

**III Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

205-1

12-14 ноября 2020 года

УДК 621.316.98

М. В. ЕЛИЗАРЬЕВА, ст. группы ЭРб-181 (КузГТУ)

Научный руководитель О.А. ДИНКЕЛЬ, старший преподаватель кафедры
ЭГПП (КузГТУ)
г. Кемерово

МОЛНИЕЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Молниезащита зданий и сооружений – один из важных факторов, который призван обеспечивать сохранность строения, имущества и жизней людей, находящихся внутри. Сегодня проблема молниезащиты приобретает очень большую актуальность, ведь возрастаёт нагрузка потребителей на электросети, весьма чувствительные к импульсным перенапряжениям. Качественная работа достигается за счёт детальной разработки и внедрения систем внешней и внутренней защиты. Незначительное отклонение в согласовании этих систем может вызвать опасное перенапряжение и электромагнитные помехи, что приведёт к неисправности оборудования или его выходу из строя.

Также молниезащита оказывает влияние на стоимость проектирования и строительства зданий. Во время введения нового строения в эксплуатацию должны приниматься меры по предотвращению последствий удара молнии по такому объекту.

Эта статья расскажет о методах создания и способах достижения современной активной молниезащиты.

Сначала стоит узнать, что такое молния, как она возникает и какими бывают её разряды.

Молния по своей природе является электрическим разрядом, длина которого порой достигает нескольких километров. Развивается он в пространстве от грозового облака до земли или любого наземного сооружения (здания). Разряд молнии начинается с лидера – слабосветящегося канала, содержащего ток в несколько сотен ампер. Такой канал может двигаться от облака к земле (нисходящая молния) или, наоборот, от земного объекта к небу (восходящая молния). Нисходящий лидер появляется вследствие внутренних процессов грозовой тучи, и на это не влияет присутствие на земле каких-то сооружений. Двигаясь к земной поверхности, такой канал встречается с лидерами, идущими в небо. На расположение точки, куда ударит в землю молния, влияет место контакта нисходящего и восходящего лидеров. Восходящие лидеры возбуждаются от высоких заземлённых конструкций, вершины которых в грозу обладают резко возросшим электрическим полем. Возникновение и формирование лидера восходящего типа связано с местом поражения. На равнинах такие молнии попадают в объекты, достигающие

III Всероссийская (с международным участием) молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»

205-2

12-14 ноября 2020 года

высоты свыше 150 метров. В горах они происходят чаще, возбуждаемые заострёнными элементами местности и даже невысокими сооружениями. После того, как установится сквозной канал лидера, наступает главная фаза разряда – мгновенно нейтрализуются лидерные заряды. При этом наблюдается яркое свечение, а единицы силы тока сменяются сотнями килоампер. Канал интенсивно нагревается и громко расширяется, и нам слышится удар грома. Ток на этом этапе представлен одним или несколькими последовательными импульсами (преимущественно отрицательными), присоединёнными к непрерывной составляющей. Общая длительность первого импульса выражается в нескольких сотнях микросекунд с нарастающим периодом 3-20 мкс. Пиковый показатель тока, или амплитуда, обладает обширными границами: в половине случаев он выше 30 килоампер (тогда речь идёт о среднем токе), а в 1-2% случаев – более 100 килоампер. Нисходящие отрицательные удары молнии (примерно 70% их количества) вслед за первым импульсом испытывают другие импульсы, имеющие меньшую амплитуду (в среднем 12 килоампер) и длину фронта (0,6 мкс). В данной ситуации на фронте следующих импульсов ток нарастает с большей скоростью, нежели при первом импульсе. Непрерывная составляющая нисходящей молнии обладает током от единиц до сотен ампер, который держится всю вспышку от начала до конца, а она длится около 0,2 с (редко меньше). Вся вспышка молнии сопровождается зарядом, колеблющимся от единиц до сотен кулонов, где на отдельные импульсы приходится 5-15 Кл, а непрерывной составляющей достигается 10-20 Кл.

При попадании молнии её канал контактирует со зданием, причём ток проходит сквозь строение. Существует разделение ударов на два вида: первичные, от прямого попадания молнии, и вторичные, спровоцированные близкими к ней разрядами либо принесённые к объекту по протяжённым коммуникациям из металла. Параметры грозового разряда, технологическое и конструктивное устройство здания обуславливают прямое попадание молнии.

Каким же образом прямой удар влияет на объект? В первую очередь речь идёт об электрических воздействиях, когда люди и животные поражаются электротоком, а принявшие удар элементы находятся в состоянии перенапряжения. Причём оно пропорционально амплитуде и крутизне молниевого тока, индуктивности конструкций и сопротивлению заземляющих электрородов, уводящих ток под землю. Если есть молниезащита, то при прямых ударах молнии с большим током и крутизной возникнет перенапряжение в несколько мегавольт. Если же молниезащиты нет, пути прохождения тока не контролируются, что влечёт за собой поражение электротоком.

Второе – это термические воздействия, зависящие от резко выделенного тепла при непосредственном контакте содержимого объекта с каналом

III Всероссийская (с международным участием) молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»

205-3

12-14 ноября 2020 года

молнии и распространении тока по зданию. Энергия канала молнии обуславливается переносимым зарядом, долготой вспышки и амплитудой молниевого тока. 95% ударов молнии выделяют энергию выше 5,5 Дж. То есть в подобной среде прикосновение к каналу молнии обязательно увеличивает возможность возгорания и даже взрыва. Это касается и случаев, когда канал молнии плавит ограждения взрывоопасных наружных установок. Молниевый ток, протекая сквозь тонкие проводники, создаёт угрозу их оплавления и разрыва.

Третье – механические воздействия, спровоцированные ударной волной из канала молнии, и электродинамические силы, действующие на проводники с молниевыми токами. Сплющивание тонких трубок из металла влечёт за собой этот удар.

Удар молнии в объект имеет разные последствия. Особую тяжесть будет иметь термическое воздействие молнии и искрений для сооружений повышенного уровня взрыво- и пожароопасности. Среди последствий выделяют: механический вред, разрушения, пожары, отказ электрики. Для производства, в котором присутствует открытый огонь и процесс горения, прохождение молниевого тока не опасно. А есть производства, где воздействие молнии является угрозой: компьютерные системы, структуры контроля, энергообеспечения и управления. Там находится оборудование, которое очень чувствительно к разнообразным эффектам влияния молнии и требует специальной защиты.

Проектирование и создание систем молниезащиты в России производится с учётом трёх категорий объектов. Первая – это помещения производственного типа, где может появиться взрывоопасное скопление газов и паров в обычных технологических условиях. Молния, вызывающая взрыв, создаёт высокий риск разрушения и данных помещений, и находящихся рядом. Вторая категория – производственные строения, где взрывоопасный объём веществ появляется, если нарушается нормальный технологический процесс. Здесь удар молнии опасен, если обстановка похожа на технологическую аварию или когда срабатывают аварийные клапаны наружных установок. Но из-за того, что грозы проходят на этой территории умеренно, риск совпадений крайне мал. Третья категория – объекты, где последствия удара молнии вызывают незначительный материальный ущерб, в отличие от взрывоопасной среды. Важную роль здесь играют сооружения, в которых имеются конструкции и строительные элементы с низкой огнестойкостью. Также сюда относятся постройки, при поражении которых страдают люди и представители животного мира: крупные общественные здания, габаритные конструкции из труб, башни, монументы, зоотехнические строения. Ещё сюда относятся сооружения на сельских территориях. Там зачастую применяют сгораемые конструкции, изготовленные упрощённым методом

III Всероссийская (с международным участием) молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»

205-4

12-14 ноября 2020 года

и без особого вложения денег. В силу этого нередки пожары от грозовых разрядов.

Применение молниеотводов – защитная мера от прямых ударов молний. Данные механизмы во время прикосновения к каналу молнии отводят её ток в почву. За счёт установленных по отдельности молниеотводов ток растекается за пределы объекта. Пути движения тока контролируются, предотвращая риск пожара, взрыва и человеческих смертей. Молниеотводы бывают стержневые (вертикальные), тросовые (горизонтально протяжённые) и сетчатые (горизонтальные электроды продольного и поперечного типа скреплены в точках пересечения).

Ещё один способ – бетонное армирование и создание надёжных креплений там, где соединяются арматура и бетон. Также предпочтительны выступающие части не из металла и кровельный материал без содержания влаги. Это исключит механические разрушения постройки, если в неё попадёт молния. Токоотводы прокладывают на кратчайшем расстоянии от заземлителей, что защитит внутренние перекрытия строения от контакта с молниевым током. Прокладывая токоотводы в зонах, труднодоступных для человека, равномерно размещая заземлители в пределах объекта, можно нейтрализовать напряжение прикосновения и шаговое напряжение.

Научный прогресс, развитие цивилизации и новые способы изучения явлений атмосферы в наши дни позволяют постоянно усовершенствовать средства и устройства молниезащиты. На сайте одной компании я нашла, как учёные исследовали методы молниезащиты. Американский физик Джером Каспарян смог вызвать молнию в грозовом облаке, используя специальный лазер. К облаку, расположенному на 4-километровой высоте, был направлен лазерный луч, который отводил электрический заряд молнии на землю. Известный факт, что лазер при облучении способствует ионизации воздуха, повышая степень его электропроводности и снижая уровень диэлектрического сопротивления. Эксперимент закончился пробоями в воздушном пространстве. Таким образом, было выдвинуто предположение, что лазер можно применять в качестве средства молниезащиты земных сооружений.

Ещё одна методика была создана компанией BoltBlocker. Она основывалась на применении специального раствора воды с солью и жидкими полимерами. Соль способствует увеличению электропроводности, а благодаря полимерам струя не распадается в момент доставки к грозовому облаку. Оказалось, что такая струя воды, достигающая 300-метровой высоты, выступает в роли молниеотвода, уберегая объект от грозы.

Триггерный способ молниезащиты состоит в запуске к грозовой туче ракеты, которая несёт за собой заземлённый провод. Этот провод позволяет

**III Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
205-5**
12-14 ноября 2020 года

инициировать грозовой разряд довольно далеко от оберегаемого сооружения, а значит, зона, защищённая от молниевых разрядов, расширяется.

Молниезащита с помощью нейтрализации зарядов заключается в установке мачты вокруг защищаемого объекта с множеством заострённых электродов, которые присоединяются к заземлителю. Когда грозовое облако приближается к объекту, из-за интенсивного стока зарядов противоположной полярности из системы электродов над этим объектом словно натягивается электростатический экран, предотвращающий появление молний.

Молнии и грозовые разряды – постоянный источник угрозы для нашего имущества. На протяжении всей жизни человек сталкивается с этим фактором. Молниезащита обязательно нужна наземным объектам. Если она отсутствует, то происходят частые пожары, порча зданий и имущества, а также гибель людей. Разрушение строений происходит не только в зоне большой энергии разряда, но и на расстоянии до нескольких километров. Именно молниезащита зданий и сооружений помогает предотвратить эти явления.

Список литературы:

1. Карякин Р.Н. Справочник по молниезащите. — М.: Энергосервис 2005.
2. «Современные технологии молниезащиты» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mzke.ru/sovremenneye_tekhnologii_molniezashchity.html
3. Харечко В.Н. Рекомендации по молниезащите индивидуальных жилых домов, коттеджей, дачных (садовых) домов и других частных сооружений. — М.: Энергосервис, 2002.
4. Карякин Р.Н. Устройство электроустановок производственных зданий. Справочник. — М.: Энергосервис 2004
5. Верёвкин В.Н., Смелков Г.И., Черкасов В.Н. Электростатическая искробезопасность и молниезащита - файл n1.doc
6. Базелян Э.М. Вопросы практической молниезащиты. — М.: компания «ИМАГ» 2015.
7. Кравченко О.А. Молниезащита зданий и сооружений. Как повысить ее надежность, 2001.
8. Кабышев А.В. Молниезащита электроустановок систем электроснабжения. — Томск: Изд-во ТПУ, 2006.
9. Правила устройства электроустановок. Издание 7. — СПб.: Министерство энергетики Российской Федерации 2011.

**III Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
12-14 ноября 2020 года**

205-6

-
10. Баранник Е. «Активная молниезащита». Научная правда и коммерческая ложь. Журнал "Электрика" № 4, 2015.