

Повышение грозоупорности зданий и сооружений

Т.Н. Стерхова¹, Т.А.Широбокова², С.В. Спиридонов¹

¹ФГБОУ ВО Удмуртский государственный университет, Ижевск

² ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная, Ижевск

Аннотация: Отключение потребителей от электрической энергии может привести к экологическим катастрофам. Одной из причин отключения может быть попадание молнии в линии электропередач или непосредственно в здание или сооружение. В статье рассмотрены два варианта молниезащиты: продолжительного и отдельно стоящего объектов.

Ключевые слова: молниезащита, молниепремник, грозовой разряд, теория электричества, блок приема зарядов.

С ростом глобального потепления усиливается грозовая активность, поэтому необходимо больше уделять внимания на защиту производственных объектов и линий электропередач от попаданий молнии.

Молния одним ударом может испепелить дерево, устроить пожар, разрушить здание. Особенно опасна молния для живых существ. Ее удар смертелен для всего живого, но в людей и животных молния ударяет сравнительно редко и только в тех случаях, когда сам человек из-за незнания создает для этого благоприятные условия. За год от удара молнии погибают 62 и страдают еще около 300 человек. В некоторых случаях травм и смертельных исходов можно было избежать при условии соблюдения простых мер безопасности [1].

Защита объектов от грозовых перенапряжений влияет на грозоупорность зданий и сооружений, тем самым обеспечивая надежность работы объекта, непрерывность выпуска высококачественной продукции. Этими вопросами занимаются как российские ученые, так и за рубежом [2-4].

Кроме визуально наблюдаемых повреждений не менее опасными являются повреждения оборудования и коммуникаций, расположенных непосредственно с силовыми элементами конструкции, деформируемыми при ударе молнии. Кроме того, опасными могут быть сверхкритические нагрузки в наружных соединительных элементах в момент прихода па них

волны механических напряжений, обусловленных пондеромоторным взаимодействием токов.

Опыт эксплуатации показывает, что грозовые отключения ВЛ в среднем составляют $10 \div 18$ % от общего числа автоматических отключений по всем причинам. [5]. Важно обеспечить непрерывность подачи электроэнергии к любым потребителям. Одновременно с защитой производственных объектов, необходимо обеспечить защиту ВЛ от любых попаданий молнии.

Современные системы защиты ВЛ от попаданий молнии представляют из себя тросовую защиту. Однако, российский и мировой опыт эксплуатации линий высоких напряжений (1 000кВ и выше) показывает, что главной причиной их отключений являются прорывы молний сквозь тросовую защиту (90% от общего числа отключений). Это заставляет искать пути улучшения молниезащиты объектов. [6].

На работу устройств энергоснабжения оказывают неблагоприятное влияние отложение гололеда, изморози и сопутствующий им ветер [7]. А в случае попадания молнии в электрическую сеть может прекратиться электроснабжение нескольких объектов.

Рассмотрим устройство молниеприемника для защиты распределительной электрической сети [8-10].

Принцип действия его можно разделить на несколько этапов:

- с уменьшением расстояния между грозовым облаком и объектом защиты в конструкции специального молниеприемника активизируются конденсаторы. В них начинается накапливаться заряд.

- когда напряжение заряда достигает достаточных значений, производится разряд с напряжением до 200 кВ. Далее формируется восходящий лидер.

- при этом статический заряд облака достигает значительной величины, что приводит к образованию пробоя. Молния попадает в активный молниеприемник.

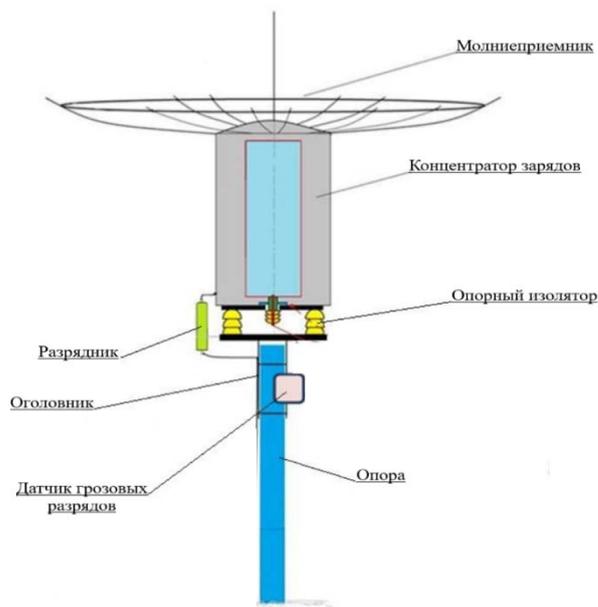
В результате происходит разрядка потенциала грозовой тучи и практически исключается вероятность попадания молнии в защищенную область [10].

Преимуществом такой системы является: большая зона защиты, компактность, эффективность. Большим достоинством является активность молниезащиты, не требующей подключения к электрической сети, и поэтому он может использоваться для защиты сосредоточенных объектов.

Конструктивно устройство для защиты распределительной сети состоит из следующих частей: блока приема зарядов, устройства подключения к ВЛ, датчик грозовых разрядов.

Наиболее интересным элементом является блок приема зарядов (БПЗ), общий вид которого представлен на рисунке 1. БПЗ включает в себя: молниеприемник, концентратор наведенных зарядов, разрядник, оголовник, изоляторы опорные и проходные. Концентратор зарядов включает в себя внутренний и наружный цилиндры, конструкция которых выполнена из листового металла толщиной не менее 2 мм и замкнуто сварена. Оболочка конструкции внутри и снаружи защищена от коррозии.

Конструкция концентратора зарядов оборудована петлями для транспортировки и установки навесного оборудования. В БПЗ в качестве разрядников используются типовые разрядники марки РДИМ. Допускается использовать ограничители перенапряжений типа ОПН [9]. Принцип действия работы блока приема зарядов заключается в следующем. В ясную, безоблачную погоду внутри металлической сферы заряды практически отсутствуют, так как переходят на ее поверхность.



Заряды, наведенные в линиях электропередач, стекаются на внутренний электрод блока приема зарядов. Их объем и зона защиты зависит от протяженности и рабочего тока ВЛ.

Перед наступлением грозы на УЗРС, подключенной к ВЛ, наводятся электрические заряды,

Рис. 1. - Общий вид блока приема зарядов которые частично переходят на устройства для защиты распределительной сети
внутренний цилиндр накопителя зарядов. При этом периодически срабатывает промежуточное реле (контактор), отключающее заряженный внутренний цилиндр от ВЛ и подключающее его к наружному цилиндру. При этом все заряды протекают с внутреннего цилиндра на наружный. Устройство срабатывает многократно через каждые 30 секунд. В результате на молниеприемнике за счет сконцентрировавшихся зарядов, возникает энергия, достаточная для развития встречного лидера в сторону грозового облака.

При появлении грозового разряда в молниеприемник установки, промежуточное реле обеспечивает обмен наведенными зарядами по цепи: молниеприемник – наружный цилиндр – разрядник – контур заземления. На ВЛ разряд не попадет, т.к. конструктивно исключается ее подключение к наружному цилиндру (уровень изоляции 40 кВ).

Датчик грозовых разрядов предназначен для преобразования грозовых разрядов в электрический сигнал уровня, который может быть прочтен микроконтроллером.

Кроме того питание может осуществляться от солнечной панели, которая подключена к плате управления и питания через контроллер заряда.

Устройство предполагает не допущение воздействия грозовых разрядов на защищаемые объекты и территорию. Благодаря созданию искусственной зоны грозового разряда навстречу грозовому облаку создается встречный лидер. При встрече этих лидеров возникает основной разряд молнии на безопасном расстоянии от оборудования.

К сожалению, у данной системы имеется и недостаток – большая стоимость оборудования. При установке активных молниеприемников значительно увеличивается зона защиты, т.е. на такое же количество объектов и территорий, потребуется меньшее количество активных молниеприемников. Можно сделать вывод, что использование активных молниеприемников экономически целесообразно.

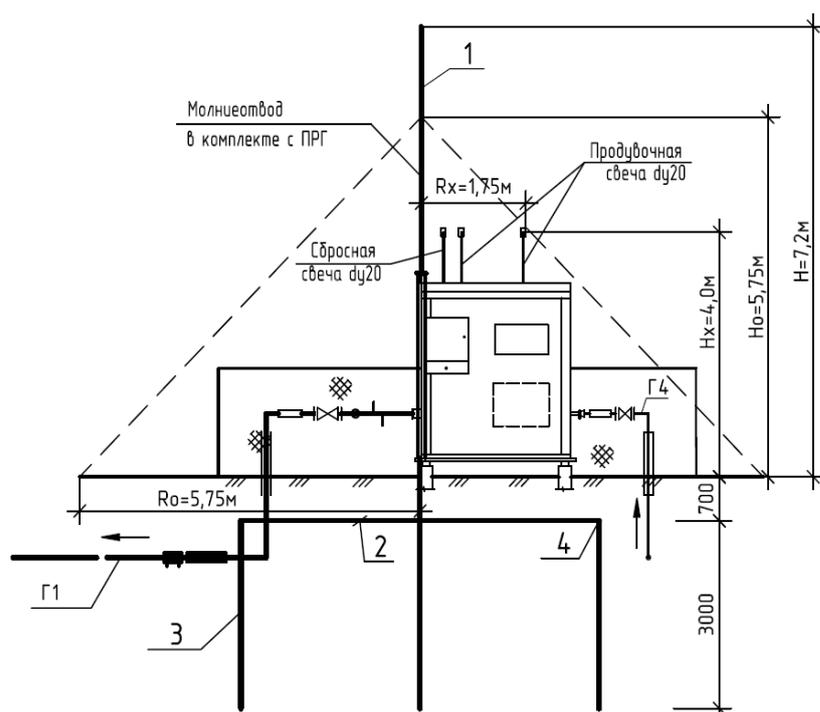
Таким образом будет обеспечена защита ВЛ от попаданий молнии, а так же защита от грозовых перенапряжений близлежащих зданий и сооружений, чем будет обеспечено повышение надежности работы электрооборудования [11].

Примером молниезащиты отдельно стоящих зданий служит установка молниезащитного устройства для пункта редуцирования газа (ПРГ), представленного на рисунке 2.

Молниезащитное устройство представляет собой следующую конструкцию. Молниеотвод 1 высотой 7,2 м установленный на крыше ПРГ, перехватывает молнии и не допускают их к сооружениям. Молниеотвод соединен с горизонтальным заземлителем 2, представляющим горизонтальную полосу 3*30 см длиной 15 м.

Вертикальный электрод 3 выполнен из металлического сборного стержня 16*3000 мм. Горизонтальный и вертикальный электроды соединены между собой универсальным зажимом 4.

Пунктирными линиями на рисунке показано конусообразное пространство, куда не может попасть молния, называемое - зона защиты здания. Радиус конуса на уровне земли R_0 составляет 5,75м. Самая высокая точка ПРГ (сбросная, продувочная свеча) находящиеся на высоте 4 м, также входят в конусообразное пространство, которое на данной высоте имеет радиус 1,75м.



По результатам расчетов высота комплектного молниеприемника является достаточной и зона защиты молниеотвода обладает степенью надежности 0,99.

Сравнение двух молниеприемных устройств

Рис. – 2. – Расположение элементов молниезащиты пункта редуцирования газа показало, что при установке активных значительно увеличивается зона защиты, т.е. на такое же количество объектов и территорий, потребуется меньшее количество активных молниеприемников.

Однако, при выборе конструкции молниезащитного устройства учитывается конфигурация здания, класс взрыво- и пожароопасности, а так же материал строительных конструкций.

Литература:

1. Бессарабова, В. С. Молния и ее опасность // nsportal.ru/ap/library/nauchno-tekhnicheskoe-tvorchestvo/2015/07/27/molniya-i-

ее-opasnost

2. Anderson R.B. and A.J. Eriksson. Lightning parameters for engineering applications. *Electra* 69: pp.65-102, 1980
 3. Anderson J.G. Lightning Performance of Transmission Lines//Transmission Line Reference Book 345 kV and Above: Chapter 12. - EPRI, 3412 Hillview Avenue, Palo Alto, California, 1992. – pp. 545-597
 4. Brasca E., Tellarini M., Zaffanella L. Die Vertrauensgrenzen von Hochspannungs-Prüfgergebnissen // *IEEE Trans. - P/AS* 86. - 1967. - № 8.p.215.
 5. Гиберт Д.П., Рюпин В.В. Современные аспекты повышения грозоупорности линий электропередач URL:incab.ru/useful-information/documents/sovremennyye-aspektyi-povyisheniya-grozoupornosti-liniy-elektroperedach/
 6. Сысоев В. С., Костинский А. Ю., Макальский Л. М., Раков В. А., Андреев М. Г., Булатов М. У., Сухаревский Д. И., Наумова М. Ю. // Исследование параметров встречного лидера и его влияния на молниезащищённость объектов на основе лабораторного крупномасштабного моделирования// Том LVI, No 11–12 Известия вузов. Радиофизика, 2013 с, с.931-938.
 7. Безуглый А.В., Попова Н.А. Выбор оптимальных физических параметров режима плавки гололеда на контактной сети постоянного тока // *Инженерный вестник Дона*, 2018, №4. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5382
 8. Стерхова Т.Н., Широбокова Т.А., Огородников Л.Л., Техно-экономическое обоснование применения установки «Грозозащита» для распределительных сетей // *Научная жизнь*, 2017, №1, с.14-21.
 9. Стерхова Т.Н., Кондратьева Н.П., Огородников Л.Л., Широбокова Т.А. Обеспечение безопасности при эксплуатации распределительных сетей // *Надежность и безопасность энергетики*, 2017, Том 10, № 4 (2017), с. 287-290.
-

10. Стерхова Т.Н., Огородников Л.Л. Разработка схемы подключения установки «Грозозащита» к воздушной линии // Материалы Всероссийской НПК ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА «Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения» Ижевск, ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА 16 - 19 февраля 2016 г. том II, С 144-148
11. Шурыкин А.А., Полуянович Н.К. Оценка математического ожидания ресурса изоляции в задачах повышения надежности электрооборудования // Инженерный вестник Дона, 2019, №2.
URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2019/5756

References

1. Bessarabova, V. S. Molniya i ee opasnost' [Lightning and its danger]. nsportal.ru/ap/library/nauchno-tehnicheskoe-tvorchestvo/2015/07/27/molniya-i-ee-opasnost
2. Anderson R.B. and A.J. Eriksson. Lightning parameters for engineering applications. Electra 69: pp.65-102, 1980
3. Anderson J.G. Transmission Line Reference Book 345 kV and Above: Chapter 12. EPRI, 3412 Hillview Avenue, Palo Alto, California, 1992. pp. 545-597
4. Brasca E., Tellarini M., Zaffanella L. Die IEEE Trans. P/AS 86. 1967. № 8.p.215.
5. Gibert D.P., Ryupin V.V. Sovremennye aspekty povysheniya grozupornosti linij elektroperedach [Modern aspects of improving lightning resistance of power lines]. URL:incab.ru/useful-information/documents/sovremennyye-aspektyi-povyisheniya-grozupornosti-liniy-elektroperedach/
6. Sysoev V. S., Kostinskij A. YU., Makal'skij L. M., Rakov V. A., AndreevM. G., BulatovM. U., SuharevskijD. I., Naumova M. YU. Tom LVI, No 11–12 Izvestiya vuzov. Radiofizika, 2013 p., pp.931-938.



7. Bezuglyj A.V., Popova N.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, №4.
URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5382
8. Sterhova T.N., SHirobokova T.A., Ogorodnikov L.L., Nauchnaya zhizn', 2017, №1, pp.14-21.
9. Sterhova T.N., Kondrat'eva N.P., Ogorodnikov L.L., SHirobokova T.A. Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki, 2017, Tom 10, № 4 (2017), pp. 287-290
10. Sterhova T.N., Ogorodnikov L.L. Izhevsk, FGBOU VPO Izhevskaya GSKHA 16 - 19 fevralya 2016 g. tom II, pp. 144-148.
11. Shurykin A.A., Poluyanovich N.K. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, №2.
URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2019/5756