

ТЕМА 7. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

7.5 Защитная аппаратура: предохранители, реле

К аппаратам защиты относятся тепловые реле, предохранители, реакторы, разрядники.

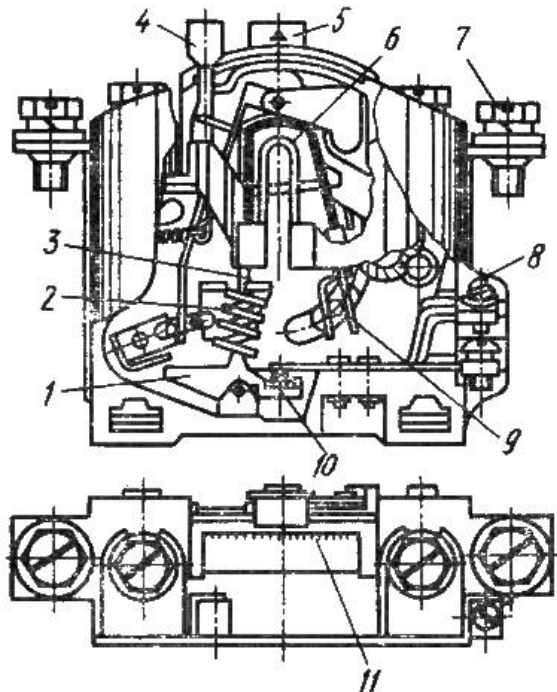


Рис. 45. Тепловое реле ТРП:

1 — контактное коромысло; 2 — контактная пружина; 3 — свободный конец биметаллического элемента; 4 — кнопка возврата контактов; 5 — указатель регулятора уставок; 6 — наружный нагреватель; 7 — контактный зажим главной цепи; 8 — контактный зажим цепи управления; 9 — механизм регулирования уставки; 10 — контакты; 11 — шкала уставок.

Тепловые реле (рис. 45) служат для защиты электроприемников от перегрузок. Основой их конструкции является биметаллический элемент, нагреваемый пропорционально контролируемому току. Элемент представляет собой две сваренных между собой пластины из разных металлов с резко отличающимися температурными коэффициентами расширения. При одинаковой температуре нагрева пластины удлиняются различно, что приводит к изгибу элемента в сторону пластины с меньшим коэффициентом расширения. Реле срабатывает, если ток перегрузки равен току уставки реле (или больше него).

При нагреве V-образного биметаллического элемента его свободный конец 3, перемещаясь, уменьшает наклон пружины 2, которая удерживает в равновесии контактное коромысло 1. Когда пружина отклонится в противоположную сторону, равновесие коромысла нарушится. Оно резко повернется по часовой стрелке и разомкнет контакты. Реле имеет устройство плавной регулировки тока срабатывания в пределах $\pm 25\%$ от номинального значения. Устройство действует путем изменения исходного положения биметаллического элемента посредством регулятора 5 уставок тока. Пределы регулирования тока срабатывания указаны на шкале уставок тока, расположенной -в верхней части реле. Нагреватель 6 является

сменной деталью и подбирается по номинальному току защищаемого электродвигателя.

Тепловое реле не защищает цепь от короткого замыкания и само должно быть защищено от него. При коротком замыкании элемент нагревается без отдачи теплоты в окружающую среду. Во многих случаях это может привести к тому, что он будет поврежден до того, как успеет воздействовать на контактную систему. Промышленностью выпускаются однофазные реле ТРП и двухфазные реле ТРИ. Оба типа реле широко используются комплектно с пускателями и контакторами. Предохранители служат для защиты электрических сетей от токов короткого замыкания и перегрузок. Защитным элементом предохранителя является плавкая вставка, которая перегорает при прохождении через нее токов короткого замыкания или перегрузки, разрывая электрическую цепь. В патроне предохранителя могут устанавливаться плавкие вставки на разные номинальные токи, но не более номинального тока патрона предохранителя. Наиболее широко распространены предохранители типов ПР-2 и ПН-2 с закрытыми патронами (рис. 46).

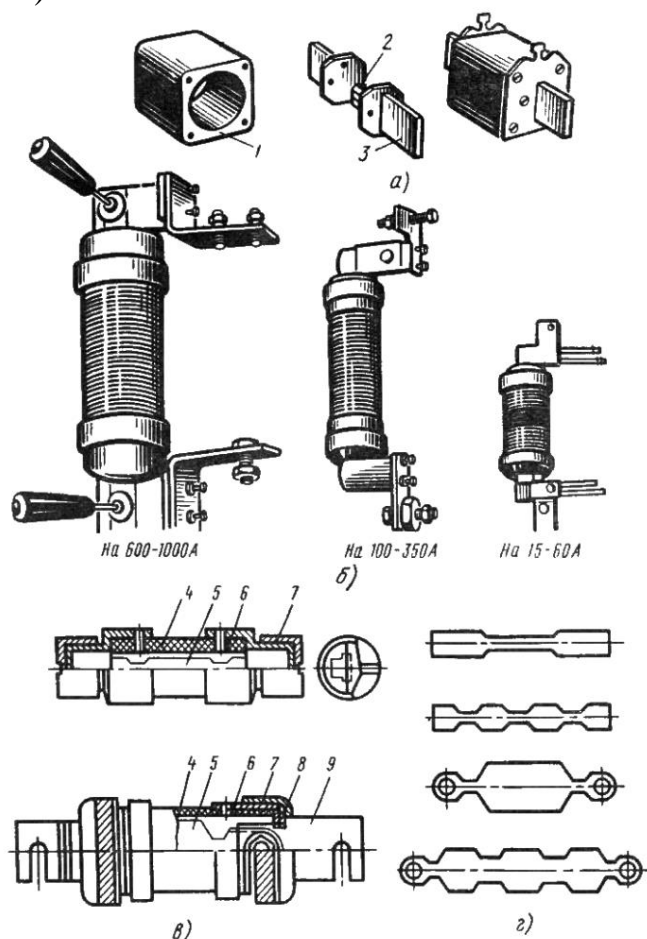


Рис. 46. Предохранители ПР-2 (а) и ПН-2 (б), патроны ПР-2 на 15-60 и 100-1000 А (в) и конструкция плавких вставок ПР-2 (г):

1 — фарфоровая трубка; 2, 5 — плавкие вставки; 3 - контактный нож; 4 - фибровая трубка; 6 — латунная втулка; 7 — латунные колпачки; 8 — фиксирующая шайба; 9 — контактный медный нож.

Предохранитель ПР-2 состоит из фибровой трубки 4 с латунными колпачками 7 и контактного ножа 9. Внутри патрона размещаются одна или две цинковые плавкие вставки 5 в зависимости от тока в защищаемой цепи (рис. 66, в).

Предохранители ПР выпускают на напряжения до 250 и до 500 В и номинальные токи 15, 60, 100, 200, 350, 600 и 1000 А. Плавкие вставки имеют стандартные номинальные токи 15, 20, 25, 35, 60, 80, 100, 125, 160, 200 А.

Наиболее распространенный предохранитель ПН-2 состоит из квадратного фарфорового корпуса с отверстием 1, в которое устанавливается плавкая вставка 2, приваренная к шайбам контактных ножей 3. Патрон заполняют кварцевым песком, который способствует быстрому гашению электрической дуги, возникающей при расплавлении плавкой вставки в предохранителе (рис. 66, д). Плавкая вставка изготавливается из медных пластин толщиной 0,15 — 0,35 мм и шириной до 4 мм.

Для исключения перегрева предохранителей при малых перегрузках на плавких вставках напаяны шарики диаметром от 1,5 до 2 мм из легкоплавкого сплава. При нагреве вставки шарик, обладающий более низкой температурой плавления, расплавляется раньше, чем плавкая вставка. Проникая в металл вставки, расплавленный материал шарика вследствие «металлургического эффекта» снижает температуру плавления вставки в месте, где напаян шарик, благодаря чему предохранитель не перегревается. Предохранители ПН-2 выпускаются на номинальные токи 100, 150, 250, 400, 600 А.

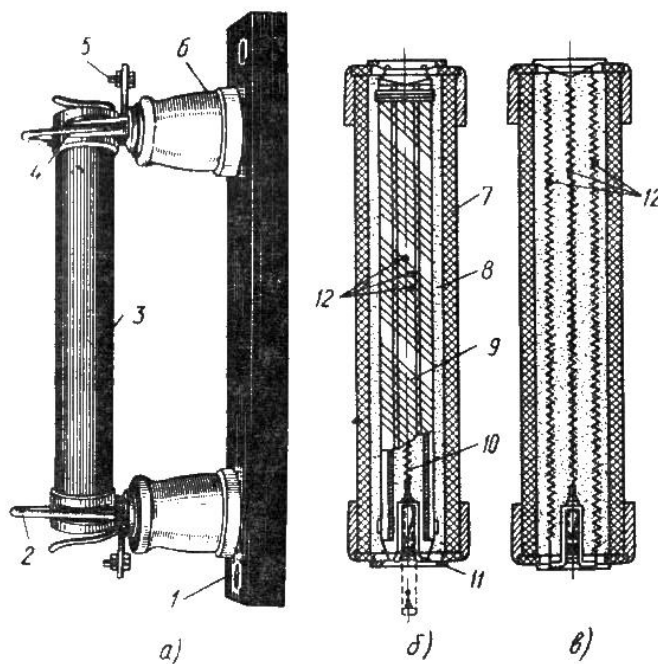


Рис. 47. Предохранитель ПК-6:

а — общий вид; б — патрон предохранителя на керамическом стержне; в — без стержня

1 — плита; 2 — контакт с замком; 3 — патрон; 4 — контактный колпачок; 5 — контакт; 6 — изолятор; 7 — фарфоровый корпус; 8 — керамический каркас; 9 — плавкая вставка; 10 — проволока; 11 — указатель срабатывания; 12 — легкоплавкие шарики.

В электроустановках напряжением 6 и 10 кВ применяют предохранители серии ПК. Предохранитель ПК (рис. 47) состоит из фарфорового патрона 3, в который помещена медная плавкая вставка 9, латунных контактных колпачков 4, закрытых сверху крышкой и снизу указателем срабатывания П. Патрон заполняется чистым и сухим мелкозернистым кварцевым песком для обеспечения быстрой деионизации электрической дуги и проникновения паров металла вставки в песок

при ее перегорании. Патрон с колпачками 4 вставляется в контакт с замком 2. Подсоединение предохранителя к шинам производят через хвостовик контакта 5. Токоведущие части ПК изолированы от металлической плиты 1 опорными изоляторами 6.

Плавкая вставка для номинальных токов до 7,5 А состоит из медных посеребренных проволочек, намотанных на керамический каркас 8 (рис. 67, б). Для токов выше 7,5 А медные проволоки делают в виде спиралей и помещают непосредственно в фарфоровый корпус 7. На проволоки напаивают легкоплавкие шарики 12 для снижения на этом участке температуры плавления вставки предохранителя. Указатель срабатывания 11 состоит из втулки, пружины, головки и удерживающей проволоки 10. При перегорании удерживающей проволоки срабатывает пружина и вставка перегорает. Предохранители ПК выпускаются на номинальные токи от 2 до 300 А.

При больших токах предохранители в каждой фазе спаривают или счетверяют, устанавливая их в цепь тока параллельно в специальных контактных стойках.

Реакторы представляют собой соленоид (катушку без сердечника), обладающий значительным индуктивным и малым активным сопротивлениями, и служат для ограничения тока короткого замыкания. Обычно реакторы устанавливают на отходящих кабельных линиях и в цепях понижающих трансформаторов мощных подстанций.

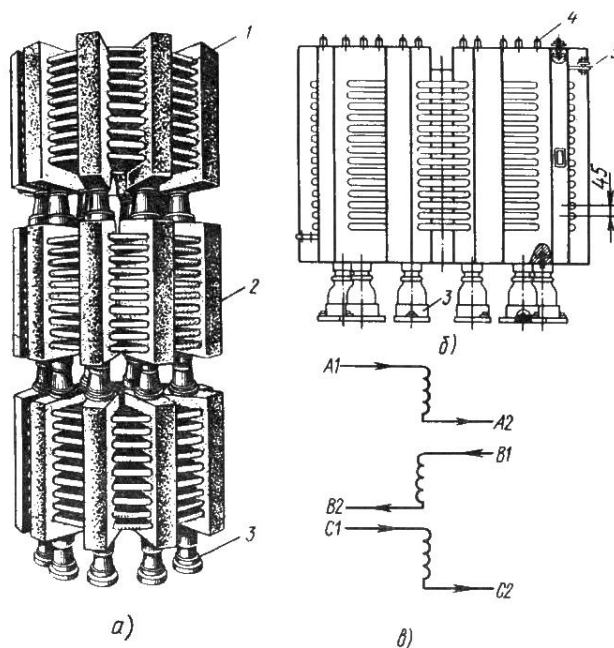


Рис. 48. Бетонный реактор РБ-10 напряжением 10 кВ:

а — общий вид; б — фаза реактора; в — схема включения обмоток.

Широкое распространение получили бетонные реакторы РБ (рис. 48) с воздушным охлаждением, которые состоят из обмотки 1 и десяти вертикальных радиально расположенных колонок 2, в которых заармировано по два сквозных стержня 4 с резьбой на концах. На нижние их концы накруты головки опорных изоляторов 3. К верхним концам стержней крепят фланцы изоляторов реакторов, расположенных сверху. В бетонных колонках закреплена обмотка из гибкого многожильного провода с концентрическими витками. Начало и конец обмотки присоединены к контактным зажимам 5.

Реакторы характеризуются индуктивным сопротивлением, номинальным напряжением на фазу, номинальной проходной мощностью, динамической и термической устойчивостью.

Фазы реактора маркируются по их расположению: В — верхняя, С — средняя и Н — нижняя, а подсоединения шин обозначаются А1, В1, С1 — входные и А2, В2, С2 — выходные зажимы.

Направления витков обмотки средней фазы по отношению к верхней и нижней обмоткам должны быть противоположными для уравнивания электродинамических усилий (рис. 68, в).

Разрядником называется аппарат, обеспечивающий защиту электроустановок от перенапряжений, которые способны серьезно повредить изоляцию электрооборудования. Различают внешние (атмосферные) и внутренние (коммутационные) перенапряжения. Причинами внутренних перенапряжений являются переходные процессы, возникающие при резких изменениях режима работы электроустановки, содержащей нагрузки индуктивного и емкостного характера. Например, при отключении индуктивного тока короткого замыкания возникает коммутационное перенапряжение вследствие явления самоиндукции.

Внешние перенапряжения вызываются атмосферными электрическими разрядами. Вблизи электроустановок эти разряды индуцируют в проводящих контурах электрооборудования перенапряжения. Наибольшую опасность представляют импульсные перенапряжения, возникающие при грозах в результате атмосферных разрядов непосредственно на провода ЛЭП. Перенапряжения при этом превосходят номинальные напряжения в десятки раз.

Для снижения перенапряжения до неопасных для изоляции оборудования значений устанавливают разрядник, который присоединяется с одной стороны к токопроводящей (потенциальной) части установки, а с другой — к заземляющему устройству. В настоящее время для защиты изоляции электрооборудования применяют трубчатые и вентильные разрядники.

Трубчатые разрядники имеют крутопадающую вольт-секундную характеристику, хорошо работают при неравномерных электрических полях, поэтому их применяют для защиты воздушных линий.

При пробое разрядного промежутка трубчатого разрядника между электродами 4 и 3 возникает электрическая дуга. Под воздействием дуги материал патрона 5 генерирует газы, создающие продольное дутье, которое обеспечивает ее надежное гашение. Разряд в трубчатом разряднике сопровождается выбросом ионизированных газов. При этом указатель срабатывания 1 выбрасывается из наконечника 2 и распрямляется, становясь хорошо видимым.

Вентильные разрядники РВС (рис. 49, а) состоят из колонки последовательно включенных искровых промежутков 5 и нелинейных разрядных резисторов 7, выполненных из специальных материалов вилита или тервита.

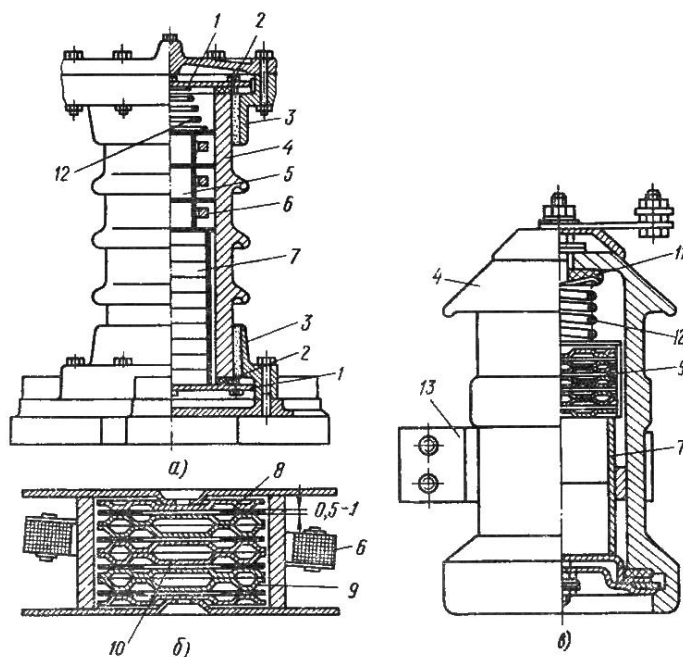


Рис. 49. Устройство стационарного вентильного разрядника РВС (а), комплект искровых промежутков разрядника РВС (б) и устройство подстанционного разрядника РВП (в):

1 — стальные пластины; 2 — прокладки; 3 — фланцы; 4 — фарфоровый корпус; 5 — комплект искровых промежутков; 6 — нелинейные резисторы; 7 — нелинейные разрядные резисторы; 8 — гетинаксовая прокладка; 9 — фигурная шайба; 10 — воздушный зазор; 11 - герметик; 12 — пружина; 13 — хомут.

Сопротивление разрядных резисторов зависит от напряжения, приложенного к ним, обратно пропорционально ему и нелинейно. При перенапряжениях происходит пробой искровых промежутков. Оказавшись под большим перенапряжением, разрядные резисторы резко уменьшают собственное сопротивление. Однако при восстановлении рабочего напряжения, сравнительно малого по значению, разрядные резисторы резко увеличивают свое сопротивление, чем ограничивают ток и способствуют интенсивному гашению дуги в искровых промежутках.

Сразу после гашения дуги импульсного высокочастотного тока разряда рабочее напряжение восстанавливается. Под его воздействием в искровых промежутках разрядника вновь образуется дуга так называемого сопровождающего тока. Для облегчения гашения дуги применяют нелинейные резисторы 6, шунтирующие искровые промежутки.

Искровые промежутки (рис. 49, б) 5 состоят из ряда последовательно соединенных воздушных зазоров 10, образованных гетинаксовыми прокладками 8 и металлическими фигурными шайбами 9. Комплекты искровых промежутков и диски разрядных резисторов сжаты пружиной 12 между стальными пластинами 1. Корпус разрядника 4 армирован фланцами 3 и герметизирован прокладками 2 из азоностойкой резины, так как вилитовые диски гигроскопичны.

Разрядник РВП (рис. 49, в) имеет аналогичную несколько упрощенную конструкцию. Уплотнение корпуса выполнено с помощью герметика 11. Установку разрядника осуществляют хомутом 13. Дополнительно

цилиндрические поверхности дисков покрывают влагостойкой обмазкой, а торцовые поверхности металлизуют.

В настоящее время промышленность выпускает вентильные разрядники серий РВП, РВС; магнитно-вентильные — РВТ, РВМ, РВМГ, РВМК (комбинированные для защиты от атмосферных и внутренних перенапряжений) для номинальных напряжений от 3 до 750 кВ.