

## 4. Модуль. Электрические аппараты управления и автоматики. 12 часов

### План

Общие сведения. Механизм электрического контакта. Электромеханические реле. Твердотельные реле. Электрические аппараты управления приёмниками электрической энергии. Электрические аппараты управления и защиты. Расцепители автоматов. Контактторы, магнитные пускатели и автоматические выключатели. Шаговые двигатели. УЗО.

# Общие сведения

*Аппараты автоматики* (реле, датчики, регуляторы и др.) коммутируют токи до 5 А при напряжениях до сотен вольт и используются в цепях автоматики.

*Аппараты управления* коммутируют токи более 5 А при напряжениях до 1 000 В в силовых цепях двигателей, генераторов, нагревательных устройств и др. Различают аппараты управления приемниками электроэнергии в нормальных режимах работы (контакты, магнитные пускатели, командоаппараты) и аппараты распределения электроэнергии и ее отключения в аварийных режимах (автоматы, предохранители, рубильники, пакетные выключатели).

# Номиналы напряжений

Электрические аппараты изготовляют на наиболее распространенные значения номинальных напряжений: в цепях синусоидального тока — 24, 36, 127, 220, 380 В; в цепях постоянного тока — 12, 24, 48, 110, 220, 440 В. Распространенные значения номинальных токов: 0,1; 0,2; 0,5; 1; 6; 10; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000 А.

Электрические аппараты в местах установки соединяют неизолированными шинами, укрепленными на изоляторах, или кабелями.

В трехфазных цепях шины должны быть окрашены в определенный цвета: фаза *A* — в желтый, фаза *B* — в зеленый и фаза *C* — в красный; нейтральные шины: при изолированной нейтрали — в белый, при заземленной нейтрали — в черный.

В цепях постоянного тока шина положительной полярности — красная, отрицательной — синяя, нейтраль — белая.

# Механизм электрического контакта

- *Контактом* называется место механического соединения токоведущих элементов электрической цепи, предназначенных для ее замыкания или размыкания. Различают контакты неподвижные (рис. 10.1, а) и подвижные. Последние разделяются на скользящие и стыковые. Типовая конструкция скользящего контакта (рис. 10.1, б) содержит подвижный контакт 1 и вилку 2. Нажатие контактов обеспечивается упругостью материала вилки и плоских пружин 3. В качестве стыковых используются мостиковые контакты (рис. 10.1, в) и др.

# Контакты

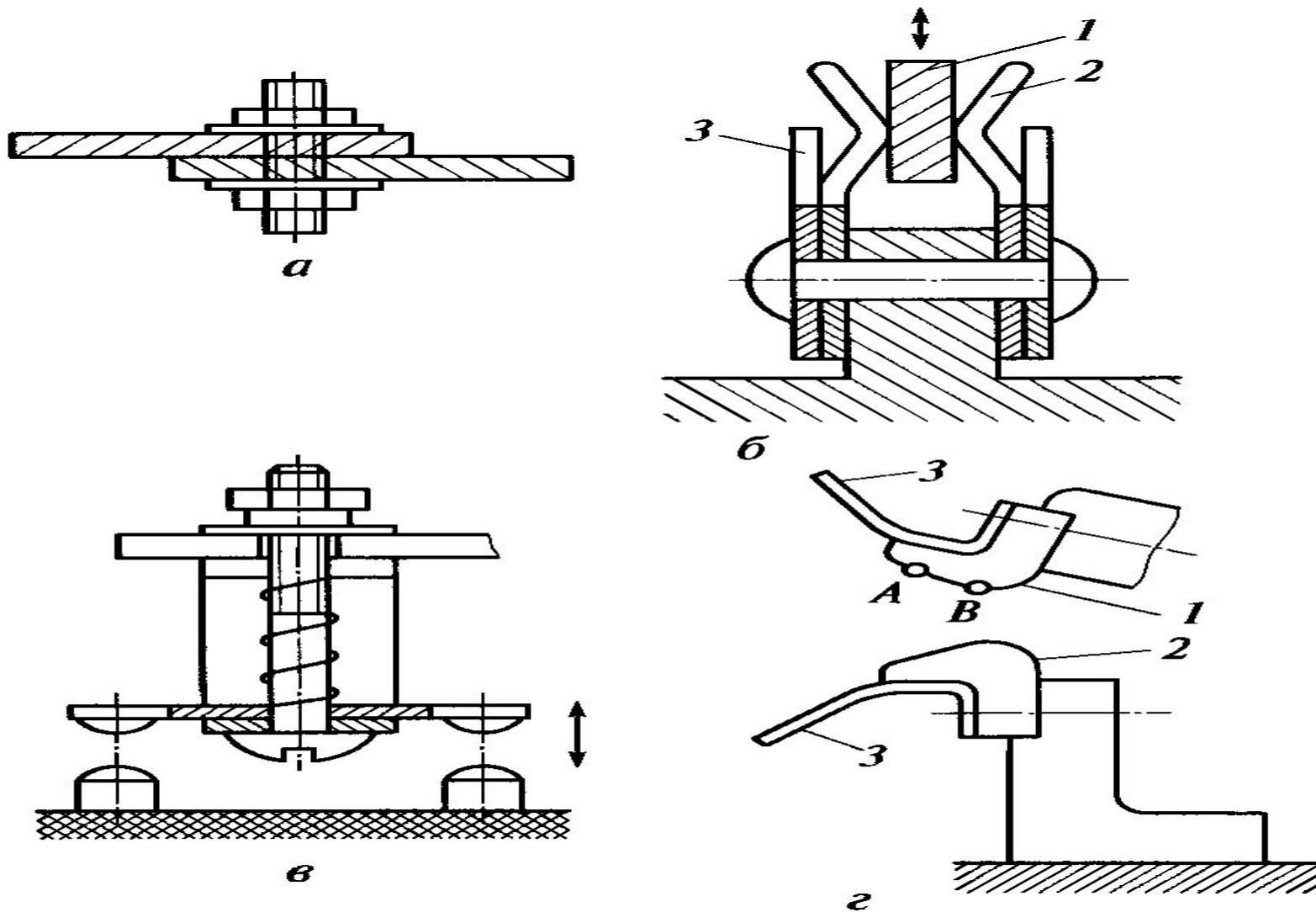


Рис. 10.1

# Отключение электрической цепи

Отключение электрической цепи не может быть мгновенным. При разрыве цепи тока неизбежно возникновение большей или меньшей ЭДС самоиндукции. Под действием этой ЭДС и напряжения сети промежуток между расходящимися контактами пробивается и возникает электрическая дуга. Высокая температура дуги приводит к разрушению или свариванию контактов. Особенно опасно действие дуги в аппаратах высокого напряжения при отключениях токов короткого замыкания. Отключение цепей синусоидального тока существенно упрощается, так как синусоидальный ток периодически принимает нулевое значение, что приводит к гашению дуги. Значительно труднее отключение цепей постоянного тока высокого напряжения. Выключатели постоянного тока должны быть рассчитаны на поглощение значительной энергии,

# Электромагнитные реле

## Назначение

Такие реле приводятся в действие электромагнитом постоянного или синусоидального тока. Рассмотрим принцип действия реле тока на основе электромагнита синусоидального тока (рис. 10.2). катушка с числом витков  $w$  включена последовательно в цепь тока управления  $i_{уп}$ . Ее МДС  $i_{уп} w$  возбуждает в неразветвленной магнитной цепи магнитный поток  $\Phi$ , замыкающийся через магнитопровод 1, якорь 2 и воздушный зазор шириной  $b$ . При этом на якорь действует электромагнитная сила  $F_{эм}$ , притягивающая его к магнитопроводу. Если значение электромагнитной силы превысит значение силы возвратной пружины  $F_{пр}$ , то реле сработает и контакты  $K$  разомкнутся.

# Реле тока на основе электромагнита синусоидального тока (рис. 10.2).

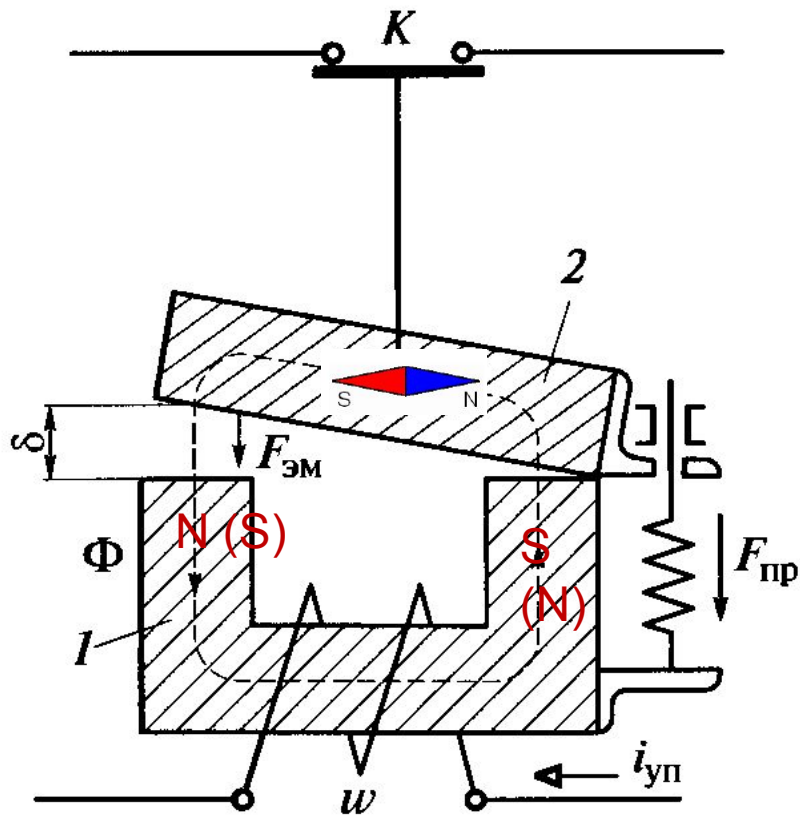
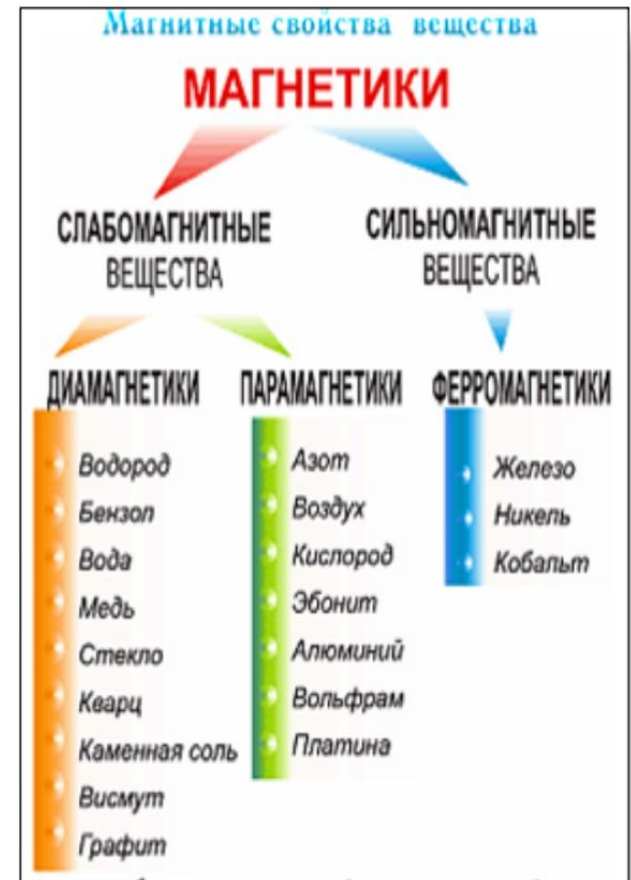


Рис. 10.2





# Домены в магнитном поле

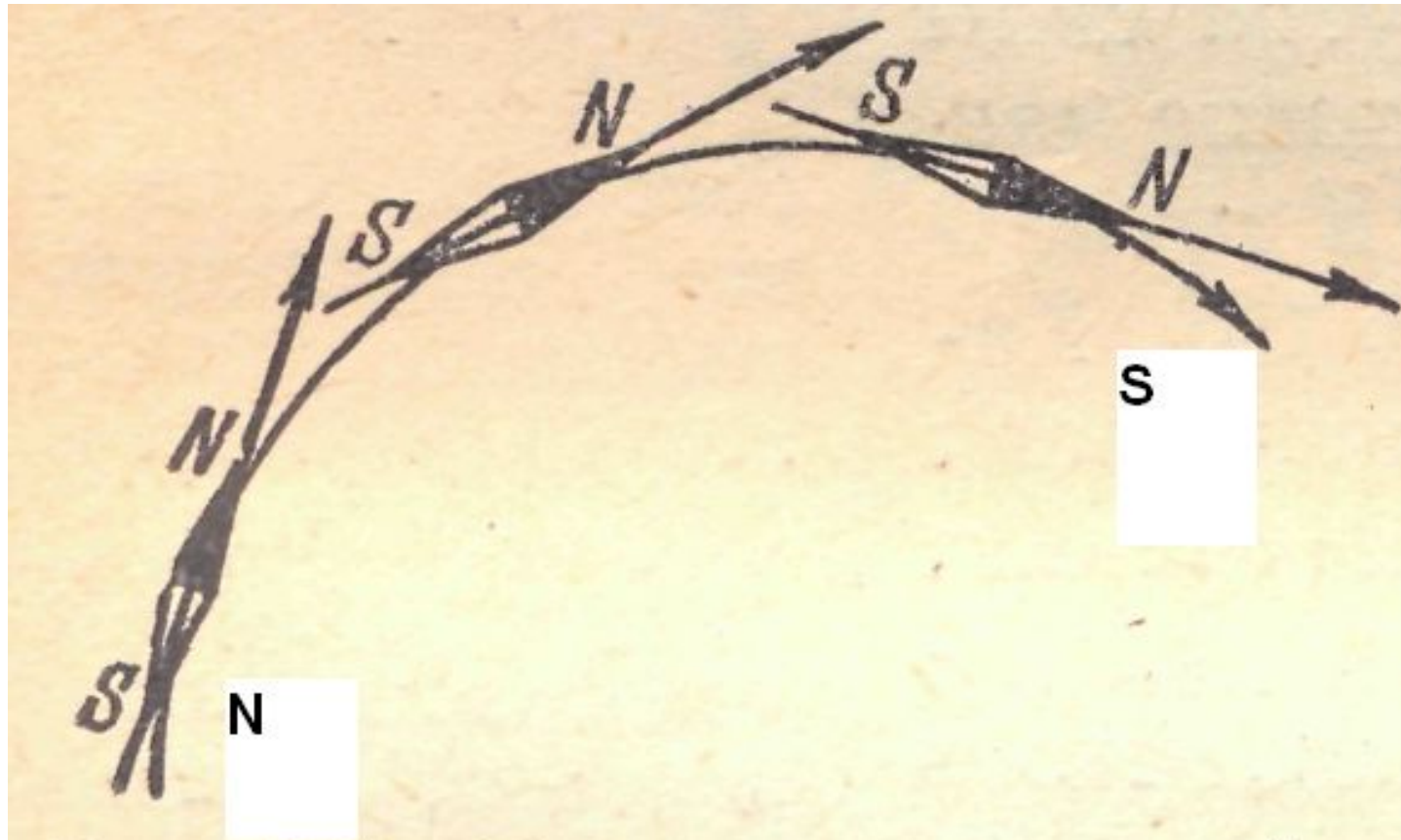
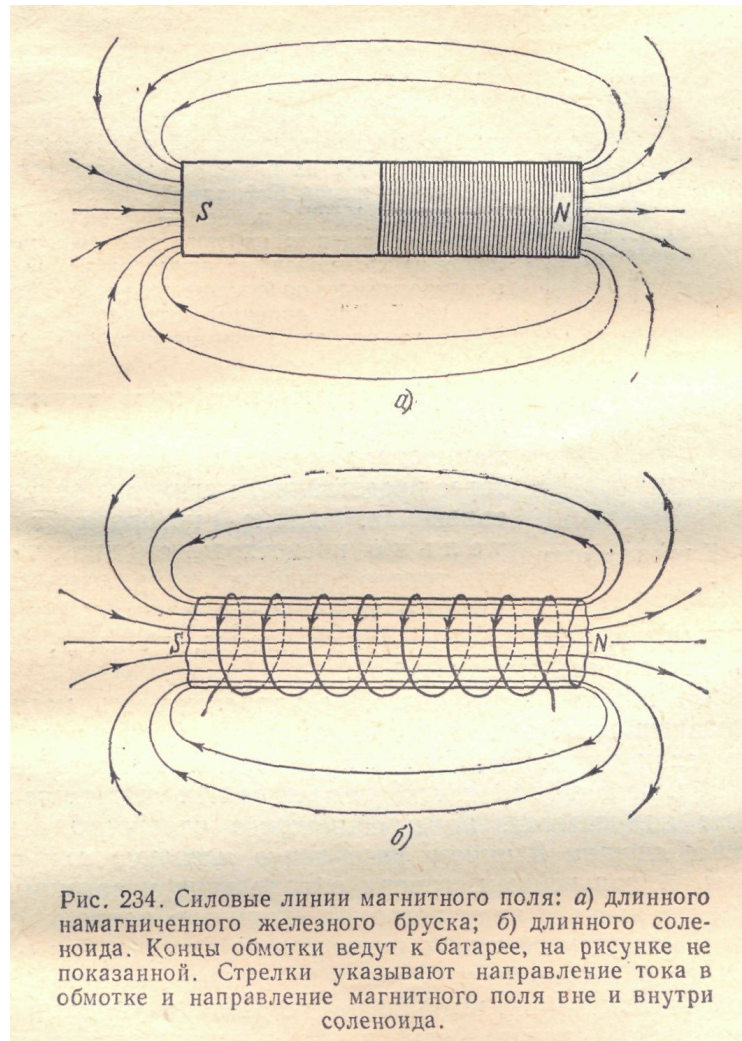


Рис. 223. Построение силовой линии магнитного поля.

# Эквивалентность соленоида и ПОЛОСОВОГО МАГНИТА



# Диамагнетики

## Диамагнетики

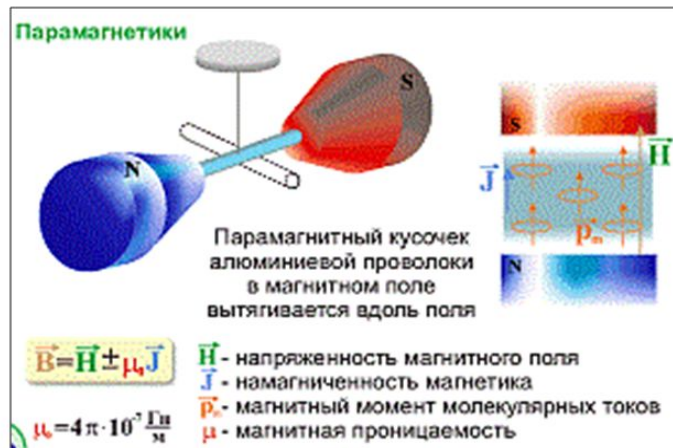
Возникновение диамагнетизма связано с действием силы Лоренца на электронные орбиты.

Под действием этой силы изменяется характер орбитального движения электронов и нарушается компенсация магнитных полей.

Возникающее при этом собственное магнитное поле атома оказывается направленным против индукции внешнего поля.

# Парамагнетики

## Парамагнетики



**Парамагнетики** — вещества, которые намагничиваются во внешнем магнитном поле в направлении внешнего магнитного поля ( $J \uparrow H$ ) и имеют положительную магнитную восприимчивость. Парамагнетики относятся к слабомагнитным веществам, магнитная проницаемость незначительно отличается от единицы.

Атомы (молекулы или ионы) парамагнетика обладают собственными магнитными моментами, которые под действием внешних полей ориентируются по полю и тем самым создают результирующее поле, превышающее внешнее. Парамагнетики втягиваются в магнитное поле. В отсутствии внешнего магнитного поля парамагнетик не намагничен, так как из-за теплового движения собственные магнитные моменты атомов ориентированы совершенно беспорядочно.

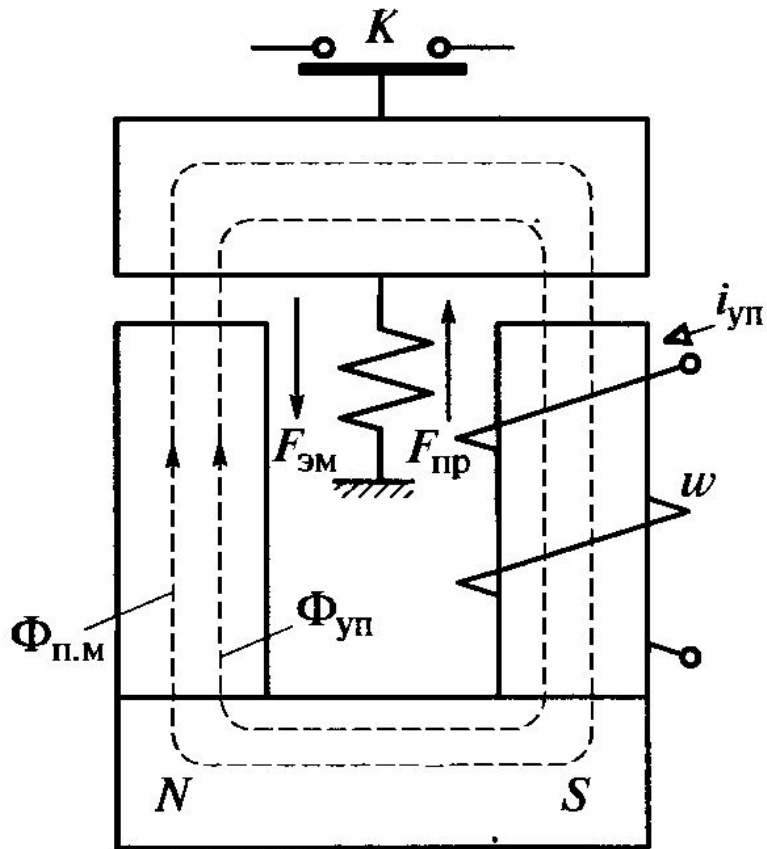
# Ферромагнетики

- Все диа- и парамагнетики - это вещества, намагничивающиеся весьма слабо, их магнитная проницаемость близка к единице и не зависит от напряженности магнитного поля  $H$ . Наряду с диа- и парамагнетиками имеются вещества, способные сильно намагничиваться. Они называются ферромагнетиками.
- Ферромагнетики или ферромагнитные материалы получили свое название от латинского наименования основного представителя этих веществ - железа (*ferrum*). К ферромагнетикам, кроме железа, относятся кобальт, никель, гадолиний, многие сплавы и химические соединения. *Ферромагнетики* - это вещества, способные очень сильно намагничиваться, в которых внутреннее (собственное) магнитное поле может в сотни и тысячи раз превышать вызвавшее его внешнее магнитное поле.

# Поляризованное реле

- Поляризованное реле приводится в действие в зависимости от значения и направления тока управления  $i_{уп}$  в обмотке электромагнита. Конструкция и электрическая схема поляризованного реле приведены на рис. 10.3. В неразветвленную магнитную цепь реле встроен постоянный магнит. Пусть при отсутствии тока управления  $i_{уп}$  в обмотке с числом витков  $w$  магнитный поток постоянного магнита равен  $\Phi_{пм}$ , а магнитный поток срабатывания реле —  $\Phi_{сраб} > \Phi_{пм}$ . Тогда при согласном (встречном) направлении магнитного потока  $\Phi_{пм}$  и МДС управления  $i_{уп} w$  будет (не будет) происходить срабатывание реле — размыкание контактов  $K$ . Причем реле будет срабатывать при малом значении МДС  $i_{уп} w$ , необходимом для возбуждения малого магнитного потока управления:  $\Phi_{уп} = \Phi_{сраб} - \Phi_{пм}$ . Это определяет высокие чувствительность по МДС  $i_{уп}$  (до 2 А) и быстроедействие (до 0,005 с) поляризованного реле.

# Поляризованное реле



$i_{уп}$  ток управления  
 $\Phi_{п.м.}$  поток постоянного магнита,  
 $\Phi_{уп}$  поток управления  
 $F_{пр}$  сила пружины,  
 $F_{эм}$  электромагнитная сила,  
NS постоянный магнит,  
K контакты

Рис. 10.3

# Магнитоуправляемое реле (геркон),

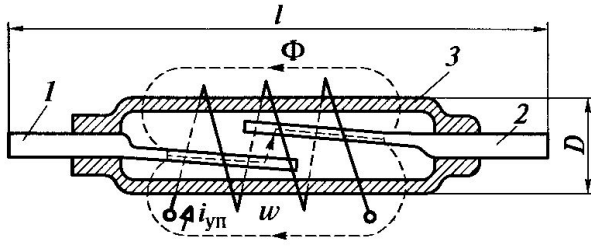


Рис. 10.4

*Магнитоуправляемое реле (геркон) отличается от рассмотренных ранее, имеет контакт, располагающийся в вакууме или среде инертного газа (рис. 10.4). В стеклянную капсулу 3, заполненную инертным газом, впаяны токопроводящие пружинящие пластины 1 и 2 из ферромагнитного материала. Магнитный поток  $\Phi$ , возбуждаемый током управления  $i_{уп}$  в катушке с числом витков  $w$ , создает электромагнитную силу  $P_{эы}$  притяжения пластин друг к другу. При достижении током управления  $i_{уп}$  значения, определенного уставкой, пластины геркона замыкаются.*

В поляризованных герконах токопроводящие пружинящие пластины замыкаются в зависимости от значения и направления тока управления в обмотке.

Токи, коммутируемые герконами, не превышают 1 А при напряжениях в десятки вольт.



- Инертная среда предотвращает окисление контактных сердечников. Стекланный баллон герконового реле устанавливается внутри обмотки управления, питаемой постоянным током. При подаче тока в обмотку герконового реле возникает [магнитное поле](#), которое проходит по контактным сердечникам через рабочий зазор между ними и замыкается по воздуху вокруг катушки управления. Создаваемый при этом магнитный поток при прохождении через рабочий зазор образует тяговую электромагнитную силу, которая, преодолевая упругость контактных сердечников, соединяет их между собой.
- Для создания минимального переходного сопротивления контактов, поверхности касания герконов покрывают золотом, радием, палладием или (на худой конец) серебром.
- При отключении тока в обмотке электромагнита герконового реле сила исчезает, и под действием сил упругости контакты размыкаются.
- В герконовых реле отсутствуют детали, подвергающиеся трению, а контакты сердечника многофункциональны, так как при этом выполняют одновременно функцию магнитопровода, пружины и токопровода.

# Герсиконы

- С целью увеличения коммутационного тока и номинальной мощности герконовые реле имеют дополнительные дугогасительные контакты. Такие реле называются герметичные силовые контакты или герсиконы. Промышленностью выпускаются герсиконы от 6,3 до 180 А. Частота включений в час достигает 1200.
- С помощью герсиконов осуществляется пуск асинхронных двигателей мощностью до 3 кВт.

# Тепловые реле.

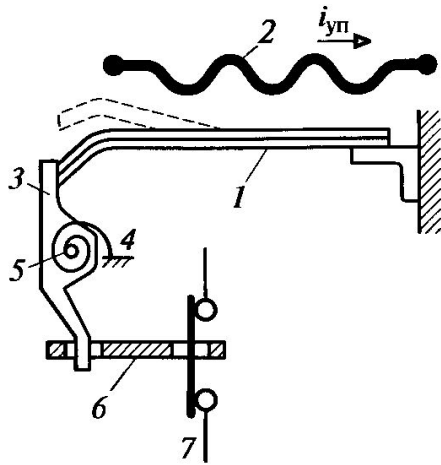


Рис. 10.5

2 - нагреватель, включенный в цепь с током управления  $i_{уп}$ , воздействует на биметаллический элемент 1.

3 – защелка,

4 – пружина,

5- ось, 6 – тяга,

размыкает контакты,

7 – контакты.

*Тепловые реле изготавливают на основе биметаллических элементов, представляющих собой две механически скрепленные пластины из металлов с различными температурными коэффициентами линейного расширения. В качестве материала с малым температурным коэффициентом линейного расширения (вехняя пластика) применяется инвар — сплав никеля со сталью.*

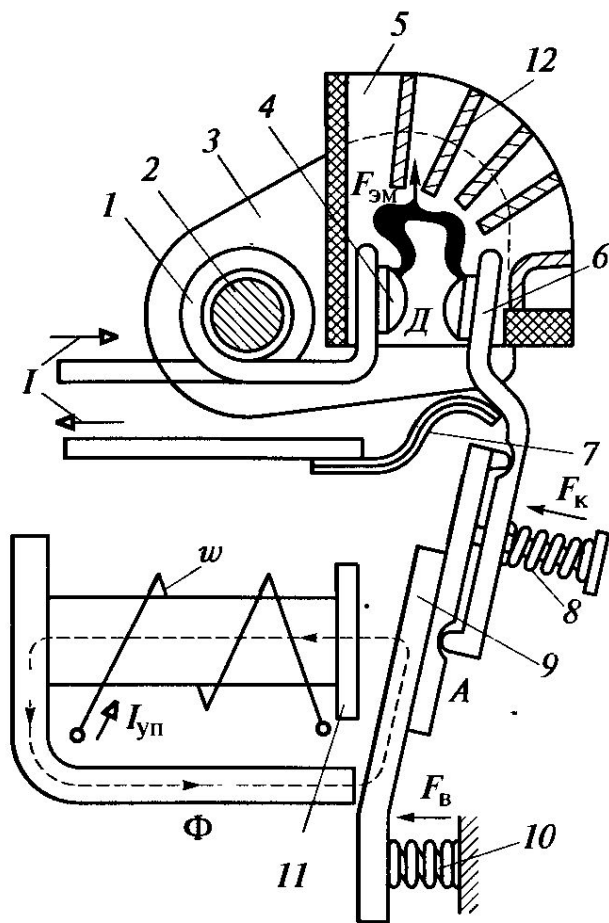
# Принцип работы и устройство твердотельных реле

- В твердотельном реле есть управляющее напряжение (постоянное или переменное, разного уровня, зависит от типа реле), и есть
  - «контакты», которые замыкаются. Почему «контакты» в кавычках – потому что их реально нет, их роль выполняют полупроводниковые
  - (твердотельные, отсюда и название) приборы. Как правило, тиристоры или симисторы (для коммутации переменного тока) и транзисторы (для
  - постоянного тока).

# Электрические аппараты управления приёмниками электрической энергии.

- Электрические аппараты управления предназначены для оперативной коммутации электрических нагрузок приемников (электродвигателей, нагревательных устройств и др.) в нормальных режимах работы. К ним относятся контакторы, магнитные пускатели и командоаппараты. В отличие от реле они рассчитываются на коммутацию больших токов (более 5 А) при относительно высоком напряжении (до 1000 В).

# Контакторы



В отличие от реле они рассчитываются на коммутацию больших токов (более 5 А) при относительно высоком напряжении (до 1000 В).

Контактор. Контактор представляет собой электрический аппарат для оперативной коммутации силовых цепей как при нормальных токах, так и токах перегрузки (но не токов короткого замыкания). Он имеет два коммутационных положения, соответствующих включенному и отключенному состояниям, и управляется оперативным током вспомогательной цепи. Различают контакторы постоянного и синусоидального токов.

# КОНТАКТОР ПОСТОЯННОГО ТОКА

**Контактор – аппарат дистанционного действия, предназначенный для частых включений и отключений силовых электрических цепей при нормальных режимах работы.**

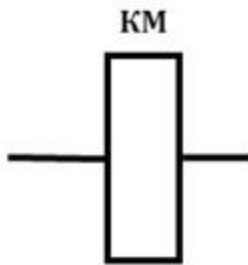
**Контактор состоит из следующих основных узлов:**

- **электромагнитной системы,**
- **главных контактов,**
- **дугогасительной системы,**
- **вспомогательных контактов**

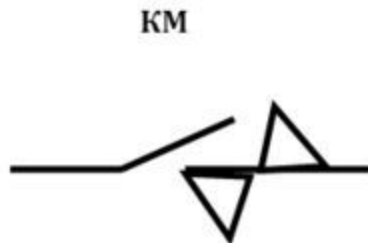


# условные графические обозначения элементов контактора

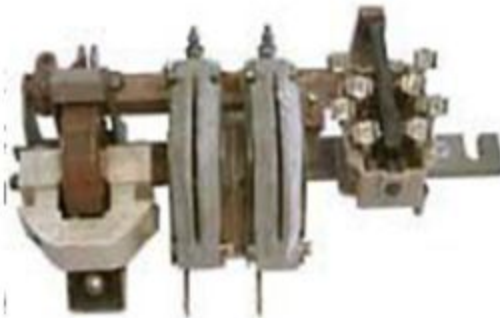
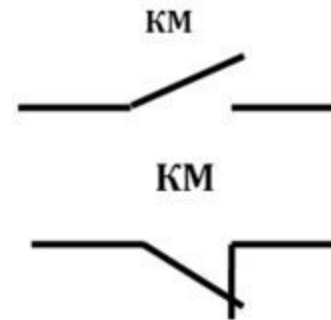
катушка



главные контакты

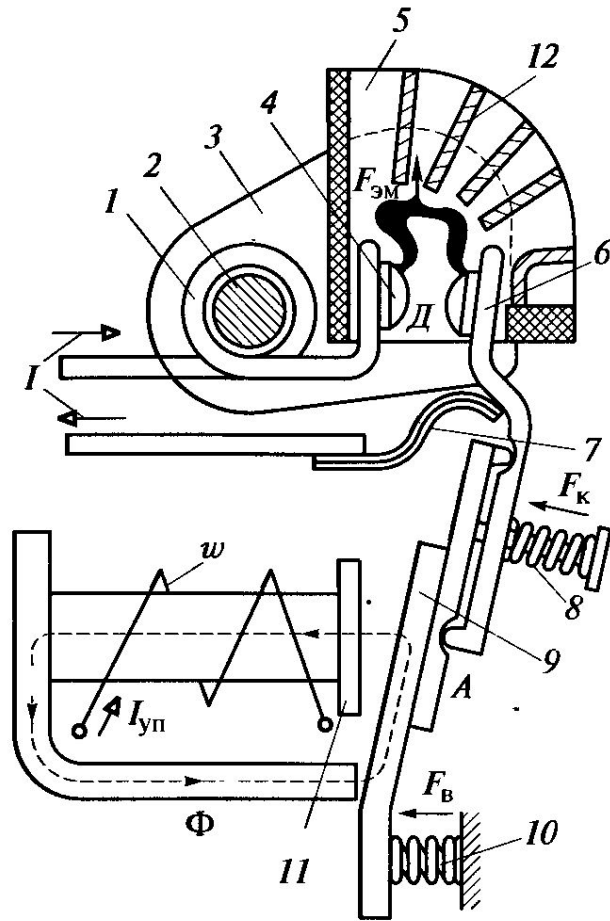


вспомогательные контакты





# Контактор постоянного тока



$10 - F_B$  возвратной пружины

$i_{уп}$  ток управления, Д – электрическая дуга

11 - катушка с числом витков  $w$ ,

$I$  ток, коммутируемой цепи, 1 – катушка, включенная последовательно с коммутируемой цепью, 9 – якорь,

2 ферромагнитный сердечник,

3 полюсы в виде пластин из ферромагнитного материала, расположенные на торцах сердечника 2,

4,6 – контакты,

5 - дутьевая дугогасительная камера,

8- пружина, 10 – пружина,

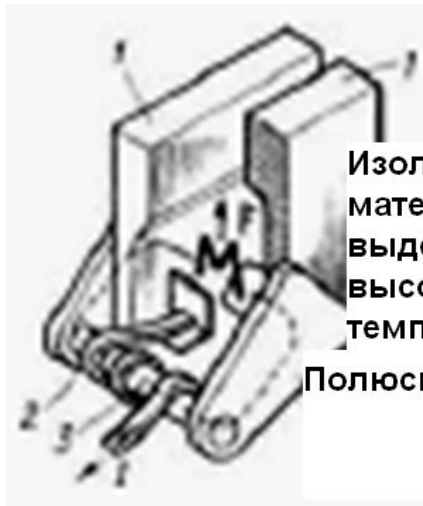
7- гибкий провод,

12 - шелевая камера (см. рис.) представляет собой объем с узкими щелями между стенками

из дугостойкого электроизоляционного

материала, например асбестоцемента.<sup>25</sup>

# Дугогасительная камера с электромагнитным дутьем



*Щелевая камера (см. рис.) представляет собой объем с узкими щелями между стенками из дугостойкого электроизоляционного материала, например асбестоцемента*

*Дугогасительная решетка представляет собой объем с узкими щелями между стенок из тонких (1—3 мм) металлических пластин, на которые выдувается дуга. Гашению дуги способствует интенсивное рассеивание теплоты на пластинах, выполняющих роль радиаторов.*

**При включении оперативного тока управления  $i_{уп}$  в цепь катушки под действием возбуждаемого им магнитного потока  $\Phi$ , а следовательно, и электромагнитных сил, якорь 9, преодолев силы противодействия  $F_B$  возвратной 10 и  $F_K$  контактной 8 пружин, притянется к полюсному наконечнику 11 сердечника электромагнита.**

# Включение оперативного тока управления

- Замыкание контактов 4 и 6 происходит до полного притяжения якоря к полюсу электромагнита. При этом контакт 6 будет поворачиваться вокруг точки А, что вызывает дополнительное сжатие контактов контактной пружины 8.
- При соприкосновении контактов происходит перекатывание подвижного контакта по неподвижному. При этом оксидные пленки на поверхности контактов частично разрушаются, уменьшая их переходное сопротивление. Для еще большего уменьшения переходного сопротивления на контактах располагают накладки из специальных материалов, например серебра. Гибкий проводник 7 изготавливается из медной фольги или гибкого провода.

# Магнитный пускатель

- Магнитный пускатель (далее *пускатель*) представляет собой коммутационный аппарат, предназначенный для пуска, остановки, реверса и защиты от токов перегрузки (но не токов короткого замыкания) электродвигателей. Для выполнения защиты от токов перегрузки в пускатели встраивают тепловые реле, что является их главным отличием от контакторов. В отличие от контакторов режим работы пускателей легче.

# Магнитный пускатель синусоидального тока

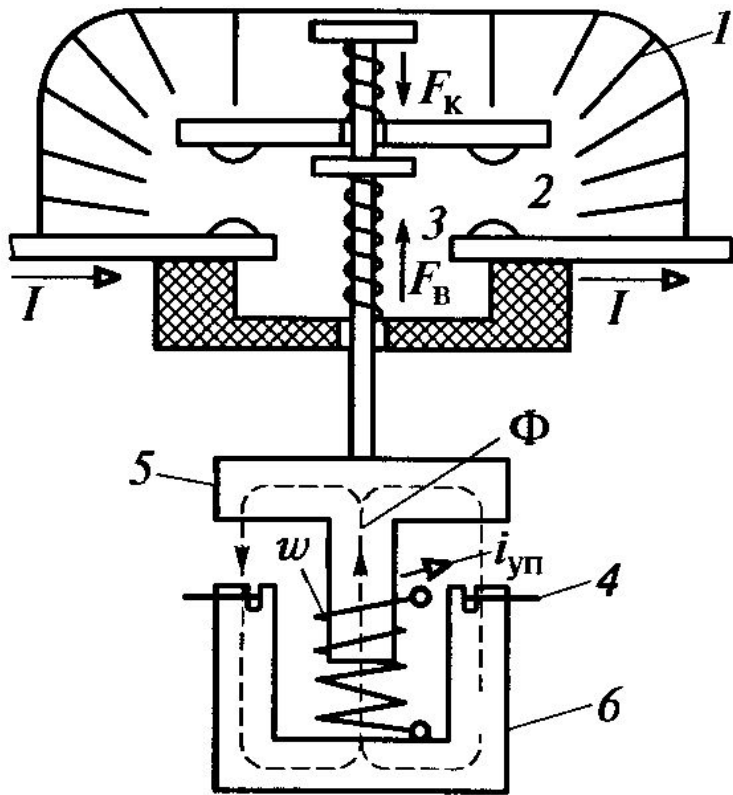


Рис. 10.7

При включении оперативного тока управления  $i_{уп}$  в цепь катушки с числом витков  $w$  под действием возбуждаемого им магнитного потока  $\Phi$ , а следовательно, и электромагнитных сил, якорь 5 притягивается к магнитопроводу 6 и контакты 2 и 3 замыкаются. На торцах магнитопровода располагаются короткозамкнутые витки 4, устраняющие вибрацию якоря, если в качестве оперативного тока используется синусоидальный ток. Пускатели (табл. 10.2) и контакторы с мостиковыми контактами обычно рассчитываются на номинальные токи в десятки ампер.

# Магнитные пускатели

Таблица 10.2

**Параметры некоторых типов пускателей компании «Шейдер Электрик» для управления асинхронными двигателями с короткозамкнутой обмоткой ротора**

Тип пускателя	Номинальное напряжение, В	Номинальная мощность двигателя, кВт	Уставка тока теплового реле, А	Уставка тока магнитного расцепителя, А	Масса, кг
GV2-DP106	400—415	0,55	1—1,6	22,5	0,686
GV2-DP108	400—415	1,5	2,5—4	51	0,696
GV2-DP120	400—415	7,5	13—18	223	0,736
GV2-DP132	500	18,5	24—32	416	0,741

# Принцип предотвращения вибрации в магнитных пускателях синусоидального тока

- Принцип предотвращения вибрации в магнитных пускателях синусоидального тока заключается в следующем. Переменный магнитный поток  $\Phi_{\text{осн}}$  основной обмотки  $w_{\text{осн}}$ , проходя через разрезанную часть сердечника, делится на две части. Часть потока  $\Phi_2$  проходит через экранированную половину полюса сечением  $S_{\delta 2}$ , в которой размещается короткозамкнутая обмотка (экран), а другая часть потока  $\Phi_1$  проходит через неэкранированную половину полюса сечением  $S_{\delta 1}$ . Поток  $\Phi_2$  наводит в короткозамкнутом витке ЭДС  $e_{\text{кз}}$ , которая создает ток  $i_{\text{кз}}$ . При этом возникает еще один магнитный поток  $\Phi_{\text{кз}}$ , который воздействует на магнитный поток  $\Phi_2$  и вызывает его отставание относительно потока  $\Phi_1$  по фазе на угол  $\varphi = 60 \dots 80^\circ$ . Благодаря этому результирующее тяговое усилие  $F_{\text{г}}$  никогда не доходит до нуля, так как потоки проходят через нуль в разные моменты времени.

# Командоаппараты.

- К командоаппаратам относятся кнопки управления, путевые (концевые) выключатели, контроллеры и командоконтроллеры.
- Путевые (концевые) выключатели осуществляют коммутацию цепей управления и автоматики на заданном участке пути движения управляемого механизма, например подъема груза на заданную высоту.



# Контроллер

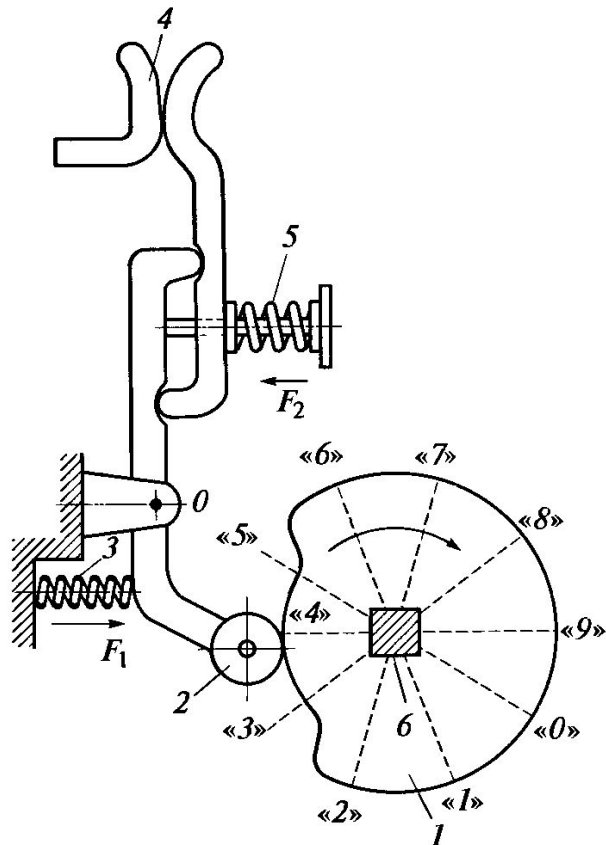


Рис. 10.8

Контроллер представляет собой многопозиционный аппарат, предназначенный для управления режимами работы приемников электрической энергии путем непосредственной **коммутации их силовых цепей**. Контроллеры осуществляют пуск, регулирование частоты вращения, реверсирование и останов двигателя. Обычно контроллер (рис. 10.8) имеет общий вал 6, на котором последовательно насажены диски различного профиля (на рис. 10.8 показан один диск 7)

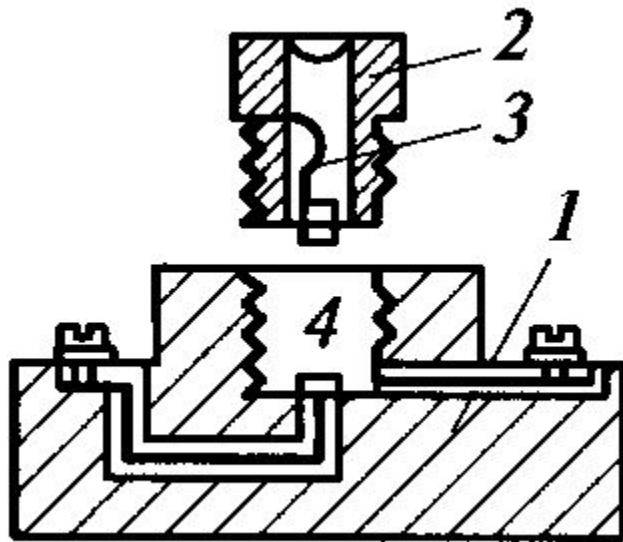
# Командоконтроллер

- Командоконтроллер в отличие от контроллера представляет собой многопозиционный автомат **для коммутации цепи оперативных токов катушек управления контакторов, главные контакты которых включены в силовые цепи приемников электрической энергии.**

# Аппаратура управления и защиты

- Электрические аппараты управления и защиты предназначены для коммутации цепей снабжения электроэнергией электроустановок и защиты их в аварийных режимах. К ним относятся плавкие предохранители, автоматические выключатели, рубильники, пакетные выключатели, кнопки, устройства защитного отключения (УЗО).

# Плавкие предохранители.



Для напряжений до 250 В и токов до 60 А применяют пробочные предохранители (рис. 10.9). Пробочный предохранитель состоит из основания 1, в которое ввертывается сменяемая при перегорании вставка 2, опирающаяся на неподвижный контакт 4. Пробка изготовлена из керамического материала и снабжена двумя металлическими контактами, между которыми припаяна плавкая вставка 3.

Для защиты электронных приборов (компьютеров, телевизоров и др.) применяют быстродействующие предохранители в виде тонкого слоя металла (серебра), напыленного на электроизоляционную основу.

# Автоматические выключатели (автоматы).

- Автоматы предназначены для отключения поврежденных участков электрической сети при возникновении в них аварийного режима, например короткого замыкания, понижения напряжения и пр. В отличие от контактора автомат имеет измерительное устройство (расцепитель), определяющий режим работы сети и дающий сигнал на отключение. Если контактор рассчитан лишь на отключение токов перегрузки (до нескольких килоампер), то автомат должен отключать токи короткого замыкания (до нескольких десятков и даже сотен килоампер).

# Типы автоматов

- Различают автоматы универсальные, быстродействующие и гашения магнитного поля генераторов большой мощности.
- *Универсальные автоматы предназначены для защиты установок постоянного и синусоидального токов. Конструкция и электрическая схема автомата приведены на рис. 10.10. В указанном положении автомат отключен и силовая электрическая цепь между выводами А и В разомкнута.*

# Универсальные автоматы

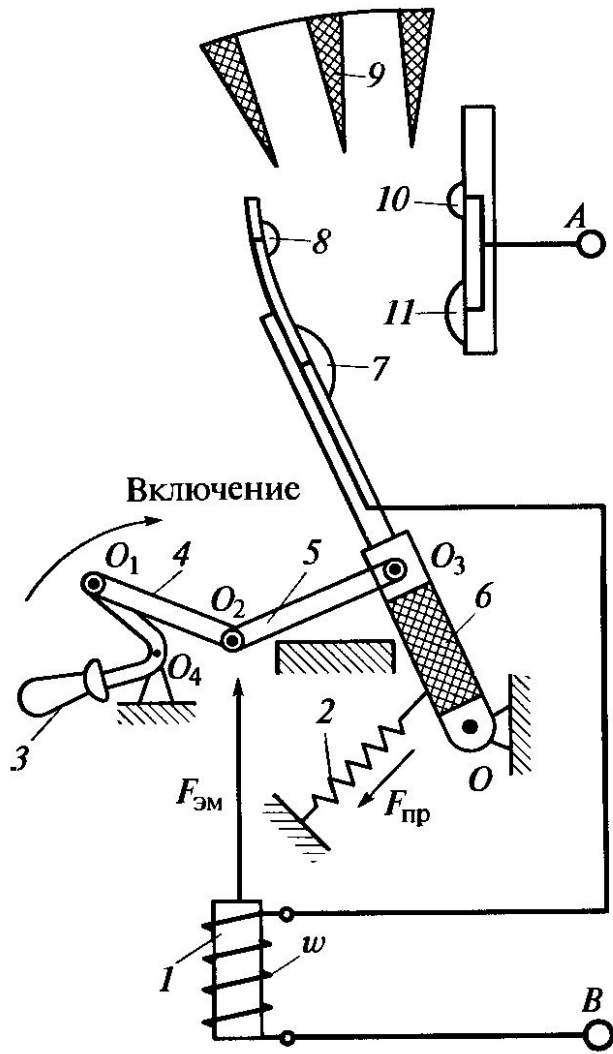


Рис. 10.10

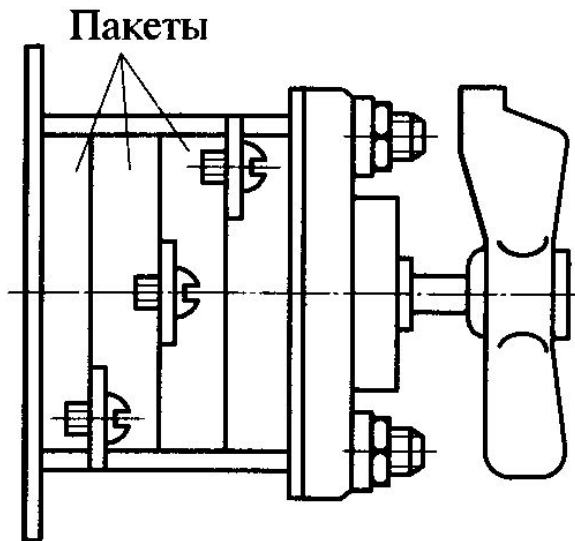
Включение автомата осуществляется вращением вручную рукоятки 3 вокруг неподвижной оси  $O$ , по направлению движения часовой стрелки. При этом рычаги 4 и 5 будут вращать рычаг 6 вокруг неподвижной оси  $O$  в том же направлении. Замыкают цепь сначала дугогасительные 8 и 10, а затем главные 7 и 11 контакты автомата. Одновременно при включении автомата взводится отключающая пружина 2. При токе короткого замыкания в катушке  $w$  электромагнита якорь 1 под действием электромагнитной силы  $F_{\text{эм}}$

# Быстродействующие автоматы

- Быстродействующие автоматы предназначены для защиты установок постоянного тока. Их время отключения составляет тысячные доли секунды и достигается применением поляризованных электромагнитных устройств, интенсивных дугогасительных устройств, а также упрощением кинематической схемы аппарата в системе взаимодействия измерительного элемента (расцепителя) и контактов



# Пакетные выключатели



Такие выключатели предназначены для одновременного включения и отключения вручную нескольких цепей. Их набирают из неподвижных соосно-расположенных колец (пакетов) из электроизоляционного материала, внутри каждого из которых устанавливают коммутирующее устройство, связанное с общим валом (рис. 10.11).

# Рубильники

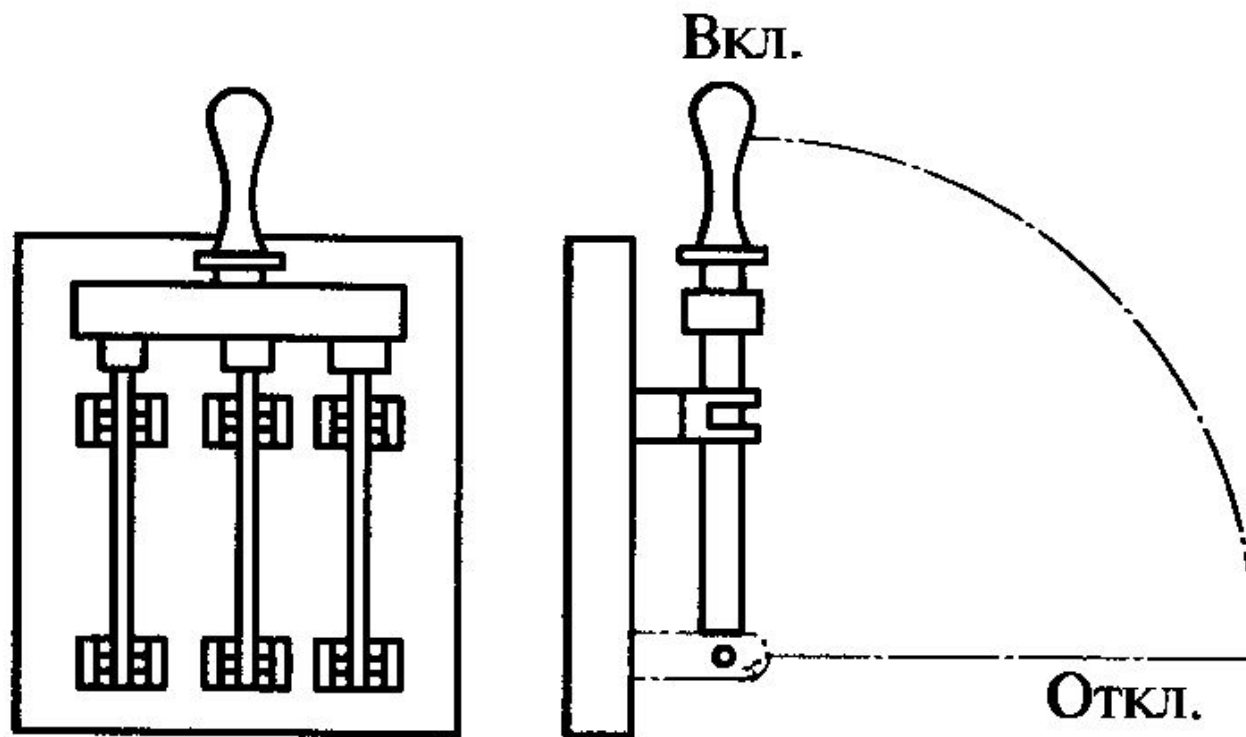


Рис. 10.12

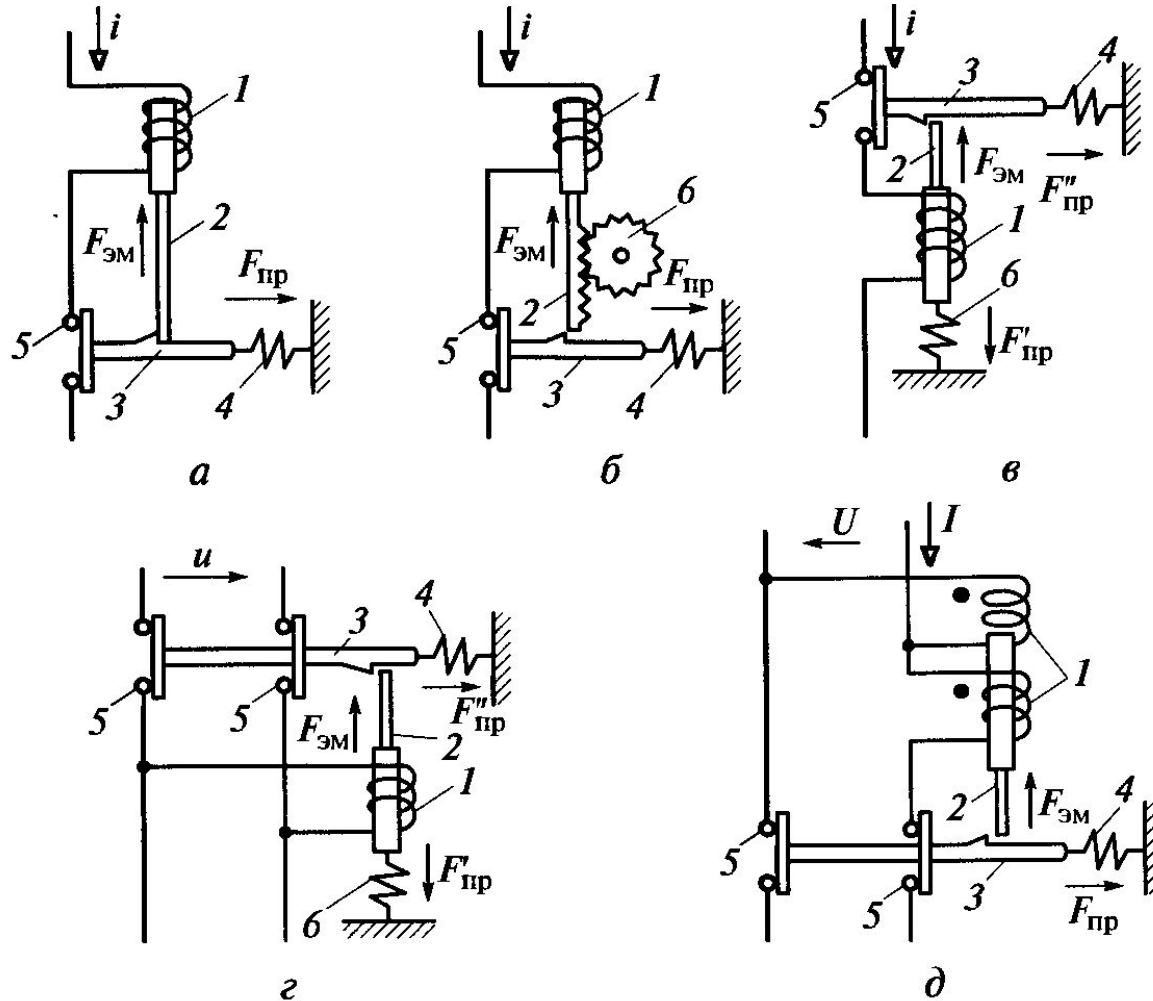
# Кнопки управления

- Кнопки применяют для дистанционного управления электрическими аппаратами. Они могут выполняться как с самовозвратом в исходное положение, так и без него. Несколько кнопок, конструктивно оформленные в одном корпусе, образуют кнопочную станцию.

# Расцепители автоматов

- Расцепители в автоматах измеряют и контролируют значение электрической величины, определяющей режим работы защищаемой цепи и дают сигнал на отключение автомата при достижении этой величиной заданного значения уставки (ток срабатывания, напряжение срабатывания и т.д.). Значение тока уставки можно регулировать в достаточно широких пределах. Это позволяет осуществлять селективную защиту электрических сетей с помощью автоматов.
- В зависимости от назначения автомата в него

# Расцепители автоматов



а Расцепитель максимального тока п

б Расцепители с устройством выдержки времени

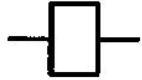
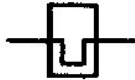
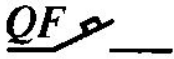
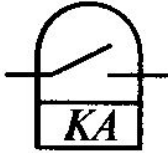
в Расцепитель минимального тока

г Расцепитель минимального напряжения









д Расцепитель обратной мощности

Рис. 10.13

# УГО

Условное обозначение	Наименование	Условное обозначение	Наименование
	Обмотка контактора, реле, пускателя		Обмотка теплового реле
	Выключатель автоматический		Реле, например, тока с замыкающим контактом

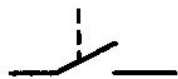
# УГО

Условное обозначение	Наименование	Условное обозначение	Наименование
 	<p>Контакты реле:</p> <p>замыкающие</p> <p>размыкающие</p>	 	<p>Замыкающие контакты:</p> <p>с выдержкой времени при срабатывании</p>
 	<p>Контакты контактора, пускателя, контроллера:</p> <p>замыкающие</p> <p>размыкающие</p>	 	<p>то же при возврате</p> <p>Размыкающие контакты:</p> <p>с выдержкой времени при срабатывании</p>

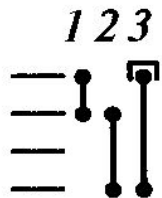
# УГО



Плавкий предо-  
хранитель



Включатель путе-  
вой или конечный  
с замыкающим  
контактом



Контроллер на три  
положения и на  
четыре направле-  
ния



то же при возврате

Кнопки самовоз-  
врата:



с замыкающим  
контактом



с размыкающим  
контактом



# Шаговый двигатель

- **Шаговый электродвигатель** — это синхронный бесщёточный электродвигатель с несколькими обмотками, в котором ток, подаваемый в одну из обмоток статора, вызывает фиксацию ротора. Последовательная активация обмоток двигателя вызывает дискретные угловые перемещения (шаги) ротора.

# Шаговый двигатель



# Шаговый электродвигатель с интегрированным контроллером



В машиностроении наибольшее распространение получили высокомоментные двухфазные гибридные шаговые [электродвигатели](#) В машиностроении наибольшее распространение получили высокомоментные двухфазные гибридные шаговые электродвигатели с угловым перемещением  $1,8^\circ/\text{шаг}$  (200 шагов/оборот) или  $0,9^\circ/\text{шаг}$  (400 шаг/об). Точность выставления шага определяется качеством механической обработки [ротора](#) В машиностроении наибольшее распространение получили высокомоментные двухфазные гибридные шаговые электродвигатели с угловым

# Конструктивные особенности

- Конструктивно шаговые электродвигатели состоят из [статора](#), на котором расположены обмотки возбуждения, и ротора, выполненного из магнито-мягкого или из магнито-твёрдого материала. Шаговые двигатели с магнитным ротором позволяют получать большой крутящий момент и обеспечивают фиксацию ротора при обесточенных обмотках.
- Таким образом по конструкции ротора выделяют следующие разновидности шагового двигателя<sup>[1]</sup>:
- с постоянными магнитами (ротор из магнитотвердого материала);
- реактивный (ротор из магнитомягкого материала);
- гибридный.
- Гибридные двигатели сочетают в себе лучшие черты двигателей с переменным магнитным сопротивлением и двигателей с постоянными магнитами.

# Применение

- Шаговые электродвигатели применяются в приводах машин и механизмов, работающих в старт стопном режиме, или в приводах непрерывного движения, где
- управляющее воздействие задаётся последовательностью электрических импульсов,
- например, в станках с ЧПУ. В отличие от сервоприводов, шаговые приводы позволяют получать точное
- позиционирование без использования обратной
- связи от датчиков углового положения.
- Шаговые двигатели применяются в устройствах компьютерной памяти — НГМД, НЖМД, устройствах чтения оптических дисков.

# Преимущества и недостатки

- **Преимущества** Главное преимущество шаговых приводов — точность. При подаче потенциалов на обмотки шаговый двигатель повернется строго на определенный угол.  
К приятным моментам можно отнести стоимость шаговых приводов, в среднем в 1,5-2 раза дешевле [сервоприводов](#). Шаговый привод, как недорогая альтернатива сервоприводу, наилучшим образом подходит для автоматизации отдельных узлов и систем, где не требуется высокая динамика.
- **Недостатки** Возможность «проскальзывания» ротора.

# Принцип работы

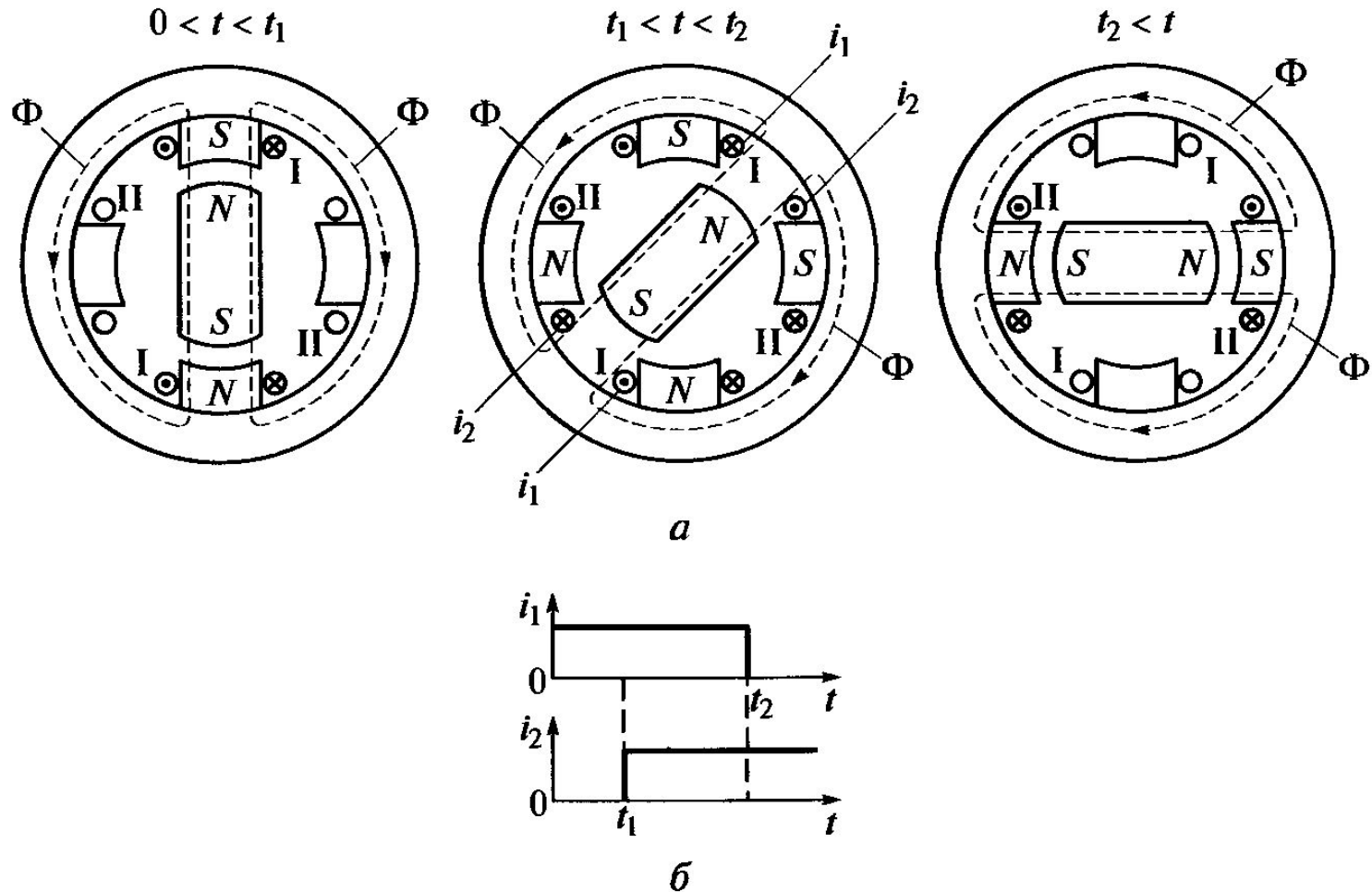


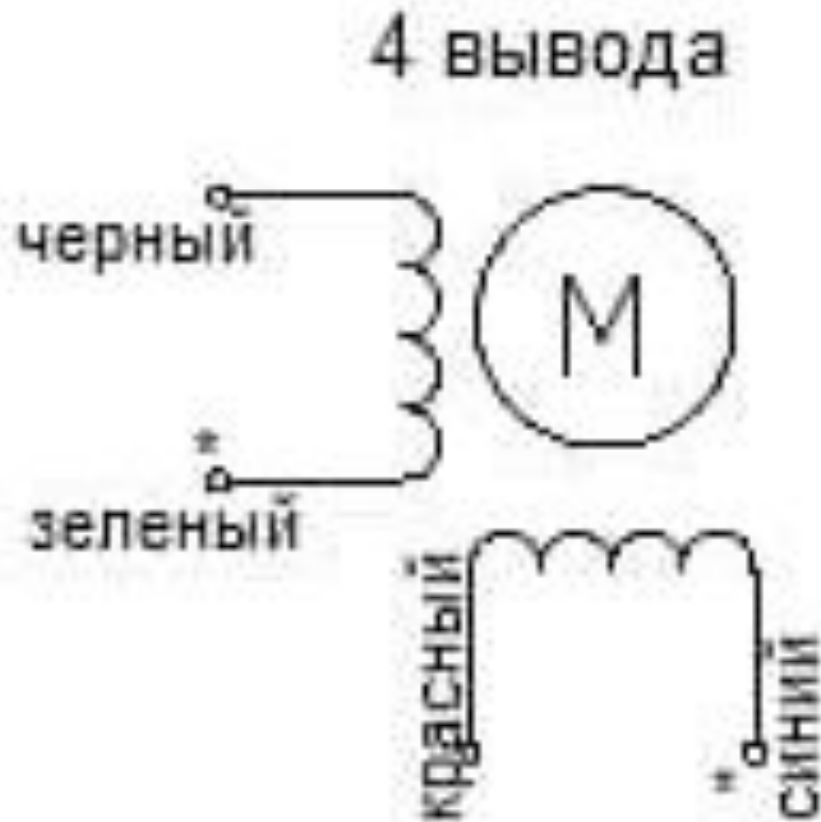
Рис. 10.14

# Принцип работы

- Статор ШД имеет явно выраженные полюсы с обмотками. Ротор также имеет явно выраженные полюсы и изготавливается в виде постоянного магнита или электромагнита постоянного тока. На рис. 10.14, а приведены конструкция ШД с числом пар полюсов на статоре  $p = 2$  и роторе  $p = 1$  и позиции ротора для временной диаграммы токов в обмотках статора (рис. 10.14, б). При наличии только токов  $i_1$  в обмотках полюсов статора I магнитный поток статора направлен по оси его полюсов, с которой будет совпадать ось полюсов ротора. При наличии токов  $i_1$  и  $i_{12}$  в обмотках полюсов статора I и II результирующий магнитный поток статора повернется в направлении вращения часовой стрелки на угол  $\pi/4$ . На этот же угол повернется и ротор. При наличии только токов  $i_2$  в обмотках полюсов статора II ротор повернется еще на угол  $\pi/4$  в направлении вращения часовой стрелки.



# Принцип работы

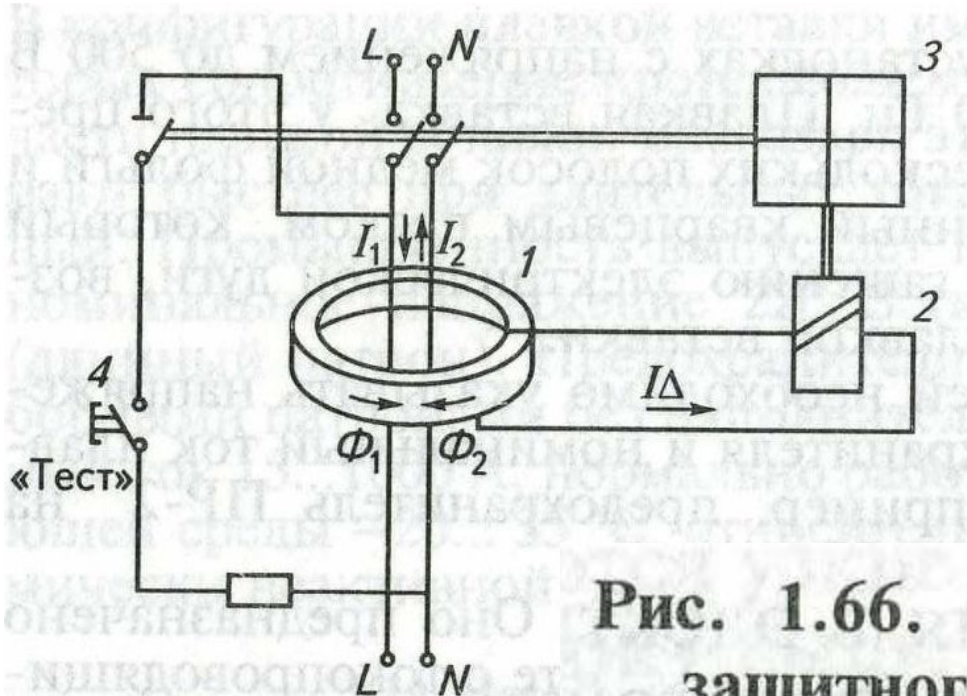


# Блок управления шаговым двигателем



# УЗО

Основным назначением, которое возлагается на УЗО, является защита человека от поражения электрическим током. Вторым немаловажным свойством этих устройств является защита от возгорания и пожара. Устройства защитного отключения обязательно следует устанавливать в жилом фоне (домах, квартирах), особенно во влажных помещениях таких как ванны, сауны и т.п...



**Рис. 1.66. Структура устройства защитного отключения УЗО:**

*1* — датчик дифференциального тока;  
*2* — блок управления с пороговым элементом; *3* — исполнительный механизм; *4* — цепь тестирования

# Блок управления УЗО - поляризованное реле

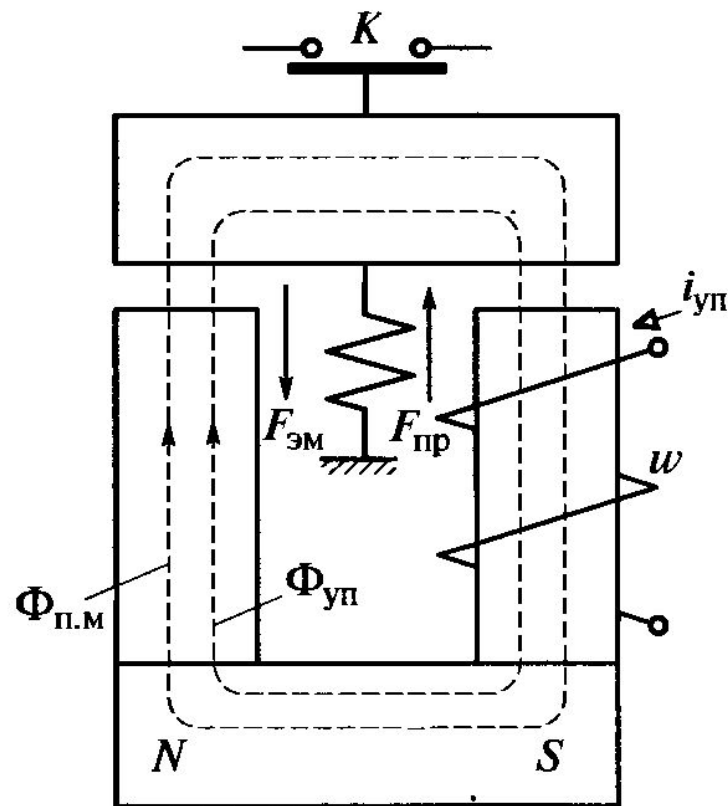
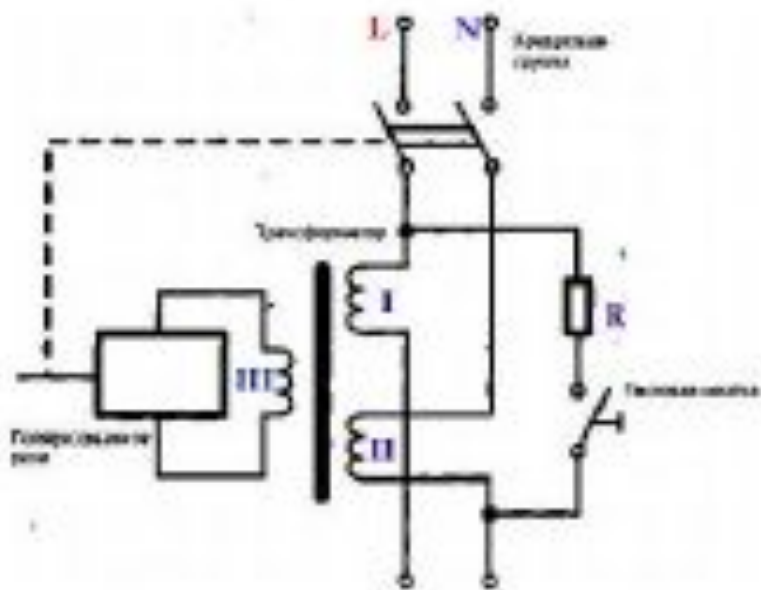
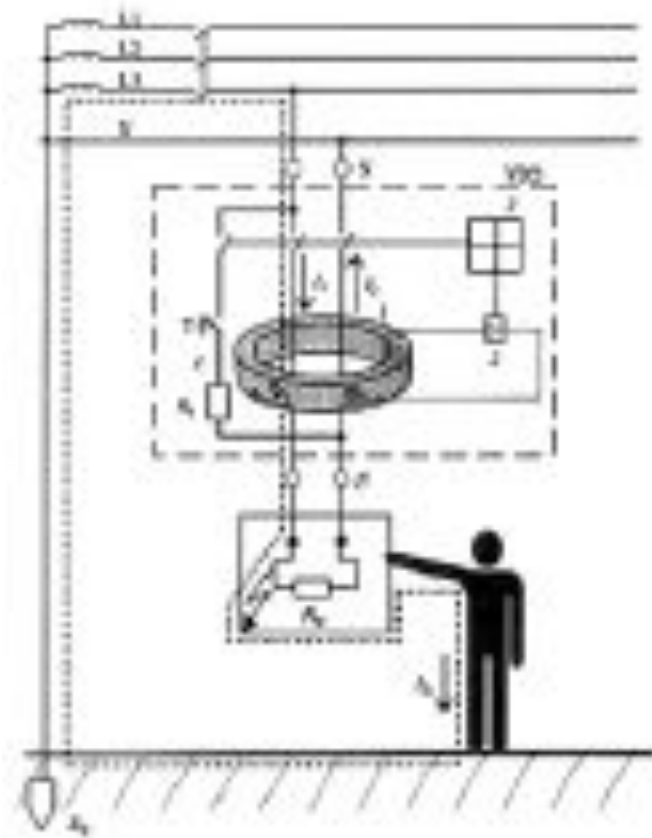


Рис. 10.3

# Принцип работы УЗО



УЗО - это быстродействующий защитный выключатель, реагирующий на дифференциальный ток в проводниках, подводящих электроэнергию к защищаемой электроустановке. Говоря более понятным языком, устройство отключит потребителя от питающей сети, если произойдет утечка тока на заземляющий проводник РЕ («землю»).

# УЗО - это быстродействующий защитный выключатель

- УЗО - это быстродействующий защитный выключатель, реагирующий на
  - дифференциальный ток в проводниках, подводящих электроэнергию к
  - защищаемой электроустановке.
- Говоря более понятным языком, устройство отключит потребителя от
- питающей сети, если произойдёт

# Исполнительный механизм

- Исполнительный механизм, состоящий из пружинного привода, спускового механизма и группы силовых контактов, размыкает электрическую цепь, в результате чего установка отключается от сети. Для осуществления периодического контроля исправности (работоспособности) УЗО предусмотрена кнопка тестирования 4. Она включена последовательно с резистором. Номинал резистора подобран таким образом, что бы разностный ток был равен паспортному току утечки срабатывания УЗО. Если при нажатии на эту кнопку УЗО срабатывает, значит, оно исправно. Как правило, это кнопка обозначается «TEST».

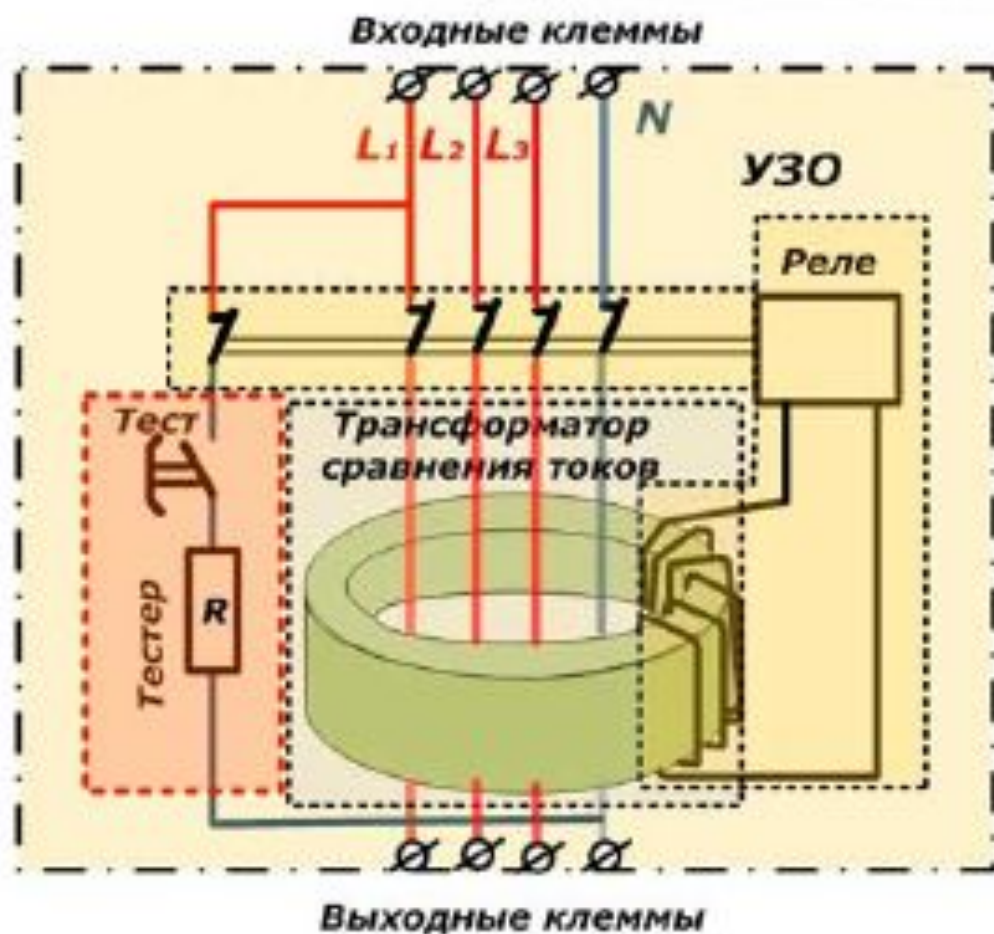
# УЗО имеют следующие основные параметры:

- тип сети – однофазная (трёхпроводная) или трехфазная (пятипроводная)
- номинальное напряжение -220/230 – 380/400 В
- номинальный ток нагрузки – 16, 20, 25, 32, 40, 63, 80, 100 А
- номинальный отключающий дифференциальный ток – 10, 30, 100, 300 мА



# Трехфазное УЗО

Компоновочная схема трехфазного УЗО  
<http://electricalschool.info/>



УЗО всегда  
подключают  
последовательно  
с автоматом.

# Дифференциальный автомат

- Это уникальное устройство, совмещающее в себе и автоматический выключатель (более понятный для населения как «автомат»), и ранее рассмотренное УЗО. Т.е. дифференциальный автомат способен защитить вашу проводку и от коротких замыканий, и от перегрузок, а также от возникновения утечек, связанных с ранее описанными ситуациями.

# Сервопривод

- **Сервопривод** (следящий привод) — привод с управлением через отрицательную обратную связь, позволяющую точно управлять параметрами движения, например рулевое управление и тормозная система на тракторах и автомобилях), однако **термин «сервопривод» чаще всего используется для обозначения электрического привода с обратной связью по положению, применяемого в автоматических системах для привода управляющих элементов и рабочих органов.**