переменного тока при небольших значениях тока (до 10- 15 А) широко применяют кнопочные выключатели. В выключателях кнопочного типа контакты снабжены защелкой с пружиной, что позволяет фиксировать замыкание контактов при нажатии на кнопку, а при повторном нажатии на кнопку размыкать их.

Для управления электротехническими устройствами чаще используют выключатели с двумя кнопками: одной для включения, другой для выключения.



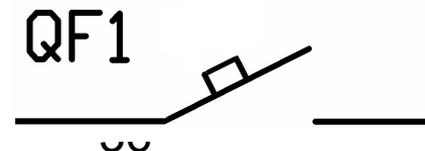
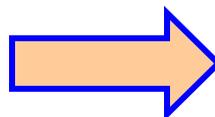
АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Автоматические выключатели служат для ручного включения и **автоматического отключения** электротехнических устройств.

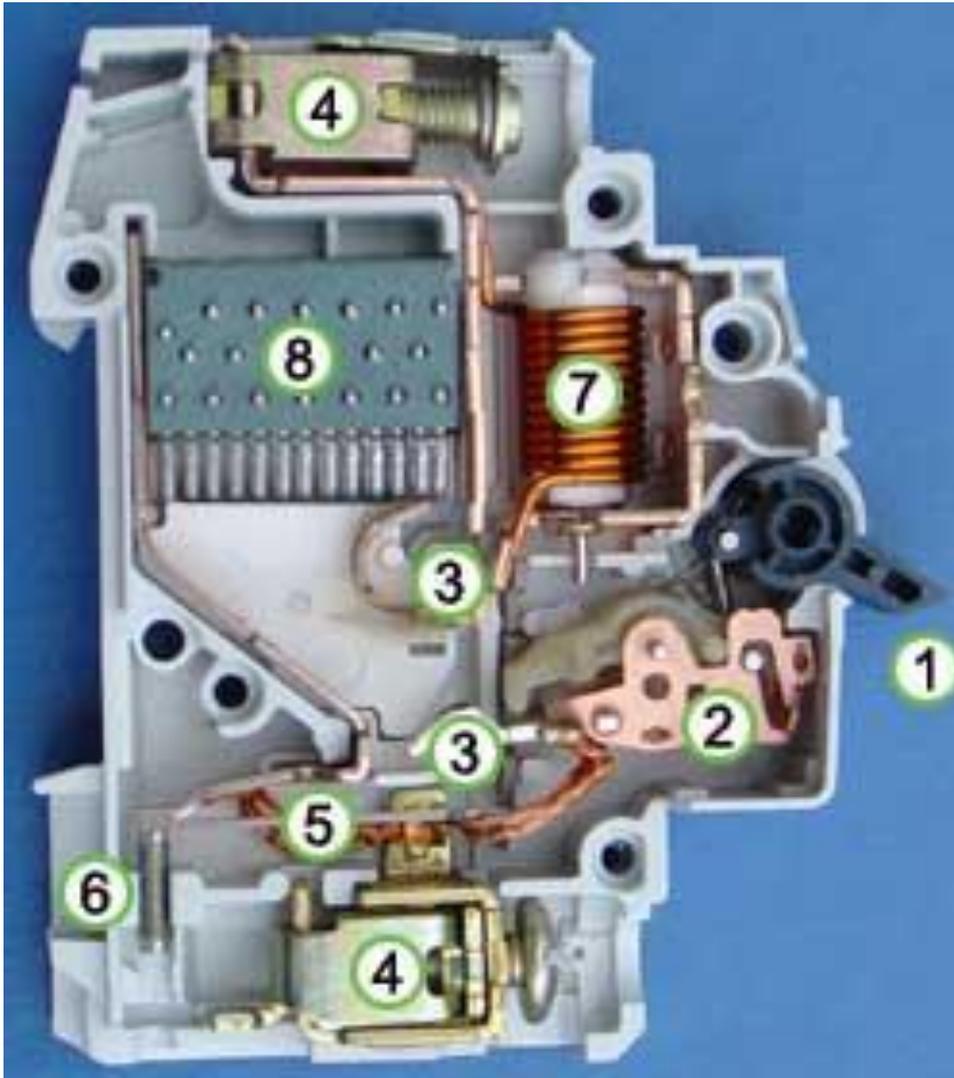
Автоматические выключатели в своем составе имеют устройства, автоматически отключающие электрическую цепь при возникновении в электрической цепи перегрузки или короткого замыкания.



Обозначения автоматических выключателей на электрических схемах



Устройство автоматического выключателя



- 1 — тумблерный выключатель
- 2 — механический привод
- 3 — контактная система
- 4 — разъёмы (2 шт)
- 5 — тепловой расцепитель
- 6 — калибровочный винт
- 7 — электромагнитный расцепитель
- 8 — дугогасительная камера

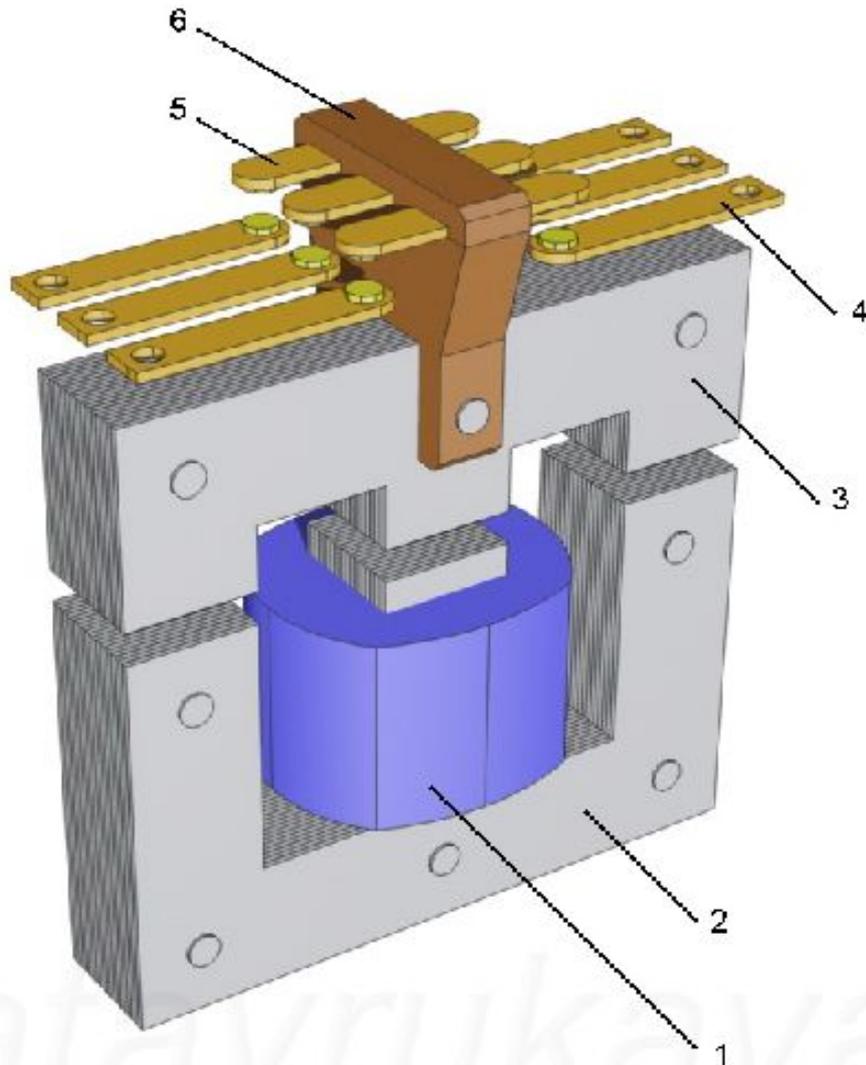
КОНТАКТОРЫ

Контактором называют аппарат дистанционного действия, который служит для частых включений и отключений под нагрузкой электрической силовой цепи.

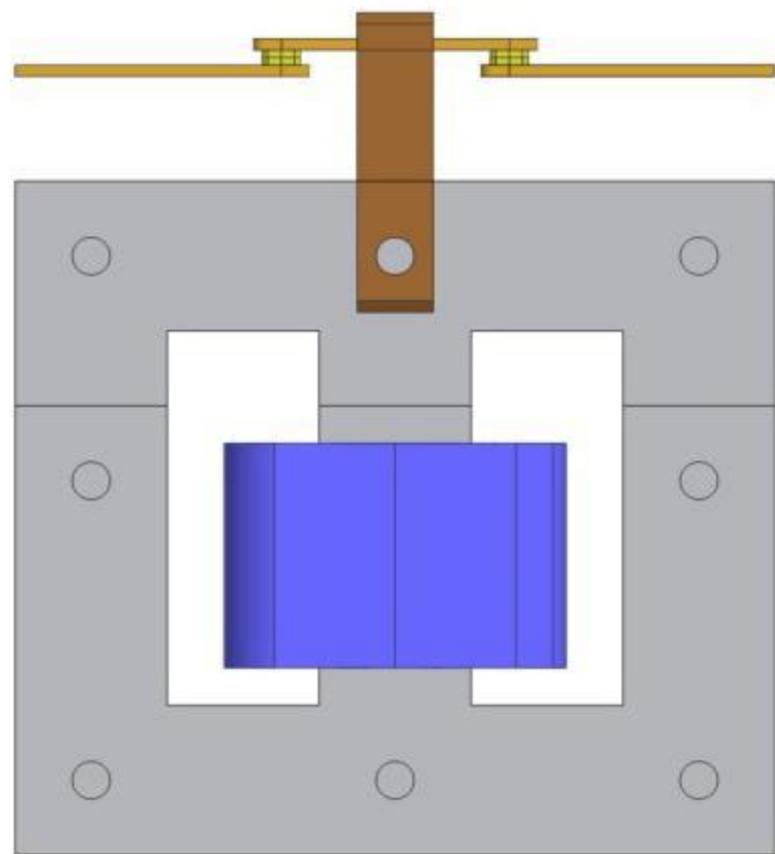
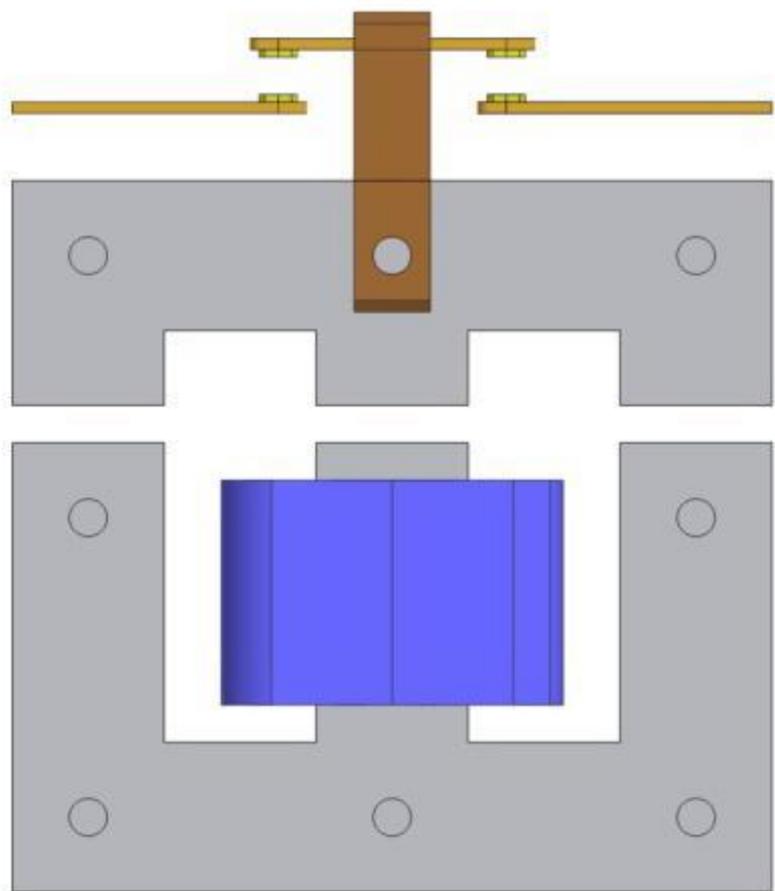
Контакторы широко применяют для автоматического и полуавтоматического управления электродвигателями.

По принципу действия **контактор** представляет собой электромагнитный выключатель с контактами, управляемыми электромагнитом.

Устройство электромагнитного **контактора** (показан трёхполюсный контактор с нормально разомкнутыми контактами).

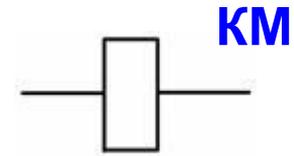


1. Катушка.
2. Неподвижная часть сердечника.
3. Подвижная часть сердечника.
4. Неподвижные контакты.
5. Подвижные контакты.
6. Диэлектрический держатель подвижных контактов.

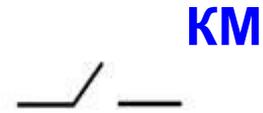


ОБОЗНАЧЕНИЕ КОНТАКТОРОВ

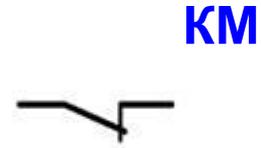
Обмотка электромагнита:



Замыкающие контакты контактора:



Размыкающие контакты контактора:



МАГНИТНЫЕ ПУСКАТЕЛИ

Магнитные пускатели представляют собой трехполюсные контакторы переменного тока, в которых встроены два тепловых реле защиты, включенных последовательно в две фазы главной цепи двигателя.

Магнитные пускатели предназначены для управления электродвигателями, а также для защиты их от перегрузок. Иногда магнитные пускатели используют для включения и отключения некоторых электроустановок, требующих дистанционного управления (наружное и аварийное освещение и др.).

Защита электродвигателя от перегрузок осуществляется тепловым реле, которое надежно защищает электродвигатель и питающую линию от перегрузки, но не обеспечивает защиты от коротких замыканий.

При использовании **магнитных пускателей** с тепловыми реле для защиты от перегрузок необходимо дополнительно устанавливать и плавкие предохранители или автоматы с электромагнитными расцепителями для защиты от коротких замыканий.

РЕЛЕ

Реле представляет собой устройство, включающее и выключающее цепи управления под воздействием внешних импульсов.

Характерным для реле является ступенчатая (скачкообразная) выходная функция. Реле срабатывает при некоторой конечной величине поступающего к реле импульса (импульс срабатывания).

Реле подразделяется на:

электромагнитные

тепловые

гидравлические

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ РЕЛЕ

Электромагнитные реле отличаются от контакторов большим числом рабочих контактов и малой величиной тока (или напряжения) питания, при котором они замыкаются или размыкаются. Это позволяет включать с помощью одного командного импульса малой мощности несколько независимых друг от друга цепей различной мощности.

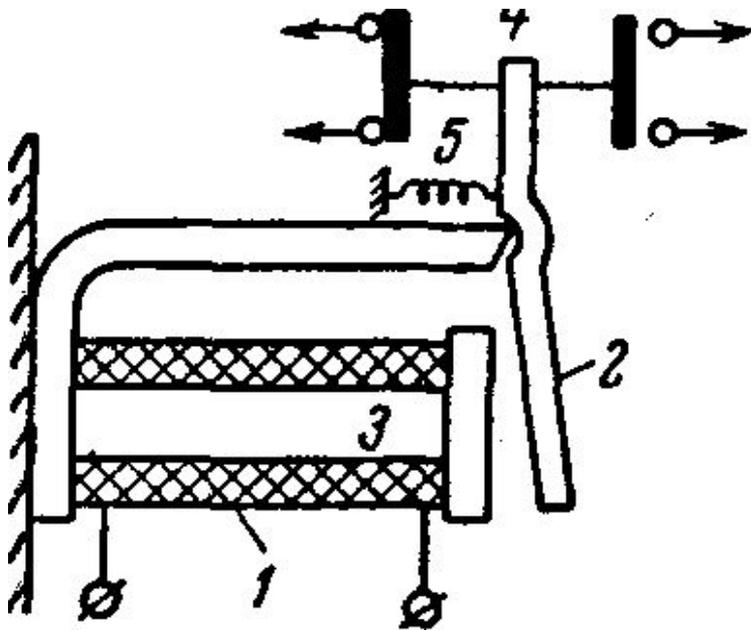
Электромагнитные реле применяются для включения цепей управления и сигнализации, а также для блокировки отдельных контактных пар или целых аппаратов.

Катушки реле могут быть рассчитаны на питание переменным или постоянным током.

В цепях управления технологических установок применяются нейтральные и поляризованные реле.

НЕЙТРАЛЬНОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ РЕЛЕ

Нейтральное реле реагирует одинаково независимо от полярности тока; оно может работать на переменном и постоянном токе.



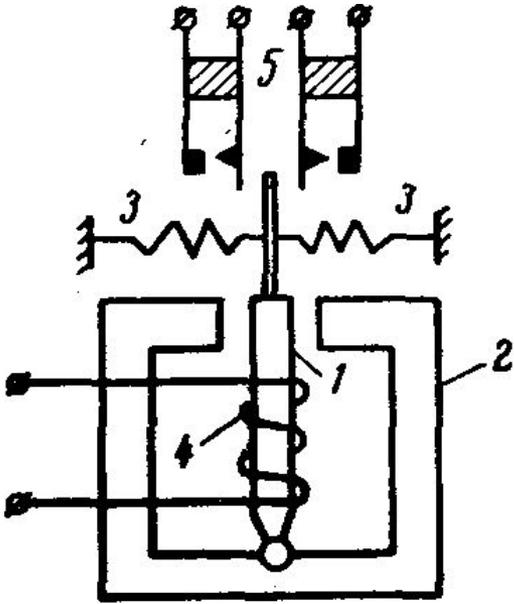
- 1 – обмотка
- 2 – якорь
- 3 – сердечник
- 4 – контакты
- 5 - пружина

При пропускании тока по обмотке якорь притягивается к сердечнику и замыкает (или размыкает) контакты. При прекращении питания реле током якорь под влиянием пружины отходит от сердечника и контакты размыкаются (замыкаются).

ПОЛЯРИЗОВАННОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ РЕЛЕ

Поляризованное реле реагирует различным образом при различной полярности тока; оно может работать только на постоянном токе.

Рассмотрим трехпозиционное поляризованное реле.



1 – сердечника

2 – постоянный магнит

3 – пружины

4 – обмотка

5 - контакты

При отсутствии тока, питающего реле, сердечник 1 удерживается в магнитном поле постоянного магнита 2 в нейтральном положении с помощью пружинки 3.

При пропускании по катушке 4 электрического тока определенной полярности созданное катушкой магнитное поле алгебраически складывается с магнитным полем постоянного магнита, усиливая одну его сторону и ослабляя другую. Якорь притягивается к сильной стороне магнита, вследствие чего замыкаются соответствующие контакты 5.

При пропускании тока противоположной полярности рабочее магнитное поле будет усиливать магнитное поле другой стороны ярма, и якорь притянется к этой стороне и замкнет противоположные контакты реле.

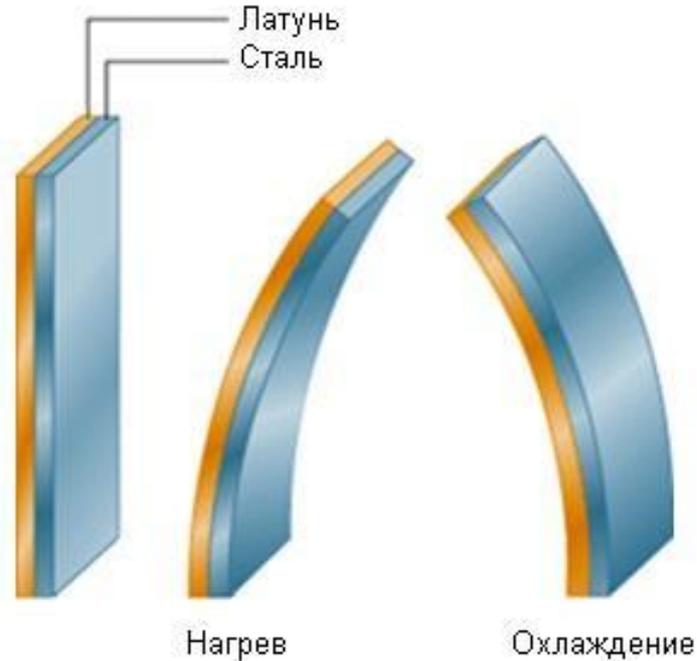
Поляризованное реле может быть использовано и как двухпозиционное. Для этого должны быть удалены противодействующие пружинки якоря. В этом случае якорь реле при прекращении тока останется в том же положении, в каком он находился при наличии тока. Если снова дать в катушку реле ток той же полярности, то якорь реле останется на месте. Если же дать ток противоположного направления, якорь переменит свое положение. Таким образом, меняя полярность тока, можно изменять позицию якоря и замыкать (или размыкать) правые или левые контакты.

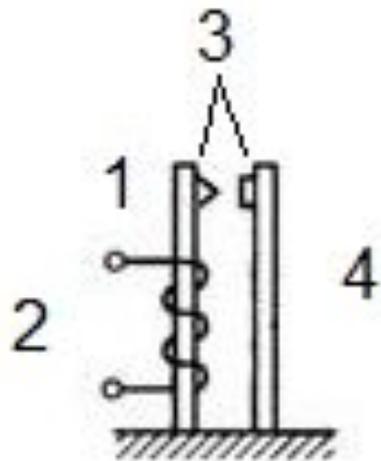
ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЕ РЕЛЕ

Действие электротермического реле основано на расширении металла при нагревании.

Основным элементом электротермического реле является биметаллическая пластинка.

Принцип работы биметаллической пластинки показан на рисунке:





- 1 - биметаллическая пластинка
- 2 – обмоткой
- 3 – рабочие контакты
- 4 – биметаллическая пластинка

Биметаллическая пластинка 1 снабжена обмоткой 2 с большим омическим сопротивлением. При пропускании тока по обмотке биметаллическая пластинка, нагреваясь, изгибается и замыкает рабочие контакты 3.

Для устранения влияния температуры окружающей среды компенсационная пластинка 4 делается также из биметалла, причем устанавливается таким образом, чтобы она изгибалась в ту же сторону, что и рабочая пластинка.

Величину тока срабатывания можно менять путем изменения омического сопротивления обмотки.

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОНТАКТОРОВ И РЕЛЕ

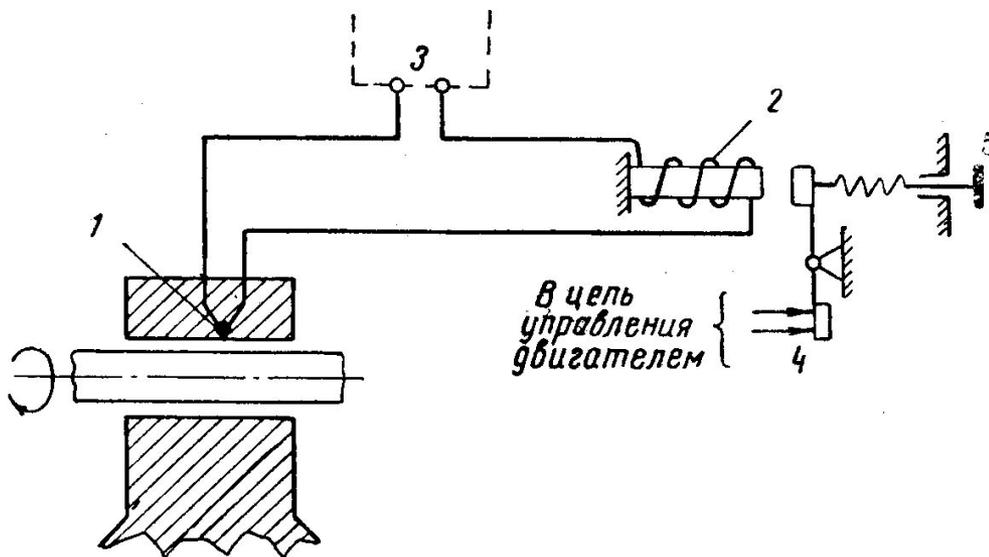
- 1) величина срабатывания - величина тока (или напряжения, мощности), при котором контактор или реле срабатывает, т. е. якорь притягивается к сердечнику и замыкает (размыкает) рабочие контакты;**
- 2) предельная разрывная способность - наибольшее значение величины тока или мощности, при которых контактор (или реле) способен отключать, не повреждаясь при этом ни механически, ни электрически;**
- 3) коэффициент усиления - отношение предельной разрывной способности к величине срабатывания контактора или реле (отношение мощности управляемой к мощности управления);**
- 4) время срабатывания - интервал времени от включения питания до срабатывания реле.**

По времени срабатывания различают реле безынерционные (время срабатывания меньше 0,001 с), быстродействующие (от 10⁻³ до 0,05с), нормальные (от 0,05 до 0,15 с), замедленные (от 0,15 до 1 с) и реле времени (со временем срабатывания более 1с).

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ТЕРМОСОПРОТИВЛЕНИЯ

В последнее время в качестве термоэлементов находят широкое применение полупроводниковые элементы (термисторы), изготавливаемые из смеси окислов металлов. Электрическое сопротивление термисторов находится в большой зависимости от температуры ($T: 20\text{ C} \uparrow 80\text{ C} \rightarrow R \downarrow$ в 6 раз).

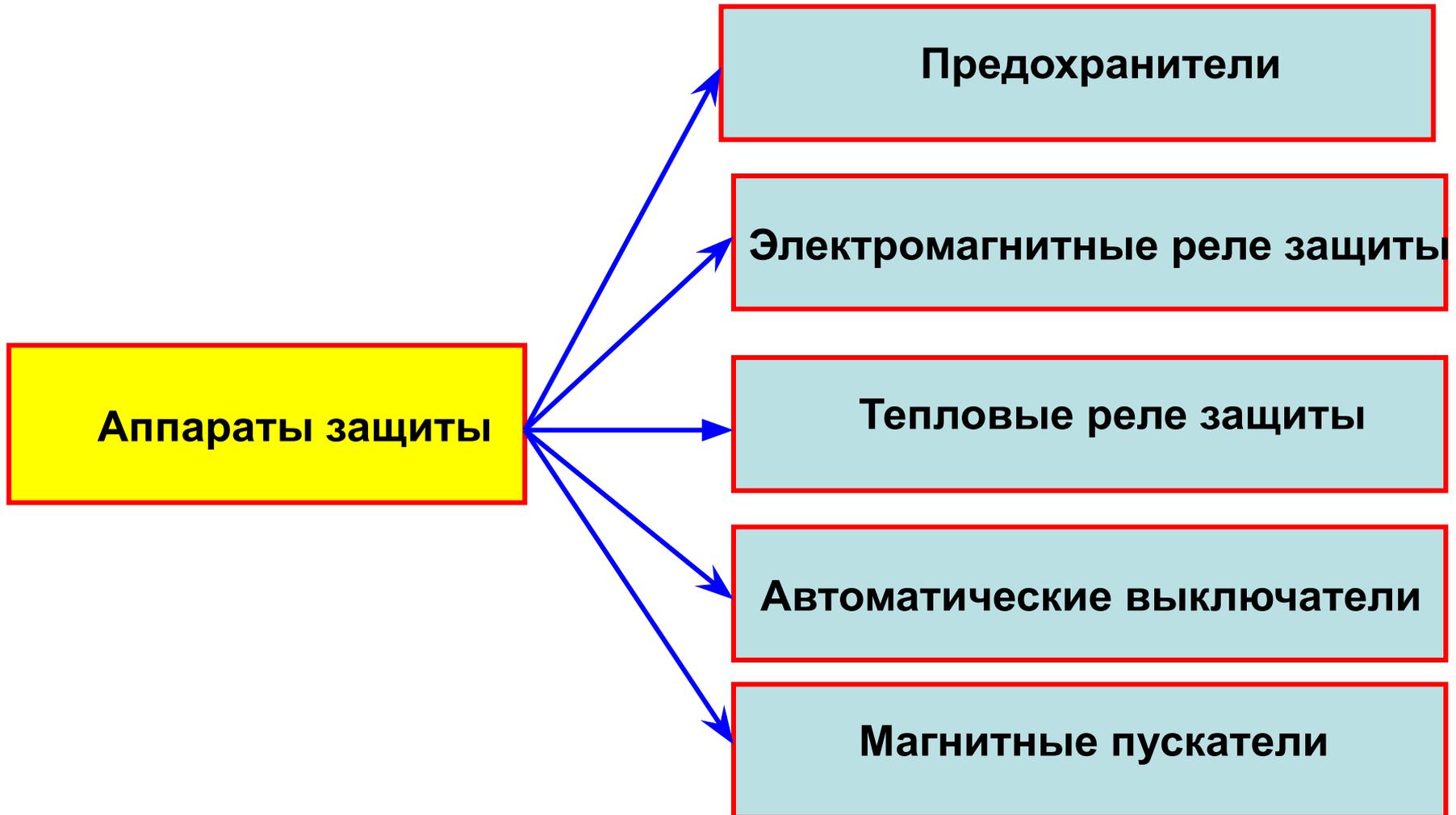
Принципиальная схема защиты подшипников



- 1 – термистор
- 2 – электромагнитное реле
- 3 – источник постоянного тока
- 4 – контакты цепи управления
- 5 – натяжная пружина и винт для настройки температуры срабатывания

АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ

Аппараты защиты осуществляет защиту электрических установок от чрезмерных тепловых действий тока, возникающих при КЗ и перегрузках, от недопустимого понижения напряжения в сети и других ненормальных явлений.

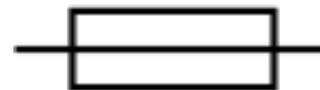
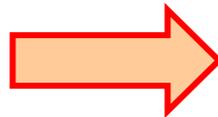


ПРЕДОХРАНИТЕЛИ

Предохранитель это электрический аппарат, осуществляющий автоматическое отключение электрической цепи при перегрузке или коротком замыкании в установках низкого и высокого напряжения.

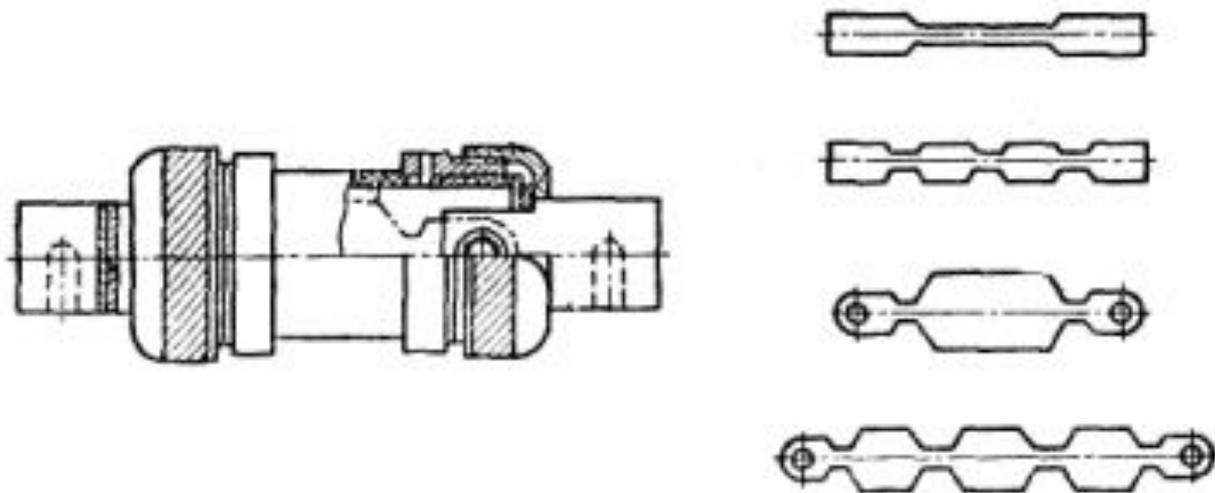
При защите электродвигателя плавкие **предохранители** устанавливаются между рубильником и электродвигателем.

Обозначения предохранителей
на электрических схемах



Предохранители состоят из плавкого металлического элемента - плавкой вставки в виде тонкой проволоки или пластины и корпуса с контактным устройством.

Конструкция плавкого предохранителя



Корпус предохранителя изготавливается из фибры, фарфора или стекла.

Большинство предохранителей снабжается дугогасительными средствами внутри корпуса (фибра, кварцевый песок).

Плавкая вставка допускает длительное протекание тока, но при перегрузках и токах короткого замыкания ($I > I_{вст}$) нагревается до температуры плавления металла и, расплавляясь, разрывает электрическую цепь.

Плавкие вставки изготавливают из легкоплавящихся цветных металлов. На практике применяют плавкие вставки с малой тепловой инерцией - безинерционные, и с большой тепловой инерцией - инерционные.

Плавкие вставки с малой тепловой инерцией, изготавливаемые из металлов с высокой электропроводностью и малой теплоемкостью (медь, серебро), осуществляют быстросрабатывающую защиту, но они чувствительны к токовым перегрузкам, возникающим в электрической сети.

Плавкие вставки с большой тепловой инерцией и теплоемкостью, изготавливаемые из металлов с большим удельным сопротивлением (свинец и его сплавы), не осуществляют быстросрабатывающую защиту, но выдерживают значительные кратковременные токовые перегрузки.

По конструктивному исполнению предохранители изготавливают пробочные и трубчатые.



Пробочные предохранители применяются в основном для защиты осветительных установок и электродвигателей малой и средней мощности.

Принцип действия плавкого предохранителя заключается в том, что, будучи включенным в рассечку цепи защищаемого участка, при увеличении тока, превышающего ток на который рассчитана плавкая вставка предохранителя, она сильно нагревается, а затем перегорает. Вследствие этого защищаемый им участок сети отключается, предотвращая недопустимый перегрев проводов или кабеля.

Время отключения предохранителя складывается из продолжительности расплавления вставки и горения дуги.

При расплавлении плавкой вставки в предохранителях внутри фибрового корпуса возникает электрическая дуга. Под действием высокой температуры внутренняя поверхность корпуса начинает разлагаться, в результате происходит интенсивное выделение газов с возрастанием давления внутри корпуса. Образовавшиеся газы при высоком давлении способствуют эффективному гашению дуги.

В предохранителях с фарфоровым или стеклянным корпусом гашение дуги происходит в результате ее разветвления в тончайших промежутках между зернами песка. Благодаря их большой поверхности зерна хорошо поглощают теплоту и охлаждают выделяющиеся газы, резко снижая давление в патроне при испарении металла вставки. Гашение дуги а, следовательно и размыкание цепи происходит настолько быстро, что при больших токах короткого замыкания ток в предохранителе не достигает предельного значения. Поэтому такие предохранители отличаются быстроедействием и обладают токоограничивающим свойством.

Различают номинальные токи предохранителя и плавкой вставки.

Номинальным током предохранителя называют наибольший ток, на который рассчитаны его токоведущие части (патрон, контактные стойки). Этот ток равен наибольшему из номинальных токов плавких вставок, предназначенных для установки в данном предохранителе.

Номинальным током плавкой вставки называют наибольший ток, при котором заводом-изготовителем гарантируется работа плавкой вставки на неопределенное время без расплавления.

Номинальные токи указаны заводом на корпусе предохранителя и плавкой вставке.

ВЫБОР ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ

Выбор предохранителей производится по трем параметрам: **номинальному напряжению, номинальному длительному току и току отключения.**

Выбирая номинальный ток плавкой вставки, следует учитывать характер нагрузки в защищаемой цепи. Если нагрузка не имеет пиковых пусковых токов, значительно превышающих номинальный (освещение, нагревательные устройства), то следует выбирать ток плавкой вставки следующим образом:

$$I_{\text{вст}} \geq 1,1 \div 1,2 I_{\text{ном}},$$

где $I_{\text{ном}}$ - номинальный ток нагрузки.

Если нагрузка представляет собой двигатель переменного тока, пусковой ток которого может в 5 ÷ 8 раз превышать номинальный. В этом случае следует принимать:

$$I_{\text{вст}} \geq I_{\text{п}} / \alpha,$$

где $I_{\text{п}}$ - пусковой ток электродвигателя, $\alpha = 2 \div 3$. 60

Недостатки предохранителей:

- не могут защитить линию от перегрузки, так как допускают длительную перегрузку до момента плавления;
- не всегда обеспечивают избирательную защиту в сети вследствие разброса их характеристик;
- при коротком замыкании в трехфазной линии возможно перегорание одного из трех предохранителей и линия остается в работе на двух фазах. В этом случае короткозамкнутые электродвигатели, подключенные к линии, оказываются включенными на две фазы, а это может привести к перегреву электродвигателей и их выходу из строя.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

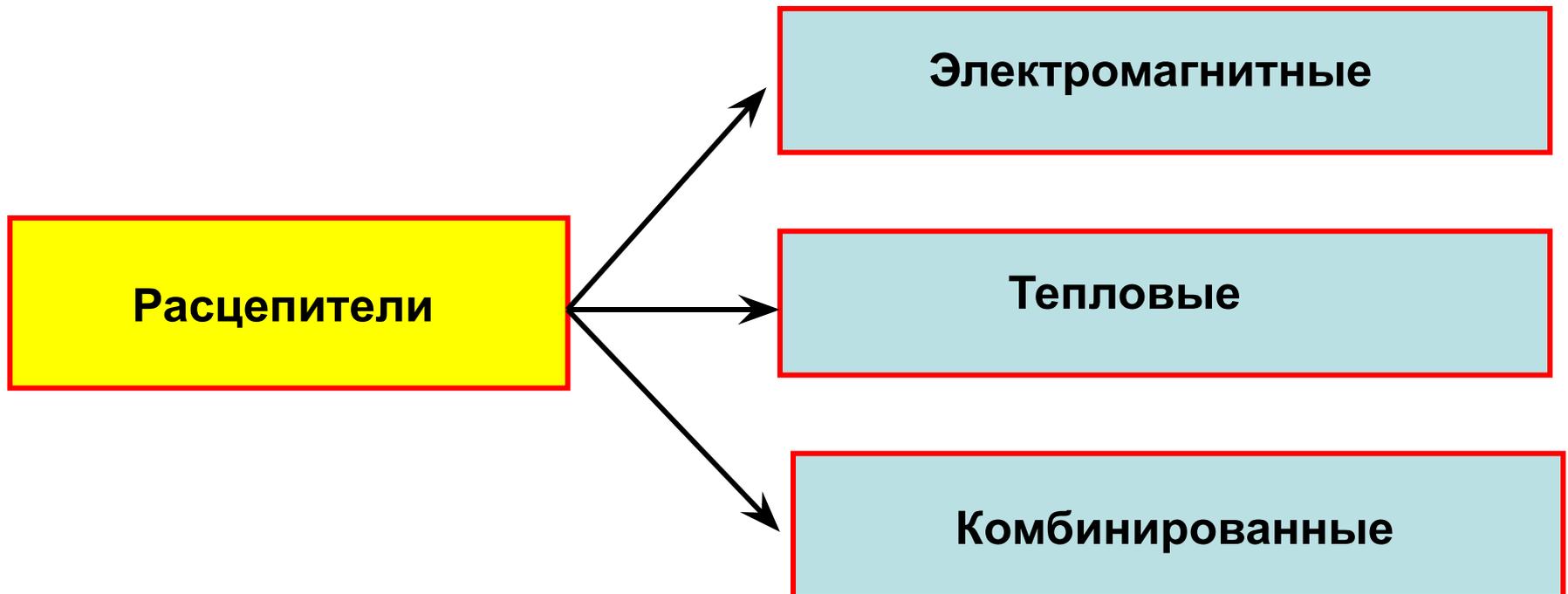
Автоматические выключатели являются более совершенными аппаратами защиты, обладающими рядом преимуществ:

- при перегрузке или КЗ автоматический выключатель отключает все три фазы защищаемого ответвления, что особенно важно при защите ответвления к электродвигателю;**
- автоматический выключатель после срабатывания вскоре снова готов к работе, в то время как в предохранителе требуется замена калиброванной вставки или даже патрона;**
- автоматические выключатели имеют более точные защитные характеристики, чем предохранители;**
- автоматические выключатели помимо функций защиты могут быть использованы для нечастых коммутаций цепей, в которых они установлены.**

- некоторые типы автоматических выключателей имеют встроенные вспомогательные контакты, используемые в цепях блокировки в сигнализации, а также независимые расцепители, позволяющие осуществлять дистанционное отключение. Выпускаются также автоматические выключатели с электроприводом, позволяющие производить дистанционное включение аппарата;

- автоматические выключатели исключают возможность применения некалиброванных элементов, что, к сожалению, часто практикуется в установках с плавкими предохранителями.

Измерительным органом, контролирующим значение тока или напряжения, при которых автоматический выключатель должен отключать электрическую цепь, является **расцепитель**, по типу которого автоматические выключатели подразделяют на автоматические выключатели с электромагнитным расцепителем, автоматические выключатели с тепловым расцепителем и с комбинированным расцепителем.



Если ток в цепи превосходит ток срабатывания электромагнитного расцепителя, то происходит отключение защищаемого участка электрической цепи. Время отключения составляет $0,05 \div 0,15$ с, поэтому он называется автоматическим выключателем мгновенного действия. Иногда в цепи возникает кратковременная неопасная перегрузка, при которой не надо отключать цепь. Тогда автоматический выключатель максимального тока должен иметь устройство, обеспечивающее выдержку времени, то есть допускать работу в течение нескольких секунд при токе, превышающем его ток срабатывания.

Автоматические выключатели с тепловым расцепителем осуществляют защиту от токов перегрузки. Действие теплового элемента расцепителя основано на свойстве биметаллической пластинки изгибаться при нагреве. При изготовлении биметаллических пластинок для данной цели выбирают металлы или сплавы с различными коэффициентами линейного расширения при нагреве.

Наиболее часто применяемые автоматические выключатели могут снабжаться комбинированными расцепителями.

Расцепители характеризуются номинальным напряжением и током.

Под **номинальным током автомата** понимается ток, который они выдерживают неограниченно долго, что гарантируется заводом изготовителем.

Номинальный ток автоматического выключателя характеризует пропускную способность его контактных частей и соответствует номинальному току его теплового расцепителя.

Наименьший ток, вызывающий отключение автоматического выключателя, называется током трогания или **ТОКОМ срабатывания**.

Под уставкой расцепителя понимается настройка его на выбранное значение тока трогания.

ВЫБОР АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

В каталогах приводятся номинальные напряжения $U_{\text{НОМ}}$, номинальные токи $I_{\text{НОМ}}$, токи срабатывания тепловых I_{T} и максимальных $I_{\text{МАКС}}$ расцепителей, предельно отключаемые автоматом токи короткого замыкания $I_{\text{ПРЕД}}$.

Выбор автоматических выключателей производится по следующим условиям:

1. по номинальному напряжению - номинальное напряжение автомата, должно удовлетворить условию

$$U_{\text{НОМ}} \geq U_{\text{сети}}$$

где $U_{\text{сети}}$ - номинальное напряжение сети, в которую включается автомат;

2. по номинальному току подключаемой линии или приемника он должен удовлетворять условию

$$I_{\text{НОМ}} \geq I_{\text{пр}}$$

где $I_{\text{пр}}$ - номинальный ток единичного приемника электроэнергии; для выключателя питающего распределительный пункт РП берется сумма токов всех приемников электроэнергии.

3. по току короткого замыкания в сети. Этот наибольший ток должен удовлетворять условию

$$I_{\text{ПРЕД}} > I_{\text{КЗ}}$$

Расцепители должны отвечать следующим условиям:

1. тепловые расцепители автоматов долины срабатывать при некотором превышении расчетного тока, т.е. они должны выбираться по условию

$$I_T \geq 1,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$$

2. электромагнитные расцепители автоматов долины пропускать пусковые токи двигателей $I_{\text{пуск}}$ без отключения, в связи, с чем они выбираются по условию

$$I_{\text{ЭМ}} \geq 1,2 \cdot I_{\text{ПУСК}}$$

Сегодня выпускаются автоматические выключатели со следующими характеристиками расцепителей:

A – электрические цепи большой протяженности и для защиты полупроводниковых устройств

$$I_{эм} = (2 \div 3) I_n, I_t = (1,13 \div 1,45) I_n;$$

B – для осветительных сетей

$$I_{эм} = (3 \div 5) I_n, I_t = (1,13 \div 1,45) I_n;$$

C – для осветительных сетей и для установок с умеренными пусковыми токами

$$I_{эм} = (5 \div 10) I_n, I_t = (1,13 \div 1,45) I_n;$$

D – для установок с большими пусковыми токами

$$I_{эм} = (10 \div 20) I_n, I_t = (1,13 \div 1,45) I_n;$$

K – для подключения индуктивной нагрузки

$$I_{эм} = (8 \div 12) I_n, I_t = (1,05 \div 1,2) I_n;$$

Z – для подключения электронных устройств

$$I_{эм} = (2 \div 3) I_n, I_t = (1,05 \div 1,2) I_n;$$

Обозначения автоматических выключателей:

S271B20 (ABB)

S27 – серия,
1 – число фаз,
B – тип расцепителя,
20 – номинальный ток в А.

ВА47-29/3/50С