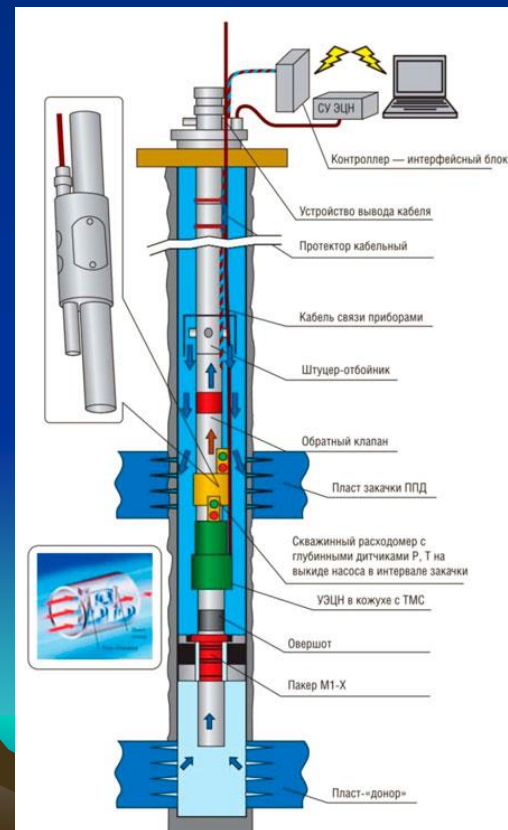


Лекция 7. «РЕЛЕЙНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ»



7.1. Электромагнитные реле постоянного и переменного тока.

7.2. Магнитоуправляемые контакты (герконы).

7.3. Практическое применение реле



7.1. Электромагнитные реле постоянного и переменного тока

Реле — это устройство, которое автоматически осуществляет скачкообразное изменение (переключение) выходного сигнала под воздействием управляющего сигнала, изменяющегося непрерывно в определенных пределах.

Электрическое реле является промежуточным элементом, который приводит в действие одну или несколько управляемых электрических цепей при воздействии на реле определенных электрических сигналов управляющей цепи (рис. 7.1).

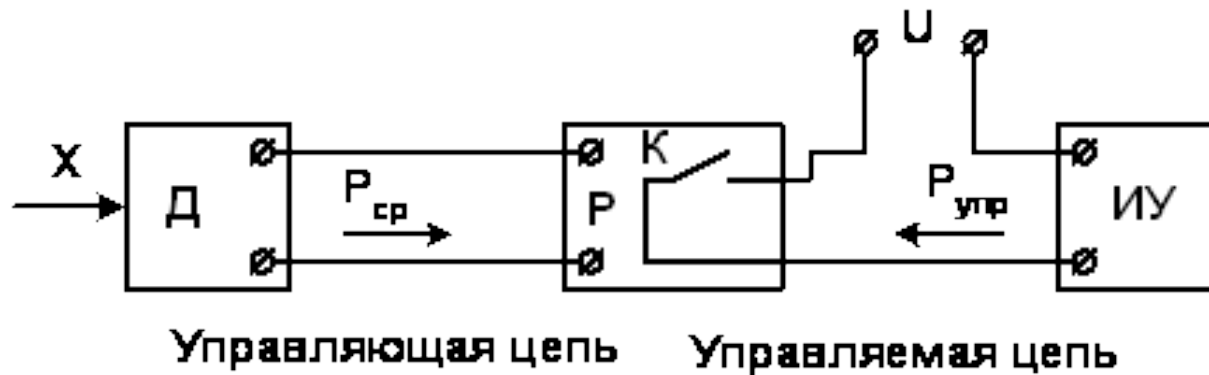


Рис. 7.1. Схема включения реле: X - контролируемая величина; $Д$ - датчик; P - реле; ИУ - исполнительные устройства; K - контакт реле (слева) и внешний вид электромагнитного реле.

7.1. Электромагнитные реле постоянного и переменного тока

Свойства реле характеризуются следующими основными параметрами:

1) мощностью срабатывания P_{cp} (Вт) - минимальной электрической мощностью, которая должна быть подведена к реле от управляющей цепи для его надежного срабатывания, т. е. приведения в действие управляемой цепи. Эта мощность определяется общими электрическими и конструктивными параметрами реле;

2) мощностью управления P_y (Вт) – максимальной величиной электрической мощности в управляемой цепи, при которой контакты реле еще работают надежно. Мощность управления определяется параметрами контактов реле, переключающих управляемую цепь. Выбор соответствующего типа реле производится на основании значений P_{cp} и P_y , так как эти параметры постоянны для отдельных конструкций реле;

3) допустимой разрываемой мощностью P_p (Вт) – мощностью, разрываемой контактами при определенном токе или напряжении без образования устойчивой электрической дуги при данном напряжении;

4) коэффициентом управления – величиной, характеризующей отношение управляемой мощности к мощности срабатывания реле: $K_y = P_y / P_{cp} \geq 1$;

5) временем срабатывания t_{cp} (с) – интервалом времени от момента поступления сигнала из управляющей цепи до момента начала воздействия реле на управляемую цепь. Допустимая величина t_{cp} определяется необходимой быстротой передачи сигнала в управляемую цепь.

7.1. Электромагнитные реле постоянного и переменного тока

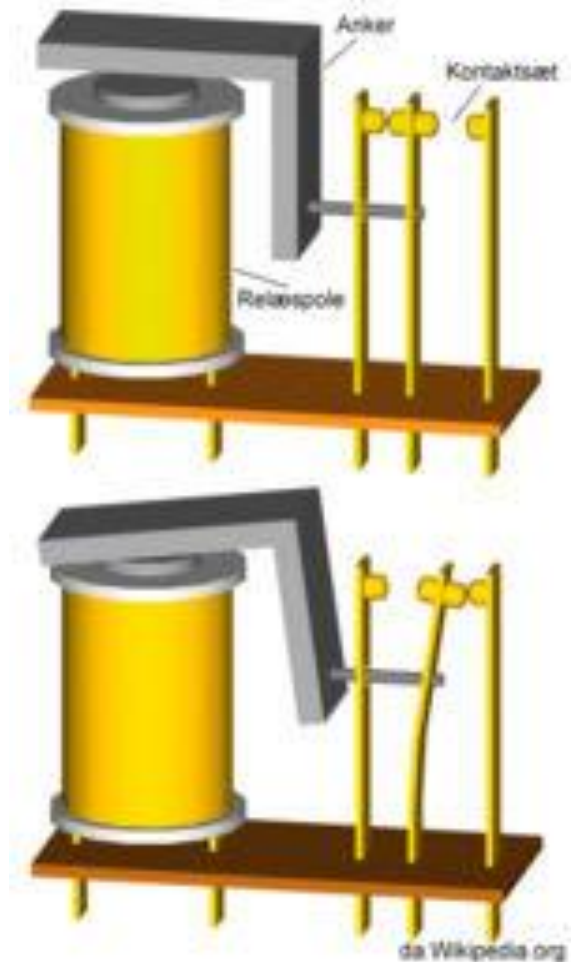
Существующие типы реле можно классифицировать по следующим основным признакам:

по назначению:

- управления,
- защиты,
- сигнализации;

принципу действия:

- электромеханические;
- электромагнитные нейтральные,
- электромагнитные поляризованные,
- магнитоэлектрические,
- электродинамические,
- индукционные,
- электротермические,
- электронные,
- фотоэлектронные и др.



7.1. Электромагнитные реле постоянного и переменного тока

замеряемой величине:

- электрические (тока, напряжения, мощности, сопротивления, частоты, коэффициента мощности),
- механические (силы, давления, скорости, перемещения, уровня, объема и др.)
- тепловые (температуры, количества тепла),
- оптические (силы звука и др.),
- физических величин (времени, вязкости и др.).

мощности управления:

- маломощные с мощностью управления $P_y \leq 1 \text{ Вт}$,
- средней мощности с $P_y = 1\text{--}10 \text{ Вт}$,
- мощные с $P_y > 10 \text{ Вт}$.

времени срабатывания:

- безынерционные с $t_{\text{ср}} \leq 0,001 \text{ с}$,
- быстродействующие $t_{\text{ср}} = 0,001\text{--}0,05 \text{ с}$,
- замедленные $t_{\text{ср}} = 0,15\text{--}1 \text{ с}$,
- реле времени $t_{\text{ср}} > 1 \text{ с}$.

7.1. Электромагнитные реле постоянного и переменного тока

7.1. Электромагнитные реле постоянного и переменного тока.

Электромагнитные реле являются наиболее распространенными из группы электромеханических реле и получили широкое применение в устройствах автоматики, телемеханики и в вычислительной технике.

Если реле используются для переключения мощных цепей тока, то они называются контакторами. Реле и контакторы являются устройствами прерывистого действия.

Электромагнитные реле по роду используемого тока *делятся*:

- на реле постоянного тока;
- реле переменного тока.

Реле постоянного тока подразделяются:

- на нейтральные;
- поляризованные.

7.1. Электромагнитные реле постоянного и переменного тока

7.1.1. Электромагнитные реле постоянного (нейтральные)

Нейтральные реле одинаково реагируют на постоянный ток обоих направлений, протекающий по его обмотке (т. е. положение якоря не зависит от направления тока в обмотке реле). Поляризованное реле реагирует на полярность сигнала.

По характеру движения якоря нейтральные электромагнитные реле подразделяются на два типа:

- с угловым движением якоря;
- с втяжным якорем.

На рис. 7.2 изображены реле с угловым перемещением якоря (а) и с втягивающим якорем (б).

При отсутствии управляющего сигнала якорь удален от сердечника на максимальное расстояние за счет возвратной пружины. В этом случае одна пара контактов замкнута (размыкающие контакты РК), а другая пара разомкнута (замыкающие контакты ЗК),

Принцип действия реле, изображенного на рис. 7.2., основан на следующем: при подаче тока в обмотку (катушку) создается магнитный поток, который, проходя через сердечник, ярмо, якорь и воздушный зазор $\delta_n(0)$, создает магнитное усилие, притягивающее якорь к сердечнику. При этом якорь, воздействуя на колодку, перемещает ее таким образом, что контакты ЗК замыкаются, а РК размыкаются. В некоторых конструкциях реле якорь при выключении тока под действием собственного веса возвращается в исходное положение.

7.1. Электромагнитные реле постоянного и переменного тока

Таким образом, электромагнитное реле состоит из трех основных частей:

- контактной системы (контактные пружины выполнены из материала нейзильбера);
- магнитопровода (ярмо, сердечник, якорь, выполненные из мягкой стали);
- обмотки (катушки).

Магнитную цепь составляют сердечник, якорь, ярмо и воздушный зазор между якорем и сердечником.

При детальном рассмотрении работы реле в процессе срабатывания и отпускания наблюдаются четыре этапа.

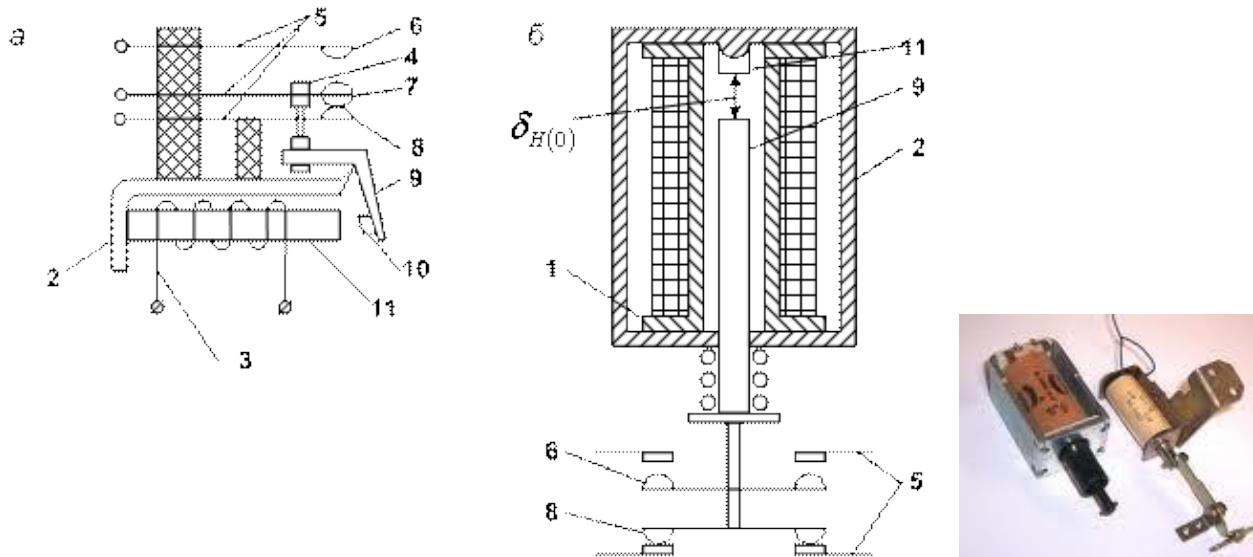


Рис 7.2. Разновидности конструктивных схем реле:

1 – каркас с обмоткой; 2 – ярмо; 3 – выводы обмотки; 4 – колодка; 5 – контактные пружины; 6 – замыкающий контакт ЗК; 7 – подвижный контакт; 8 – размыкающий контакт РК; 9 – якорь; 10 – штифт отлипания; 11 – сердечник

7.1. Электромагнитные реле постоянного и переменного тока

Этап 1 - срабатывание реле. Длительность этого этапа - время полного срабатывания t_{cp} , т. е. от момента подачи напряжения на катушку реле до момента надежного замыкания контактов; I_{mp} - величина тока, при котором начинается движение якоря; t_{mp} - время, за которое ток достигает это значение, т. е. промежуток, соответствующий началу движения якоря; I_{cp} - ток, при котором срабатывает реле; $t_{дв}$ - время движения якоря при срабатывании. Таким образом, время полного срабатывания, отвечающее окончанию движения якоря.

$$t_{cp} = t_{mp} + t_{дв}. \quad (7.1)$$

Этап 2 - работа реле ($t_{раб}$ - время работы реле). После того, как реле сработает, ток в обмотке продолжит увеличиваться, пока не достигнет установившегося значения. Впоследствии величина тока в обмотке реле остается неизменной. Отношение установившегося тока $I_{уст}$ к величине тока срабатывания I_{cp} называется коэффициентом запаса реле по срабатыванию $K_{зап}$ (т. е. $K_{зап}$ показывает надежность работы реле).

$$K_{зап} = \frac{I_{уст}}{I_{cp}} = 1,5 \div 2. \quad (7.2)$$

7.1. Электромагнитные реле постоянного и переменного тока

Этап 3 - отпускание реле. Этот период начинается от момента прекращения подачи сигнала до момента, когда ток в обмотке реле уменьшится до значения I_{om} . Отношение тока отпускания к току срабатывания называется коэффициентом возврата.

$$K_B = \frac{I_{om}}{I_{cp}}. \quad (7.3)$$

Обычно $K_B=0,4-0,8$.

Этап 4 - покой реле. Это отрезок времени от момента размыкания контактов реле до момента поступления нового сигнала на обмотку реле. При быстром следовании управляющего сигнала друг за другом работа реле характеризуется максимальной частотой срабатывания (количество срабатываний реле в единицу времени).

7.1. Электромагнитные реле постоянного и переменного тока

7.1.2. Электромагнитные реле постоянного тока (поляризованные)

В отличие от рассмотренных ранее нейтральных электромагнитных реле, у поляризованного реле направление электромагнитного усилия зависит от полярности сигнала постоянного тока в обмотке. Поляризация таких реле осуществляется при помощи постоянного магнита.

Существует много конструктивных разновидностей поляризованных реле, которые классифицируются по ряду признаков. По конструктивной схеме магнитной цепи различают реле с последовательной, параллельной (дифференциальной) и мостовой магнитными цепями, по числу обмоток управления – одно- и многообмоточные, по способу настройки контактов (по числу устойчивых положений якоря) различают двух- и трехпозиционные.

Поляризованные реле получили большое распространение в маломощной автоматике, особенно в следящих системах при управлении реверсивными двигателями.

7.1. Электромагнитные реле постоянного и переменного тока

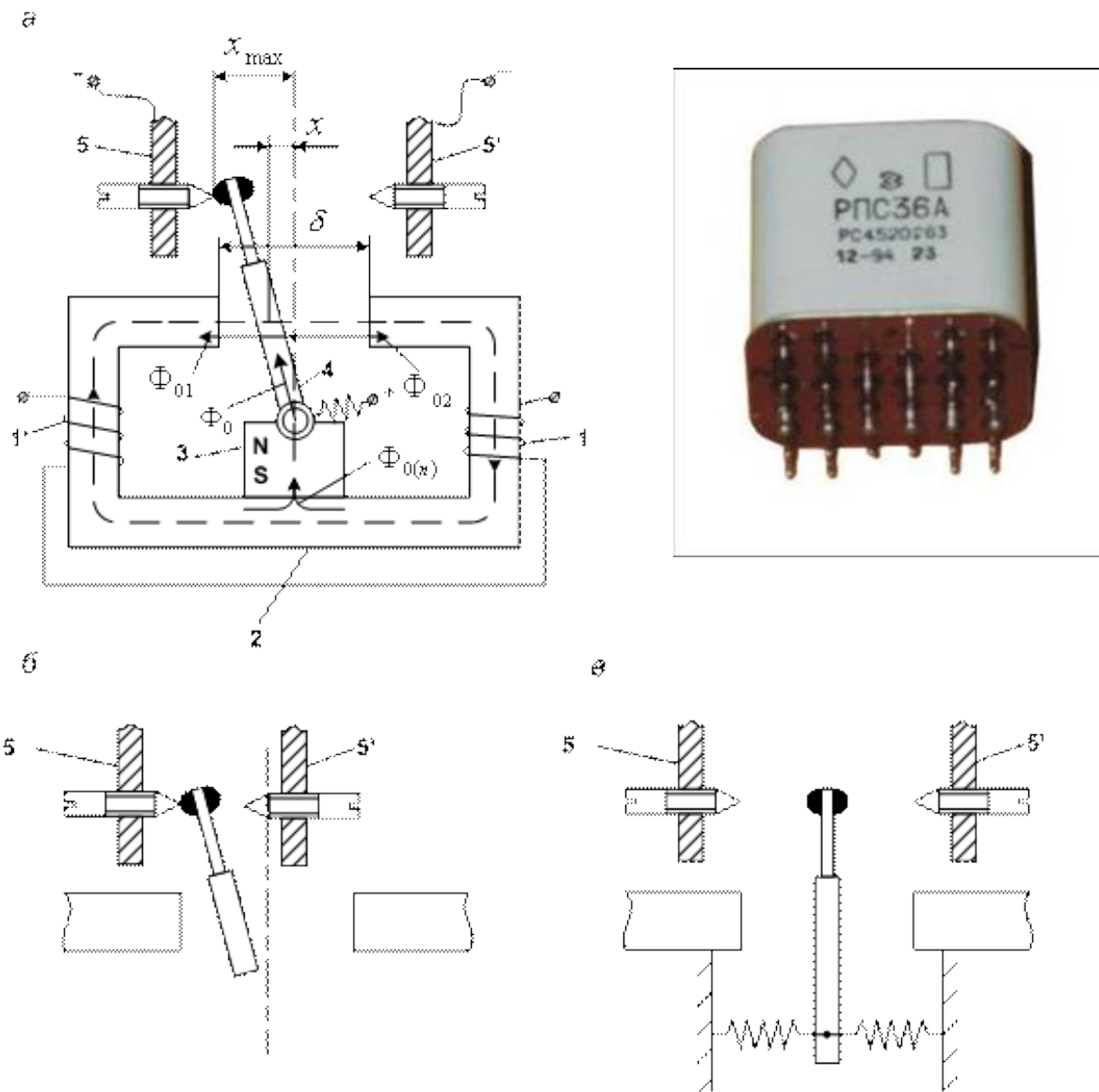


Рис. 7.3. Поляризованное реле (а) и способы настройки контактов (б, в) :
 1, 1' – намагничивающие катушки; 2 – ярмо; 3 – постоянный магнит; 4 –
 якорь; 5, 5' – контакты

7.1. Электромагнитные реле постоянного и переменного тока

На якорь реле действуют два не зависимых друг от друга потока: поток $\Phi_{o(n)}$ постоянного магнита, не зависящий от рабочего состояния схемы, в которую включено реле, и рабочий (управляющий) поток $\Phi_{э(p)}$, определяемый намагничивающей силой катушки, т. е. величиной протекающего по обмотке тока. Электромагнитное усилие, действующее на якорь, определяется, таким образом, в зависимости от суммарного действия обоих потоков - $\Phi_{э(p)}$ и $\Phi_{o(n)}$. Изменение направления электромагнитного усилия при изменении полярности тока в рабочей обмотке происходит вследствие того, что изменяется направление рабочего потока относительно поляризирующего $\Phi_{o(n)}$.

Поляризирующий поток $\Phi_{o(n)}$ проходит по якорю и разветвляется на две части - Φ_{01} и Φ_{02} - в соответствии с проводимостями воздушных зазоров слева и справа от якоря (δ_l и δ_{np}). В зависимости от полярности управляющего сигнала рабочий поток $\Phi_{э(p)}$ вычитается из потока Φ_{01} в зазоре слева от якоря и прибавляется к потоку Φ_{02} справа от якоря (как показано на рис. 7.3, а), или наоборот.

В данном случае якорь перекинется из левого положения в правое. При выключении сигнала якорь будет находиться в том положении, которое он занимал до выключения сигнала. Таким образом, результирующее электромагнитное усилие, действующее на якорь, будет направлено в сторону того зазора, где магнитные потоки суммируются.

7.1. Электромагнитные реле постоянного и переменного тока

Если теперь в обмотке 1 и 1' (см. рис. 4.3, а) подать управляющий сигнал $I_{\text{ср}}$ такой величины, чтобы $\Phi_3 = \Delta\Phi$ ($\Delta \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{2} = \Phi_{0(n)} \frac{x}{\delta}$), то при незначительном возрастании тока якорь перебросится в правое положение, так как, очевидно, правое усилие будет больше левого.

Магнитные потоки до момента переброски якоря будут соответственно равны:

$$\Phi_{\text{л}} = \left(\frac{\Phi_{0(n)}}{2} \right) + \Delta\Phi - \Phi_3 \text{ и } \Phi_{\text{пр}} = \left(\frac{\Phi_{0(n)}}{2} \right) - \Delta\Phi + \Phi_3. \quad (7.4)$$

После переброски якоря в правое положение знаки $\Delta\Phi$ в указанных выражениях изменятся: если $\Phi_3 = \Delta\Phi$, то получим выражения для потоков при правом положении якоря:

$$\Phi_{\text{л}} = \left(\frac{\Phi_{0(n)}}{2} \right) - 2\Delta\Phi \text{ и } \Phi_{\text{пр}} = \left(\frac{\Phi_{0(n)}}{2} \right) + 2\Delta\Phi. \quad (7.5)$$

7.1. Электромагнитные реле постоянного и переменного тока

После перехода якоря за нейтральную линию перераспределяющийся поток $\Phi_{0(n)}$ создает дополнительное усилие, необходимое для перемещения якоря. Этим и объясняется, что поляризованные реле имеют незначительное время срабатывания, не превышающее нескольких миллисекунд. Кроме того, дополнительное усилие, сжимая контакты, позволяет при очень малой величине управляющего сигнала управлять относительно мощными электрическими цепями, т. е. коэффициент управления имеет значительную величину (до 5000), чего не достигает ни одно нейтральное реле.

Обычно отклонение якоря от нейтрали составляет 0,05–0,1 мм.

В поляризованном реле с мостовой схемой магнитной цепи (рис. 7.4) силы притяжения якоря, включенного в одну из диагоналей мостовой схемы, действуют так же, как и в дифференциальной схеме, т. е. в воздушном зазоре с одной стороны якоря рабочий поток $\Phi_{\varepsilon(p)}$ направлен согласно с поляризующим потоком $\Phi_{0(n)}$, а с другой - встречно. Мостовые схемы поляризованных реле имеют более высокую стабильность параметров и устойчивость к внешним механическим воздействиям.

7.1. Электромагнитные реле постоянного и переменного тока

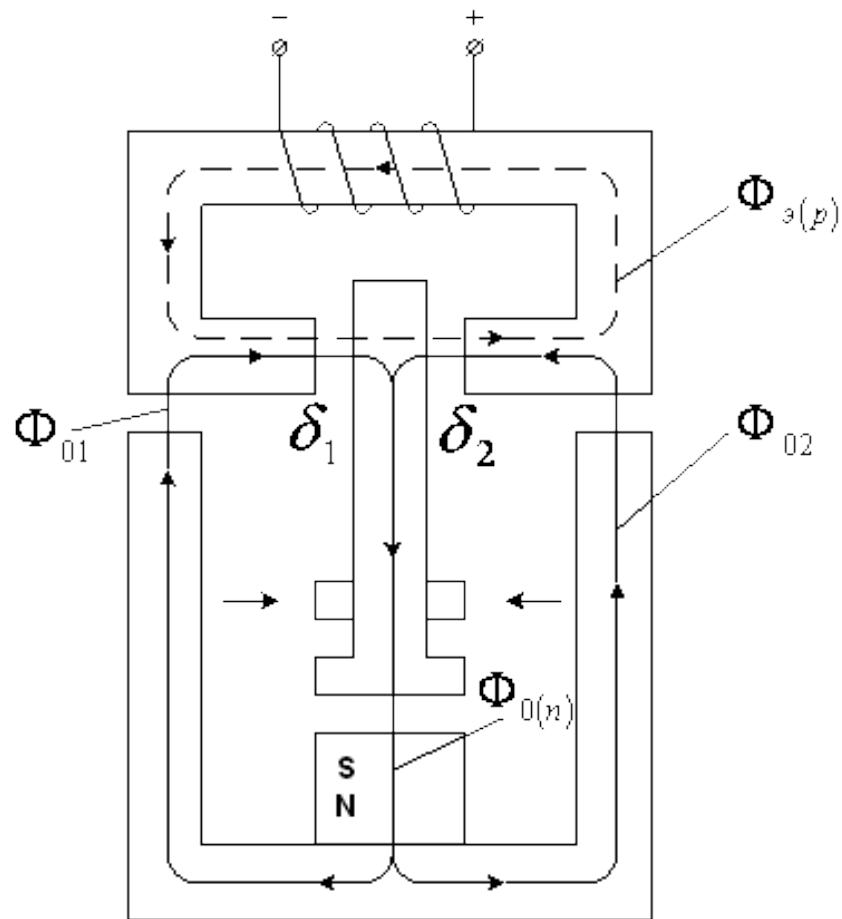


Рис. 7.4. Поляризованное реле с мостовой схемой магнитной цепи.

7.1. Электромагнитные реле постоянного и переменного тока

7.1.2. Электромагнитные реле переменного тока.

В тех случаях, когда основным источником энергии является сеть переменного тока, желательно применять реле, обмотки которых питаются переменным током. При подаче в обмотку реле переменного тока якорь будет притягиваться к сердечнику так же, как и при постоянном токе. При одинаковых конструктивных размерах реле и равных значениях максимальной индукции среднее значение электромагнитного усилия у реле переменного тока вдвое меньше, чем у реле постоянного тока.

Электромагнитное усилие меняется (пульсирует) с удвоенной частотой 2ω , обращаясь в нуль дважды за период питающего напряжения. Следовательно, якорь реле может вибрировать, периодически оттягиваться от сердечника возвратной пружиной, что вызывает дрожание якоря и, как следствие, износ оси якоря.

Реле переменного тока имеют худшие параметры, чем реле постоянного тока, так как при одинаковых размерах имеют меньшее электромагнитное усилие и менее чувствительны. Кроме того, они сложнее и дороже, поскольку необходимо иметь шихтованный магнитопровод (набранный из отдельных листов), а также применять специальные меры для устранения вибрации якоря – явление, которое нежелательно, так как может привести к обгоранию контактов, прерыванию электрической цепи и др. поэтому для ослабления вибрации принимают специальные конструктивные меры.

7.1. Электромагнитные реле постоянного и переменного тока

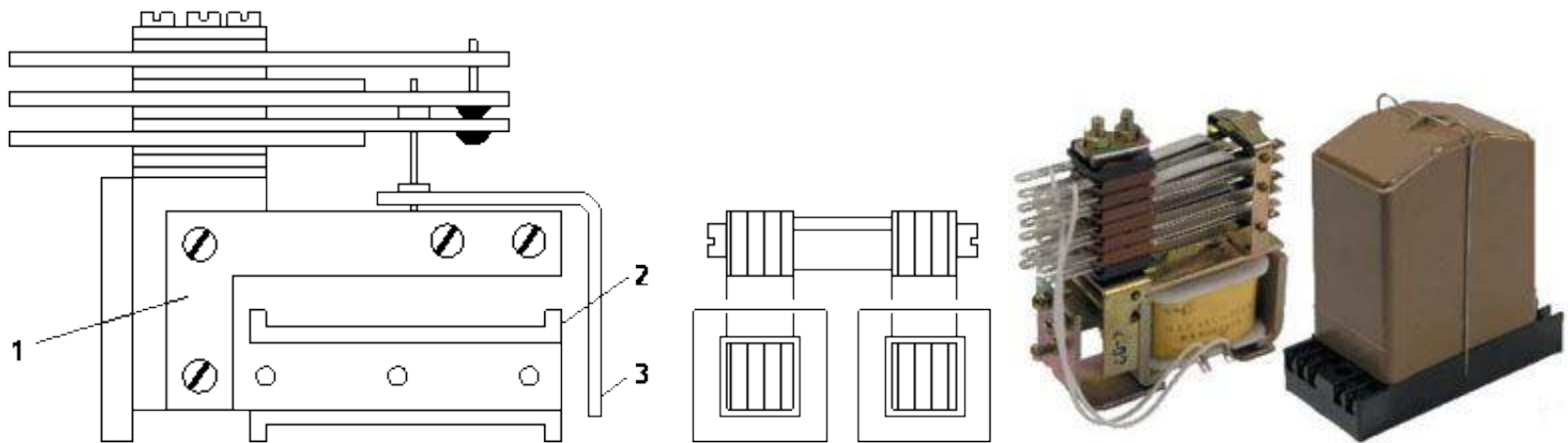


Рис. 7.5. Двухфазное реле переменного тока: 1 – магнитопровод; 2 – катушка; 3 – якорь.

7.1. Электромагнитные реле постоянного и переменного тока

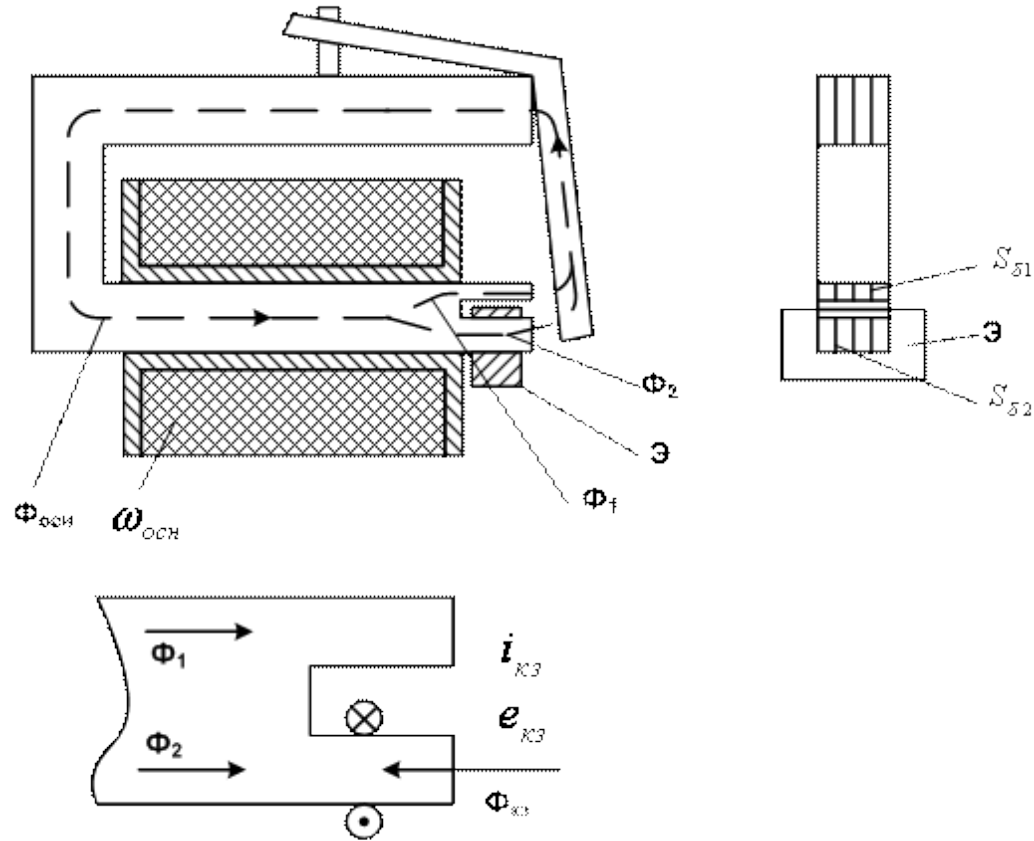


Рис. 7.6. Реле переменного тока с короткозамкнутым витком

7.1. Электромагнитные реле постоянного и переменного тока

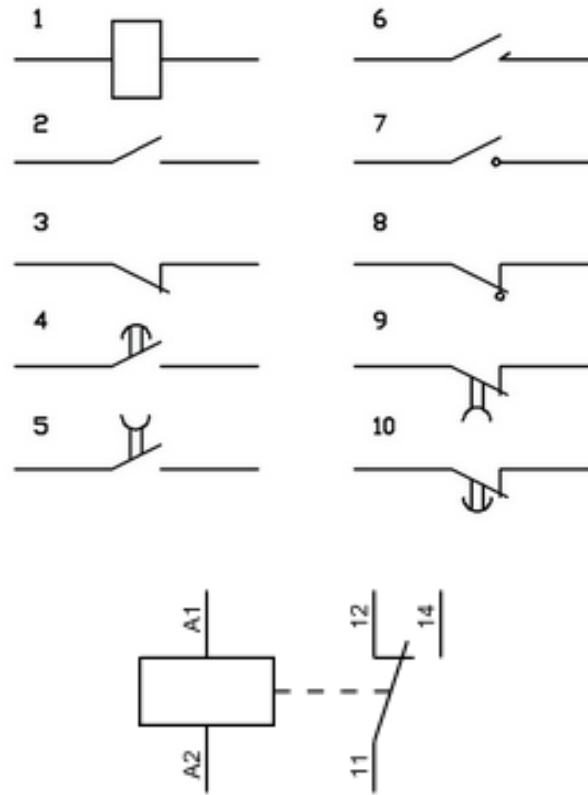


Рис. 7. Обозначение реле на схемах: 1 — обмотка реле ($A1$, $A2$ — управляющая цепь), 2 — контакт замыкающий, 3 — контакт размыкающий, 4 — контакт замыкающий с замедлителем при срабатывании, 5 — контакт замыкающий с замедлителем при возврате, 6 — контакт импульсный замыкающий, 7 — контакт замыкающий без самовозврата, 8 — контакт размыкающий без самовозврата, 9 — контакт размыкающий с замедлителем при срабатывании, 10 — контакт размыкающий с замедлителем при возврате, 11 — общий контакт, 11-12 — нормально замкнутые контакты, 11-14 — нормально разомкнутые контакты.

7.2. Магнитоуправляемые контакты (герконы).

Геркон – это сокращение от «герметичный контакт» - такое коммутационное устройство, которое замыкает контакты при воздействии магнитного поля. Переключение геркона из между состоянием «включен» и «выключен» происходит под действием магнитного поля постоянного магнита или электромагнита, поэтому герконы еще называют магнитоуправляемыми контактами.

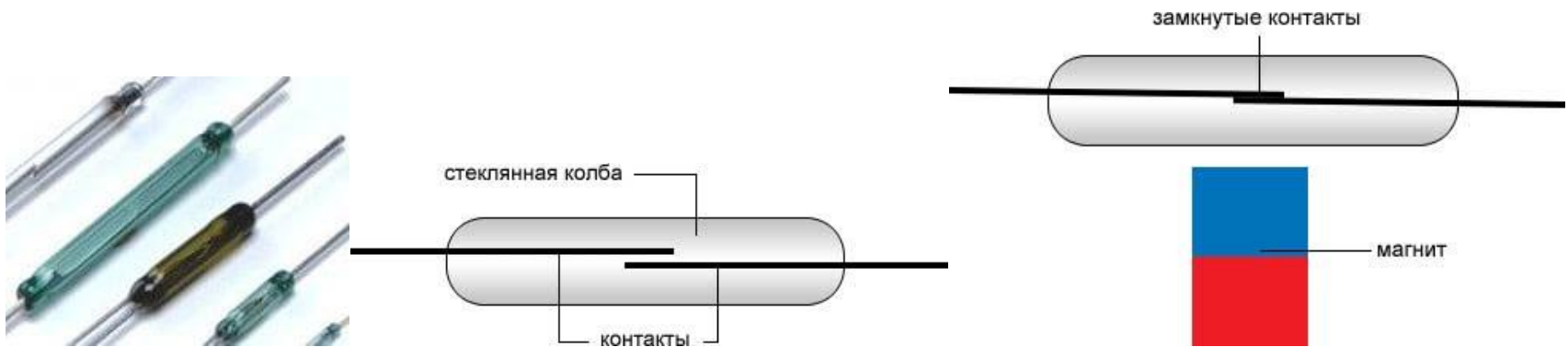


Рис. 7. 7. Общий внешний вид герконов (слева) и устройство геркона с разомкнутыми контактами (в центре) и замкнутыми контактами (справа).

7.2. Магнитоуправляемые контакты (герконы).

Разновидности герконов.

По устройству работы герконы разделяют на три группы:

- ***Герконы, работающие на замыкание*** (рис.7.7).

В нормальном состоянии (без воздействия магнитного поля) такие герконы находятся в разомкнутом состоянии, а под действием магнитного поля они замыкаются.

- ***Герконы, работающие на размыкание.***

Герконы, работающие на размыкание

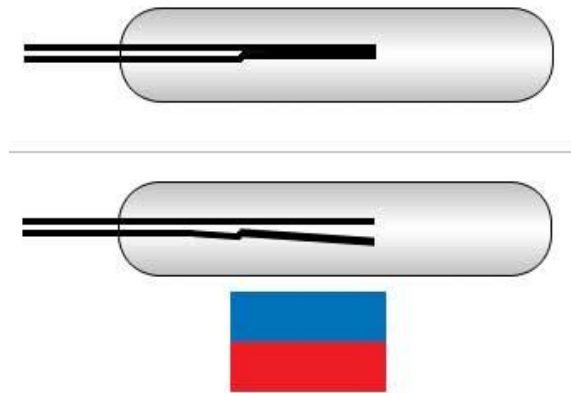


Рис. 7.8. Схема геркона на размыкание.

7.2. Магнитоуправляемые контакты (герконы).

Без магнитного поля контакты геркона замкнуты, а при намагничивании отталкиваются друг от друга и размыкаются.

- *Герконы, работающие на переключение.*

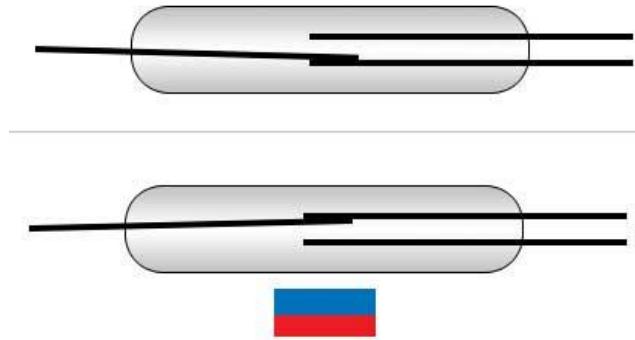


Рис. 7.9. Схема геркона на переключение.

В таком герконе не два, а три контакта: два остаются неподвижными, а третий переключается между двумя другими. Без магнитного поля замыкается одна цепь, а при воздействии магнита происходит переключение на другой контакт. Нормально замкнутый контакт (тот на который переключается геркон без магнитного поля) выполняется из немагнитного материала, а два других – из магнитного.

7.2. Магнитоуправляемые контакты (герконы).

Преимущества.

- Практически отсутствие дребезга контактов. 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, 10^3 — 10^8 и больше срабатываний).
- Меньший размер по сравнению с классическим реле, рассчитанным на такой же ток.
- Отсутствие необходимости применения тугоплавких и драгоценных металлов для контактов.
- Герконы почти бесшумны.
- Высокое (относительно классических реле) быстродействие.
- Удобство применения.

7.2. Магнитоуправляемые контакты (герконы).

Недостатки:

- Большой вес по сравнению с открытыми контактами.
- Необходимость создания магнитного поля.
- Восприимчивость к внешним магнитным полям, необходимость защиты от них.
- Сложность монтажа.
- Хрупкость — герконы нельзя использовать в условиях сильных вибраций и ударных нагрузок.
- Ограниченная скорость срабатывания.
- Возможность самопроизвольного размыкания контактов геркона при больших токах.
- Иногда контакты «залипают» (остаются в замкнутом состоянии) — такой геркон подлежит замене.

Применение герконов

Герконы широко применяются в различных датчиках, цель которых фиксировать какое-то положение предметов: открывание и закрывание дверей, крышки ноутбука и т.п. В частности герконы используются в поплавковых датчиках уровня воды.

7.3. Практическое применение реле (схема сигнализации)

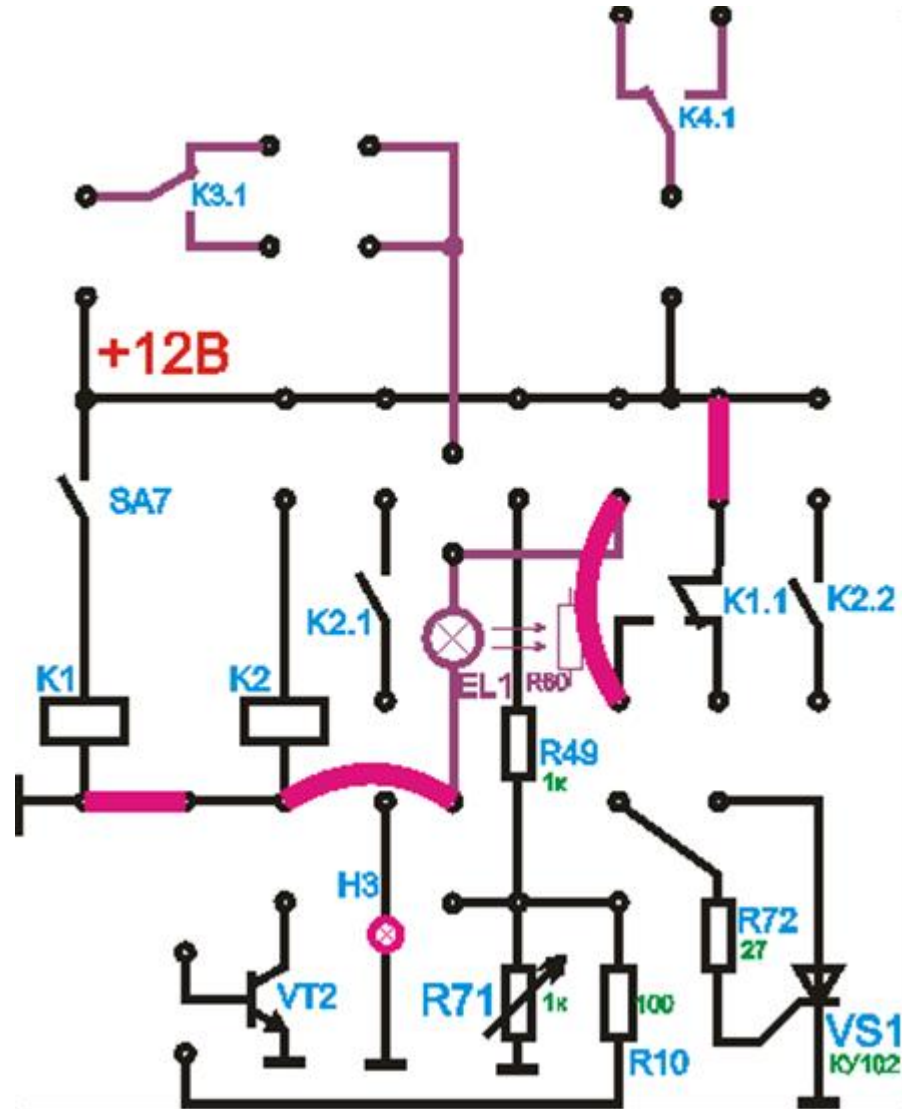
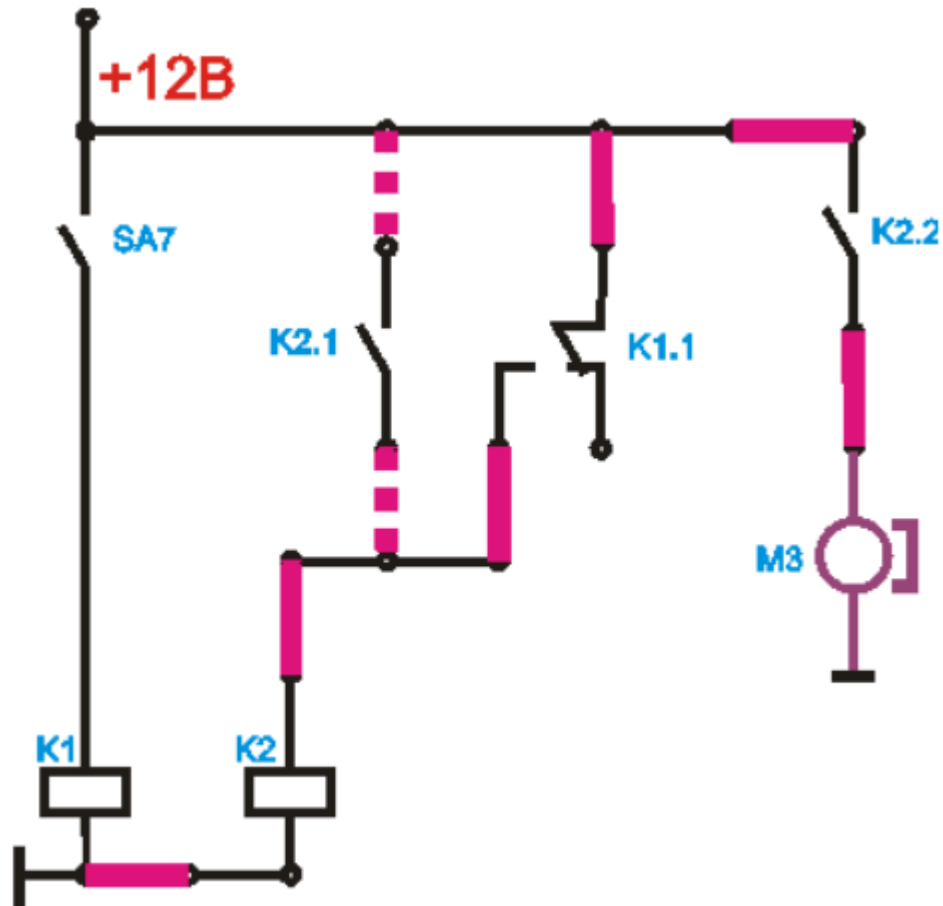


Схема с сигнализацией

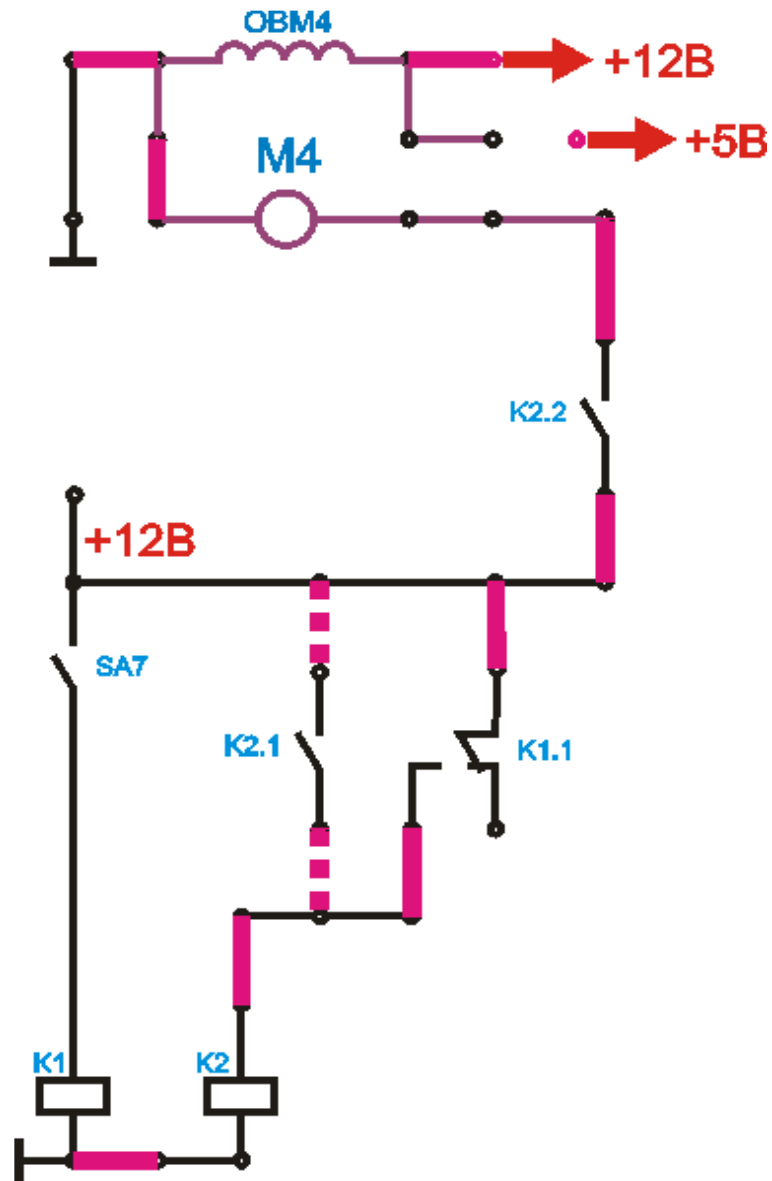
7.3. Практическое применение реле

(Схема управления двигателем постоянного тока с постоянными магнитами)



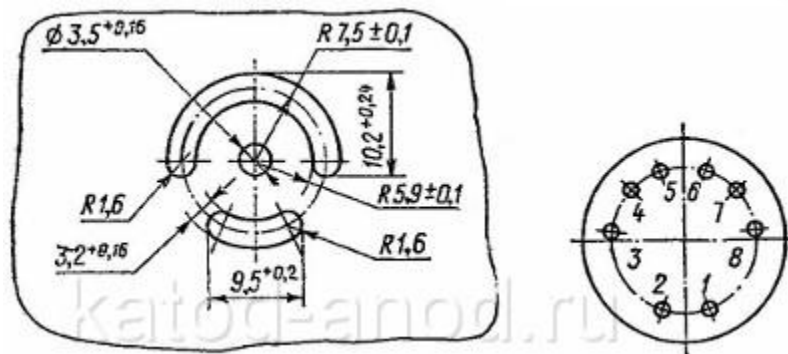
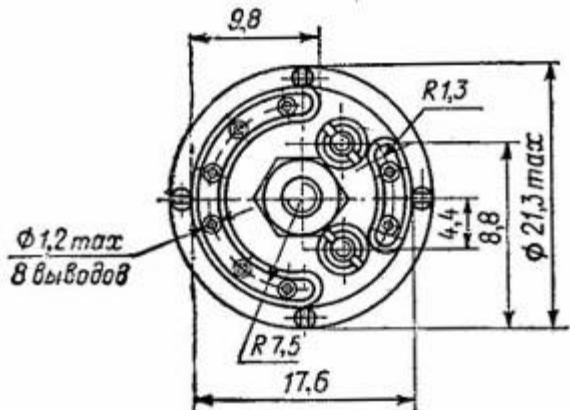
7.3. Практическое применение реле

(Схема управления двигателем постоянного тока с независимым возбуждением)

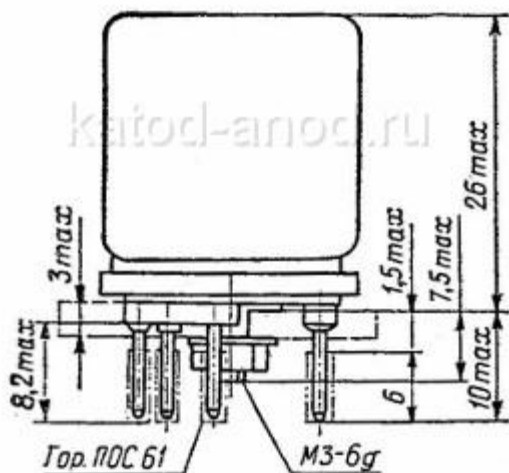


7.3. Практическое применение реле (РЭС-9)

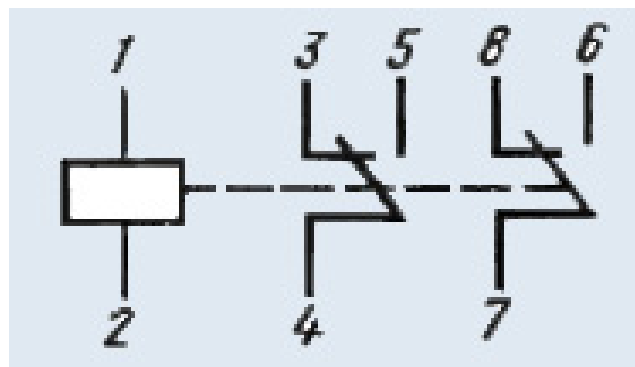
Реле РЭС-9 - одностабильное, двухпозиционное, с двумя переключающими контактами, заваляцованное, питаемое постоянным током. Основное назначение - коммутация электрических цепей переменного и постоянного тока.



Разметка для крепления и маркировка выводов реле РЭС-9



Конструктивные данные реле РЭС-9



Принципиальная электрическая схема реле РЭС-9

7.3. Практическое применение реле (РЭС-9)



Технические характеристики РЭС-9

Ток питания обмотки - постоянный.

Сопротивление изоляции между токоведущими элементами, между токоведущими элементами и чехлом, МОм, не менее:

- в нормальных климатических условиях (обмотка обесточена) 200
- в условиях повышенной влажности 100
- при максимальной температуре (после выдержки обмотки под рабочим напряжением) 20

Испытательное переменное напряжение между токоведущими элементами, между токоведущими элементами и чехлом, В:

- в нормальных климатических условиях 500
- в условиях повышенной влажности 300
- при атмосферном давлении 666 Па 220

Время отпускания реле не более 7 мс.

7.3. Практическое применение реле (РЭС-9)

Основные электрические характеристики реле типа РЭС-9

Порядковый номер	№ паспорта реле	Количество и тип контактных групп	Обмотка реле			
			сопротивление (<i>ом</i>)	число витков	/ ср (<i>ма</i>)	/ от (<i>ма</i>)
1	PC4.524.200	2 П	500	4600	30	5
2	PC4.524.201	2 П	500	4600	30	5
3	PC4.524.202	2 П	72	1800	80	13
4	PC4.524.203	2 П	30	1400	108	18
5	PC4.524.204	2 П	9600	21000	27	1
6	PC4 524.205	2 П	3400	13 000	51	2
7	PC4.524.206	2 П	9600	21 000	87	1

Рекомендуемая литература

1. Методы и средства измерений, испытаний и контроля : учебное пособие. В 5 ч. / А.Г. Дивин, С.В. Пономарев, Г.В. Мозгова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – Ч. 2. –108 с.
2. Зайцев, С.А. Контрольно-измерительные приборы и инструменты : учебное пособие / С.А. Зайцев, Д.Д. Грибанов, А.Н. Толстов, Р.В. Меркулов. – М. : Издательский центр «Академия», 2006. – 464 с.
3. Раннев, Г.Г. Методы и средства измерений : учебник для вузов / Г.Г. Раннев, А.П. Тарасенко. – 3-е изд., стер. Издательский центр «Академия», 2006. – 336 с.
4. Харт, Х. Введение в измерительную технику / Х. Харт ; пер. с нем. – М.: Мир, 1999. – 391 с.
5. Ключев, В.В. Неразрушающий контроль и диагностика: справочник / под ред. В.В. Ключева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2005. – 656 с.
6. Эткин, Л.Г. Виброчастотные датчики. Теория и практика / Л.Г. Эткин. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 408 с.
7. Болтон, У. Карманный справочник инженера метролога / У. Болтон. – М. : Издательский дом «Додэка-XXI», 2002. – 384 с.].