

УДК 537.2

МОЛНИЕЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Латушкин С.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Сизиков С.В.

Молния – это электронный искровой разряд в атмосфере, возникающий во время грозы, проявляющийся яркой вспышкой света и сопровождающим ее громом. До сих пор эта красивая, но опасная магия природы не изучена до конца. Однако всем известна разрушительная сила разряда молнии. Поражение человека или животного молнией часто происходит на открытом воздухе, потому что электрический ток идет по кратчайшему пути «гроза-земля». Молния часто поражает деревья и трансформаторные установки на железнодорожных путях, вызывая их возгорание. Обычные удары молнии опасны для телевизионных и радио антенн на крышах и сетевого оборудования. Удар молнии не ограничивается одним лишь электрическим ударом. Он также обладает термическими и механическими силами разрушения. Ток в разряде молнии достигает 10-20 тысяч ампер (30000 градусов по Цельсию), поэтому мало кому удастся выжить после удара молнии. При прохождении через токоведущие части разряд молнии способен расплавить металл, который является основным материалом для проводов и электроустановок.

Природа молний

Чтобы лучше понять процесс защиты зданий и сооружений от молнии, необходимо понять природу этого явления. Существует множество теорий образования молний. Некоторые из них связаны с воздействием космических лучей на нашу атмосферу, другие связывают появление молнии с разностью потенциалов между землей и грозовой тучей, в результате чего в воздухе происходит своеобразный пробой, и мы видим искру. Однако до сих пор нет теории, полностью объясняющей весь процесс образования молнии.

Одна из самых распространенных теорий касается гипотез М.В. Ломоносова. Ломоносов считал, что причиной появления электрических разрядов в облаках является влияние постоянного электрического поля Земли. Как известно, заряд на нашей планете всегда был отрицательным. Земля имеет довольно значительный отрицательный электрический заряд. Сила электрического поля на поверхности зависит от заряда земли. Свободные заряды в воздухе движутся навстречу электрическому полю, и его плотность увеличивается в несколько миллиардов раз с удалением от поверхности. Земля вместе с зоной достаточной плотности свободного заряда, расположенной на расстоянии 80 км от поверхности, образует сферический конденсатор. Между пластинами которого находится диэлектрик – прослойка воздуха.

По своему происхождению грозовые тучи делятся на тепловые и фронтальные. Принцип тепловой грозы очень прост. В результате нагрева поверхности земли, раскаленный воздух поднимается. Когда эта масса попадает в низкотемпературную область атмосферы земли, пар начинает конденсироваться, что приводит к образованию грозовых облаков. Эти облака содержат множество мелких, положительно заряженных, капель.

Принцип формирования фронтальных облаков аналогичен появлению тепловой грозы. Разница в том, что горячий воздух поднимается вверх из-за столкновения с потоком холодного воздуха. В результате образуются вихри, попадающие в область низких температур, и поэтому процесс развития фронтальной бури идентичен появлению тепловой. Электрически заряженные капли в облаке, находящиеся между отрицательно заряженной землей и положительно заряженным слоем воздуха в верхних слоях атмосферы, начинают поляризоваться. Кроме того, заряды начинают переориентировать как в самом облаке, так и в атмосфере. Но в облаке загрузки распределяются неравномерно. Молния образуется в местах, где напряженность поля неравномерно распределенных зарядов достигает определенного значения. Начинается процесс ударной ионизации, появляются лавины электронов. Электрический разряд состоит из нескольких последовательных импульсов. Траекторию движения и место удара предсказать невозможно. Это зависит от поля земли и объектов, расположенных на земле. Известно, что если под облаком есть какая-либо конструкция, то молния будет двигаться к земле по кратчайшему пути. На основе многих исследований были выведены некоторые закономерности поведения молнии. Например, если под грозовой тучей находятся два объекта одинаковой высоты, разряд попадет на объект с наилучшим заземлением и проводимостью.

Повреждение вследствие попадания молнии. Удар молнии в здание может вызвать повреждение самого здания, травмы или смерть людей и материальный ущерб, включая выход из строя внутренних систем здания.

Повреждения и отказы могут произойти в непосредственной близости от здания и охватить прилегающую территорию (табл. 1).

Таблица 1 – Описание воздействия молнии на различные типы зданий (сооружений)

Тип здания (сооружения)	Воздействие молнии
Жилой дом	Короткое замыкание в электрических сетях, пожар и материальный ущерб. Повреждения обычно ограничиваются самим зданием (сооружением), подвергшимся воздействию молнии. Отказ электрического и электронного оборудования и инженерных сетей.
Театр Гостиница Школа	Повреждение электрического оборудования (например, электрического освещения), которое с большой вероятностью может привести к панике среди людей. Отказ пожарной сигнализации, который может задержать реализацию мер противопожарной защиты
Коммерческие компании	Вышеупомянутые проблемы плюс проблемы, вызванные потерей связи. Сбой компьютера и потеря данных
Больница Санаторий	Вышеупомянутые проблемы, а также проблемы, с которыми сталкиваются пациенты в отделении интенсивной терапии, и трудности спасения неподвижных пациентов.

Промышленное предприятие	Дополнительное воздействие молнии возникает в зависимости от сферы деятельности и имущества предприятий, проблемы варьируются от небольших до недопустимых повреждений и производственных потерь.
Музей и археологические раскопки	Безвозвратные убытки, связанные с повреждением объектов культурного значения
Телекоммуникации Электростанции	Недопустимая потеря общественных коммуникаций
Фабрика пиротехнических изделий Завод по производству боеприпасов	Последствия пожара и взрыва для завода и близлежащих окрестностей
Химический завод Нефтеперегонный завод Биохимическая лаборатория и завод	Пожар и взрыв на заводе с пагубными и глобальными экологическими последствиями для местных жителей

Меры защиты. Идеальная защита здания (сооружения) предполагает, что защищаемый объект должен быть заземлен, полностью закрыт проводящим экраном соответствующей толщины и оборудован подходящим соединением в точке, где проходят линии связи здания (сооружения). Войти на экран. Эта защита может предотвратить проникновение тока молнии и его электромагнитных полей в защищаемый объект и избежать опасных тепловых и электродинамических эффектов тока и, следовательно, риска возгорания и перенапряжения во внутренних системах.

На практике обеспечить полную защиту часто невозможно и экономически непрактично.

Недостаточные размеры экрана и/или недостаточная толщина могут позволить току молнии проникнуть в экран и привести к:

- физическое повреждение здания и представляющее угрозу жизни и здоровью человека;
- отказ внутренних систем.

Защитные меры, принятые для уменьшения ущерба и связанных косвенных убытков, сводятся к двум направлениям: внешняя или внутренняя молниезащита).

Внешняя молниезащита

Внешняя молниезащита представляет собой систему, обеспечивающую перехват молнии и отвод её в землю, тем самым, защищая здание (сооружение) от повреждения и пожара. В момент прямого удара молнии в строительный объект правильно спроектированное и сконструированное устройство молниезащиты должно поглощать ток молнии и направлять его через нижние проводники в систему заземления, где должна безопасно рассеиваться энергия разряда. Протекание тока молнии должно происходить без повреждения защищаемого объекта и быть безопасным для людей внутри и снаружи объекта. Внешняя молниезащита состоит из следующих элементов:

Громоотвод (молниеприёмник, молниеотвод) – устройство для перехвата молнии. Принцип действия громоотвода заключается в том, что удар молнии

падает на самые высокие и хорошо заземленные металлические конструкции. Если объект находится в зоне защиты громоотвода, его не поразит молния.

Разрядник - устройство, проводящее разряд тока молнии от громоотвода на землю. Устанавливается на стену конструкции и водосточные трубы. Это медный провод или полоска, которая проходит от молниеотвода до заземляющего электрода.

Заземлитель - это устройство, которое отводит 50% или более тока молнии, прошедшего через разрядник на землю. Оставшаяся мощность распределяется по коммуникациям, прилегающим к строению. Заземлитель - единственный внешний элемент молниезащиты, который погружен в землю. Электроды заземления могут быть элементами различных размеров, материалов и форм, отвечающих требованиям нормативных документов. На рисунке 1 изображена молния, попавшая в молниеотвод Эйфелевой башни.



Рисунок 1 – Молния ударяет в молниеотвод Эйфелевой башни 1902 г.

Внутренняя молниезащита

Внутренняя молниезащита - это комбинация устройств защиты от перенапряжения. Функция внутренней системы молниезащиты заключается в предотвращении возникновения опасных искр внутри конструкции (объекта защиты). Искра возникает в основном из-за протекания электрического тока по проводнику (нисходящему проводнику). Это приводит к большой разнице потенциалов между металлическими и проводящими элементами системы.

Это необходимо, поскольку система заземления и выравнивания потенциалов устанавливает прямое соединение между внешней системой молниезащиты и зданием. Обычно принято различать перенапряжения, вызванные прямыми и непрямыми ударами молнии. Первые возникают при ударе молнии в здании (строении) или в линиях связи (линии электропередач, линии связи), подключенных к зданию (строению). Последние возникают из-за падения возле здания (сооружения) или удара молнии возле линий связи. Параметры вспышки также различаются в зависимости от типа воздействия. Перенапряжения, вызванные прямым ударом, называются типом: 1. Они наиболее опасны, потому что несут в себе большое количество накопленной энергии. Скачки, вызванные непрямым ударом, называются типом 2. Они менее опасны: запасенная энергия примерно в семнадцать раз меньше, чем у типа 1.

Зоны защиты молниеотвода

Зона молниезащиты – это часть пространства, примыкающая к молниеотводу, в пределах которой здание или сооружение защищено от прямого удара молнии с определенной степенью надежности. Зона защиты типа А имеет уровень надежности 99,5% и выше, а зона защиты типа В – 95% и выше. По типу молниеприемников молниеотводы делят на стержневые, тросовые и сетчатые, по числу и общей зоне защиты - на одиночные, двойные и многократные. Кроме того, различают молниеотводы отдельно стоящие, изолированные и не изолированные от защищаемого здания.

Стержневые молниеотводы – это горизонтальные стальные тросы или провода, прикрепленные к двум опорам, вдоль каждой из которых проложен токоотвод на отдельном заземляющем электроде. Для решетчатых молниеотводов молниеотвод представляет собой металлическую сетку, которая соединяется токоотводом с заземляющим электродом.

Стержневые молниеотводы, как правило, могут быть из стального проката различного профиля. Самыми популярными профилями для производства молниеотводов являются стержни и водогазопроводные трубы.

Тросовые молниеприемники представляют собой стальной трос, подвешенный над защищаемым домом, закрепленный на несущих конструкциях (опорах, мачтах). В качестве кабеля используется обычный стальной оцинкованный трос сечением не менее 35 мм². В принципе, молниеотводы из контактной проволоки используются для защиты протяженных конструкций (воздушных линий, протяженных зданий и т. д.), однако в некоторых случаях использование молниеотводов из контактной проволоки также может быть эффективным для защиты. И одним из возможных способов их защиты могут

быть молниеотводы из контактной проволоки, которые делают после ввода дома в эксплуатацию на стеллажах отдельно от дома.

Сетчатые молниеприемники – это громоотводы, устанавливаемые на крыше защищаемого дома или хозяйственной постройки. Изготавливаются из круглой стали диаметром 6-8 мм. Также можно использовать плоские стальные полосы сечением 20 мм. Поскольку на крыше дома укладывается молниезащитная сетка, необходимо решить вопрос беспрепятственного отвода дождевой воды, очистки от снега и льда. Для этого разрешается прокладывать сетку молниеприемника под слоем негорючего тепло- и гидроизоляционного или другого кровельного покрытия. Через каждые 25 м по периметру дома делают токоотводы с подключением к круглому стальному заземляющему электроду диаметром 10 мм, выполненному вокруг дома.

Порядок расчета молниезащиты

Общая схема расчета устройств молниезащиты следующая: производится количественная оценка вероятности удара молнии от защищаемого объекта, расположенного на ровной поверхности с достаточно однородными грунтовыми условиями в месте, занятом объектом, то есть определяется ожидаемое количество лучей в год для охраняемого объекта; в зависимости от категории молниезащитного устройства и величины, полученной из ожидаемого количества ударов молнии в год от защищаемого объекта, определяется тип зоны защиты; рассчитываются попарно взятые взаимные расстояния между громоотводами и рассчитываются параметры защитных зон на заданной высоте на поверхности земли.

В зависимости от типа, количества и взаимного расположения молниеотводов зоны защиты могут иметь самые разные геометрические формы. Оценку надежности молниезащиты на разной высоте проводит проектировщик, который при необходимости уточняет параметры молниезащитного устройства и принимает решение о необходимости дальнейшего расчета.

Промышленные, жилые и общественные здания и сооружения в зависимости от их конструктивных особенностей, назначения и значения, вероятности взрыва или пожара, технологических характеристик, а также интенсивности временной активности в районе их расположения, по устройству молниезащиты делятся на три категории:

- Производственные здания и сооружения с взрывоопасными помещениями классов В-1 и В-2 по ПУЭ (в эту категорию также входят здания электростанций и подстанций).
- Другие здания и сооружения, содержащие взрывоопасные помещения, не отнесенные к категории I.
- Все остальные здания и сооружения, включая помещения с риском возгорания.

Для оценки грозовой активности в различных регионах страны используется карта распределения среднего количества гроз в году, на которой нанесены линии равной продолжительности гроз или данные со станции. местная погода.

Литература

1. Справочник по элементарной физике. Кошкин Н.И., Ширкевич М.Г. 5-е изд. М: Наука, 1972 г. // Режим доступа: <https://may.alleng.org/d/phys/phys67.htm> – Дата доступа: 18.11.2020
2. ТКП 336-2011 (02230) Молниезащита зданий, сооружений инженерных коммуникации. Министерство энергетики Республики Беларусь // Режим доступа: http://energocis.ru/wyswyg/file/Sbornik_Gosnadzor/Belarus/2./2.8/%D0%A2%D0%9A%D0%9F%20336%20%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%B7%D0%B0%D1%89%D0%B8%D1%82%D0%B0.pdf – Дата доступа: 16.11.2020
3. Электричество, М., ГИТТЛ, 1956, гл. XVI «Разряды в газах». Калашников С.Г. // Режим доступа: <https://may.alleng.org/d/phys/phys138.htm> -Дата доступа: 17.11.2020
4. Радиоактивный громоотвод. Занимательная ядерная физика. Мухин К.Н. // Режим доступа: <http://www.pseudology.org/science/MuxinYadernayaFizika.pdf> – Дата доступа: 17.11.2020
5. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. Москва: Издательство МЭИ, 2004 г. // Режим доступа: <http://electrolibrary.info/molniya.pdf> – Дата доступа: 15.11.2020