

**УДК 621.316**

С.Ю. ТУРУТИН, студент гр. ЭПб-132 (КузГТУ)

Д.Е. АНТИПИН, студент гр. ЭПб-132 (КузГТУ)

Научный руководитель: И.Н. ПАСКАРЬ, ст. преподаватель (КузГТУ)

г. Кемерово

## **МОЛНИЕЗАЩИТА**

Спокон веков люди с боязнью относились к грозе. А ее спутники гром и молния наводили ужас. И это было правильно, потому что молния несла в себе достаточно большую опасность. Статистика говорит о том, что в мире от удара молнии погибает более 3000 человек. А если исчислять материальные потери, то цифра будет зашкаливать за несколько миллиардов долларов. Но спастись от удара молнии еще научились наши далекие предки, которые придумали молниеотвод. Молния- есть гигантская искра, проскакивающая между облаками и поверхностью Земли, поскольку они имеют противоположную электрическую заряженность. По своей физической сути это есть аналог короткого замыкания в электросети. А поскольку электрический разряд ищет наиболее короткий путь для разряда, то местом, куда бьет молния, становятся отдельно стоящие предметы и сооружения, находящиеся выше поверхности земли. Это могут быть всевозможные башни, небоскребы, деревья, и даже крыша вашего дома. И хочется задать риторический вопрос. А ваш дом оборудован молниезащитой? Увы. В 99,9% случаев наши дома не имеют молниезащиты. Чем так опасна молния, что от нее надо защищаться? В молнии сосредоточен огромный потенциал – от сотен тысяч до миллионов вольт и ток в тысячи ампер. Поскольку молния имеет электрическую природу, то при ее попадании в дом, не защищенный молниезащитой, выходит из строя вся электропроводка и приборы, подключенные в этот момент к электропроводке. Огромный потенциал молнии может вывести из строя и приборы или оборудование, даже не включенные в сеть. А короткое замыкание в электропроводке может вызвать пожар. Кроме того, даже находясь в здании, но не оборудованное молниезащитой – люди и животные подвергаются опасности удара молнией, поскольку неизвестно по какому пути молния будет уходить в землю. В общем, молния – это грозное и опасное явление природы. Но, и с молнией можно бороться.

И для успеха в этой борьбе используется «любовь» молний, как частного вида электричества, к металлу. Выяснил это в середине XVIII века один из отцов-основателей США, Бенджамин Франклин. И добился успеха, поняв механизм образования молнии, и предложил метод борьбы с ней. Он предложил использовать в качестве молниезащиты, металлический за-

земленный штырь, тот самый, который в нашей стране, почему-то называется громоотводом.

Главная цель молниезащиты – отвести молнию от дома и направить ее в землю, где она и рассеется. Для непосредственной защиты зданий от попадания молнии используются, по сути, два метода.

Первый – это традиционный штыревой молниеотвод, или молниеотвод Франклина.

Второй метод – это использование системы штырей. Ее еще называют клеткой Фарадея. Принципиально они ничем не отличаются. Единственно можно сказать, что штыревая система используется для защиты небольших зданий и коттеджей, а система штырей используется для защиты больших зданий и объектов.

Молниезащита – это комплекс технических решений и специальных приспособлений для обеспечения безопасности здания, а также имущества и людей, находящихся в нём. На земном шаре ежегодно происходит до 16 миллионов гроз, то есть около 44 тысяч за день. Опасность для зданий (сооружений) в результате прямого удара молнии может привести к:

- повреждению здания (сооружения) и его частей,
- отказу находящихся внутри электрических и электронных частей,
- гибели и травмированию живых существ, находящихся непосредственно в здании (сооружении) или вблизи него.

Система молниезащиты состоит из молниеприемника, токоотвода, и заземлителя. Назначение молниеприемника состоит в перехвате молнии, токоотвода или спуска – для передачи тока молнии от молниеприемника к заземлителю, а заземлитель – электрически связанный с землей, для гашения молнии в земле. Классический молниеотвод (рис. 1) состоит из следующих конструктивных элементов:

1. Молниеприемник стержневого типа (1).
2. Несущая конструкция (2).
3. Токоотвод (3).
4. Заземляющее устройство (4).

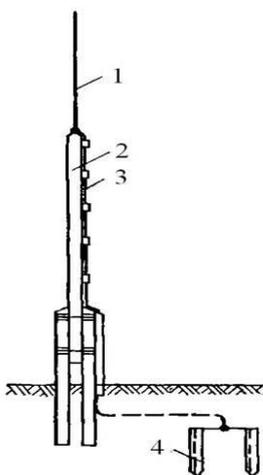


Рис. 1. Молниеотвод стержневой конструкции

Молниеприемник служит главной "мишенью" для грозового разряда. Поэтому данный элемент способен выдерживать значительные механические нагрузки и воздействия мощных импульсных токов молнии. Несущая конструкция молниеотвода (громоотвода) предназначена для установки молниеприемника и крепления токоотвода. Все элементы громоотвода объединены в прочную и жесткую конструкцию, способную отлично противостоять ветровым нагрузкам и прямым ударам молнии. Благодаря несущей конструкции громоотвода, обладающей достаточной механической прочностью и повышенной устойчивостью, исключается падение молниеотвода на энергооборудование и аппаратуру электрических подстанций.

При помощи токоотвода осуществляется соединение молниеприемника с заземляющим устройством: именно токоотвод обеспечивает прохождение импульсных грозовых токов от молниеотвода до заземляющего устройства. Поэтому токоотвод изготавливается с большим запасом прочности, с учётом запредельных тепловых и электродинамических перегрузок, источником которых является ток молнии. Заземляющее устройство используется для отвода грозового разряда в землю и уменьшения до приемлемого уровня разности потенциалов в элементах молниеотвода. Качество молниезащиты энергообъектов в значительной степени зависит от конструктивного исполнения и состояния заземляющего устройства. В реальных условиях заземлители могут находиться в различных условиях: сухая почва или влажный грунт, пропитанный солями и кислотами, которые оказывают основное влияние на электропроводимость земли. В тоже время кислоты и соли способствуют усиленной электрохимической коррозии металлических частей заземлителя. Поэтому подбор эффективных материалов и выбор оптимальной конструкции заземляющего устройства должен проводиться с учётом конкретных условий, в которых заземляющее устройство будет эксплуатироваться.

Молниеприемник представляет собой стальной штырь сечением не менее 60 кв.мм. и длиной не менее 20 см. Для токоотвода используется стальная оцинкованная проволока диаметром 5-6 мм. Соединяется с молниеприемником с помощью сварки или болтового соединения (контактная площадка должна быть в два раза больше площади сечения стыкуемых деталей). Прокладывается по кратчайшему пути от молниеприемника к клемме заземлителя. Токоотвод должен располагаться на расстоянии не менее метра от газовых магистралей, канализации, металлических частей дома.

Заземлитель – металлические штыри, закопанные в землю на 2-3 метра, сваренные между собой поперечной пластиной, к которой приваривается токоотвод. Заземлитель должен располагаться не ближе 5 метров от основных дорог и дорожек загородного участка.

Радиус защиты дома от попадания молнии зависит от высоты расположения молниеприемника относительно высшей точки дома, и рассчитывается по формуле:  $R=1,732 \cdot h$ , где  $h$  – расстояние от высшей точки дома до пика молниеприемника.

Мы рассмотрели вариант пассивной молниезащиты. Но, в настоящее время, разработаны активные системы молниезащиты (АМЗ). Состав АМЗ такой же, как и у пассивной системы, кроме одного элемента. В верхней точке молниезащиты устанавливается активный молниеприемник. Принцип активной молниезащиты состоит в том, что активный молниеприемник формирует высоковольтные импульсы, «провоцирующие» разряд атмосферного электричества, который приходится именно на молниеприемник, а не в другое место. Тем самым повышается надежность защиты от попадания молнии, и значительно расширяются границы защиты.

Системы АМЗ не требуют специального контроля, они работают автономно. Почему?

Перед грозой напряженность электрического поля возрастает до 10-20 кВ/м. Тем самым система АМЗ активизируется, «чувствуя» приближение грозы, заряжается от этого электрического поля, и начинает генерировать высоковольтные импульсы.

Использование систем АМЗ позволяет значительно сократить число пассивных систем молниезащиты, что дает существенный экономический эффект. Немаловажным фактором также является и эстетическая сторона. Вместо нескольких пассивных молниеприемников, прямо скажем, не слишком украшающих загородный дом, устанавливается один, компактный активный молниеприемник. Молния коварный враг и может нанести ущерб, как говорится, «исподтишка», не ударив напрямую по вашему дому. Но, молния может ударить в электроподстанцию, мачту электропередач, да и, просто, по проводам, или в землю, недалеко от вашего дома. И тогда, распространяясь по проводам, или по другим путям, она может достичь вашего дома и вызвать перенапряжение в электросети вашего дома, что может привести к тем же последствиям, что и прямое попадание молнии в дом без молниезащиты. Поэтому, кроме внешней системы молниезащиты, предназначенной для отвода молнии при прямом попадании молнии в дом, необходимо создание внутренней системы молниезащиты. Эта система представляет собой комплекс электронных устройств, защищающих дом от импульсных перенапряжений, поступающим в дом различными путями – через воздушные линии электрической сети, через телефонные кабели, через кабели системы общественного или кабельного телевидения, кабельный интернет и т.п. Кратко они обозначаются УЗИП.

Для создания молниезащиты энергообъектов электрических подстанций (6..35 кВ) применяются стандартные молниеотводы, размещённые на деревянных опорах с приставками из бетона М 200 и выше, а также стальной арматуры (Ст3, Ст5). В поперечном сечении приставки могут

иметь форму прямоугольника, круга, трапеции, двутавра или быть многогранными. Соединение железобетонных приставок с деревянными стойками выполняется с использованием скоб с болтами или проволочных бандажей. Опоры заглубляются в грунт на глубину 2 000 ...2 500 мм.

Заземляющие устройства для молниеотводов на деревянных опорах изготавливаются из качественных конструкционных сталей. Техническими стандартами установлены следующие размеры минимального сечения (толщины) заземлителей:

- стальные прутки круглого сечения – диаметр 6 мм;
- полосы прямоугольного сечения – площадь поперечного сечения 48 мм<sup>2</sup>, толщина полосы 4 мм;
- уголовая сталь – площадь поперечного сечения 48 мм<sup>2</sup>, толщина стороны 4 мм,
- стальные газовые трубы – минимальная толщина стенок 3,5 мм.

Чаще всего для изготовления заземляющих устройств применяются следующие типы материалов:

1. Полосовая сталь толщиной 4 мм и шириной от 20...40 мм.
2. Уголовая сталь марки Ст5 и Ст6.
3. Стальные трубы диаметром от 50 ...до 80 мм.
4. Молниеотводы стержневого типа, установленные на железобетонные опоры, обладают прочной железобетонной конструкцией и оснащаются металлическим молниеприемником.

Для эффективной защиты электрических подстанций от прямых попаданий грозовых разрядов применяются стержневые молниеотводы на удлиненных стальных и железобетонных опорах (до 40 м). Как правило, на всех подстанциях требуется отличное освещение рабочих площадок и прилегающей территории, поэтому на территории энергообъектов монтируются осветительные прожектора, размещенные на высоте порядка 10...15 метров. На рис. 2 показаны молниеотводы стержневого типа на железобетонных опорах с прожекторной площадкой (а) и без неё (б).

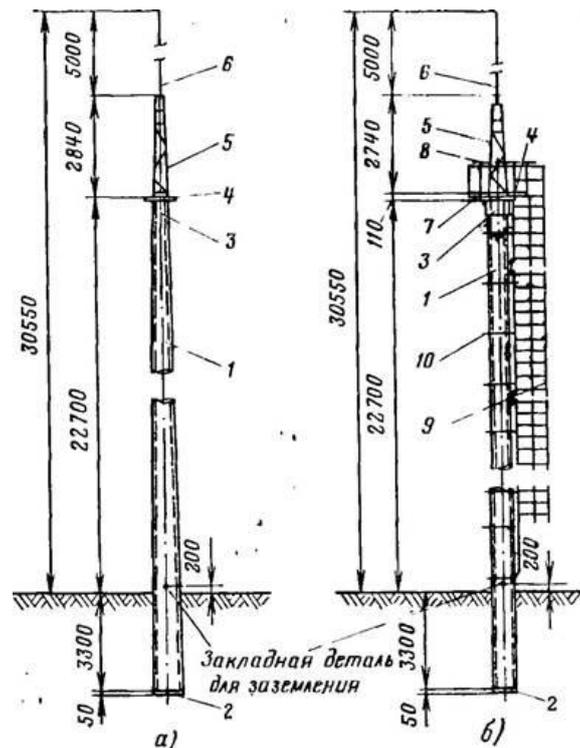


Рис.2. Молниеотвод

а – без прожекторной площадки; б – с прожекторной площадкой  
 1 – несущая конструкция железобетонной стойки; 2 – железобетонный подпятник; 3 – оголовок металлический; 4 – конструктивный крепёжный элемент; 5 – металлическая часть стойки; 6 – металлический молниеприёмник; 7 – площадка для установки осветительной аппаратуры (прожекторная площадка); 8 – элементы ограждения прожекторной площадки; 9 – металлическая лестница; 10 – элементы крепления лестницы

Молниезащита подстанций – система, позволяющая защитить подстанцию от воздействий молнии. Она включает в себя внешние и внутренние устройства. В частных случаях молниезащита может содержать только внешние или только внутренние устройства.

Устройство молниезащиты подстанций является обязательным мероприятием и регламентируется нормативными документами:

ГОСТ Р 50571.19-2000 Защита электроустановок от грозовых и коммутационных перенапряжений;

ГОСТ Р 50571.20-2000 Защита электроустановок от перенапряжений, вызванных электромагнитными воздействиями;

ГОСТ 12.1.030-81 Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление;

РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений;

РД 143-34.3-35.125-99 Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений и другими;

Суть молниезащиты состоит в том, чтобы электрический разряд, возникший в результате удара молнии, пропустить к земле по специальному защитному контуру в обход оборудования электроустановки.

Соответственно, в общем случае, система молниезащиты состоит из:

- молниеотвода, принимающего на себя атмосферный разряд;
- защитного контура;
- заземляющего устройства.

Если подстанция является отдельным сооружением (открытой), то ее система молниезащиты должна содержать все три компонента.

Если подстанция является закрытой (пристроенной, встроенной, внутрицеховой), то она может иметь только защитный контур, используя имеющуюся систему молниезащиты здания. В частных случаях возможны варианты, например собственный контур заземления подстанции.

Защитный контур молниезащиты подстанции выполняется с помощью разрядников.

Разрядник представляет собой двухполюсник, между контактами которого имеется нормированный искровой промежуток в воздушной или газовой среде. Один полюс разрядника заземлен, другой присоединен к защищаемой линии. В рабочем состоянии разрядник не оказывает какого-либо влияния на работу линии. При возникновении перенапряжения в результате удара молнии искровой промежуток ионизируется и в нем возникает электрическая дуга, по которой энергия атмосферного разряда «сливается» в землю, обходя узлы электроустановки.

Разрядники бывают трубчатыми и вентильными. Трубчатые разрядники применяются для защиты изоляции линий, вентильные разрядники – для защиты изоляции подстанций и электрических машин.

Открытые подстанции или распределительные устройства подстанций 20-35 кВ защищаются от прямых ударов молнии отдельно стоящими стержневыми молниеотводами, устанавливаемыми по углам подстанции. Высота молниеотвода выбирается в зависимости от высоты здания подстанции и ее габаритных размеров.

Для установки молниеотводов можно использовать также все высокие сооружения, расположенные вблизи подстанции.

Спуски к заземлителям от молниеотводов, установленных на зданиях распределительных устройств электростанций предприятия, необходимо прокладывать по крыше и стенам здания и как можно дальше от токоведущих частей электроустановок. Иногда бывает достаточно установить один молниеотвод, например, на высоком соседнем здании или заводской трубе.

Чем так опасна молния, что от нее надо защищаться? В молнии сосредоточен огромный потенциал – от сотен тысяч до миллионов вольт и ток в тысячи ампер. Поскольку молния имеет электрическую природу, то при ее попадании в дом, не защищенный молниезащитой, выходит из

стря вся электропроводка и приборы, подключенные в этот момент к электропроводке. Огромный потенциал молнии может вывести из строя и приборы или оборудование, даже не включенные в сеть. А короткое замыкание в электропроводке может вызвать пожар. Кроме того, даже находясь в здании, но не оборудованное молниезащитой – люди и животные подвергаются опасности удара молнией, поскольку неизвестно по какому пути молния будет уходить в землю. В общем, молния – это грозное и опасное явление природы. Но, и с молнией можно бороться.

#### Список литературы:

1. РД 34.21.122-87. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. – М.: Минэнерго СССР, 1987.
2. Описание активных молниеприемников. – Режим доступа: <http://www.indelectrussia.ru/>
3. Молниезащита. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>