**Специальность: Электроснабжение (по отраслям)**

**Курс: III , группа Э 179**

**Дисциплина (МДК) МДК 03.01**

**ФИО преподавателя: Фаттахов Л.Ф.**

**Тема. Способы и средства защиты от атмосферных перенапряжений**

Содержание учебного материала

*Понятие о координации изоляции.* Под *координацией изоляции* по­нимается согласование уровней изоляции ЭУ с ожидаемыми пере­напряжениями и характеристиками защитных аппаратов. Основ­ная цель координации изоляции — обеспечение защиты изоляции от перенапряжений, превышающих принятые для нее уровни. За­щиту стремиться осуществить так, чтобы при всех режимах рабо­ты станционная и подстанционная изоляция не подвергалась воз­действию опасных величин перенапряжений.

Сущность координации станционной и подстанционной изо­ляции по атмосферным перенапряжениям заключается в согласо­вании импульсных характеристик этой изоляции с защитными ха­рактеристиками защитных аппаратов (разрядников и ограничите­лей перенапряжений) и в учете возможных перепадов напряжений между защищаемой изоляцией и разрядниками или ОПН.

Координация изоляции линий электропередачи основана на за­данных амплитудах и формах волн воздействующих перенапряже­ний и для изоляции линий с номинальным напряжением до 220 кВ производится по грозовым перенапряжениям.

Для выбора аппаратов защиты от перенапряжений важное значе­ние имеет *вольт-секундная характеристика изоляции,* которая пред­ставляет собой зависимость импульсных разрядных напряжений от времени разряда. Для определения вольт-секундной характеристи­ки испытываемая изоляция подвергается воздействию стандартной волны напряжения, длина фронта которого Тф = 1,5 мкс, а длина волны тв = 40 мкс. Построение вольт-секундной характеристики производится с помощью осциллограмм. По оси абсцисс отклады­вается время с момента начала воздействия волны на изоляцию до момента разряда, а по оси ординат — максимальное значение на­пряжения, достигаемое волной. Пример построения вольт-секунд­ной характеристики изоляции приведен на рис. 5.6.

Вольт-секундная характеристика аппарата защиты должна ле­жать ниже, чем у защищаемой изоляции. Примеры характеристик приведены на рисунке 5.7.

*Защита от перенапряжений ВЛ, КЛ и оборудования подстанций*

регламентируется Правилами устройства электроустановок.

*Воздушные линии* электропередачи напряжением 110—750 кВ с ме­таллическими и железобетонными опорами должны быть защищены от прямых ударов молнии тросами по всей длине. Для ВЛ до 35 кВ применение грозозащитных тросов не требуется, а на ВЛ с изоли­рованными проводами (ВЛЗ) 6—20 кВ рекомендуется устанавливать устройства защиты изоляции проводов при грозовых перекрытиях.

При выполнении зашиты ВЛ от грозовых перенапряжений тросами необходимо, чтобы одностоечные металлические и железобетонные опоры с одним тросом имели угол защиты не более 30°, а с двумя тросами — не более 20°.

Кабельные вставки в ВЛ должны быть защищены по обоим концам кабеля от грозовых перенапряжений защитными аппаратами.

Заземляющий зажим защитных аппаратов, металлические оболочки кабеля, а также корпус кабельной муфты должны быть соединены между собой по кратчайшему пути. Заземляющий зажим защитного аппарата должен быть соединен с заземлителем отдельным проводником.

Защита от грозовых перенапряжений распределительных устройств (РУ) и подстанций осуществляется: от прямых ударов молнии — стержневыми и тросовыми молниеотводами; от набегающих волн с отходящих линий — защитными аппаратами, устанавливаемыми на подходах и в РУ, к которым относятся вентильные (РВ) и трубчатые (РТ) разрядники, ограничители перенапряжений (ОПН), защитные искровые промежутки (ИП).

Открытые распределительные устройства и открытые подстанции 20—750 кВ должны быть защищены от прямых ударов молнии. Выполнение такой защиты не требуется:

— для подстанции 20 и 35 кВ с трансформаторами единичной мощностью 1,6 MB A и менее независимо от числа грозовых часов в году;

— для всех ОРУ и подстанций 20 и 35 кВ с числом грозовых часов не более 20;

— для ОРУ и подстанций 220 кВ и ниже на площадках с эквивалентным удельным сопротивлением земли в грозовой сезон более 2000 Ом м при числе грозовых часов в году не более 20.

Защита от прямых ударов молнии ОРУ 35 кВ и выше должна быть выполнена стержневыми молниеотводами, устанавливаемыми отдельно или на конструкциях ОРУ. Следует использовать также защитное действие высоких объектов, которые являются молниеприемниками (опоры ВЛ, прожекторные мачты, радиомачты и т.п). Установка молниеотводов на конструкциях ОРУ 35 кВ допускается при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон более 500 и до 750 Ом м при площади заземляющего контура подстанции 10 000 м2 и более.

На конструкциях ОРУ 110 кВ и выше стержневые молниеотводы могут устанавливаться при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон до 1000 Ом м независимо от площади заземляющего контура подстанции, более 1000 и до 2000 Ом м — при площади заземляющего контура подстанции 10 000 м2 и более.

На трансформаторных порталах, порталах шунтирующих реакторов и конструкциях ОРУ, удаленных от трансформаторов или реакторов по магистралям заземления на расстояние менее 15 м, молниеотводы могут устанавливаться при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон не более 350 Ом м и при соблюдении следующих условий:

— непосредственно на всех выводах обмоток 3—35 кВ трансформаторов или на расстоянии не более 5 м от них по ошиновке, включая ответвления к разрядникам, должны быть установлены соответствующие ОПН или РВ;

— заземляющие проводники вентильных разрядников и трансформаторов рекомендуется присоединять к заземляющему устройству подстанции поблизости один от другого или выполнять их так, чтобы место присоединения вентильного разрядника к заземляющему устройству находилось между точками присоединения заземляющих проводников портала с молниеотводом и трансформатора.

Защиту от прямых ударов молнии ОРУ, на конструкциях которых установка молниеотводов не допускается или нецелесообразна по конструктивным соображениям, следует выполнять отдельно стоящими молниеотводами, имеющими обособленные заземлители с сопротивлением не более 80 Ом при импульсном токе 60 кА.

Тросовые молниеотводы ВЛ ПО кВ и выше, как правило, следует присоединять к заземленным конструкциям ОРУ (подстанции).

Защита ВЛ 35 кВ и выше от прямых ударов молнии на подходах к РУ (подстанциям) должна быть выполнена тросовыми молниеотводами, которые разрешается присоединять к заземленным конструкциям ОРУ при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон до 750 Ом м независимо от площади заземляющего контура подстанции и более 750 и до 1000 Ом м — при площади заземляющего контура подстанции 10 000 м2 и более. Тросовые молниеотводы на подходах ВЛ 35 кВ к тем ОРУ, для которых не допускается установка или присоединение стержневых молниеотводов, должны заканчиваться на ближайшей к ОРУ опоре ВЛ.

В месте ввода кабелей в кабельное сооружение металлическая оболочка кабелей, броня и металлическая труба должны быть соединены с заземляющим устройством подстанции.

Защиту зданий ЗРУ и закрытых подстанций, имеющих металлические покрытия кровли, следует выполнять заземлением этих покрытий. Для защиты зданий ЗРУ и закрытых подстанций крыша которых не имеет металлических либо железобетонных покрытий либо несущих конструкций или не может быть заземлена, следует устанавливать стержневые молниеотводы или молниеприемные сетки непосредственно на крыше зданий.

Защита подстанции. В РУ 35 кВ подстанций и выше, к которым присоединены ВЛ, должны быть установлены вентильные разрядники или ОПН. Вентильные разрядники или ОПН следует выбирать с учетом координации их защитных характеристик с изоляцией защищаемого оборудования и соответствия их наибольшего рабочего напряжения наибольшему рабочему напряжению сети с учетом особенностей режимов работы. Расстояния по шинам, включая ответвления от разрядников до трансформаторов и аппаратов, должны быть не более указанных в табл. 5.1.

Определение наибольших допустимых расстояний между вентильными разрядниками или ОПН и защищаемыми оборудованием следует производить, исходя из количества линий и разрядников, включенных в нормальном режиме работы РУ (подстанции).

Количество и места установки вентильных разрядников или ОПН следует выбирать, исходя из принятых на расчетный период схем электрических соединений, количества ВЛ и трансформаторов. При этом расстояния от защищаемого оборудования до защитных аппаратов должны быть в пределах, допускаемых и на промежуточных этапах длительностью, равной грозовому сезону или более. Аварийные и ремонтные режимы работы при этом не учитываются.

Вентильные разрядники или ОПН должны быть установлены без коммутационных аппаратов в цепи между разрядником и трансформатором.

При присоединении трансформатора к РУ кабельной линией 110 кВ и выше в месте присоединения кабеля к шинам РУ должен быть установлен комплект вентильных разрядников или ОПН. Заземляющий зажим разрядника или ОПН должен быть присоединен к металлическим оболочкам кабеля. В случае присоединения к шинам РУ нескольких кабелей, непосредственно соединенных с трансформаторами, на шинах РУ устанавливается один комплект вентильных разрядников или ОПН, место их установки следует выбирать как можно ближе к местам присоединения кабелей.

Неиспользуемые обмотки низшего и среднего напряжения силовых трансформаторов (автотрансформаторов) должны быть соединены в звезду или треугольник и защищены вентильными разрядниками или ОПН, включенными между вводами каждой фазы и землей. Зашита неиспользуемых обмоток низшего напряжения, расположенных первыми от магнитопровода, может быть выполнена заземлением одной из вершин треугольника, одной из фаз звезды или нейтрали либо установкой вентильного разрядника или ОПН соответствующего класса напряжения на каждой фазе. Защита неиспользуемых обмоток не требуется, если к ним постоянно присоединена кабельная линия длиной не менее 30 м, имеющая заземленную оболочку или броню.

Распределительные устройства 3—20 кВ, к которым присоединены ВЛ, должны быть защищены вентильными разрядниками или ОПН, установленными на шинах или у трансформатора. Защита подстанций 3—20 кВ с низшим напряжением до I кВ, присоединенных к ВЛ 3—20 кВ, должна выполняться вентильными разрядниками или ОПН, устанавливаемыми с высокой и низкой сторон подстанции.

Кабельные вставки 35—220 кВ при их длине менее 1,5 км должны быть защищены с обеих сторон защитными аппаратами.

Примеры защиты вводов подстанции различными типами защитных устройств приведены на рис. 5.8 и 5.9.

Защиту подстанций 35—110 кВ с трансформаторами мощностью до 40 MB A, присоединяемых к ответвлениям протяженностью менее требуемой длины защищаемого подхода действующих ВЛ с деревянными, металлическими или железобетонными опорами без троса, допускается выполнять по упрощенной схеме, включающей:

— вентильные разрядники, устанавливаемые на подстанции на расстоянии не более 10 м от силового трансформатора;

— тросовые молниеотводы подхода к подстанции на всей длине ответвления;

— при длине ответвления менее 150 м дополнительную защиту тросовыми или стержневыми молниеотводами по одному пролету действующей ВЛ в обе стороны от ответвления;

— комплекты РТ1 и РТ2 с сопротивлением заземления каждого комплекта не более 10 Ом, устанавливаемые на деревянных опорах: РТ2 — на первой опоре с тросом со стороны ВЛ или на границе участка, защищаемого стержневыми молниеотводами, и РТ1 — на незащищенном участке ВЛ на расстоянии 150—200 м от РТ2.

При длине захода более 500 м установка РТ1 не требуется.

Ответвление от ВЛ, выполняемое на металлических или железобетонных опорах, должно быть защищено тросом по всей дли-

< / = 50-60 м *t*

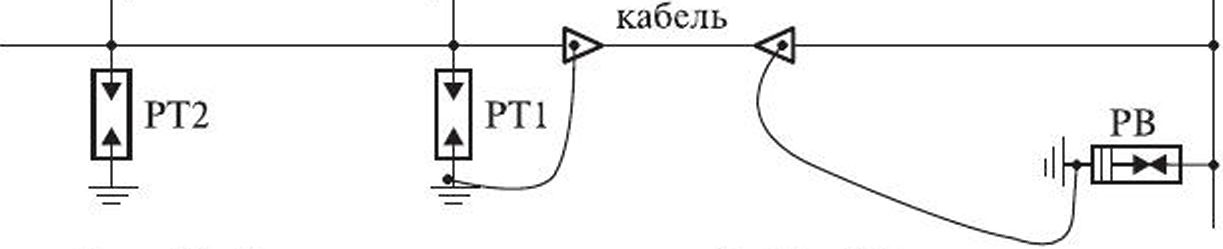


Рис. 5.8. Схема защиты подстанции 3—10 кВ (защита зон подхода)

при наличии кабельной вставки

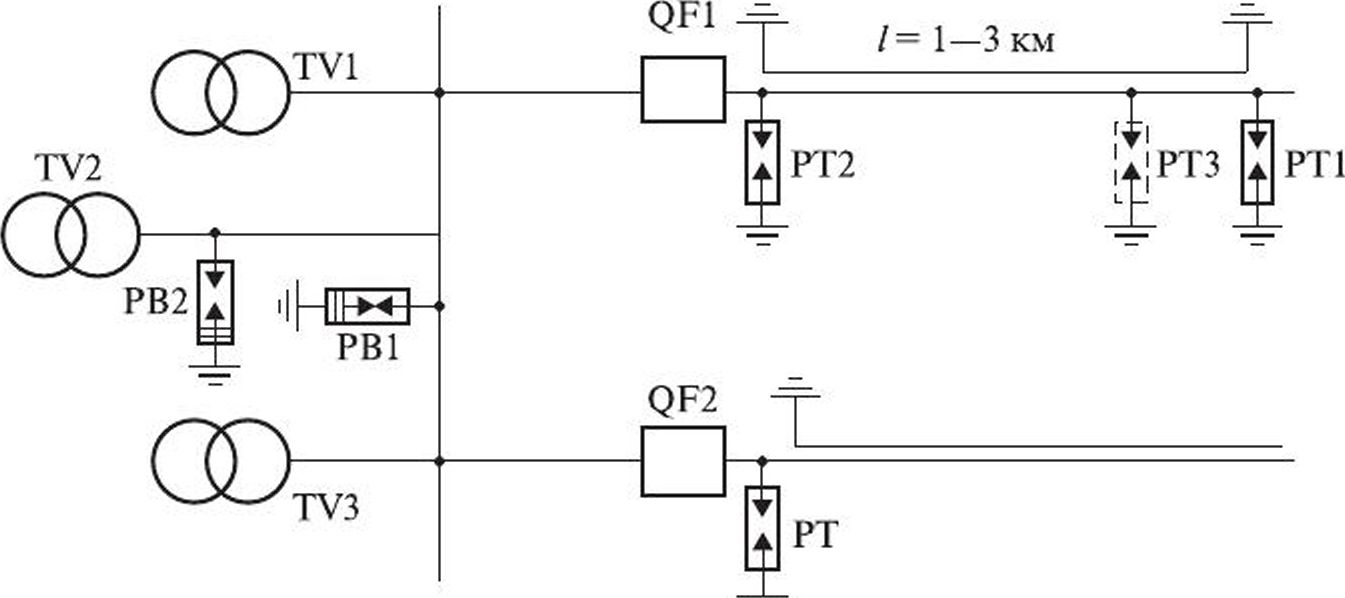


Рис. 5.9. Схема защиты подстанции 35—110 кВ (защита зон подхода)

не, если оно присоединено к ВЛ, защищенной тросом по всей длине и питающей ответственные электроустановки (например, тяговые подстанции).

Защита от перенапряжений контактной сети нормируется Правилами устройства и технической эксплуатации контактной сети (ПУТЭКС).

Для ограничения влияния атмосферных перенапряжений на устройства контактной сети устанавливают разрядники:

— при постоянном токе — роговые с двумя последовательными воздушными промежутками по 5+1 мм каждый;

— при переменном токе — роговые с двумя последовательными воздушными промежутками по 45+5 мм каждый или трубчатые на номинальное напряжение 35 кВ.

Разрядники должны устанавливаться на расстоянии не более двух пролетов от анкеровок и других защищаемых ими мест, а в случаях, обоснованных технической документацией, не далее четырех пролетов. Установка разрядников на анкерных опорах с оттяжками не допускается.

На контактной сети постоянного тока разрядники устанавливаются:

— у анкеровок проводов контактной сети (в том числе средних при компенсированных подвесках);

— у мест присоединения (по каждому пути) пунктов параллельного соединения;

— у искусственных сооружений при анкеровках контактной сети на них (с обеих сторон сооружения при его длине 80 м и более и с одной стороны сооружения при меньшей его длине);

— на питающих линиях у мест присоединения контактной сети или к пунктам группировки переключателей.

На контактной сети переменного тока разрядники устанавливаются:

— с обеих сторон у изолирующих сопряжений;

— у мест присоединения (по каждому пути) пунктов параллельного соединения;

— у отсасывающих трансформаторов у обоих выводов их первичной обмотки, присоединенной к контактной сети;

— на конце консольных участков контактной сети, состоящих из двух или более анкерных участков;

— у мест присоединения питающих линий к контактной сети, а на станциях стыкования — в конце линии и у первого ответвления ее к пункту группировки переключателей. При наличии на фидерах тяговой подстанции ограничителей ОПН-27,5 разрядники не устанавливаются;

— на линиях ДПР у места пересечения их с контактной подвеской (с одной стороны от места пересечения) и у мест секционирования с обеих сторон;

— в местах, подверженных частым грозовым разрядам, у анкеровок проводов контактной сети.

Роговые разрядники следует устанавливать на кронштейнах или вершинах опор под углом 45—90° к оси пути, располагая шлейфы под тем же углом. При установке рогового разрядника на кронштейне расстояние от опоры до разрядника должно быть не менее 0,8 м.

Наличие каких-либо проводов, изоляторов и т.п. выше рогового разрядника на расстоянии менее 3 м не допускается.

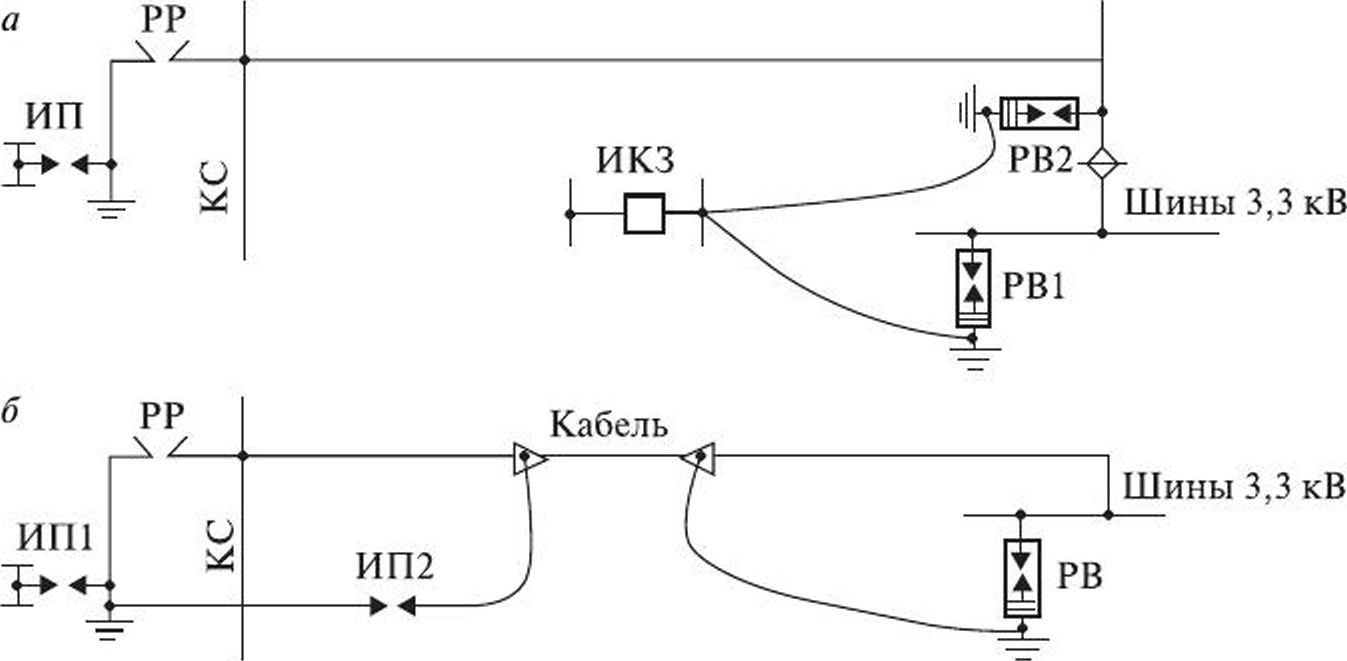


Рис. 5.10. Схемы защиты тяговой подстанции постоянного тока с фидером контактной сети нормальной длины (о) и при коротком фидере с кабельной

вставкой *(б):*

ИП — искровой промежуток; РР — разрядник роговый; ИКЗ — испытатель коротких замыканий; КС — контактная сеть; РВ — разрядник вентильный

Роговые разрядники присоединяются только к электрическим соединителям контактной подвески. Сечение проводов шлейфов должно быть не менее 25 мм2 по меди.

Защита воздушных линий продольного электроснабжения 6— 10 кВ осуществляется по требованиям, изложенным в Инструк­ции по техническому обслуживанию и ремонту устройств элект­роснабжения СЦБ.

Примеры схем зашиты фидеров контактной сети от перенапря­жений приведены на рис. 5.10.

Для защиты от перенапряжений контактной сети при *высоко­скоростном движении* согласно ПУТЭКС должны применяться ог­раничители перенапряжений типа ОПНК. Последовательно с ними устанавливаются роговые разрядники с воздушным промежутком 10~2 мм, зашунтированные плавкой вставкой из двух медных прово­лок диаметром 1 мм или одной медной проволоки диаметром 1,4 мм.

**Тема. Разрядники и ограничители перенапряжений**

Разрядником называется устройство, предназначенное для за­шиты электроустановок от перенапряжений и имеющее в своем составе искровые промежутки. По конструкции разрядники под­разделяются на трубчатые и вентильные.

*Трубчатые разрядники* предназначены для зашиты воздушных линий электропередачи и контактной сети переменного тока от перенапряжений. Конструкции трубчатых разрядников приведе­ны на рис. 5.11.

Конструктивно трубчатый разрядник представляет собой аппа­рат, состоящий из закрытого искрового промежутка, образованного двумя металлическими электродами внутри трубки из органичес­кого материала, на одном конце которой укреплен открытый ме­таллический наконечник. Внешний искровой промежуток образо­ван стальными стержневыми электродами, один из которых с по­мощью зажима присоединен к открытому наконечнику. Крепление разрядников осуществляется с помощью хомутов.

Внутренний материал трубки — газогенерирующий: фибра, ви­нипласт, оргстекло.

При воздействии волны перенапряжения происходит пробой на­ружного промежутка *SH,* далее перенапряжение вызывает пробой внутреннего искрового промежутка 5ВН, волна перенапряжения ухо­дит в землю и под воздействием дуги сопровождающего тока обра­зуются газы внутри трубки. Давление газов резко возрастает, что вызывает продольное интенсивное дутье, которое гасит дугу при первом прохождении переменного тока через нулевое значение. Вы­ход газов сопровождается сильным звуком и выхлопом. После по­гашения дуги разрядник в состоянии справиться со следующим раз­рядом, при этом допускается 3—4 срабатывания подряд.

а 1

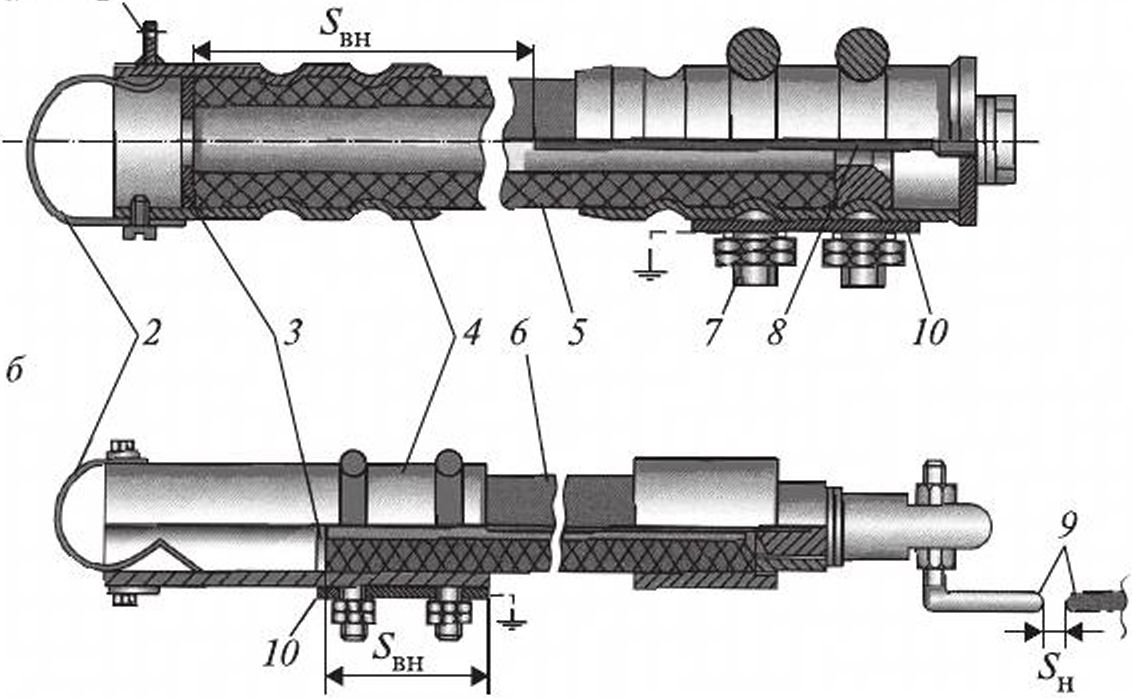


Рис. 5.11. Конструкция трубчатых фибробакелитовых типа РТ (а) и винипластовых типа РТВ (б) разрядников:

1 — ушко для присоединения стержня внешнего искрового промежутка; 2 — указатель срабатывания; 3 — плоский электрод; 4 — стальной наконечник от­крытой камеры; 5, 6 — фибробакслитовая и винипластовая трубки; 7— хому­ты крепления; 8— внутренний стержневой электрод; 9— электроды внешне­го искрового промежутка; 10 — заземленная конструкция; .Увн и Ли — внут­ренний и наружный искровые промежутки

Вольт-секундная характеристика трубчатого разрядника зави­сит от суммарной длины внутреннего и наружного искровых про­межутков. Длина внутреннего промежутка задается дугогаситель­ной способностью трубки, а наружного — определяется атмосфер­ными условиями. Интенсивность газообразования зависит от про­текающего тока. При малых токах вырабатывается недостаточное количество газов, при больших токах возможно разрушение труб­ки. Поэтому устанавливается верхний и нижний предел отключа­емого тока для надежного гашения дуги и сохранения механичес­кой прочности трубки. В процессе эксплуатации разрядника внут­ренний диаметр и промежуток увеличиваются, что приводит к из­менению вольт-секундной характеристики. Чем чаше разрядник отключает верхний предел тока, тем скорее он выходит из строя. Трубки чаще используют винипластовые. У фибры недостаточная механическая прочность, поэтому их помещают внутрь дополни­тельных бакелитовых трубок. Разрядники с винипластовыми труб­ками (марки РТВ) эксплуатируются без демонтажа, а фибробаке­литовые разрядники (марки РТ или РТФ) для исключения пере­крытия ежегодно после грозового сезона демонтируют и тщатель­но покрывают их поверхность лаком.

Технические характеристики трубчатых разрядников приведе­ны в табл. 5.2.

*Вентильные разрядники* состоят из искровых промежутков и пос­ледовательно соединенных с ними рабочих нелинейных сопротив­лений. Искровые промежутки выполняют следующие функции:

* отделяют рабочее нелинейное сопротивление от токоведу­щей цени защищаемого объекта при нормальном режиме работы;
* автоматически при воздействии волны перенапряжения вво­дят рабочее нелинейное сопротивление в цепь разрядного тока че­рез искровой разряд;

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Номиналь­ное напря­жение, кВ | От юно- чаемый ток, кА | Длина искрового промежутка, мм | | Внутренний диаметр труб­ки *d,* мм |
| внутрен- него 5ВН | наруж­ного £н |
| РТВ-6/0,5-25 | 6 | 0,5-25 | 60 | 10 | 6 |
| РТВ-10/0,5-25 | 10 | 0,5-25 | 60 | 15 | 6 |
| РТВ-6/2-10 | 6 | 2-10 | 60 | 10 | 10 |
| РТВ-10/2-10 | 10 | 2-10 | 60 | 15 | 10 |
| РТВ-35/2-10 | 35 | 2-10 | 140 | 160 | 10 |
| РТФ-10 | 10 | 0,2-1 | 225 | 25 | 10 |
|  |  | 0,5-5 | 150 | 25 | 10 |
| РТФ-35 | 35 | 0,5-2,5 | 250 | 130 | 10 |
|  |  | 1-5 | 200 | 130 | 10 |
|  |  | 2-10 | 220 | 130 | 16 |
| РТФ-110 | ПО | 0,5—2.5 | 450 | 450 | 12 |
|  |  | 1-5 | 450 | 450 | 20 |

* обеспечивают гашение электрической дуги.

Многократные искровые промежутки (ИП) типа РВС состоят из одиночных ИП, общий вид которых приведен на рис. 5.12, *а.* При приложении импульсного напряжения в миканитовой прокладке возникает ионизационный процесс, активизирующий межэлект­родное пространство. Дуга делится на ряд коротких дуг, которые затем гасятся в бестоковую паузу.

Улучшенное гашение дуги обеспечивается искровыми проме­жутками с вращающейся дугой (ИПВД) (рис. 5.12, *б).* Два кольце­образных электрода ИП образуют условную щель, в которой воз­никает искровой разряд и дуга. Магнитное поле перемещает ствол дуги по кругу, и она утоньшается.

Для гашения дуги постоянного тока применяются искровые промежутки с растягивающейся дугой и с магнитным дутьем ти­па РВРД (рис. 5.12, *в).*

Важное значение имеет нелинейное рабочее сопротивление вилитовых разрядников, которое ограничивает величину сопровож­дающего тока и уменьшает угол сдвига фаз между током и на­пряжением.

Характеристики искровых промежутков и нелинейных рабочих резисторов вилитовых разрядников приведены в табл. 5.3.

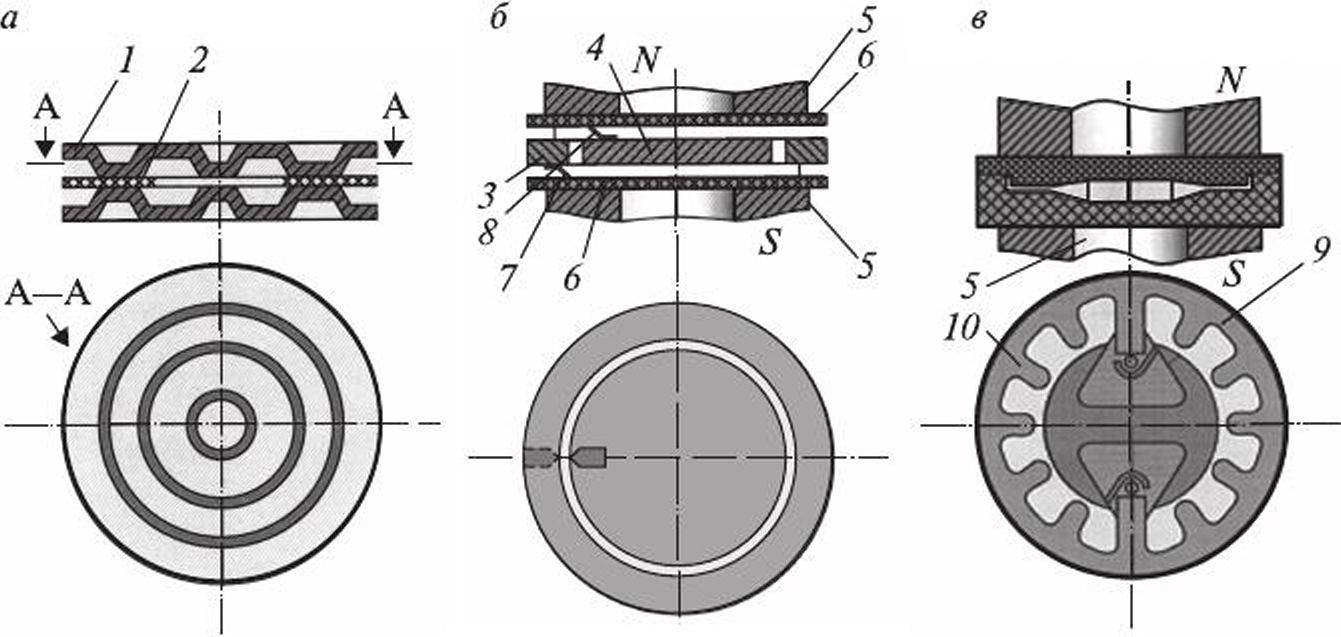


Рис. 5.12. Искровые промежутки вентильных разрядников: *а* — многократные типа РВС; *б* — с врашаюшейся дугой типа ИПВД; *в* — с растягивающейся дугой и магнитным дутьем типа РВРД: / — латунные фи­гурные электроды; *2—* кольцевая прокладка; *3, 4—* медные электроды в фор­ме плоского кольца и плоского диска; *5* — кольцевые постоянные магниты; *6* — изоляционные прокладки; 7, *8* — дополнительные электроды; *9* — фи­гурные медные электроды; *10* — круглая керамическая камера

*Таблица 5.3*

**Параметры искровых промежутков и нелинейных рабочих резисторов**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип разрядника | Тип искрового промежутка | Материал нелинейных рабочих резисторов | Шунтиро­  вание |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Группа 1, серия РВРД | РВРД | Тсрвит; диски диамет­ром 70 мм, *И* = 30 мм; пропускная способ­ность /пр = 800 А на волне 2000 мкс | Активное |
| Группа 2, серии РВМГ. РВМ (с магнитным гашением дуги) | ИПВД, рабочий диаметр элект­родов — 42 мм, прокладки из  электрокартона | Вилит; диски диамет­ром 130 мм, *h* = 60 мм | Активное |
| Группа 3, серия  РВС (станционные) | РВС | Вилит; диски диамет­ром 100 мм, *h* = 60 мм | Отсутствует |
| Группа 4, серии  РВО (облегчен­ный), РВН (для защиты нейтрали) | РВС | Вилит; диски диамет­ром 55 мм, *И* = 60 мм |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Комбинированные  РВМК-330ПУ1 | ИПВД, рабочий диаметр 42 мм, прокладки из  электрокартона | Тервит; диски диамет­ром 70 мм, *И* = 30 мм;  / = 350 А на волне 3000/8000 мкс | Активное, а для И П —  емкостное |
| РВМК-500ПУ1 | То же, прокладки из КМК-218 | То же, /|1р = 500 А |
| РВМК-750МУ1 | ИПВД, рабочий диаметр 60 мм, прокладки из КМК-218 | Тервит; диски диамет­ром 70 мм, *И* = 30 мм;  / = 800 А на волне 3000/8000 мкс | Активное и  емкостное |

В электроустановках переменного тока наибольшее распростра­нение получили разрядники с искровыми промежутками РВС. При­мер конструкции таких разрядников показан на рис. 5.13 требова­ния к установке вентильных разрядников РВС приведены в табл. 5.4, а их технические параметры в табл. 5.5.

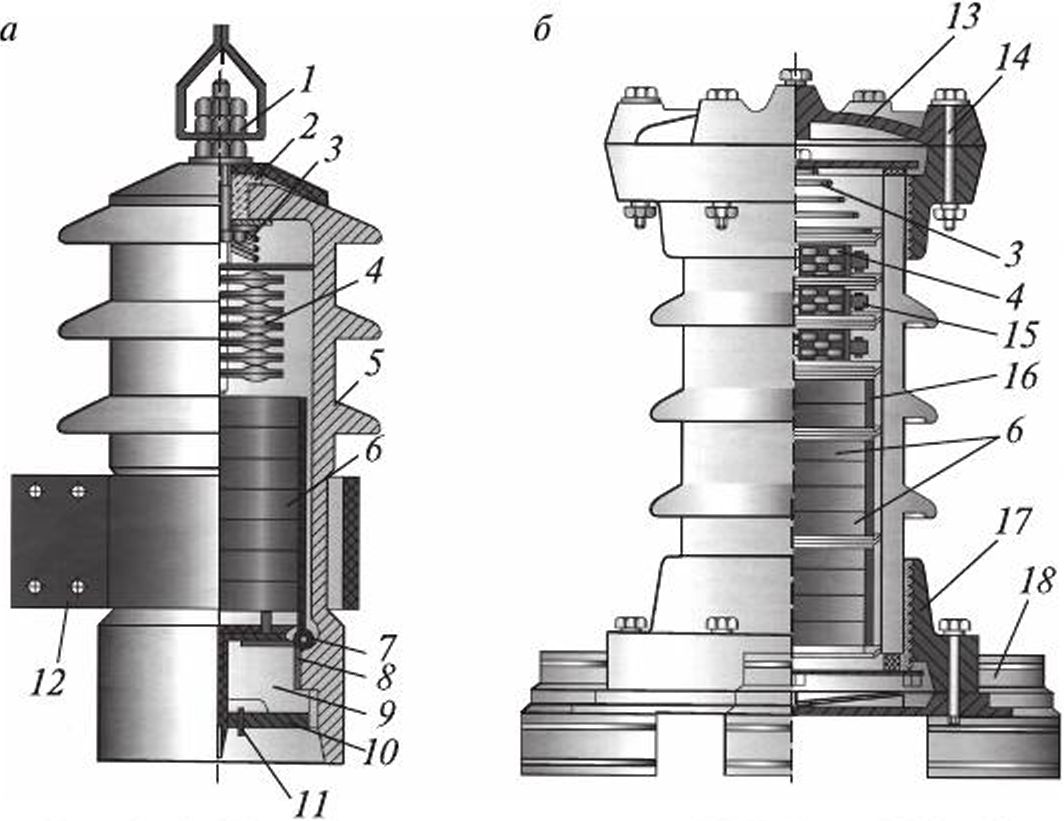


Рис. 5.13. Конструкция разрядников РВП *(а)* и РВС *(б):*

*1 —* ввод; *2 —* резиновая прокладка; *3 —* пружина; *4 —* искровые промежут­ки; 5 — фарфоровый корпус; *6* — вилитовые диски; 7 — стопорная пружина; *8*, *10—* внутренняя и наружная диафрагмы; *9—* компаунд; *11 —* заземляю­щий зажим; *12 —* металлический хомут; *13 —* крышка (фланец); *14 —* стяж­ной болт; *15 —* шунтирующее сопротивление; *16 —* керамическая обмазка;

*17—* нижний фланец; *18—* чугунное основание

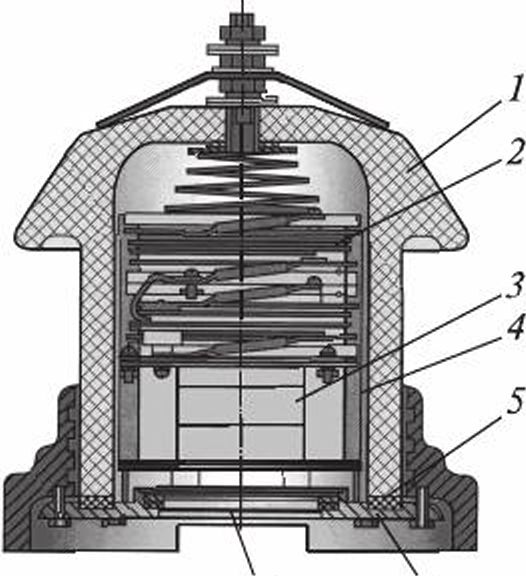
*Таблица 5.4*

**Наибольшее допустимое расстояние от вентильных разрядников до защищаемого оборудования 35—110 кВ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номи­  нальное  напряже­ние, кВ | Тип опор на подходах  ВЛ к РУ и  подстанци­  ям | Длина защи- щаемого тро­сом подхода  ВЛ с повы­шенным  защитным  уровнем, км | Расстояние до силовых трансформаторов, м | | | | | | Расстояние до остального оборудования, м | | | |
| Тупиковые  РУ | | РУ с двумя постоянно  включен­ными ВЛ | | РУ с тремя и более посто­янно включен­ными ВЛ | | Тупиковые  РУ | | РУ с двумя или более постоян­но включенны­ми ВЛ | |
| ОДИН  РВС | два  РВС | один  РВС | два  РВС | ОДИН  РВС | два  РВС | один  РВС | два  РВС | ОДИН  РВС | два  РВС |
| 35 | Портальные | 0,5 | 20 | 30 | 30 | 40 | 35 | 45 | 25 | 40 | 30 | 50 |
| 1,0 | 40 | 60 | 50 | 100 | 90 | 120 | 75 | 100 | 100 | 150 |
| 1,5 | 60 | 90 | 80 | 120 | 120 | 150 | 100 | 130 | 125 | 200 |
| 2,0 | 75 | ПО | 100 | 150 | 150 | 180 | 125 | 150 | 150 | 200 |
| Одностоеч-  ные | 1,0 | 20 | 30 | 30 | 40 | 40 | 50 | 40 | 60 | 50 | 100 |
| 1,5 | 30 | 50 | 50 | 60 | 60 | 70 | 60 | 90 | 80 | 120 |
| 2,0 | 45 | 70 | 70 | 90 | 90 | 100 | 70 | 120 | 90 | 150 |
| ПО | Портальные | 1,0 | 30 | 50 | 50 | 70 | 70 | 90 | 120 | 140 | 130 | 150 |
| 1,5 | 50 | 80 | 70 | 90 | 90 | ПО | 140 | 170 | 200 | 200 |
| 2,0 | 70 | НО | 80 | 120 | 110 | 135 | 170 | 200 | 200 | 200 |
| 2,5 | 90 | 165 | 95 | 150 | 125 | 180 | 190 | 200 | 200 | 200 |
| 3,0 | 100 | 180 | ПО | 200 | 140 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| Одностоеч-  ные | 1,0 | 15 | 20 | 20 | 30 | 30 | 40 | 70 | 90 | 100 | 130 |
| 1,5 | 30 | 55 | 40 | 60 | 50 | 70 | ПО | 130 | 150 | 180 |
| 2,0 | 50 | 75 | 60 | 90 | 70 | 100 | 120 | 150 | 200 | 200 |
| 2,5 | 65 | 100 | 70 | 115 | 80 | 125 | 130 | 200 | 200 | 200 |
| 3,0 | 80 | 140 | 80 | 140 | 95 | 150 | 150 | 200 | 200 | 200 |

Для защиты распределительных устройств постоянного тока при­меняются разрядники типа РВКУ и РВПК-3,3.

*Разрядники вентильные коммутационные унифицированные (РВКУ)* состоят из блоков искровых промежутков и нелинейных резисто­ров, размещенных в герметично закрытой фарфоровой покрышке. Блок искровых промежутков состоит из комбинированных ИП, представляющих собой управляемый токоограничивающий промежуток с электромагнитным гашением, анало­гичный ИПВД. Для работы при про­мышленной частоте необходимо вы­ровнять распределение напряжения, а для импульсов — сохранить нерав­номерность. Для этих целей применя­ют шунтирование активным сопро­тивлением, которое включают парал­лельно искровому промежутку.



7 б

Рис. 5.14. Конструкция раз­рядника РВКУ-3,ЗА-01:

1 — фарфоровая крышка; 2 — искровой промежуток; 3 — блок нелинейных резисторов; 4 — прокладка из электротех­нического картона; 5 — рези­новое уплотнительное кольцо; 6 — днище; 7 — предохрани­тельный клапан

Блок нелинейных резисторов ком­плектуется из трех параллельных ко­лонок последовательно соединенных рабочих резисторов.

Конструкция разрядника РВКУ приведена на рис. 5.14.

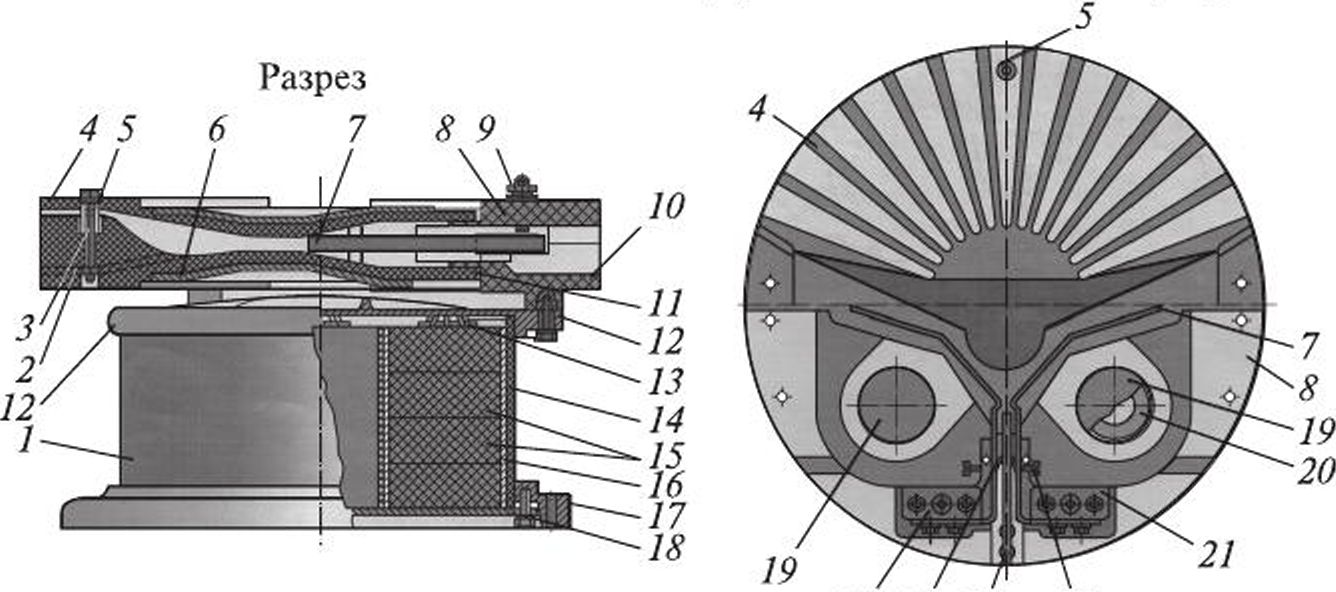
*Разрядники вентильные поляризованные коммутационные РВПК* состоят из дугогасительных камер и блоков рабочих нелинейных резисторов, установленных в бакелитовом цилиндре. Внутри цилиндра находятся шесть колонок тервитовых дисков, заключенных в изоляционные трубки.

Дугогасительная камера состоит из двух половин, каждая из ко­торых имеет гребневидные стенки, при этом гребни одной полови­ны при сборке входят во впадины другой половины, образуя лаби­ринтную щель. В кольцевые пазы обеих половин камеры заложено 8 постоянных магнитов, а с наружных сторон камеры закреплены полюсы, обеспечивающие выталкивание дуги между электродами в лабиринтную щель.

При возникновении перенапряжения пробивается искровой про­межуток между электродами и создается электрическая цепь меж­ду шиной и землей через колонки тервитовых дисков. Магнитное поле растягивает дугу по лабиринтным щелям, деионизирует и га­сит ее. Конструкция разрядника представлена на рис. 5.15.

Параметры разрядников постоянного тока приведены в табл. 5.6.

Дугогасительная камера в разрезе



24 23 22 25

Рис. 5.15. Конструкция разрядника РВПК-3,3:

1 — резистор с нелинейным сопротивлением; 2 — дугогасительная камера; 3 — крепежные болты; 4, 11 — стенки дугогасительной камеры; 5 — втулка; б — полосы; 7 — электроды дугового промежутка; 8, 10 — корпус камеры; 9 — шпилька; 12 — силуминовая крышка; 13 — пружинные шайбы; 14 — бакелитовый цилиндр; 15— колонки тервитовых дисков; 16— изоляционные трубки; 17— фланец; 18 — съемное днище; 19 — гстинаксовые крышки; 20 — постоянные магниты; 21, 24 — зажимы; 22 — миканитовая пластинка; 23 — подсвечивающие электроды; 25 — винты

*Ограничители перенапряжений (ОПН)* предназначены для заши­ты электрооборудования подстанций и сетей от атмосферных и ком­мутационных перенапряжений. Главное конструктивное отличие ОПН от разрядников заключается в отсутствии искровых промежут­ков и применении более совершенных в коммутационном отноше­нии нелинейных сопротивлений. Металлооксидный варистор вы­полняется из множества «микроваристоров», соединенных друг с другом параллельно и последовательно, как показано на рис.5.16.

Границы переходов микроваристоров указаны стрелками. В этой структуре гранулы оксида цинка обладают высокой проводимостью, а покрытие из оксидов других ме­таллов — высоким сопротивлени­ем. При резком увеличении напря­жения сопротивление микроваристоров уменьшается, и протекающий ток, который будет равномерно распределяться по всей структуре варистора, уходит в землю и вы­зывает срабатывание зашиты. Ве­личина максимального тока ОПН прямо пропорциональна суммарной площади параллельно соеди­ненных варисторов. Высоколинейные оксидоцинковые варисторы имеют высокую пропускную способность, что позволяет заменять ограничителями перенапряжений применявшиеся ранее разрядники.

Ограничители перенапряжений устанавливаются в местах, где предусмотрено применение роговых разрядников, и предназначе­ны для зашиты воздушных линий электропередачи, а также кон­тактной сети постоянного и переменного тока электрифицирован­ных железных дорог от грозовых перенапряжений.

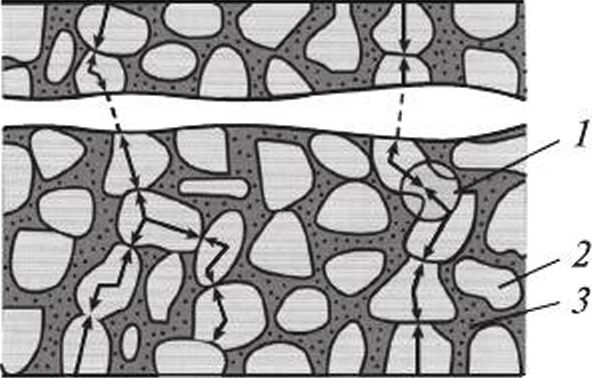


Рис. 5.16. Структура материала нелинейного резистора ОПН:

/ — микроваристор; 2 — оксид цинка; 3 — оксид другого металла (висмута, сурьмы, кобальта, мар­ганца)

Ограничители перенапряжений рассчитаны для работы при тем­пературе окружающего воздуха от +60 до —40 °С, выдерживают дав­ление ветра со скоростью до 40 м/с без гололеда и до 15 м/с при толщине гололеда 20 мм и при натяжении провода в горизонталь­ном положении до 300 Н.

Условные обозначения ограничителей расшифровываются сле­дующим образом. ОПН-3,3 КС УХЛ1: О — ограничитель; П — пе­ренапряжений; Н — нелинейный; 3,3 (или 27,5) — номинальное напряжение, кВ; КС — контактная сеть; УХЛ1 — климатическое исполнение.

Вольтамперные характеристики ОПН в различных режимах по­казаны на рис. 5.17. Конструкции ограничителей в полимерном корпусе ОПНп-6/400-Ш-УХЛ 1, а также ограничителей высокого напряжения (ОПН-1Ю и ОПН-220) представлены на рис. 5.18 и 5.19.

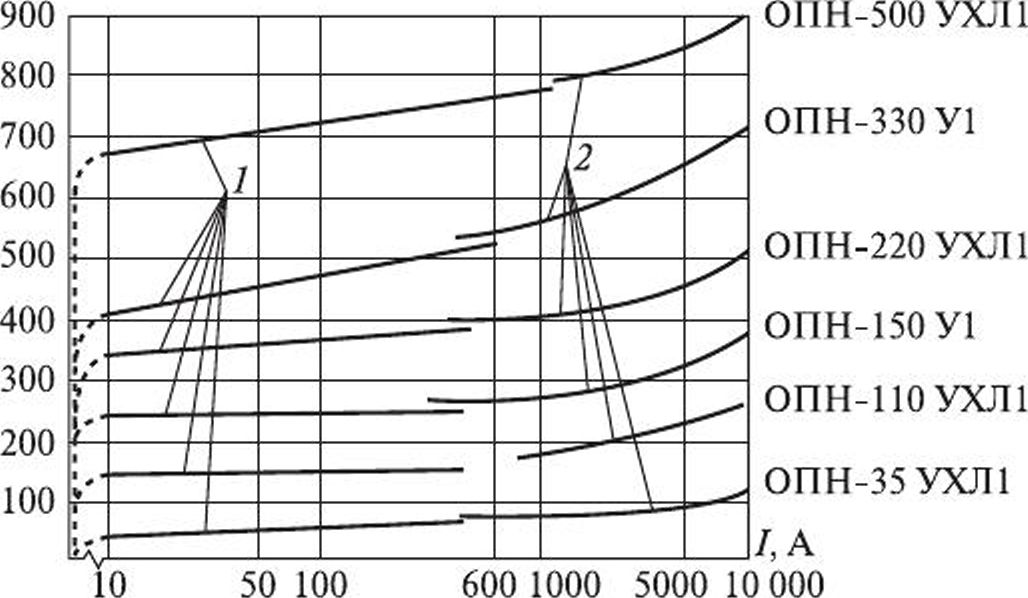


Рис. 5.17. Вольтампсрныс характеристики ОПН в режимах:

1 — коммутационных перенапряжений на волне тока с фронтом 1,2 мс; 2 — грозовых перенапряжений на волне тока с фронтом 8 мкс

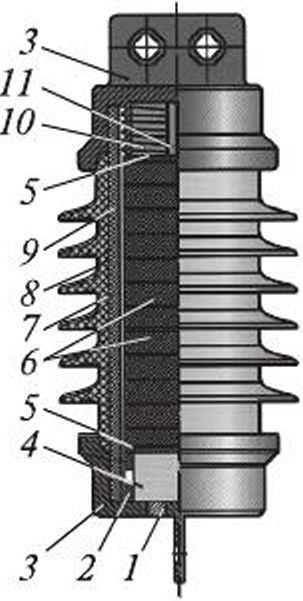


Рис. 5.18. Конструкция огра­ничителя в полимерном кор­пусе ОП Нп-6/400-111-УХЛ1: 1 — заглушка; 2 — втулка; 3 — фланцы; 4 — заливоч­ный компаунд; 5 — шайба; 6 — варисторы; 7 — стекло- пластиковая труба; 8 — реб­ристое пок

рытие; 9 — кле­ющий слой; 10 — пружина;

11 — гибкая связь

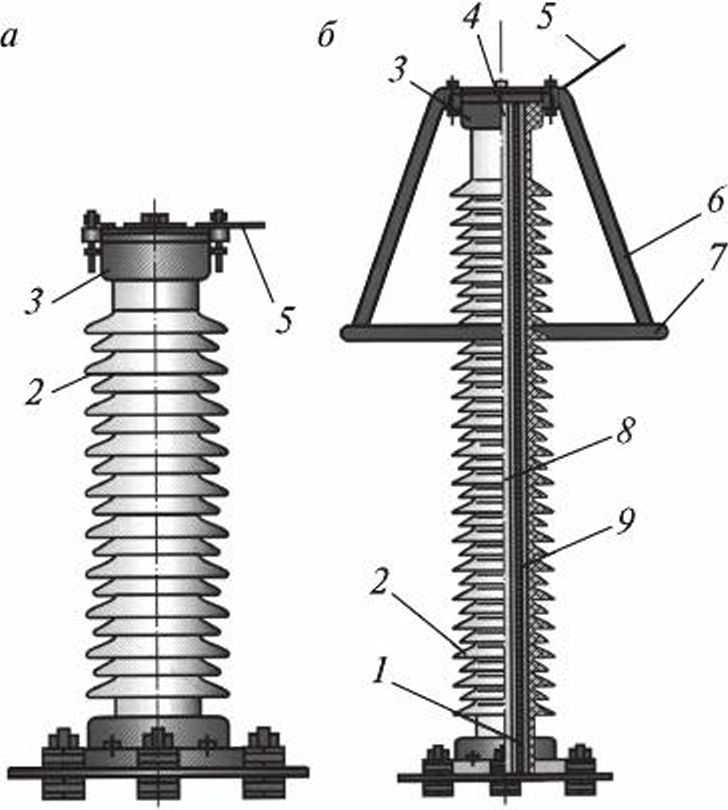


Рис. 5.19. Ограничители ОПН-110 УХЛ1 (а) и ОПН-220 УХЛ1 (бУ.

1 — параллельно соединенные оксидно-цинко­вые варисторы; 2 — фарфоровый корпус; 3 — металлический фланец; 4 — клапан гермети­зации и взрывобсзопасности; 5 — контактная пластина; 6— экранодержатель; 7— экран; 8 — демпфирующая полость; 9 — кварцевый песок

В последнее время для защиты ВЛ напряжением 6—10 кВ от ат­мосферных перенапряжений широко применяются длинно-искро­вые разрядники РДИ.

*Искровые разрядники.* Принцип действия всех видов искровых разрядников заключается в ограничении грозовых перенапряже­ний на ВЛ за счет искрового перекрытия по поверхности изоля­ционного тела разрядника с длиной канала разряда, в несколько раз превосходящей строительную высоту защищаемой изоляции, и гашении сопровождающих токов промышленной частоты за счет обеспеченного таким образом снижения величины среднего гра­диента рабочего напряжения вдоль канала грозового перекрытия.

*Разрядник РДИП-10-4 УХЛ1* (рис. 5.20) представляет собой пет­лю с изолированным металлическим стержнем, на поверхности ко­торой закреплены промежуточные кольцевые электроды. Изоляция выполнена из полиэтилена высокого давления. В зажиме крепле­ния зафиксированы концы петли с изоляцией. С помощью этого зажима разрядник крепится к штырю самого изолятора на опоре ВЛ. Поверх изоляции в средней части петли расположена метал­лическая трубка. Непосредственно на проводе напротив трубки ус­танавливается универсальный зажим, позволяющий создать искро­вой промежуток необходимого размера.

Изолированная петля разрядника РДИП-10-4 УХЛ1 крепится на линию благодаря зажиму, выполненному из оцинкованной стали и позволяющему создать очень надежное крепление непосредствен­но к частям арматуры ВЛ.

Эффект скользящего разряда лежит в основе принципа рабо­ты разрядника. Разряд сопровождается большой длиной импульс­ного перекрытия, проходящего по разряднику; за счет этого пред­отвращается переход из импульсного перекрытия в силовую дугу тока промышленной частоты. Индуктированный грозовой импульс после возникновения на проводах линии пробивает искровой воз­душный промежуток, специально созданный между проводами и металлической трубкой разрядника и попадает на изоляцию, ко­торая находится между трубкой разрядника РДИП-10-4 УХЛ1 и стержнем петли. Скользящий разряд проходит благодаря воздей­ствию импульсного напряжения по поверхности изолированной петли от трубки до зажима, крепящего разрядник. Такой эффект, имеющий место после возникновения скользящего разряда, поз­воляет вольт-секундной характеристике разрядника располагаться

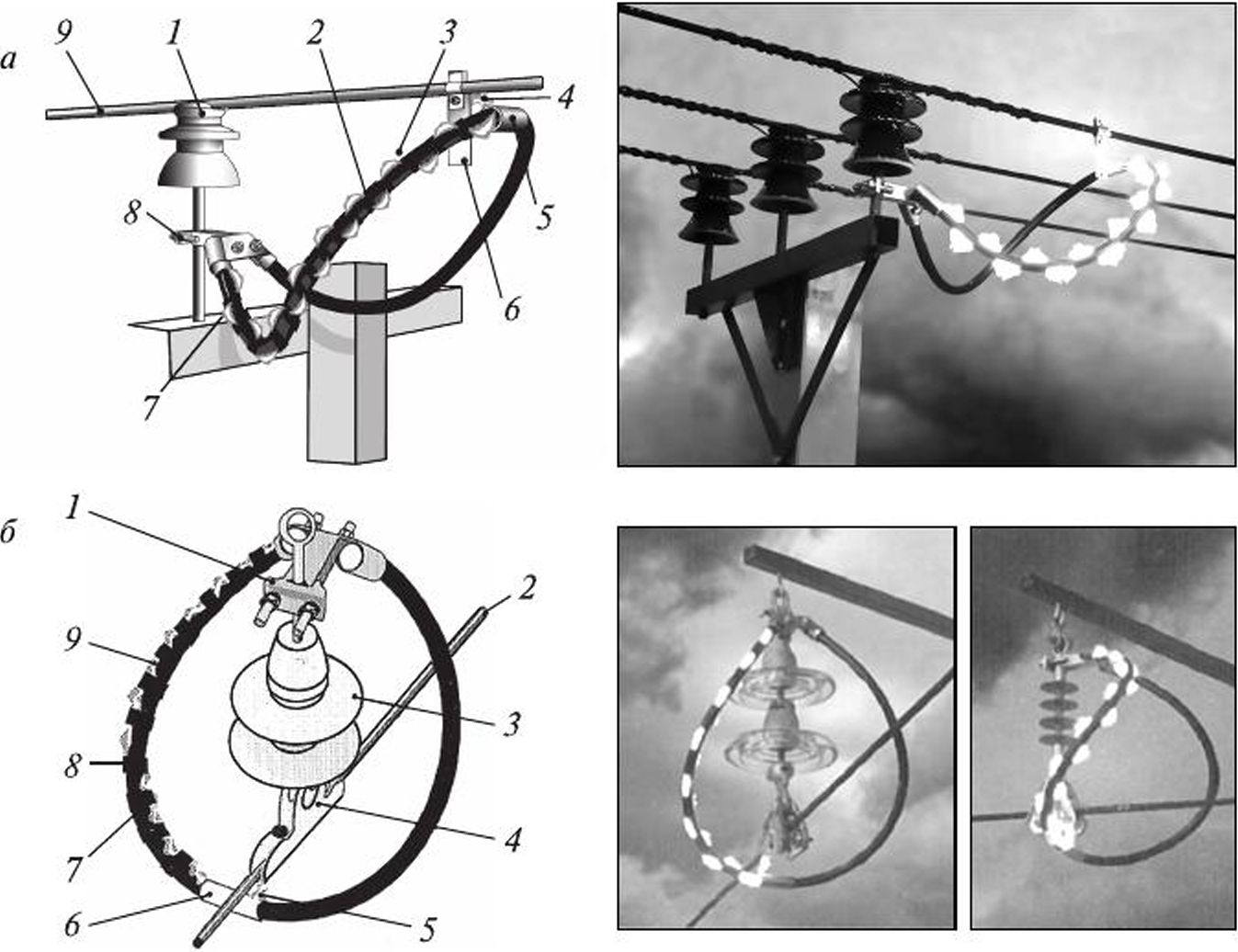


Рис. 5.20. Конструкции искровых разрядников и схемы их подключения: *а: 1 —* штыревой изолятор; *2* — промежуточные электроды; *3* — канал разряда; *4* — воздушный промежуток; 5 — металлическая трубка; *6* — универсальный зажим на проводе; 7 — изолированная петля; *8* — узел крепления; 9 — провод; *б: 1* — узел крепления; *2* — провод; *3* — подвесной изолятор; *4* — прокусывающий поддерживающий зажим; 5— воздушный промежуток; *6—* металлическая трубка;

7 — изолированная петля; *8* — промежуточные электроды; 9 — канал разряда

по своим значениям ниже, чем аналогичная характеристика изоля­тора. Во время удара молнии разрядник полностью перекрывается в отличие от изолятора. Разряд угасает после воздействия импуль­сного тока молнии и не трансформируется в силовую дугу. Таким образом, исключается короткое замыкание, провода не поврежда­ются и линия электропередачи не выходит из строя.

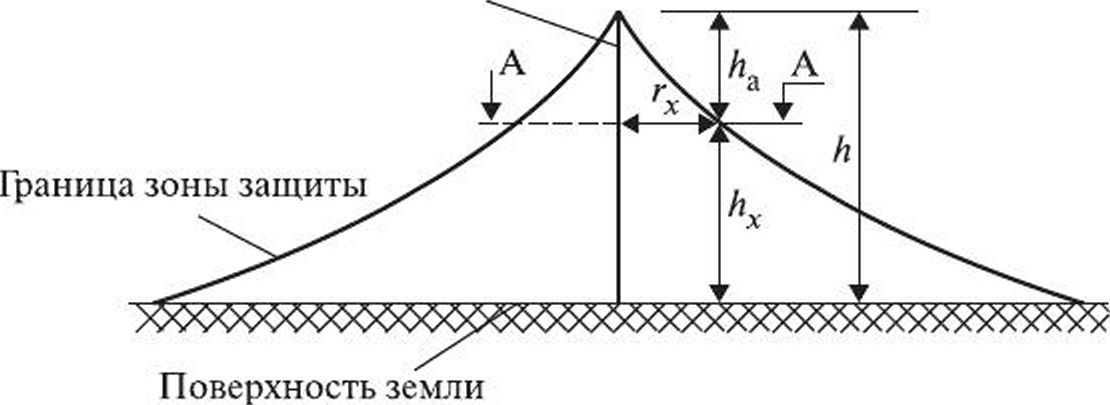
**Тема. Молниеотводы: назначение, классификация, конструкция, защитные зоны**

Зашита от прямых ударов молнии основана на свойстве мол­нии избирательно поражать возвышающиеся над окружающемуровнем и хорошо заземленные ме­таллические объекты — так называ­емые молниеотводы. По своей конс­трукции молниеотводы подразделяют­ся на стержневые и тросовые (грозо­защитные тросы).

*Стержневые молниеотводы* пред­назначены для зашиты зданий и от­крытых территорий, в том числе ОРУ подстанций. По способу выполне­ния опорных конструкций стержне­вые молниеотводы подразделяются на мачтовые и трубча­тые*.*

Стержневой молниеотвод состоит из молниеприемника, токоотвода и заземлителя. Молниеприемник — это металлический стержень сечением не менее 100 мм2, возвышающийся на 1 — 1,5 м над несущей токоотвод конс­трукцией. Сечение токоотвода долж­но быть не менее 50 мм2. Защитное действие стержневых молниеотводов основано на том, что молния ударя­ет или в вершину молниеотвода или в землю за пределами определенной области, называемой защитной зоной.

Молниеотвод



А-А

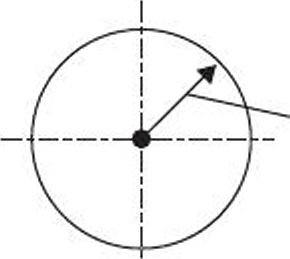


Рис. 5.22. Зона зашиты одиночного молниеотвода

Объекты значительной протяженности защищаются система­ми из одиночных молниеотводов, антенными или сеточными мол­ниеотводами.

При построении защитной зоны для двух молниеотводов сна­чала следует задать расстояние между молниеотводами *S,* кото-рое обычно составляет 50—70 м. Зоны защиты каждого из двух мол­ниеотводов строятся так же, как и для одиночных, а при по­строении общей части защитной зоны учитываются: наимень­шая ширина защитной зоны *Ьх,* которая определяется графически, и наименьшая высота защитной зоны, определяемая по формуле

Верхняя огибающая зоны защиты представляет собой дугу ок­ружности с радиусом *R.*

Форма зоны защиты для двух молниеотводов приведена на рис. 5.23. Зоны защиты трех, четырех и большего числа молние­отводов имеют более сложную форму.

*Грозозащитные тросы.* Воздушные линии электропередач чаще всего защищают тросовыми молниеотводами, подвешиваемыми на вершинах опор.

*Список литературы*

1. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. СО 153-34.21.122-2003.

2. Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок ПОТ Р М – 016-2001. РД 153-34.0 – 03.150 - 00

3. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок.

4. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителя.

***Контрольные вопросы:***

1. Какие устройства защищают территорию подстанции и здания от прямых атмосферных перенапряжений?
2. Чем защищают воздушные линии электропередачи от прямых атмосферных перенапряжений?
3. Какие аппараты защищают электроустановки от индуктированных атмосферных и коммутационных перенапряжений?
4. Что такое координация изоляции?
5. В чем состоит главное отличие ограничителей перенапряжений от разрядников?
6. Каким образом гасится электрическая дуга в разрядниках переменного тока?
7. Каким образом гасится электрическая дуга в разрядниках постоянного тока?
8. Каким образом ОПН и разрядники защищают изоляцию электроустановок от перенапряжений?
9. Должны ли быть заземлены ОПН и разрядники?
10. Какое оборудование тяговой подстанции обязательно должно защищаться разрядниками или ОПН?

***Примечание****:*

*Решения сдать в электронном формате до 04.04.2020 на электронную почту lenarfattahov85@mail.ru*