ВВЕДЕНИЕ

Распределительные электрические сети (PC) напряжением 0,4-10 кВ в последние годы оснащаются электрооборудованием, аппаратами, устройствами, изоляторами и проводами, изготовленными на новой современной технической базе. Эксплуатация таких сетевых объектов требует надежной системы защиты от грозовых перенапряжений с использованием современных технических средств. Разработка технических средств и методов защиты от перенапряжений PC связана с количественной оценкой параметров молнии и вероятного числа грозовых повреждений. Для расчетов плотности прямых ударов молнии на землю используется информация об интенсивности грозовой деятельности. При этом необходимо учитывать экранирование сетевых объектов зданиями, сооружениями, деревьями и т.п. Экранирование в отдельных случаях может снизить количество прямых ударов в сетевые объекты на ~ 70%.

Надежная защита достигается, если оборудование и конструкции будут иметь достаточно высокую прочность изоляции или в PC установлены эффективные аппараты защиты от грозовых перенапряжений. Для защиты PC напряжением 0,4-10 кВ от грозовых перенапряжений применяются ограничители перенапряжений нелинейные (ОПН), разрядники длинно-искровые (РДИ), разрядники вентильные (РВ) и трубчатые (РТ), защитные искровые промежутки (ИП). Тип, количество и место установки аппаратов защиты выбирается при проектировании конкретных сетевых объектов. При установке аппаратов защиты требования к значению сопротивления заземления выбирают согласно ПУЭ. Для магистральных линий напряжением 6-10 кВ, выполненных в габаритах ВЛ напряжением 35 кВ, рекомендуется применять тросовые молниеотводы на подходах к подстанциям и распределительным пунктам.

Задачей защиты PC напряжением 0,4 кВ является предотвращение поражения людей, животных и возникновения пожаров вследствие проникновения грозовых перенапряжений во внутренние проводки жилых домов и других строений, а также повреждения электрооборудования подстанций 6-10/0,4 кВ.

1. ОЦЕНКА ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ МОЛНИЕОТВОДОВ

1.1 Параметры стержневых и тросовых молниеотводов

1.1.1 Параметры стержневых молниеотводов

Стержневым молниеотводом называется конструкция в виде вертикального установленного решетчатого шпиля, трубы или стержня. Стержневой молниеотвод как средство грозозащиты был предложен В.Франклином в 1749 году. Современные молниеотводы стандартных типов имеют высоту до 40 метров. В некоторых случаях для создания нестандартных молниеотводов в качестве несущих конструкций используются заводские трубы, опоры линий электропередачи или металлические порталы открытых распределительных устройств.

Молниеотвод должен иметь надёжную связь с землёй с сопротивлением 5-25 Ом растеканию импульсного тока. Защитное свойство стержневых молниеотводов заключается в том, что они ориентируют на себя лидер формирующегося грозового разряда. Разряд происходит обязательно в вершину молниеотвода, если он формируется в некоторой области, расположенной над молниеотводом. Эта область имеет вид расширяющегося вверх конуса и называется зоной 100%-го поражения. Опытными данными установлено, что высота ориентировки молнии Н зависит от высоты молниеотвода h. Для молниеотводов высотой до 30 метров:

(1.1)



а для молниеотводов высотой более 30 метров Н=600м принято считать, что вершина конуса зоны 100%-го поражения располагается симметрично оси молниеотвода на высоте защищаемого объекта , а радиус его на высоте ориентировки:



(1.2)



где - активная часть молниеотвода, соответствующая его превышению над высотой защищаемого объекта :



(1.3)



Кроме указанной зоны, защитное действие стержневого молниеотвода характеризуется зоной защиты, т.е. пространством, попадание разрядов молний в которое исключается. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода имеет вид шатра, расширяющегося книзу (рис. 1.1). Для расчёта радиуса защиты в любой точке защитной зоны, в том числе и на уровне высоты защищаемого объекта, используется формула:

(1.4)



где р – поправочный коэффициент, равный 1 для молниеотводов высотой меньше 30 метров и равный для более высоких молниеотводов.



В том случае, когда для защиты протяжённых объектов используется несколько молниеотводов, целесообразно, чтобы зоны их 100%-го поражения смыкались над объектом или даже перекрывали друг друга, исключая вертикальный прорыв молнии на объект защиты (рис. 1.2). Расстояние (S) между осями молниеотводов должно быть равно или меньше величины, определяемой из зависимости:

(1.5)



Зона защиты двух и четырёх стержневых молниеотводов в плане на уровне высоты защищаемого объекта имеет очертания, приведённые на рис. 1.3, а, б.

Показанный на рисунке радиус защиты определяется так же, как и для одиночного молниеотвода, а наименьшая ширина зоны защиты определяется по специальным кривым. Следует иметь ввиду, что при молниеотводов высотой до 30 метров, расположенных на расстоянии , наименьшая ширина зоны защиты равна нулю.



Рисунок 1.1 – Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода:

1 – граница зоны защиты; 2 – сечение зоны защиты на уровне



Рисунок 1.2 – Схема расположения стержневых молниеотводов, обеспечивающая смыкание зон 100%-го поражения



Рисунок 1.3 – Графическое изображение защитной зоны:

а) – для двух молниеотводов; б) – для четырёх молниеотводов

При наличии трёх и четырёх молниеотводов очертания защитной зоны имеют вид, подобный рис. 1.3 б. Радиусы защиты определяются в этом случае так же, как и для одиночных молниеотводов. Размер определяется по кривым для каждой пары молниеотводов. Диагональ четырёхугольника или диаметр окружности, проходящей через вершины треугольника, образованного тремя молниеотводами, по условиям защищённости всей площади должны удовлетворять зависимости для молниеотводов высотой меньше 30 м:



для молниеотводов высотой более 30 м:



При установке отдельно стоящих молниеотводов необходимо соблюдать определённые расстояния по воздуху между молниеотводом и защищаемым объектом. Это требование исходит из того, что в момент поражения молниеотвода молнией на нём создаётся высокий потенциал, который может привести к обратному разряду с молниеотвода на объект. Потенциал на молниеотводе в момент разряда определяется зависимостью:

(1.6)



где - импульсное сопротивление заземления молниеотвода 5 – 25 Ом; - ток молнии в хорошо заземлённом объекте, кА.



Более точно потенциал на молниеотводе можно определить с учётом индук-

тивности молниеотвода:

(1.7)



где а – крутизна фронта волны тока, кА/мкс; - точка молниеотвода на высоте объекта, м; - удельная индуктивность молниеотвода, мкГн/м.



Для расчёта минимального допустимого приближения объекта к молниеотводу можно исходить из зависимости:

(1.8)



где Ев – допустимая импульсная напряжённость электрического поля в воздухе, принимаемая 500 кВ/м.

Руководящие указания по защите от перенапряжений рекомендуют расстояние до молниеотвода принимать равным:

(1.8а)



Эта зависимость справедлива при токе молнии, равным 150 кА, крутизне тока 32 кА/мксек и индуктивности молниеотвода 1,5 мкгн/м. Независимо от результатов расчёта, расстояние между объектом и молниеотводом должно быть не менее 5 м.

1.1.2 Тросовый молниеотвод

Одним из наиболее надёжных средств предотвращения прямых поражений молнией проводов линий электропередачи является подвеска над ними заземлённых тросовых молниеотводов. Устройство это дорогое и поэтому применяется только на линиях первого класса напряжением 110 кВ и выше. Когда линия на металлических или деревянных опорах не прикрыта тросами полностью, ими прикрывают только подходы к подстанциям на участке 1-2 км. В зависимости от конструкции опор, могут быть применены один или два троса, наглухо присоединённые к металлической опоре или к заземляющим металлическим спускам деревянных опор. Для предохранения троса от пережога током молнии и контроля заземления опоры крепления троса производится с помощью одного подвесного изолятора, шунтированного искровым промежутком. Эффективность тросовой защиты тем выше, чем меньше угол, образованный вертикалью, проходящей через трос, и линией, соединяющей трос с крайним из проводов. Этот угол называют защитным углом, принимая его величину в пределах 20-300.



Защитная зона для одного троса в сечении перпендикулярном линии, имеет вид, подобный защитной зоне для одиночного стержневого молниеотвода. Ширина защитной зоны, исключающей прямое поражение проводов на уровне высоты их подвеса, определяется зависимостью:

(1.9)



Эта зависимость справедлива для высоты подвеса троса 30 м и ниже.

1.2 Определение высоты и места расположения молниеотвода

Стержневой молниеотвод предназначен для защиты здания подстанции шириной 10 м, длиной 85 м и высотой 17 м. Необходимо определить высоту и место расположения молниеотвода с учётом его допустимого приближения к объекту защиты, если в соответствии с руководящими указаниями по защите от перенапряжения ток молнии равен 50 кА, индуктивность молниеотвода – 1,5 мкГн и усреднённая крутизна фронта косоугольной волны тока - 34 кА/мксек, сопротивление заземления молниеотвода в импульсном режиме 50 Ом. Расчёт высоты молниеотвода производится так, чтобы с одной стороны его общая высота и радиус защиты на высоте объекта были наименьшими, а с другой стороны исключилась вероятность вторичных перекрытий с молниеотвода на объект.

Схема установки молниеотвода принимается в соответствии с рис. 1.4. По (1.7) определяется потенциал на молниеотводе в момент разряда на уровне высоты объекта:



Приняв рекомендованную допустимую импульсную напряжённость по воздуху Ев=500 кВ/м, определяется удаление молниеотвода от объекта из выражения (1.8):



Это же расстояние определяется по зависимости (1.8а):



То расстояние, которое оказалось большим, принимается за расчётное. Радиус защитной зоны определяется выражением:

(1.10)



Предположив, что высота молниеотвода будет больше 30 м, и используя зависимость (1.4), где р=5,5/, получается:



Рисунок 1.4 – Схема установки молниеотвода



Решив уравнение, получим h = 78,469 м. Введя в расчётную формулу полученную величину, убедимся, что молниеотвод действительно защищает здание:



Исходя из полученных результатов, можно сделать предложение об установке не одного, а нескольких молниеотводов. Но для этого необходимо учесть экономические затраты на реализацию этого предложения и технические условия расположения необходимого количества молниеотводов. В итоге, сравнив расчёты, можно получить наиболее выгодный вариант.

1.3 Оценка амплитуды напряжения, действующего на гирлянду изоляторов при ударе молнии в провод

Молния поражает не защищенный тросом провод линии. Определить амплитуду напряжения, действующего на гирлянду изоляторов опоры, ближайшей к месту удара молнии. Волновое сопротивление канала молнии 250 Ом, волновое сопротивление провода с учётом импульсной короны 270 Ом. Статический ток молнии 90 кА.

Считая, что при ударе в провод действительный ток вдвое меньше статического, а эквивалентное волновое сопротивление двух проводов вдвое меньше сопротивления одного провода, определим амплитуду волны перенапряжения, распространяющейся по проводу в обе стороны и достигающей гирлянды:

(1.11)



где - статический ток молнии, кА; - волновое сопротивление провода с учё-



том импульсной короны, Ом.



Практически тот же результат можно получить, используя схему замещения по Петерсену, содержащую волновое сопротивление канала молнии и эквивалентное сопротивление двух лучей провода:

(1.12)



где -волновое сопротивление молнии, Ом;-напряжение падающей волны, кВ.



1.4 Определение величины и кратности индуктированного перенапряжения на проводах линии

Грозовой разряд произошел в столб телеграфной линии, расположенный на удалении 80 м от ЛЭП напряжением 110 кВ. Величина тока 290 кА. Определить величину индуктированного перенапряжения на проводах линии и кратность этого же перенаряжения, если высота подвеса проводов на опорах 16 м, а стрела провеса 5,5 м.

Определяется средняя высота подвеса проводов:

(1.13)



где - высота подвеса проводов на опорах, м; - стрела провеса проводов, м.



Определяется величина индуктированных напряжений:

(1.14)



где - средняя высота подвеса проводов, м; S – удаление столба телеграфной линии от ЛЭП, м.



Так как индуктированное напряжение можно принять одинаковым для всех трёх проводов и учитывая, что оно действует на фазную изоляцию линии, определим кратность перенапряжения по отношению к фазному напряжению:

(1.15)



где - величина индуктированных напряжений, кВ; - напряжение линии, кВ.



2. РАСЧЁТ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

2.1 Параметры одиночных стержневых заземлителей

Основу заземляющего устройства составляют заземлители, т.е. металлические элементы, находящиеся непосредственно в грунте, и заземляющие провода (спуски), доступные для осмотра. Основными характеристиками заземляющего устройства является сопротивление растеканию тока промышленной частоты и сопротивление растеканию импульсных токов грозового разряда. Величина нормированного сопротивления растеканию тока промышленной частоты находится в пределах 0,5-25 Ом. Исследования показывают, что характер распределения тока в почве зависит от его частоты, удельного сопротивления грунта, линейных размеров и взаимного расположения заземлителей. При расчётах заземления используют формулы, определяющие величину сопротивления растеканию тока применительно к заданной форме заземлителя.

Электрический ток, растекаясь в почве в момент поражения установки грозовым разрядом при пробое изоляции токоведущих частей, создаёт вдоль своего пути падение напряжения, которому соответствуют определённые потенциалы на поверхности земли. При этом точки поверхности, расположенные на расстоянии 20 м и более от зпземлителя или места замыкания на землю, практически имеют нулевой потенциал.

Наивысшим или полным потенциалом будут обладать все точки, имеющие металлическую связь с заземлителем. Отношение полного потенциала к величине тока, протекающего через заземлитель, определяет собой сопротивление растекания тока данного заземления:

(2.1)



где - полный потенциал, кВ; - ток в заземлителе, кА.



Полный потенциал и характеристика распределения напряжения по радиусу от оси заземлителя определяют собой важные величины с точки зрения безопасности обслуживающего персонала:

- шаговое напряжение, под которым подразумевают ту наибольшую разность потенциалов, которую имеют ступни человека, оказавшегося на расстоянии 0,8 м друг от друга по радиусу от центра заземлителя;

- напряжение прикосновения, т.е. наибольшее напряжение между поверхностью заземлённого аппарата (к которому в момент разряда может прикасаться человек) и и точками поверхности земли на расстоянии 0,8 м.

Расчёт заземляющего устройства носит поверочный характер в том случае, когда схема заземления задана или носит чисто расчётный характер, когда по заданной величине нормированного сопротивления создаётся его схема. Во всех случаях при расчёте необходимой величиной является удельное сопротивление грунта, причём наиболее желательными являются результаты непосредственных измерений. Величины удельных сопротивлений подвержены сезонным изменениям, причём наибольшее влияние оказывают влажность, температура, степень промерзания, наличие солей.

Чем глубже расположен заземлитель, тем стабильнее оказывается сопротивление грунта и лучше условия для растекания тока, поэтому заземлители располагают так, чтобы верхняя кромка вертикальных заземлителей или уровень горизонтальных находились на глубине 0,5-1,0 м от поверхности, а ниже – от 3 до 20 м. Чтобы исключить вероятность повышения удельного сопротивления, в расчётах используется удельное сопротивление, полученное непосредственным измерением на данном участке, умноженное на коэффициент сезонности, учитывающий возможность высыхания грунта:

(2.2)



где - удельное сопротивление грунта, полученное непосредственным измерением на данном участке, Ом·см; - коэффициент сезонности, учитывающий возможность высыхания грунта.



Приближённое значение коэффициента сезонности принимается 1,4-1,8 для горизонтальных заземлителей, уложенных на глубине 0,5 м, и 1,2-1,4 для вертикальных заземлителей длиной 2-3 м, причём, если во время измерения удельного сопротивления земля сухая, то принимается меньшее значение, а если почва влажная – большая величина.

2.2 Определение сопротивления заземления в импульсном режиме

Горизонтальный четырёхлучевой заземлитель, предназначенный для заземления трубчатого разрядника на подходе к распределительной подстанции, выполнен из стального прута диаметром 1 см. Длина каждого луча 6 м, глубина заложения 0,5 м. Определить сопротивление заземления в импульсном режиме, если удельное сопротивление грунта, измеренное в сухую погоду, оказалось 9000 Ом∙см. Ток молнии 75 кА. Коэффициент возможного увеличения сопротивления принят в соответствии с руководящими указаниями равным 1,4. Ввод тока в заземлитель осуществляется в центральную часть.

Расчёт производится в рекомендованной последовательности. В соответствии с (2.2) определяется расчётная величина удельного сопротивления грунта:



Определяется сопротивление каждого луча заземлителя:

(2.3)



где - расчётная величина удельного сопротивления грунта; l – длина луча, см.



По заданной величине импульсного тока определяется ток, стекающий с каждого луча:

(2.4)



Для заданного тока и по величине расчётного удельного сопротивления примем значение импульсного коэффициента α = 0,32, найденного путём интерполяции. Определяется импульсное сопротивление каждого луча:

(2.5)



где - сопротивление каждого луча заземлителя, Ом.



Принимается коэффициент использования η = 0,45 и определяется общее импульсное сопротивление всего заземлителя:

(2.6)



где - импульсное сопротивление каждого луча, Ом.



3. РАСЧЕТ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ НА ГРОЗОУПОРНОСТЬ

3.1 Влияние тросов на величины индуктивных напряжений

При наличии тросов, защищающих провода от прямого поражения молнией, расчёт величины индуктированных напряжений усложняется. Благодаря экранирующему действию троса величина индуктированного напряжения на проводах снижается примерно на 25% по отношению к индуктированному напряжению в линии без тросов. Экранирующее действие троса определяется взаимным расположением проводов и тросов и учитывается ведением в расчёт геометрического коэффициента связи k0. При наличии троса разряд в вершину опоры или тросовый пролёт сопровождается протеканием разрядного тока по тросу. Возникающая при этом импульсная корона значительно увеличивает геометрический коэффициент связи, что в расчётах учитывается введением поправочного коэффициента k1.

При разряде молнии в опору, имеющую один трос, поправочный коэффициент на корону при напряжениях 35, 110 и 220 кВ принимают 1,2, 1,3 и 1,4 при наличии двух тросов и разряде в вершину опоры – 1,1, 1,2 и 1,3. При разряде молнии в середину тросового пролёта поправочный коэффициент k1 может быть принят 1,5, независимо от числа тросов. Таким образом, величина индуктированного напряжения при наличии тросов определяется зависимостью:

(3.1)



При этих условиях казалось бы, напряжение, действующее на изоляцию, должно выражаться зависимостью:

(3.2)



но это не так.

При ударе молнии в опору с тросом, ток молнии растекается по трём ветвям: по самой опоре и по тросам в обе стороны к заземлениям ближайших опор. Ток, протекающий к тросу, индуктирует в проводе потенциал того же знака, что и потенциал прямого разряда, что снижает напряжение на изоляции и учитывается введением отрицательной составляющей .



Таким образом, расчётное напряжение, действующее на изоляцию, соответствует зависимости:

(3.3)



или окончательно после упрощения:

(3.4)



3.2 Расчет удельного числа отключений линии

Опыт показывает, что как ни совершенна тросовая защита воздушных линий, через неё наблюдается прорыв молнии. Кроме того, при прямом ударе молнии в середину тросового пролёта или в вершину опоры может произойти перекрытие изоляции как самих гирлянд, так и воздушного промежутка между проводом и тросом. В результате указанных явлений линия, естественно, будет отключена защитой. Число таких отключений, приходящихся в год на 100 км линии и 30 грозовых часов, характеризуется удельгным числом отключений, которое обычно бывает равным величине от 0,1 до 1,5.

Число отключений линии кроме качества самой линии зависит от интенсивности грозовой деятельности в данной местности. Среднее число поражений поверхности земли в 1 км2, отнесенное к одному грозовому часу, близко к 0,06. Площадь, с которой линия собирает разряды, может быть представлена прямоугольником, одна сторона которого 100 км, а другая зависит от высоты тросов

или проводов и принимается равной 10. Таким образом, при 30 ч грозы в год линия получает N ударов молнии:



(3.5)



где - средняя высота подвеса проводов (троса), м.



Очевидно, что не каждое поражение грозовым разрядом вызовет переход импульса в дугу и отключение линии, что в свою очередь зависит от уровня средних напряженностей электрических полей на рассматриваемом участке действием рабочего напряжения. Вероятность (в процентах) возникновения токов молнии выше защитного уровня оценивается коэффициентом ν1 по кривым статической вероятности величины токов молнии. Таким образом, удельное число отключений может быть рассчитано по формуле:

(3.6)



При наличии тросов расчёт удельного числа отключений несколько усложняется и производится по формуле:

(3.7)



где ν2 –вероятность превышения токами молнии защитного уровня при ударе в середину пролёта троса; η2 – вероятность перехода импульсного перекрытия в дугу, вызывающую отключение, при ударе молнии в пролёт.

3.3 Определение расстояния между проводом и тросом

Разряд молнии произошёл в середину тросового пролёта. Волновое сопро-

тивление троса с учетом импульсной короны принято 220 Ом. Коэффициент связи между проводом и тросом с учетом короны 0,2. Определить минимально допустимое расстояние между проводом и тросом, если ток молнии 150 кА, средняя допустимая напряженность электрического поля между проводом и тросом 700 кВ/м.

При ударе молнии в трос от места поражения по двум сторонам растекается волна с амплитудой напряжения:

(3.8)



Ток, протекающий по тросу, индуктирует в проводах напряжение той же полярности, но меньшей по величине, в соответствии с коэффициентом связи:

(3.9)



Таким образом, разность напряжений между тросом и проводом:

(3.10)



Подставив в полученное выражение заданные величины, можно определить допустимое расстояние между проводом и тросом:

(3.11)



4. ЗАЩИТА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ РАЗРЯДНИКАМИ

4.1 Параметры трубчатых и вентильных разрядников

4.1.1 Трубчатые разрядники

Трубчатые разрядники применяются для защиты линейной изоляции от повреждений при воздействии на нее атмосферных перенапряжений. Разрядники включаются между линейным проводом и землей через внешний искровой промежуток. Внешний промежуток необходим для предохранения изоляции разрядника от повреждений током утечки. Чтобы не повредить линейный провод от дуги, на него делают намотку. Разрядник должен срабатывать только при опасных для изоляции перенапряжениях, что достигается точным соблюдением установленной длины внешнего и внутреннего искровых промежутков. При срабатывании разрядника появляется дуга, которая поддерживается рабочим напряжением промышленной частоты внутри изоляционного цилиндра. Под воздействием дуги внутри цилиндра создается высокая температура. Она приводит к разложению материала и появлению большого количества нейтральных газов, которые в свою очередь приводят к деионизации внутреннего искрового промежутка. За счет большого давления образуется газовое продольное дутье и все газы из цилиндра удаляются с сильным звуком, напоминающим выстрел. Разрядник выбирается по номинальному напряжению, разрядным характеристикам, по диапазону отключаемых токов. Верхний предел отключаемого разрядника сопровождающего тока должен быть не менее максимального эффективного значения тока короткого замыкания в одной точке сети (с учетом апериодической составляющей), а нижний предел — не больше минимального возможного в данной точке сети значения тока короткого замыкания (без учета апериодической составляющей). Для снижения вольт-секундных характеристик разрядников на 3—35 кВ можно параллельно фибробакелитовому РТФ или винипластовому РТВ разрядникам вводить дополнительную емкость, например штыревой изолятор.При установке трубчатых разрядников на деревянных опорах заземление должно быть как правило общим для всех трех фаз, а при наличии троса — присоединяется к заземляющим спускам. Для ограничения верхнего предела токов короткого замыкания допускается раздельное заземление фаз.

4.1.2 Вентильные разрядники

Вентильные разрядники, как и другие типы разрядников, предназначены для ограничения возникающих в электрических сетях коммутационных и атмосферных перенапряжений, с целью предотвращения возможных пробоев изоляции, повреждения оборудования и прочих негативных последствий. Вентильный разрядник состоит из двух основных компонентов: многократного искрового промежутка (состоящего из нескольких однократных) и рабочего резистора (состоящего из последовательного набора вилитовых дисков). Многократный искровой промежуток последовательно соединен с рабочим резистором. В связи с тем, что вилит меняет характеристики при увлажнении, рабочий резистор герметично закрывается от внешней среды. Во время перенапряжения многократный искровой промежуток пробивается, задача рабочего резистора — снизить значение сопровождающего тока до величины, которая сможет быть успешно погашена искровыми промежутками. Вентиль обладает особенным свойством — его сопротивление нелинейно — оно падает с увеличением значения силы тока. Это свойство позволяет пропустить больший ток при меньшем падении напряжения. Благодаря этому свойству вентильные разрядники и получили свое название. Среди прочих преимуществ вентильных разрядников следует отметить бесшумность срабатывания и отсутствие выбросов газа или пламени.

Основными характеристиками вентильного разрядника являются:

- класс напряжений сети (стандартное номинальное напряжение сети, для работы в которой предназначен разрядник) UНР;

- номинальное напряжение (наибольшее допустимое напряжение на разряднике) - это действующее максимальное напряжение промышленной частоты, при котором гарантируется надежное гашение дуги разрядника. По этому параметру все разрядники делят на 3 группы: для работы в сети с глухозаземленной

нейтралью; для работы в сети с изолированной нейтралью; комбинированные разрядники.

- пробивное напряжение при промышленной частоте в сухом состоянии и под дождем.

- импульсное пробивное напряжение при предельном разрядном времени 2-20 мкс. Эта характеристика определяет величину напряжения, которое будет действовать на изоляцию электроустановки до срабатывания разрядника.

- остаточное напряжение на разряднике — напряжение, остающееся на разряднике после его срабатывания при протекании по нему импульса тока заданной формы и длительности.

- токовая пропускная способность — показывает, сколько импульсов заданной формы пропустит разрядник без ухудшения своих характеристик.

- длина пути утечки внешней изоляции — характеризует длину пути утечки тока по внешнему изолятору.

4.2 Расчет тока короткого замыкания в точке установки разрядника

От узловой подстанции на 330 кВ отходит воздушная линия с проводами АС-120, среднее расстояние между проводами 3,5 м. На расстоянии 45 км от подстанции в точке разветвления линии решено установить трубчатый разрядник. Сопротивление заземления опоры в импульсном режиме 15 Ом. Определить минимальную величину тока короткого замыкания в точке установки разрядника, если известно, что ток однополюсного и трехполюсного короткого замыкания на шинах узловой подстанции равен соответственно 6000 А и 9000 А.

Определяется реактивное сопротивление системы от генерирующей станции до шин подстанции при симметричном коротком замыкании:

(4.1)



где - напряжение узловой подстанции, кВ; - ток трехполюсного короткого замыкания на шинах узловой подстанции, А.



Определяется реактивное сопротивление прямой последовательности для провода АС-120 на участке от подстанции до опоры с разрядниками:

(4.2)



где - удельное индуктивное сопротивление прямой последовательности провода марки АС-120, Ом/км; l – расстояние от подстанции до места установки разрядника, км.



Определяется ток короткого замыкания в точке установки разрядника с учётом апериодической составляющей k = 1,5:

(4.3)



Полученное значение является максимальной величиной сопровождающего тока через разрядник. Определяется величина реактивного сопротивлениея системы в режиме однополюсного замыкания на землю:

(4.4)



где - ток однополюсного короткого замыкания на шинах узловой подстанции, А.



Предполагая, что линия имеет тросовую защиту, определим реактивные сопротивление х1, х2 и х0 на линейном участке:



Пренебрегая активным сопротивлением проводов и учитывая сопротивление заземления разрядников (опоры), определяется минимальная величина тока короткого замыкания в точке установки разрядника:

(4.5)



где - величина реактивного сопротивлениея системы в режиме однополюсного замыкания на землю, Ом; - суммарное индуктивное сопротивление на линейном участке, Ом; - сопротивление заземления опоры в импульсном режиме, Ом.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной курсовой работе произведена оценка защитного действия молниеотвода. Отражены основные параметры стержневых и тросовых молниеотводов. Расчётным путём была определена высота и место расположения молниеотвода, по результатам которого сделано предложение об установке не одного, а нескольких молниеотводов, но для чего необходимо учесть экономические затраты на реализацию этого предложения и технические условия расположения необходимого количества молниеотводов. Дана оценка амплитуды напряжения, действующего на гирлянду изоляторов при ударе молнии в провод. Определена величина и кратности индуктированного перенапряжения на проводах линии.

В разделе заземляющих устройств приведены параметры одиночных стержневых заземлителей и определено сопротивление заземления в импульсном режиме. Также в данной работе рассмотрено влияние тросов на величины индуктивных напряжений, приводится расчет удельного числа отключений линии и определено минимально допустимое расстояние между проводом и тросом. Что касается защиты распределительных сетей разрядниками, здесь отражены конструкции и принцип действия стержневых и вентильных разрядников, а так же их основные параметры и рассчитан ток одно- и трёхполюсного короткого замыкания в точке установки разрядника.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михалков, А.В. Техника высоких напряжений. [Текст]/ А.В. Михалков. – М.: Высшая школа, 1965. – 228 с.

2. Безруков, Ф.В. Трубчатые разрядники. [Текст]/ Ф.В. Безруков, Ю.П. Галкин, П.А. Юриков. – М.: Энергия, 1964. – 102 с.

3. Чунихин, А.А. Электрические аппараты: Общий курс. [Текст]/ А.А. Чунихин. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 720 с.

4. Шпиганович, А.Н. Методические указания к оформлению учебно-технической документации [Текст]/ А.Н. Шпиганович, В.И. Бойчевский - Липецк: ЛГТУ, 1997. - 32 с.