



DEHN + SÖHNE

*Эдуард Базелян, д.т.н., профессор, зав. лабораторией молниезащиты ЭНИН им. Г.М. Кржижановского*

## ПРАКТИКА МОЛНИЕЗАЩИТЫ

### Оценка целесообразности защиты от воздействия молнии

Компания DEHN+ SÖHNE публикует новую статью из цикла «Практика молниезащиты», подготовленного для проектировщиков профессором Э.М. Базеляном.

Темами предыдущих материалов этого цикла были частота прямых ударов молнии, степень опасности ее термического и механического воздействия (см. «Новости ЭлектроТехники» № 3(63), 4(64) и 5(65) 2010 или сайт [www.news.elteh.ru](http://www.news.elteh.ru)).

Когда инженер приступает к проектированию молниезащиты, его больше всего интересует, насколько она реально необходима. Не зная степени риска, трудно понять, стоит ли вкладывать деньги в устройство молниеотводов или в расстановку в электрических цепях средств ограничения перенапряжений. Обращение к отечественным нормативам по молниезащите здесь мало помогает проектировщику.

В «Инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений» РД 34.21.122-87 оперируют тремя категориями защиты, не поясняя, о какой надежности идет речь в каждой из них. Более новый норматив «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» СО-153-34.21.122-2003 вместо категорий нормирует 4 уровня защиты. Для них указана обеспечиваемая надежность защиты от прямых ударов молнии, начиная от 0,98 для I уровня, заканчивая 0,8 для IV уровня. Однако инженеру приходится гадать, как использовать эти цифры при проектировании молниеотводов.

Проблема усложняется, когда степень повреждения объекта может сильно зависеть от параметров тока молнии, в первую очередь от амплитуды импульса или от крутизны его фронта. О том, что такая зависимость существует, можно догадаться, исходя из материалов разделов 2.3.2–2.3.4 Инструкции СО-153-34.21.122-2003, где для каждого уровня защиты указаны предельные значения этих параметров. В большинстве случаев проектировщику от этого не легче, так как важно знать не только нормированные параметры, но и вероятность их превышения разрядами молнии на территории защищаемого объекта.

#### РАСЧЕТНЫЕ ОЦЕНКИ

В идеале схема расчетных оценок может быть следующей. Сначала вычисляется частота ударов молнии в объект с учетом и без учета защитного действия спроектированных молниеотводов. Затем, исходя из конструкции объекта, его технологических функций и структуры электрических цепей, определяются параметры тока молнии, способные вызвать недопустимые повреждения.

Оценка такого рода должна выполняться отдельно для разрядов молнии, перехваченных молниеотводами, и для разрядов, прорвавшихся мимо молниеотводов непосредственно к объекту, потому что эти ситуации могут сильно отличаться по опасности воздействия.

Например, при ударе в отдельно стоящий молниеотвод ток молнии способен повредить электрические цепи только через наведенные в них электродвижущие силы (ЭДС) магнитной индукции, а при непосредственном поражении объекта часть тока может попасть в жизненно важную цепь.

Когда опасные токи известны, остается определить вероятность их появления в канале молнии. Решение этой ключевой проблемы связано с исключительно большими трудностями. Теория молнии способна более или менее достоверно описать физические процессы ее развития, но бессильна, когда требуется предсказать параметры молниевых токов в конкретных условиях. Слишком много внешних факторов пришлось бы для этого учитывать.

Сегодня специалисты не сомневаются, что ток молнии зависит от электрического заряда грозового облака и его полярности, высоты грозовой ячейки над поверхностью земли, траектории канала, числа одновременно формирующихся ответвлений, высоты пораженного объекта. Список можно было бы продолжить, но даже перечисленное невозможно учесть в теории. Остается рассчитывать только на измерения, которых до обидного мало.

Почти 100 лет современных наблюдений за молнией не принесли и тысячи полноценных прямых осциллографических записей тока. Достоверной статистики они не обеспечивают. Трудно дифференцировать записи тока молнии для объектов различной высоты или для ударов, перехваченных молниеотводом либо прорвавшихся мимо него в зону защиты. Не хватает фактических данных для построения статистических распределений в различных регионах земного шара, скажем, в тропиках, средней полосе или приполярных районах.

Перспективными представляются дистанционные методы, в которых параметры тока молнии синтезируются по регистрациям магнитного поля в дальней зоне. К сожалению, их погрешность слишком велика, поэтому приходится идти на вынужденное упрощение и усреднение статистики, не всегда обоснованное.

#### ОЦЕНКА РИСКА ПО МЕТОДИКЕ МЭК

Сегодня Международная электротехническая комиссия (МЭК) использует обобщенную независимо от географических координат местности статистику токов молнии, собранную и обработанную СИГРЭ (Международным советом по большим электрическим системам высокого напряжения). Для приближенного описания практически всех параметров молнии использован логнормальный закон:

$$P(Y) = \int_Y^{\infty} \frac{1}{\sigma_{lg} \sqrt{2\pi}} \text{EXP} \left( \frac{-[\lg Y - (\lg Y)_{cp}]^2}{2\sigma_{lg}^2} \right) d(\lg Y),$$

где  $P(Y)$  – вероятность превышения рассматриваемым параметром молнии заданного значения  $Y$ ;

$\sigma_{lg}$  и  $(\lg Y)_{cp}$  – соответственно стандарт распределения и среднее значение логарифмов этого параметра, которые и определяют характер распределения.

На специальной статистической бумаге каждое из распределений представляется в виде прямой линии. Исключение сделано только для распределения амплитуд тока первых

Расчетные кривые параметров для первых компонентов отрицательных (1) и положительных (2) молний, а также для последующих компонентов (3):  
распределение амплитуд тока молнии – красные кривые;  
распределение длительностей фронтов импульсов тока молнии – синие кривые.

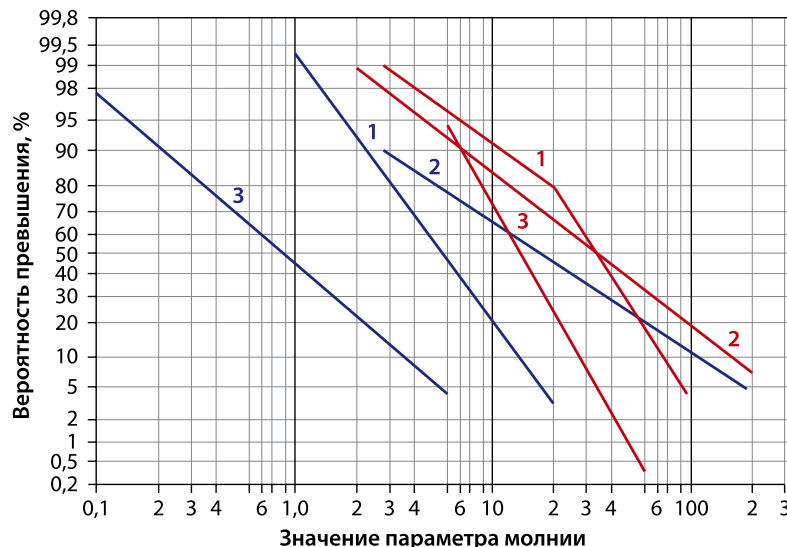


Рис. 1

компонентов отрицательной молнии, которое для повышения точности интерполяции представлено двумя прямолинейными отрезками.

На рис. 1 показано, как приблизительно выглядит распределение амплитуд тока и длительностей фронтов его импульсов для компонентов молний. Амплитуды тока выражены в килоамперах, временные параметры – в микросекундах. Предполагается, что между этими параметрами нет корреляции и они могут рассматриваться как статистически независимые величины.

Расчетными кривыми легко пользоваться.

**Пример 1.** Положим, оценка показала, что ожидаемое число ударов молнии в защищаемый объект  $N_{\text{мол}} = 0,1$  удара в год (порядок расчета см. в журнале «Новости ЭлектроТехники» № 3(63) 2010), а по условиям растекания опасным считается ток молнии амплитудой 50 кА. Оценим вероятность его появления для первых компонентов, наибольших по амплитуде.

По кривым 1 и 2 вероятность превышения опасного тока у отрицательных молний близка к 18%, а у положительных – примерно 33%. Однако, поскольку доля положительных молний в Европе принимается равной 10%, суммарное значение искомой вероятности определяется как  $P_1 = 0,18 \times 0,9 + 0,33 \times 0,1 \approx 0,2$ . Исходя из этого частота опасного воздействия молнии:  $N_{\text{оп}} = N_{\text{мол}} P_1 = 0,1 \times 0,2 = 0,02$  удара в год, что приблизительно соответствует 1 удару за 50 лет эксплуатации объекта.

**Пример 2.** Допустим, для расчета электромагнитных наводок надо определить частоту появления импульсов тока первого компонента, которые при амплитуде свыше 50 кА характеризуются длительностью фронта меньше 2 мкс. Для отрицательных молний приблизительно 92% имеют более длинный фронт и, следовательно, вероятность импульса с фронтом короче 2 мкс оценивается здесь как  $P_{\text{ф}} = 1 - 0,92 = 0,08$  (синяя кривая 1). Аналогичная оценка для положительных молний дает практически такую же величину  $P_{\text{ф}} = 1 - 0,92 = 0,08$  (синяя кривая 2).

Таким образом, вероятность молнии, ток которой больше 50 кА, а фронт меньше 2 мкс, составляет  $P = P_1 P_{\text{ф}} \approx 0,2 \times 0,08 = 0,016$ . Их ежегодно ожидаемое число составит  $N_{\text{оп}} = N_{\text{мол}} P = 0,1 \times 0,016 = 0,0016$ , то есть приблизительно один удар за  $1 : 0,0016 \approx 625$  лет.

В нормативе Международной электротехнической комиссии представлены значения стандартов распределения и средних значений логарифма для всех практически значимых параметров молнии, а для большинства из них построены и кривые распределения. С их помощью легко определить, насколько часты не просто удары молнии, а удары, опасные для защищаемого объекта.

### ПРОГРАММА DEHNsupport

В стандарте МЭК 62305, часть 2, также приводятся данные для комплексного анализа риска объекта в результате воздействия прямых ударов молнии и электромагнитных наводок. Во внимание принимаются такие факторы, как угроза человеческой жизни, угроза нарушения работы инженерных систем, потери культурных и материальных ценностей.

Несмотря на достаточно четкие указания, приведенные в этом стандарте для анализа риска, решить подобную задачу весьма сложно, так как проектировщику приходится оперировать весьма большим количеством данных. Для облегчения расчета немецкая компания DEHN + SÖHNE – один из лидеров в области комплексной защиты от воздействия разрядов молний – предлагает специализированное программное обеспечение DEHNsupport.

Программа позволяет легко и быстро оценить риск поражения молнией объекта, а также находящихся в нем людей и установленного оборудования. Для этого проектировщику достаточно ввести информацию о здании (размеры, расположение относительно других сооружений, наличие или отсутствие системы внешней молниезащиты), характеристики входящих линий и коммуникаций и выбрать факторы риска, которые должны приниматься во внимание в данном случае. Всё остальное берет на себя компьютер.

В результате на экране монитора отображаются численные значения риска для различных составляющих и его суммарная величина. Выбирая различные мероприятия в области молниезащиты, можно добиться того, чтобы суммарный риск был меньше допустимого для данного сооружения.

Программа отличается удобным интерфейсом, функциональностью и существенно сокращает время, нужное инженеру для того, чтобы принять решение о необходимости применения системы защиты объекта от молний.

Программное обеспечение DEHNsupport, разработанное компанией DEHN + SÖHNE, в руках проектировщика – мощный инструмент для оценки целесообразности и экономической обоснованности молниезащиты.

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

### DEHN + SÖHNE

Представительство в России  
109316, Москва, Волгоградский пр., 47, оф. 335  
Тел./факс: (495) 663-35-73, 663-31-22  
info@dehn-ru.com, www.dehn-ru.com