



Эдуард Базелян, доктор технических наук, профессор, руководитель лаборатории моделирования электрофизических процессов Энергетического института им. Г. М. Кржижановского

ПОДЗЕМНЫЕ МОЛНИЕОТВОДЫ

В названии статьи нет опечатки. Речь в ней пойдет не о заземлителях, а именно о молниеотводах, которые должны перехватывать канал молнии. Правда, этот канал стремится прорваться к объекту не традиционным путем, сверху от облака, а обходным – снизу, вдоль поверхности земли. Часто после удара молнии в землю или в какой-то наземный объект, например, в дерево или в тот же стержневой молниеотвод, ее канал продолжает свой путь, скользя десятки метров по грунту.

В одном из сюжетов центрального телевидения о деревне в Омской области, полностью выгоревшей от удара молнии, местные старушки сетовали: «Так страшно было – змеи огненные по земле бегали». Действительно, искровой канал вдоль поверхности грунта своими причудливыми изгибами напоминает скользящую змею.

ИСКРОВОЙ СКОЛЬЗЯЩИЙ РАЗРЯД

Контактируя с грунтом, искровой канал получает удивительную способность к развитию. Чтобы сформировать канал длиной 5 м (фото 1), потребовалось всего 135 кВ вместо 2500 кВ, нужных для разряда той же длины в воздухе. Столь необычные свойства определяются механизмом производства в канале тока, необходимого для его разогрева.

Дело в том, что плазменный канал способен прорасти на большую длину только в горячем состоянии. Его нужно нагреть до температуры не менее 5000–6000 К, иначе в холодном воздухе электроны, рожденные в результате ионизации воздуха в очень сильном электрическом поле на головке канала, быстро присоединятся (прилипнут) к электроотрицательным молекулам и рекомбинируют. В результате распада плазмы канал потеряет высокую проводимость еще до конца своего развития.

Энергию для нагрева предоставляет электрический ток. При контакте с поверхностью земли этот ток легко формируется за счет проводимости грунта. Дополнительной ионизации большого объема воздуха перед головкой канала здесь не требуется. Именно это обстоятельство позволяет быстро формировать многометровые каналы при относительно низком напряжении, которое создается в месте удара молнии.

График на рис. 1 демонстрирует динамику развития скользящих каналов при импульсном токе 75 кА в грунте с удельным сопротивлением 250 Ом·м. Компьютерный расчет воспроизводит реальный полевой эксперимент ВНИИЭФ (г. Саров) [1], в котором для имитации тока молнии амплитудой 75 кА применен взрывомагнитный генератор. При удельном сопротивлении грунта 250 Ом·м в эксперименте наблюдалось 8–10 каналов длиной до 30 м. Похожий результат дает и компьютерная модель.

Отметим, что число каналов в реальных условиях может варьироваться случайным образом. Наибольшая длина свойственна одиночному каналу. В условиях упомянутого эксперимента она приближается к 60 м. Поэтому опасность грозовой аварии сохраняется даже для объекта, размещенного в глубине зоны защиты молниеотвода и надежно защищенного от прямых ударов молнии. Угрозу представляет скользящий разряд, канал которого, стартуя от заземлителя молниеотвода, доставляет к объекту значительную долю тока молнии (рис. 2).

Нетрудно предсказать последствия контакта такого канала с зоной протечек жидкого топлива на нефтеналивной эстакаде или со штабелем изделий, содержащих взрывчатые вещества.

Не менее опасен и ввод части тока молнии в цепи управления и автоматики современных технических сооружений. Они часто укладываются в подземные кабельные короба, доступные скользящим разрядам. Приходится только сожалеть, что национальные нормативные документы России РД 34.21.122-87 и СО-153-34.21.122-2003 даже не упоминают о скользящих разрядах, хотя их потенциальную опасность трудно преувеличить.

ЗАЩИТА ОТ СКОЛЬЗЯЩИХ РАЗРЯДОВ

Среди экспонатов форума UPGrid (октябрь 2012 г., Москва) демонстрировался МИК ВМГ – отечественный мобильный испытательный комплекс на основе взрывомагнитного генератора, пригодный для полномасштабных испытаний грунтов на воздействие тока молнии. С его помощью можно установить предельную длину скользящих искровых каналов в любых реальных условиях и оценить надежность технических мероприятий по защите от них.

Применение МИК ВМГ – дело будущего, хотя и недалекого, а сегодня для защиты от искровых скользящих разрядов можно использовать подземный молниеотвод. В общем случае любая металлическая конструкция на поверхности земли может играть роль естественного подземного молниеотвода, если она допускает в себя прямой удар молнии и охватывает защищаемую зону без заметных разрывов. Если такая конструкция отсутствует, то необходимо организовать защитный контур с помощью искусственного подземного молниеотвода.

Положим, известна территория со взрыво- и пожароопасными объектами, куда нельзя допустить каналы скользящих разрядов. Лучше всего перехватить их на дальних подступах. С этой целью опасную зону нужно охватить тросовым молниеприемником, проложенным в в земле. По сути, устраивается замкнутый полосовой контур заземления. Его шина закладывается в грунт на глубину 0,3–0,5 м по внешнему периметру защищаемой территории на расстоянии 5–10 м от нее.

Никаких специальных требований к защитному контуру не предъявляется. Он может изготавливаться из плоской шины, круглых проводников или какого-то другого металлического профиля, площадь сечения которого удовлетворяет требованиям к заземляющим электродам. С какой бы стороны ни двигался опасный скользящий разряд, рано или поздно он достигнет защитного контура. Транспортируемый ток растечется по площади металлических шин, электрическое поле в грунте ослабнет и формирование искрового канала прекратится.

Вероятность, что канал минует защитный контур и таким образом прорвется к защищаемой территории, исключительно мала. Надежность защиты здесь много выше, чем у традиционного молниеотвода, перехватывающего молнию в воздухе.

КОМПЛЕКТУЮЩИЕ ДЛЯ МОЛНИЕПРИЕМНИКА

Принципиально важно, что после установки подземный защитный контур не нуждается в обслуживании и контроле даже при многолетней эксплуатации. Его сопротивление заземления влияет на надежность защиты исключительно мало. Важно только, чтобы контур не разрушился в агрессивном грунте, поэтому здесь предпочтительны проводники из материалов, стойких к коррозии.

Фирма DEHN+SÖHNE предлагает широкий ассортимент таких проводников из меди, оцинкованной или нержавеющей



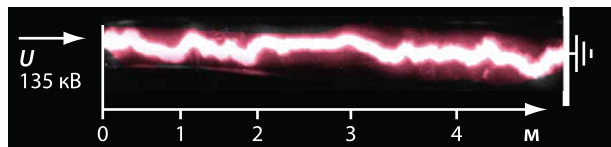
стали (арт. № 831 225, 852 335, 810 404, 810 405, 860 925 или 860 325 из каталога «Молниезащита/заземление»).

Для проводников любого типа найдутся эффективные зажимы (например, арт. № 320 044, 620 015 или 610 020), что позволит обойтись при монтаже без сварочных работ, мало-пригодных для электродов с антикоррозийным покрытием.

Легко убедиться, что затраты на устройство подземного молниеотвода, в том числе с применением продукции DEHN+SÖHNE (фото 2), невелики. Во всяком случае они меньше, чем на сооружение традиционных молниеотводов, не говоря уже о расходах на ликвидацию последствий прохождения скользящего разряда молнии к взрыво- и пожароопасному объекту.

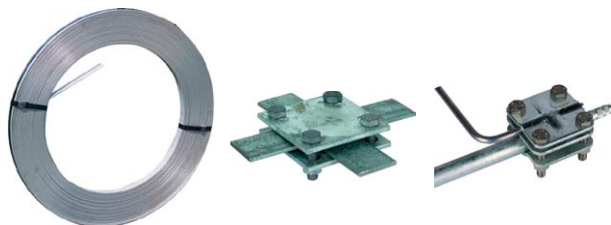
Канал длиной 5 м, полученный в ходе лабораторного эксперимента

Фото 1



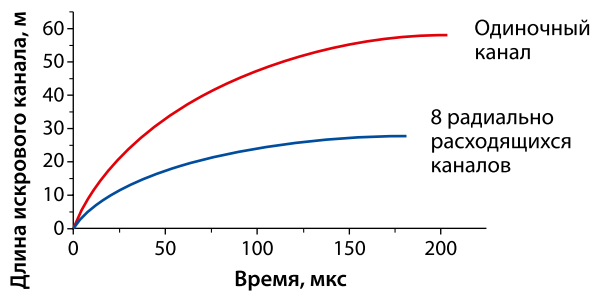
Проводники и зажимы DEHN + SÖHNE для сооружения подземного молниеотвода

Фото 2



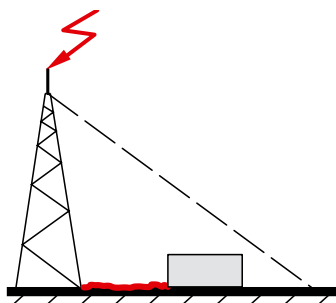
Развитие скользящих каналов при импульсном токе 75 кА в грунте с удельным сопротивлением 250 Ом-м

Рис. 1



Поражение скользящим разрядом объекта, защищенного от прямых ударов молнии

Рис. 2



Литература

1. Вилков Ю.В., Кравченко А.С., Сайткулов М.М. и др.// Приборы и техника эксперимента. 2007. № 3. С. 64.

Техническую информацию, руководство по установке и монтажу молниезащиты, каталоги и печатные материалы по продукции DEHN+SÖHNE можно получить в представительстве компании в России.

Молниезащита и защита от импульсных перенапряжений



Компания DEHN + SÖHNE, имеющая более чем 100-летний опыт работы в области молниезащиты, предлагает:

- широкий выбор УЗИП, проводниковой продукции и комплектующих для систем внешней молниезащиты – около 2500 наименований;
- производство всей номенклатуры устройств для молниезащиты и защиты от импульсных перенапряжений (г. Ноймаркт, Германия)

DEHN + SÖHNE

Представительство в России

109316, Москва, Волгоградский пр., 47, оф. 335

Тел.: +7 (495) 663-31-22, 663-35-73

info@dehn-ru.com, www.dehn-ru.com

МОЛНИЕЗАЩИТА.РФ