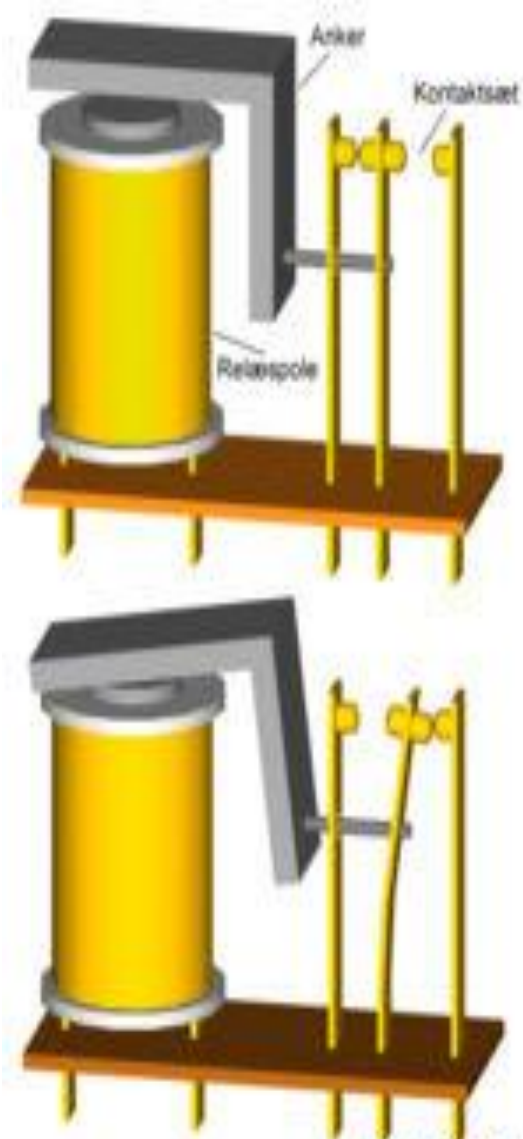


**Релé** (фр. *relais*) — электрическое устройство (выключатель), предназначенное для замыкания и размыкания различных участков электрических цепей при заданных изменениях электрических или неэлектрических входных величин. Различают электрические, механические и тепловые реле.

Основные части электромагнитного реле: электромагнит, якорь и переключатель.

Электромагнит представляет собой электрический провод, намотанный на катушку с сердечником из магнитного материала.

Якорь — пластина из магнитного материала, через толкатель управляющая контактами.



# Классификация реле

## По начальному состоянию контактов выделяются реле с:

- Нормально замкнутыми контактами;
- Нормально разомкнутыми контактами;
- Переключающимися контактами.

## По типу управляющего сигнала выделяются реле:

*Постоянного тока;*

- Нейтральные реле: полярность управляющего сигнала не имеет значения, регистрируется только факт его присутствия/отсутствия;
- Поляризованные реле: чувствительны к полярности управляющего сигнала, переключаются при её смене;
- Комбинированные реле: реагируют как на наличие/отсутствие управляющего сигнала, так и на его полярность;

*Переменного тока.*

## По допустимой нагрузке на контакты.

## По времени срабатывания.

## **По типу исполнения**

*Электромеханические реле;*

Электромагнитные реле (обмотка электромагнита неподвижна относительно сердечника);

Герконовые реле;

Магнитоэлектрические реле (обмотка электромагнита с контактами подвижна относительно сердечника);

Термореле (биметаллическое);

Электродинамические реле

Ферродинамические реле

Индукционные реле

*Статические реле*

Ферромагнитные реле

Ионные реле

Полупроводниковые реле

## **По контролируемой величине**

Реле напряжения;

Реле тока;

Реле мощности;

Реле пневматического давления;

Реле контроля изоляции;

## **Специальные виды электромагнитных устройств:**

Шаговой искатель.

Устройство защитного отключения.

Автоматический выключатель.

«Реле времени».

Электромеханический счётчик.

**Нейтральное реле.** Реле (рис. 11, а) состоит из сердечника 3, катушки 2, магнитопровода 1, якоря 4 и контактов 5. При подаче в катушку реле тока образующийся магнитный поток притягивает якорь к сердечнику, при этом он, поворачиваясь, замыкает контакты цепи управления.

К основным характеристикам электромеханического реле относятся: мощность срабатывания, мощность управления,

коэффициент усиления, электромагнитная и механические характеристики, коэффициент возврата, время срабатывания, срок службы реле. Рассмотрим эти характеристики.

Под мощностью срабатывания понимают ту минимальную мощность, при которой происходит замыкание контактов. Реле можно разделить на маломощные ( $P_{ср}$  до 1 вт), средние ( $P_{ср}$  1÷10 вт), мощные ( $P_{ср}$  более 10 вт).

Мощность управления — это максимально допустимая мощность, которую могут замкнуть контакты реле, работая при этом нормально. Для нейтрального реле эта мощность может составлять  $10^{-1}$ — $10^4$  вт.

Коэффициент усиления определяется отношением

$$k = \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}} \quad (20)$$

Электромагнитная характеристика представляет собой зависимость величины тягового усилия якоря  $F$  от величины воздушного зазора  $\delta$ . Эта зависимость для реле определяется следующим уравнением:

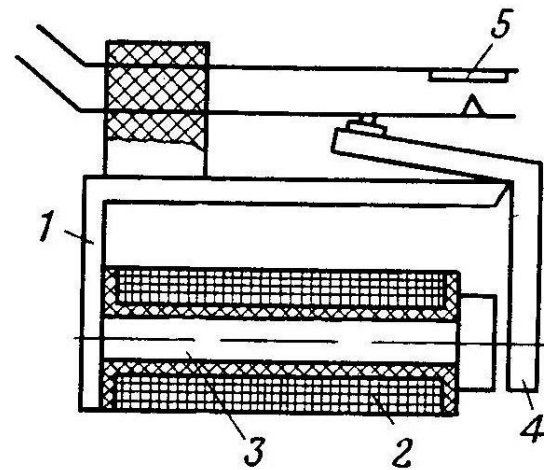
$$F = k_1 S \frac{(I\omega)^2}{\delta^2}, \quad (21)$$

где  $k_1$  — коэффициент пропорциональности;

$S$  — сечение воздушного зазора,  $\text{см}^2$ ;

$I\omega$  — ампер-витка катушки,  $\text{ав}$ ;

$\delta$  — величина воздушного зазора,  $\text{см}$ .



Механическая характеристика представляет собой характеристику противодействующих усилий в зависимости от зазора якоря реле со стороны подпружиненных контактов реле. Величина этого противодействующего усилия определяется уравнением

$$N = \frac{k_2}{\delta}, \quad (22)$$

где  $k_2$  — коэффициент пропорциональности.

Коэффициент возврата является одной из важнейших характеристик реле. Под коэффициентом возврата понимают следующее отношение:

$$k = \frac{I_{от}}{I_{ср}}, \quad (23)$$

где  $I_{от}$  — ток отпускания реле, а;

$I_{ср}$  — ток срабатывания, а.

Под током срабатывания понимают то минимальное значение тока катушки реле, при котором происходит замыкание контактов реле (реле сработало). Необходимая величина этого тока зависит от ампер-витков катушки реле, ее сопротивления и других параметров. Величина тока срабатывания дается в паспортных данных реле.

Под током отпускания понимают то максимальное значение тока, при котором происходит отпадания якоря от сердечника и размыкание контактов реле. Ток отпускания всегда меньше тока срабатывания и поэтому коэффициент возврата составляет для различных реле  $k_B = 0,2 \div 0,9$ .

Под временем срабатывания реле понимают интервал от момента подачи управляющего сигнала до начала замыкания контактов. С этой точки зрения различают следующие реле: сверхбыстродействующие, время срабатывания которых менее 5 мсек; быстродействующие —  $t_{cp} = 5 \div 50$  мсек; нормальные —  $t_{cp} = 50 \div 150$  мсек; замедленные —  $t_{cp} = 150$  мсек  $\div$   $\div$  1 сек, реле времени —  $t_{cp} > 1$  сек.

На практике очень часто приходится изменять время срабатывания реле. Для уменьшения времени срабатывания реле в цепь катушки реле включают дополнительное сопротивление  $R_d$ . Тогда можно увеличить ток катушки реле, так как

$$I = \frac{U_{пов}}{R + R_d},$$

**Поляризованное реле.** Это реле имеет подвижной якорь 4 и обмотку 2 (рис. 11, б). Однако сердечник реле имеет постоянный магнит, который образует магнитный поток. Это и поляризует реле, т. е. делает его чувствительным к направлению тока сигнала управления. Магнитный поток сигнала управления (на рисунке — пунктирная линия), суммируясь с постоянным магнитным потоком магнита, действует на якорь в определенном направлении.

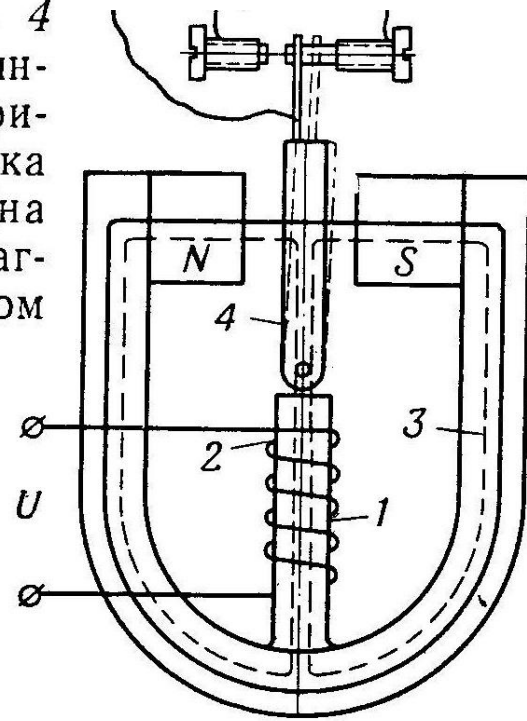
Как показано на рисунке, якорь срабатывает вправо. При изменении полярности управляющего сигнала изменится направление управляющего магнитного потока и якорь теперь уже сработает влево.

Поляризованные реле бывают двух- и трехпозиционные. У двухпозиционных реле якорь может занимать только два положения: или правое или левое, как это показано на рис. 11, б, при этом после обесточивания реле положение якоря не изменяется. У двухпозиционных реле с преобладанием после обесточивания реле якорь занимает преобладающее положение; правое или левое. Для настройки преобладающего положения контакты поляризованного реле могут перемещаться при помощи винтов.

У трехпозиционных реле якорь занимает три положения: нейтральное (в середине), левое и правое.

Помимо отмеченных свойств усилителя, электромеханические реле выполняют функции распределительного устройства, так как контакты реле могут одновременно включать и отключать различные электрические цепи управления.

Подбирают реле по справочной литературе. При подборе исходят из величины сопротивления и напряжения катушки реле, силы тока срабатывания, числа контактных групп и параметров выхода (напряжения или тока). В табл. 8 приводятся некоторые типы реле.





После выбора реле необходимо определить допустимую величину подводимой мощности из условия охлаждения

$$N \leq \frac{S}{\sigma}, \quad (26)$$

где  $S$  — площадь сечения полюса,  $\text{см}^2$ ;

$\sigma$  — удельная охлаждающая поверхность катушки при значениях  $\frac{l_k}{D_k} < 1,1$   $\sigma = 8 \text{ см}^2/\text{вт}$ ; при значениях

$$\frac{l_k}{D_k} > 1,1 \quad \sigma = 12 \text{ см}^2/\text{вт};$$

$l_k$  — длина катушки реле;

$D_k$  — диаметр катушки реле.

Так же определяется предельно допустимое значение тока в цепи контактов:

$$I_{\text{доп}} = 0,8 I_{\text{пред.}}$$

У правильно выбранного реле коэффициент запаса, который определяет надежность работы реле, должен равняться 2—4.

$$k_z = \frac{I_{\text{мом}}}{I_{\text{ср}}},$$

а коэффициент возврата должен находиться в пределах 0,2—0,9

$$k_v = \frac{I_{\text{от}}}{I_{\text{ср}}},$$

где  $I_{\text{ср}}$  — ток срабатывания;

$I_{\text{от}}$  — ток отпускания.

**Герко́н** (сокращение от «герметичный [магнитоуправляемый] контакт») — электромеханическое устройство, представляющее собой пару ферромагнитных контактов, запаянных в герметичную стеклянную колбу. При поднесении к геркону постоянного магнита или включении электромагнита контакты замыкаются. Герконы используются как бесконтактные выключатели, датчики близости и т. д.



Геркон с электромагнитной катушкой составляет герконовое реле.

Параметры

**Магнитодвижущая сила срабатывания** — значение напряженности магнитного поля, при котором происходит замыкание контактов геркона.

**Магнитодвижущая сила отпускания** — значение напряженности магнитного поля, при котором происходит размыкание контактов геркона.

**Сопротивление изоляции** — электрическое сопротивление зазора между сердечниками (в разомкнутом состоянии).

**Сопротивление контактного перехода** — сопротивление контактной области, которая образуется при замыкании сердечников.

**Пробивное напряжение** — напряжение, при котором происходит пробой геркона.

**Время срабатывания** — время между моментом приложения управляющего магнитного поля, и моментом первого физического замыкания электрической цепи герконом.

**Время отпускания** — время между моментом снятия приложенного к геркону магнитного поля, и моментом последнего физического размыкания электрической цепи герконом.

**Емкость** — электрическая емкость между выводами геркона в разомкнутом состоянии.

**Максимальное число срабатываний** — число срабатываний, при котором все основные параметры геркона остаются в допустимых пределах.

**Максимальная мощность** — максимальная мощность, коммутируемая герконом.

**Коммутируемое напряжение**

**Коммутируемый ток**

## Преимущества герконов

Контакты геркона находятся в вакууме или в инертном газе и слабо обгорают, даже если при замыкании или размыкании между контактами возникает искра.

Долговечность герконов. Считается, что если не бить геркон и не пропускать очень большие токи, то срок службы геркона бесконечен, (хотя в технических данных на герконы указаны ограничения,  $10^8$ — $10^9$  и больше срабатываний).

Меньший размер по сравнению с классическим реле, рассчитанным на такой же ток.

Отсутствие необходимости применения тугоплавких и драгоценных металлов для контактов.

Высокое (относительно классических реле) быстродействие.

## **Недостатки герконов**

Наличие дребезга при включении, что влечет за собой множественные срабатывания за небольшой промежуток времени.

Дороговизна и большой вес по сравнению с открытыми контактами.

Необходимость создания магнитного поля.

Сложность монтажа.

Хрупкость — герконы нельзя использовать в условиях сильных вибраций и ударных нагрузок.

Иногда контакты «залипают» (остаются в замкнутом состоянии) — такой геркон подлежит замене.

## Применение

Клавиатуры — клавишных синтезаторов и компьютеров.

Клавиатуры промышленных приборов, где требуется долговечность и взрывобезопасность.

Датчики: охранные (датчик открытия двери), велокомпьютеров, верхней крышки ноутбука (открытие и закрытие) и т. п.

Подводное оборудование: фонари для дайвинга, подводной охоты.

Лифты: датчики позиционирования кабины

Телерадиоаппаратура

**Биметаллическая пластина** — пластина, изготовленная из биметалла или из механически соединённых кусков двух различных металлов. Как правило, используется как основная часть термомеханического датчика.

Представляет собой отрезок ленты из биметалла. Один конец ленты, как правило, неподвижно закреплён в устройстве, а другой — перемещается в зависимости от температуры пластины.

Встречаются устройства, состоящие из 2 пластин разнородных металлов, закреплённых одними концами и соединённых (клёпкой, пайкой или сваркой) у других концов. При изменении температуры соединённый конец пластин перемещается.

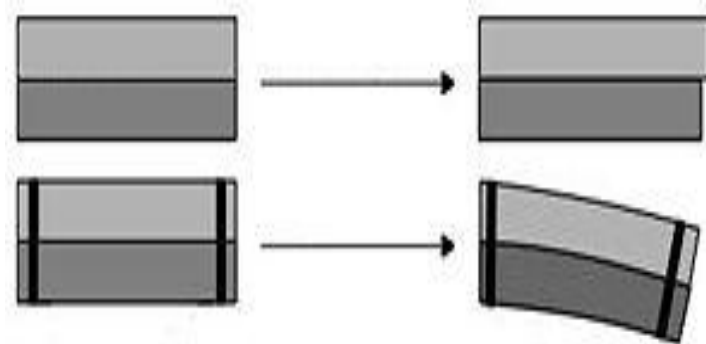
## Применение

Термостаты и защитные устройства

Изгибающаяся биметаллическая пластина

управляет электрическими контактами, замыкающими или размыкающими цепь подогревателя. (В случае защитных устройств — отключающие электропитание нагрузки).

Применяются как защитные устройства: для защиты от перегрева (например в электрочайнике) или от превышения силы тока (предохранители). Могут быть как самовосстанавливающимися, так и требующими вмешательства персонала (предполагается, что персонал найдёт и устранит причину неполадки, и только потом вернёт предохранитель во включённое состояние).



## **Генераторы импульсов и реле времени**

Биметаллическая пластина с контактом и с подогревателем (применяется обмотка из высокоомного провода либо сама пластина, по которой пропускают ток).

Применяется для переключения режимов работы устройств после их включения (например, в стартерах люминесцентных ламп и электродвигателей). В этом случае нагрев пластины продолжается всё время, пока устройство включено.

## **Измерительные приборы**

Разновидность биметаллического термометра с подогревателем. В зависимости от способа включения может быть вольтметром или амперметром. При работе потребляет много энергии, однако совершенно не содержит трущихся механических частей. Просты, вибростойки, мало чувствительны к загрязнениям, как правило, самовосстанавливаются при отсыревании. До сих пор широко применяются в автомобильной электронике.

## **Часы**

Применяются для термокомпенсации хода часов. Могут изменять диаметр разрезного обода баланса, сделанного из биметаллической пластины, либо изменять действующую длину пружины баланса.



Изгиб (кривизна кривой, обратная величина к радиусу изгиба) биметаллической пластины:

$$\kappa = \frac{6E_1E_2(h_1 + h_2)h_1h_2\varepsilon}{E_1^2h_1^4 + 4E_1E_2h_1^3h_2 + 6E_1E_2h_1^2h_2^2 + 4E_1E_2h_2^3h_1 + E_2^2h_2^4}$$

где:

- $\varepsilon = (\alpha_1 - \alpha_2)\Delta T$
- $E_1$  — модуль Юнга материала 1 (здесь и ниже для материала 2 индексы, соответственно, 2)
- $h_1$  — толщина материала 1
- $\alpha_1$  — коэффициент теплового расширения материала 1
- $\Delta T$  — разность между температурой, при которой вычисляется изгиб, и температурой, при которой изгиб отсутствует.

**Магнитоэлектрическое реле** (рис. 3-7) состоит из неподвижной части, включающей в себя постоянный магнит 1, стальной цилиндр 2, упор 3. и контакт 4, и подвижной части, которая выполняется в виде рамки с обмоткой 5 и контактом в на общей оси.

При отсутствии тока в обмотке рамка под влиянием противодействующих пружин находится в исходном положении. Эти пружины используются одновременно как токоподводы к обмотке рамки. При подаче в обмотку постоянного тока возникают силы взаимодействия между током в рамке и магнитным потоком постоянного магнита, под влиянием которого рамка поворачивается и происходит замыкание контакта 6 с контактом 4.

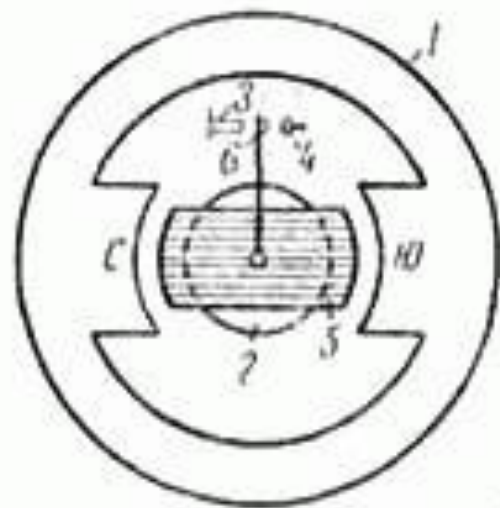


Рис. 3-7. Принцип действия магнитоэлектрического реле.

Направление поворота рамки зависит от направления тока в ее обмотке. Поэтому при одном определенном направлении тока рамка поворачивается в сторону замыкания контактов, а при обратном — в сторону заклинивания, т. е. реле срабатывает только при определенной полярности тока в его обмотке. Магнитоэлектрические реле могут применяться для работы только на постоянном токе. При подаче переменного тока реле работать не будет, так как переменный ток имеет один полупериод положительное направление, а второй — отрицательное. Поэтому результирующий вращающий момент на рамке за полный период будет равен нулю.

Общее выражение для вращающего момента магнитоэлектрического реле имеет вид:

$$M_{вр} = kBI,$$

где  $k$  — коэффициент пропорциональности, зависящий от геометрических размеров и числа витков обмотки рамки;

$B$  — магнитная индукция в воздушном зазоре;

$I$  — ток в обмотке рамки реле.

Отличительной особенностью магнитоэлектрических реле является их весьма высокая чувствительность, достигающая тысячных долей милливатта. Время срабатывания этих реле составляет 0,1 — 0,5 с.

При необходимости использования магнитоэлектрических реле в цепях переменного тока они включаются через выпрямители.

# Индукционные реле

Индукционное реле состоит из неподвижного магнитопровода с катушками (обмотками) и подвижной части, выполняемой в виде металлического диска или цилиндра, расположенных на оси. При подаче в обмотки реле переменных токов возникают переменные магнитные потоки, которые индуктируют токи в подвижной части реле. В результате взаимодействия между указанными магнитными потоками и токами в подвижной части реле возникает вращающий момент, под влиянием которого подвижная часть может вращаться или поворачиваться на определенный угол. Из рассмотренного видно, что индукционные реле могут работать только на переменном токе.

Для получения вращающего момента на подвижной части индукционного реле необходимо создать не менее двух магнитных потоков, сдвинутых относительно друг друга в пространстве и по фазе.

Большинство индукционных реле выполняются с двумя магнитными потоками. В этих реле вращающий момент на подвижной части возникает в результате взаимодействия каждого магнитного потока с током, индуктированным в подвижной части реле вторым магнитным потоком.

На рис. 3-6 приведено индукционное реле с диском и коротко-замкнутыми витками. Реле состоит из подвижного алюминиевого диска 1 с укрепленной на его оси контактной системой 2 и стального магнитопровода 4 с обмоткой 3. На часть сечения полюсов магнитопровода насажены массивные медные короткозамкнутые витки (экраны) 5.

При прохождении по обмотке реле переменного тока возникает магнитный поток  $\Phi$ , который замыкается по экранированной и неэкранированной частям полюсов. Вследствие этого в экранах индуктируется э. д. с. и проходит ток, который создает свой магнитный поток. В результате наложения магнитного потока экранов на магнитный поток магнитопровода  $\Phi$  магнитные потоки в экранированной части полюсов  $\Phi_1$  и неэкранированной части  $\Phi_2$  оказывается сдвинутыми относительно друг друга на угол  $\varphi$ . Таким образом, создаются условия, необходимые для работы индукционного реле, а именно: наличие двух переменных магнитных потоков, созданных неподвижной обмоткой, сдвинутых относительно друг друга как в пространстве, так и по фазе.

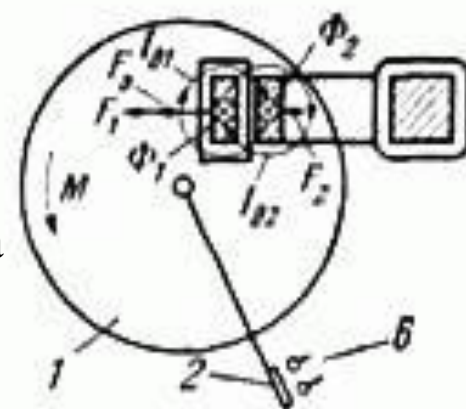
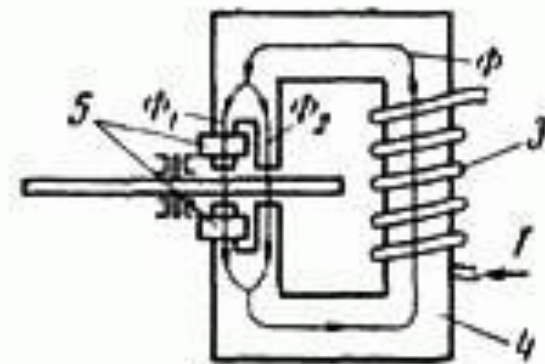


Рис. 3-6. Принцип действия индукционного реле с диском.

В результате взаимодействия магнитного потока  $\Phi_1$  с током  $I_{д2}$ , индуцированным в диске магнитным потоком  $\Phi_2$ , и взаимодействия магнитного потока  $\Phi_2$  с током  $I_{д1}$  индуцированным в диске магнитным потоком  $\Phi_1$ , на диск, который является подвижной частью реле, действуют силы:

$$F_1 = k\Phi_1 I_{д2} \quad F_2 = k\Phi_2 I_{д1}$$

Суммарная сила равная  $F_3 = F_1 + F_2$ ,

всегда направленная от незранированной части полюсов к экранированной, создает на диске вращающий момент  $M_{вр}$ , под действием которого диск начинает вращаться и с помощью подвижных контактов 2 замыкает неподвижные контакты 6.

Общее выражение для вращающего момента индукционного реле имеет вид:

$$M_{вр} = k\Phi_1\Phi_2 \sin \varphi,$$

где  $k$  — коэффициент пропорциональности;

$\Phi_1$  и  $\Phi_2$  — магнитные потоки, действующие на подвижную часть реле;

$\varphi$  — угол сдвига между магнитными потоками.

Из выражения следует, что когда магнитные потоки  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  совпадают по фазе, т. е.

когда угол  $\varphi=0$ ,  $\sin \varphi=0$  то все выражение обращается в нуль, т. е.  $M_{вр} = 0$ .

Наоборот, когда  $\varphi=90$ ,  $\sin \varphi=1$  то  $M_{вр}$  имеет максимальную величину.

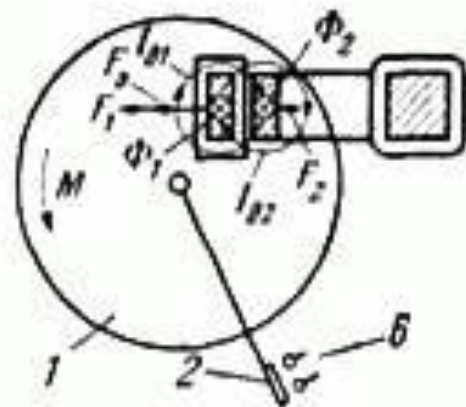
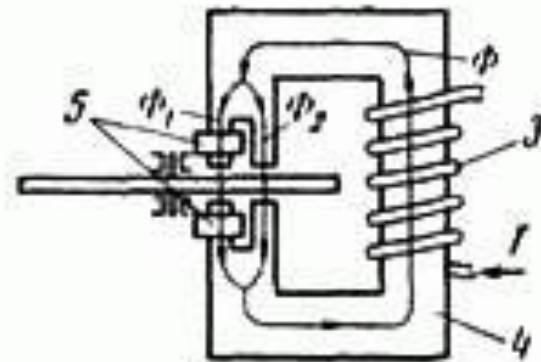


Рис. 3-6. Принцип действия индукционного реле с диском.

**Реле времени** предназначены для замедления действия релейной защиты или, как принято говорить, для создания выдержки времени. Выдержка времени может быть получена различными способами. В СССР получили наиболее широкое распространение и изготавливаются промышленностью реле времени с часовыми механизмами для работы на постоянном и переменном оперативном токе.

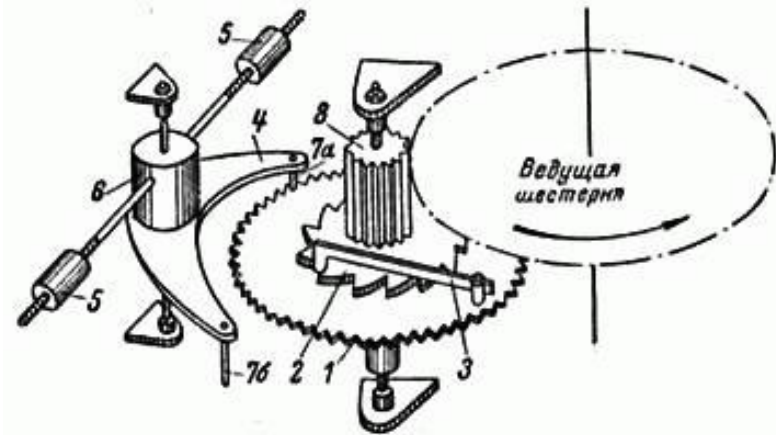
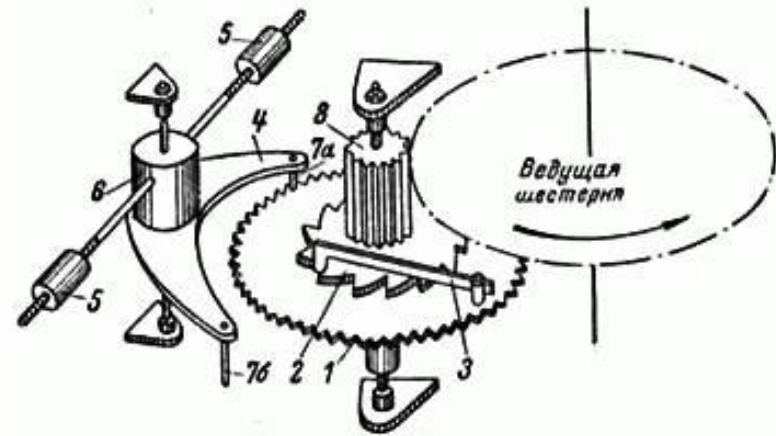


Рис. 3-37. Устройство часового механизма реле времени.

Под воздействием ведущей пружины, которая заводится пусковым устройством реле времени, ведущая шестерня начинает вращаться в направлении, указанном стрелкой. Ее вращение передается на трибку 8, с которой жестко связана храповая шестерня 2, имеющая косые зубья. При вращении по часовой стрелке зубья храповой шестерни зацепляются за выступ Г-образной храповой пружины 3 и тянут ее и связанную с ней анкерную шестерню 1. Непосредственной связи между храповой и анкерной шестернями нет.

Анкерная шестерня 1 образует с анкерной скобой 4 так называемый анкерный или спусковой механизм, создающий выдержку времени. В показанный на рис. 3-37 момент палец анкерной скобы 7а вошел между зубьями анкерной шестерни и остановил ее. Вместе с анкерной шестерней остановятся храповая шестерня 2, трибка 8, ведущая шестерня и ее ось, на которой она укреплена вместе с подвижным контактом реле времени.

Палец 7а, остановив анкерную шестерню, сам получает удар, вследствие чего анкерная скоба 4 поворачивается на своей оси, выводит палец 7а из зубьев анкерной шестерни и освобождает ее. При этом анкерная шестерня и сцепленная с ней храповая шестерня, трибка, ведущая шестерня и подвижный контакт свободно поворачиваются до тех пор, пока анкерная скоба не повернется и введет свой второй палец 7б между зубьями анкерной шестерни, чем вновь остановит ее.



Таким образом, движение анкерной шестерни и, следовательно, подвижного контакта происходит не непрерывно, а прерывисто. Скорость вращения анкерной шестерни, от которой зависит выдержка времени реле, определяется моментом инерции анкерной скобы, величину которого можно регулировать изменением положения грузиков 5 на коромысле 6. При удалении грузиков от центра коромысла время действия реле увеличивается, а при приближении — уменьшается.

При снятии с обмотки реле напряжения оперативного тока оно мгновенно возвращается в исходное положение возвратной пружиной реле. При возврате реле ведущая шестерня, трибка и храповая шестерня вращаются в обратном направлении. При этом зубья храповой шестерни скользят скошенной поверхностью по выступу храповой пружины, не зацепляясь за него. Благодаря этому анкерная шестерня остается неподвижной и, следовательно, часовой механизм не препятствует мгновенному возврату реле в исходное положение.



**Электронное фотореле** - предназначено для работы в комплекте со светильниками наружного освещения. Фотореле обеспечивает включение, выключение светильников в зависимости от уровня естественной освещенности, которая измеряется выносным датчиком. Работа фотореле осуществляется при различных уровнях естественной освещенности:

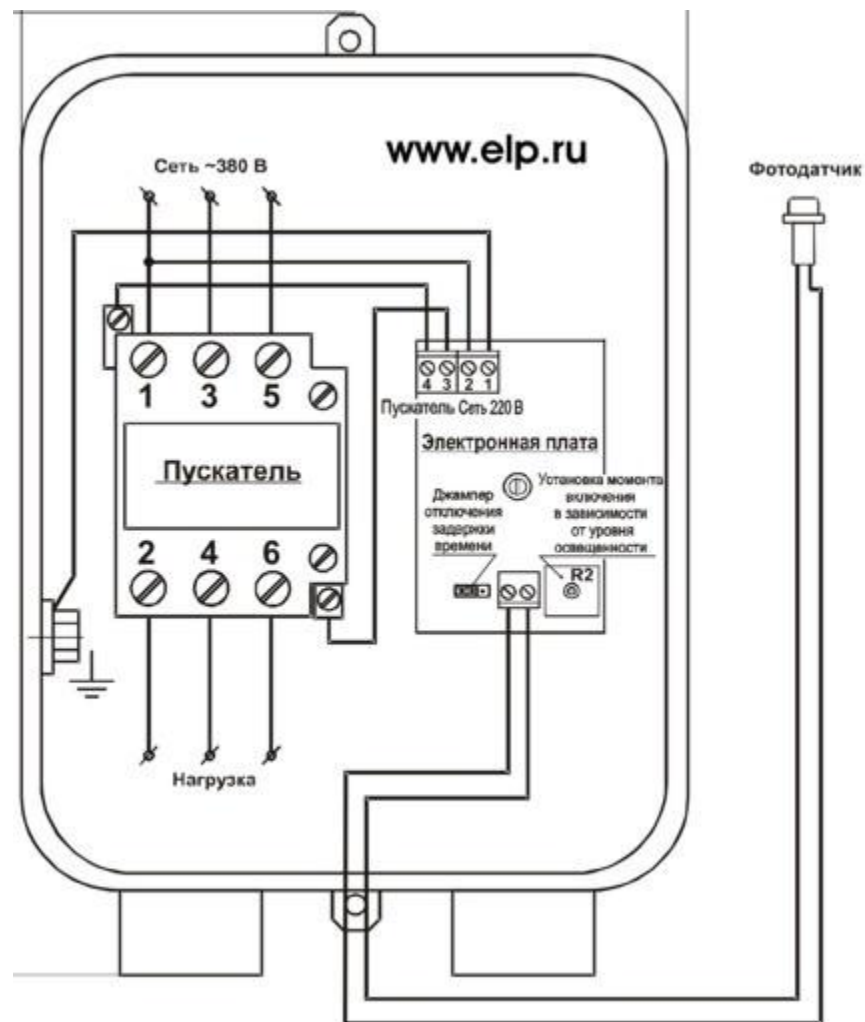
- при уровне меньше 1 лк ( $\pm 0,5$  лк) происходит включение лампы светильника,
- при уровне 4 лк ( $\pm 0,5$  лк) происходит выключение ламп накаливания.

При резком изменении освещенности отключение нагрузки происходит с выдержкой времени до 4 минут, а включение с выдержкой времени до 1 минуты.



## Устройство и подключение фотореле

Конструктивно электронное фотореле ФР-1 смонтировано на текстолитовой печатной плате. Печатная плата устанавливается внутри металлического корпуса магнитного пускателя ПМ12 с соблюдением требований электробезопасности. Подключение датчика освещенности и напряжения питания электронной платы производится через присоединительные колодки установленные на плате.



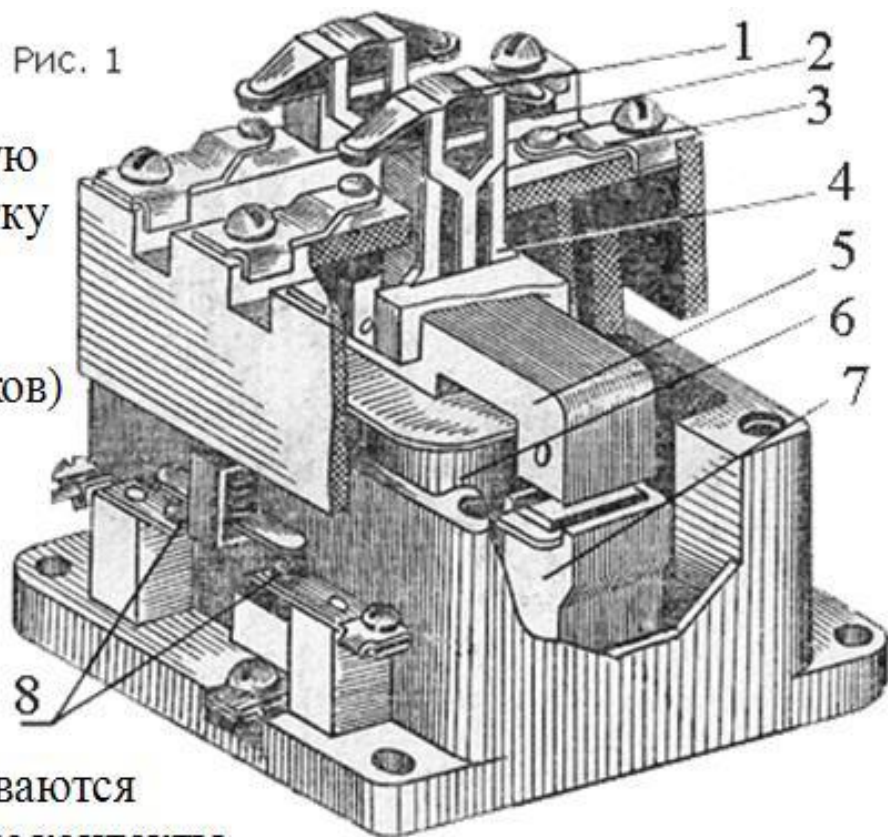
## Пускатель переменного тока

Магнитные пускатели переменного тока предназначены в основном для дистанционного управления асинхронными электродвигателями. Осуществляют также нулевую защиту, т. е. при исчезновении напряжения или его снижении на 40-60% от номинального магнитная система отпадает и силовые контакты размыкаются. В комплекте с тепловым реле пускатели выполняют также защиту электродвигателей от перегрузок и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз.

Пускатели выпускаются в открытом, защищенном и пылебрызгонепроницаемом исполнениях, с тепловыми реле и без них, бывают реверсивными и нереверсивными.

**Устройство.** Внутри корпуса пускателя (рис. 1) размещена электромагнитная система, включающая в себя неподвижную Ш-образную часть сердечника 7 и обмотку 6, намотанную на катушку. Сердечник набран из изолированных друг от друга листов электротехнической стали. Подвижная часть сердечника 5 (якорь) соединена с пластмассовой траверсой 4, на которой смонтированы контактные мостики 2 с подвижными контактами. Плавность замыкания контактов и необходимое усилие нажатия обеспечиваются контактными пружинами 1. Неподвижные контакты припаяны к контактным пластинам 3, снабженным винтовыми зажимами для присоединения проводов внешней цепи. Кроме главных контактов, пускатели имеют дополнительные (блокировочные) контакты 8, расположенные на боковых поверхностях аппарата. Главные контакты закрыты крышкой, защищающей их от загрязнения, случайных прикосновений и междуфазных замыканий.

Рис. 1



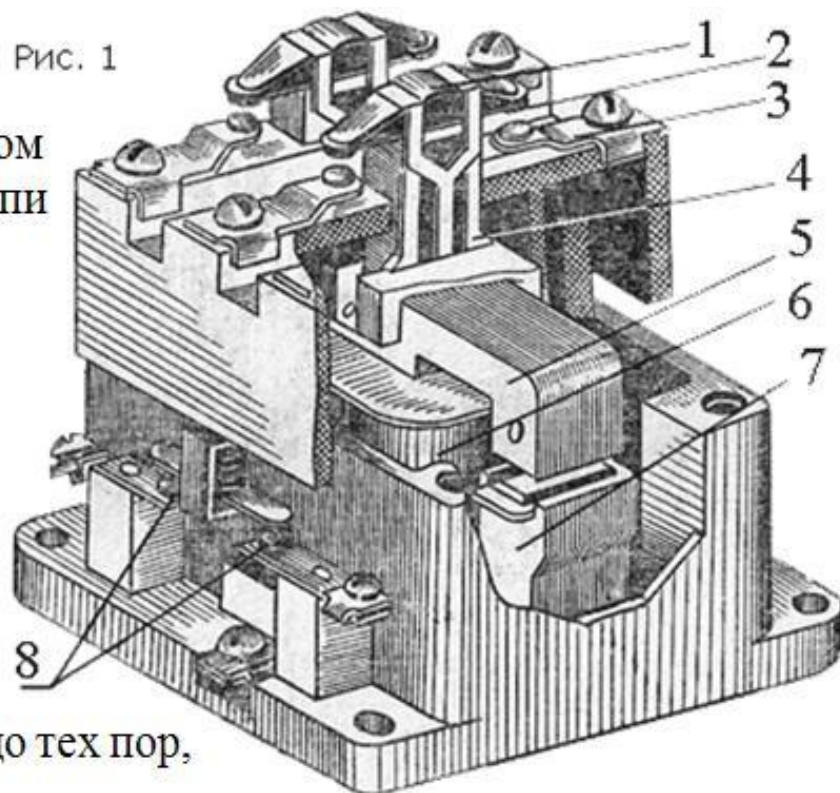
## Принцип работы

При включении пускателя по катушке проходит электрический ток, сердечник намагничивается и притягивает якорь, при этом главные контакты замыкаются, по главной цепи протекает ток. При отключении пускателя катушка обесточивается, под действием возвратной пружины якорь возвращается в исходное положение, главные контакты размыкаются.

При отключении магнитного пускателя вследствие перебоев в электроснабжении размыкаются все его контакты, в том числе и вспомогательные. При появлении напряжения в сети пускатель не включается до тех пор, пока не будет нажата кнопка "Пуск".

То же происходит, если напряжение в сети снижается до 50-60% номинального. Если электродвигатель включается рубильником, пакетным выключателем или контроллером, то при перебое в электроснабжении и остановке двигателя схема не нарушится, при восстановлении напряжения двигатель самопроизвольно включится в сеть. Такой самопроизвольный пуск двигателя может явиться причиной аварии или несчастного случая.

Рис. 1



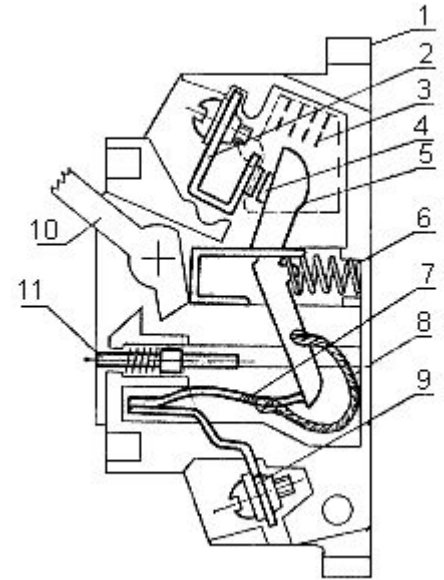
При **выборе** магнитных пускателей прежде всего необходимо обращать внимание на наибольшую допустимую мощность электродвигателя, работой которого будет управлять пускатель. Если магнитный пускатель управляет работой двигателя большей мощности, чем указано в паспорте пускателя, то контактная система пускателя быстро выйдет из строя. Кроме того, необходимо обращать внимание на напряжение, указанное на втягивающей катушке. Если подать напряжение большее, чем номинальное напряжение катушки, то последняя сгорит при первом же включении магнитного пускателя.

## АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ

Однополюсные установочные автоматические выключатели марки АБ25 предназначены для автоматического отключения электрических цепей или отдельных приемников при перегрузках и коротких замыканиях.

**Устройство.** В пластмассовом корпусе **1** неподвижно закреплена металлическая скоба **2** с контактом и винтовым зажимом для подключения провода. Подвижный контакт **4** смонтирован на латунном рычаге **5**, который в центре отжимается пружиной **6**, а концом упирается в биметаллическую пластинку **7**. Эта пластинка приварена к выводу **9** с закрепленным на ней винтовым зажимом для подключения второго провода. Для создания надежного контакта биметаллическая пластинка и рычаг соединены гибким медным проводником **8**.

При включении автомата рукоятку **10** устанавливают в верхнее положение и ее выступ освобождает рычаг, который под действием пружины поворачивается и замыкает контакты.

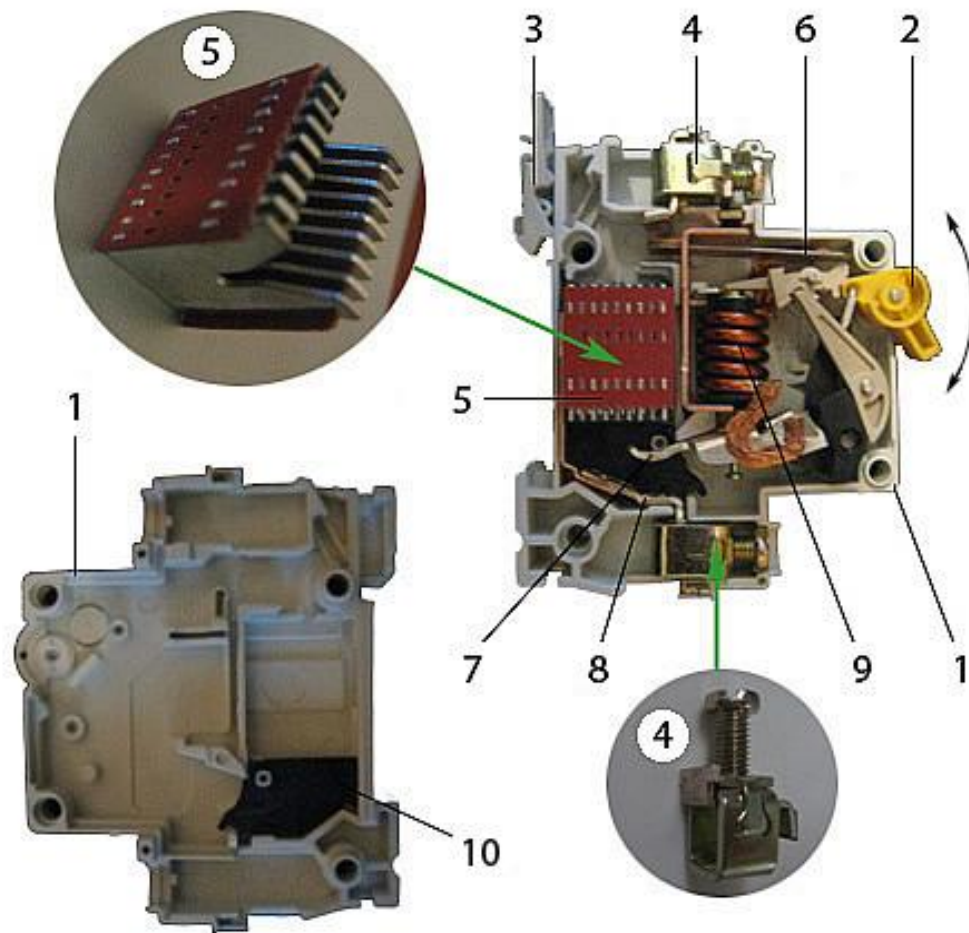


## Принцип работы автоматического выключателя следующий:

При включении автомата напряжение, подаваемое на верхнюю винтовую клемму 4 проходит через биметаллическую пластину 6 (тепловое расцепление) и через обмотку соленоида 9, поступая на подвижный контакт 7.

Далее, через неподвижный контакт 8, напряжение поступает на нижнюю винтовую клемму, к которой подключается «отходящий» провод – нагрузка.

Защитное отключение автоматического выключателя происходит при срабатывании механизма расцепления, приводя к размыканию подвижного контакта 7.





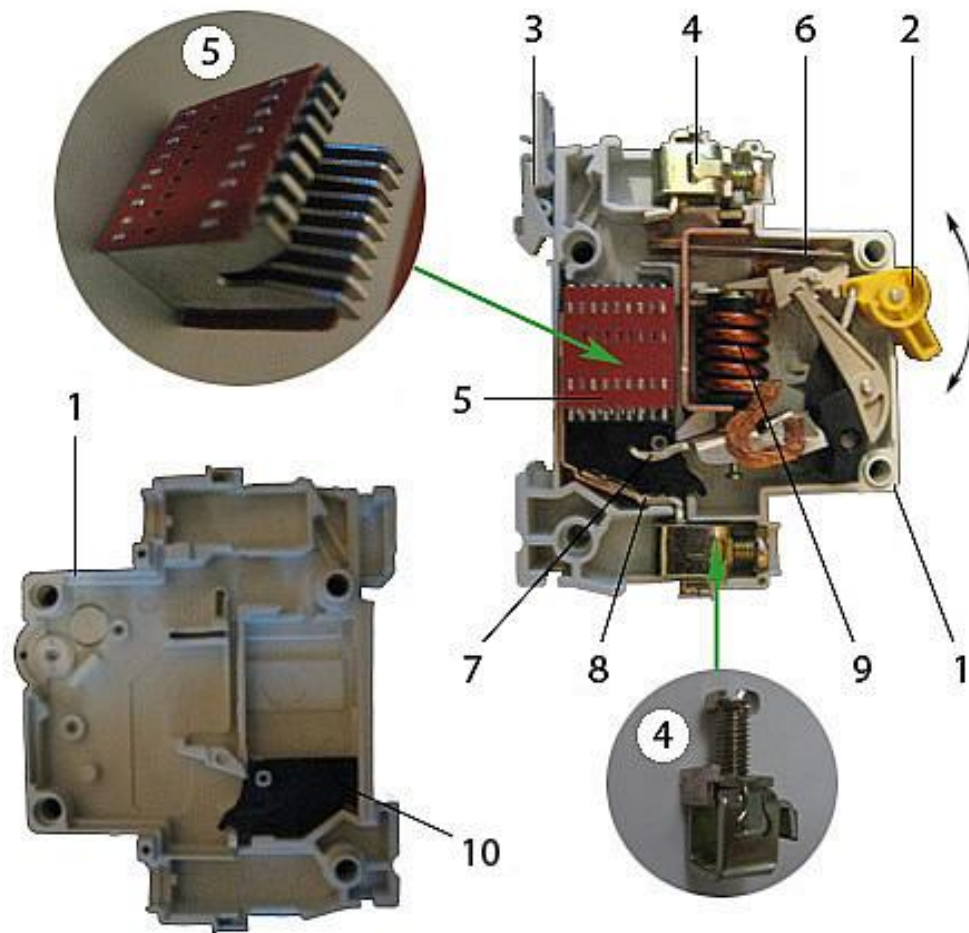
Механизм расцепления, в зависимости от силы проходящего тока может быть приведён в действие двумя способами:

1) При значительном резком увеличении тока, проходящего через автомат (короткое замыкание) образуется магнитное поле, которое втягивает сердечник, что приводит в действие механизм расцепления – это **магнитное расцепление**.

2) При прохождении через автоматический выключатель токов со значениями, превышающими допустимые, происходит нагрев биметаллической пластины **6**, что приводит к её изгибу и, как и в первом случае – расцеплению контактов.

Из-за больших токов, в обоих случаях при расцеплении контактов образуется дуга, поэтому для её нейтрализации в устройство автоматического выключателя обязательно входит дугогасительная камера **5**, которая представляет собой набор металлических пластин особой формы, закреплённых параллельно.

В качестве дополнительной защиты от прогорания корпуса автоматического выключателя применяется специальная металлическая пластина **10**



Электронные твердотельные реле представляют собой новый класс модульных полупроводниковых устройств, изготовленных по гибридной технологии и включающих цепи управления нагрузочными токами большой величины на транзисторах, симисторах или тиристорах.

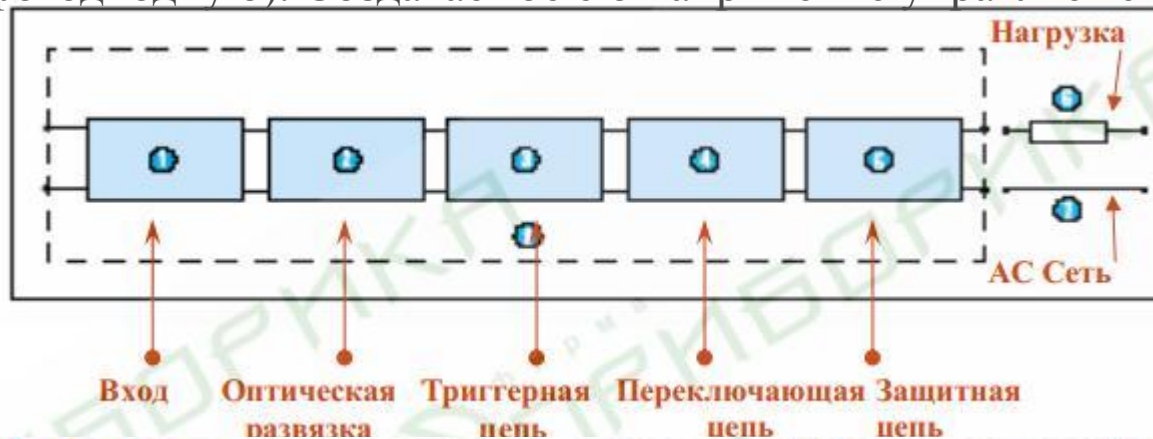


### **Классифицируют твердотельные реле по следующим признакам:**

- по типу нагрузки. Одно- и трёхфазные, от 40 до 440 вольт;
- по способу управления. постоянное напряжение (от 3 до 32 вольт), переменное напряжение (от 90 до 250 вольт) и ручное управление переменным резистором;
- по методу коммутации:
  - 1) с контролем перехода через ноль. Используются для коммутации емкостных, резистивных и слабоиндуктивных нагрузок.
  - 2) случайного (мгновенного) включения. Употребляются для коммутации индуктивных и резистивных нагрузок при возникновении потребности в мгновенном срабатывании.
  - 3) с фазовым управлением. Они меняют выходное напряжение на нагрузке и регулируют нагревательные элементы, лампы накаливания.

## Принцип работы

заключается в подаче управляющего сигнала на светодиод, который, обеспечивая гальваническую развязку управляющих и коммутируемых цепей, передаёт сигнал на матрицу (фотодиодную). Создаваемое ею напряжение управляет силовым ключом.



**Входная цепь:** обычно называется «первичная». Входная цепь твердотельного реле может состоять из обычного резистора, включенного последовательно с оптическим изолятором, или быть более сложной схемой с регулятором тока, защитой от обратной полярности, с фильтром ЕМС и т.д. В любом случае, обе этих схемы выполняют одинаковую функцию, которая состоит в том, чтобы принимать сигнал управления и «скомандовать» твердотельному реле коммутировать нагрузку.

**Оптическая развязка:** оптическая развязка в твердотельном реле обеспечивает изоляцию между входной, промежуточными и выходной (сеть переменного тока) цепями. Тип оптической развязки, используемой в реле, определяет принцип работы реле, с переходом через ноль или нет.

**Триггерная цепь:** данная цепь обрабатывает входной сигнал и переключает выход твердотельного реле. Пусковая цепь может быть в составе оптического изолятора.

**Переключающая цепь:** это - часть твердотельного реле, которая подает напряжение на нагрузку. Она обычно состоит из транзистора, кремниевого диода или симистора.

**Защитная цепь:** для надежной работы твердотельных реле необходимо наличие электрической защиты реле от возможных повреждений или от ошибок, связанных с неправильным использованием. Защитное устройство или устройства могут находиться внутри твердотельного реле или устанавливаться снаружи.

**Преимуществами твердотельных реле** перед электромагнитными аналогами состоят в следующем:

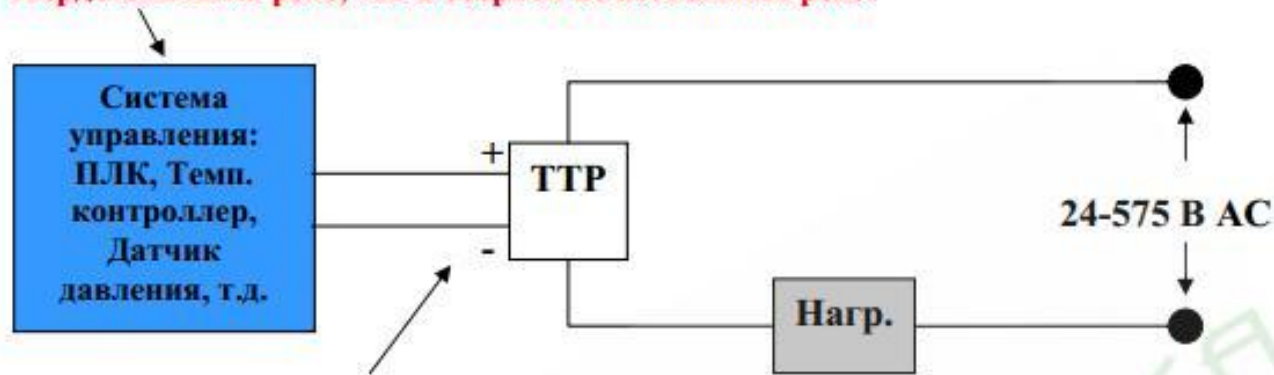
- включение цепи без электромагнитных помех;
- высокое быстродействие;
- отсутствие шума и дребезга контактов;
- продолжительный период работы (свыше миллиарда срабатываний);
- возможность работы во взрывоопасной среде, так как нет дугового разряда;
- низкое электропотребление (на 95% меньше, чем у обычных реле);
- надёжная изоляция между входными и коммутируемыми цепями;
- компактная герметичная конструкция, стойкая к вибрации и ударным нагрузкам.

При выборе твердотельного реле следует знать, что оно нагревается при коммутации из-за потерь электроэнергии на силовых управляющих элементах. При этом, рост температуры корпуса реле ограничивает величину регулируемого тока (чем больше нагрелся корпус, тем меньший ток можно коммутировать). При температуре в 40 градусов параметры реле в норме. При повышении температуры более 60 градусов возможная для регулирования величина тока заметно снижается. Реле может отключать нагрузку не полностью, перейти в неуправляемый режим и «сгореть».

Поэтому при планировании работы подобных реле в условиях коммутации токов, превышающих 5 ампер, необходимо предусматривать охлаждающие радиаторы и запас по номинальному току в 2-4 раза. При регулировке асинхронных двигателей запас по току нужно увеличить до 6-10 раз. Необходимо принять во внимание и тот факт, что способность твердотельного реле выдерживать перегрузки по току определяется уровнем «ударного тока». Реле постоянного тока выдерживают увеличение до 3 раз к максимальному току, тиристорные – до 10 раз.

## 2. Схема работы системы управления с твердотельным реле.

Система управления может управлять как отдельными твердотельными реле, так и сборкой из нескольких реле.



Система управления может подавать сигнал управления на твердотельное реле.

Двигатель, насос, нагревательный элемент, соленоидальный клапан, трансформатор и т.д.

Рисунок 2. Схема работы системы управления с твердотельным реле.

В выключенном состоянии (0 В на входе) твердотельное реле препятствует прохождению тока через нагрузку.

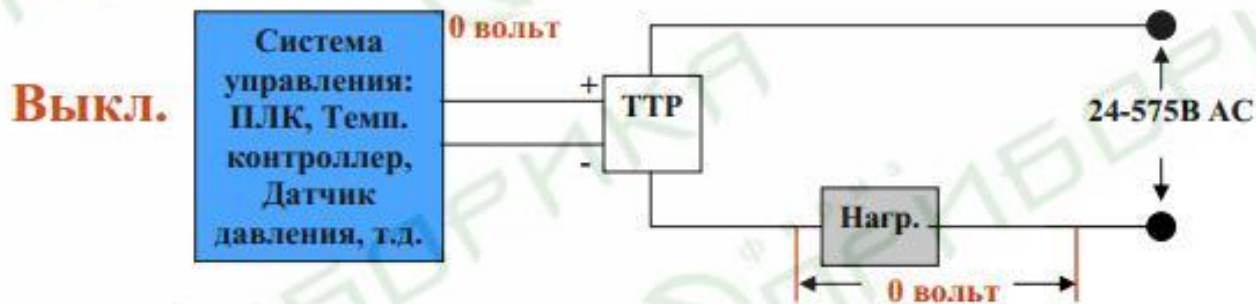


Рисунок 3. Схема работы системы управления с твердотельным реле в выключенном состоянии.

Во включенном состоянии (определенное напряжение на входе), твердотельное реле позволяет току течь через нагрузку.

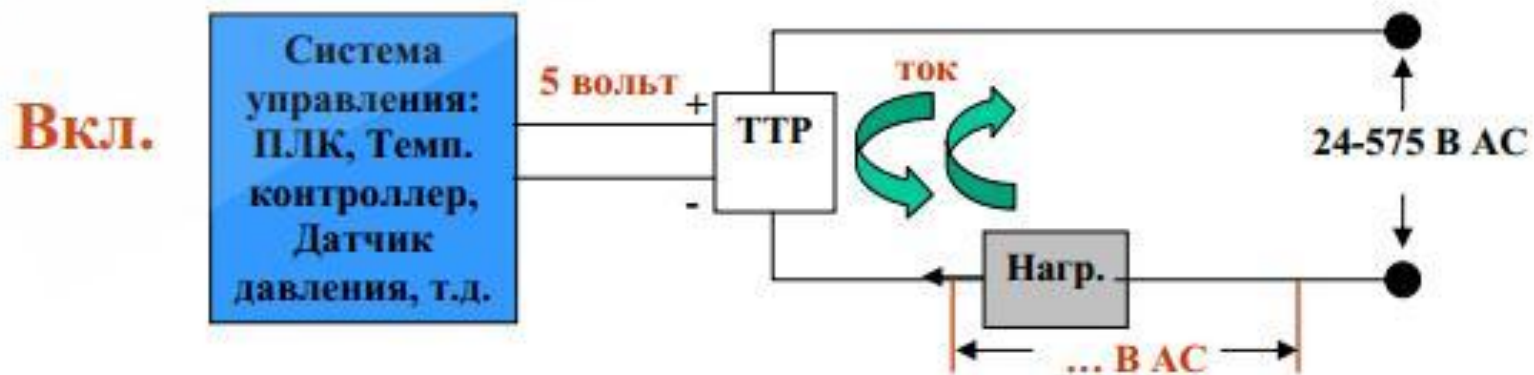
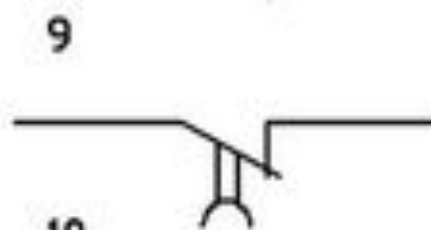
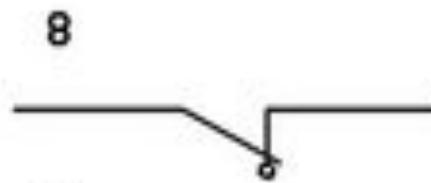
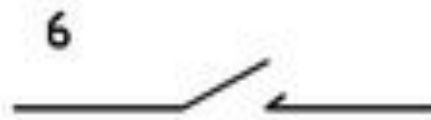
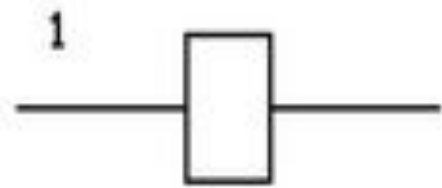


Рисунок 4. Схема работы системы управления с твердотельным реле во включенном состоянии.

# Обозначение на схемах



1 — обмотка реле  
(управляющая цепь),

2 — контакт нормально разомкнутый,

3 — контакт нормально замкнутый,

4 — контакт нормально разомкнутый  
с замедлителем при срабатывании,

5 — контакт нормально разомкнутый

с замедлителем при возврате, 6 — контакт импульсный нормально разомкнутый,

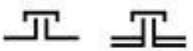


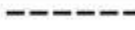
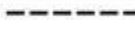


7 — контакт нормально разомкнутый без самовозврата, 8 — контакт нормально

замкнутый без самовозврата, 9 — контакт нормально замкнутый с замедлителем

при срабатывании, 10 — контакт нормально замкнутый с замедлителем при







возврате.

**Обозначения условные графические в схемах.  
Обозначения общего применения (ГОСТ 2.721-74)**

Наименование	<u>Обозн.</u>
Переменный ток, трехфазный, пятипроводная линия (три провода фаз, нейтраль, один провод защитный с заземлением) частотой 50 Гц, напряжением 220/380 В	<i>3PEN~50 Гц 220/380 В</i>
Муфта. Общее обозначение:	
а) выключенная	
б) включенная	
Линия механической связи в гидравлических и пневматических схемах	
Линия механической связи в электрических схемах	
Заземление, общее обозначение	
Бесшумное заземление (чистое)	
Защитное заземление	
Коаксиальный кабель	



**Обозначения условные графические в схемах.  
Обозначения общего применения (ГОСТ 2.721-74)**

Наименование	<u>Обозн.</u>
Гальваномагнитный эффект (эффект Холла)	
Экранирование <i>Примечание. При уточнении характера экранирования (электростатическое или электромагнитное) под изображением линии экранирования проставляют буквенные обозначения соответственно:</i>	---
а) электростатическое	
б) электромагнитное	
Шина	
Группа линий электрической связи, осуществленная п скрученными проводами, например, шестью скрученными проводами, изображенная:	
а) однолинейно	
б) многолинейно	

## Электрические машины (ГОСТ 2.722-68)

Наименование	Обозн.	Наименование	Обозн.
Статор. Обмотка статора. Общее обозначение		Ротор. Общее обозначение и короткозамкнутый	
Ротор с обмоткой, коллектором и щетками		Машина электрическая. Общее обозначение	
Машина асинхронная трехфазная с шестью выведенными концами фаз обмотки статора и с короткозамкнутым ротором		<i>Примечание.</i> Внутри окружности допускается указывать следующие данные: а) род машины (генератор - Г(G), двигатель - М(M), тахогенератор - ТГ(BR) и др.; б) род тока, число фаз или вид соединения обмоток, например генератор трехфазный	
Машина асинхронная трехфазная с фазным ротором, обмотка которого соединена в звезду, обмотка статора - в треугольник		Машина синхронная трехфазная неявнополюсная с обмоткой возбуждения на роторе; обмотка статора соединена в треугольник	
Машина постоянного тока с последовательным возбуждением		Машина постоянного тока с параллельным возбуждением	
Машина постоянного тока с независимым возбуждением		Машина постоянного тока со смешанным возбуждением	
Машина постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов		Двигатель коллекторный однофазный последовательного возбуждения	

### Токоъемники (ГОСТ 2.726-68)

Наименование	Обозн.	Наименование	Обозн.
Токоъемник троллейный. Общее обозначение		Токоъемник кольцевой	

### Разрядники. Предохранители (ГОСТ 2.727-68)

Наименование	Обозн.	Наименование	Обозн.
Предохранитель плавкий. Общее обозначение		Разрядник. Общее обозначение	

### Электроизмерительные приборы (ГОСТ 2.729-68)

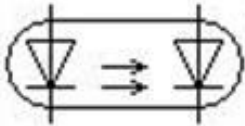
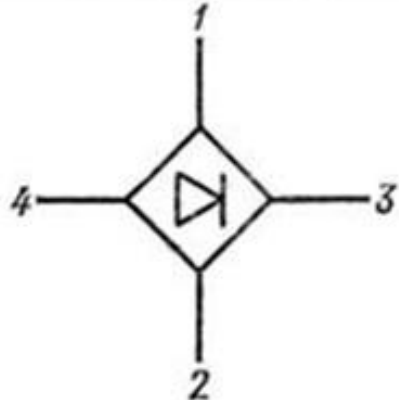
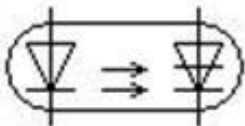
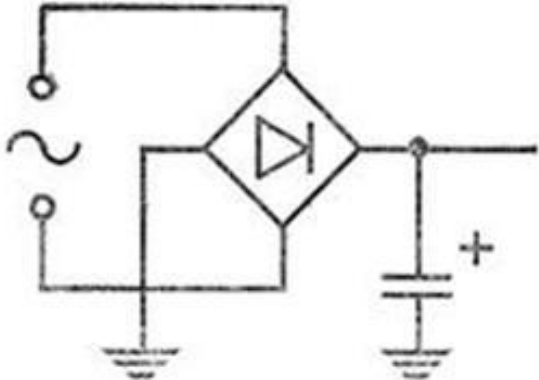
Наименование	Обозн.	Наименование	Обозн.
Счетчик ватт-часов		Датчик температуры	
Амперметр		Вольтметр	

■ Обозначения условные графические электростанций и подстанций в схемах электроснабжения (ГОСТ 2.748-68)

Наименование	Обозн.	Наименование	Обозн.
Общее обозначение электростанции		Атомная электростанция	
Гидравлическая электростанция		Общее обозначение подстанции	
Гидроаккумулирующая электростанция		открытая подстанция	
Тепловая электростанция без выдачи тепловой энергии		Закрытая подстанция	

Приборы полупроводниковые (ГОСТ 2.730-73 с измен. 1989г.)



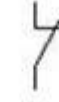
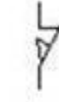






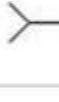







Наименование	Обозн.	Наименование	Обозн.
Диод		Транзистор типа PNP	
Диод светоизлучающий (светодиод)		Транзистор полевой с каналом типа N	
Варикап (диод емкостной)		Транзистор типа NPN, коллектор соединен с корпусом	
Фотодиод		Тиристор незапираемый триодный с управлением по катоду	
Стабилитрон		Тиристор триодный, запираемый в обратном направлении, с управлением по аноду	
Диодный тиристор (динистор)		Фоторезистор	
Диод Шотки		Диод туннельный	

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Диодный оптрон (диодная оптопара)		Однофазная мостовая выпрямительная схема (упрощенное изображение) <i>Примечание.</i> К выводам 1-2 подключается напряжение переменного тока; выводы 3-4 - выпрямленное напряжение; вывод 3 имеет положительную полярность (цифры 1, 2, 3, 4 указаны для пояснения)	
Тиристорный оптрон (тиристорная оптопара)		Пример применения условного графического обозначения на схеме	

## Устройства коммутационные и контактные соединения (ГОСТ 2.755-74)

Наименование	Обозн.	Наименование	Обозн.
Выключатель путевой: однополюсный		Контакт электротеплового реле при разнесенном способе изображения	
Выключатель кнопочный нажимной: с замыкающим контактом		Выключатель трехполюсный с автоматическим возвратом	
с размыкающим контактом		Контакт для коммутации сильноточной цепи (контактора, пускателя) замыкающий	

Коммутационные устройства и контактные соединения (ГОСТ 2.755-87)

Наименование	Обозн.	Наименование	Обозн.	
Контакт коммутационного устройства. Общее обозначение:		Контакт концевого выключателя: 1) замыкающий 2) размыкающий		
				
	а) замыкающий б) размыкающий в) переключающий		Выключатель ручной	
Контакт замыкающий с замедлением, действующим:		Контакт контактного соединения:		
	1) при срабатывании 2) при возврате 3) при срабатывании и возврате		1) разъёмного соединения: - штырь - гнездо	
				
Контакт размыкающий с замедлением, действующим:		2) разборного соединения		
	1) при срабатывании 2) при возврате 3) при срабатывании и возврате		3) неразборного соединения	
		Соединение контактное разъёмное		
Контакт термореле		Переключатель однополюсный многопозиционный (пример шестипозиционного)		



## Воспринимающая часть электромеханических устройств (ГОСТ 2.756-76)

Наименование	Обозн.	Наименование	Обозн.
Катушка электромеханического устройства		Катушка электромеханического устройства, имеющего механическую блокировку	
Воспринимающая часть электротеплового реле		Катушка электромеханического устройства, работающего с ускорением при срабатывании	
Катушка поляризованного электромеханического устройства		Катушка электромеханического устройства, работающего с ускорением при срабатывании и отпуске	
<i>Примечание.</i> Допускается применять следующее обозначение		Катушка электромеханического устройства, работающего с замедлением при срабатывании	
Обмотка максимального тока		Катушка электромеханического устройства, работающего с замедлением при отпуске	
Обмотка минимального напряжения		Катушка электромеханического устройства, работающего с замедлением при срабатывании и отпуске	

## Источники света (ГОСТ 2.732-68)

Наименование	Обозн.	Наименование	Обозн.
Лампа накаливания осветительная и сигнальная <i>Примечание.</i> Допускается при изображении сигнальных ламп секторы зачернять		Лампа газоразрядная осветительная и сигнальная. Общее обозначение: с четырьмя выводами	
		Лампа газоразрядная высокого давления с простыми электродами	
Пускатель (стартер) для газоразрядных (люминесцентных) ламп		Лампа газоразрядная сверхвысокого давления с простыми электродами	