

# Заземляющие устройства DENN+ SÖHNE – надежно и надолго!

Эдуард Базелян,

д. т. н., профессор, зав. лабораторией молниезащиты ЭНИН им. Г. М. Кржижановского, г. Москва

Не секрет, что молниезащиту часто проектируют по остаточному принципу. Здание уже под крышей. Настелена кровля и только теперь вспоминают о молниеотводах. Не редкость, когда память оживает государственной инспекцией, когда она отказывается принять построенный объект. Тогда средства молниезащиты начинают «навешивать» на уже готовую конструкцию. Получается дорого и не очень эффективно. Страдает и архитектурный облик здания. Опытный проектировщик может здесь возразить. Он вытаскает каталоги известных «молниезащитных» фирм, например, DENN + SÖHNE и продемонстрирует обширнейшую номенклатуру молниеотводов, пригодных для установки на любой кровле, или токоотводов, в том числе хорошо изолированных. Они годятся для любых стен и любых мест прокладки. Возразить этому нечем. Напротив, меня лично радует тот энтузиазм, с которым демонстрируются изящные легко устанавливаемые элементы из современных материалов, и мне по душе твердая уверенность, что все смонтированное будет служить без ремонта десятки лет.

Смущает другое. Внимание, с которым выбираются молниеприемники и токоотводы, редко распространяется на элементы заземляющих устройств. Создается впечатление, что заземлитель рассматривается как вторичный по значимости элемент молниезащиты. Мол, главное перехватить молнию и проложить путь к земле ее току. Дальше все образуется само собой. К тому же, в отличие от других элементов молниезащиты, заземляющие электроды заглублены в грунт и не бросаются в глаза. Может быть поэтому с ними можно не церемониться?

Стоит еще раз пролистать каталоги, чтобы убедиться в превратности подобных представлений. Набор заземляющих электродов не менее представительствен, чем молниеприемники и токоотводы. Но об этом чуть позже, а сейчас время взглянуть на проблему с позиций нормативных документов.

Главным параметром заземлителя является его сопротивление заземления  $R_3$ . Оно определяет напряжение на заземлителе при растекании в земле тока:  $U_3 = R_3 I$ , которым задается и величина перенапряжений в электрических сетях, и шаговые напряжения, воздействующие на человека и животных. Бесмысленно листать последний отечественный

норматив «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленный коммуникаций СО-153-34.21.122-2003». Там о требованиях к сопротивлению заземления нет ни единого слова. Не многим лучше положение и со вторым продолжающим действовать нормативным документом «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений РД-34.21.122-2003». В нем задано не сопротивление заземления а типовая конструкция заземлителя, единая для грунтов с любым удельным сопротивлением. Например, при устройстве молниезащиты I категории годится заземлитель из 3-х вертикальных стержней длиной от 3 м, размещенных по прямой с шагом 5 м и связанных горизонтальной шиной на глубине 0,5 м. По строгому расчету сопротивление заземления такого устройства составит 8,5 Ом в грунте с удельным сопротивлением 100 Ом•м (суглинок) и вырастет примерно до 170 Ом в не так уж редко встречающихся горных породах удельным сопротивлением 2000 Ом м. Столь странному нормированию трудно не удивляться, особенно если учесть пропорциональный рост силы поражающих факторов молнии, воздействующих на человека и технику.

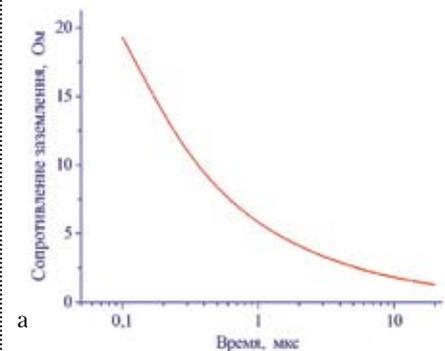
Не лучше и положение со стандартом по молниезащите 62305 Международной электротехнической комиссии, где нормирована минимально допустимая длина горизонтальной заземляющей шины. Для I уровня защиты она принимается равной 5 м в грунтах с удельным сопротивлением  $\rho \leq 500$  Ом м, а далее при  $500 < \rho \leq 3000$  Ом м нарастает как

$$l_{\min} = 5 + 0,03(\rho - 500) \text{ [м]}$$

Здесь сопротивление заземления нормированной шины составит примерно 12 Ом в садовой земле (50 Ом•м), вырастет до 125 Ом в песчаном грунте, а затем опустится до 80 Ом в скальных породах, обладающих удельным сопротивлением 3000 Ом•м. Логику найти трудно! Вот почему, в некоторых отраслевых стандартах стремятся регламентировать не конструкцию заземлителя, а сопротивление заземления, которое он должен обеспечивать.

Здесь возникает новая проблема. Хорошо известно, что сопротивление заземления в грунте фиксированной проводимости зависит от формы импульса тока, который отводится в землю. К тому же значение этого параметра может сильно меняться во времени. Расчетный график на рисунке

демонстрирует закономерность такого изменения для импульса тока молнии с крутым фронтом (0,1 мкс). Расчет выполнен для замкнутого контура заземления из горизонтальной шины, которая проложена по внешнему периметру прямоугольного здания 100 м x 50 м в грунте удельным сопротивлением 100 Ом•м. Видно, что в течение первых 10 мкс, характерных для воздействия тока молнии, сопротивление заземления во много раз больше своего установившегося значения (~ 1 Ом). Физика явления вполне понятна. Длинная заземляющая шина обладает индуктивностью порядка 100 мкГн и выше, которая препятствует проникновению тока к ее удаленным участкам. Поэтому в первые моменты времени в растекании участвуют только очень короткие отрезки шин, ближайшие к месту ввода тока молнии. С течением времени длина активно «работающего» участка шины увеличивается, а сопротивление заземления



соответственно падает. Чтобы как-то характеризовать эффект в количественном отношении, введено понятие импульсного сопротивления заземления. Под его величиной условно понимается отношение максимального значения напряжения на заземлителе к амплитуде растекающегося импульса тока. В РФ разработан и сертифицирован прибор ИК-1 для измерения импульсного сопротивления заземления при воздействии тока с временными параметрами 1,2/50 или 8/20 мкс. Интерес к таким измерениям нарастает и, к сожалению, далеко не всегда обоснованно.

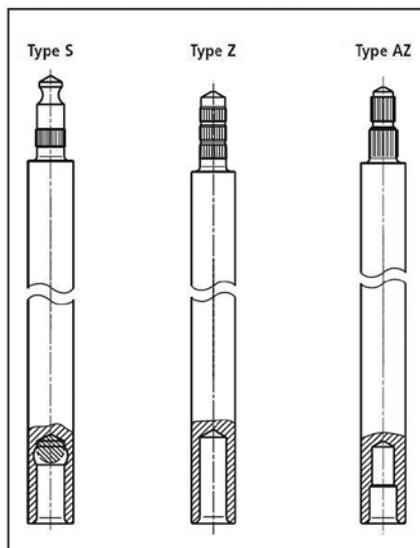
Анализ разумно начать с тех коротких отрезков шин длиной 10 м, что нормированы в Инструкции РД-34.21.122-87. Время их включения в режим активного растекания тока молнии очень мало. Так, в грунте с  $\rho = 100$  Ом•м оно находится в пределах 0,2 мкс и сокращается примерно как по мере роста удель-

ного сопротивления грунта. Практическая значимость столь кратковременных воздействий не слишком велика и здесь вполне можно ориентироваться на стационарные значения сопротивления заземления, тем более, что методическая погрешность импульсных измерений велика и плохо поддается количественным оценкам.

Другое дело протяженные заземлители, подобные тому, что был рассмотрен выше. Кажется неосмотрительным пренебрегать найденным изменением сопротивления заземления в пределах порядка величины в течение первых 5–10 мкс. Тем не менее, положение и здесь не так уж безнадежно. На практике сооружение с длиной периметра в сотни метров будет иметь десятки токоотводов, каждый из которых должен присоединяться к контуру заземления по кратчайшему расстоянию. Так, при I уровне защиты шаг размещения токоотводов не превысит 10 м. На деле он может быть еще меньше благодаря естественным токоотводам (каркас стеклопакетов, арматура железобетонных опор и т.п.). Ток молнии, растекаясь по многим токоотводам, сразу вводится в различные точки контура заземления, вынуждая его целиком и практически одновременно включаться в работу. В таких условиях измерения импульсного сопротивления при вводе испытательного тока в единственную точку заземлителя приведет к завышенному значению, крайне далекому от реальности.

Многие руководства предписывают ежегодный контроль сопротивления заземления в начале грозового сезона. Фактическая цель этих измерений в одном – убедиться в механической целостности подземных электродов и шин связи с ними. Если отбросить человеческий фактор, остается одно – коррозия, особо сильная в агрессивных грунтах. До недавнего времени о борьбе с ней не приходилось думать, потому что черный металл был единственным материалом для изготовления заземляющих электродов. Сегодня к применению разрешены и цветные металлы. Стоит открыть каталог серьезной фирмы, чтобы убедиться в богатстве выбора. Например, фирма DEHN + SÖHNE предлагает относительно дешевые стальные электроды с горячей оцинковкой (например, арт. № 620 150, 620 151). Их покрытие способно выдержать вибрационные нагрузки при погружении стержней на глубину 10 метров и более. Монтаж легко осуществлять, потому что в грунт забиваются элементы длиной не более 1,5 м, а надежный контакт между ними достигается специальной конструкцией электродов, благодаря которой один электрод вставляется в другой без увеличения внешнего диаметра и без применения резьбового соединения. Такая конструк-

ция с применением накатных цапф или свинцового шара в месте соединения обеспечивает превосходное электрическое и механическое соединение электродов между собой. Для горизонтальных связей электродов не нужна сварка, повреждающая защитный слой. Вместо нее с успехом применяются клеммы, соединители и перемычки (например, арт. №620 015, 610 010, 620 021 и т.д.).

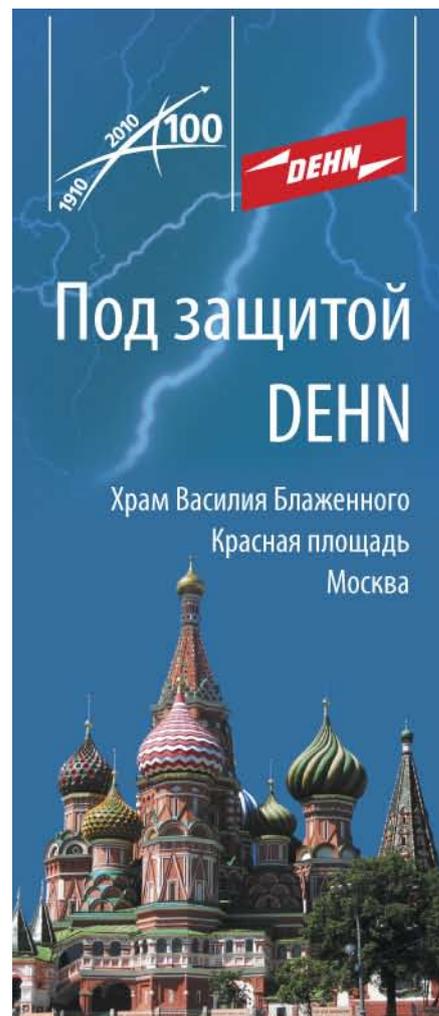


Типы вертикальных электродов заземления с различными вариантами соединения.



Соединительные клеммы

Когда это необходимо, вместо оцинкованных электродов можно выбрать омедненные. Для особо ответственных сооружений, размещенных в агрессивных грунтах, проектировщику предлагаются электроды и соединительные элементы из меди (арт. № 619 157, 620 017) или из нержавеющей стали (арт. № 620 902, 620 915). Такой заземлитель будет дороже, зато он не потребует к себе особого внимания в течение многолетней эксплуатации. Потратиться придется только один раз. Устойчивый к коррозии контур будет радовать потребителя ежегодным повторением одних и тех же значений сопротивления заземления при контрольных измерениях. Повлиять на них смогут только сезонные изменения влажности почвы.



## Под защитой DEHN

Храм Василия Блаженного  
Красная площадь  
Москва

### Внешняя молниезащита зданий и сооружений

- Широкий выбор компонентов для создания систем молниезащиты на кровлях различных типов.
- Защита антенн и других инженерных сооружений на кровлях от прямых ударов молний.
- Защита от импульсных перенапряжений.
- Электрозащитные средства.

Представительство DEHN+SÖHNE в России  
109316, г. Москва, пр-т Волгоградский, д. 47  
Тел./факс: +7 (495) 663 3573, 663 3122  
info@dehn-ru.com  
www.dehn-ru.com