

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СТАНДАРТОВ МОЛНИЕЗАЩИТЫ, ЗАЗЕМЛЕНИЯ, ЭМС

1. О способах построения зон защиты

Российские стандарты молниезащиты – РД 34.21.122–87 [1] (далее РД) и СО-153–34.21.122–2003 [2] (далее СО) устанавливают зоны защиты типовых молниеотводов, базирясь на экспериментальных данных А. А. Акопяна и расчетах статистическим методом, разработанным Э. М. Базеляном. Результаты современных крупномасштабных экспериментов по исследованию молниезащиты под руководством В. М. Куприенко повысили адекватность выбора молниеотводов и легли в основу норм ВСП 22–02–07/МО РФ [3] (далее ВСП). К сожалению, все российские стандарты содержат частные решения для отдельных молниеотводов. Их нельзя применить для нестандартных объектов, например наклонного грозозащитного троса, который идет от конечной опоры до портала подстанции (ПС). Таких задач множество, они скорее типовые, чем нестандартные.

С этими задачами легко справляется метод катящейся сферы (МКС), рекомендуемый стандартом МЭК 62305 (далее МЭК), однако у него есть принципиальные недостатки, которые ведут к тому, что: 1) не учитывается взаимное влияние молниеотводов, иначе внутренний защитный угол равен внешнему углу; 2) зона защиты молниеотводов малой высоты неправдоподобно велика; 3) зона защиты высоких молниеотводов не превышает радиуса катящейся сферы.

Проблема в том, что СО допускает применение МКС без ограничений (при условии, что МКС дает более жесткое решение, но это имеем место практически всегда).

Предложение. Очертить область применимости МКС в электроэнергетике. Рассматривать МКС (с некоторыми уточнениями) как то программное обеспечение, которое предполагалось создать (но не было создано) в СО для решения нестандартных задач. Российским стандартам рекомендовать МКС в задачах, где их применение невозможно, но с учетом ограничений МКС.

2. О зоне защиты тройного и многократного молниеотвода

При построении зоны защиты многократного молниеотвода вероятна ситуация, когда при внешнем замкнутом контуре защиты, внутри зоны защиты образуется большое количество незащищенных «дыр». РД относит «дыры» к погрешностям построений – вся внутренняя область для каждого тройного молниеотвода считается защищенной, если каждая пара молниеотводов имеет общую зону защиты на данном уровне (рис. 1). В СО подобных указаний нет, поэтому в примере (рис. 1) к зоне защиты относится только выделенная, значительно меньшая область.

Конфликт между РД и СО в этом вопросе очевиден. Применение МКС, где нет различия между внутренними и внешними защитными углами, не внесет ясности. Согласно ВСП, где определены защитные углы одиночных, двойных и четырехкратных молниеотводов, с увеличением числа молниеотводов внутренний защитный угол заметно

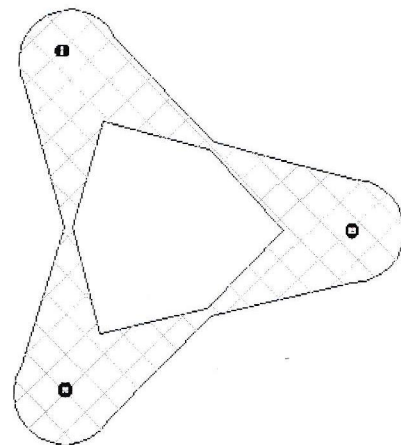


Рис. 1. Зоны защиты тройного молниеотвода высотой 20 м расстоянием 60 м по РД (зона А) на высоте 9.5 м

увеличивается, т. е. незащищенная (по СО) внутренняя зона (рис. 1) сужается или исчезает (как в РД). Тот же результат дает метод наведенного заряда [4].

Проблема в отсутствии экспериментальных данных по внутренним защитным углам произвольного тройного молниеотвода.

Предложение. В новой редакции норм молниезащиты указать применимость (или нет) правила РД по внутренней зоне защиты многократного молниеотвода. Рассматривать многократный молниеотвод как совокупность тройных молниеотводов.

3. О величине тока молнии в задачах ЭМС

По российским нормативам и стандарту МЭК амплитуда первого импульса тока молнии (10/350 мкс) в задачах ЭМС принимается равной 100 кА (для 3,4 уровня молниезащиты). На ПС значительная часть молниеотводов располагается на территории объекта (на порталах, на зданиях). Они экранируются от сильных молний более высокими молниеотводами, расположенными по периметру объекта, поэтому в них может ударить молния только с меньшим током.

Проблема в том, что моделируя удар молнии с завышенным током во внутренние молниеотводы, получаем избыточные, затратные технические решения задач ЭМС, связанные с ограничением кондуктивных и электромагнитных помех.

Предложение. Амплитуда тока молнии каждого молниеотвода для задач ЭМС должна определяться расчетом с учетом экранирующего действия других молниеотводов. Для этого применяется МКС, где установлена связь между током молнии и радиусом катящейся сферы или методы имитационного моделирования.

4. О модели земли при расчете заземлителей

Согласно [5] многослойную модель земли, получаемую в результате вертикального электрического зондирования (ВЭЗ), а это обычно не менее 3–4 слоев плюс слой сезонных изменений, допускается приводить к двухслойной модели. Приведение осуществляется из условия неизменности сопротивления точечного заземлителя, который вряд ли можно считать адекватной моделью сеточного заземлителя ПС. Для сравнения: фирма SES (sestech.com) – мировой лидер в области заземления и молниезащиты использует многослойные модели (с вертикальными и горизонтальными границами) с 3D неоднородностями.

Проблема с потерей точности расчетов заземлителей при переходе к двухслойной модели земли очевидна. Наличие этой проблемы, закрепленное в российских нормативах, удивительно тем, что еще в 80-х годах прошлого века на основе теории электроразведки были решены все вопросы по использованию многослойной горизонтально слоистой модели земли для расчета заземлителей (А. Б. Ослон, В. В. Бургсдорф и др.). Сложности с вычислительной техникой не позволили тогда внедрить эти модели в практику проектирования заземлителей, но сейчас этих сложностей нет.

Предложение. Исключить упрощение модели земли, полученной в результате ВЭЗ. Многослойная горизонтально-слоистая модель земли должна стать обязательной.

5. К расчету кондуктивных помех контрольного кабеля

Двустороннее заземление экрана контрольного кабеля снижает уровень импульсных и высокочастотных кондуктивных помех в k раз $U_k = U / k$, где k – коэффициент экранирования (ослабления) [5].

Проблема в том, что коэффициент k зависит не только от параметров самого экрана, но и точки ввода тока, точек заземления экрана, характеристик заземляющего устройства (ЗУ), трассы прокладки кабеля, наличия параллельных проводников [6, стр.330], зависит от длины кабеля [7], он также является функцией частоты или функцией времени при им-

пульсных процессах. По этой причине расчет помехи как $U_k = U/k$ при нормативных значениях $k=6-10$ сопряжен с погрешностью, а проектные решения по снижению кондуктивных помех могут быть не достаточно обоснованы.

Предложение. Использовать классическую формулу определения помех «жила-экран» $U_k = Z_t I \cdot I$, где I — ток экрана, Z_t — передаточное сопротивление экран-жила. При первом импульсе тока молнии можно принять $Z_t = R_0$, где R_0 — погонное сопротивление экрана, которое легко измерить или вычислить при заданном сечении. При установленном в [8] эквивалентном сечении экрана $S = 1 \text{ мм}^2$ (по меди) типового кабеля КВВГэ $R_0 = 0.0178 \text{ Ом/м}$.

6. К расчету нагрева экрана контрольного кабеля

Двустороннее заземление экрана контрольного кабеля снижает уровень кондуктивных помех, но приводит к нагреву экрана контрольного кабеля. Традиционная методика расчета нагрева экрана кабеля по ГОСТ 28895–91 признана неточной, поскольку не учитывает уменьшение тока экрана из-за увеличения его сопротивления с увеличением температуры в процессе КЗ. Этот недостаток устранен в [9], где вместо тока нагрев определяется напряжением экрана, которое при нагреве практически не меняется. Идея замены тока на напряжение в расчетных выражениях нашла отражение в стандарте [8].

Проблема в том, что замена тока на напряжение экрана в расчетных выражениях методически неправильна по двум причинам. Эти расчетные выражения пригодны только для уединенного кабеля, без учета ЗУ, шин уравнивания потенциала, других проводников с токами, которые через магнитные связи увеличивают сопротивление экрана и могут существенно уменьшить ток и нагрев экрана кабеля. Отождествляя задачу снижения нагрева с задачей снижения напряжения экрана, проектировщик не находит или не может обосновать оптимальные технические решения по снижению нагрева, поскольку вместо снижения тока пытается снизить напряжение экрана.

Предложение. Вернуться к классическому способу определения нагрева экрана с использованием тока в качестве расчетного параметра. Использовать шаговый алгоритм реализации формулы ГОСТ 28895–91, позволяющий учесть изменение тока экрана с увеличением температуры нагрева [10]. Влияние соседних проводников с токами учитывать вносимым сопротивлением экрана, которое снижает ток и нагрев экрана [10].

7. О компьютерных программах в задачах ЭМС

Согласно [8] для решения задач ЭМС при проектировании и реконструкции ПС допускается использование любого программного обеспечения (ПО), которое удовлетворяет двум обязательным условиям: 1) зарегистрировано в Реестре компьютерных программ; 2) дает решение тестовых задач с погрешностью не более 5 %.

Проблема в том, что тестовых задач не предложено, а расчеты по разным компьютерным программам, зачастую приводят к различным результатам.

Предложение. Разработать и принять набор тестовых задач, решение которых подтверждает достоверность ПО и демонстрирует его функциональные возможности.

Литература

1. РД 34.21.122–87/ Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. /Минэнерго СССР. — М.: Энергоатомиздат. — 1989.
2. СО 153–343.21.122–2003, Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. М.: Издательство МЭИ. 2004. 57 с.
3. ВСП 22–02–07/МО РФ Нормы по проектированию, устройству и эксплуатации молниезащиты объектов военной инфраструктуры: — М. 2007. — 168 с.
4. Шишигин С. Л., Мещеряков В. Е., Шишигин Д. С. Расчет зон стержневых молниеотводов методом наведенного заряда. Электричество. 2015. № 8. С. 4–9.

5. СТО 56947007–29.240.044–2010. Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства. Стандарт Организации ОАО «ФСК ЕЭС». М. 2010.
6. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике. Дьяков А. Ф., Максимов Б. К., Борисов Р. К. и др.; под ред. А. Ф. Дьякова. — М.: Энергоатомиздат, 2003. — 768 с.
7. Матвеев М., Кузнецов М., Березовский В., Косарев И. Экранирующие кабельные конструкции. Средство экономичного решения проблем ЭМС. Новости электротехники. 2013. № 1(79). [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.news.elteh.ru/arh/2013/79/09.php>
8. СТО 56947007–29.130.15.114–2012. Руководящие указания по проектированию заземляющих устройств подстанций напряжением 6–750 кВ. Стандарт Организации ОАО «ФСК ЕЭС». М. 2012.
9. Нестеров С. В., Прохоренко С. В. Расчетная оценка термической стойкости экранов контрольных кабелей. Третья Российская конф. по заземляющим устройствам. — Сб. докл., Новосибирск: Сибир. энергет. академия, 2008. С. 45–54.
10. Шишигин С. Л., Черепанов А. В., Шишигин Д. С. Расчет кондуктивных помех и нагрева экрана контрольного кабеля. 5 Межд. конф. по молниезащите. СПб. 2016.