

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ АВТОМАТИКИ И УПРАВЛЕНИЯ

10.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Электрические аппараты автоматики и управления осуществляют непериодическую коммутацию в электрических цепях в целях защиты оборудования и регулирования электрических нагрузок. Различают электрические аппараты высокого (от единиц до 750 кВ и выше) и низкого (до 1 000 В) напряжений. Аппараты высокого напряжения рассчитываются на отключение токов до сотен килоампер и здесь подробно рассматриваться не будут. Среди аппаратов низкого напряжения различают аппараты автоматики и аппараты управления.

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 (контакторы, магнитные пускатели, командоаппараты) и аппараты распределения электроэнергии и ее отключения в аварийных режимах (автоматы, предохранители, рубильники, пакетные выключатели).

Электрические аппараты изготавливают 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.

10.2. МЕХАНИЗМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КОНТАКТА

Контактом называется место механического соединения токоведущих элементов электрической цепи, предназначенных для ее замыкания или размыкания. Различают контакты неподвижные (рис. 10.1, *a*) и подвижные. Последние разделяются на скользящие и стыковые. Типовая конструкция скользящего кон-

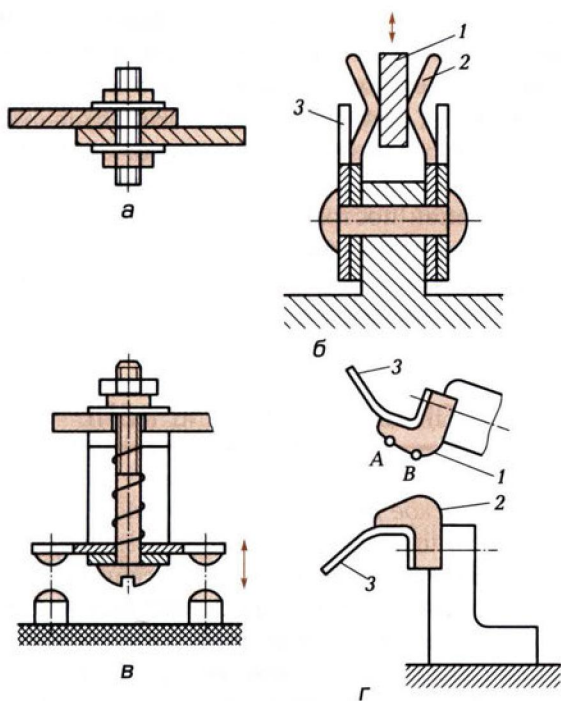


Рис. 10.1

такта (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. Для увеличения износостойкости применяют рычажковые контакты с перекатыванием одного контакта относительно другого (рис. 10.1, г). В разомкнутом состоянии подвижный контакт 1 находится относительно неподвижного 2 в указанном на рис. 10.1, г положении. Начало соприкосновения контактов при их замыкании происходит в точке А, а при дожатии точка соприкосновения контактов перемещается в точку В. В результате контакты меньше подвергаются эрозии от электрической дуги. Для ускорения ее гашения при размыкании контактов применяются «рога» 3, вдоль которых дуга перемещается, растягивается и гаснет.

Отключение электрической цепи не может быть мгновенным. При разрыве цепи тока неизбежно возникновение большей или меньшей ЭДС самоиндукции (3.19). 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, выделяющейся при длительном горении дуги постоянного тока.

10.3. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ РЕЛЕ

Электромеханическое реле, далее просто *реле*, представляет собой электрический аппарат, состоящий из измерительной и исполнительной частей или устройств. При действии на измерительное устройство электрической величины управления (ток, напряжение и др.) определенного значения реле срабатывает и его исполнительное устройство, содержащее контакты, производит коммутацию вспомогательной цепи оперативного тока, который приводит в действие электроприводы выключателей большой мощности.

Токи, коммутируемые реле, обычно не превышают 5 А при напряжениях до сотен вольт. Поэтому условия работы контактов реле легкие, а его рабочие характеристики определяются измерительным устройством.

Значение электрической величины управления, при которой происходит срабатывание реле, называется *параметром срабатывания*, или *уставкой*, а отпускание реле — *параметром возврата* (например, токи срабатывания $I_{\text{сраб}}$ и возврата $I_{\text{вз}}$).

По характеру электрической величины управления различают реле тока, напряжения, сопротивления (реагирующее на отношение между значениями тока и напряжения) и мощности.

В зависимости от характера изменения электрической величины управления, вызывающей срабатывание реле, различают реле максимальные, минимальные и дифференциальные.

Максимальное реле срабатывает, когда значение электрической величины управления (например, ток) больше значения, определенного уставкой.

Минимальное реле срабатывает, когда значение электрической величины управления (например, напряжение) меньше значения, определенного уставкой.

Дифференциальное реле срабатывает, когда разность значений двух сравниваемых одноименных электрических величин управления достигает значения, определенного уставкой.

Широко распространены также *реле времени*, которые имеют возможность регулировать в широких пределах выдержку времени от момента достижения электрической величиной управления значения уставки до момента замыкания контактов. Устройства выдержки времени могут встраиваться в реле тока, напряжения и др.

Основными параметрами реле являются:

- *чувствительность* — минимальное значение электрической величины управления, приводящее к срабатыванию реле;
- *коэффициент возврата* — отношение значений электрической величины управления, вызывающих отпускание и срабатывание реле;
- *быстродействие* — интервал времени от момента достижения электрической величиной управления значения уставки до момента замыкания или размыкания контактов (до 0,05 с для быстродействующих и 0,15 с для нормальных реле);

- **коммутируемая мощность** — произведение максимальных значений тока при замкнутых и напряжения при разомкнутых контактах.

Наиболее распространены электромагнитные, в том числе поляризованные и магнитоуправляемые, и тепловые реле.

Электромагнитные реле. 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 Φ , замыкающийся через магнитопровод 1, якорь 2 и воздушный зазор шириной δ . 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.

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 $\Phi_{п.м.}$, а магнитный поток срабатывания реле — $\Phi_{сраб} > \Phi_{п.м.}$. Тогда при согласном (встречном)

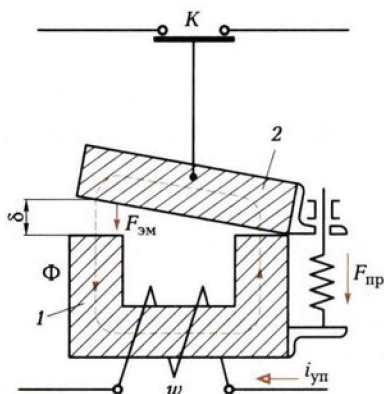


Рис. 10.2

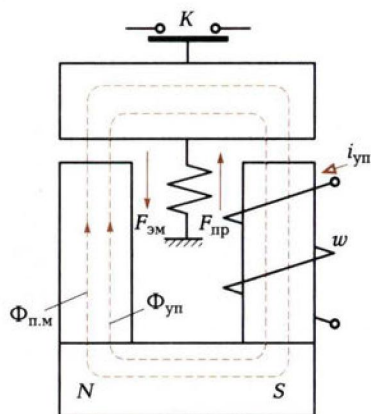


Рис. 10.3

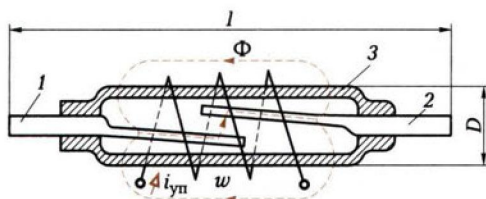


Рис. 10.4

направлении магнитного потока $\Phi_{п.м}$ 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: $\Phi_{уп} = \Phi_{сраб} - \Phi_{п.м}$. Это определяет высокие чувствительность по МДС $i_{уп}w$ (до 2 А) и быстродействие (до 0,005 с) поляризованного реле.

Магнитоуправляемое реле (геркон), в отличие 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 Φ , возбуждаемый током управления $i_{уп}$ в катушке с числом витков w , создает электромагнитную силу $F_{эм}$ 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.

Чувствительность герконов к МДС управления 10—200 А, габаритные размеры $l = 5—10$ мм, $D = 2—5$ мм.

Тепловые реле. 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 (большим) температурным коэффициентом линейного расширения применяется инвар — сплав никеля со сталью (различные стали, латунь, константан и др.).

На рис. 10.5 показаны конструкция и электрическая схема теплового реле. Нагреватель 2, включенный в цепь с током управления $i_{уп}$, воздействует на биметаллический элемент 1. При

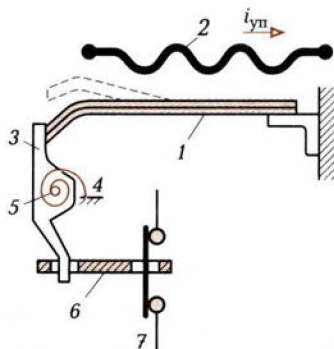


Рис. 10.5

значении тока $i_{уп}$, превышающем значение уставки, обе пластины биметаллического элемента, нагреваясь, удлиняются. Однако одна из них удлиняется больше, вследствие чего биметаллическая пластина изгибается вверх (показано штриховой линией) и выходит из зацепления с защелкой 3. Последняя под действием пружины 4 поворачивается вокруг оси 5 по направлению движения часовой стрелки и посредством тяги 6 размыкает контакты 7.

Например, тепловые реле для защиты от перегрузок компании «Шнейдер Электрик» (Франция):

тип реле	LR-K0301	LR2-K0304	LR2-K0308
уставка тока, А	0,11—0,16	0,36—0,54	1,8—2,6
тип реле	LR2-K0314	LR2-K0322	
уставка тока, А	5,5—8	12—16	

имеют регулируемую уставку выдержки времени от 2 до 10 с и массу 0,145 кг.

10.4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИЕМНИКАМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Электрические аппараты управления предназначены для оперативной коммутации электрических нагрузок приемников (электродвигателей, нагревательных устройств и др.) в нормальных режимах работы.

К электрическим аппаратам управления 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).

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.

На рис. 10.6 приведены конструкция и электрическая схема контактора постоянного тока поворотного типа. При отсутствии оперативного тока управления $I_{уп}$ в катушке с числом витков w подвижная часть контактора под действием силы F_B возвратной пружины 10 приходит в нормальное положение с разомкнутыми контактами. Возникающая при этом между контактами электрическая дуга A гасится в дутьевой дугогасительной камере 5. Для этого в цепь отключаемого тока I включена последовательно катушка 1 с ферромагнитным сердечником 2. Полюсы 3 в виде пластин из ферромагнитного материала, расположенные на торцах сердечника 2, позволяют создавать в зоне горения дуги магнитное поле, интенсивность которого пропорциональна значению отключаемого тока I . Взаимодействие этого магнитного поля с током в дуге создает электромагнитные силы $F_{эм}$, растягивающие и перемещающие дугу в камере.

Щелевая камера (см. рис. 10.6) представляет собой объем с узкими щелями между стенками 12 из дугостойкого электроизоляционного материала, например асбестоцемента. В щели камеры выдувается дуга, где она разрывается и гасится.

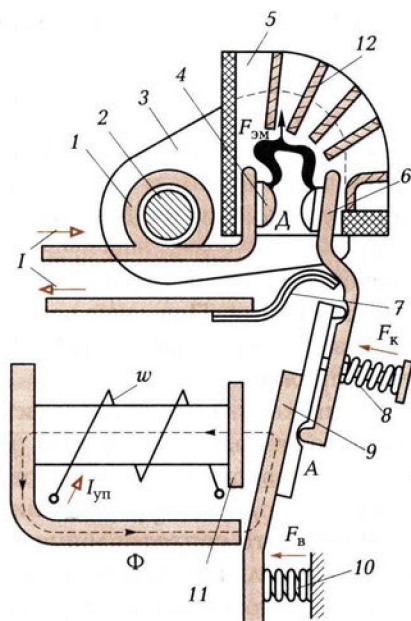


Рис. 10.6

Таблица 10.1. Параметры некоторых типов контакторов компании «Шнейдер Электрик» для управления асинхронными двигателями с короткозамкнутой обмоткой ротора

Тип контактора	Номинальный ток, А	Номинальное напряжение, В	Номинальная мощность двигателя, кВт, при напряжении, В			Максимальное число коммутационных циклов в час	Масса, кг
			220—240	380—400	660—690		
LC1-D09	9	690	2,2	4	5,5	1 200	0,32
LC1-D18	18	690	4	7,5	10	1 200	0,33
LC1-D50	50	1 000	15	22	33	1 000	1,4
LC1-D115	115	1 000	30	55	80	750	2,5

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 Φ , а следовательно, и электромагнитных сил, якорь 9, преодолев силы противодействия F_v возвратной 10 и F_k контактной 8 пружин, притянется к полюсному наконечнику 11 сердечника электромагнита.

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 пружиной 8.

При соприкосновении контактов происходит перекачивание подвижного контакта по неподвижному (см. рис. 10.1, г). 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.

Контакты поворотного типа предназначены для тяжелых режимов работы [частая коммутация (до 1000 в час) цепи с индуктивной нагрузкой] при больших номинальных токах (десятки и сотни ампер) и напряжениях (до 1000 В) (табл. 10.1).

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 (см. подразд. 10.3), что является их главным отличием от контакторов. В отличие от контакторов режим работы пускателей легче.

На рис. 10.7 приведены конструкция и электрическая схема магнитного пускателя прямоходового типа. Он имеет мостиковые контакты 2 и 3, с которых дуга выдувается в дугогасительные камеры 1. Силы F_k контактной и F_b возвратной пружин создают нажатие на замкнутые контакты и возврат аппарата в отключенное состояние. При включении оперативного тока управления $i_{уп}$ в цепь катушки с числом витков w под действием возбуждаемого им магнитного потока Φ , а следовательно, и электромагнитных

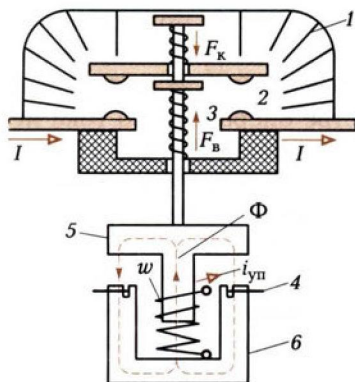


Рис. 10.7

Таблица 10.2. Параметры некоторых типов пускателей компании «Шнейдер Электрик» для управления асинхронными двигателями с короткозамкнутой обмоткой ротора

Тип пускателя	Номинальное напряжение, В	Номинальная мощность двигателя, кВт	Уставка тока теплового тела, 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

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.

Часто контакторы и пускатели кроме главных контактов для коммутации силовых цепей имеют также вспомогательные контакты для коммутации оперативного тока вспомогательных цепей.

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 представляет собой многопозиционный аппарат, предназначенный для управления режимами работы приемников электрической энергии путем непосредственной коммутации их силовых цепей. Контроллеры осуществляют пуск, регулирование

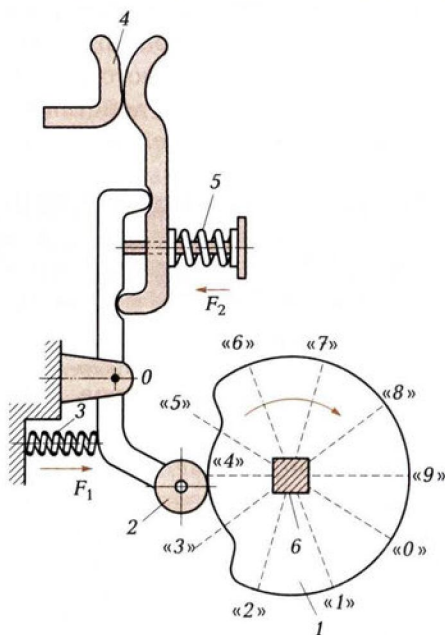


Рис. 10.8

частоты вращения, реверсирование и останов двигателя. Обычно контроллер (рис. 10.8) имеет общий вал *б*, на котором последовательно насажены диски различного профиля (на рис. 10.8 показан один диск *1*).

Поворот вала *б* фиксирует одно из десяти положений «0»—«9» профиля диска *1* по отношению к ролику *2*, прижимаемого к диску действием силы F_1 пружины *3*. При положении диска «3»—«5» контакты *4* замкнуты действием силы F_2 пружины *5*. При положении диска «0»—«2» и «6»—«9» контакты *4* разомкнуты.

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.

10.5. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Электрические аппараты распределения предназначены для коммутации цепей снабжения электроэнергией электроустановок и защиты их в аварийных режимах. К ним относятся плавкие предохранители, автоматические выключатели, рубильники, пакетные выключатели, кнопки.

Плавкие предохранители. Эти аппараты предназначены для защиты электроустановок от токов короткого замыкания. Их основной элемент — *плавкая вставка*, разрушающаяся под действием теплоты при больших значениях тока в ней. Материалом для плавких вставок служат медь и цинк. Последний не окисляется в пределах допустимых температур, что позволяет сохранять рабочие характеристики плавкой вставки долгое время.

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*.

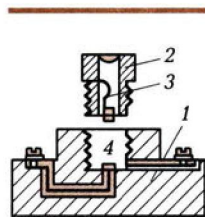


Рис. 10.9

Для защиты двигателей, электронагревательных установок и других устройств от токов короткого замыкания применяют *трубчатые* предохранители. Их типовая конструкция представляет собой трубку из электроизоляционного материала (фарфора, керамики, фибры и др.), в которой размещена плавкая вставка в среде воздуха, или различных наполнителей (кварцевый песок с содержанием SiO_2 не менее 99% и мела CaCO_3). Возникающая при плавлении вставки электрическая дуга, соприкасаясь с наполнителем, интенсивно охлаждается, деионизируется и быстро гаснет.

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, напри-

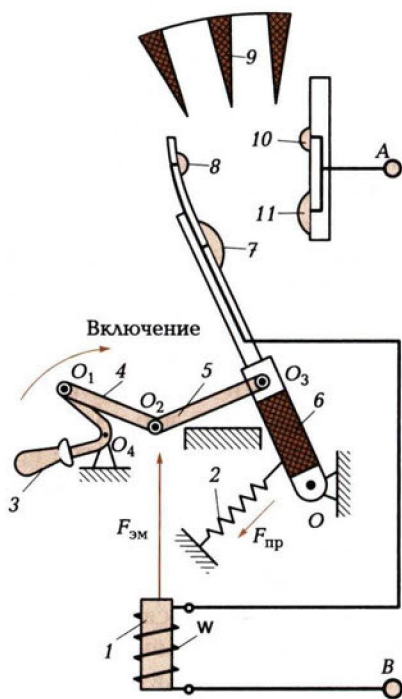


Рис. 10.10

мер 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).

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 *A* и *B* разомкнута. Включение автомата осуществляется вращением вручную рукоятки *З* 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 $F_{эм}$ перемещается, переводя рычаги *4* и *5* за «мертвую» точку. Она соответствует такому положению рычагов, при котором линия $O_1—O_2—O_3$ является прямой. При этом автомат силой $F_{пр}$ пружины *2* отключается, контакты размыкаются, а образующаяся между ними дуга выдувается в дугогасительную камеру *9* и гасится. Время отключения универсальных автоматов составляет десятые доли секунды.

Система рычагов *4* и *5* выполняет функции механизма свободного расцепления, позволяющего автомату отключаться в любой момент времени, даже в момент включения. Механизм свободного расцепления предотвращает возможность повторных несанкционированных циклов отключения и включения.

Быстродействующие автоматы предназначены для защиты установок постоянного тока. Их время отключения составляет тысячные доли секунды и достигается применением поляризованных (см. подразд. 10.3) 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 несколь-

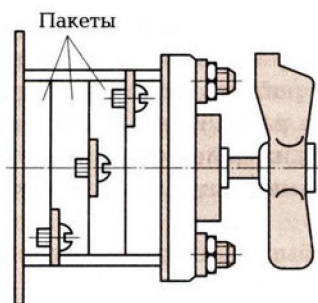


Рис. 10.11

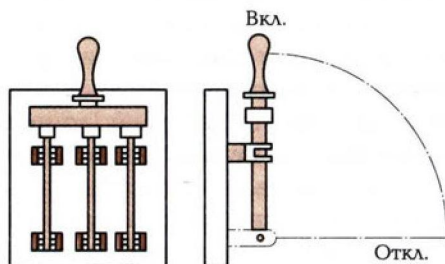


Рис. 10.12

ких 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. Рубильники служат для включения и отключения вручную приемников электрической энергии малой мощности и общих источников питания на распределительных щитах. Различают одно-, двух- и трехполюсные рубильники (рис. 10.12). Все они имеют скользящие контакты (см. рис. 10.1, б).

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.

10.6. РАСЦЕПИТЕЛИ АВТОМАТОВ

Расцепители (измерительные устройства) 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 встраиваются различные расцепители.

Расцепитель максимального тока применяется, если цепь должна отключаться при увеличении тока i в ней выше тока уставки (рис. 10.13, а). При достижении током i значения тока уставки под действием электромагнитной силы $F_{\text{эм}}$ якорь 2 втягивается в катушку 1 электромагнита, освобождая защелку 3, и под действием силы $F_{\text{пр}}$ пружины 4 контакты 5 разъединяются.

Чтобы исключить отключение автомата при кратковременном увеличении тока i , в цепи применяются расцепители с устройством выдержки времени (рис. 10.13, б). Зубчатая передача 6, связанная с часовым механизмом (на рис. 10.13, б не показан), не позволяет катушке 1 электромагнита мгновенно втянуть якорь 2 и освободить защелку 3 (табл. 10.3).

Расцепитель минимального тока применяется, если цепь должна отключаться при уменьшении тока i в ней ниже тока уставки (рис. 10.13, в). При достижении током i значения тока уставки под действием силы $F'_{\text{пр}}$ пружины 6, которая становится больше силы $F_{\text{эм}}$ электромагнита 1, якорь 2 освобождает защелку 3 и под действием силы $F''_{\text{пр}}$ пружины 4 контакты 5 разъединяются.

Расцепитель минимального напряжения применяется для отключения цепи, если ее напряжение ниже напряжения устав-

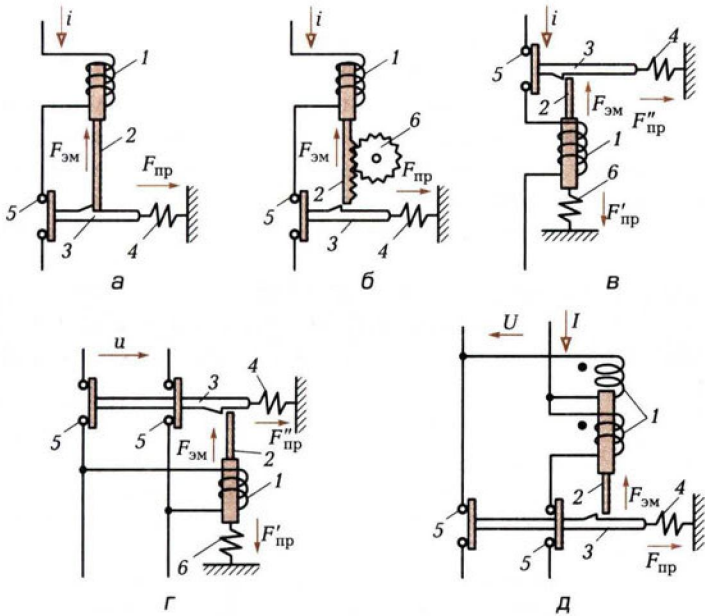


Рис. 10.13





Таблица 10.3. Параметры некоторых типов расцепителей компании «Шнейдер Электрик»







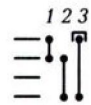

Тип расцепителя	Номинальный ток $I_{ном}$, А	Защита от перегрузки		Защита от токов короткого замыкания		Мгновенная токовая отсечка, А
		уставка тока $I_{сраб}$, А	уставка времени при $6I_{сраб}$, с	уставка тока, А	уставка времени, мс, не более	
STR22ME	40—220	$(0,6—1)I_{ном}$	6—15	$13I_{сраб}$	10	$15I_{ном}$
STR43ME	120—500	$(0,4—0,8)I_{ном}$	5,8—21,8	$(6—13)I_{сраб}$	10	$15I_{ном}$
STR22SE	40—250	$(0,4—1)I_{ном}$	5—7,5	$(2—10)I_{сраб}$	40	$11I_{ном}$
STR53UE	150—630	$(0,4—1)I_{ном}$	0,8—16	$(1,5—10)I_{сраб}$	15—230	$(1,5—11)I_{ном}$

* В скобках (без скобок) указаны пределы регулируемых (постоянных) уставок.

ки (рис. 10.13, г). Принципы действия расцепителей минимальных напряжения и тока аналогичны. Автомат минимального напряжения используется для защиты асинхронных двигателей с фазным ротором. Понижение или исчезновение напряжения может вызвать остановку двигателя и, если он не отключен, при повышении напряжения возникает большой пусковой ток, так как не включен пусковой реостат. Поэтому двигатель при понижении на-

Таблица 10.4. Условные обозначения элементов электрических аппаратов автоматики и управления

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

Условное обозначение	Наименование	Условное обозначение	Наименование
	Контакты реле: замыкающие размыкающие		Замыкающие контакты: с выдержкой времени при срабатывании
	Контакты контактора, пускателя, контроллера: замыкающие размыкающие		то же при возврате Размыкающие контакты:
	Плавкий предохранитель		с выдержкой времени при срабатывании
	Включатель путевой или конечный с замыкающим контактом		то же при возврате
	Контроллер на три положения и на четыре направления		Кнопки самовозврата: с замыкающим контактом
			с размыкающим контактом

пряжения отключается автоматически, а затем включается с применением пускового реостата.

Расцепитель обратной мощности применяется для защиты параллельно работающих генераторов постоянного тока (см. подразд. 9.11) от перехода одного из них в режим работы двигателя. При встречном включении катушек 1 расцепителя (рис. 10.13, г) сила $F_{эм}$ электромагнита 1 мала и автомат находится во включенном состоянии. При изменении направления тока I катушки электромагнита включаются согласно, электромагнитная сила $F_{эм}$ возрастает, якорь 2 притягивается катушками 1, защелка 3 освобождается и под действием силы $F_{пр}$ пружины 4 контакты 5 разъединяются.

Все элементы электрических аппаратов автоматики и управления имеют по ГОСТ условные обозначения. Некоторые из них приведены в табл. 10.4.

10.7. ВЫКЛЮЧАТЕЛИ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Разъединители являются простейшими выключателями высокого напряжения. Их назначение — отключение и переключение участков цепи под напряжением, но при отсутствии тока. Это необходимо для обеспечения безопасности ремонтных работ, переключения участков линий с одной системы шин на другую и т. д. Различают рубящие (см. рис. 10.1, б) и поворотные разъединители. Последние устанавливают в открытых распределительных устройствах с напряжениями 35—500 кВ. Управление разъединителями осуществляется вручную посредством изолированной штанги и дистанционно с помощью электрических или пневматических приводов. Приводы разъединителей обеспечиваются защитной блокировкой, не допускающей отключения разъединителя при включенном токе.

Выключатели нагрузки (разъединители мощности) применяются для отключения и подключения электроустановок малой мощности на подстанциях промышленных предприятий и мелких сельских электростанциях. Эти устройства аналогичны рубящим разъединителям, но имеют дугогасительные устройства. Они используются при напряжениях 6 и 10 кВ и рассчитаны на отключение токов, не превышающих удвоенного значения рабочего тока (табл. 10.5).

Таблица 10.5. Параметры некоторых типов выключателей нагрузки компании «Шнейдер Электрик» для управления асинхронными двигателями с короткозамкнутой обмоткой ротора

Тип выключателя нагрузки	Номинальный ток $I_{ном}$, А	Номинальная мощность асинхронного двигателя, кВт, при напряжении, В		Максимальный ток отключения, А	Уставка тока тепловых расцепителей, А	Масса, кг
		380—415	660—690			
GV2-ME07	1,6	0,75	1,5	$13I_{ном}$	1,6—2,5	0,26
GV2-ME10	6,3	2,2	4	$13I_{ном}$	4—6,3	0,26
GV2-ME14	18	4	7,5	$13I_{ном}$	6—10	0,26
GV2-ME20	32	7,5	15	$12I_{ном}$	13—18	0,26

Выключатели высокого напряжения должны отключать электроустановки большой мощности, а также цепи высокого напряжения при больших токах короткого замыкания (более 50 кА).

Различают масляные и воздушные выключатели высокого напряжения. В *масляных выключателях* контакты, размыкающие цепь тока, помещены в бак с минеральным маслом.

В *воздушных выключателях* один или оба расходящихся контакта выполняются полыми, а струя сжатого воздуха под давлением 0,7—2,0 МПа через полости контактов сдувает дугу с рабочих поверхностей контактов. По сравнению с масляным выключателем воздушный имеет меньшие массу и время отключения, но для его работы необходим источник сжатого очищенного и просушенного воздуха — компрессор.

После отключения участка цепи выключатель остается под напряжением. Для его отключения от цепи высокого напряжения при осмотре и ремонте применяют разъединители.

10.8. ШАГОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Шаговые двигатели (ШД) служат для преобразования электрических управляющих сигналов в дискретные угловые или линей-

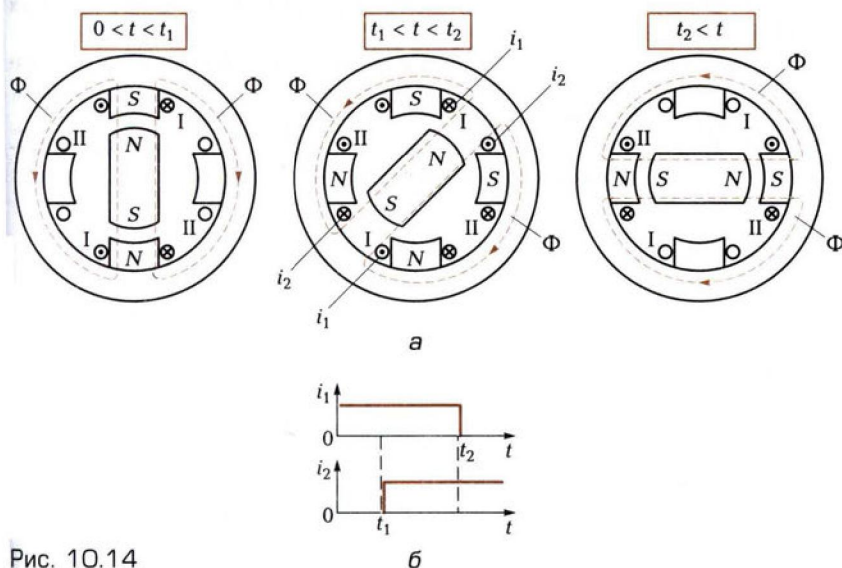


Рис. 10.14

ные перемещения ротора с фиксацией его положения. Они используются в системах автоматики.

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_2 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.

В общем случае угол поворота ротора зависит от числа пар полюсов статора и равен $\alpha = \pi/2p$.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие устройства называются электрическими аппаратами автоматики и управления?
2. В какие цвета должны быть окрашены шины в трехфазных цепях?
3. В какие цвета должны быть окрашены шины в цепях постоянного тока?
4. Какие основные параметры характеризуют реле?
5. Для каких целей используются контакторы, магнитные пускатели и автоматические выключатели?