

Студент гр. 10205116 Пашкевич А.А.  
 Научный руководитель – Журавков Н.М.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

Молния – высокоэнергетический разряд атмосферного электричества между облаками либо между облаками и землей. Наиболее часто молния возникает в кучево-дождевых облаках, тогда они называются грозовыми. Сильная облачность является следствием значительной неустойчивости атмосферы. Для грозы характерен сильный смерч, часто интенсивный дождь, иногда с градом. Перед грозой за час атмосферное давление начинает быстро падать вплоть до усиления вихревой бури, а затем повышается.

Существуют несколько типов разрядов молний. Порядка 90 % грозовых разрядов, возникающих между небом и землей, представляют собой отрицательные разряды «облако – земля». Молнии могут иметь разветвленный или представлять собой единый столб в форме: веревки, жгута, ленты, палки, цилиндра. Редкой формой является шаровая молния. Напряжение между двумя облаками, а также между облаками и землей достигает до десятков миллионов вольт. В результате возникает искра – молния, длина которой достигает несколько километров, а длина ее канала составляет метр и больше. Сила тока в канале огромна: от 1-2 до 200 кА. Однако, длительность разряда мала: она составляет тысячные доли секунды. Поэтому общий заряд, протекающий при одной вспышке молнии, не превосходит десятка или сотни кулонов. Разряд облака на землю имеет вид линейной молнии и начинается в большинстве случаев при высокой концентрации в нем зарядов и напряженности  $E = 20-30$  кВ/см у его выступающих частей. Наибольшую опасность представляет нисходящая отрицательная молния между облаком и землей (объектом) в виде линейной молнии. С ними связано подавляющее большинство пожаров и повреждений зданий, сооружений, линий электропередач, подстанций.

Линейные молнии относятся к так называемым безэлектродным разрядам, так как они начинаются в скоплениях заряженных частиц. Наиболее изучен процесс развития молнии в грозовых облаках, при этом молнии могут проходить в самих облаках – внутри облачные молнии, а могут ударять в землю – наземные молнии. В молнии электрическая энергия облака превращается в тепловую, световую и звуковую, и самым опасным продуктом молнии являются рентгеновские и гамма-излучения. Различают электронные лавины, переходящие в нити электроразрядов – стримеры, которые сливаясь, дают начало яркому термоионизированному каналу с высокой проводимостью – ступенчатому лидеру молнии и скоростного движения ступеней к земле  $\sim 50000$  км/сек.

Электрическими характеристиками молнии являются:

- амплитуда тока  $I$  (наибольшее значение тока главного разряда первой компоненты);
- крутизна тока,  $\alpha$ ;
- длина фронта волны тока,  $\tau_f$ ;
- длина волны тока,  $\tau_b$ .

Это важные параметры при расчете различных воздействий тока.

Удары молнии исключительно опасны. Молния может разрушить здание, опору электропередачи, заводскую трубу, вызвать пожар и т.д. Особенно опасна молния для человека. Согласно оценкам, частота ударов молнии на земле составляет 100 раз в секунду (или 1,4 миллиарда раз в год).

В организме пострадавших отмечаются те же изменения, что и при электроударе. При поражении молнией медицинская помощь должна быть неотложной, так как она эффективна только в первые минуты после удара. Экстренная госпитализация необходима во всех случаях.

Разряды молнии представляют большую опасность для электрического и электронного оборудования. При прямом попадании молнии в провода в линии возникает перенапряжение, вызывающее разрушение изоляции электрооборудования, а большие токи обуславливают термические проводников. Для защиты от грозовых перенапряжений электрический подстанции и распределительные сети оборудуются различными видами защитного оборудования, такими как разрядниками, нелинейными ограничителями перенапряжения, длинноискровым разрядниками. Для защиты от прямого попадания молнии используются молниеотводы и грозозащитные тросы. Для электронных устройств представляют опасность также и электромагнитный импульс, создаваемый молнией.

Существуют два основных типа молнии: нисходящие молнии, инициированные нисходящим лидером разряда молнии из облака на землю; восходящие молнии, инициированные восходящим лидером разряда молнии от заземленной строительной конструкции до облака.

В отношении более высоких сооружений доминируют восходящие молнии. Так молнии состоят из одного или более различных ударов: короткие удары продолжительностью менее 2 мс; длительные удары продолжительностью более 2 мс.

Соотношение полярности разрядов молнии зависит от географического положения местности. В отсутствие местных данных принимают соотношение равным 10 % для разрядов с положительным током и 90 % для разрядов с отрицательными токами.

Удар молнии в систему энергоснабжения здания может привести к следующим последствиям:

- пожару или взрыву, вызванных искрами, вследствие перенапряжения или воздействия токов молнии, проходящих через системы энергоснабжения;
- причинением вреда здоровью из-за напряжения прикосновения и шагового напряжения внутри здания, вызванными токами молнии, передаваемыми через подсоединенные системы энергоснабжения;
- повреждению или выходу из строя внутренних систем вследствие перенапряжений, индуцированных на подсоединенных линиях электропередачи и передаваемых на здание.

Удар молнии вблизи систем энергоснабжения здания может привести к повреждению или выходу из строя внутренних систем вследствие перенапряжений, индуцированных на подсоединенных линиях и передаваемых на здание.

Удар молнии в систему энергоснабжения может являться причиной разрушений самих физических средств (линий или труб), используемых для обеспечения работы системы, а также подсоединенного электрического или электронного оборудования.

Основные характеристики систем энергоснабжения, определяющие степень воздействия молнии, включают:

- конструкцию (линия: воздушная, подземная, экранированная, неэкранированная, оптоволоконная; трубопровод: наземный, заглубленный, металлический, пластмассовый);
- функциональные наладчики (телекоммуникационная линия, линия электроснабжения, трубопровод);
- содержимое конструкции (здание, находящееся внутри него оборудование, расположение);
- существующие или обеспечивающие меры защиты (экранированная проводка, ограничитель перенапряжения, системы хранения жидкостей, генераторные установки, источники бесперебойного питания).

Удар молнии в систему энергоснабжения здания может привести к следующим последствиям:

- плавлению металлических проводов и экранов кабелей вследствие попадания тока молнии в систему энергоснабжения (в результате резистивного нагрева);
- разрушению изоляции линий и подсоединенного к ним оборудования (вследствие резистивной связи);

- пробую неметаллических прокладок во фланцах труб, а также прокладок в изолирующих муфтах;
- мгновенному механическому повреждению металлических проводов или трубопроводов вследствие электродинамического воздействия, или нагрева, вызванного током молнии или вследствие теплового воздействия плазменной дуги молнии;
- мгновенному электромеханическому повреждению линий (разрушению изоляции) и подсоединенного к ним оборудования;
- пробую тонких наземных металлических труб во фланцах, приводящему к пожару и взрыву в зависимости от характера передаваемых жидкостей;
- повреждению изоляции линий и подсоединенного к ним оборудования вследствие индуктивной связи.

Каждый тип повреждения, связанный с действием молнии, как по отдельности, так и в комбинации с другими типами, может приводить к различным косвенным типам ущерба защищаемого объекта.

Необходимость применения молниезащиты объекта с целью уменьшения ущерба, наносимого общественным ценностям, обосновывается на основе оценки риска.

Принимают во внимание следующие риски, соответствующие типам ущерба:

$R_1$  – угроза для жизни людей;

$R_2$  – недопустимое нарушение коммунального обслуживания;

$R_3$  – потеря культурных ценностей;

$R_4$  – потеря экономических ценностей.

Молниезащита необходима в том случае, если суммарный риск превышает допустимый уровень  $R_t$   $R(R_1 \div R_3)$

$$R > R_t. (1)$$

В этом случае защитные меры разрабатывают для того, чтобы снизить риск  $R$  ( $R_1 - R_3$ ) для приемлемого риска  $R_t$ :

$$R \leq R_t. (2)$$

Кроме необходимости молниезащиты целесообразно оценивание экономических преимуществ в обеспечении мер защиты.

При выборе мер молниезащиты выполняются следующие действия:

- идентификация защищаемого объекта и его характеристики;
- идентификация всех видов ущерба в объекте и связанного с ним риска ( $R_1 \div R_4$ );
- оценка риска  $R$  для каждого вида ущерба  $R_1 \div R_4$ ;
- оценка необходимости молниезащиты путем сравнения риска  $R_1, R_2, R_3$  для здания ( $R_2$  – для системы энергоснабжения) с допустимым риском;
- оценка экономической эффективности молниезащиты путем сравнения общего ущерба с мерами и без мер защиты.

Для оценки риска рассматривают следующее:

- само здание;
- установка в здании;
- оборудование, находящееся в здании;
- присутствие людей, находящихся в здании или в зоне на расстоянии 3 м от здания;
- окружающую среду, на которую влияет повреждение здания.

Защита не включает соединенные с ней системы энергоснабжения за пределами здания.

Меры молниезащиты направлены на уменьшение риска в соответствии с типом повреждения. В системе менеджмента рисков меры молниезащиты рассматриваются как эффективные, если они соответствуют требованиям:

- по защите людей отражения и от повреждения здания;
- по защите от повреждения внутренних систем.