

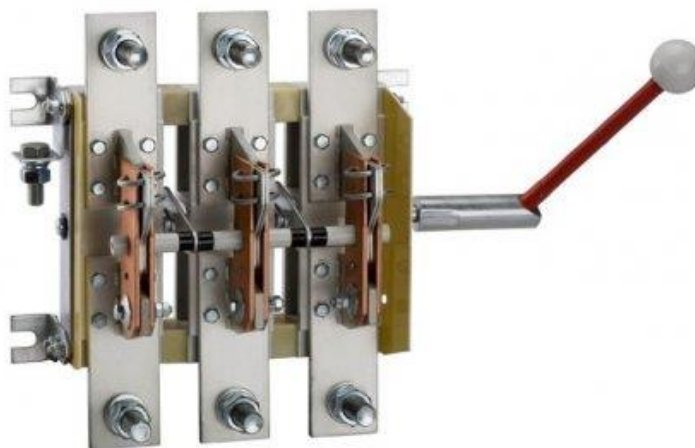
ТЕМА 7. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

7.4 АППАРАТУРА УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ

7.4.1 Выключатели, переключатели, рубильники, магнитные пускатели, контакторы

Рубильники являются простейшими аппаратами ручного управления, которые используются в цепях переменного тока при напряжении до 660 В и постоянного тока при напряжении до 440 В.

Рубильники и переключатели на силу тока от 100 до 1000 А применяются в распределительных устройствах электротехнических установок и служат для неавтоматического замыкания и размыкания электрических цепей.



Кроме рубильников к коммутационным аппаратам ручного управления относят пакетные выключатели и переключатели, универсальные переключатели, контроллеры. Эти аппараты служат для включения и отключения, а переключатели — для переключения электрических цепей постоянного и переменного тока при номинальной нагрузке.

Все рубильники и переключатели допускают длительную работу при температуре окружающего воздуха не выше 40

о С и нагрузке их номинальным переменным или постоянным током.

Рубильники и переключатели классифицируются по следующим признакам:

- 1) по величине номинального тока — 100; 200; 400; 600; 1000 А;
- 2) по количеству полюсов — однополюсные, двухполюсные, трехполюсные;
- 3) по наличию разрывных контактов — с разрывными контактами, без разрывных контактов.

Независимо от наличия разрывных контактов одни и те же рубильники и переключатели пригодны для работы на постоянном и переменном токе. Но вследствие худших условий гашения дуги на постоянном токе рубильники и переключатели без разрывных контактов в сетях постоянного тока применяются только в качестве разъединителей;

4) по способу управления — с непосредственным управлением для монтажа с лицевой стороны распределительного устройства, с дистанционным управлением для монтажа с задней стороны распределительного устройства;

5) по способу присоединения проводов — с передним присоединением проводов, с задним присоединением проводов.

По количеству полюсов рубильники подразделяются на одно-, двух- и трехполюсные, по роду токауправления бывают с центральной и боковой рукоякоцй, по способу присоединения — с передней и задней стороны аппарата. Рубильники и переключатели выпускают в одно-, двух- и трехполюсном исполнении с центральным или рычажным приводом для переднего или заднего присоединения проводов. Рубильники с центральной рукояткой служат в качестве разъединителя, т. е. отключают предварительно обесточенные электрические цепи, а с боковой рукояткой и рычажными приводами — отключают цепи под нагрузкой.

Принцип действия рубильника

Рубильником (переключателем) называется электрический аппарат с ручным приводом, предназначенный для коммутации электрических цепей.

Наиболее распространенные в настоящее время рубильники и переключатели рубящего типа на силу тока от 100 А и выше выполняются по принципу линейного соприкосновения подвижного контакта (ножа) с неподвижной контактной стойкой. Линейный контакт обеспечивает малое переходное сопротивление, разрыв больших токов и надежность в работе.

На рис. 1 показан принцип линейного контакта. Неподвижная контактная стойка 1 соприкасается по линии с подвижным контактным ножом 2, состоящим из двух полос с цилиндрическими выступами 3, которые обеспечивают соприкосновение со стойкой по линии. Концы полос ножа охватываются плоской пружиной 4.

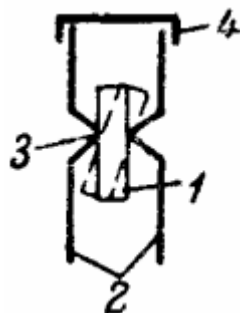


Рис. 1. Линейный контакт

Общий вид двухполюсного рубильника изображен на рис. 2.

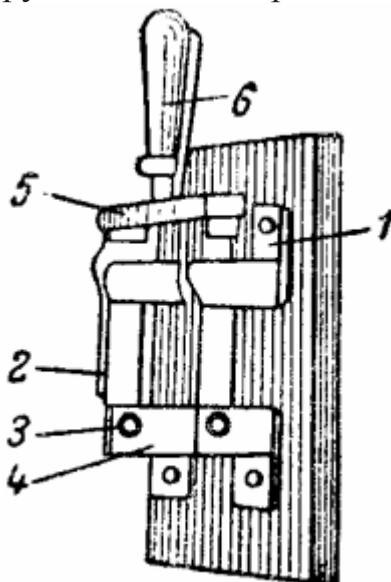


Рис. 2. Двухполюсный рубильник

Каждый полюс рубильника состоит из контактной стойки 1 с двумя губками, между которыми входит контактный нож 2, вращающийся на оси 3, закрепленной в нижних губках 4. Контактные ножи жестко соединены изолирующей траверсой 5, на которой укреплена изолированная ручка 6.

Процессы, происходящие при размыкании рубильника

Размыкание цепи рубильником вызывает изменение тока образование электрического поля между неподвижными и подвижными контактами. Напряженность этого поля пропорциональна напряжению сети и обратно пропорциональна расстоянию между контактами.

В первый момент отключения рубильника, когда расстояние между контактами мало, напряженность электрического поля может достигать значения порядка нескольких тысяч или даже десятков тысяч вольт на сантиметр, что, естественно, вызывает ионизацию воздушного промежутка.

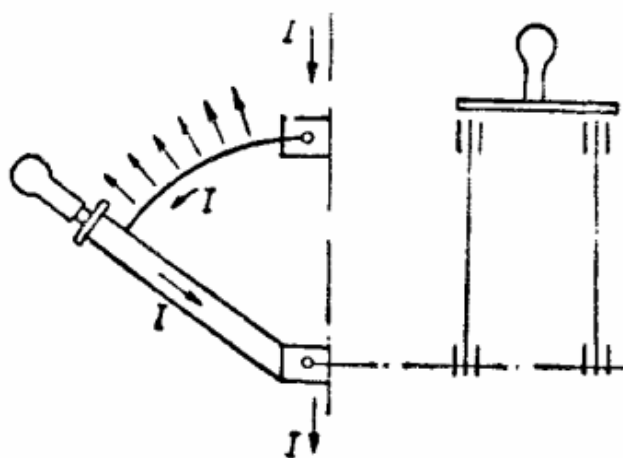


Рис. 3. Силы, действующие на дугу при отключении рубильника

При достаточной степени ионизации произойдет пробой воздушного промежутка и образуется электрическая дуга. При постоянном токе дуга время, чем при переменном, так будет существовать более длительное как в последнем случае при переходе тока через нулевое значение в течение каждого полупериода дуга гаснет на очень короткий промежуток времени.

Кроме того, установлено, что дуга гаснет тем быстрее, чем больше отключаемый ток и короче ножи рубильника. Физически это объясняется тем, что при больших отключаемых токах силы взаимодействия между током, протекающим в токоведущих частях рубильника, и магнитным полем дуги ускоряют ее перемещение в воздухе и деионизацию.

Дуга будет испытывать тем большее растягивающее усилие, чем короче ножи рубильника, так как в этом случае увеличивается напряженность магнитного поля, действующего на дугу.

При отключении токов 75 А и менее силы, действующие на дугу, незначительны, и поэтому основное значение имеет наиболее быстрое растягивание дуги. Эти токи (75 А и менее) разрываются рубильниками (переключателями) на 100 — 400 А, поэтому последние, кроме главных ножей, имеют также разрывные (моментные ножи), обеспечивающие достаточную скорость отключения рубильника, не зависящую от скорости движения руки оператора, и предохранение главных контактов от разрушающего действия дуги.

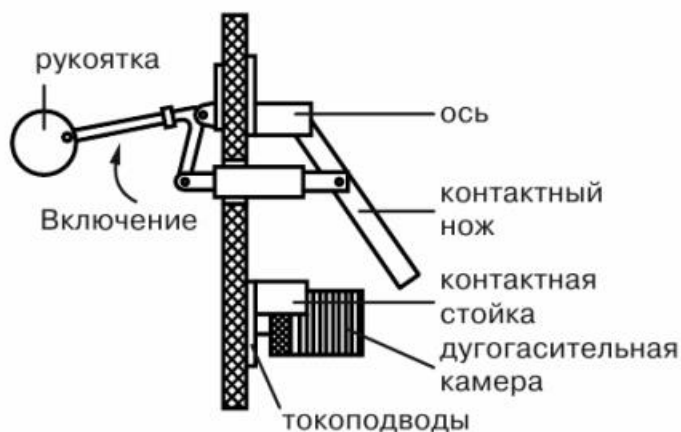
Моментные ножи выполняются облегченной конструкции, так как они нагружены кратковременно — только в процессе отключения. Рубильники и переключатели на токи 600 А и выше изготавливаются без моментных ножей.

Расшифровка обозначений рубильников



Буквенные обозначения рубильников : Р — рубильник; П — переключатель; вторая буква — П — переднее присоединение проводов; Б — с боковой рукояткой; Ц — с центральным рычажным механизмом. Цифры обозначают: первые (1, 2 и 3) — число полюсов, вторая — номинальный ток (1 — 100 А, 2 — 250 А, 4 — 400 А и 6 — 600 А).

Рубильники и переключатели с боковой рукояткой и с рычажным приводом выпускают как с дугогасительными камерами, так и без них. Рубильники с центральной рукояткой выпускают без дугогасительных камер с искрогасительными контактами. Плотность прилегания контактных поверхностей ножа и губок обеспечивается за счет пружинящих свойств материала губок (у рубильников до 100 А) и за счет стальных пружин (у рубильников более 200 А).



Для предохранения ножей от оплавления дугой при отключении рубильники на большие токи выполняют с искрогасительными или дугогасительными контактами. Искрогасительные контакты, которыми снабжены ножи, при отключении отходят от губок под действием своих пружин независимо от скорости движения рукоятки и привода рубильника.

Дугогасительные контакты рубильников расположены открыто или внутри дугогасительных камер. Они служат для обеспечения быстрого гашения электрической дуги и исключения переброса ее на соседние токопроводящие или заземленные конструкции распределительного устройства. Переключатели перекидные имеют такое же конструктивное устройство, что и рубильники, и служат для коммутации электрических цепей.

В некоторых конструкциях рубильники совмещают с предохранителями или используют предохранители в качестве ножей. Такая конструкция, позволяющая

выполнять функции коммутации и защиты, называют блоком предохранитель-выключатель (БПВ).

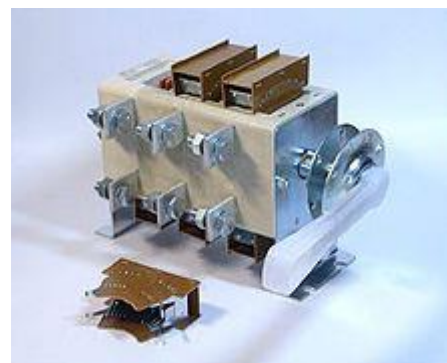
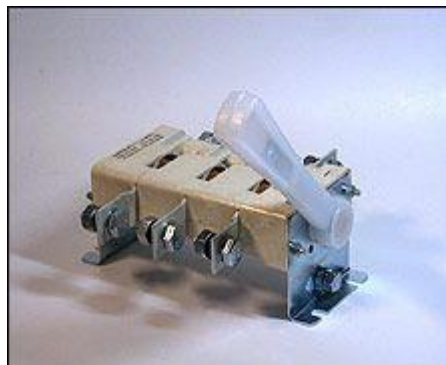
В целях безопасности для обслуживающего персонала рубильники заключаются в металлический защитный кожух



Выключатели-разъединители (рубильники) ВР32-31, ВР32-35, ВР32-37, ВР32-39 предназначены для включения, пропускания и отключения переменного тока номинальным напряжением до 660 В номинальной частоты 50 и 60 Гц и постоянного тока номинальным напряжением до 440В в устройствах распределения электрической энергии.

Рубильник ВР-32 на одно направление трехполюсный с боковой рукояткой

Рубильник ВР-32 на два направления трехполюсный с боковой смещенной рукояткой



Классификация выключателей-разъединителей ВР:

По степени защиты рукоятки: IP00, IP32.

По наличию вспомогательных контактов: без вспомогательных контактов; со вспомогательными контактами.

По виду рукоятки ручного привода: без рукоятки; боковая рукоятка; передняя смещенная рукоятка; боковая смещенная рукоятка.

По расположению плоскости присоединения внешних зажимов контактных выводов: 1 — параллельно плоскости монтажа; 2 — перпендикулярно плоскости монтажа; 3 — комбинированное: ввод параллельно, вывод перпендикулярно плоскости монтажа; 4 — комбинированное: ввод перпендикулярно, вывод параллельно плоскости монтажа.

По числу полюсов и числу направлений: однополюсный выключатель-разъединитель на одно направление; двухполюсный выключатель-разъединитель на одно направление; трехполюсный выключатель-разъединитель на одно направление; однополюсный выключатель-разъединитель на два направления;

двухполюсный выключатель-разъединитель на два направления; трехполюсный выключатель-разъединитель на два направления.

Сведения по монтажу

Рубильники, служащие для отключения под нагрузкой, должны монтироваться в вертикальном положении. Шины и провода следует присоединять к неподвижным контактам рубильника, т. е. так, чтобы при отключенном положении рубильника его подвижные ножи не были под напряжением.

Шины и провода, присоединяемые к рубильникам, должны иметь сечение, соответствующее номинальному току рубильника и укрепляться так, чтобы механические нагрузки от них не передавались на клеммы. Шины и провода должны быть плотно зажаты в клеммах рубильников для обеспечения надежного контакта и предотвращения перегрева последнего.

Контактные гайки у рубильников и переключателей при присоединении шин и проводов следует затягивать плавно, без рывков. При этом после первой затяжки следует ослабить гайку, а потом снова плавно затянуть ее до отказа.

Гайки должны наворачиваться без заеданий, их резьбу рекомендуется смазывать техническим вазелином.

Поверхность контактных ножей рубильников во избежание заеданий их в контактных стойках надлежит смазывать небольшим слоем касторового масла. Загустевшую смазку рубильников и переключателей при их чистке удаляют чистым бензином.

Металлические нетоковедущие части рубильников с рычажным приводом, монтируемым на лицевой стороне щита, должны быть заземлены.

Коммутационные аппараты на напряжение до 1000 В

Коммутационные аппараты до 1000 В предназначены для коммутации электрических цепей в нормальном и аварийных режимах в одно-, двух- и трехфазных сетях переменного тока частотой 50 Гц с номинальным напряжением 110, 220, 380 и 660 В.

К коммутационным аппаратам до 1000 В относятся: рубильники и переключатели, плавкие предохранители, контакторы, магнитные пускатели и автоматические выключатели.

Рубильники и переключатели

Рубильники предназначены для ручного включения и отключения электрических цепей постоянного и переменного тока напряжением до 500 В включительно и на номинальные токи до 10000 А.

Предельный ток, который может отключать рубильник, обычно меньше номинального. Для повышения предельного отключаемого тока рубильники снабжают дугогасительными камерами с дугогасительными решетками. В этом случае рубильники допускают отключение тока до $(1-1,25) I_{ном}$.

Рубильник, не снабженный устройством для гашения дуги, служит для снятия напряжения – отключения цепи без тока и создания видимого разрыва.

По конструкции различают одно-, двух- и трехполюсные рубильники.

Привод рубильников может осуществляться при помощи центральной рукоятки, боковой рукоятки или дистанционно через систему рычагов. В установках

собственных нужд электростанций наибольшее распространение получили рубильники с ручным рычажным приводом.

Для надежного отключения и предохранения ножей от обгорания рубильники выполняют с моментным отключением или с дугогасительными контактами. Моментное отключение достигается при помощи моментного ножа, связанного пружиной с параллельным главным ножом. При отключении сначала выходит главный нож и растягивает пружину. Скорость движения моментного ножа и раствор контактов определяются параметрами отключающей пружины. При использовании дугогасительных камер моментные ножи обычно не применяют. Дугогасительные контакты используют в рубильниках постоянного тока при токах более 100 А и во всех рубильниках переменного тока, где скорость расхождения контактов и их раствор практически не влияют на условия гашения дуги. Эти контакты отключаются последними и служат для защиты главных контактов от обгорания.

Гашение дуги постоянного тока (до 75 А) происходит вследствие её механического растягивания. При больших токах гашение дуги осуществляется за счет ее перемещения электродинамическими силами взаимодействия. Чем короче нож, тем больше силы взаимодействия между дугой и деталями рубильника, что повышает отключающую способность рубильника.

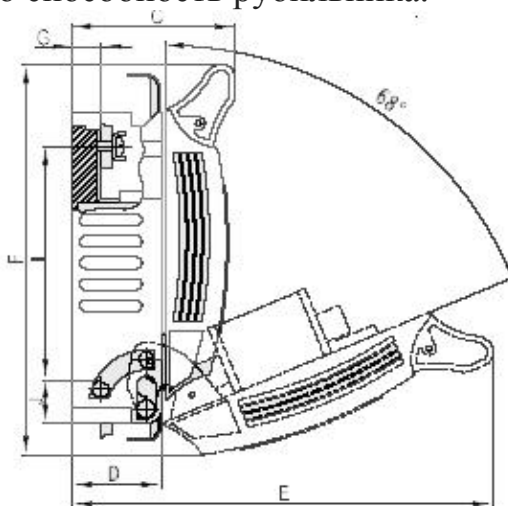


Рис. 4.1 Внешний вид рубильника с функцией защиты (выключатель-предохранитель)

Гашение дуги переменного тока осуществляется за счет околокатодной электрической прочности (150-250 В), имеющей место при переходе тока через нуль. Длина ножа в рубильниках переменного тока выбирается по механическим условиям.

Применение дугогасительных камер обеспечивает гашение дуги при отключении номинальных токов рубильниками постоянного тока 220 В и переменного тока 380 В. При напряжении 440 и 500 В отключаемые токи составляют $0,5 I_{ном}$.

Выключатели-предохранители предназначены для включения/ выключения нагрузки и защиты от коротких замыканий и перегрузок (рис. 4.1).

Выключатели-предохранители состоят из следующих частей:

- трехполюсного основания, оснащенного пружинными контактными губками для присоединения кабелей;
- основания с дугогасительными камерами и защитного экрана нижних контактов;
- съемной блок-ручки с местом под плавкие вставки.

Переключатели предназначены для переключения электрических цепей. Пакетные переключатели имеют малые габариты, удобны в монтаже; при переключении исключается выброс пламени и газов. Контактная система позволяет управлять одновременно большим количеством цепей. Такими переключателями разрешается отключать номинальные токи. Пакетные выключатели не обеспечивают видимого разрыва цепи, поэтому в некоторых цепях необходимо устанавливать рубильники.

Предохранители

Предохранитель — это коммутационный электрический аппарат, предназначенный для отключения защищаемой цепи разрушением специально предусмотренных для этого токоведущих частей под действием тока, превышающего определенное значение (рис. 4.2).

Процесс отключения состоит из нагревания вставки до температуры плавления и испарения вставки, возникновения электрической дуги и ее гашения с восстановлением изоляционных свойств промежутка. В большинстве предохранителей отключение цепи происходит за счет расплавления плавкой вставки, которая нагревается протекающим через нее током защищаемой цепи. После отключения цепи необходимо заменить перегоревшую вставку на исправную. Эта операция производится вручную или автоматически заменой всего предохранителя.

Предохранители характеризуются следующими показателями: номинальным током плавкой вставки, т. е. током, на который рассчитана плавкая вставка для длительной работы.

В один и тот же корпус предохранителя могут быть вставлены плавкие элементы на различные номинальные токи, поэтому сам предохранитель характеризуется номинальным током предохранителя (основания), который равен наибольшему из номинальных токов плавких вставок, предназначенных для данной конструкции предохранителя.

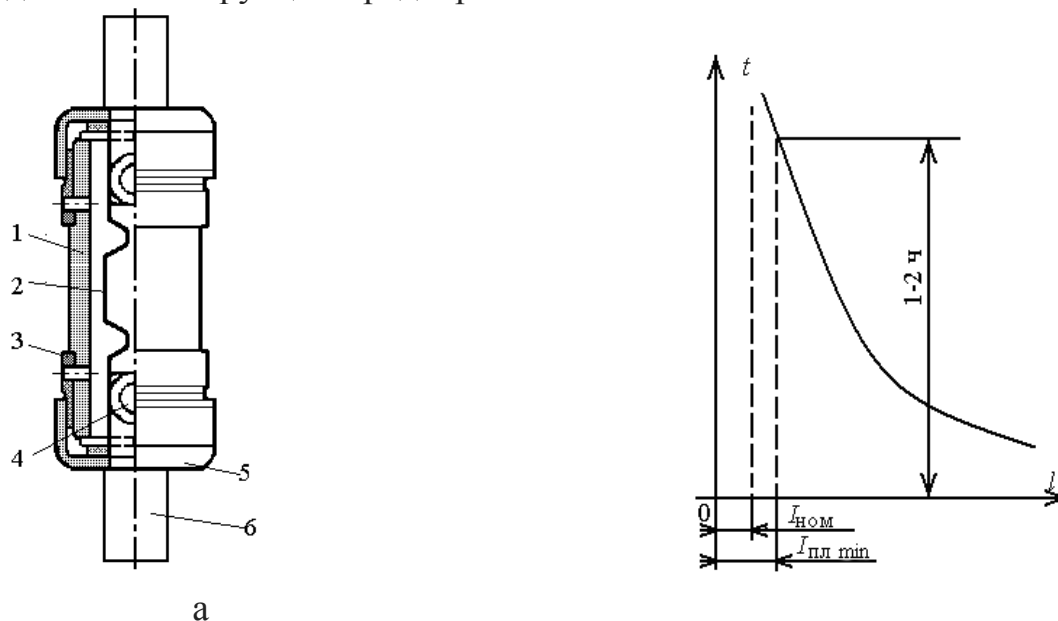


Рис. 4.2 Предохранитель серии ПР: а — разрез; б — ампер-секундная характеристика; 1 — фибровая трубка; 2 — плавкая вставка; 3 — латунная

втулка; 4 — болтовой контакт ножа с плавкой вставкой; 5 — латунный колпачок; 6 — медный контактный нож

Предохранители низкого напряжения изготавливают на токи от миллиампер до тысяч ампер и на напряжения 250, 500 и 660 В.

Предохранитель состоит из корпуса или несущей детали, плавкой вставки, контактного присоединительного устройства, дугогасительного устройства или дугогасительной среды (рис. 4.2, а).

Важнейшей характеристикой предохранителя является токозащитная или ампер-секундная характеристика предохранителя – зависимость времени перегорания плавкой вставки от тока (рис. 4.2, б).

Различают минимальный плавящий $I_{ПП, \min}$ и номинальный $I_{НОМ}$ токи плавкой вставки. Наибольший ток, при котором вставка не перегорает в течение 1-2 ч, называют минимальным плавящим током. Его значение зависит от сечения вставки, материала и ее длины, от конструкции предохранителя, окружающей температуры и обычно нормируется.

Номинальный ток плавкой вставки принимается в 1,3-1,4 раза меньше ее минимального плавящего тока для предотвращения отключения цепи при нестабильности ампер-секундной характеристики вставки вследствие окисления металла вставки, повышения переходного сопротивления контактов и др.

Плавкие вставки изготавливают из легкоплавких металлов и их сплавов – свинца (200-327 °С), цинка (420 °С), а также из тугоплавких – меди (1080 °С), реже серебра (960 °С).

Для снижения электродинамических и термических воздействий на проводники и аппараты защищаемой цепи плавкая вставка должна перегорать в кратчайшее время до возрастания тока до ударного значения, т. е. должна ограничивать ток. Чем меньше время перегорания плавкой вставки и меньше ток при этом, т. е. чем круче ампер-секундная характеристика, тем выше токоограничивающее действие предохранителя.

Для сокращения времени плавления вставки ей придают плоскую специальную форму с несколькими суженными участками. При резком увеличении тока процесс нагрева вставки можно считать адиабатическим, т. е. без отдачи тепла, при этом вставка перегорает в одном или нескольких суженных местах. Для ускорения плавления используют также «металлургический эффект», который заключается в том, что на медные или серебряные проволоки вставки, обычно включенные параллельно, напаивают небольшие оловянные шарики. При расплаве легкоплавких шариков происходит растворение в них тугоплавкого металла вставки. После перегорания вставки возникает электрическая дуга, которая должна быть погашена за короткое время. Это зависит от конструкции предохранителя и способа гашения. В предохранителях с закрытыми разборными патронами из фибры без наполнителя (тип ПР) дуга гаснет за счет высокого давления (1000 Н/см² и более) и свойств среды, возникающих в патроне при горении дуги и разложении фибры (50 % CO₂, 40 % H₂). В предохранителях с наполнителем (обычно кварцевым песком) типа ПН дуга гаснет благодаря интенсивному охлаждению ствола дуги наполнителем и давлению, создаваемому дугой в узких каналах наполнителя.

Наибольший ток, который может отключить предохранитель без повреждений, называют предельным током отключения предохранителя.

Предохранители разборного типа без наполнителя способны отключать токи до 10-20 кА при напряжении источника 220-500 В, а с наполнителем – до 100 кА при напряжении сети 380 В.

Плавкие предохранители не имеют размыкающих контактов и приводов, поэтому их применяют в сочетании с простейшими отключающими аппаратами для оперативной коммутации цепей: рубильниками, контакторами и др.

Основные достоинства предохранителей – это простота и компактность конструкции, экономичность, а недостатки – необходимость замены перегоревшей вставки, невозможность автоматического повторного включения (АПВ) отключившегося присоединения, ограниченная селективность (избирательности) действия.

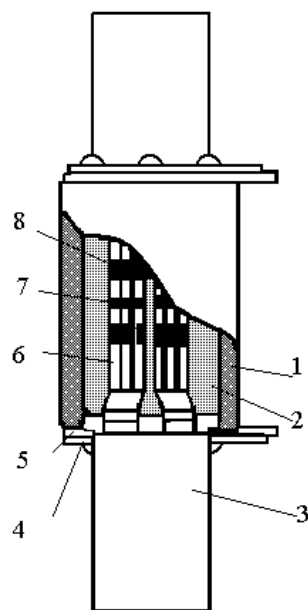


Рис. 4.3 Неразборный наполненный предохранитель

Предохранители насыпные типа ПН-2 (рис. 4.3) широко применяются для защиты силовых цепей до 500 В переменного и 440 В постоянного тока и выполняются из фарфоровой трубки, квадратной снаружи и круглой внутри, трубка 1 имеет четыре резьбовых отверстия для винтов, с помощью которых крепится крышка 4 с уплотняющей прокладкой 5. Плавкая вставка 2 приварена электроконтактной точечной сваркой к шайбам врубных контактных ножей 3. Крышки с асбестовыми прокладками герметически закрывают трубку. Трубка заполнена сухим кварцевым песком 6. Плавкая вставка выполнена из одной или нескольких медных ленточек толщиной 0,15-0,35 мм и шириной до 4 мм. На вставке сделаны прорезы 7, уменьшающие сечение вставки в 2 раза. Для снижения температуры плавления вставки используется металлургический эффект — на полоски меди напаяны шарики олова 8. Температура плавления в этом случае не превышает 475 °С. Дуга возникает в нескольких параллельных каналах (в соответствии с числом вставок). Это обеспечивает наименьшее количество паров металла в канале между зернами кварца и наилучшие условия гашения дуги в узкой щели. Насыпные предохранители, так же как предохранители ПР, обладают токоограничивающим свойством.

Для уменьшения возникающих перенапряжений плавкая вставка имеет по длине прорезы, причем их количество зависит от номинального напряжения предохранителя (из расчета 100-150 В на участок между прорезями). Так как

вставка сгорает в узких местах, то длинная дуга оказывается разделенной на ряд коротких дуг, суммарное напряжение на которых не превышает суммы катодных и анодных падений напряжения. Наполнителем в предохранителях ПН является чистый кварцевый песок (99 % SiO_2). Вместо кварца может быть применен мел (CaCO_3), иногда его смешивают с асбестовым волокном. При гашении дуги мел разлагается с выделением углекислого газа CO_2 и CaO — тугоплавкого материала. Реакция происходит с поглощением энергии, что способствует гашению дуги. Иногда применяют для засыпки гипс (CaSO_4) и борную кислоту.

В насыпных предохранителях вместо фарфоровых трубок могут применяться трубки из стеклоткани, пропитанной теплостойкими лаками, из стеатита или литые из пластмасс или изоляционных смол.

Контакторы

Контакторы – аппараты дистанционного действия, предназначенные для частых включений и отключений силовых электрических цепей при нормальных режимах работы. Для защиты от токов КЗ последовательно с контактором устанавливают плавкие предохранители или автоматические выключатели без дистанционного управления.

Контакторы изготавливаются на токи 4-4000 А, напряжение 220, 440, 750 В постоянного и 380, 660 (1140) В переменного тока и допускают 600-1500 включений в час. Некоторые специальные серии контакторов допускают до 14000 включений в час. Контакторы могут быть одно- двух- трех- или пятиполюсными. Электромагнитные контакторы нашли широкое применение в электроустановках. Включение контактной системы в них осуществляется электромагнитом.

В зависимости от режима работы контакторы различаются по категориям применения: на переменном токе АС-1, АС-2, АС-3, АС-4, на постоянном токе ДС-1, ДС-2, ДС-3, ДС-4, ДС-5 (ГОСТ 11206-77Е). Контакторы категории АС-1 рассчитываются на применение в цепях электропечей сопротивления и коммутируют только номинальный ток. Контакторы категории АС-2 рассчитываются на пуск электродвигателей с фазным ротором и коммутируют ток $2,5 I_{\text{ном}}$. Контакторы категории АС-3 рассчитываются на пуск электродвигателей с короткозамкнутым ротором и на отключение вращающихся электродвигателей и коммутируют ток 6-10 $I_{\text{ном}}$. Контакторы категории АС-4 рассчитываются на пуск электродвигателей с короткозамкнутым ротором и на отключение неподвижных или медленно вращающихся электродвигателей, они коммутируют токи 6-10 $I_{\text{ном}}$. Контакторы постоянного тока в зависимости от категории рассчитаны на коммутацию токов от $I_{\text{ном}}$ до 10 $I_{\text{ном}}$.

Контакторы могут быть рассчитаны на работу в прерывисто-продолжительном, продолжительном, повторно-кратковременном или кратковременном режимах.

Контакторы не имеют устройств, реагирующих на перегрузки или КЗ. Эту функцию выполняют предохранители и автоматические выключатели, включаемые последовательно с контактором и защищающие цепь от перегрузок и КЗ. Электродинамическая и термическая стойкость контакторов не нормируется.

В отличие от автоматических выключателей контакторы не имеют механических устройств, запирающих контактор в положении «включено». Во включенном положении контактор удерживается электромагнитом.

Основными элементами контакторов являются: главные контакты, дугогасительное устройство, электромагнитная система и вспомогательные контакты.

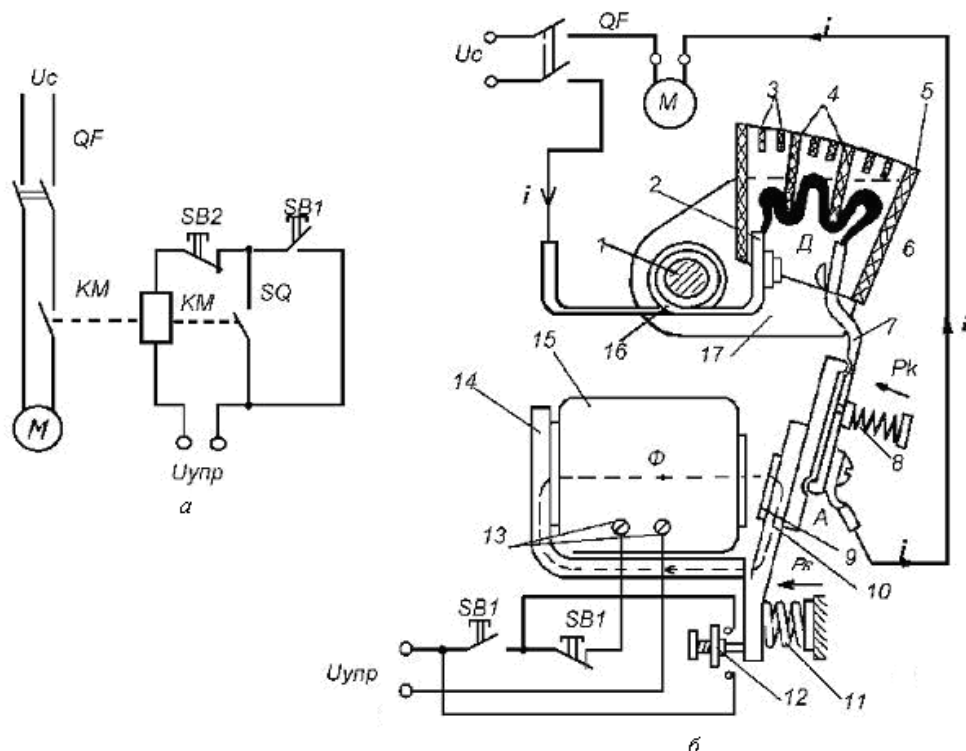


Рис. 4.4. Электромагнитный контактор:

а – электрическая схема однополюсного контактора; *б* – условная конструктивная схема

На рис. 4.4, *а* показана схема управления однополюсным контактором. Главные контакты контактора КМ включены в цепь двигателя М, а катушка — в цепь управления последовательно с кнопками управления *SB1*, *SB2* и вспомогательными контактами *SQ*.

На конструктивной схеме (рис. 4.4, *б*) контактор изображен в момент отключения, когда напряжение с катушки 15, установленной на сердечнике 14, снято и подвижная система под действием пружины 11 пришла в нормальное положение. Дуга, возникшая между контактами 2 и 7, гасится в камере 5 с изоляционными перегородками 4. Втягивание дуги в камеру происходит за счет магнитного поля, созданного магнитной системой, состоящей из катушки 16, включенной последовательно в главную цепь, стального сердечника 1 и полюсных наконечников 17. На выходе из камеры установлена пламегасительная решетка 3, препятствующая выходу ионизированных газов за пределы камеры.

Управление контактором может осуществляться с помощью кнопок, рубильников, реле, ключей управления.

Для включения контактора подается напряжение на зажимы катушки 13 путем нажатия кнопки *SB1*. В катушке создается магнитный поток, притягивающий якорь 10 к сердечнику. На якоре укреплен подвижный контакт 7, который после соприкосновения с неподвижным контактом 2 скользит по его поверхности, разрушая пленку окислов на поверхности контактов. Нажатие в контактах создается пружинной 8. Контактные накладки 6 из серебра обеспечивают минимальное переходное сопротивление. В некоторых случаях накладки выполняются из дугостойкой металлокерамики. Контактор удерживается во

включенном положении своей катушкой. После включения контактора замыкаются вспомогательные контакты 12 (SQ), шунтирующие кнопку SB1, поэтому размыкание пусковой кнопки не разрывает цепь катушки 15 (KM).

На якоре 10 предусмотрена немагнитная прокладка из латуни 9, которая уменьшает силу притяжения, обусловленную остаточной индукцией в сердечнике. Таким образом, при снятии напряжения с катушки 15 якорь не «залипает». При значительном снижении напряжения в цепи управления, а также при его исчезновении контактор автоматически отключается.

Для отключения контактора достаточно нажать на кнопку SB2, которая разомкнет цепь питания катушки 15.

Защита электродвигателя в рассмотренной схеме осуществляется автоматическим выключателем QF. К электромагнитным контакторам общепромышленных серий относятся следующие типы: переменного тока КТ, КТП, КТВ; постоянного тока КП, КПВ, КПД; постоянного и переменного тока КМ, РПК, КН.

Широко применяется контактор поворотного типа серии КТ6000 с щелевыми камерами и магнитным дутьем и КТ7000 с дугогасительными решетками для тяжелых режимов работы в цепях переменного тока (категории АС-3, АС-4).

На рис. 4.13 показана конструктивная схема контактора КТ6000. На металлической рейке 14 крепятся узлы неподвижных контактов 12 вместе с системами магнитного дутья — катушкой 10, сердечником 9, боковыми стальными пластинами 2 и дугогасительными камерами 3. На рейке 14 установлен сердечник электромагнита, неподвижная часть вспомогательных контактов 1 и крепятся опоры подшипников 5 для главного вала 6. Наружная часть вала 8 изолирована, на нем установлены подвижные контакты 11 с контактными пружинами 13 и гибкими связями 7 (три полюса), подвижная часть вспомогательных контактов 1 и якорь электромагнита 4. Работа контактора происходит так, как было описано выше. Контактors этой серии выпускаются на напряжение 380 и 660 В на токи 100-1000 А, допускают до 1200 включений в час, ток включения при номинальном напряжении до $8 I_{ном}$. Контактors серии КМ2000 изготавливаются постоянного тока 220 В до 350 А и переменного тока 380 В до 600 А. Главные контакты — мостиковые, дугогасительная камера с магнитным дутьем. Катушка электромагнита в этих контакторах питается от сети постоянного тока или выпрямленным напряжением от выпрямителя, собранного на полупроводниковых диодах по однофазной мостовой схеме.

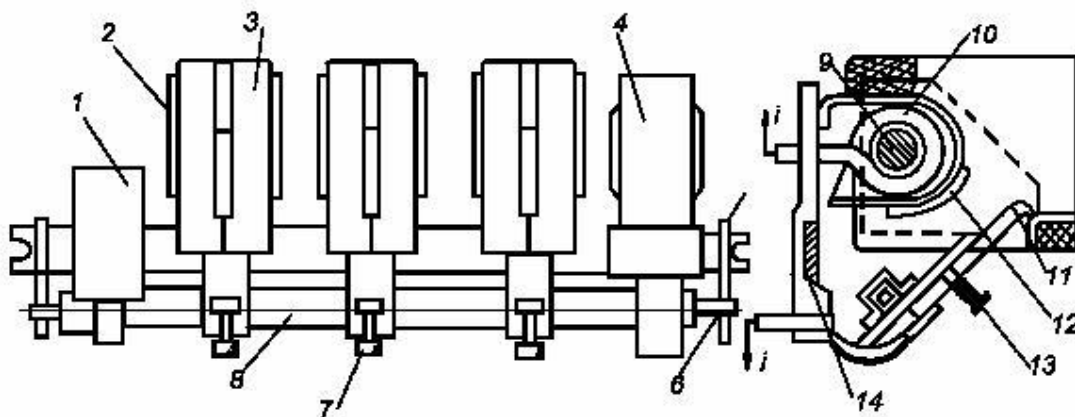


Рис. 4.4. Конструктивная схема контактора КТ-6000

Для гашения дуги в контакторах используются решетки с пластинами из меди и изоляционного дугостойкого материала.

Эта система обеспечивает быстрое гашение дуги, что способствует малому износу контактов. Кроме главных контактов контактор имеет несколько вспомогательных блок-контактов для согласования работы с другими аппаратами. Основные технические данные контакторов:

- 1) номинальный ток главных контактов (ток прерывисто-продолжительного режима работы);
- 2) предельный отключаемый ток;
- 3) номинальное напряжение;
- 4) механическая износостойкость (определяется числом включений – отключений контактора без ремонта и замены его узлов. Ток в цепи при этом равен нулю. В современных контакторах механическая износостойкость равна $(10-20) \times 10^6$ операций);
- 5) электрическая износостойкость (определяется числом включений и отключений цепи с током, после которых требуется замена износившихся контактов. В современных контакторах электрическая износостойкость равна 2–3 млн операций);
- 6) допустимое число включений в час;
- 7) собственное время включения (состоит из времени нарастания потока до значения потока трогания и времени движения якоря);
- 8) собственное время отключения (время с момента обесточивания электромагнита до размыкания контактов).

Магнитные пускатели

Пускатель — это коммутационный аппарат, предназначенный для пуска, останова и защиты электродвигателей.

Магнитные пускатели состоят из электромагнитного контактора, встроенных тепловых реле и вспомогательных контактов. Наиболее распространенными сериями являются ПМБ, ПМА, ПА. Пускатели могут быть реверсивными и нереверсивными, в открытом, защищенном и пылебрызгонепроницаемом исполнении, с тепловыми реле и без них. Магнитные пускатели применяются для управления электродвигателями переменного тока напряжением до 660 В, мощностью до 75 кВт.

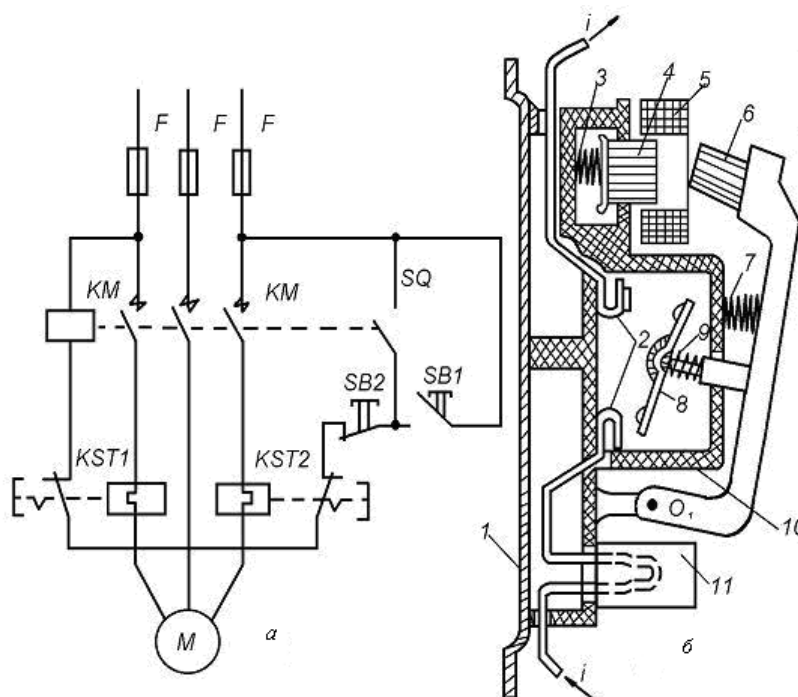


Рис. 4.6 Магнитный пускатель серии ПАЕ:

а – электрическая схема; *б* – конструктивная схема

Электрическая и конструктивная схема магнитного пускателя серии ПАЕ показана на рис. 4.6. При нажатии кнопки SB1 подается питание в катушку контактора КМ(5) через размыкающиеся контакты тепловых реле KST1, KST2 и кнопку SB2. Якорь электромагнита 6 притягивается к сердечнику 4, вращаясь вокруг оси O_1 . При этом неподвижные контакты 2 замыкаются подвижным контактным мостиком 8. Нажатие в контактах обеспечивается пружиной 9. Одновременно замыкаются вспомогательные контакты SQ (рис. 4.6, а), которые шунтируют кнопку SB1. При перегрузке электродвигателя срабатывают оба или одно тепловое реле 11, цепь катушки размыкается контактами KST1 и KST2. При этом якорь 6 больше не удерживается сердечником и под действием собственной массы и пружины 7 подвижная система переходит в отключенное положение, размыкая контакты. Двукратный разрыв в каждой фазе и закрытая камера 10 обеспечивают гашение дуги без специальных устройств. Точно так же происходит отключение пускателя при нажатии кнопки SB2.

Амортизирующая пружина 3 предохраняет подвижную часть от резких ударов при включении. Все детали пускателя крепятся на металлическом основании 1.

Для защиты электродвигателя от КЗ в цепь включены предохранители (F). Магнитный пускатель защищает двигатель от перегрузки с помощью тепловых реле и отключает его при снижении напряжений до 50 – 60 % U_n .

При перегрузке электродвигателя элементы тепловых реле нагревают биметаллическую пластину, изготовленную из сплавов, имеющих разные коэффициенты линейного расширения, которые при нагрузке изгибаются и размыкают цепь катушки. Магнитные пускатели не предназначены для разрыва цепи при коротком замыкании, поэтому последовательно с ними устанавливаются предохранители.

Автоматический выключатель предназначен для коммутации цепей при аварийных режимах, а также нечастых (от 6 до 30 в сутки) оперативных включений и отключений электрических цепей (ГОСТ 9098–78Е).

Автоматические выключатели обычно выполняют функции защитных аппаратов при коротких замыканиях или перегрузках (автоматические выключатели максимального тока), снижении или исчезновении напряжения (автоматические выключатели минимального напряжения), изменении направления передачи мощности или тока (автоматические выключатели обратного тока или обратной мощности). Независимо от выполняемых функции автоматические выключатели подразделяются по собственному времени срабатывания $t_{с.в}$ (времени с момента подачи команды до начала размыкания контактов) на нормальные $t_{с.в}=0,02-0,1$ с), селективные ($t_{с.в}$ регулируется до 1с) и быстродействующие, обладающие токоограничивающим эффектом ($t_{с.в}$ не более 0,05 с).

Собственное время срабатывания зависит от конструкции механизма размыкания автоматического выключателя, силы отключающих пружин, массы подвижной системы и пути перемещения этой массы до момента начала размыкания контактов.

В отдельную группу выделяют автоматы гашения поля генераторов (АГП).

Автоматические выключатели изготавливают на номинальные токи до 6000 А, а отдельные серии до 20000-30000 А и на номинальные напряжения до 660 В переменного тока. Быстродействующие автоматические выключатели изготавливают на номинальное напряжение до 3300В постоянного тока.

Отключающая способность автоматических выключателей достигает 200-300 кА.

Автоматические выключатели выполняются одно-, двух-, трехполюсными и имеют следующие конструктивные узлы.

Контактная система может быть трехступенчатой (с главными, промежуточными и дугогасительными контактами), двухступенчатой (с главными и дугогасительными контактами) и при использовании металлокерамики одноступенчатой. Дугогасительная система может состоять из камер с узкими щелями или из камер с дугогасительными решетками.

Комбинированные дугогасительные устройства — щелевые камеры в сочетании с дугогасительной решеткой применяют для гашения дуги при весьма больших токах (рис. 4.7).

Автоматические выключатели изготавливают с ручным и двигательным приводом, в стационарном или выдвигном исполнении.

Привод автоматического выключателя служит для включения и автоматического отключения, может быть ручным непосредственного действия и дистанционным (электромагнитным, пневматическим и др.).

Автоматические выключатели имеют реле прямого действия, называемые расцепителями.

Расцепители — это электромагнитные или термобиметаллические элементы, служащие для отключения автоматического выключателя через механизм свободного расцепления при КЗ, перегрузках и исчезновении напряжения в первичной цепи.

Механизм свободного расцепления состоит из рычагов, защелок, коромысел и отключающих пружин и предназначен для отключения автоматического

выключателя, а также для устранения повторного включения автоматического выключателя на короткое замыкание при длительно существующей команде на включение.

Отключение может происходить без выдержки времени или с выдержкой. По собственному времени отключения $t_{с.в}$ (промежуток от момента, когда контролируемый параметр превзошел установленное для него значение, до момента начала расхождения контактов) различают нормальные выключатели ($t_{с.в} = 0,02-1$ с), выключатели с выдержкой времени (селективные) и быстродействующие выключатели ($t_{с.в}$).