

## Раздел 4. Основы электротехники

### Тема 4.1 Основные сведения из электротехники

Электрическим током называют упорядоченное движение электрических зарядов  $q$  в проводящей среде под воздействием электрического поля.

Если скорость движения электрических зарядов во времени неизменна, то ток называют **постоянным**. Ток, мгновенные значения которого изменяются во времени, называют **переменным**, электрический ток, мгновенные значения которого повторяются через равные промежутки времени, называется **периодическим переменным**. Ток, изменяющийся по синусоидальному закону, называют **синусоидальным**. Ток выражают в амперах (А) и обозначают  $I, i$ .

Электрический ток в цепи возникает в том случае, если на ее зажимах (полюсах) создана разность потенциалов (существует электрическое поле вдоль участка цепи). Разность потенциалов между двумя точками цепи называют **напряжением** или **падением напряжения**. Напряжение обозначают  $U, u$  и выражают в вольтах (В).

Электрическое напряжение численно равно работе  $A$ , совершаемой источником электрической энергии при перемещении заряда  $q$  в один кулон из одной точки в другую.

Способность проводника оказывать препятствие, проходящему по нему электрическому току называют **сопротивлением**. Сопротивление обозначают  $R, r$  и выражают в омах (Ом).

Закон Ома для полной цепи:  $I = E/(R+r)$

Закон Ома для участка цепи:  $I = U/R$

**Последовательным** соединением потребителей тока называют соединение, при котором конец первого соединяется с началом второго, конец второго – с началом третьего и т.д.

**Параллельным** соединением потребителей тока называют такое соединение, когда начала всех токоприемников соединены в одну точку, а концы в другую точку.

#### **Тепловое действие электрического тока.**

Все проводники при прохождении по ним электрического тока нагреваются и отдают тепло окружающей среде. Температура нагрева проводника зависит от величины тока, сечения и материала проводника, условий его охлаждения.

Закон Джоуля – Ленца:  $Q = I^2 \cdot R \cdot t$  (джоуль)

#### **Мощность постоянного тока**

Мощность – работа, совершаемая в единицу времени  $t$ , развиваемая на этом участке.

$$P = A/t = U \cdot q/t = U \cdot I$$

Единица мощности – ватт (Вт).

#### **Понятие о магнитном поле.**

Вокруг проводника, по которому течет ток, образуется магнитное поле.

Магнитные индукционные линии вокруг проводника с током обладают следующими свойствами:

- магнитные индукционные линии прямолинейного проводника имеют форму концентрических окружностей;
- чем ближе к проводнику, тем гуще располагаются магнитные индукционные линии;
- магнитная индукция (интенсивность поля) зависит от величины тока в проводнике;

- направление магнитных индукционных линий зависит от направления тока в проводнике (правило буравчика).

### **Переменный ток.**

Переменный ток имеет следующие характеристики: амплитуду, частоту, период.

Промежутки времени, по истечении которого изменение переменной величины (ЭДС, напряжения, тока) повторяются, называется **периодом**. Период измеряется в секундах и обозначается **T**.

Число периодов в секунду называется **частотой переменного тока**. Частота обозначается **f** и измеряется в **герцах** (Гц).

Между периодом и частотой существует следующая зависимость:  $T = 1/f$ ;  $f = 1/T$

### **Мощность переменного тока.**

Активная, то есть полезная мощность однофазного переменного тока определяется по формуле:  $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$

Коэффициентом мощности называется отношение активной мощности к полной:

$$\cos \varphi = P / S$$

Коэффициент мощности практически является косинусом угла сдвига фаз между током и напряжением.

Чем меньше  $\cos \varphi$  имеет потребитель, тем меньше будет коэффициент полезного действия (кпд) машины, тем меньшую активную мощность будет отдавать генератор.

Причины низкого коэффициента мощности:

1. Недогрузка электродвигателей переменного тока;
2. Неправильный выбор типа электродвигателя;
3. Повышенный зазор между ротором и статором;
4. Работа электродвигателей на холостом ходу.

### **Трёхфазный переменный ток.**

Трёхфазной системой переменного тока называют систему, состоящую из трех электрических цепей переменного тока одинаковой частоты, которые сдвинуты по фазе на 1/3 периода (120°) относительно друг друга.

Соединение обмоток электрической машины звездой

Соединение звездой – концы обмоток соединены вместе, а начала обмоток подключаются к линейным проводам.

Точка, в которой соединяются концы обмоток, называется **нулевой** или **нейтральной**. Провод, подключенный к ней, также называется **нейтральным** или **нулевым**.

Разность потенциалов между линейным и нулевым проводом называется **фазным** напряжением ( $U_{\phi}$ ).

Разность потенциалов между двумя линейными проводами называется **линейным** напряжением ( $U_{л}$ ).

Зависимость между линейным и фазным напряжением:  $U_{л} = \sqrt{3} U_{\phi}$

При соединении звездой линейный ток равен фазному:  $I_{л} = I_{\phi}$

Соединение обмоток треугольником.

Соединение треугольником называется соединением, когда конец первой обмотки соединяется с началом второй обмотки, конец второй обмотки с началом третьей, конец третьей с началом первой обмотки.

При соединении треугольником:  $U_{л} = U_{\phi}$ ;  $I_{л} = \sqrt{3} I_{\phi}$

**Трансформатором** называется электромагнитный аппарат, предназначенный для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения той же самой частоты. Принцип работы трансформатора основан на явлении взаимной индукции.

Отношение числа витков первичной обмотки к числу витков вторичной обмотки или отношение напряжения первичной обмотки к напряжению вторичной обмотки называется **коэффициентом трансформации**.

**Выпрямители** служат для преобразования переменного тока в постоянный.

**Контрольные вопросы:**

1. Что называется электрическим током?
2. Какой ток называется постоянным?
3. Какой ток называется переменным?
4. Что называется напряжением или падением напряжения?
5. Что называется фазным напряжением?
6. Что называется линейным напряжением?
7. Причины низкого коэффициента мощности переменного тока:
8. Формула мощности постоянного тока:
9. Формула мощности переменного тока:
10. Закон Джоуля – Ленца:

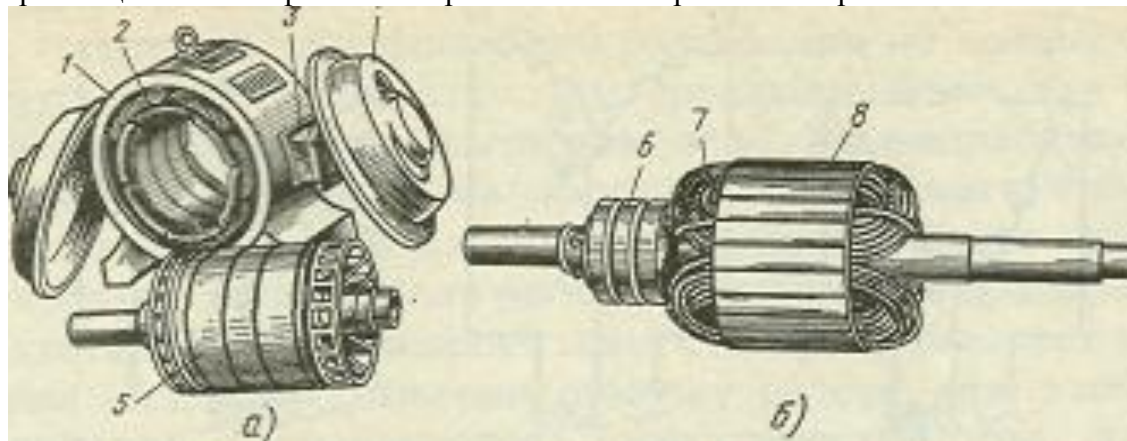
## Тема 4.2 Общие сведения об электрооборудовании и электродвигателях

**Общие сведения.** Электрооборудование по назначению подразделяется на основное — оборудование электропривода и вспомогательное — оборудование рабочего и ремонтного освещения, сигнализации и отопления.

К основному электрооборудованию относятся: электрические двигатели, магнитные пускатели, контакторы, реле управления, аппараты регулирования частоты вращения электродвигателей; аппараты управления тормозами; аппараты электрической и механической защиты; полупроводниковые выпрямители — преобразователи переменного тока в постоянный для питания обмотки возбуждения вихревого тормозного генератора или других целей; понижающие трансформаторы, используемые для питания цепей управления; аппараты и приборы, используемые для включения цепей управления.

К вспомогательному электрооборудованию относятся осветительные приборы, приборы обогрева, сигнализации, связи и адресования.

**Электродвигатели. Типы и устройство.** Асинхронные электродвигатели трехфазного переменного тока. Применяют двигатели следующих разновидностей: с фазным и с короткозамкнутым ротором. Двигатели с короткозамкнутым ротором бывают одно- и многоскоростные. Односкоростные двигатели подразделяются на самотормозящие — со встроенным тормозом и без встроенного тормоза.



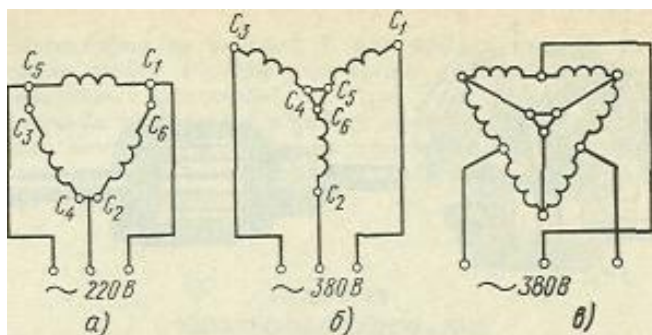
**Рис. 1** Асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором (а) и фазный ротор (б).

Асинхронный электродвигатель (рис. 1 а) состоит из двух основных частей: неподвижной — статора 2 и вращающейся — ротора 5.

Статор имеет чугунную или алюминиевую станину 1 с запрессованной в нее активной частью, которая представляет собой пакет, набранный из пластинок тонкой листовой электротехнической стали. Каждая пластинка изолирована от соседней слоем лака. На внутренней цилиндрической поверхности пакета сделаны продольные пазы, в которых расположена обмотка статора.

Обмотка состоит из трех катушек (или групп катушек) с медным изолированным проводом, сдвинутых по окружности статора на равный угол относительно друг друга. Выводы от начала и конца каждой из трех групп катушек статора соединяются между собой в коробке 3 выводов, расположенной на внешней стороне станины двигателя. Обмотка статора этих двигателей чаще рассчитана на работу при напряжении в сети 220 и 380 В. При напряжении 220 В обмотка соединяется треугольником ( $\Delta$ ) (рис. 2, а), 380 В — звездой (Y) (рис. 2, б). Для удобства соединения все шесть выводов от обмотки промаркированы: начала катушек обозначены  $C_1, C_2, C_3$ , концы —  $C_4, C_5, C_6$ .

Станина с обеих сторон закрывается крышками 4 (см. рис. 2, а), которые крепятся к ней болтами или стяжными шпильками. В крышках находятся подшипники, в которых вращается вал ротора.



**Рис. 2. Схемы соединения обмоток статора асинхронных электродвигателей:**

*a* — треугольником, *б* — звездой, *в* — двойной звездой

Ротор 5, так же как и статор, собран из изолированных листов электротехнической стали. На наружной части ротора есть пазы, в которых укладывается обмотка.

По типу обмотки ротора электродвигатели разделяются на двигатели с короткозамкнутым и с фазным ротором. В короткозамкнутом роторе обмотка состоит из стержней, заложённых в пазы и соединённых с торцовых сторон токопроводящими кольцами. Такая обмотка называется беличьим колесом. Фазный ротор (рис. 1, *б*) отличается тем, что в пазах пакета 8 уложена обмотка 7 из изолированного привода. Как и обмотка статора, она состоит из трех катушек или трех групп катушек. Начала катушек соединены звездой на роторе, а концы подведены к трем контактным кольцам 6, изолированным друг от друга и от вала ротора. На кольца наложены угольные (графитовые) щетки, находящиеся в щеткодержателях, которые укреплены на одной из крышек станины электродвигателя. Когда щетки прижимаются к контактным кольцам, происходит скользящий токосъем, т. е. вращающаяся обмотка ротора может быть электрически соединена с неподвижными резисторами, находящимися вне двигателя. Дополнительное сопротивление резисторов, включаемое в цепь ротора, уменьшает пусковой ток двигателя, что снижает его пусковой момент и обеспечивает плавный пуск.

Работа электродвигателя основана на взаимодействии вращающегося магнитного поля обмотки статора и токов, индуцируемых в обмотке ротора. Если взять, например, стальное кольцо, намотать на него три проволочные обмотки (спирали) на одинаковом расстоянии по кольцу одна от другой и пропустить через них трехфазный ток, то у каждой обмотки образуется магнитное поле. Взаимодействуя между собой, эти три поля образуют общее магнитное поле; оно по величине останется неизменным, и будет вращаться вокруг оси кольца, поэтому оно и называется вращающимся. В двигателе вращающееся поле статора пересекает магнитными силовыми линиями обмотку ротора, при этом в ней возникает (индуцируется) электрический ток, который взаимодействует с магнитным полем статора. Сила взаимодействия тока в обмотке ротора с вращающимся магнитным полем статора создает момент на оси ротора, под действием которого ротор вращается вслед за полем статора, преодолевая при этом приложенный к валу двигателя момент внешней нагрузки.

Частота вращения магнитного поля статора зависит от частоты тока и числа пар полюсов. Частота вращения ротора асинхронного двигателя всегда немного меньше, чем частота вращения магнитного поля статора. Поэтому этот тип двигателя и называют асинхронным (не совпадающим по времени). Во время разгона двигателя по мере приближения частоты вращения ротора к частоте вращения магнитного поля статора уменьшается относительная скорость пересечения обмотки ротора вращающимся магнитным полем статора, соответственно уменьшается и ток в роторе, а также вращающий момент. Когда момент сопротивления становится равным вращающему моменту двигателя, наступает состояние равновесия, при котором частота вращения ротора не изменяется.

Если приложить к валу двигателя вращающий момент нагрузки, направленный в ту же сторону, что и момент двигателя, то частота вращения вала двигателя возрастет, достигнет частоты вращения магнитного поля и несколько превзойдет ее. С этого момента

двигатель начнет работать в режиме сверх синхронного торможения, называемом также генераторным, так как двигатель, работая в этом режиме, отдает энергию в сеть.

Такой переход от двигательного режима к генераторному происходит у двигателей привода грузоподъемного механизма подъемников. Подъем груза происходит в двигательном режиме, а опускание его — в генераторном.

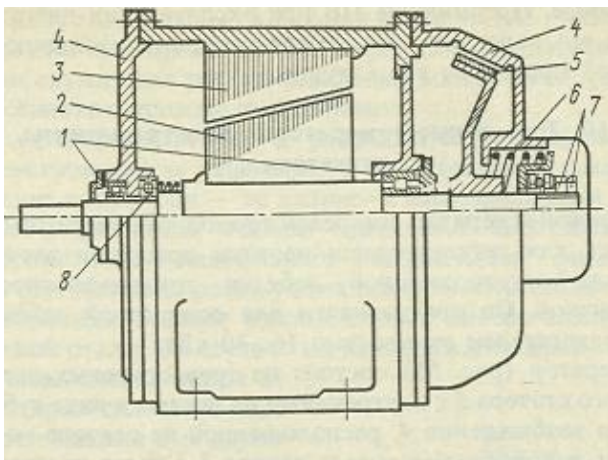
Чтобы изменить направление вращения асинхронного двигателя, достаточно поменять местами любые две фазы, питающие обмотку статора. При этом изменится направление тока в обмотках двигателя, следовательно, направление вращения магнитного поля статора и ротора.

Частота вращения магнитного поля статора  $n_1$  (об/мин) прямо пропорциональна частоте  $f$  переменного тока и обратно пропорциональна числу  $p$  пар полюсов в обмотке статора

$$n_1 = (f * 60) / p.$$

Три группы катушек статора, сдвинутые по окружности статора на равный угол друг относительно друга, образуют одну пару полюсов, шесть групп образуют две пары полюсов, девять — три пары и т. д. Таким образом, изменяя число групп катушек в статоре двигателя, можно менять частоту вращения его магнитного поля, а следовательно, и вала двигателя. В многоскоростных двигателях, имеющих шесть групп катушек и более, изменяя порядок соединения их между собой и подключения к проводам внешней сети, изменяют частоту вращения ротора. Например, в двухскоростном двигателе, имеющем шесть групп катушек статора, для медленного вращения ротора их соединяют попарно последовательно треугольником, а для быстрого вращения — двойной звездой (см. рис. 2, в). Двигатели имеют от двух до четырех скоростей вращения вала. Сейчас выпускают асинхронные двигатели, рассчитанные на работу только при одном напряжении (127, 220 или 380 В); напряжение указано на табличке, закрепленной на внешней стороне станины двигателя.

Самотормозящий асинхронный электродвигатель со встроенными тормозами (рис. 3). Ротор этого двигателя имеет не цилиндрическую, а конусную форму, соответствующую форме расточки статора 3. Когда двигатель выключен, ротор силой пружины 6 выталкивается по направлению его оси из расточки статора, образуя увеличенный зазор. При этом тормозящий конус 5, жестко соединенный с валом ротора, прижимается к конической поверхности, находящейся внутри крышки 4 электродвигателя. Поэтому выключенный двигатель находится в заторможенном состоянии. Сила торможения регулируется предварительным затягиванием пружины 6 с помощью гаек 7.



При включении электродвигателя ротор втягивается в расточку статора до упора утолщения вала в подшипник 8. Зазор между ротором и статором при этом сокращается до нормальной величины, пружина 6 сжимается, тормозной конус отходит от конической поверхности крышки электродвигателя и торможение прекращается — электродвигатель работает.

**Рис. 3 Самотормозящий электродвигатель**

1,8 — подшипники, 2 — ротор, 3 — статор, 4 — крышка, 5 — тормозящий конус, 6 —

пружина, 7 — регулировочные гайки

Режимы работы двигателей подразделяются на кратковременные и повторно-кратковременные.

**Кратковременным** называется такой режим, при котором электродвигатель включается на короткое время (10... 20 мин), и при этом не успевает нагреться до установившейся температуры. Затем наступает длительный перерыв в работе до полного остывания двигателя.

**Повторно-кратковременный** режим представляет собой длительно повторяющиеся циклы. В каждом цикле последовательно чередуются включение — работа, выключение — пауза. Этот режим характеризуется продолжительностью включения (ПВ), выражаемой в процентах: ПВ-(время работы/время цикла)- 100 %.

Время цикла при этом режиме не должно превышать 10 мин. Таким образом, если двигатель работает непрерывно 10 мин, то ПВ — 100 %. Стандартные значения ПВ 15, 25, 40 и 60 %. Например, время цикла электродвигателя механизма подъема подъемника складывается из времени работы двигателя при подъеме груза на заданный этаж, времени перерыва в работе, необходимого для разгрузки груза на заданном этаже, времени опускания грузонесущего органа в исходное положение для взятия новой порции груза, времени загрузки грузонесущего органа подъемника и подготовительно-заключительного времени, состоящего из сравнительно коротких перерывов между перечисленными операциями. Превышение ПВ при эксплуатации двигателя ведет к его перегреву, что может нарушить изоляцию обмоточной проволоки его катушек.

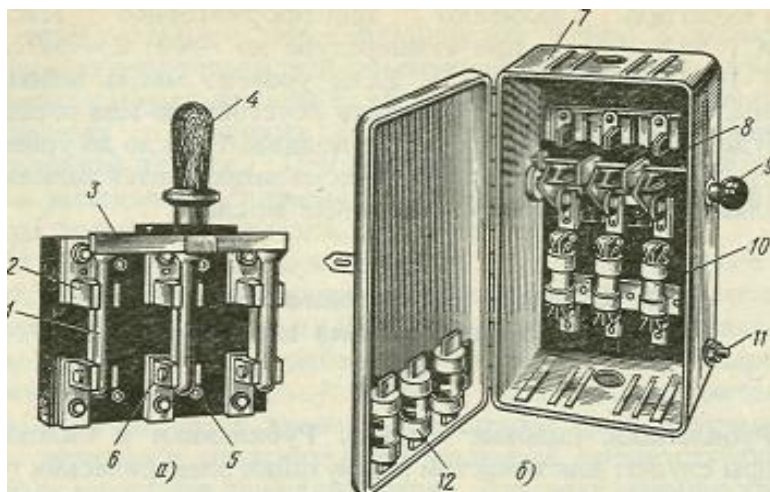
#### **Аппараты для нечастой коммутации, замыкания и размыкания электрических цепей**

Рубильники, силовые шкафы. Рубильники и силовые шкафы служат для нечастой коммутации электрических потребителей переменного или постоянного тока напряжением до 500 В и применяются в основном для подключения подъемников к внешней сети.

**Рубильник** (рис. 4 а) имеет один или несколько подвижных ножей 1, шарнирно закрепленных в контактных стойках 6. Ножи связаны траверсой 3 из изоляционного материала. При включении рубильника ножи вводят в контактные губки 2. К губкам присоединены провода от внешней сети, а к контактным стойкам ножей — провода или жилы кабеля, идущие к подъемнику. Рубильником управляют (включают и отключают) с помощью рукоятки 4. Рубильник обязательно закрывают кожухом.

У рубильника, предназначенного для отключения больших токов, рукоятка чаще располагается сбоку и соединяется с ножами через рычажную систему.

**Силовой шкаф** (рис. 4 б) изготовлен из листового металла. В этом шкафу на изоляционной плите смонтированы: рубильник 8, механизм его управления с помощью боковой рукоятки 9 и плавкие предохранители 10. Рукоятка имеет блокировочное устройство, благодаря которому нельзя открыть дверку шкафа при включенном рубильнике и включить рубильник при открытом шкафу. На дверке шкафа с внутренней стороны обычно установлены пружинящие держатели для запасных предохранителей. Для безопасной эксплуатации шкаф 7 и кожух рубильника заземляют.



**Рис. 4** Аппараты для нечастой коммутации:

**а** - рубильник,

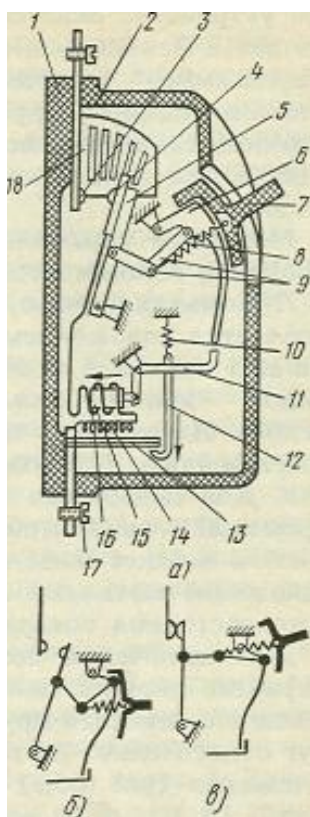
**б** - силовой шкаф

1 - нож, 2 - контактные губки, 3 - траверса, 4, 9 - рукоятки, 5 - изоляционная плита, 6 - контактная стойка, 7 - шкаф, 8 - встроенный рубильник, 10 - предохранители, 11 - зажим заземления, 12 - запасные

## предохранители

**Автоматические выключатели.** Автоматические выключатели (автоматы) предназначены для автоматического отключения электрических цепей в случае нарушения нормальных условий работы (например, при перегрузке или коротком замыкании), а также для нечастого включения или выключения электрических цепей.

Автоматический выключатель (рис. 5, а) состоит из основания с крышкой, коммутирующего устройства, дугогасительных камер, механизма управления и расцепителей максимального тока. На пластмассовом основании 1 под крышкой 2 смонтированы все части автомата. Коммутирующее устройство включает неподвижные 3 и подвижные 4 контакты. Неподвижные контакты укреплены на основании, а подвижные — на общей изолирующей траверсе 5. Дугогасительные камеры 18, расположенные над контактами каждого полюса, имеют две щеки из изоляционного материала и несколько металлических пластин, укрепленных между щеками.



**Рис. 5 Автоматический выключатель (а) и положения (б, в) рычажной системы: б — разомкнутое, в — замкнутое**

1 - основание, 2 - крышка, 3, 4 - контакты, 5 - траверса, 6, 9, - рычаги, 7 - рукоятка. 8, 10 - пружины, 11 - тяга, 12 - термоэлемент, 13 - якорь, 14 - катушка, 15 - винт, 16 - дугогасительная камера

Механизм управления состоит из рычажной системы, рабочих и вспомогательных пружин и приводной рукоятки 7. Коммутационное положение контактов автомата определяется положением рукоятки: во включенном положении она занимает крайнее верхнее положение, в выключенном — крайнее нижнее, в отключенном расцепителе — среднее. На рис. а автомат показан в отключенном положении после срабатывания расцепителя максимального тока. Для подготовки автомата к включению рукоятку 7 перемещают вниз, чтобы фигурный рычаг 6 повернулся и нижним концом вошел в зацепление с зубом рычага 11. Положение рычажной системы механизма управления для этого состояния показано на рис. б.

Для включения автомата его рукоятку перемещают в крайнее верхнее положение. При этом изменяется направление действия пружины 8. Рычаги 9 поворачиваются друг относительно друга, перемещаются вверх от среднего положения (рис. 5 б) и замыкают контакты 5 и 4 автомата.

Автомат отключается при срабатывании расцепителей максимального тока. По принципу действия расцепители бывают: тепловые, электромагнитные и комбинированные, состоящие из последовательно соединенных теплового и электромагнитного расцепителей.

Тепловой расцепитель состоит из термоэлемента 14 и биметаллической пластины 13, которая при нагревании изгибается, (пластина нагревается от термоэлемента, если по нему проходит ток перегрузки). При изгибании пластины ее свободный конец перемещается вниз и, преодолевая усилие пружины 10, через тягу 12 поворачивает рычаг 11. Зуб рычага выходит из зацепления с фигурным рычагом 6. Под действием пружины 8 фигурный рычаг поворачивается вокруг своей оси на некоторый угол и изменяет положение рычагов 9. При этом отключается автомат с выдержкой времени, находящейся в обратной зависимости от силы тока. Следовательно, чем больше ток, тем меньше времени требуется для отключения автомата.



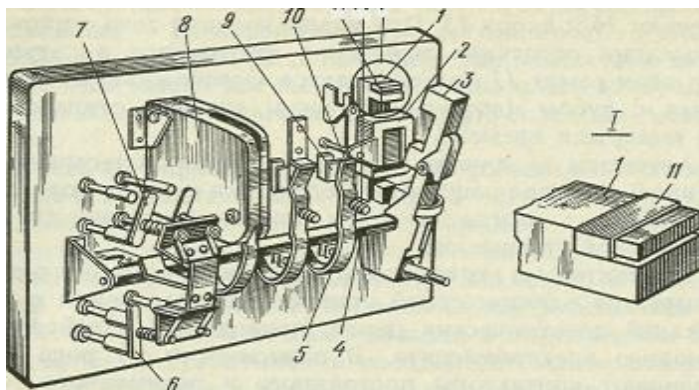
Электромагнитный расцепитель состоит из катушки 16 и якоря /5. При возникновении тока короткого замыкания сердечник мгновенно втягивается в катушку. При этом рычаг 11 поворачивается, освобождает от зацепления с зубом фигурный рычаг и автомат отключается без выдержки времени.

Автоматы включают в линию питания от внешней сети для защиты от перегрузки и токов короткого замыкания, а иногда автоматы применяют также для защиты цепей управления.

Контакторы и магнитные пускатели. Контактором называется электрический аппарат для замыканий и размыканий электрических цепей, приводимый в действие с помощью электромагнита. В зависимости от рода тока различают контакторы постоянного и переменного тока.

По числу одновременно переключаемых цепей контакторы разделяют на одно- и многополюсные.

Трехполюсный контактор переменного тока (рис. 6) состоит из трех основных частей: магнитной системы, системы главных контактов и системы блок-контакте в. *Магнитная* система включает в себя неподвижную часть — ярмо 1, катушку 2 и подвижную часть — якорь 3. Ярмо и якорь контакторов переменного тока склепаны из тонких, пластин электротехнической стали. Система *главных контактов* состоит из неподвижных 9 и подвижных 10 контактов, к которым подводятся провода переключаемой цепи. Подвижные контакты укреплены на одном валу с якорем. Блок-контакты 6 и 7, также соединенные с валом якоря, служат для электрических переключений в цепях управления, в которые включена катушка контактора. Главные контакты делают массивными, рассчитанными на большой ток, а *блок-контакты* небольшими, так как ток в цепи управления обычно не превышает 5 А.



**Рис. 6 Трехполюсный контактор переменного тока:** 1 — ярмо, 2 — катушка, 3 — якорь, 4 — вал, 5 — соединение подвижного контакта, 6, 7 — блок-контакты, 8 — дугогасительная камера, 9, 10 — контакты, 11 — коротко-замкнутый виток, 12 — пружина

При включении катушки контактора в сеть с соответствующим напряжением в магнитной системе контактора возникает магнитный поток. Под действием этого потока якорь притягивается к ярму. Вал 4 поворачивается вместе с якорем, и укрепленные на нем подвижные контакты 10 соединяются с соответствующими неподвижными контактами 9. На рычагах подвижных контактов установлены пружины, которые обеспечивают равномерную плотность прижатия одних контактов к другим. Одновременно с силовыми контактами замыкаются блок-контакты 7 и размыкаются блок-контакты 6. При отключении катушки от сети магнитный поток исчезает, якорь отпадает от ярма под действием пружин контактов и собственной силы тяжести, силовые контакты и блок-контакты 7 замыкаются, а блок-контакты 6 размыкаются. Поэтому блок-контакты 6 называются размыкающими, а блок-контакты 7 — замыкающими.

При размыкании электрических цепей, находящихся под нагрузкой, между силовыми контактами возникает электрическая дуга, мощность которой зависит от напряжения, рода тока и его величины. Электрическая дуга, даже кратковременно образующаяся между контактами, служит причиной их износа, подгорания и разрушения. Для сокращения времени горения дуги применяется деионное или электромагнитное принудительное

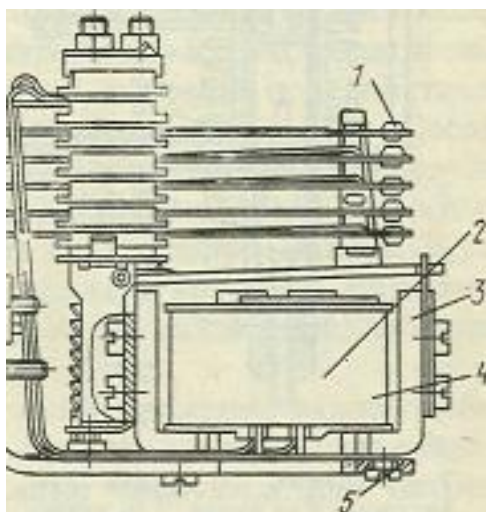
гашение дуги. В обоих случаях силовые контакты заключают в дугогасительную камеру 8, выполненную из жаростойкого материала. Камера служит для охлаждения и гашения дуги, а также предотвращает переброс ее на соседние аппараты или заземленные части. Работа контактора со снятыми дугогасительными камерами недопустима. Если мощность контактов небольшая, то принудительного гашения дуги не применяют, но между полюсами контактора, т. е. между парами контактов, ставят перегородки, препятствующие перебросу дуги на контакты соседних полюсов.

Ток в катушке переменного тока в течение секунды 100 раз снижается до нуля (при частоте 50 Гц), соответственно снижается и тяговое усилие электромагнита. В этот момент якорь может несколько отходить от ярма, поэтому электромагнит контактора будет работать с вибрацией и гудением. Чтобы устранить эти явления, на торцы ярма и якоря надевают коротко замкнутые витки 11, благодаря которым магнитный поток не уменьшается до нуля. При исправных коротко замкнутых витках магнитная система контактора работает с легким гудением, без заметной вибрации.

Магнитным пускателем называется малогабаритный контактор упрощенной конструкции, рассчитанный на меньшее число включений и меньший ток. В отличие от контактора он может иметь встроенный тепловой расцепитель, предохраняющий двигатель от порчи при перегрузке. Магнитные пускатели применяются в основном для управления двигателями с короткозамкнутым ротором на грузовых подъемниках.

### Аппараты защиты электрооборудования

**Промежуточное реле.** Промежуточное реле применяют в качестве вспомогательного аппарата, когда основной аппарат не обладает достаточным количеством контактов, основного аппарата недостаточно для размыкания или замыкания цепи.



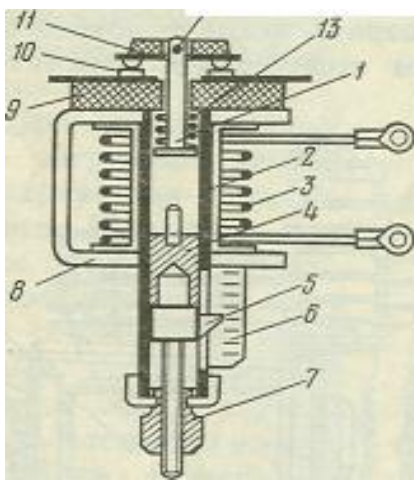
Промежуточные реле (рис 7) выпускают с катушками постоянного и переменного тока. Такие реле имеют от трех до шести контактов 1. Подвижные контакты реле - мостикового типа - укреплены на одном стержне с якорем 2. Когда катушка 4, находящаяся на ярме магнитной системы реле, включается в сеть, якорь притягивается к ярму и контакты срабатывают, т. е. замыкают или размыкают неподвижные контакты, находящиеся на корпусе реле, выполняя при этом необходимые переключения в схеме. Контакты реле рассчитаны на ток до 20 А.

**Рис. 7 Промежуточное реле:**

1 - контакты, 2 - якорь, 3 - ярмо, 4 - катушка, 5 -

скоба

**Реле времени.** Реле времени применяют для автоматического замыкания и размыкания цепей управления с заданной выдержкой времени. Электромагнитная система реле устроена таким образом, что при включении катушки реле в сеть якорь реле притягивается к ярму, а при выключении катушки она автоматически закорачивается и магнитный поток в магнитной системе реле, сохраняющийся на некоторое время, удерживает якорь в притянутом состоянии. После ослабления магнитного потока возвратная пружина отрывает якорь от ярма и размыкает коммутационные контакты. Время, в течение которого якорь находится в притянутом к ярму состоянии после отключения катушки от



сети, называется временем выдержки. Это время зависит от типа реле, его регулировки и находится в пределах 0,2...3 с.

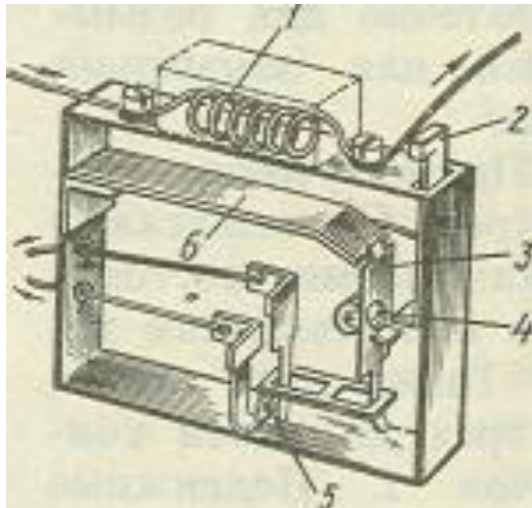
**Максимальное реле.** Максимальное реле, или реле максимального тока (рис 8), служит для защиты электродвигателя от повреждения при его перегрузке или замыкания.

Реле устроено так. На вертикально расположенной в латунной трубке 2 снаружи надета катушка 5 из толстой изолированной проволоки, а внутри трубки, в ее нижней части, находится стальной цилиндрический стержень (якорь) 4. Катушка реле включается последовательно в фазу цепи двигателя. При протекании тока по катушке создается магнитное поле, возрастающее с увеличением тока.

**Рис. 8 Максимальное реле:** 1 - стержень, 2 - трубка, 3 - скоба, 9 - изолирующая колодка, 10 - контакты, 11 - коромысло, 12 - ось, 13 – пружина

Если ток в катушке превышает заданную величину, стержень поднимается, втягиваясь в катушку, при этом якорь воздействует на латунный стержень / и, преодолевая усилие пружины 13, поднимает его, а вместе с ним поднимается коромысло 11, рабочие контакты 10 размыкаются, разрывают цепь катушки магнитного пускателя и двигатель отключается.

Реле регулируется на необходимый ток срабатывания вращением гайки 7 в соответствии со шкалой 6 указателя: чем ниже опущен стержень (якорь) в латунной трубке, тем больший ток необходим для срабатывания реле.



**Тепловое реле.** Тепловое реле служит для защиты электродвигателя от небольших, но длительных перегрузок, при которых ток двигателя на 10...20 % превышает номинальный. Реле срабатывает при определенной температуре, зависящей от тока в цепи двигателя.

**Рис. 9 Тепловое реле:**

3 -рычаг, 4 - пружина, 5 - контакты, 6 – биметаллическая пластина

В подъемниках применяют биметаллические тепловые реле (рис. 9). Основным элементом реле - биметаллическая пластинка б, состоящая из двух металлов с различными коэффициентами линейного расширения. При нагревании пластинки рабочим током, проходящим по расположенному рядом с ней нагревательному элементу /, она изгибается в сторону металла с меньшим температурным коэффициентом линейного расширения. Конец пластинки, поднимаясь, освобождает рычаг 3, который под действием пружины 4 поворачивается против часовой стрелки. Соединенная с рычагом тяга размыкает контакты реле, в результате чего отключается контактор или магнитный пускатель, с помощью которого двигатель был включен в сеть. В исходное положение реле возвращают

вручную, нажатием на возвратное устройство 2, после того как биметаллическая пластинка остынет в течение 60...90 с.

Реле срабатывает с выдержкой времени, находящейся в обратной зависимости от силы тока; чем больше ток в нагревателе, тем меньше времени требуется для нагрева биметаллической пластинки, а, следовательно, и для срабатывания реле.

**Плавкие предохранители.** Плавкие предохранители предназначены для защиты электрооборудования и электрических сетей от больших токов, способных их повредить. Эти токи могут возникать при коротких замыканиях и значительных перегрузках (на 50 % и более).

Основной рабочий элемент предохранителей - проводник обычно низкой температуры плавления и определенной площади поперечного сечения. Через этот проводник проходит ток защищаемой цепи. При увеличении тока в цепи проводник нагревается этим током, расплавляется и размыкает предохраняемую цепь.

Для предохранения силовых цепей электродвигателей применяют трубчатые предохранители, а для цепей освещения и сигнализации - пробочные (резьбовые).

Трубчатый предохранитель состоит из патрона (трубки) с укрепленными на его концах контактными наконечниками в виде колпачков или ножей, к которым присоединены концы легкоплавкого калиброванного проводника, находящегося внутри патрона. При установке предохранителя его контактные наконечники входят в пружинящие зажимы предохранительного щитка.

Патроны предохранителей изготавливают из фибры, фарфора или стекла. Фибра при плавлении находящегося в патроне калиброванного проводника частично разлагается, образовавшиеся при этом газы обладают дугогасящим свойством. Патроны из других материалов с этой же целью заполняются сухим кварцевым песком.

Пробочные предохранители также имеют легкоплавкий проводник определенного сечения, но он находится в канале фарфорового корпуса предохранителя, который заканчивается резьбовой частью (цоколем) и торцовым контактом. Один конец легкоплавкого проводника плотно соединен (приварен или припаян) с резьбовой частью цоколя, а другой - с его торцовым контактом.

Пробочные предохранители ввертывают в резьбовое гнездо предохранительной колодочки. При этом торцовый контакт предохранителя должен плотно примыкать к контакту, находящемуся в глубине гнезда. При неполном примыкании между контактами возникает искрение и, как следствие, нагрев, контакты окисляются и в некоторых случаях нарушается электрическая цепь.

Перегоревшие предохранители заменяют новыми с плавкой вставкой, рассчитанной на тот же ток.

**Конечные выключатели.** Конечные выключатели применяются в основном для ограничения действия механизмов, в некоторых случаях их используют в качестве выключателей блокировки или для включения цепей сигнализации или адресования груза.

Конечные выключатели по принципу их действия разделяются на две группы. К первой группе относятся выключатели, требующие механического (силового) воздействия для их срабатывания, ко второй группе — не требующие механического воздействия для срабатывания.

Из выключателей первой группы в основном используют рычажные. Путьевой выключатель серии ВП-16, наиболее часто применяющийся в качестве конечного или путевого выключателя на строительных грузовых и грузопассажирских подъемниках. Выключатель состоит из металлического корпуса с герметичной крышкой. Корпус внутри разделен на два отсека, в одном из них расположен контактный блок, а в другом — механизм мгновенного действия. В месте расположения этого механизма находится приводной валик, на внешнем конце которого закреплен рычаг с роликом. На внутреннем конце валика есть поводок в виде подпружиненного зуба, который при повороте валика воздействует на контактную систему выключателя таким образом, что его одни контакты

мгновенно замыкаются, а другие также мгновенно размыкаются. Действие контактов обеспечивается пружинным механизмом, расположенным в корпусе выключателя. При снятии нагрузки с ролика он при помощи селективных пружин выключателя возвращается.

Рычажный конечный выключатель типа ВК-300. Контактная система выключателя расположена в корпусе под герметичной крышкой. Рычаг с роликом у этого выключателя можно устанавливать в различные исходные положения за счет его перестановки на шлицах оси. Для механического воздействия на рычаг конечного выключателя через ролик обычно используется лыжа, которая, перемещаясь, отклоняет рычаг.

В качестве выключателей второй группы применяются бесконтактные датчики КВД и датчики с герметизированными контактами — герконы.

**Аппараты ручного управления.** Для управления электродвигателями применяют кнопки управления и кнопочные станции, обычные и пакетные выключатели, универсальные переключатели.

**Кнопки управления** служат для замыкания и размыкания цепей, питающих катушки контакторов, магнитных пускателей и реле, а также для включения звукового сигнала. Кнопка состоит из стержня с головкой (толкателем), смонтированного на стержне контактного мостика, и неподвижных контактов, укрепленных на корпусе кнопки. Толкатель удерживается в исходном положении возвратной пружиной. Кнопки имеют обычно замыкающие и размыкающие контакты, электрически не связанные один с другим. Контакты кнопок выдерживают ток до 5 А. Толкатели кнопок часто снабжаются надписями *Пуск* или *Стоп*. Кнопки *Стоп* обычно имеют красный цвет.

Комплект кнопок, встроенный в общий кожух, называется кнопочной станцией, или кнопочным постом. На грузовых подъемниках чаще применяют переносные кнопочные станции с пластмассовым кожухом. К кнопкам подводят ток напряжением не более 220 В. Кожух кнопок, если он металлический, заземляют.

**Пакетные выключатели** применяют для включения цепей управления, освещения и нагревательных приборов. Пакетные выключатели состоят из двух основных частей: контактной системы и переключающего механизма. Контактную систему набирают из секций. Каждая секция представляет собой изолятор, в пазах которого находятся неподвижные контакты с зажимами для подсоединения проводов. Подвижные контакты выключателя — скользящие. Секции (до семи) объединяют в пакет и закрепляют между пластиной основания и крышкой выключателя стяжными шпильками. Пакетный выключатель включают и выключают, поворачивая, центральный стержень за рукоятку. Благодаря заводному пружинному устройству переключающий механизм обеспечивает мгновенные размыкание и замыкание контактов независимо от скорости поворота рукоятки, что уменьшает искрение в замыкающихся контактах и увеличивает срок их службы.