

# Электрические аппараты

## Назначение и классификация электрических аппаратов

Распределение энергии между приемниками электрической энергии (двигателями, нагревательными, осветительными и другими электротехническими устройствами) и электрическая защита их осуществляются с помощью электрических аппаратов.

По назначению электрические аппараты можно разделить на четыре группы:

1) коммутирующие аппараты, производящие отключение и включение главных (силовых) электрических цепей в системах, генерирующих, передающих и распределяющих электрическую энергию;

2) реле и регуляторы, осуществляющие защиту и управление работой различных электротехнических устройств, а также решение логических задач (ДА, НЕТ, ИЛИ и др.);

3) аппараты управления (контакторы, пускатели, контроллеры, командоаппараты), управляющие работой электротехнического устройства, например пуск, регулирование частоты вращения, торможение, реверс электрических двигателей в системах электропривода;

4) датчики, создающие электрические сигналы (ток, напряжение), соответствующие определенным параметрам протекающего технологического процесса.

Различают три группы коммутирующих аппаратов: 1) автоматические выключатели, 2) плавкие предохранители и 3) неавтоматические выключатели.

Автоматические выключатели выполняют ручное и автоматическое включение и выключение, а неавтоматические выполняют только ручное отключение и включение.

Плавкие предохранители выполняют только разовое отключение при недопустимых нарушениях режима работы электротехнического устройства.

Электрические аппараты классифицируются по роду тока и значениям тока и напряжения. Различают силовоточные от 5А и выше и слаботочные — до 5А, низкого напряжения — до 1000 В и высокого напряжения — выше 1000 В.

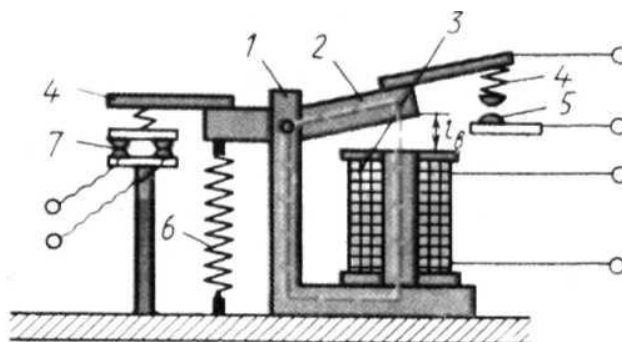
Электрические аппараты подразделяются также по числу разрываемых контактов-полюсов на одно-, двух- и трехполюсные.

### *Принцип действия и устройство коммутирующих аппаратов*

Принцип действия и устройство коммутирующих аппаратов рассмотрим на примере аппарата низкого напряжения. Его основными частями являются: электромагнит, состоящий из ярма 1, якоря 2, обмотки 3; контакты (подвижные и неподвижные) главные 5 и вспомогательные 7; рабочая пружина 6; контактные пружины 4; дугогасительное устройство (на рисунке не показано). По конструктивному исполнению электромагниты бывают с якорем клапанного типа, втяжным и с поворотным.

Электромагнит служит для преобразования электрической энергии в механическое усилие, под действием которого якорь притягивается к ярму, преодолевая сопротивление рабочей и контактной пружин, и перемещается до полного замыкания главных контактов.

На рисунке представлены тяговая и механическая характеристики элементов аппарата.



Тяговой характеристикой называют зависимость электромагнитной силы  $F_T$  действующей на якорь, от длины воздушного зазора  $l_B$ .

При постоянном токе сила  $F_T$  рассчитывается по формуле

$$F_T \approx \frac{4\pi \cdot 10^{-7} (\omega I)^2 S_B}{2l_B^2}$$

где  $\omega I$  — мдс, создаваемая током обмотки электромагнита,  $S_B$  площадь воздушного зазора.

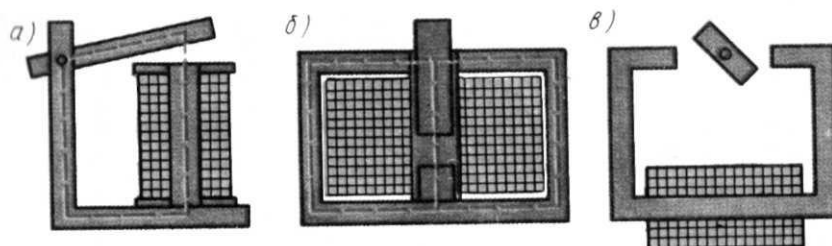
При синусоидальном токе выражение  $F_T$  имеет вид

$$F_T = F_{Tm} \sin^2 \omega t = F_{Tm}/2 - (F_{Tm} \cos 2\omega t)/2$$

Пульсация электромагнитной силы  $F_T$  при работе электрического аппарата вызывает вибрацию магнитопровода (шум, дребезг).

Механическая характеристика электрического аппарата  $F_M(l_B)$  является суммой сил сопротивления рабочей пружины, пружин подвижных контактов и реакции контактов.

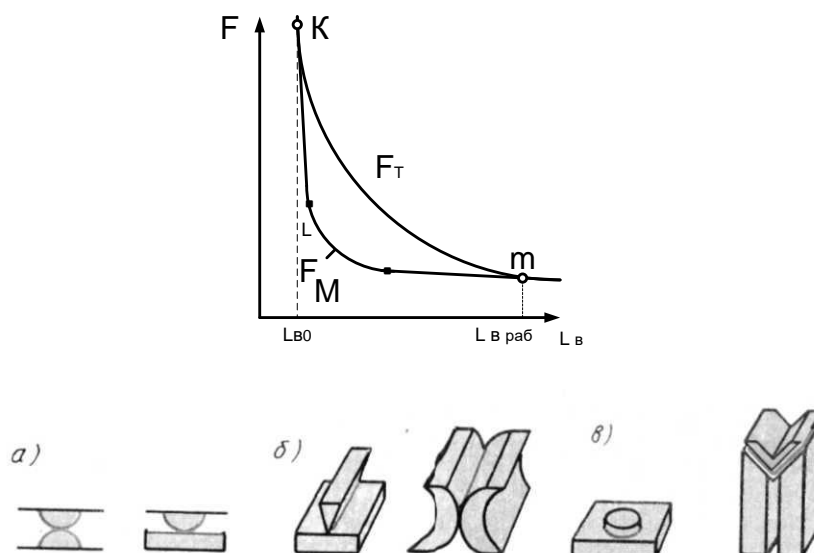
При этом на участке  $np$  действует только рабочая пружина, на участке  $nl$  — рабочая и контактная пружины (когда контакты соприкоснутся), и на участке  $lk$  — к этим двум силам добавляется сила реакции контактов.



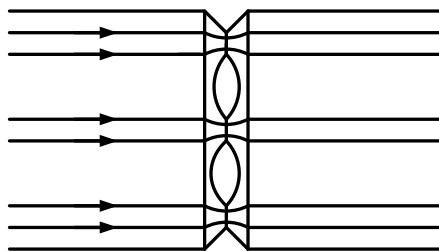
Если в момент замыкания контактов при воздушном зазоре  $l_{B, \text{раб}}$   $F_T > F_M$ , то якорь притягивается к ярму и контакты замкнутся. Затем под действием тягового усилия металлическая поверхность контактов деформируется, сила сжатия контактов будет соответствовать точке  $k$ , когда  $F_T = F_M$ . При этом между якорем и ярмом остается небольшой зазор  $l_{B0}$ . Этот зазор необходим для предотвращения залипания якоря из-за влияния остаточного магнетизма при включении тока в обмотке.

К рабочим контактам предъявляются требования высокой надежности электрического соединения, долговечности, стойкости к влиянию внешней среды. Основная особенность контактной поверхности — ее шероховатость. В отдельных точках выступы контактирующих участков соприкасаются. В этих точках под действием давления разрушается поверхностная оксидная пленка на металлической поверхности. В режиме длительного протекания тока допустимая температура нагрева контактов в зависимости от их типа и материала находится в пределах 85—120°C.

Увеличение силы контактного нажатия приводит к росту количества контактирующих точек (площади контактной поверхности), т.е. уменьшению контактного сопротивления  $R_k$ , но тем большая требуется мощность тяговой системы. На рис. представлены зависимости переходного сопротивления контактов  $R_k$  от силы нажатия  $F_k$  для разных контактных материалов (1 — латунь, 2 — медь, 3 — серебро).



Наиболее тяжелый режим работы контактов — процесс размыкания. Это объясняется тем, что разрываема цепь обладает индуктивностью, и при размыкании контактов ток в цепи измениться скачкообразно не может. Но одновременно по мере снижения силы сжатия растет переходное сопротивление контактов, что приводит к увеличению их температуры. При дальнейшем расхождении контактов между ними возникает газовый разряд — образуется электрическая дуга. Если коммутируемый ток меньше допустимого  $I < I_{\text{доп.}}$  то при разрыве контактов проскакивает только искра. При больших токах температура дуги достигает таких значений, что контакты могут пригореть и даже расплавиться.

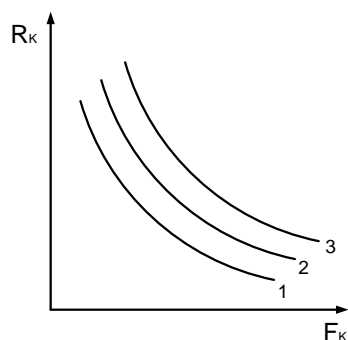


В особенно тяжелых условиях работают контакты в момент разрыва цепи постоянного тока, в этом случае при расхождении контактов между ними создается постоянная разность потенциалов, а для поддержания горения дуги достаточно 10—20 В. При разрыве цепи переменного тока условия гашения дуги облегчаются, так как при переходе тока через нулевое значение восстанавливается электрическая прочность межконтактного промежутка.

Для повышения надежности работы контактов в силовых аппаратах применяются устройства дугогашения, принцип действия которых различен. Первый способ основан на искусственном увеличении длины дуги посредством ее электромагнитного выдувания или втягивания в деионизирующую металлическую решетку или щелевую камеру. В аппаратах высокого напряжения применяют также выдувание дуги сжатым воздухом.

Второй способ состоит в помещении контактов в масло, которое под действием высокой температуры дугового разряда разлагается и выделяемые при этом газы способствуют ускорению гашения дуги. Этот способ применяется в основном в

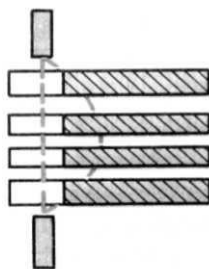
аппаратах высокого напряжения в цепях переменного тока до 6—10 кВ. В аппаратах напряжением выше 35 кВ применяют дополнительно дугогасительные газовые камеры.



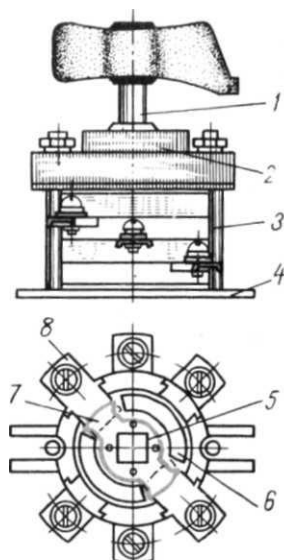
### Аппараты неавтоматического управления

К неавтоматическим аппаратам (выключателям) относятся рубильники, переключатели, пакетные выключатели, командоаппараты различного назначения, предназначенные для ручного (непосредственного или дистанционного) замыкания и размыкания электрических цепей постоянного и переменного тока. Они используются в распределительных щитах и устройствах, служащих для управления. В неавтоматических выключателях распределительных устройств, где включение производят редко, применяются плоскостные (клиновые) контакты. Пакетные выключатели и переключатели служат для переключения в цепях постоянного и переменного тока при номинальных токах до 100 А в качестве пускателей электродвигателей малой мощности, в различных автоматических схемах для включения нагрузки и т. д. Конструкции их предусматривают возможность получения различных соединений в электрических схемах.

Выпускаемые отечественной промышленностью пакетные выключатели и переключатели типа ПК. состоят из отдельных колец-пакетов, выполненных из изолирующего материала. Внутри пакета помещается контактная система, состоящая из неподвижного и подвижного контактов. Каждый пакет представляет собой одну пару контактов — один полюс. Из таких пакетов можно набрать любое число полюсов. Чаще используют одно-, двух-, трехполюсные аппараты.



На рисунке представлен трехполюсный пакетный выключатель, у которого пакеты разных полюсов набираются на скобе 4 со стяжными шпильками 3. На валике с рукояткой 1 фиксированно посажены подвижные контакты 7, имеющие профильное отверстие 5. Неподвижные контакты 8 находятся между изоляционными дисками 6. Контактные нажатия происходят под действием пружинящих подвижных контактов. Дуга, возникающая при замыкании и размыкании контактов, гасится в закрытой крышкой 2 камере, образованной между пакетами при наличии искрогасительных шайб.



Выключатель снабжен механизмом мгновенного переключения, который представляет собой заводную пружину, обеспечивающую большую скорость размыкания контактов (не зависит от скорости вращения рукоятки). Стандартные элементы переключателей дают возможность создавать различные схемы с числом переключения положений рукоятки не более четырех.

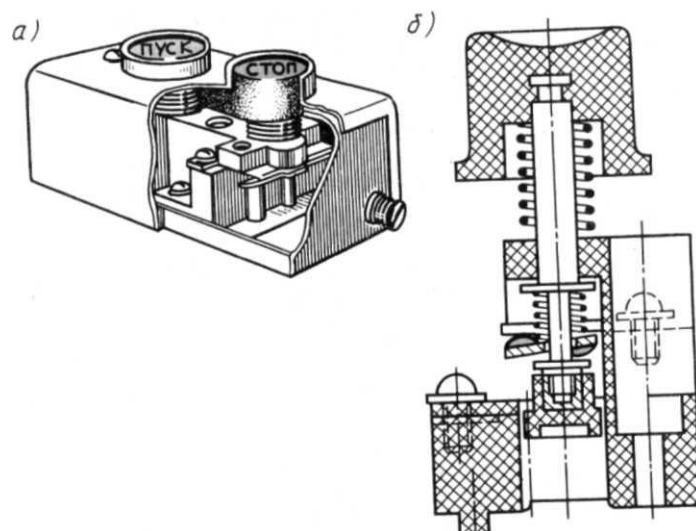
Пакетные выключатели и переключатели выпускаются на напряжение 250 В и постоянный и переменный токи 10, 25, 60 и 100 А и допускают 10 000—20 000 переключений без нагрузки при скорости не более 60 переключений/мин.

Выключатели и переключатели для размыкания и замыкания электрических цепей постоянного и переменного тока при небольших значениях тока (до 10—15 А) широко применяют в маломощных электрических цепях различного назначения. Они выполняются одно- и двухполюсными, защищенными и герметическими, для открытых и закрытых установок. Корпус выключателей в защищенном исполнении изготавливают из пластмассы, а в герметическом — из металла.

По своей конструкции они делятся на поворотные, перекидные и кнопочные. 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 установками чаще используют выключатели с двумя кнопками: одной для включения, другой для выключения. Такие кнопочные выключатели называют пускателями или командоаппаратами.

На рисунке, а представлен командоаппарат типа КА-73А, выпускаемый на номинальные токи до 15 А и предназначенный для включения и отключения электродвигателей постоянного и переменного тока малой мощности. Он управляется кнопками «Пуск» и «Стоп». Командоаппараты выполняются трехполюсными и рассчитаны на 20 включений и отключений в час.

При включении и отключении двигателей средней и большой мощности кнопочный выключатель используется для размыкания и замыкания цепей питания обмоток контакторов, коммутирующих главную цепь. В этом случае кнопочный выключатель выполняется одно- и двухполюсным. Основной частью кнопочного выключателя является кнопочный элемент, разрез которого показан на рисунке.



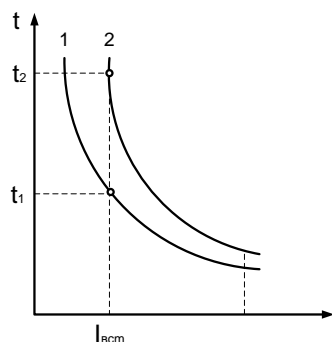
## Предохранители

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

Предохранитель состоит из плавкого металлического элемента — вставки в виде тонкой проволоки или пластины и корпуса с контактным устройством.

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. После отключения цепи в предохранителе следует заменить плавкую вставку новой и вручную включить его в электрическую цепь.

Плавкие вставки изготовляют из сплава свинца с оловом, с медью и др. Медные вставки с целью устранения окисления лудят. Они имеют малое сопротивление и выполняются с малым поперечным сечением. Большинство предохранителей снабжается дугогасительными средствами внутри корпуса (фибра, кварцевый песок и др.). Ток, на который рассчитана плавкая вставка для продолжительной работы, называют номинальным током плавкой вставки  $I_{вст}$  в отличие от номинального тока предохранителя  $I_{пр}$ , назначение которого рассчитаны токоведущие, контактные и дугогасительные части предохранителя.



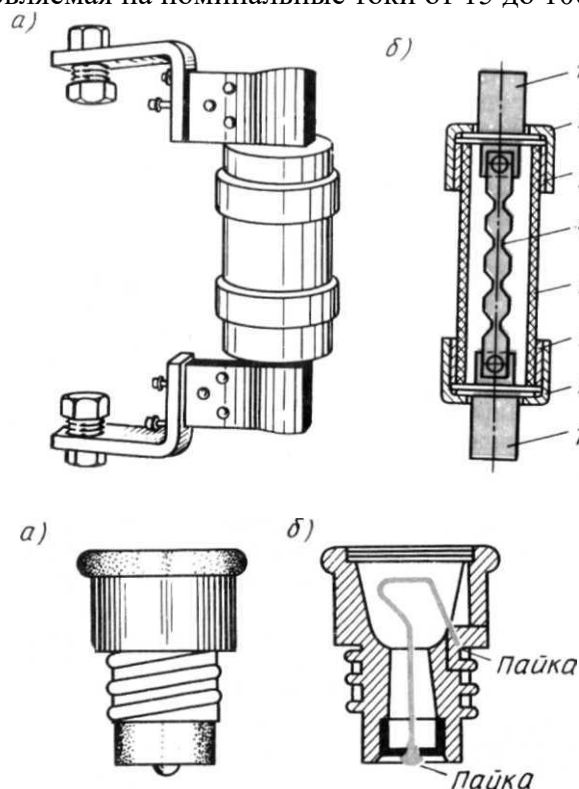
Зависимость времени плавления плавкой вставки предохранителя от значения протекающего через нее тока называют защитной характеристикой  $I = f(t)$ .

На рисунке представлены защитные характеристики двух плавких вставок 1 и 2 на различные номинальные токи. Один и тот же ток перегрузки  $I$  расплавит эти вставки в

разное время: время плавления вставки с меньшим номинальным током будет меньше ( $t_1 < t_2$ ). Это позволяет обеспечить селективную защиту электрических сетей.

По конструктивному устройству предохранители делятся на трубчатые и пробочные ПР.

Трубчатые предохранители выполняются закрытыми с корпусом из газогенерирующего материала — фибры, который при повышении температуры создает в трубке большое давление за счет ее разложения. Предохранитель типа ПР состоит из плавкой вставки 4, заключенной внутри фибровой трубки 5 разборного типа. Трубка армирована концевыми латунными кольцами 3 с резьбой, на которые навинчиваются латунные колпаки 2, замыкающие контакты 1. К контактам крепится плавкая вставка, изготовляемая на номинальные токи от 15 до 1000 А.



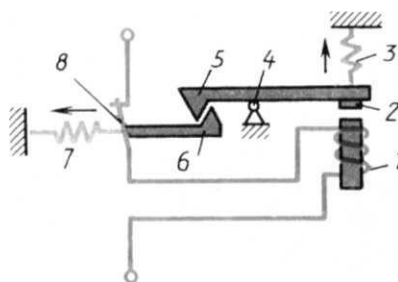
Пробочные предохранители применяются в основном для защиты осветительных установок и электродвигателей малой и средней мощности. Они отличаются от трубчатых предохранителей способом крепления плавкой вставки.

#### **Автоматические воздушные выключатели (автоматы)**

Автоматические воздушные выключатели (автоматы) предназначены для автоматического размыкания цепей постоянного и переменного тока при нарушении нормального режима их работы (перегрузки, короткие замыкания, снижение или исчезновение напряжения и т. п.). По сравнению с предохранителями автоматы обеспечивают более высокую точность установки на определенный ток отключения и многократность действия. Автоматические выключатели классифицируются по выполняемым функциям защиты на автоматы максимального и минимального тока и автоматы минимального напряжения и обратной мощности.

Принцип действия автомата рассмотрим на примере автоматического выключателя максимального тока. При повышении допустимого значения тока включенный последовательно в цепь электромагнит 1, преодолевая усилие пружины 3, притягивает якорь 2, при этом защелка 5, поворачиваясь относительно якоря по оси 4, освобождает рычаг 6 и под действием отключающей пружины 7 контакты автомата 8 размыкаются. Автомат включается вручную.

В настоящее время созданы автоматы, имеющие время отключения 0,02—0,007с на токи короткого замыкания 3000—5000 А.



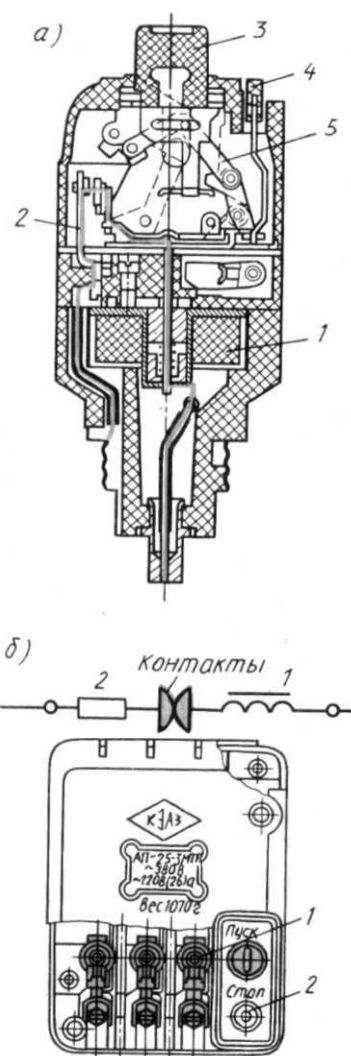
Существуют разнообразные конструкции автоматических воздушных выключателей на различные номинальные токи для работы на переменном и постоянном токе. Широкое распространение получили малогабаритные автоматы, предназначенные в основном для защиты от коротких замыканий и перегрузок приемников электроэнергии и проводов в производственных и бытовых установках на токи до 50А и напряжение до 380 В.

Средством защиты в этих автоматах является электромагнитный или биметаллический элемент, срабатывающий при нагревании с некоторой выдержкой времени. Автоматы с электромагнитом обладают большим быстродействием, что очень важно при коротких замыканиях.

На рисунке, а представлен пружинный автомат на номинальный ток 6 А и напряжение до 250 В. Катушка электромагнита 1 и биметаллическая пластина 2 включены в цепь нагрузки последовательно. При токах перегрузки биметаллический элемент нагревается и, деформируясь, непосредственно действует на механизм свободного расцепления 5. При токах короткого замыкания электромагнит 1 мгновенно втягивает сердечник и тоже воздействует на этот механизм 5. Отключение автомата может быть произведено и вручную нажатием на кнопку 4, а включение — нажатием на кнопку 3. Механизм свободного расцепления выполнен в виде защелки или ломающегося рычага. Принципиальная электрическая схема автомата представлена на рис. 14, б. По этой же схеме выполнены автоматы типа ЭАБ-4 на номинальные токи до 25 А и напряжение до 250 В.

Автоматический трехполюсный выключатель типа АП-25 снабжен дугогасительной катушкой, электромагнитным расцепителем 1 и кнопкой ручного включения 2. Он рассчитан на отключение токов короткого замыкания порядка 1500—2000 А.





### Электрические реле

Электрическое реле — автоматический аппарат, осуществляющий скачкообразное изменение выходной величины под воздействием плавно изменяющейся входной величины и решающий логические задачи ДА—НЕТ—ИЛИ.

Реле обычно состоит из трех функциональных органов:

чувствительного, воспринимающего входную величину и преобразующего ее в электрическую;

сравнения преобразованной величины с эталоном, который при достижении заданного значения передает воздействие на исполнительный орган;

исполнительного, который воздействует на управляемую электрическую цепь.

По характеру воздействующей величины реле делятся на электрические (реагирующие на электрический ток или напряжение), тепловые (реагирующие на температуру), механические (реагирующие на давление или перемещение), оптические (реагирующие на силу света), акустические (реагирующие на силу звука).

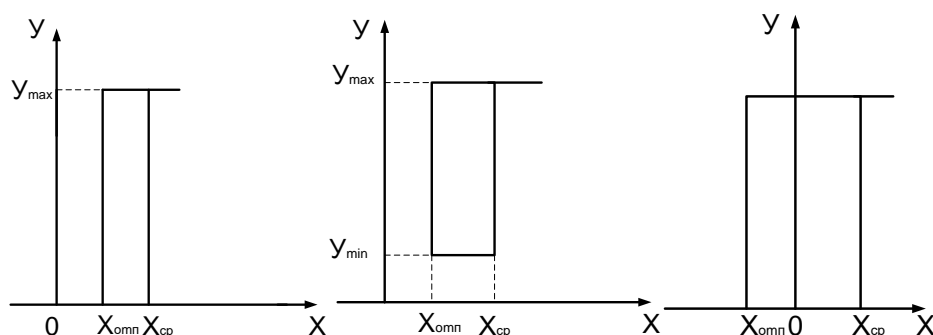
По принципу действия исполнительного органа реле делят на контактные и бесконтактные. Контактные реле воздействуют на управляемую электрическую цепь с помощью замыкания и размыкания контактов. Бесконтактные реле осуществляют управление путем резкого изменения значения параметра исполнительного органа, включенного в управляемую электрическую цепь (изменение резистивного, индуктивного сопротивления).

По принципу действия исполнительного органа контактные реле разделяются на электромагнитные, поляризованные, индукционные. К бесконтактным реле относятся магнитные реле, полупроводниковые и др.

По характеру входных параметров реле могут реагировать на максимальное или минимальное значение воздействующих величин, на разность величин, на значение и направление и т. п.

Основной характеристикой реле является характеристика «вход — выход», устанавливающая зависимость момента скачкообразного (релейного) изменения выходного параметра  $y$  от входной величины  $x$ .

На рис. 16, а, б, в представлены зависимости  $y(x)$  для трех типов реле: электромагнитного, бесконтактного (магнитного, электронного) и реле с памятью. При изменении входной величины  $x$ : от 0 до  $x_{ср}$  выходная величина  $y$  равна нулю (или  $y_{\min}$  у бесконтактных реле). При  $x = x_{ср}$  выходная величина  $y$  изменяется скачком до  $y_{\max}$ . При уменьшении  $x$  величина  $y$  остается неизменной и при  $x = x_{отп}$  скачком уменьшится до нуля (или до  $y_{\min}$  у бесконтактных реле). Отношение  $x_{отп}/x_{ср} = k_v$  называется коэффициентом возврата.



В реле с памятью для возврата его в исходное состояние необходимо изменить направление входного параметра  $x$ .

С помощью реле осуществляется управление в электрических цепях, мощность которых значительно превышает мощность управления реле. Это свойство реле характеризуется коэффициентом управления по мощности  $k_y = P_y/P_{ср}$ , где  $P_y$  — мощность в управляемой цепи,  $P_{ср}$  — мощность, которую необходимо подвести к реле для приведения в действие исполнительного органа.

Быстродействие реле характеризуется временем срабатывания  $t_{ср}$  — это интервал времени с момента подачи управляющего сигнала до полного срабатывания исполнительного органа (замыкания или размыкания цепи).

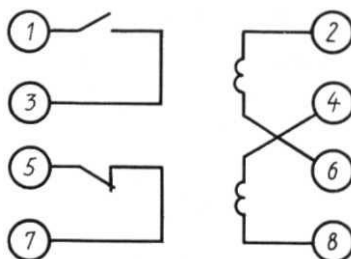
В таблице 1 даны  $k_y, t_{ср}$  некоторых типов реле.

**Таблица 1**

Тип реле	Коэффициент управления $k_y$	Время срабатывания $t_{ср}$ , мс
Электромагнитные	5-100	1-200
Поляризованные	20-5000	1-15
Магнитные	$10^4$ - $10^7$	$10^{-3}$ - $10^{-2}$

Основным требованием к реле является надежность их работы. Надежность контактных реле в значительной степени зависит от работы контактов, бесконтактных реле — от работы электронных приборов.

Бесконтактные реле работают более надежно, чем контактные. Но контактные реле можно эксплуатировать при значительных колебаниях температуры ( $-80^{\circ}\text{C}$  -  $+250^{\circ}\text{C}$ ), они не чувствительны к радиационным воздействиям, обеспечивают полный разрыв управляемой электрической цепи.



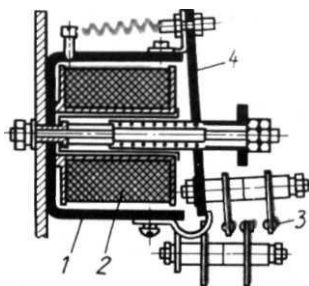
Электромагнитные реле по принципу действия аналогичны контакторам. Подвижная часть реле — якорь — перемещается так же, как и в контакторах под действием сил, создаваемых магнитным полем, которое возбуждается током обмотки реле.

В зависимости от применения электромагнитные реле разделяются в основном на реле защиты и управления.

Реле защиты электротехнических устройств и сетей выполняются для защиты от превышения тока и напряжения — максимальное реле, а также от обрыва цепи или снижения напряжения питания — минимальное реле. Они работают при небольшой частоте включения и выключения и небольших токах главных контактов ( $0,5—20\text{A}$ ), но должны обеспечивать четкую и безотказную работу.

Максимальные реле тока типа РТ имеют настройку на выбранные значения тока срабатывания. Зажимы рабочих катушек 2, 4, 6, 8 реле тока включаются в силовую сеть, а размыкающие 5, 7 и замыкающие 1, 3 контакты — в цепь управления.

В тех случаях, когда разрывная способность или количество контактов реле защиты недостаточны, применяются вспомогательные (промежуточные) реле, обычно постоянного тока. Промежуточное реле типа ЭП выполняется на базе электромагнитного механизма клапанного типа. При прохождении тока в обмотке 2 якорь 4 притягивается к сердечнику 1 вместе с подвижными контактами 3.



Реле типа ЭПВ отличается от реле типа ЭП наличием устройства для получения и регулирования выдержки времени с помощью дополнительной короткозамкнутой обмотки, которая замедляет процесс нарастания магнитного потока в магнитопроводе.

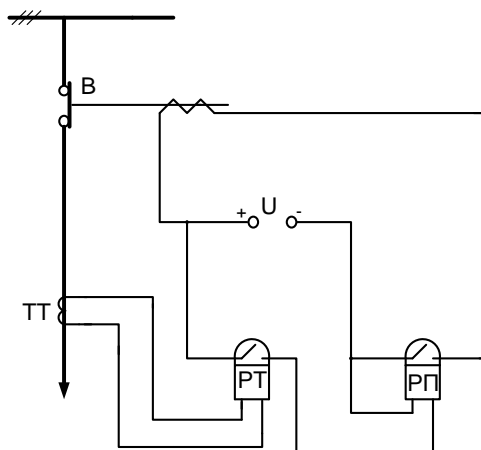
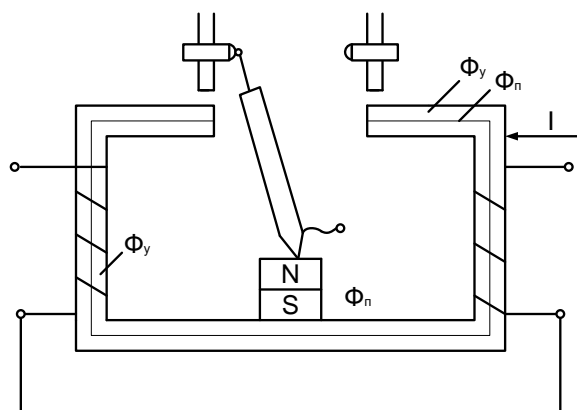


Схема защиты с помощью максимального и промежуточного реле, действующих на отключение сети, представлена на рис. 19. При превышении тока нагрузки чувствительный орган — трансформатор тока ТТ — через вторичную обмотку включен на управляющую обмотку максимального реле РТ, которое включает цепь управления промежуточного реле РП. Промежуточное реле в свою очередь включает питание обмотки привода выключателя В.

Поляризованное реле является разновидностью электромагнитного. Оно реагирует не только на значение управляющего тока, но и на направление его. В поляризованных реле магнитный поток создается как мдс обмотки, так и постоянным магнитом, встроенным в магнитную систему реле.



Принцип работы поляризованного реле состоит в следующем. При отсутствии тока в обмотке поляризующий магнитный поток постоянного магнита при строго вертикальном положении якоря создает взаимно уравновешивающие силы. При прохождении тока через обмотку магнитный поток управления  $\Phi_y$  в магнитопроводе, складываясь с потоком постоянного магнита, уменьшает результирующий магнитный поток в одной из половин магнитопровода и увеличивает его в другой. В результате электромагнитные силы, действующие на якорь, не будут уравновешиваться, и он переместится вправо или влево в зависимости от направления тока, проходящего через обмотку.

## Контроллеры, магнитные пускатели и электромагниты

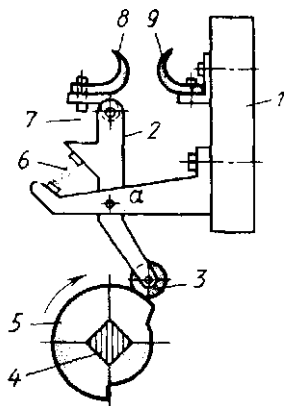
Контроллер — электрический аппарат, с помощью которого изменяют схемы включения в силовой цепи и цепи возбуждения электрических машин

Конструктивно он представляет собой переключающее многоступенчатое контактное устройство.

Привод контроллеров ручной, ножной или электродвигательный. Переключающее контактное устройство состоит из ряда неподвижных контактов, с которыми замыкаются или размыкаются подвижные контакты при повороте мала.

В зависимости от конструкции контактного устройства контроллеры разделяются на барабанные и кулачковые.

Барабанные контроллеры применяют для управления двигателями постоянного тока мощностью до 45 кВт и переменного тока — до 75 кВт.



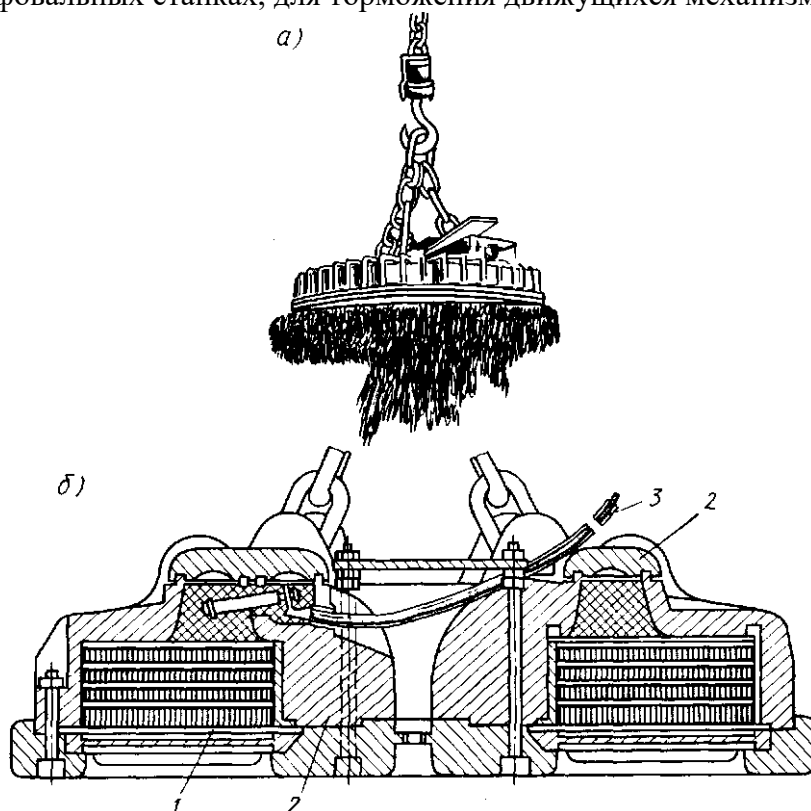
Кулачковые контроллеры применяют для управления двигателями больших мощностей. Число контактных элементов в зависимости от схемы может достигать 15 и более. Устройство одного контактного элемента кулачкового контроллера представлено на рисунке. На плате из изоляционного материала / укреплен неподвижный контакт 9. Подвижный контакт 8 закреплен шарнирно на рычаге 2, который на противоположном конце имеет ролик 3, перекатывающийся по профильной (кулачковой) шайбе 5, помещенной на вертикальном валу 4. При повороте вала 4 кулачковая шайба переходит от профиля с радиусом  $r$  к профилю радиуса  $R$ , рычаг 4 поворачивается на оси в точке а и, преодолевая сопротивление пружин 6 и 7, замыкает контакты 8 и 9. Для гашения дуги каждый контактный элемент имеет свою дугогасительную катушку и камеру.

Магнитные пускатели состоят из одного или двух контакторов и тепловых реле, смонтированных на общей панели. Пускатели предназначены для дистанционного или автоматического управления двигателями напряжением до 600 В. Тепловые реле осуществляют защиту двигателя от перегрузок.

Магнитные пускатели выпускаются в различных исполнениях: реверсивные, неревверсивные, закрытые, взрывобезопасные и т. д.

Электромагниты предназначены для преобразования магнитной энергии в механическую. Они используются для управления различными механизмами: при

подъеме тяжестей, в качестве магнитных патронов в станках, перемещения плит и столов на шлифовальных станках, для торможения движущихся механизмов и т. д.



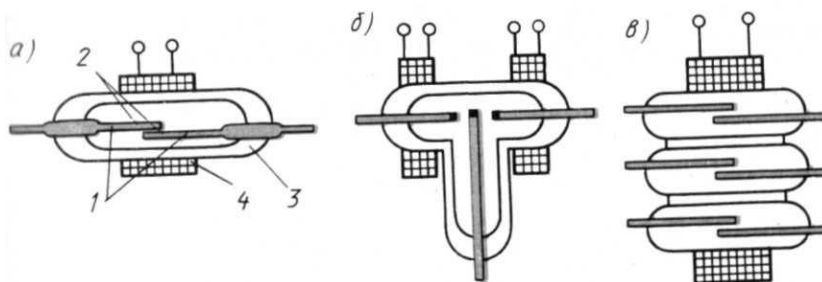
На рисунках представлен грузоподъемный электромагнит для подъема и опускания ферромагнитных тел. Он состоит из катушки электромагнита 1, корпуса 2, кабеля 3. Управление подъемными электромагнитами осуществляется командоконтроллерами.

### **Магнитоуправляемые контакты**

Наиболее ненадежным элементом электромагнитного реле являются контакты, которые подвергаются коррозии и разрушаются газовым разрядом, кроме того, они имеют большое время срабатывания, обусловленное большой массой якоря и сравнительно длительным процессом нарастания тока в обмотке.

Указанные недостатки в значительной степени устранены в так называемых магнитоуправляемых контактах. Они впаяны в стеклянную колбу, заполненную азотом или инертным газом, т. е. изолированы от внешней среды (герметизированы). Поэтому магнитоуправляемые контакты часто называют герконами, т. е. герметизированными контактами. По назначению они подразделяются на замыкающие, переключающие, многоконтактные и др.

Основными элементами герконов являются пермаллоевые пластинки 1, концы которых покрыты золотом, серебром или родием. Замыкающие герконы отличаются от обычных реле отсутствием якоря. Пермаллоевые пластинки выполняют одновременно роль магнитопровода и контактных пружин, а их концы 2 — контактов. На стеклянной колбе 3 размещена обмотка управления 4. При протекании тока через обмотку возникает магнитное поле, которое, замыкаясь через пермаллоевые пластинки, создает электромагнитное усилие, притягивающее контакты друг к другу. Если это усилие превосходит механическую силу упругости пластинок, контакты замыкаются.



В переключающем герконе при подаче управляющего тока в левую обмотку средняя пластина замыкается с левой, а при протекании тока через правую обмотку средняя пластина замыкается с правой. Геркон с одной обмоткой может иметь несколько контактов.

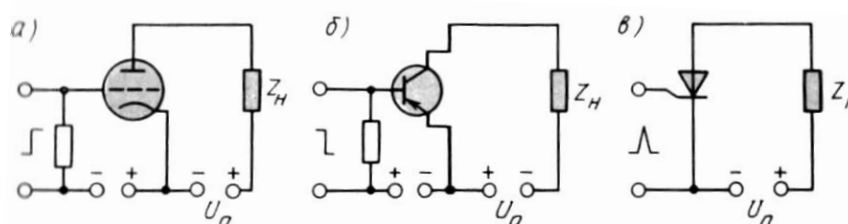
Достоинством герконов является высокое быстродействие, износоустойчивость, (до  $10^9$  срабатываний), малые габариты, невысокая стоимость.

Их контакты не подвергаются коррозии (как обычные реле).

#### *Бесконтактные реле*

Бесконтактные реле, основанные на использовании нелинейных управляемых сопротивлений, имеют по сравнению с обычным реле ряд существенных преимуществ: повышенные надежность и срок службы, более высокое быстродействие, отсутствие дуги и искрообразования. Рассмотрим наиболее распространенные разновидности бесконтактных реле.

Электронные и полупроводниковые реле. По своему устройству электронные и полупроводниковые реле аналогичны электронным и полупроводниковым приборам. Они находятся в одном из двух состояний: проводящем (открытом) и непроводящем (закрытом).



Электронное реле имеет высокое входное сопротивление (соизмеримое с сопротивлением разомкнутых контактов обычных реле) при отсутствии управляющего положительного сигнала на сетке и отрицательного напряжения смещения, закрывающего электронную лампу. При подаче достаточно большого положительного сетевого напряжения лампа открывается и через нее проходит необходимый ток, определяемый нагрузкой. При этом, однако, сопротивление лампы оказывается значительным, что является недостатком электронных реле.

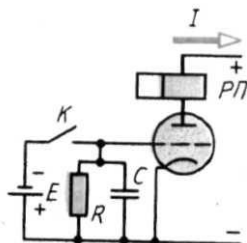
Транзисторное реле по принципу действия аналогично электронному. Его достоинство — малое входное сопротивление в открытом состоянии, недостаток — сравнительно низкое сопротивление в закрытом состоянии.

Весьма перспективно тиристорное реле. Его особенность заключается в том, что тиристор остается в открытом состоянии и после снятия управляющего сигнала. Для закрытия тиристора требуется отключить анодное напряжение.

Электронное реле времени используется вместо механического реле времени с часовым механизмом. Выдержка времени в этом реле создается цепью заряда конденсатора от источника постоянного напряжения  $E$ . Обмотка промежуточного реле

РП включена через электронную лампу (триод) к источнику постоянного тока. При замкнутом ключе К конденсатор заряжен до напряжения, равного  $E$ , при котором триод заперт. При размыкании ключа происходит разряд конденсатора через резистор  $R$  с постоянной времени  $\tau = RC$ . Напряжение на сетке триода падает, а ток через него и обмотку реле увеличивается. В момент достижения тока  $I$  реле срабатывает.

Магнитные реле. Их действие основано на изменении магнитной проницаемости ферромагнетиков при насыщении. Когда сердечник не насыщен, индуктивное сопротивление обмотки велико, а когда насыщен — мало. Такие реле выполняются на магнитных усилителях с внешней положительной обратной связью или с самонасыщением работающих в релейном режиме ( $k_{oc} \sim 1$ ).



Бесконтактные реле имеют ряд недостатков: сравнительно небольшую коммутируемую мощность, меньшее, чем у контактных реле, отношение сопротивлений в разомкнутом и замкнутом состояниях. Они более чувствительны к перегрузкам, чем обычные реле. Поэтому их применяют с учетом конкретных технико-экономических и эксплуатационных условий.