



Эдуард Базелян, д.т.н., профессор,
руководитель лаборатории моделирования электрофизических процессов
Энергетического института им. Г. М. Кржижановского

ВЫБОР УЗИП ОЦЕНКА ТОКОВ МОЛНИИ

Специалисту по молниезащите трудно представить, как можно рассчитать грозовые перенапряжения и выбрать устройства защиты от них – УЗИП – без расчета доли тока молнии в электрической цепи. Тем не менее, такой упрощенный подход фактически узаконен в России.

В нашей стране проектировщики при выборе УЗИП должны руководствоваться стандартом [1], который предлагает на выбор:

- либо определять распределение импульсного тока молнии по коммуникациям, исходя из их сопротивлений заземления при промышленной частоте;
- либо без вычислений просто относить 50% тока к заземляющему устройству (ЗУ) пораженного молнией объекта, а другие 50% распределять равными долями между его металлическими заземленными коммуникациями.

Последнюю операцию ряд изготовителей УЗИП почему-то называет квалифицированной оценкой. Ее итогом, в частности, является необоснованное заключение о вводе в провода ВЛ 380/220 В всего 17% тока молнии: по 4,3% в каждый.

Если опираться на эти выкладки, то для III уровня защиты (ориентир – ток молнии 100 кА), можно допустить использование УЗИП, рассчитанных на импульсный ток 10/350 мкс амплитудой от 4,3 кА. Вывод экономически привлекательный, т.к. столь низкие предельно допустимые импульсные токи выдерживает относительно дешевая защитная аппаратура на основе варисторов, не нуждающаяся в искровых разрядниках с автоматическим гашением дуги сопровождающего тока.

Остается понять, насколько обоснована рекомендация [1] и в каких ситуациях допустимо проектирование на ее основе.

АНАЛИЗ РЕКОМЕНДАЦИЙ СТАНДАРТА

Стандарт [1] рекомендует измерить или рассчитать сопротивление заземления всех заземленных металлических коммуникаций объекта, чтобы затем распределить ток молнии по параллельным цепям обратно пропорционально их сопротивлению. Любому инженеру, знакомому с методами расчета электрических цепей, подобное предложение покажется не очевидным. Протяженные коммуникации в грунте могут обладать очень низким сопротивлением заземления в стационарном режиме, но их импульсные характеристики окажутся принципиально иными из-за распределенной индуктивности коммуникации.

Рассмотрим, например, как меняется во времени входное сопротивление металлической трубы диаметром 50 мм, уложенной на глубину 0,7 м в грунт с удельным сопротивлением 100 Ом·м. Ее сопротивление заземления в стационарном режиме близко к 0,5 Ом. При этом крайне низком значении труба должна была бы отобрать на себя значительную долю тока молнии. Фактически же в момент времени 10 мкс (время фронта тока молнии) импульсное сопротивление трубы еще не опустилось ниже 5 Ом и даже через 100 мкс оно в два раза больше своего стационарного значения (рис. 1).

Ясно, что рекомендация рассчитывать импульсные токи в протяженных коммуникациях по их стационарным сопротивлениям заземления бессмысленна.

Теперь оценим вариант с отбором тока молнии несколькими коммуникациями при наличии у защищаемого объекта еще и локального ЗУ. Здесь предписания [1] конкретны: в сосредоточенный заземлитель должно направиться 50% тока молнии.

Каково же это ЗУ в реальности? Требования к его сопротивлению заземления не указаны в национальных нормативных документах по молниезащите. Правда, в [2] описаны несколько типовых конструкций. Одна из них (два вертикальных стержня длиной по 3 м, связанных такой же по длине горизонтальной полосой) при удельном сопротивлении грунта ρ обладает сопротивлением заземления $R_3 \approx 0,145\rho$ [Ом]. Достаточно сравнить это значение с динамикой изменения сопротивления всего одной коммуникации на рис. 1, чтобы понять: уже через 5 мкс в ЗУ окажутся не предписанные 50% тока молнии, а намного меньше.

Далее учтем взаимодействие такого сосредоточенного ЗУ с ВЛ, полагая что других металлических коммуникаций у защищаемого объекта нет. Допущение возможно, поскольку в системах водоснабжения все чаще используются полипропиленовые трубы, а в системах связи – оптоволоконные кабели. Положим, что ВЛ 380/220 В имеет длину 200 м и потому согласно ПУЭ не предъявляет особых требований к сопротивлению заземления со стороны объекта (можно ориентироваться на типовое ЗУ молниезащиты), тогда как со стороны питающей ПС для схемы с глухозаземленной нейтралью оно должно быть не выше 4 Ом.

Результаты компьютерного расчета для импульсного тока 10/350 мкс с использованием указанных значений представлены на рис. 2. Видно, что ЗУ объекта отбирает сколько-нибудь значимую долю тока молнии только в первые 15–25 мкс. С течением времени его нагрузка резко снижается. Так, в момент времени 100 мкс через УЗИП, защищающие провода ВЛ, в совокупности протечет к ПС более 70% тока молнии, то есть по 17,5% в каждом. Эти результаты настолько серьезно расходятся с данными квалифицированной оценки (4,3% тока молнии в каждом проводе), что трудно всерьез говорить о ее достоверности.

Нужно учесть также, что рис. 2 характеризует ВЛ традиционного исполнения на деревянных незаземленных опорах. В случае применения железобетонных опор доля тока в проводах ВЛ увеличится, а постоянная времени его роста сократится из-за естественного сопротивления заземления таких опор.

В реальных условиях может возникнуть ситуация, когда доля тока молнии, ответвившегося в провода ВЛ, окажется существенно меньше той, которую дает квалифицированная оценка. Для заказчика это менее значимо, т.к. он все-таки обеспечит нужную надежность молниезащиты, хотя и затратил лишние средства.

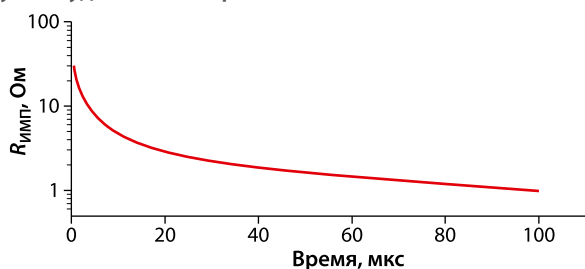
РИСК НЕ ОПРАВДАН

Может сложиться впечатление, что использование УЗИП более низкой пропускной способности по току молнии, чем требуется, не так уж рискованно. Варистор не разрушается мгновенно. Не исключено, что он успеет ограничить перенапряжения от тока первого компонента молнии, а далее сработает автоматический размыкатель, в роли которого может выступить, например, правильно подобранный плавкий предохранитель. Он отключит поврежденное УЗИП от сети и сохранит электропитание объекта. Число прямых ударов в объект невелико и у персонала будет время заменить разрушенный УЗИП.

Жаль, что эта картина далека от реальности. На деле около 70–80% молний многокомпонентны. Примерно 50% последующих компонентов повторяют траекторию первого. Это значит, что приблизительно через 60–70 мс (средняя пауза между компонентами) ток молнии будет повторно воздействовать на оборудование теперь уже ничем не защищенной цепи. Последствия такого воздействия наверняка будут фатальными.

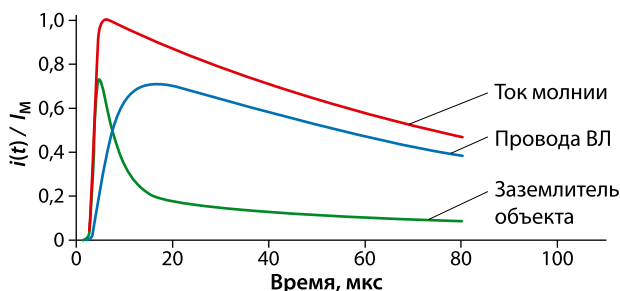
Изменение во времени входного сопротивления металлической трубы Ø 50 мм на глубине 0,7 м в грунте с удельным сопротивлением 100 Ом-м

Рис. 1



Токи молнии в различных коммуникациях объекта в зависимости от времени

Рис. 2



Примеры УЗИП из каталога фирмы DEHN+SÖHNE: DEHNventil M стандартного исполнения, DEHNven CI со встроенным предохранителем

Рис. 3



ПРАКТИЧЕСКИЕ СОВЕТЫ

Проектировщиков, разумеется, не устроит совет использовать вместо квалифицированной оценки нормальный расчет переходного процесса в электрических цепях. Для решения этой задачи может не оказаться всех исходных данных.

Остается два варианта. Во-первых, можно разделить ток молнии обратно пропорционально сопротивлению заземления объекта $R_{3,об}$ и сопротивлению заземления $R_{3,ПС}$ питающей его ПС. Доля тока молнии в каждом проводе определяется по формуле:

$$\frac{I_{imp}}{I_M} = \frac{R_{3,об}}{4(R_{3,об} + R_{3,ПС})}$$

Полученный результат дает надежную оценку сверху. Выбранное по этому току УЗИП заведомо будет работоспособным.

Во-вторых, при полном отсутствии данных для проектирования остается выбирать подходящее УЗИП по каталогам. Так, фирма DEHN+SÖHNE выпускает широкий ассортимент УЗИП, в т.ч. с повышенной пропускной способностью на базе искровых разрядников с автоматическим гашением дуги сопровождающего тока (рис. 3). Они обеспечивают высокую надежность защиты и непрерывность электроснабжения потребителей.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ Р 51992-2011 (МЭК 61643-1:2005) Устройства защиты от импульсных перенапряжений низковольтные. Ч. 1. УЗИП в низковольтных силовых распределительных системах. Технические требования и методы испытаний.
- РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений.

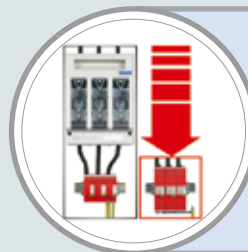


Комбинированное
УЗИП класса I
со встроенным
предохранителем
серии Red / Line

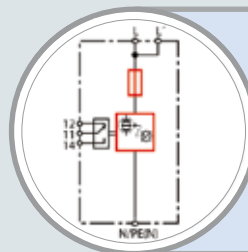
НОВИНКА



DEHNvenCI



Экономия объема
в монтажном шкафу на **75%**
Экономия стоимости до **35%**



Непрерывность электроснабжения
потребителей достигается благодаря
сочетанию мощных искровых
промежуток с технологией гашения
сопровождающих токов RADAX-Flow
и встроенного предохранителя,
способного выдерживать токи
молнии



DEHN защищает.

Молниезащита, защита от импульсных
перенапряжений, средства электрозащиты

ООО «ДЕН РУС»

109428, Москва, Рязанский пр-т, д. 10, стр. 18, оф. 29

Тел.: +7 (495) 663-35-73, 782-23-76

info@dehn-ru.com

www.dehn-ru.com, молниезащита.рф