

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

УДК 621.316.98

**ЭТАПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ МОЛНИЕЗАЩИТЫ
И МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ОТ ПРЯМЫХ УДАРОВ МОЛНИИ***Е.П. Алисова, В.В. Лебедев, А.В. Крупнов**Тверской государственной технической университет (г. Тверь)*© Алисова Е.П., Лебедев В.В.,
Крупнов А.В., 2022

Аннотация. В статье подробно описаны этапы внедрения молниезащиты. Рассмотрены применяемые материалы и средства защиты от перенапряжений конструкций зданий. Дана оценка значению внедрения новых планов и различных способов внутренних соединений металлических конструкций для защиты людей.

Ключевые слова: молниезащита, ограничитель перенапряжения, устройство защиты от импульсных перенапряжений, заземление, выравнивание потенциалов.

DOI: 10.46573/2658-7459-2022-2-40-46**ВВЕДЕНИЕ**

Стандарты для комплексных систем молниезащиты основаны на фундаментальном принципе обеспечения прямого низкоомного пути для тока молнии. Следует соблюдать меры предосторожности, чтобы предотвратить пожар, разрушение зданий, повреждение оборудования, смерть или травмирование работников при прохождении тока от уровня крыши до уровня земли. Стандарты включают в себя основные требования к конструкциям и продуктам. Ожидается, что система, основанная на исследованиях, протоколах испытаний и полевом опыте, обеспечит личную и структурную безопасность – защиту от молнии и ее вторичных воздействий. Стандарты постоянно пересматриваются для новых продуктов, методов строительства и проверенных научных разработок с целью устранения опасности молнии. Несмотря на то, что материальные компоненты системы остались прежними, вид всей конструкции за последние 25 лет сильно изменился.

ЭТАПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ МОЛНИЕЗАЩИТЫ**Первый этап (оценка риска удара молнии)**

Оценка риска удара молнии учитывает множество факторов, связанных со зданием, в том числе стоимость имущества внутри сооружения, количество людей, находящихся в нем, и частоту их присутствия (24/7 против 40 часов в неделю), электрические

системы, чувствительность оборудования, близость к легковоспламеняющимся предметам и многое другое. Склад, где хранятся металлические трубы, не нуждается в таком же уровне защиты, что и объект, заполненный оборудованием для технических испытаний.

Оценка риска удара молнии в систему освещения обеспечит рекомендуемый уровень защиты от I до IV специально для здания, причем уровень I является самым высоким и его обеспечение наиболее затратно. В результате оценки возможна установка устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП), которые необходимы для данной конструкции. Оценка риска также определит, требуются ли более продвинутое исследование удара молнии, например изучение частотного спектра и временной области.

Второй этап (проектирование системы молниезащиты)

Как только оценка риска покажет, какой уровень защиты необходим, можно начинать физическое проектирование. После этого определяется количество молниеприемников и проводников и оформляются строительные чертежи.

Третий этап (конструирование системы)

После завершения этапа проектирования системы молниезащиты можно приступить к ее монтажу.

Ниже перечислены элементы, которые должны быть в наличии для обеспечения эффективной системы молниезащиты.

1. Устройства защиты от прямых ударов молнии должны иметь структуру, позволяющую принимать удары до того, как они достигнут сооружений.

2. Кабель, соединяющий верхнюю часть здания с системой заземляющих электродов, проводит ток молнии через всю конструкцию без ее повреждения.

3. Система заземляющих электродов нижнего уровня должна эффективно отводить молнию от конструкции до конечного пункта назначения.

4. Соединение системы молниезащиты с другими внутренними заземленными металлическими системами должно быть приспособлено к исключению удара молнии изнутри.

5. Наконечники УЗИП должны быть установлены на каждом вводе, чтобы остановить проникновение молнии из линий электропередачи и уравнивать потенциал между системами заземления во время грозных разрядов [4].

Если все эти элементы правильно установлены на этапе проектирования и не произошло никаких изменений в здании, то система обеспечит защиту от удара молнии.

Элементы молниезащиты изготавливаются из материалов, которые защищены от ускоренного износа и воздействия атмосферы и климата. Не должны использоваться комбинации материалов, которые образуют электролитические пары в присутствии влаги. Условия почвы на площадке будут влиять на компоненты системы заземления. Срок службы системы и цикл технического обслуживания зависят от выбранных материалов и местных условий. Материалы должны быть согласованы с используемыми конструкционными материалами (осветительными приборами, кожухами, кожухами вентиляторов, различными кровельными системами) для поддержания уровня влаги в течение всего предполагаемого срока службы здания.

МОЛНИЕПРИЕМНИК

Молниеприемник – это устройство защиты от прямого удара молнии, представляющее собой устройство, защищающее от проникновения молнии в строительные сооружения, от пожара, взрыва и т.д. Может иметь стержневую, тросовую или сетчатую конструкцию. Строительные элементы, выступающие над конструкцией, могут быть включены в систему молниезащиты [5].

Защита самых высоких и выступающих элементов здания с помощью устройств защиты от прямого удара молнии также обеспечивает соответствующий уровень защиты для нижних частей конструкции или предметов, расположенных в «тени» более защищенных областей. В качестве молниеприемника используют модель с зоной защиты радиусом 46 м. На более опасных объектах, содержащих взрывчатые вещества или легковоспламеняющиеся жидкости и пары, зона защиты уменьшается до сферы радиусом 30 м, которая покрывает свыше 98 % зарегистрированных ударов молнии.

Система защиты от прямого удара молнии защищает конструкцию от воздействия удара молнии в определенные точки здания. В большинстве случаев применяются медные или алюминиевые воздушные молниеприемники стержневой конструкции из-за их высокой проводимости и стойкости к различным погодным условиям.

МОЛНИЕОТВОДЫ

Система молниеотводов включает в себя кабели основного размера, конструкционную сталь здания, а также соединительные провода к внутренним системам заземления здания. Главные проводники выполняют функцию переноса тока от молниеприемников к системе заземления. Основные кабели изготовлены из высокопроводящей меди или алюминия, которые подходят для работы во внешней среде.

Медные и алюминиевые кабели для молниезащиты спроектированы по международным стандартам плетения и укладки кабелей с использованием отдельных проводов меньшего сечения. Такая конструкция обеспечивает максимальную площадь на единицу веса проводника для отвода молнии, которая быстро распространяется по поверхности. Все устройства защиты от прямого удара молнии должны быть подключены к системе заземления. Устройства защиты от прямого удара молнии, охватывающие различные области конструкции зданий и сооружений, должны быть связаны между собой в единую систему либо с помощью проводников, проложенных на крыше, либо с помощью проводников контура заземления [1].

ЗАЗЕМЛЕНИЕ

Для того чтобы направлять молнию от конструкции и переносить ее в любые слои почвы, используют систему заземляющих электродов молниезащиты.

Схема заземления зависит от характера почвы: одиночные заземляющие стержни применяют там, где грунт глубокий; несколько электродов, пластин заземления, радиальных или скрытых проводных сетей используют, если почва мелкая, сухая или с низкой проводимостью. Каждый подводящий кабель должен заканчиваться соединением с электродом заземления, предназначенным для молниезащиты. Электроды

контура заземления молниезащиты не должны применяться в качестве одиночных заземляющих элементов. В итоге контур заземления должен включать в себя соединение отдельных заземляющих электродов различных систем.

Везде, где это целесообразно, соединения с заземляющими электродами должны быть выполнены снаружи фундаментной стены, причем достаточно далеко от нее, чтобы избежать заглубления фундаментов, колпачков труб и т.д. Где это возможно, заземляющие электроды следует устанавливать ниже линии замерзания. Материалы, используемые для заземления электродов, должны быть пригодны для любого щелочного или кислотного состава почв и длительного срока службы.

С целью наибольшей эффективности отведения тока от конструкции заземляющие устройства размещают на внешних краях, таких как углы и наружные стены конструкции, избегая, по возможности, протекания тока под зданием.

Контур заземления, охватывающий конструкцию, соединяющую все кабели заземления на их основании и/или заземляющие электродные устройства, наилучшим способом выравнивает потенциал для всей системы молниезащиты, обеспечивая связь с другими системами заземления здания.

Все составляющие заземления на сооружении или внутри него должны быть связаны между собой для того, чтобы обеспечить общий потенциал заземления с использованием основного молниеотвода. Это система заземляющих электродов молниезащиты, заземление электрических, коммуникационных и антенных систем, а также системы металлических трубопроводов, используемых в конструкции (трубопроводы для воды, газа, сжиженного нефтяного газа и др.) во избежание поражения любой катодной защиты.

ВЫРАВНИВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛОВ

Современное здание включает в себя металлические трубопроводы, такие как водопровод, канализация и газовые системы, а также цепи электрических и коммуникационных систем.

Молния распространяется от заземляющих электродов системы вблизи поверхности земли и может вернуться в здание по металлическим трубам или другим основаниям. Оборудование внутри сооружений, от раковины, подключенной к водопроводной и канализационной сетям, до персонального компьютера, подключенного как к электрической сети, так и к сети Интернет, становится дополнительной точкой для разряда тока молнии между независимо заземленными системами, что может вызвать значительные повреждения.

Система молниезащиты решает эту проблему путем соединения металлических строительных систем с системой молниезащиты с целью создания общего потенциала земли. Необходимо соединить каждую заземленную систему здания и систему непрерывных металлических трубопроводов с системой заземляющих электродов молниезащиты вблизи уровня уклона [2, 3].

ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕГРУЗКИ

Системы молниезащиты спроектированы в первую очередь как системы противопожарной защиты людей и оборудования внутри зданий. Внедрение металлических конструкций в эту структуру обеспечивает путь протекания молнии из

внешней среды и создает опасность внутри здания. Заземление и трубы с системой молниезащиты связываются или соединяются, чтобы избежать этой проблемы. Следующим шагом является обеспечение защиты в цепях, связанных с электрическими линиями, линиями связи и линиями передачи данных, которые могут передавать молнии в структуру здания. Полная система молниезащиты в соответствии со стандартами включает в себя УЗИП на каждом входе в служебные провода здания, независимо от того, являются ли они служебными или, возможно, смонтированными на конструкции, как антенная система.

Устройства защиты от импульсных перенапряжений, предназначенные для грозовых перенапряжений, быстро реагируют на возникновение резко возрастающей формы волны и поддерживают соединение с землей во время сильного перенапряжения, а затем возвращаются к своей функции контроля.

Правильно подобранные и установленные УЗИП на всех фидерах цепи защищают от входа молнии в электрооборудование сооружения, предохраняют провода и электрооборудование от пробоя изоляции с возможным последующим возгоранием.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Система молниезащиты должна включать в себя пять компонентов – устройства защиты от прямых ударов молнии, токоотвод, систему заземляющих электродов, уравнивание потенциалов, УЗИП, что обеспечивает безопасность и надежность данной системы в целом.

Для защиты от поражения электрическим током, сохранения электрооборудования и создания безопасных условий работы применяется комплексный подход с принятием всех необходимых мер.

Система молниезащиты в комплексе с системой уравнивания потенциалов обеспечивает защиту людей от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции.

Система молниезащиты, помимо защиты от первичных воздействий молнии (прямых ударов), включает в себя устройства защиты от вторичных воздействий молнии [6].

Применение и правильная эксплуатация молниезащиты гарантируют надежное функционирование электроприборов и электроустановок, исключая опасность повреждения электрическим током работников предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bud VanSickle. Lightning Protection Overview // *Lightning Protection Institute*. 2009, pp. 1–15.
2. Борисов Р.К., Жарков Ю.В., Коломиец Е.В. Молниезащита подстанций распределительных электрических сетей // *Вестник МЭИ*. 2014. № 4. С. 1–5.
3. Курдюмов В.И., Зотов Б.И. Безопасность жизнедеятельности на производстве. М.: Колос. 2003. 432 с.
4. Веревкин В.Н., Смелков Г.И., Черкасов В.Н. Электростатическая искробезопасность и молниезащита. М.: МИЭЭ. 2006. 170 с.
5. Кечиев Л.Н., Пожидаев Е.Д. Защита электронных средств от воздействия статического электричества. М.: Группа ИДТ. 2008. 352 с.

6. Титова А.С. Устройство молниезащиты // *Современные научные исследования и инновации*. 2018. № 11. С. 5.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

АЛИСОВА Екатерина Петровна – студентка 1-го курса магистратуры кафедры электроснабжения и электротехники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: katerina_petrovna2014@mail.ru

ЛЕБЕДЕВ Виктор Витальевич – студент 1-го курса магистратуры кафедры электроснабжения и электротехники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: shnuagele@mail.ru

КРУПНОВ Андрей Владимирович – старший преподаватель кафедры электроснабжения и электротехники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: AV.Krupnov@yandex.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Алисова Е.П., Лебедев В.В., Крупнов А.В. Этапы построения системы молниезащиты и моделирование системы защиты от прямых ударов молнии // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии»*. 2022. № 2 (14). С. 40–46.

STAGES OF BUILDING A LIGHTNING PROTECTION SYSTEM AND MODELING A PROTECTION SYSTEM AGAINST DIRECT LIGHTNING STRIKES

E.P. Alisova, V.V. Lebedev, A.V. Krupnov
Tver State Technical University (Tver)

Abstract. The article describes in detail the stages of the introduction of lightning protection. The applied materials and means of protection against overvoltage of building structures are considered. The significance of the introduction of new plans and various methods of internal connections of metal structures for the protection of people is assessed.

Keywords: lightning protection, surge arrester, surge protection device, grounding, potential equalization.

REFERENCES

1. Bud VanSickle. Lightning Protection Overview // Lightning Protection Institute. 2009, pp. 1–15.
2. Borisov R.K., Zharkov Yu.V., Kolomiets E.V. Lightning protection of substations of distribution electrical networks. *Vestnik MPEI*. 2014. No. 4, pp. 1–5. (In Russian).
3. Kurdyumov V.I., Zotov B.I. Life safety at work. 2nd edition, revised and enlarged. Moscow: Kolos. 2003. 432 p. (In Russian).
4. Verevkin V.N., Smelkov G.I., Cherkasov V.N. Electrostatic spark safety and lightning protection. Moscow: MIEE. 2006. 170 p. (In Russian).

5. Kechiev L.N., Pozhidaev E.D. Protection of electronic devices from static electricity. Moscow: Group IDT. 2008. 352 p. (In Russian).
6. Titova A.S. Lightning protection device. *Modern scientific research and innovation*. 2018. No. 11, pp. 5. (In Russian).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

ALISOVA Ekaterina Petrovna – 1st year Graduate Student of the Department of Power Supply and Electrical Engineering, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: katerina_petrovna2014@mail.ru

LEBEDEV Viktor Vitalievich – 1st year Graduate Student of the Department of Power Supply and Electrical Engineering, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: shnuagele@mail.ru

KRUPNOV Andrey Vladimirovich – Senior Lecturer of the Department of Power Supply and Electrical Equipment, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: AV.Krupnov@yandex.ru

CITATION FOR AN ARTICLE

Alisova E.P., Lebedev V.V., Krupnov A.V. Stages of building a lightning protection system and modeling a protection system against direct lightning strikes // *Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology»*. 2022. No. 2 (14), pp. 40–46.

УДК 621.3:681.11.031.1

КРАТКИЙ ОБЗОР ХАРАКТЕРИСТИК И СРАВНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

М.А. Колесова, А.В. Крупнов

Тверской государственный технический университет (г. Тверь)

© Колесова М.А., Крупнов А.В., 2022

Аннотация. В статье представлен краткий обзор основных накопителей электрической энергии, а также дана сравнительная характеристика известных на сегодняшний день накопителей электроэнергии с точки зрения их перспективного использования в системах электроснабжения.

Ключевые слова: накопители электрической энергии, электроэнергетика, энерго-система, гидроаккумулирующая электростанция (ГАЭС), супермаховик, суперконденсатор, сверхпроводниковый накопитель электрической энергии, батарея.

DOI: 10.46573/2658-7459-2022-2-46-56