



DEHN + SÖHNE

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

ПРАКТИКА МОЛНИЕЗАЩИТЫ

Экран или УЗИП? И то и другое.

Цикл статей профессора Э.М. Базеляна по молниезащите, представленный фирмой Dehn+Söhne, адресован в первую очередь проектировщикам.

На протяжении последнего года публикации были посвящены таким вопросам, как напряжение прикосновения и шага при ударе молнии, оценка опасности прямых ударов молнии, ее термического и механического воздействия, целесообразность молниезащиты, надежность молниеотводов, особенности защиты офисных зданий. Все материалы доступны на сайте www.news.elteh.ru.

Экранированный кабель я впервые увидел в начале 1950-х. Родители купили телевизор КВН-49 с черно-белым экраном размером с нынешний хороший мобильник. Мастер приехал ставить антенну. Под темно-синей изоляцией кабеля блестела золотом плетеная оболочка. «Хороший кабель, – сказал мастер, – толстая оплетка надежно защитит от электромагнитных помех». Эти слова припомнились мне год назад, когда близкий удар молнии сжег в моем подмосковном доме антенный усилитель. Экранировка не спасла.

Рис. 1. Осциллограмма тока молнии

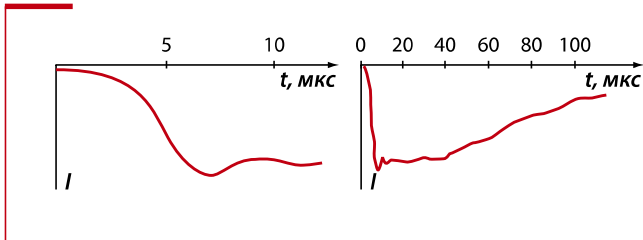


Рис. 2. Схема использования трубы в роли экрана и молниеотвода

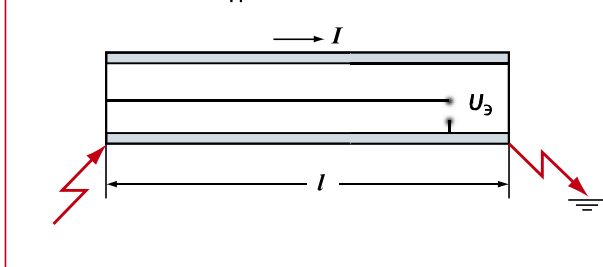
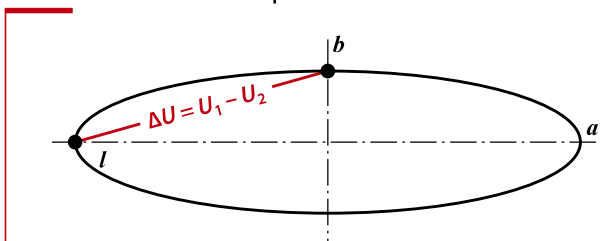


Рис. 3. Эллиптический экран



КОГДА ЭКРАН ЭФФЕКТИВЕН?

Всегда ли экранировка электрических цепей защищает от мощных электромагнитных наводок, вызванных, например, близкими разрядами молнии? Такой вопрос возникает не только у сельских жителей. Куда больше он волнует специалистов по автоматике и релейной защите электрических сетей, персонал, обслуживающий космические аппараты и авиалайнеры, работников, отвечающих за безопасность железнодорожного транспорта.

Электромагнитная волна практически без потерь распространяется в вакууме или изоляционной среде, например, в воздухе (на этом явлении, в частности, основана работа мобильных телефонов). В проводнике электромагнитная волна затухает, причем тем быстрее, чем ниже удельное сопротивление материала проводника. Очень важна также частота электромагнитного излучения. В технике используют понятие эквивалентной глубины проникновения λ , то есть такой глубины, на которой электромагнитное поле затухает в $e = 2,71828$ раз. В меди величина $\lambda \approx 0,07$ мм для излучения частотой 1 мГц и ~ 1 см при промышленной частоте 50 Гц. Сопоставив числа, можно сделать важный практический вывод: экран – действительно хорошее средство защиты электрических цепей от электромагнитного поля, при условии что это поле высокочастотное.

Каково по частоте излучение канала из молнии? Ответ на этот вопрос связан с регистрацией ее тока. На типичной осциллографической записи (рис. 1) средняя длительность фронта (начального участка) импульса составляет около 5 мкс (осциллограммы представлены в двух временных масштабах, чтобы лучше был виден фронт).

Примерно столько же займет полная длительность ЭДС магнитной индукции в ближней зоне, где расстояние от излучающего канала до места воздействия на электрическую цепь много меньше длины канала. Чтобы убедиться в этом, достаточно вспомнить, что ЭДС магнитной индукции здесь прямо пропорциональна скорости изменения магнитного поля. Период эквивалентной частоты будет близок к 10 мкс, а сама частота – к 100 кГц. В таких условиях экран еще достаточно эффективен, поскольку эквивалентная глубина проникновения в медный экран не превысит 0,2 мм.

КОГДА ЭКРАН НЕЭФФЕКТИВЕН?

Предположим теперь, что проводники экранированы, но часть тока молнии попала в экран и растекается по нему. На практике такое бывает достаточно часто. Вот один из характерных примеров. Стержневой молниеотвод одновременно служит опорой для крепления осветительной люстры. Для ее питания по бетонной опоре вверх идут провода в металлической трубе. Труба выполняет роль экрана и одновременно транспортирует к заземляющему устройству ток молнии. Взгляните на схему (рис. 2): ток I входит в трубу, пробегает по ней длину l и уходит в землю.

Упрощенно падение напряжения на трубе равно $U = R_0 I l$, где R_0 – сопротивление единицы длины трубы (его называют погонным сопротивлением). Если электрический проводник внутри как-то связан с началом трубы, а второй его конец открыт, между стенкой трубы и проводником будет действовать напряжение $U_3 = U$ (напряжение появится и при отсутствии гальванической связи в начале; выбрано просто наиболее наглядное положение).

Теперь элементарная оценка. Представим тонкостенную медную трубку радиусом $r_0 = 10$ мм и толщиной $\Delta d = 0,2$ мм, которая равна только что оцененной эквивалентной глубине проникновения излучения. По школьной формуле $R_0 = \rho / (2\pi r_0 \Delta d)$ с учетом удельного сопротивления меди ρ погонное сопротивление примерно равно 0,0014 Ом/м. При таком значении R_0 на длине $l = 50$ м молния с расчетным током 100 кА создаст напряжение около 7 кВ. Трудно надеяться, что изоляция осветительной сети выдержит такое перенапряжение.

Способ ограничения перенапряжения есть, но дешевым его не назовешь. Надо увеличивать массу металла, сделав стенку трубы толще. Так, чтобы снизить перенапряжение до 1 кВ, потребуется медная труба с толщиной стенки 1,4 мм. Если же ориентироваться на черный металл, то в тех же условиях придется оперировать трубой с толщиной стенки больше 4 мм даже при увеличении ее диаметра до 40 мм.

ФОРМА ЭКРАНА

Человек с опытом заметит, что многие электрические цепи монтируются двухпроводными, а размещение двухпроводной цепи в металлическом экране полностью снимает вопрос о перенапряжениях на изоляции между проводами или на подключенном к ним оборудовании. С таким заявлением нельзя согласиться без очень существенной поправки. Экран действительно ликвидирует перенапряжения в двухпроводной цепи, если в роли экрана выступает труба круглого сечения.

На практике экраны могут иметь эллиптическую форму, например, из-за деформации при транспортировке. Нередко электрические цепи прокладывают в металлических коробах, форма которых даже отдаленно не напоминает круглую.

Анализ эллиптического экрана позволяет пояснить существо проблемы (рис. 3). Невзирая на однородность оболочки по толщине и материалу стенки, погонные плотности импульсного тока в точках 1 и 2 принципиально различны. Отношение их величин равно отношению осей эллипса a/b , на которых они размещены. В результате для сильно вытянутой оболочки плотности тока могут отличаться в пределах порядка величины и даже больше. Столь же различными окажутся и напряжения между проводниками и оболочкой в точках 1 и 2. Но поскольку сама оболочка эквипотенциальна, различия могут быть обусловлены только разными потенциалами проводников. В итоге приходится признать, что в положении, показанном на рис. 3, между проводниками действует напряжение, близкое к

$$U_{1-2} = R_0 I \left(1 - \frac{b}{a} \right)$$

Эта частная оценка в качественном отношении справедлива и в самом общем случае. Для экрана с изменяющейся кривизной поверхности всегда найдутся места с повышенной кривизной, где проводники окажутся под действием существенно большей плотности тока. Вот почему короба прямоугольного сечения – не слишком хороший выбор из-за острых углов в соединениях сторон.

БЕЗ УЗИП НЕ ОБОЙТИСЬ

Далеко не всегда удастся строго контролировать трассировку электрических цепей при монтаже. Кроме того, она может меняться и в процессе эксплуатации, когда кабельные жгуты перекладываются с места на место. По этой причине не следует забывать об ограничителях перенапряжений. При грамотной установке они надежно снижают перенапряжения до безопасного уровня, будь то силовые цепи особо ответственного оборудования, низкочастотные каналы охранной сигнализации или высокочастотные трассы передачи больших потоков информации.

Серьезные специалисты не забывают об устройствах защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) и выбирают их по каталогам наиболее надежных производителей. Так, немецкая фирма DEHN+SÖHNE предлагает УЗИП серий «Красная линия» и «Желтая линия», а также искробезопасные УЗИП.

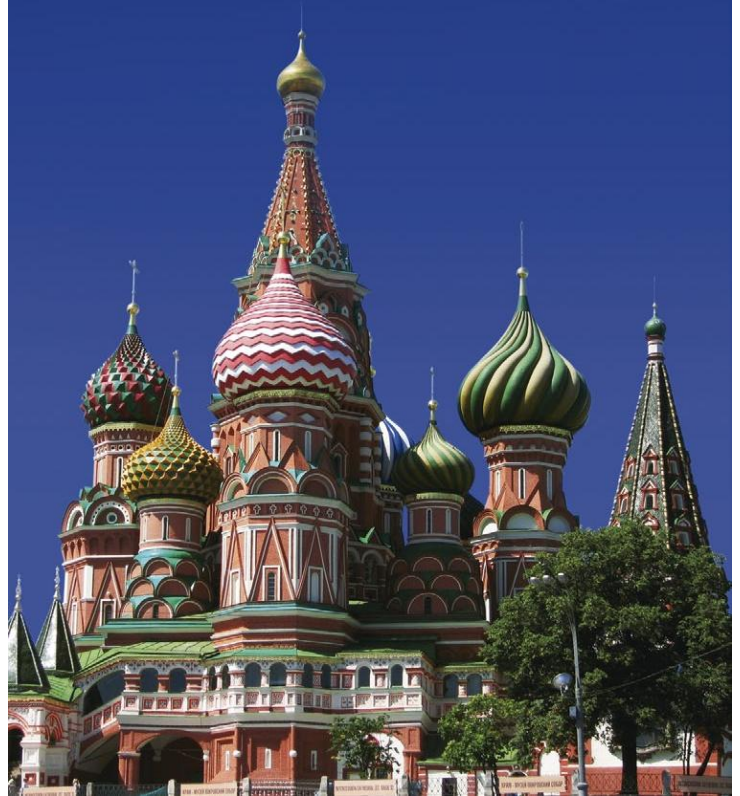
Техническую информацию, руководство по установке и монтажу молниезащиты, каталоги и печатные материалы по продукции DEHN+SÖHNE можно получить в представительстве компании в России.



DEHN + SÖHNE

2010 год
Храм Василия Блаженного
Красная площадь, Москва

Под защитой
DEHN...



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

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