

	Тема 1.1. Элементы автоматики
1	Общие параметры элементов автоматики
2	Назначение и классификация датчиков
3	Электромагнитные реле постоянного тока (нейтральные и поляризованные)
4	Особенности реле переменного тока
5	Безъякорные реле на герконах
6	Бесконтактные переключающие устройства на транзисторах и тиристорах, их преимущества
7	Сравнивающие устройства
8	Усилители
9	Исполнительные элементы.
10	Понятие цифровых узлов

1. Общие параметры элементов автоматики

Системы автоматике состоят из ряда связанных между собой элементов, выполняющих определенные функции и обеспечивающих в комплексе весь процесс управления: получение первичной информации, усиление сигналов информации и преобразование их в управляющие сигналы, воздействие на исполнительные механизмы.

В соответствии с выполняемыми функциями все элементы, составляющие автоматические системы, подразделяются на три самостоятельные группы:

1. измерительную, представляющую собой различного типа датчики, информирующие о достижении определенного значения контролируемого параметра;

2. преобразовательную, служащую для усиления информационного сигнала и преобразования его в другой, удобный для управления;

3. исполнительную, включающую в себя комплекс механизмов, непосредственно осуществляющих управление.

Все элементы любой группы имеют вход и выход.

На вход поступает информация, форма которой преобразуется в другую, необходимую для дальнейшего движения и воздействия. Входная величина элемента обозначается X , а выходная — Y .

Входной величиной элемента могут быть мгновенные значения физических величин (скорости, ускорения, давления, температуры, перемещения, освещенности, тока, напряжения и т.д.), амплитудные значения синусоидальных или импульсных электрических величин (тока или напряжения),

Выходной величиной может быть электрический сигнал, отличающийся по величине и характеру. Входную величину обычно называют входным сигналом, а выходную — выходным сигналом.

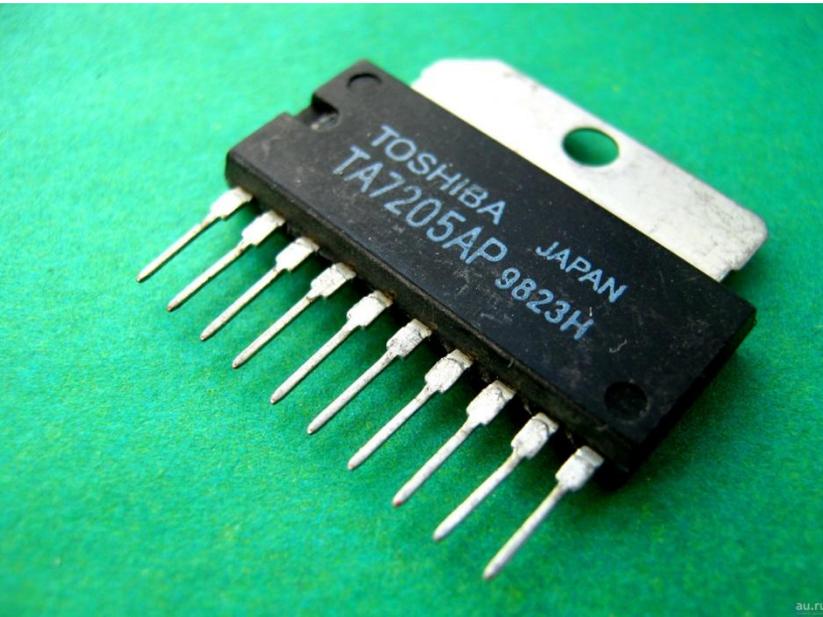
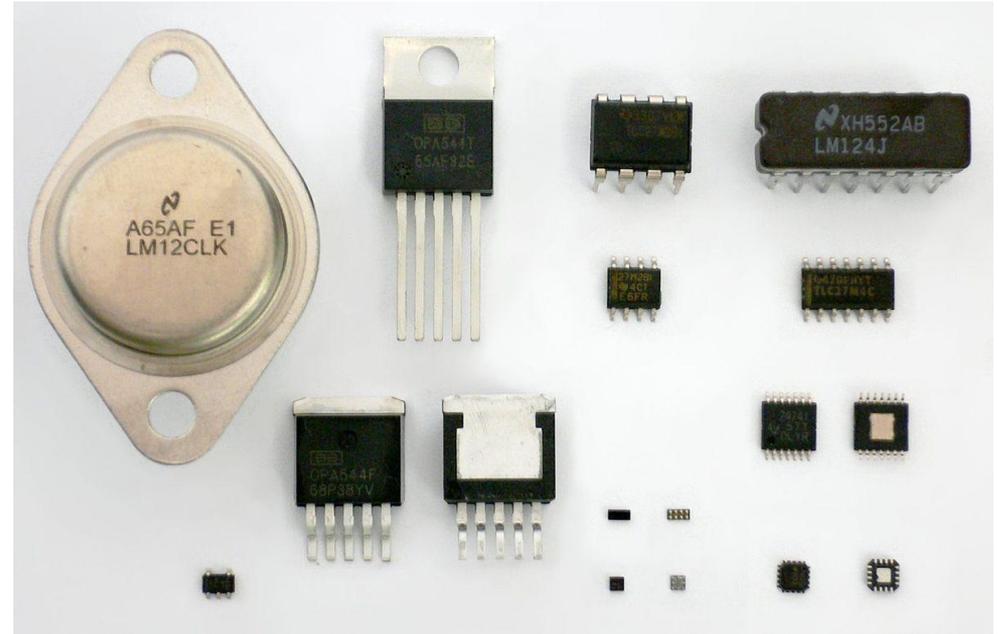
К основным, получившим наибольшее распространение, элементам автоматики следует отнести в первую очередь: 1.датчики, 2.усилители, 3.стабилизаторы, 4.реле, 5.распределители, 6.двигатели, 7.исполнительные механизмы, 8.регулирующие органы, 9.логические элементы 10.функциональные элементы.

1. Датчиком называется устройство, преобразующее контролируемую или управляемую величину в выходной сигнал, удобный для передачи и дальнейшей обработки. Выходной сигнал электрического датчика может представлять собой электрическую величину (ток, электродвижущая сила) или параметр электрической цепи (активное, индуктивное сопротивление).



2. **Усилитель** — это устройство, которое, не изменяя физической природы входного сигнала, производит лишь усиление, то есть увеличение его до требуемых

3



3. Стабилизатором называется устройство, которое автоматически поддерживает постоянным значение выходной величины u независимо от изменений в определенных пределах входной величины x .

4.Реле представляет собой устройство, в котором при достижении определенного значения входной величины x выходная величина u изменяется скачкообразно и до некоторого постоянного значения.

5.Распределитель — это коммутационное устройство, которое последовательно во времени и в заданном порядке подключает одну электрическую цепь к ряду других цепей (или наоборот). Распределители применяются в основном в устройствах шифрации и дешифрации различных команд управления и сигналов информации при передаче их на расстояние

6.Двигателем называется устройство, в котором энергия того или иного вида преобразуется в механическую.

8.Регулирующий орган— это устройство, осуществляющее непосредственное управляющее воздействие на объект управления. В качестве регулирующих органов используются различные вентили, золотники, дроссели, реостаты, заслонки, дозаторы и т. д.

7.Исполнительный механизм — сервомотор, серводвигатель, сервопривод — объединяет двигатель, регулирующий орган и вспомогательные элементы.

Логическими и функциональными элементами называются устройства, осуществляющие определенные логические операции и функциональные зависимости между входными и выходными величинами. Эти элементы обычно используют в схемах вычислительных машин, а также применяют в дискретных схемах автоматического контроля, защиты и управления.

2. Назначение и классификация датчиков

В системах автоматики датчик предназначен для преобразования контролируемой или регулируемой величины (параметра контролируемого объекта) в выходной сигнал, более удобный для дальнейшего движения информации, поэтому датчик нередко называют преобразователем (этот термин является общим, так как любой элемент автоматики и телемеханики, имея свой вход и выход, является в той или иной мере преобразователем).

Исключительное многообразие датчиков, применяемых в современной автоматике, вызывает необходимость их классификации. Датчики как элементы автоматики могут быть построены на различной физической и конструктивной основе, поэтому основными их признаками являются функциональная зависимость и принцип формирования элемента.

В настоящее время известны следующие типы датчиков, которые наиболее целесообразно классифицировать по входной величине, практически соответствующей принципу действия:

1. механический — входной величиной является перемещение твердого тела;
2. электрический — входной является электрическая величина (ток, напряжение, частота тока, мощность);
3. акустический — входными величинами являются работа звука, скорость звука в веществе и т.д.;
4. оптический — входными величинами являются яркость, освещенность, световой поток, частота волны света, энергия;
5. радиоактивный — входными величинами являются поток радиации, интенсивность радиации, энергия радиации и т.д.

В зависимости от выходного параметра первичные измерительные преобразователи разделяют на параметрические и генераторные.

Их классифицируют также по физической природе явлений, лежащих в основе их работы, по принципу действия и др.

Выходной величиной в параметрических преобразователях является параметр электрической цепи – электрическое сопротивление или его составляющие (R , L , C). Для использования параметрического преобразователя необходим дополнительный источник питания, обеспечивающий образование выходного сигнала преобразователя.

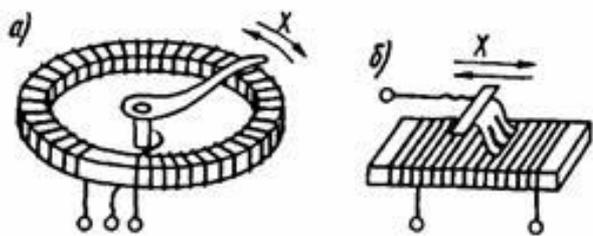


Рисунок 1.1 – Реостатные преобразователи для угловых и линейных перемещений

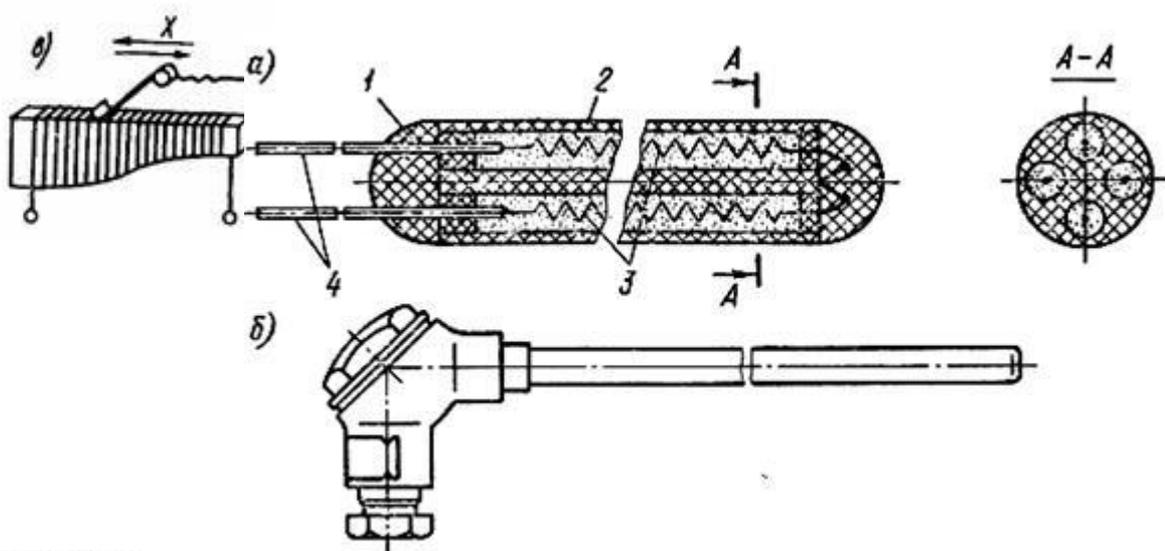


Рисунок 1.3 – Устройство и внешний вид арматуры платинового термометра сопротивления

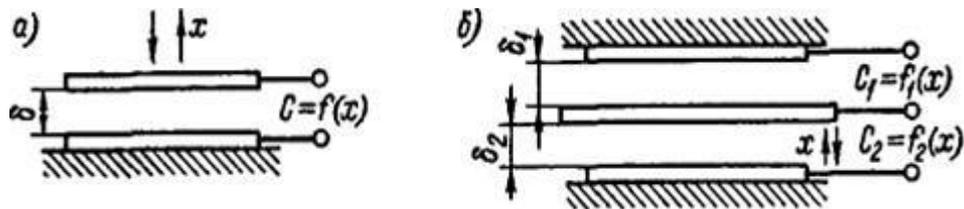


Рисунок 1.5 – Различные конструкции емкостных преобразователей

Генераторные датчики – это такие преобразователи, которые при изменении контролируемого или регулируемого измеряемого сигнала генерируют на выходе напряжение или ток.

Типы этих датчиков называются так же, как и явления, на которых они основаны:

- **Пьезоэлектрические** - пьезоэлектрический эффект.
- **Термоэлектрические** - термоэлектрический эффект.
- **Индукционные** - электромагнитная индукция.
- **Фотоэлектрические** – фотоэффект.
- **Гальванические** - химический источник электрического тока, основанный на взаимодействии двух металлов и/или их оксидов в электролите, приводящем к возникновению в замкнутой цепи электрического тока.

ПРИНЦИП РАБОТЫ ДАТЧИКА

В простейшем случае датчик осуществляет только одно преобразование $Y = f(X)$, например силы в перемещение (в пружине) или температуры в электродвижущую силу (в термоэлементе) и т. п.

Такие датчики называются датчиками с непосредственным преобразованием.

Однако в ряде случаев не удастся непосредственно оказать воздействие входной величины X на необходимую выходную величину Y (если такая связь неудобна или она не дает желаемых качеств).

В этом случае осуществляют последовательные преобразования: входной величиной X воздействуют на промежуточную Z , а величиной Z — на необходимую выходную величину Y :

Датчики, имеющие такие зависимости, называются датчиками с последовательным преобразованием. Входная часть таких датчиков называется воспринимающим органом, выходная — исполнительным органом. Все остальные части называются промежуточными органами.

В датчике с двумя преобразованиями промежуточные органы отсутствуют, в нем имеются только воспринимающий и исполнительный органы. Нередко один и тот же конструктивный элемент выполняет функции нескольких органов.

Например, упругая мембрана выполняет функцию воспринимающего органа (преобразование давления в силу) и функцию исполнительного органа (преобразование силы в перемещение).

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

Датчики, у которых хотя бы одна из величин (входная или выходная) — электрическая, называются *электрическими*.

Статическая характеристика — функциональная зависимость между входной X и выходной Y величинами датчика в установившемся режиме. Она может быть линейной или нелинейной и представляться аналитически (уравнением) в виде графика или таблично.

Чувствительность датчиков — отношение выходной величины к входной в соответствующих единицах.

Например, для реостатного датчика единицей измерения чувствительности является [Ом/мм]; для термопары — [мВ/К]; для фотоэлемента — [мкА/лм] и т. д.

Порог чувствительности — минимальное значение входного сигнала X , вызывающего появление регистрируемого выходного сигнала Y .

Динамическая характеристика определяет скорость отклика датчика на изменение контролируемого параметра. По динамическим характеристикам большинство датчиков относится к усилительным, апериодическим или колебательным звеньям.

Погрешности датчиков подразделяются на основные и дополнительные.

Основная погрешность — максимальная разность между измеренным значением выходного сигнала и его истинным значением, определяемым по идеальной статической характеристике.

Электрические датчики наиболее распространены как в автоматике, так и в телемеханике. Большинство электрических датчиков обладает универсальностью; они используются практически во всех отраслях современной техники и их можно применять для решения различных технических задач.

Электрические датчики подразделяются на генераторные и параметрические.

В генераторных датчиках осуществляется преобразование измеряемого параметра непосредственно в электрический сигнал.

В параметрических датчиках измеряемая величина преобразуется в параметр электрической цепи: сопротивление, индуктивность, емкость и т. п.

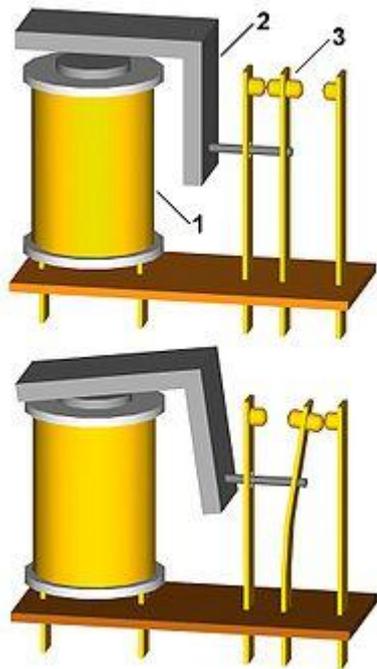
3. Электромагнитные реле постоянного тока (нейтральные и поляризованные)

Реле — электрическое или электронное устройство (ключ), предназначенное для замыкания или размыкания электрической цепи при заданных изменениях электрических или неэлектрических входных воздействий.

Обычно под этим термином подразумевается электромагнитное реле — электромеханическое устройство, замыкающее и/или размыкающее механические электрические контакты при подаче в обмотку реле электрического тока, порождающего магнитное поле, которое вызывает перемещения ферромагнитного якоря реле, связанного механически с контактами и последующее перемещение контактов коммутирует внешнюю электрическую цепь.

Основные части электромагнитного реле: электромагнит, якорь и переключатель.

Электромагнит представляет собой электрический провод, намотанный на катушку с ярмом из ферромагнитного магнитомягкого материала. Якорь это обычно пластина из магнитного материала, через толкатели воздействующая на контакты.



Принцип действия реле, сверху — нормальное (обесточенное) состояние реле, снизу — включённое состояние реле.

1 — электромагнит (обмотка с ферромагнитным сердечником); 2 — подвижный якорь; 3 — контактная система (переключатель).

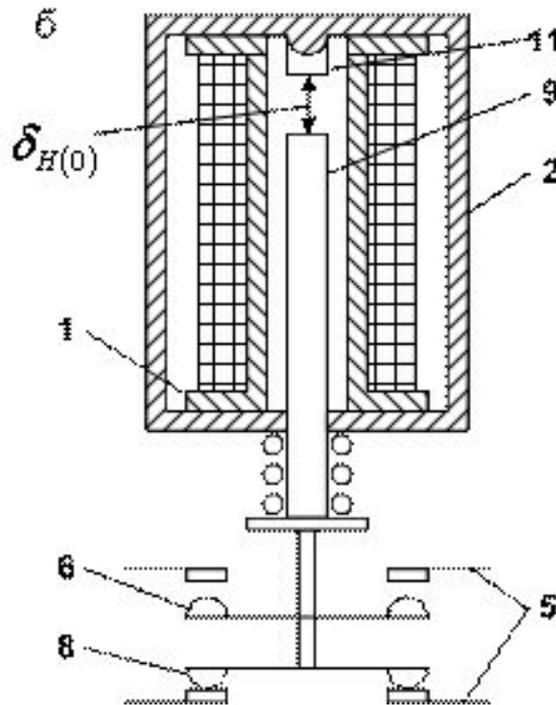
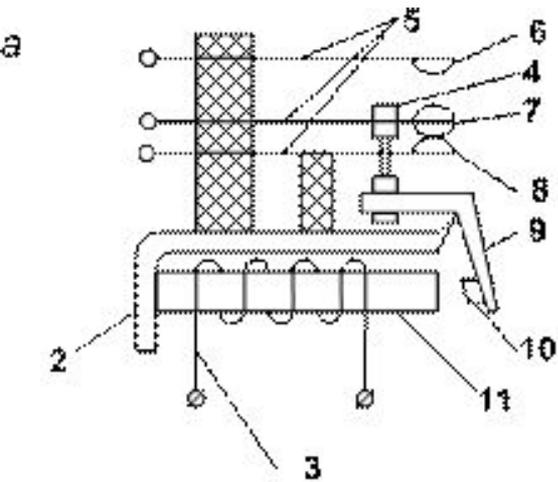
Реле постоянного тока подразделяются:
на нейтральные;
поляризованные.

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.

реле с угловым перемещением якоря (а) и с втягивающим якорем (б)



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

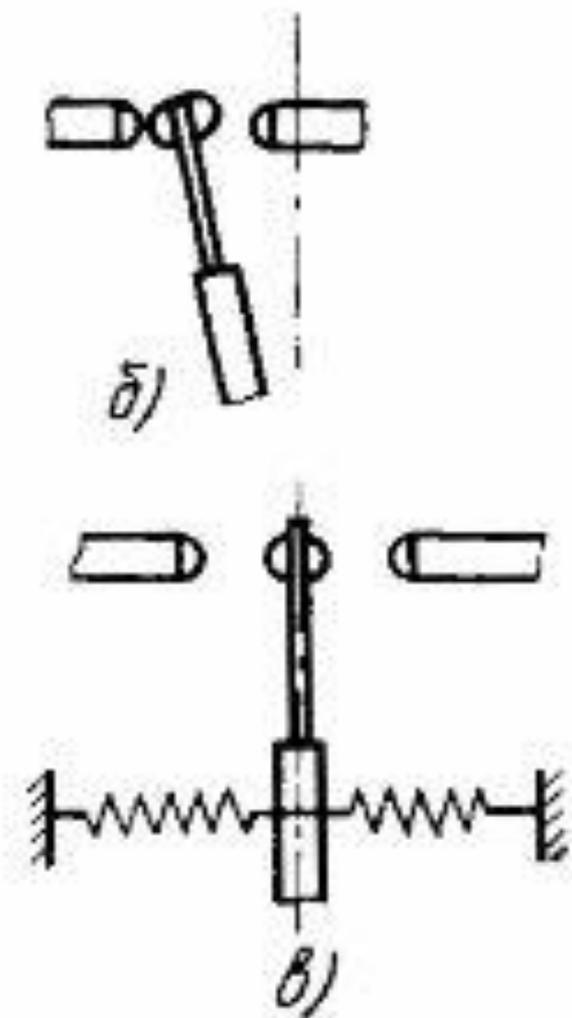
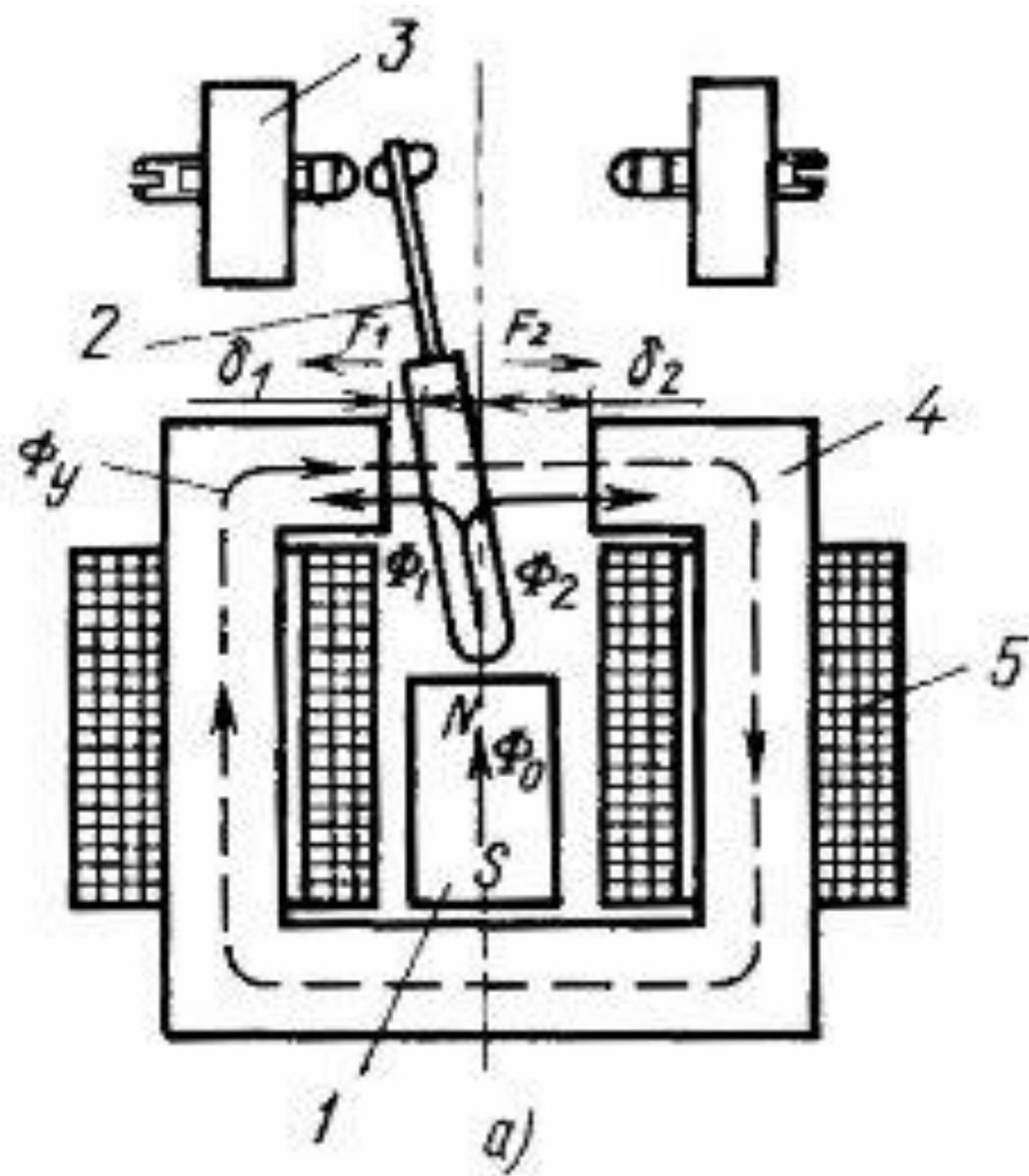
В отличие от нейтральных электромагнитных реле, у поляризованного реле направление электромагнитного усилия зависит от полярности сигнала постоянного тока в обмотке.

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.



Магнитная цепь поляризованного реле дифференциального типа (рис. 1, а) имеет постоянный магнит 1. Поляризуемый магнитный поток Φ_0 проходит по якорю 2, разветвляется на два потока Φ_1 и Φ_2 в воздушных зазорах δ_1 и δ_2 и замыкается по сердечнику 4. Для увеличения быстродействия реле сердечник собран из листовой электротехнической стали.

Якорь также собран из двух пластинок электротехнической стали и подвешен на стальной пружинке. Поток управления Φ_u создается двумя намагничивающими обмотками 5, расположенными на сердечнике.

Контактная система 3 реле имеет один переключающий контакт. Положение неподвижных контактов можно регулировать, изменяя настройку

Если в обмотках ток отсутствует, то под действием силы притяжения, созданной потоком Φ_0 , якорь может находиться в одном из крайних положений, например в левом, как показано на рис. 1, а.

Потоки Φ_1 и Φ_2 обратно пропорциональны величине воздушных зазоров δ_1 и δ_2 между якорем и соответствующим полюсом сердечника. В среднем нейтральном положении потоки Φ_1 и Φ_2 одинаковы, и силы притяжения якоря к обоим полюсам сердечника равны: $F_1=F_2$.

Однако это промежуточное положение сердечника неустойчиво. При смещении якоря влево поток Φ_1 усиливается, а поток Φ_2 ослабевает и происходит соответствующее перераспределение силы притяжения между полюсами: $F_1>F_2$.

Действие тока управления зависит от его полярности. Для переключения реле необходим ток, который создает в зазоре магнитный поток Φ_u , совпадающий по направлению с потоком Φ_2 . Ток обратной полярности усилит поток Φ_1 и приведет только к увеличению контактного нажатия.

Для срабатывания реле поток Φ_u должен превысить максимальное значение потока Φ_1 при минимальном значении зазора δ .

По мере движения якоря вправо зазор δ 1 увеличивается, поток Φ_1 и его противодействующее влияние уменьшаются. В среднем положении наступает динамическое равновесие, после чего возросший поток Φ_2 создает дополнительную силу, ускоряющую якорь. Это повышает быстродействие поляризованных реле. Для возврата контактной системы в начальное положение необходимо опять изменить полярность тока в управляющей обмотке.

Поляризованное реле, имеющее такую настройку, называется двухпозиционным. Оно переключается под действием разнополярных импульсов, причем после прекращения действия управляющего импульса контактная система реле не возвращается в исходное состояние.

В двухпозиционных поляризованных реле с преобладанием один из неподвижных контактов выдвинут за нейтральную линию (рис. 1, б). Такое реле реагирует на управляющие импульсы только определенной полярности и возвращается в исходное положение, когда управляющий импульс снят.

К числу достоинств поляризованных реле относятся:

1. высокая чувствительность, которая характеризуется мощностью срабатывания и составляет 10-5 Вт;
2. большой коэффициент управления;
3. малое время срабатывания (единицы миллисекунд).

К недостаткам по сравнению с нейтральными электромагнитными реле относятся:

1. сложность конструкции;
2. большие габариты, вес и стоимость.

4. Особенности реле переменного тока

Электромагнитное реле состоит минимум из трех (главных) частей: неподвижного электромагнита, подвижного якоря и переключателя.

Электромагнит, по сути, - катушка, намотанная медным проводом на ферромагнитный сердечник.

В роли якоря обычно выступает пластина, изготовленная из магнитного металла, которая и призвана воздействовать на коммутирующие контакты или на группу таких контактов, собственно и формирующих переключатель реле.

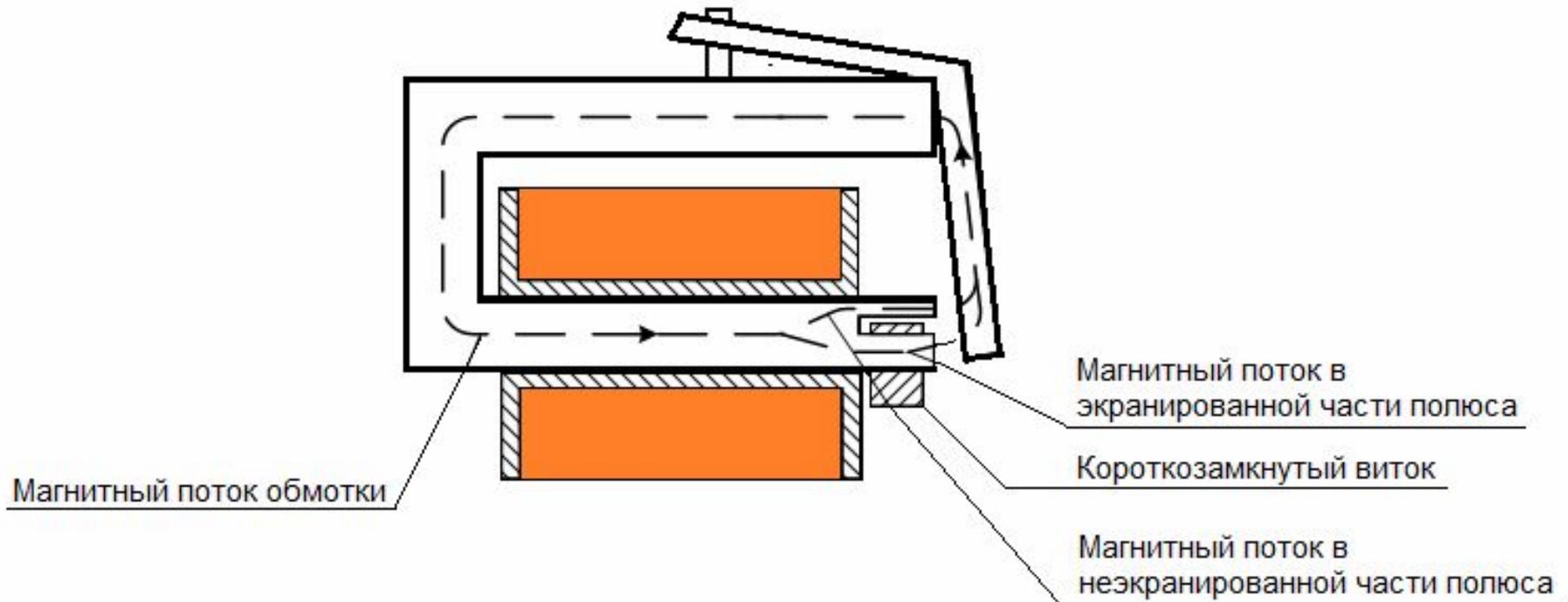
Электромагнитное реле переменного тока

В некоторых случаях бывает так, что источником энергии для питания обмотки реле может выступать только переменный ток.

В отличие от реле постоянного тока, реле переменного тока тех же размеров и при аналогичном среднем значении магнитной индукции в его сердечнике, обеспечивает вдвое меньшее магнитное усилие на якорь, чем в реле постоянного тока.

Суть в том, что электромагнитное усилие, в случае переменного тока, если подать его на обмотку обычного реле, носило бы ярко выраженный пульсирующий характер, и обращалось бы в ноль два раза за период колебаний питающего переменного напряжения.

Значит якорь испытывал бы вибрацию. Но так получилось бы в том случае, если не применять дополнительные меры. И дополнительные меры применяются, как раз и формируя различия в конструкциях реле переменного и постоянного тока.



Реле переменного тока устроено и работает следующим образом. Переменный магнитный поток основной обмотки, проходя через часть сердечника с прорезью, разделяется на две части. Одна часть магнитного потока проходит через экранированную часть разделенного полюса (через ту, на которой установлен короткозамкнутый проводящий виток), тогда как другая часть магнитного потока направляется через неэкранированную часть разделенного полюса.

Поскольку в короткозамкнутом витке наводится ЭДС и соответственно ток, то магнитный поток данного витка (наведенного в нем тока) противодействует вызывающему его магнитному потоку, что приводит к тому, что магнитный поток в части сердечника с витком отстает по фазе от потока

В результате суммарное тяговое усилие на якорь никогда не обращается в ноль, поскольку оба потока проходят через ноль в разные моменты времени, и в якоре не возникает сколь-нибудь значимой вибрации. Формируемое таким образом результирующее усилие на якорь оказывается в состоянии произвести коммутирующее действие.

Параметры:

- **Мощность срабатывания ($P_{ср}$ – измеряется в Ваттах)** – ток минимальной мощности, который должен подаваться на реле для его нормальной активации. Номинально этот параметр подбирается согласно общим конструктивным и электрическим параметрам реле.
- **Мощность управления ($P_{упр}$ – измеряется в Ваттах)** – максимальная мощность тока, которую способно передать реле в коммутируемой сети. Данное значение определяется параметрами рабочих контактов реле.

• **Время срабатывания ($T_{ср}$ – измеряется в секундах)** – разница во времени от момента поступления сигнала на управляющий контакт до смыкания или размыкания контактов.

• **Допустимая разрывная мощность (P_r – измеряется в Ваттах)** – этот параметр можно встретить в сильноточных реле. Он обозначает мощность при определенном токе, которая при разрыве не позволит создать устойчивую электрическую дугу.

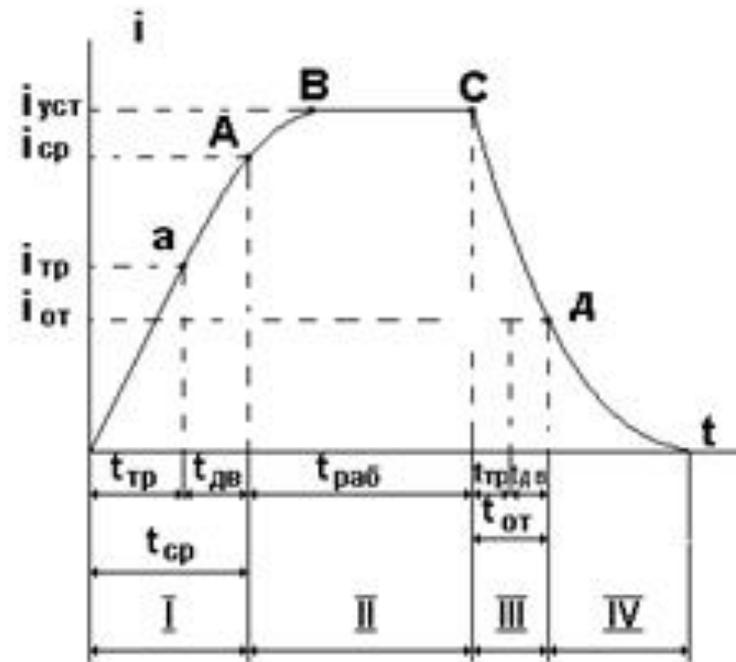


Диаграмма работы реле во времени

Для управляющей цепи и самого реле характерна некоторая инертность, из-за чего входной ток на реле растёт и убывает не мгновенно, а изменяется в некоторых пределах в течение времени, что прекрасно видно на показанной выше схеме, из которой так же понятно, что рабочий цикл состоит из трех этапов:

Срабатывание;

Работа;

Срабатывание – имеет два таких интервала: время трогания ($t_{тр}$) и время на движение якоря ($t_{дв}$). То есть $T_{ср} = t_{тр} + t_{дв}$ – все просто.

Работа – также два участка, которые обозначены на временной линии отрезками АВ и ВС. На первом этапе ток продолжает еще какое-то время расти, пока не будет достигнуто установленное значение, что позволяет обеспечить надежное притяжение между якорем и сердечником, препятствующим вибрации якоря. На втором участке никаких изменений величины тока не происходит.

Возврат – аналогично, 2 участка. На первом происходит отпускание реле, а на втором – возврат в исходное состояние. На протяжении всего периода сила тока падает.

Помимо перечисленного, у реле разных типов в ходу следующие параметры:

Коэффициент возврата (K_b) – отношение отпускающего тока к срабатывающему. Обычно данное значение варьируется от 0,4 до 0,8. Рассчитывается по формуле: $I_{от}/I_{ср} < 1$.

Коэффициент запаса ($K_{зап}$) – это отношение тока установившегося ($I_{уст}$), то есть максимального к току срабатывания. Это значение показывает, насколько надежен выбранный прибор.

Последний параметр называется коэффициентом управления ($K_{упр}$) и представлен отношением мощности управления к мощности срабатывания. То есть если реле используется как усилитель, то мы видим коэффициент этого усиления.

5. Безъякорные реле на герконах

Безъякорные реле

Главные недостатки электромагнитных контактных реле, из-за которых бесконтактная техника отодвинула их на задний план, сосредоточены в контактной системе и движущихся частях.

Контактная система часто выходит из строя из-за подгарания контактов (искрение – опасность применения во взрывоопасных помещениях).

Движущиеся части создают сложности в изготовлении: удорожание конструкции, низкую надежность, малый срок службы и большую инерционность.

Габариты и вес реле неизмеримо выше бесконтактных, выполненных на микромодулях и особенно на интегральных схемах.

Однако в последнее время новый отряд контактных элементов, занимающих промежуточное положение (по достоинствам, а не по принципу действия) между обычными реле и бесконтактными, нашел широкое применение в устройствах автоматики. К ним относятся реле с герметизированными магнитоуправляемыми контактами (МК) или герконы (герметизированные контакты), иначе их называют безъякорные реле.

В общем случае безъякорные реле представляют собой стеклянную ампулу, пространство которой заполнено инертным газом для улучшения условий коммутации (инертный газ не поддерживает горения дуги). Внутри ампулы помещают электроды из пружинящего материала с большой магнитной проницаемостью. Концы электродов покрыты тонким слоем золота или родия .

Поверх ампулы размещается обмотка, по которой пропускается необходимый ток для создания магнитного поля вдоль герметизированных контактов. При достижении магнитным полем достаточной величины надежности H контакты замыкаются.

Магнитное поле может быть образовано и с помощью постоянных магнитов, а также с помощью близлежащих токопроводящих шин (обычно с большими значениями токов). Частота переключений герконов достигает $f = 400$ Гц.

Безъякорные реле, благодаря своим малым габаритам и простоте устройства, успешно конкурируют с полупроводниковыми элементами, особенно, где требуется гальваническая развязка.



Достоинства герконовых реле:

- полная герметизация контакта;
- простота конструкции, малая масса и габариты;
- высокое быстродействие, что позволяет использовать герконовые реле при высокой частоте коммутаций;
- высокая электрическая прочность межконтактного промежутка;
- гальваническая развязка коммутируемых цепей и цепей управления герконовых реле;
- расширенные функциональные области применения герконовых реле;
- надежная работа в диапазоне температур ($-60...+120^{\circ}\text{C}$).

Недостатки герконовых реле:

- низкая чувствительность у МДС (магнитная движущая сила) управления герконовых реле;
- восприимчивость к внешним магнитным полям, что требует специальных мер по защите от внешних воздействий;
- хрупкий баллон герконовых реле, чувствительный к ударам;
- малая мощность коммутируемых цепей у герконов;
- возможность самопроизвольного размыкания контактов герконовых реле при больших токах.

6. Бесконтактные переключающие устройства на транзисторах и тиристорах, их преимущества

В силовых цепях для отключения тока применяют устройства на основе тиристоров. Тиристор – управляемый полупроводниковый прибор, состоящий из четырехслойного кристалла кремния со структурой *p-n-p-n*. Внешние выводы от крайних слоев служат катодом и анодом, а вывод от одной внутренней базовой области – управляющим электродом.

Если на управляющий электрод ток не подается, то тиристор заперт (в определенных пределах воздействующих напряжений). Если на управляющий электрод подан ток, то тиристор, находящийся под анодным напряжением, переходит в состояние проводимости.

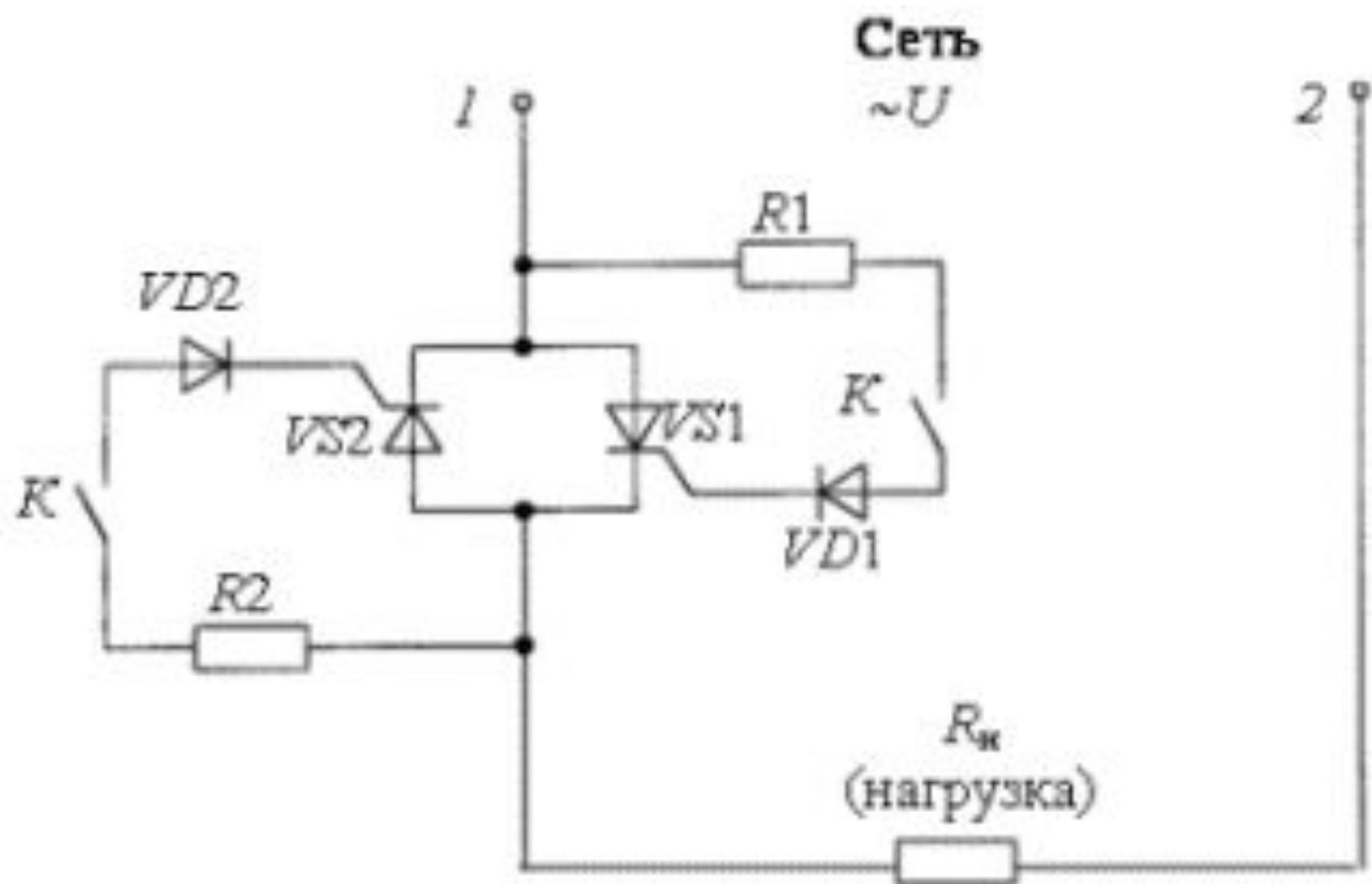
Цепь остается включенной в течение всего времени, пока подаются управляющие импульсы. При их снятии запирающие тиристоры происходят автоматически после прохождения переменного тока в силовой цепи через нуль. Следовательно, время отключения составляет полпериода, т.е. 0,01 с, что в 10-20 раз меньше, чем у традиционных выключателей.

В запертом состоянии тиристор выдерживает определенное напряжение («обратное напряжение»). Гальваническая связь отключенных частей цепи сохраняется вследствие несовершенства полупроводникового контакта, т.е. в цепи протекает ток утечки.

Этот недостаток устраняют, включая последовательно в цепь контактный аппарат, который отключает цепь в обесточенном состоянии.

Особенностью тиристоров является повышенное падение напряжения на полупроводниковом контакте, что приводит к значительному выделению мощности и, следовательно, нагреву контакта. Полупроводниковые приборы требуют интенсивного охлаждения – воздушного и водяного.

В качестве блока управления, создающего управляющие импульсы, строго синхронные с действующим переменным напряжением, могут применяться схемы с магнитными усилителями или модуляторами импульсов.



Тиристорный однополюсный контактор.

Для включения контактора и подачи напряжения на нагрузку должны замкнуться контакты К в цепи управления тиристоров VS1 и VS2.

Если в этот момент на зажиме 1 положительный потенциал (положительная полуволна синусоиды переменного тока), то на управляющий электрод тиристора VS1 будет подано через резистор R1 и диод VD1 положительное напряжение. Тиристор VS1 откроется, и через нагрузку Rн пойдет ток. При смене полярности напряжения сети откроется тиристор VS2, таким образом, нагрузка будет подключена к сети переменного тока. При отключении контактами К размыкаются цепи управляющих электродов, тиристоры закрываются и нагрузка отключается от сети

Ключ на биполярном транзисторе Простейший ключ на биполярном транзисторе показан на рис. 7.1. Резистор R_b в цепи базы служит для задания необходимого тока базы. Резистор R_k является внутренней нагрузкой ключа, а резистор R_n – его внешней нагрузкой. Величина внешней нагрузки может меняться в широких пределах. При $R_k = \infty$ ключ работает в режиме холостого хода. Предельной нагрузкой, при которой ключ еще должен сохранять свои параметры, считают величину $R_k = R_n$.

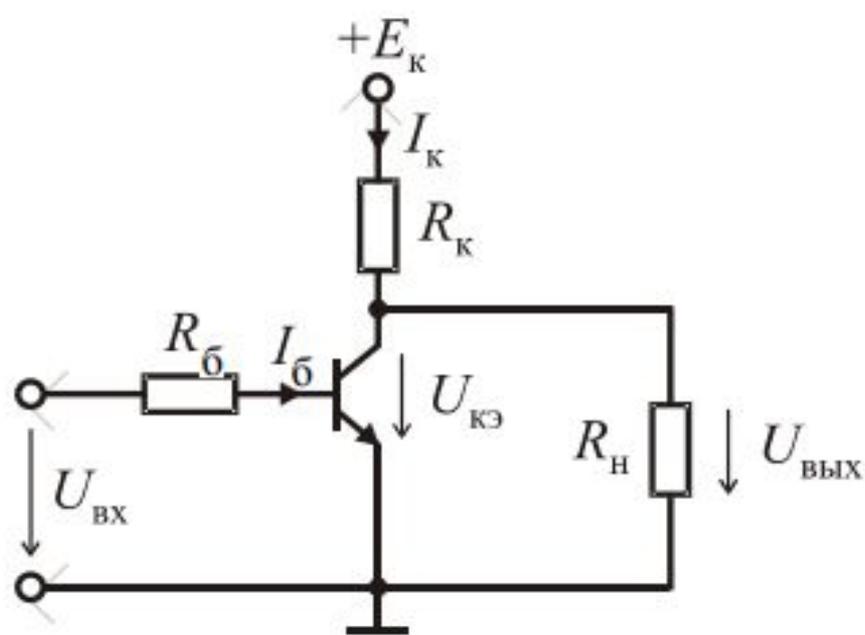


Рис. 7.1

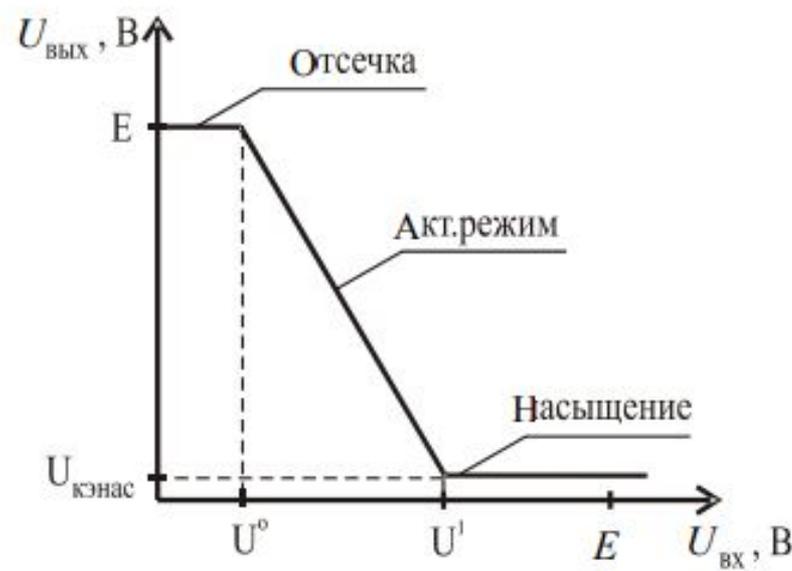


Рис. 7.2

Статический режим. В статическом режиме ключ может быть закрыт (транзистор находится в режиме отсечки) либо открыт (транзистор находится в режиме насыщения).

Ключ закрыт, когда напряжение на входе меньше напряжения логического нуля 0 . Для ключей на кремниевых биполярных транзисторах оно составляет $0.4\text{--}0.5$ В. В этом режиме $I_k = I_b \approx 0$. Сопротивление закрытого ключа составляет сотни кОм.

Если на входе действует импульс напряжения такой величины, чтобы транзистор находился в режиме насыщения то ток коллектора возрастает до наибольшего значения .

Напряжение $U_{кэ}$ в режиме насыщения составляет 0.2–0.3 В, а выходное сопротивление – несколько десятков Ом. Для насыщения транзистора необходимо, чтобы ток базы стал больше минимального значения, при котором начинается насыщение транзистора.

Основное назначение транзисторных выключателей, схемы которых предлагаются вниманию читателей, - включение и выключение нагрузки постоянного тока. Кроме этого, он может выполнять ещё дополнительные функции, например, индицировать своё состояние, автоматически отключать нагрузку при разрядке аккумуляторной батареи до предельно допустимого значения или по сигналу датчиков температуры, освещённости и др. На базе нескольких выключателей можно сделать переключатель. Коммутация тока осуществляется транзистором, а управление осуществляется одной простой кнопкой с контактом на замыкание. Каждое нажатие на кнопку изменяет состояние выключателя на противоположное.

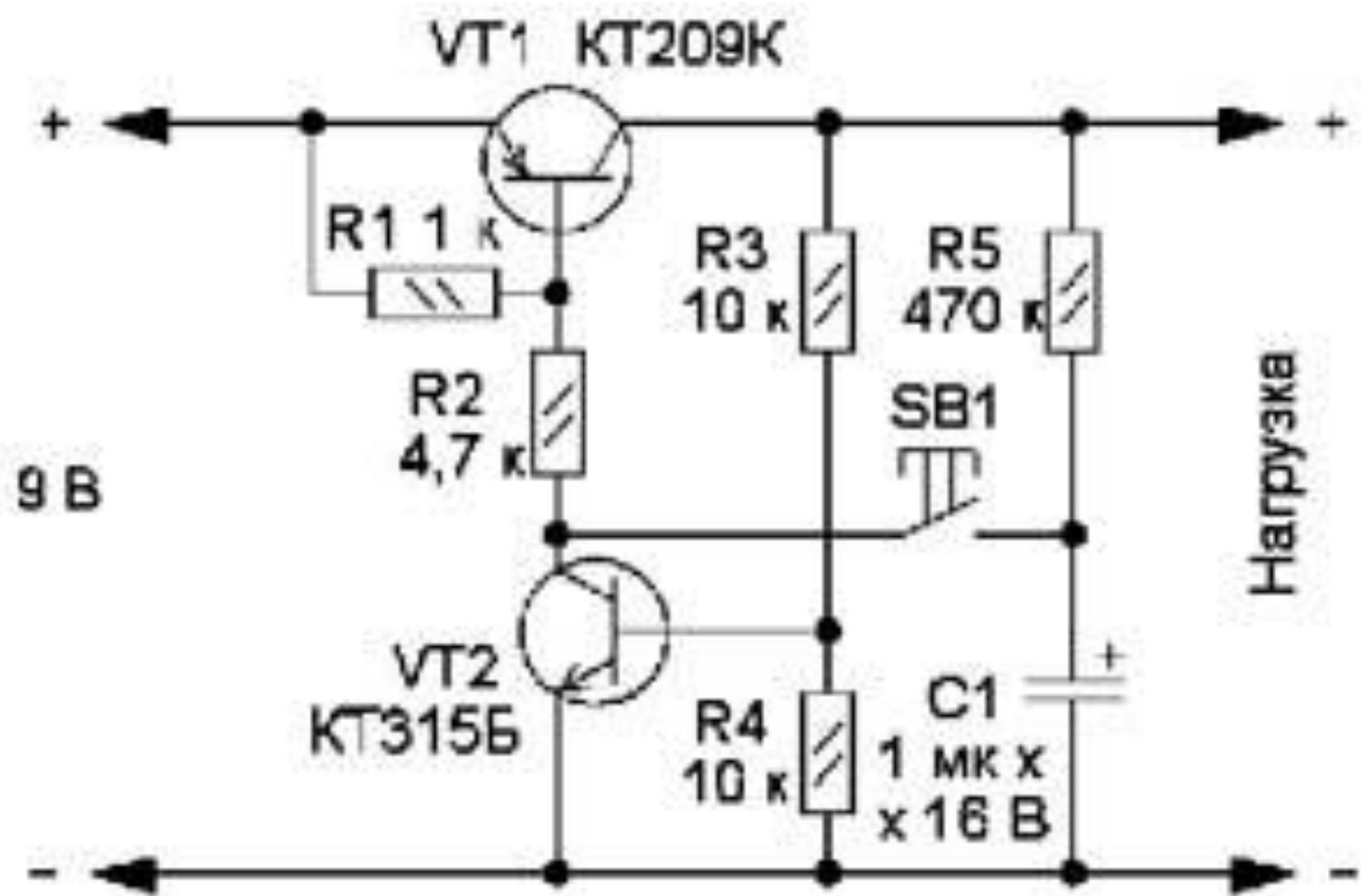


Схема выключателя показана на рис. 1. Принцип его работы основан на том, что у открытого кремниевого транзистора напряжение на переходе база-эмиттер транзистора - 0,5...0,7 В, а напряжение насыщения коллектор-эмиттер может быть 0,2...0,3 В. По сути, это устройство представляет собой триггер на транзисторах с разной структурой, управляемый одной кнопкой. После подачи питающего напряжения оба транзистора закрыты, а конденсатор С1 разряжен. При нажатии на кнопку SB1 ток зарядки конденсатора С1 открывает транзистор VT1, и следом за ним откроется транзистор VT2. При отпускании кнопки транзисторы остаются во включённом состоянии, питающее напряжение (за вычетом падения напряжения на транзисторе VT1) поступает на нагрузку и продолжится зарядка конденсатора С1. Он зарядится до напряжения, немногим большим, чем напряжение на базе этого транзистора, поскольку напряжение насыщения коллектор-эмиттер меньше напряжения база-эмиттер.

Поэтому при следующем нажатии на кнопку напряжение база-эмиттер на транзисторе VT1 будет недостаточным для поддержания его в открытом состоянии и он закроется. Следом закроется транзистор VT2, и нагрузка обесточится. Конденсатор C1 разрядится через нагрузку и резисторы R3-R5, и выключатель вернётся в исходное состояние.

Максимальный коллекторный ток транзистора VT1 I_k зависит от коэффициента передачи тока $h_{21Э}$ и базового тока $I_б$: $I_k = I_б \cdot h_{21Э}$. Для указанных на схеме номиналов и типов элементов этот ток - 100...150 мА. Чтобы выключатель работал нормально, ток, потребляемый нагрузкой, должен быть меньше этого значения.

По сравнению с контактными аппаратами бесконтактные имеют **преимущества**:

- не образуется электрическая дуга, оказывающая разрушительное воздействие на детали аппарата; время срабатывания может достигать небольших величин, поэтому они допускают большую частоту срабатываний (сотни тысяч срабатываний в час),
- не изнашиваются механически,

В то же время, у бесконтактных аппаратов есть и **недостатки**:

- они не обеспечивают гальваническую развязку в цепи и не создают видимого разрыва в ней, что важно с точки зрения техники безопасности;
- габариты, вес и стоимость на сопоставимые технические параметры выше.

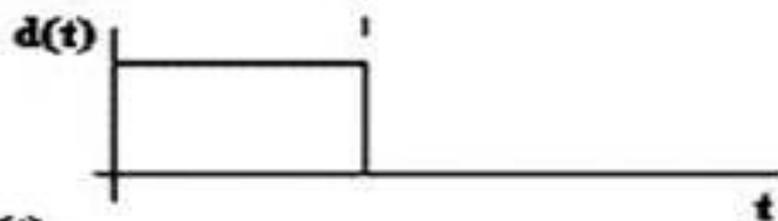
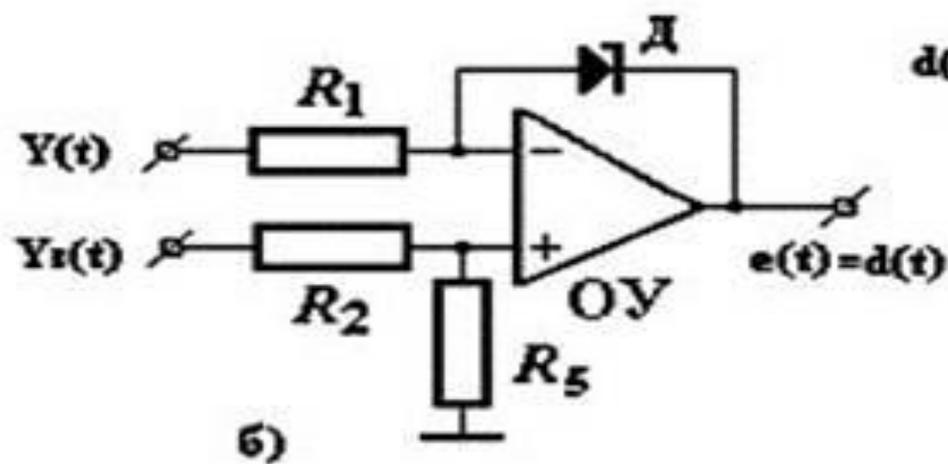
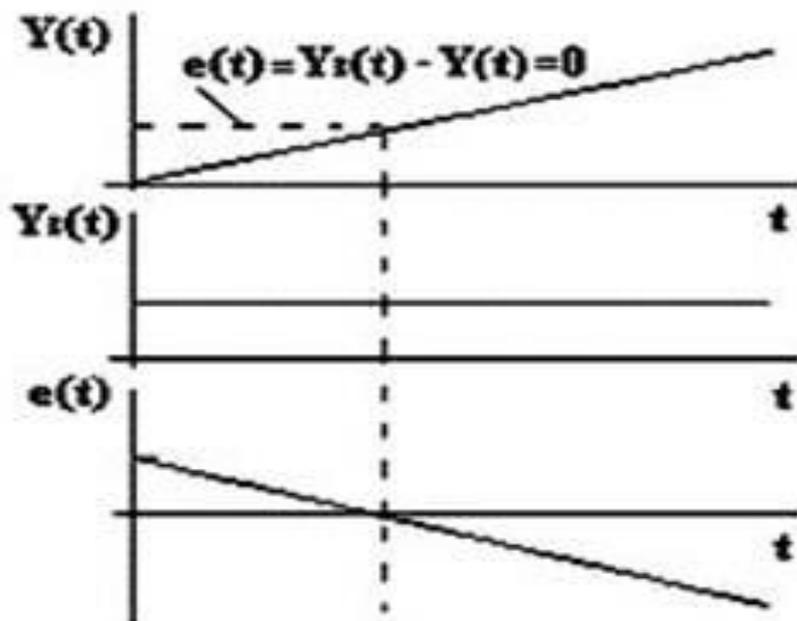
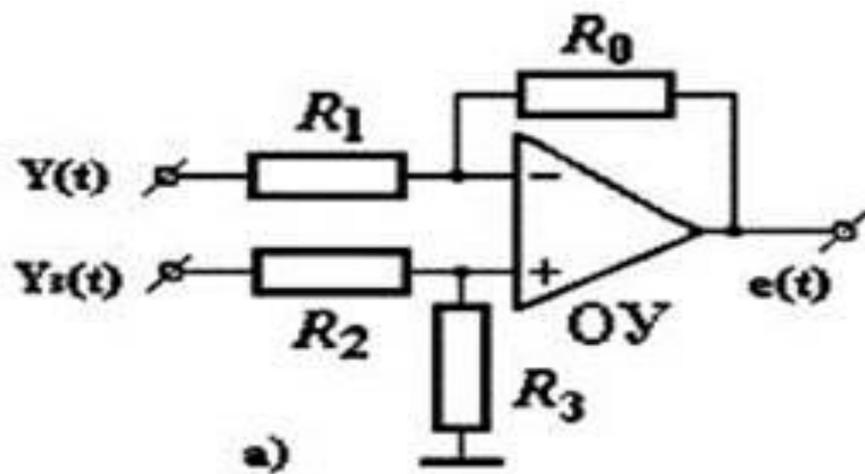
7. Сравнивающие устройства

сравнения являются неотъемлемой частью любой системы автоматического управления. К одному из входов сравнивающего устройства, как правило, подключается датчик, к другому — задающее устройство (задатчик).

В качестве задающих устройств в электрических схемах сравнения обычно используют переменные резисторы, а в отдельных случаях — многоцепные переключатели с набором резисторов, потенциометры с профильными каркасами, кулачковые механизмы и другие устройства. С развитием вычислительной техники в качестве задающего устройства стали использоваться специальные программы.

В сравнивающих устройствах управляемая величина $Y(t)$, контролируемая датчиком, сравнивается с сигналом задания $Y_3(t)$, формируемым задатчиком. На выходе сравнивающего устройства устанавливается исполнительный механизм (ИМ), который в зависимости от сигнала рассогласования e , определяемого выражением $\varepsilon(t) = Y_3(t) - Y(t)$ может находиться в состоянии равновесия (при $e = 0$) или рабочем состоянии (при $e \neq 0$). Пусковое устройство включает ИМ в целях устранения рассогласования.

рассогласование $\varepsilon(t) = Y_3(t) - Y(t)$ – отклонение управляемой величины $Y(t)$ от ее заданного значения $Y_3(t)$. Сравнивающие устройства в зависимости от вида обрабатываемого сигнала могут быть аналоговые и цифровые, а по результату сравнения – релейными (двух- и более позиционными) или иметь на выходе абсолютную разность рассогласования.



8. Усилители

В автоматике широко применяются специальные устройства – усилители, способные в десятки и сотни раз увеличивать мощность сигнала, поступающего с выхода датчика. Необходимость применения усилителя объясняется тем, что выходной сигнал датчика обычно очень слаб и недостаточен для управления исполнительными механизмами.

Основными характеристиками усилителя являются его рабочая характеристика и коэффициент усиления.

.

Рабочая характеристика усилителя представляет собой зависимость между выходной и входной величинами при установившемся режиме:

$$U_{\text{ВЫХ}} = f(U_{\text{ВХ}})$$

Коэффициентом усиления усилителя называют отношение значений величин на выходе и на входе усилителя:

$$K_{\text{ус}} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}}$$

В зависимости от средств передачи энергии усилители подразделяются на механические, гидравлические, пневматические, электрические, магнитные, электромагнитные и комбинированные.

В автоматике наибольшее распространение получили рассмотренные ниже усилители, использующие в качестве внешнего источника электрическую энергию усиливающие сигнал по напряжению или мощности либо по напряжению и мощности одновременно. При этом иногда одновременно с усилением сигнала происходит преобразование переменного тока в постоянный или наоборот.

Электронные полупроводниковые усилители. К наиболее распространенным усилителям относятся усилители на электронных лампах, полупроводниковых приборах (транзисторах) и на интегральных микросхемах. В усилителях на электронных лампах основными элементами являются трехэлектронные или более сложные электронные лампы. Бурное развитие полупроводниковой техники вызвало широкое применение усилителей на полупроводниковых приборах, которые более надежны и компактны по сравнению с электронными лампами. Для построения полупроводниковых усилителей используют полупроводниковые триоды (транзисторы).

Транзисторы – это трехэлектродные полупроводниковые приборы. Они могут быть плоскостными и точечными. Широкое применение получили плоскостные транзисторы. В простейшем виде транзистор представляет собой пластину полупроводника с тремя чередующимися областями разной электропроводности, образующими два перехода. Две крайние области обладают проводимостью одного типа, средняя – проводимостью другого типа. Если в крайних областях преобладает дырочная проводимость, а в средней – электронная, то такой прибор называют транзистором $p - n - p$ типа (рис. 8.8, а).

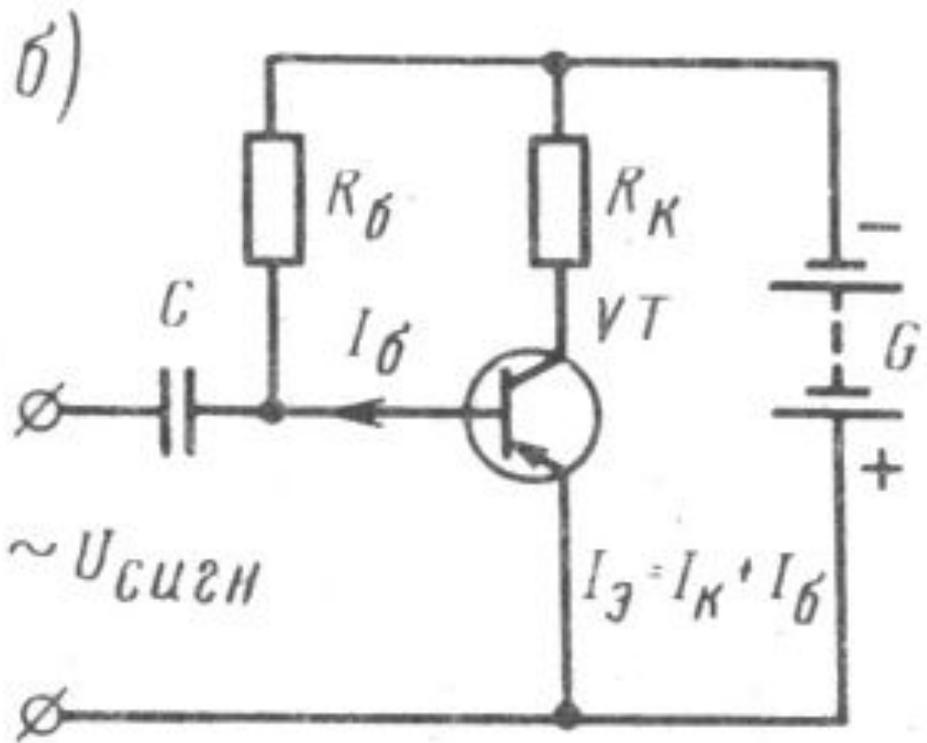
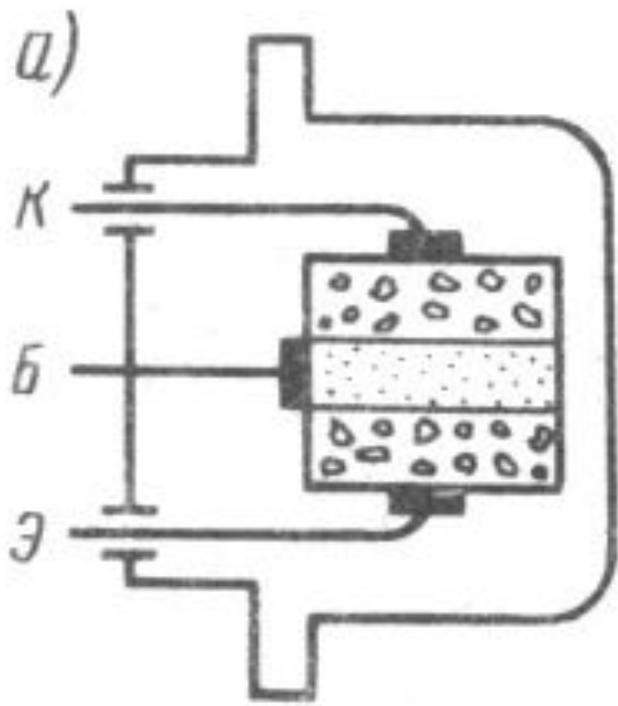


Рис. 8.8. Схема транзистора (а) и усилителя на транзисторе (б):

K – коллектор; B – база; \mathcal{E} – эмиттер

U транзистора $n-p-n$ типа, наоборот, по краям расположены области с электронной проводимостью, а между ними – область с дырочной проводимостью.

Магнитные усилители. Усилители этого вида относятся к ферромагнитным устройствам и предназначены для увеличения мощности подводимых электрических сигналов за счет энергии местного источника. С помощью магнитных усилителей можно осуществлять суммирование, дифференцирование, интегрирование и сравнение сигналов, стабилизацию напряжения и тока и т. д. В усилителях следящего привода их применяют в основном в оконечных и предоконечных каскадах мощного усиления.

Магнитные усилители обладают высоким коэффициентом полезного действия и значительными коэффициентами усиления по мощности и току. Они надежно работают как при нормальных условиях, так и при повышенной

Неотъемлемой частью любого магнитного усилителя является ферромагнитный сердечник, кривая намагничивания которого имеет нелинейный характер.

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

Магнитные усилители обладают следующими **положительными качествами**: отсутствием электрической связи между цепью нагрузки и цепями управления, а также возможностью суммирования на обмотках управления нескольких входных сигналов, не связанных электрически; простотой и надежностью конструкции; легкостью эксплуатации; постоянной готовностью к действию; отсутствием вращающихся частей и подвижных контактов; возможностью значительных перегрузок; высоким коэффициентом полезного действия. Эти достоинства обеспечили магнитным усилителям широкое распространение. Они обеспечивают плавное регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока и строгое соблюдение необходимого режима работы для основных регулируемых механизмов технологических

Электромагнитные

усилители. Электромагнитные усилители – это специальные электрические генераторы постоянного тока, мощность на выходе которых регулируется путем изменения мощности управления. Однако наряду с достоинствами (большой коэффициент усиления мощности, сравнительно малые габаритные размеры) они обладают существенными недостатками (склонность к самовозбуждению, невысокая надежность и долговечность), что создает возможность применения их в малоответственных системах автоматического регулирования. ЭМУ в настоящее время не находят применения в системах автоматики в транспортном строительстве.

9.Исполнительные элементы.

Исполнительные элементы (ИЭ) систем автоматике предназначены для создания управляющего воздействия на регулирующий орган (РО) объекта управления (ОУ). Один из вариантов классификации исполнительных элементов САУ представлен на рис. 11.

Исполнительные элементы САУ

Гидравлические и пневматические

Электрические

Электродвигатели

Электромагниты

Электромуфты

Постоянного
тока

Переменного
тока

Постоянного
тока

Переменного
тока

Фрикционные

Порошковые

Скольжение

В зависимости от управляющего воздействия на выходе ИЭ делятся на два вида: силовые и параметрические. Если для изменения положения РО необходима сила или момент от исполнительного элемента, то такие ИЭ называют *силовые*. К ним можно отнести электромагниты, электромуфты и различные виды электродвигателей. Устройство, содержащее двигатель, редуктор и элементы управления двигателем, называют силовым приводом, или просто приводом.

Еще одним вариантом ИЭ является следящий привод, который воспроизводит на выходе заданное перемещение, но с большим механическим усилием. Они чаще всего применяют в станках и манипуляторах с числовым программным управлением (ЧПУ).

Особенно часто в качестве параметрических ИЭ используются электромагнитные реле, контакторы, тиристорные и транзисторные реле.

Силовые ИЭ от характера движения можно разделить на три вида: линейные, угловые и вращательные.

Основными требованиями, которым должны удовлетворять характеристики и параметры ИЭ, являются следующие:

- *максимальная сила или момент*, развиваемый ИЭ, которые должны быть больше чем необходимо для перемещения РО;
- *высокое быстродействие*;
- *максимальный КПД*;
- *статическая характеристика* должна быть близка к линейной:
- *минимальный порог чувствительности*;
- *небольшая мощность управления ИЭ*;
- *высокая надежность и долговечность*:

10. Понятие цифровых узлов

Цифровыми называются устройства, в которых обрабатываемая информация имеет вид электрических сигналов с ограниченным множеством дискретных значений.

В настоящее время в цифровых системах наибольшее распространение получили цифровые устройства, работающие с двоичным кодированием информации.

Электрические сигналы в таких системах обычно имеют вид прямоугольных импульсов, характеризующихся двумя значениями уровней, высоким и низким. Элементы, используемые для обработки цифровых сигналов, называют логическими элементами.

Различают логические элементы, работающие в положительной и отрицательной логиках. К положительной логике относятся логические элементы, работающие с цифровыми сигналами, у которых максимальный потенциальный уровень соответствует логической 1, а минимальный потенциальный уровень логическому 0. К отрицательной логике относят элементы, у которых максимальный потенциальный уровень соответствует логическому 0, а минимальный потенциальный уровень - логической 1.

Современные логические элементы и цифровые устройства выполняются на основе интегральных микросхем и обычно используют положительную логику.

Теоретической основой проектирования цифровых систем является алгебра логики или булева алгебра (по имени ее основоположника Д. Буля). В алгебре логики переменные величины и функции от них могут принимать только два значения 0 и 1 и называются логическими переменными и логическими функциями. Устройства, реализующие логические функции, называются логическими, или цифровыми.

Цифровые устройства имеют принципиальные схемотехнические отличия от аналоговых устройств, обусловленные следующими факторами: менее жесткими требованиями к точности, стабильности параметров и характеристик элементов; возможностью синтеза систем любой сложности с помощью ограниченного набора базовых логических элементов и элементов памяти; возможностью сопряжения функциональных узлов без специальных согласующих элементов (благодаря использованию гальванической связи между функциональными узлами); простотой расширения функциональных возможностей путем набора требуемых сочетаний интегральных микросхем

Различают два основных класса цифровых устройств; комбинационные и последовательностные автоматы.

В комбинационных автоматах определенному сочетанию входных сигналов (набору) соответствует определенный выходной сигнал. Они, как правило, не обладают памятью.

В последовательностных автоматах такая однозначность отсутствует. В них выходной сигнал зависит от совокупности входных сигналов как в текущий, так и в предыдущие моменты времени.

Эти автоматы обладают памятью. В комбинационных автоматах наиболее широкое применение находят такие цифровые устройства, как сумматоры, дешифраторы и преобразователи кодов. В последовательностных автоматах широко используются цифровые устройства с двумя устойчивыми состояниями — триггеры. На их основе строят регистры, счетчики, схемы памяти.

Основы алгебры логики

В алгебре логики различные логические выражения могут иметь только два значения: «истинно» или «ложно». Для обозначения истинности или ложности пользуются символами 1 и 0.

Все возможные логические функции n переменных можно образовать с помощью трех основных операций; логического отрицания (инверсии, операции НЕ), логического сложения (дизъюнкции, операции ИЛИ), логического умножения (конъюнкции, операции И).

Ниже приведены математические записи основных аксиом и законов булевой алгебры. Применение данных аксиом и законов позволяет производить упрощение логических функций. Логические функции могут иметь различные формы представления: словесное, табличное, алгебраическое, графическое.

Наиболее широко используют представление функций в виде таблиц истинности. Таблица истинности содержит все возможные наборы значений логических переменных и значения функций, соответствующих каждому из наборов.

АКСИОМЫ:

$$1+x=1$$

$$0 \cdot x=0$$

$$0+x=x$$

$$1 \cdot x=x$$

$$x+x=x$$

$$x \cdot x=x$$

$$x + \frac{a}{b} = \frac{bx+a}{b}$$

$$x \cdot \frac{a}{b} = \frac{ax}{b}$$

Законы:

$$x_1 + x_2 = x_2 + x_1$$

$$x_1 \cdot x_2 = x_2 \cdot x_1$$

$$x_1 + x_2 + x_3 = (x_2 + x_3) + x_1$$

$$x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 = (x_2 \cdot x_3) \cdot x_1$$

$$x_1 \cdot (x_2 + x_3) = (x_2 \cdot x_1) + (x_1 \cdot x_3)$$

$$x_1 + (x_2 \cdot x_3) = (x_2 + x_1) \cdot (x_1 + x_3)$$

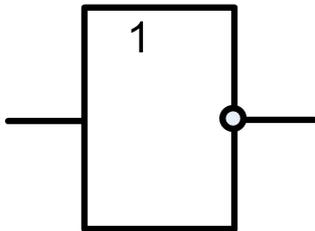
$$\frac{a}{b} + \frac{c}{d} = \frac{ad+bc}{bd}$$

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{ac}{bd}$$

Основу почти всех цифровых устройств составляют логические элементы. Среди них можно выделить три главных: НЕ, ИЛИ и И.

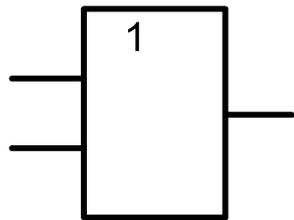
Логический элемент НЕ (инвертор)

позволяет реализовать функцию $Q = \overline{A}$ (читается: «не А»), где А — входная величина; Q — выходная величина логического элемента. Связь между входной и выходной величинами элемента НЕ представлена в таблице.



A	Q
0	1
1	0
0	1
1	0

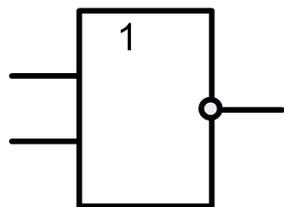
Логический элемент ИЛИ (логическое сложение) позволяет реализовать функцию логического сложения: $Q = A + B$. Связь между входными и выходной величинами этого элемента представлена в таблице.



A	B	Q
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

Часто вместо логических элементов ИЛИ используются элементы **ИЛИ - НЕ**. Они проще в производстве и выполняют операцию, противоположную операции элемента ИЛИ (т. е. в тех случаях, когда на выходе элемента ИЛИ будет единица, на выходе элемента ИЛИ — НЕ окажется нуль, и наоборот). Связь между входными и выходной величинами элемента ИЛИ — НЕ представлена в таблице

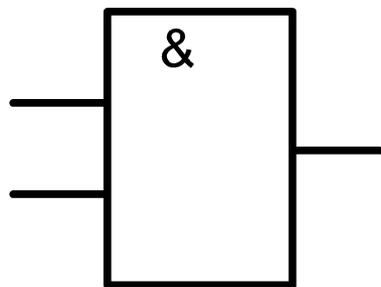
$$Q = \overline{A + B}$$



A	B	Q
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

Логический элемент И
(логическое умножение) позволяет реализовать операцию логического умножения: $Q = AB$.

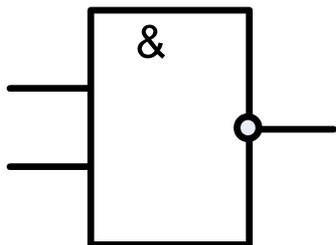
Для выполнения операции И необходимы два транзистора.



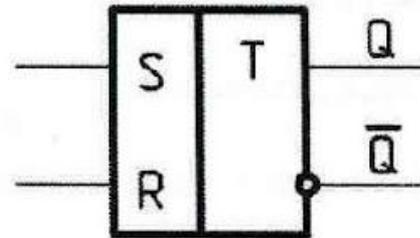
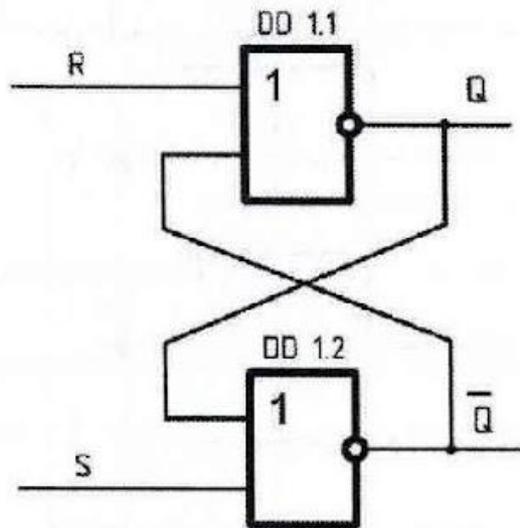
A	B	Q
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Только на одном транзисторе может быть реализован элемент И — НЕ , на выходе которого сигнал противоположен сигналу элемента И .

$$Q = \overline{AB}$$



A	B	Q
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0



Входы		Выходы		Режим работы
S	R	Q^{n+1}	\bar{Q}^{n+1}	
0	0	Q^n	\bar{Q}^n	Хранение инф.
0	1	0	1	Запись нуля
1	0	1	0	Запись единицы
1	1	0	0	Запрещенное сост.