

ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТЬ

МЕТОДИКИ РАСЧЕТА МОЛНИЕЗАЩИТЫ

В. П. Гречин,

к.т.н., член МЭА, ген.директор ООО «Нижэнергoproject»,

П. Г. Малюшицкий, Т. Е. Путова,

инженеры, ИЦ г. Нижний Новгород,

А. Ф. Сорокин,

к.т.н., декан, Ивановский ГЭУ

Введение. Вероятность поражения защищаемого объекта молнией определяется физическими особенностями окружающей среды, а также наличием объектов, влияющих на ориентировку лидера молнии.

Возможными последствиями ударов молнии являются: нарушение изоляции, возгорание, сбой в работе компьютерных систем, электрическое и термическое повреждение сооружений, т.е. выход оборудования из строя, или нарушение энергетической безопасности объекта(ов).

Известно, что развитие техники и технологий в настоящее время происходит на основе использования микропроцессорной техники, имеющей сверхнизкие рабочие токи и напряжения. Следовательно, на работу устройств с использованием микропроцессорной техники влияет электромагнитная обстановка окружающей среды, так как величина напряжений и токов от наводимых помех во много раз превышает их рабочие параметры.

Изоляция современных устройств имеет низкий уровень электрической прочности, поэтому микропроцессорная техника, чувствительная к воздействию электромагнитных полей, нуждается в защите как от прямых ударов молнии, так и от их вторичных воздействий, создающих перенапряжения. Проявления и поражающие факторы молнии приведены в табл. 1.

Электромагнитное воздействие молнии на оборудование. Опасные параметры воздействия разряда молнии на оборудование зависят от типа устройства, его схемы, принципа действия элементной базы (например, наличия микросхем), расположения используемых устройств, конфигурации, конструкции и материала наружных технических систем, местонахождения оборудования.

Основой для разработки системы молниезащиты (МЗ) является понятие категоричности объекта по степени ответственности, которая определялась по утвержденной классификации назначения защищаемого объекта [1]. В зависимости от категории объекта выполнялся регламентированный объём МЗ, включающий определённый набор технических решений, устройств и правил, соответствующих нормативному уровню, без учёта экономичности.

Применение принципов построения молниезащиты по [1] может привести к неоправданным затратам, а некоторые неучтённые особенности защищаемого объекта могут повлечь фактическое снижение эффективности МЗ конкретного сооружения, узла или рабочего места, что может создать опасность поражения защищаемого объекта.

В настоящее время повысились требования к системе МЗ. Однако полностью исключить тех-

Таблица 1

Поражающие факторы внешнего проявления

Внешнее проявление	Поражающий фактор
Прямой удар молнии в здание или сооружение	Величина тока до 200 кА, температура канала 30000 °С. Импульс перенапряжения возможен до величины 1000 кВ.
Удаленный разряд (более 5 км) при ударе молнии в ЛЭП	Импульс перенапряжения, распространяющийся по проводам и тросам электрической сети, может составить сотни киловольт.
Близкий от здания (до 0,5 км) разряд молнии	Наведенный грозовой потенциал в проводящих частях здания и электроустановках может достигать десятки киловольт.

ническими решениями поражение молнией какого-либо объекта нельзя, можно только снизить вероятность и последствия поражения, т.е. современная система МЗ обладает достаточно максимальной, но не абсолютной надёжностью.

В мировой практике получил распространение подход, учитывающий показатели эффективности затрат на МЗ, ее достаточности и целесообразности с точки зрения безопасности и величины ущерба от удара молнии. Решение данной задачи и заложено в новых нормативных документах [2–4].

Преимущества новой концепции и сложности при её использовании. В новом подходе к расчету МЗ [2] заложен принцип экономической и технической целесообразности. Технические решения и затраты на создание МЗ должны давать расчетный экономический эффект с обеспечением надёжности и безопасности. При этом технический объём проектируемой системы МЗ должен быть необходимым и достаточным.

В новой инструкции [2] есть свобода выбора, что ставит непростую задачу перед проектировщиками и собственниками защищаемых объектов, а именно, *принятие самостоятельного решения по конструкции, конфигурации и сложности конкретной системы МЗ*. Данная задача может быть решена после изучения особенностей и характеристик защищаемого объекта, выполнения необходимых расчётов и специальных измерений, дающих информацию для анализа системы МЗ и подтверждающих правильность выбранных решений. При этом необходимо знание технических характеристик конкретных устройств и допустимый уровень электромагнитных воздействий, указанный в технической документации на каждое устройство. То есть нормирование допустимых воздействий необходимо производить индивидуально для каждого конкретного объекта, тогда как все рекомендации в [1] носят единый или обобщающий характер.

Существующее проектирование МЗ ориентировано на традиционный подход, потому РД [1] до сих пор не отменены, так как проектные организации не располагают достаточным объёмом документов по новой нормативной базе, методикам и опытом работы с исходными данными.

Технические решения по проекту МЗ, должны включать следующее:

- защиту от прямых ударов молнии молниеотводами (количество, размеры, конструктивное исполнение);
- создание безопасного распределения потенциалов конструктивным способом;

- необходимый состав системы МЗ (заземление, выравнивание, установка защитных аппаратов, экранирование и др.);
- определение безопасных расстояний, исключая пробой, перекрытие и поражение с открытых частей защищаемого оборудования.

Для анализа каждого вида повреждений от воздействий ударов молний и последствий ущерба существуют различные подходы, критерии и технические параметры оценки опасности.

Рассмотрим два примера.

1. Параметры электрического и магнитного полей (токи, напряжение и др.) имеют различное направление и уровень воздействия. Полупроводниковый диод, имеющий пробивное обратное напряжение 500 В, при токе молнии 200 кА получит наводимый потенциал на проводнике длиной 100 см, при расстоянии от места удара молнии 100 м, примерно 300 В, что не опасно для диода, но опасно для микросхем. Воздействие электромагнитного поля на оборудование информационных микропроцессорных систем такого уровня может вызвать сбой в работе, потерю или искажение информации, т.е. будет нарушена устойчивость к внешним воздействиям, именуемая электромагнитной совместимостью.

Одинаковые повреждения могут вызывать различные последствия: минимальные (требующие только затраты на ремонт повреждённого оборудования) или крупные (техногенные катастрофы). В зависимости от соответствующих факторов (повреждения особо значимых мест в системе электроснабжения; места повреждения в технологической цепочке, назначения и использования оборудования до повреждения) получим разную величину ущерба. Поэтому для конкретного объекта необходимо производить расчёты вероятности появления опасного воздействия молнии и требуемой надёжности МЗ.

2. Приняты следующие допущения:

- расчётная нормируемая величина амплитуды тока молнии первого импульса для первого уровня защиты («зона 0») составляет $I = 200$ кА;
 - величина сопротивления заземляющего контура объекта – $Z_3 = 0,5$ Ом;
 - величины волнового сопротивления всех коммуникаций – $Z_в = 266$ Ом;
 - число коммуникаций равно $n = 22$.
- Тогда эквивалентное сопротивление составит:
- коммуникаций – $Z_{эк} = Z_в/n = 12,1$ Ом;

- заземляющего контура с коммуникациями

$$Z_3 = 0,48 \text{ Ом.}$$

Величина импульсного напряжения на внешней части объекта на контуре заземления («зона 0»):

$$U_0 = I \times Z_3 = 96 \text{ кВ.}$$

Общая величина тока растекания молнии по коммуникациям в «первой зоне»:

$$I_1 = U_0 / Z_{3к} = 7,9 \text{ кА.}$$

Ток по каждой линии коммуникаций

$$I_{л} = U_0 / Z_{лв} = 0,36 \text{ кА.}$$

Таким образом, расчётная величина тока, протекающего по проводникам внутри здания, составляет менее 10% от полного тока.

По результатам расчёта можно сделать вывод, что даже на контуре заземления, параметры которого соответствуют требованиям ПУЭ и [1] по величине сопротивления заземления, при ударе молнии может возникнуть потенциал, опасный для человека и оборудования. При этом необходимо отметить, что токи молнии, ответвляющиеся в коммуникации, имеют незначительные величины, поэтому рекомендуется устанавливать защитные аппараты, имеющие небольшие номинальные токи.

Для обеспечения безопасности необходимо выполнять выравнивание потенциала между точками сближения или соприкосновения проводящих частей, гальванически связанных с

контуром заземления так, чтобы между ними не появлялась разность потенциалов опасной величины.

Дополнительным способом защиты может служить наличие изоляции между близко находящимися проводящими частями, на которых может появляться опасный потенциал. Для предупреждения повреждения изоляции или снижения разности потенциалов можно использовать защитные аппараты (ОПН, разрядники, полупроводниковую защиту – стабилитроны и т.д.).

Сложность учёта всех факторов и отсутствие надлежащих методик для расчёта конкретных объектов различного назначения и ответственности приводит к усреднению исследуемых показателей и возврату к инструкциям, использующим нормативные значения.

Новые руководящие материалы по МЗ [2-4] основываются на концепции, заключающейся в том, что защищаемый от прямых ударов молнии объект условно разбивается по степени защиты на зоны (0, 1, 2). При таком подходе МЗ проходит процесс последовательного снижения уровня перенапряжений от «зоны 0» к «зоне 1» и далее.

Для понимания новых руководящих указаний по МЗ [2-4] и применения их при разработке проектной документации необходимо иметь сравнительные характеристики положений этих документов с предыдущими инструкциями (см. табл. 2).

Таблица 2

Сравнение двух директивных документов по МЗ

№	Инструкция РД-34.21.122-87	Инструкция СО 153-34.21.122-2003
1	Требования обязательны для всех министерств и ведомств	Требования носят рекомендательный характер
2	МЗ объекта выполняется в зависимости от категоричности объекта, которая определяется комиссией	Разграничение объекта на 4 класса с подпунктами. Право выбора защиты определяет заказчик.
3	Требования инструкции по защите объекта распространялись только на "внешнюю" зону защиты от прямых ударов молнии.	Комплекс МЗ включает в себя устройства защиты от прямых ударов молнии (внешняя зона) и устройства защиты от вторичных ее проявлений (внутренняя зона). Возможно исполнение МЗ объекта одной зоны: внешней или внутренней.
4	Расстояние между токоотводами для объектов 2 и 3 категорий должно быть не более 25 м.	От уровня выбранной защиты устанавливается среднее расстояние между токоотводами от 10 м до 25 м.
5	Предлагаются определенное исполнение молниеотводов.	Нет ограничений по конструкции молниеотводов (п.3.2.1.1)
6	Нет требований по экранированию от электромагнитных помех.	Предусмотрены экранирование, как основной способ уменьшения электромагнитных помех, и выравнивание потенциала. Требования по организации соединений разделены на два вида: металлических элементов внутри зоны и на границе зон.

7	Заземлитель выбирается по геометрическим параметрам. <i>(По мнению авторов статьи этот норматив необходимо оставить)</i>	Отсутствуют нормы по величине и геометрии заземлителя. Основное требование к заземлителю – «отвести более 50% тока молнии и уменьшить разность потенциалов между любыми точками здания и оборудования до нормативов». Требования к конструкции заземлителя носят рекомендательный характер.
8	Нормируется расстояние между молниеотводом и сооружением ответственных объектов.	Отсутствует нормирование безопасного расстояния между защищаемым объектом и молниеотводом в земле и по воздуху.
9	Для исключения заноса высокого потенциала по внешним наземным коммуникациям они должны быть заземлены на вводе в здание и на двух ближайших к этому вводу опорах.	Предлагается все входящие снаружи в объект проводники соединить напрямую с системой молниезащиты.
10	Для каждого стержневого или стойки тросового молниеприемника должно быть выполнено не менее двух токоотводов.	Если молниеприемник представляет сетчатую конструкцию, выполняется не менее двух токоотводов. В остальных случаях разрешен один токоотвод.
11	При невозможности использования в качестве токоотводов металлических конструкций здания токоотводы должны быть проложены к заземлителям по наружным стенам здания кратчайшими путями	Токоотводы должны равномерно располагаться по периметру защищаемого объекта. Запрещается прокладывать токоотводы в водосточных трубах.

Выводы. Сравнение двух руководящих документов по молниезащите зданий и сооружений показывает, что обе инструкции имеют как позитивные, так и негативные стороны. Более полный учет характеристик защищаемого объекта и свобода выбора средств, методов, местоположения и конструктивных особенностей системы молниезащиты, рекомендуемый в [2–4], позволяет обеспечить энергетическую безопасность объекта(ов), т.е., заданную надежность для стабильного и безопасного энергоснабжения объекта при оптимальных экономических затратах и уменьшении возможного ущерба от ударов молнии.

Литература

1. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. РД 34.21.122–87 / Минэнерго СССР. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
2. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений и промышленных коммуникаций. СО 153-34.21.122–2003. – М.: ФГУП ЦПП. – 2004.
3. ГОСТ Р 50571. МЭК 60364. Электроустановки зданий.
4. ГОСТ Р 51317. МЭК 61000. Совместимость технических средств электромагнитная.