

Применение датчиков импульсных помех

для мониторинга качества электроэнергии в низковольтных электропитающих установках

Инженеры, занимающиеся проблемами ЭМС, могут получить доступный инструмент, позволяющий оценить уровень импульсных помех на объектах различного назначения и размеров.

Дмитрий Терентьев

ic@commeng.ru

Допустимые значения импульсных напряжений в точках подключения

Для обеспечения надежного функционирования оборудования связи, промышленной автоматики, вычислительной техники и бытовой электроники необходимо обеспечить качество электроэнергии, которое регламентируется межгосударственным стандартом [1].

В соответствии с ним показателями качества электроэнергии являются:

- установившееся отклонение напряжения;
- размах изменения напряжения;
- доза фликера;
- коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения;
- коэффициент n -ой гармонической составляющей напряжения;
- коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности;
- коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности;
- отклонение частоты;
- длительность провала напряжения;
- импульсное напряжение;
- коэффициент временного перенапряжения.

Значения грозовых импульсных напряжений с вероятностью 90% не превышают 10 кВ в воздушной сети напряжением 0,38 кВ и 6 кВ во внутренней проводке зданий и сооружений. Значение коммутационных импульсных напряжений может достигать 4,5 кВ. При этом вероятность превышения указанного значения коммутационного импульсного напряжения составляет не более 5%, а значений грозовых импульсных напряжений — не более 10% для воздушных линий с металлическими и железобетонными опорами и 20% — для воздушных линий с деревянными опорами [1].

Ответственность за обеспечение допустимого уровня импульсных помех несет энергоснабжающая организация, однако, как видно из предыдущего абзаца, стандартом допускается превышение определенных в нем уровней импульсных напряжений.

Допустимые уровни импульсных перенапряжений в цепях питания оборудования

Для каждого провода электропитания или передачи информации и точкой нулевого потенциала («землей»), корпусом, системой уравнивания потенциалов),

а также для любой пары проводов существует импульс с определенной длительностью, уровнем и формой, который приведет к сбою в работе или к выходу из строя платы, блока или оборудования в целом.

При разработке аппаратуры учитывают требования к стойкости к электромагнитным помехам. Например, в соответствии со стандартом [2], оборудование проводной связи, в зависимости от группы устойчивости к помехам, должно выдерживать воздействие импульсов с фронтом 1 и длительностью 50 мкс амплитудой:

- в цепях электропитания по схеме «провод–земля» — до 2 кВ;
- в цепях электропитания по схеме «провод–провод» — до 1 кВ.

Аналогичные стандарты существуют для вычислительной техники [3], персональных компьютеров [4], систем охранной сигнализации [5], лифтов и эскалаторов [6], других видов оборудования.

Защита от импульсных перенапряжений

Защита оборудования и инженерных систем от импульсных помех различного происхождения достигается экранированием внешних электромагнитных полей стенами зданий, установкой молниезащиты и другими способами, прежде всего подключением всех токоведущих частей оборудования, металлоконструкций, трубопроводов к системе уравнивания потенциалов (СУП). При этом жилы кабелей электропитания и связи, а также трубопроводы, находящиеся под напряжением катодной защиты, подключаются к СУП через устройства защиты от импульсных помех (УЗИП).

Для двух любых точек объекта существует значительная разница потенциалов, превышение которого может привести к поражению людей, пожару, повреждению и сбою в работе оборудования. Таким образом, при проектировании и эксплуатации объекта необходимо знать, каковы значения этих разностей потенциалов при конкретных воздействиях. Если они превышают определенные значения, необходимо предпринять меры до их уменьшения до допустимого уровня. Здесь мы говорим о кратковременном скачке разности потенциалов, возникшем, например, вследствие удара молнии.

Допускаемые стандартом [1] импульсные напряжения выше, чем уровень стойкости цепей питания технических средств, поэтому применение мер защиты от перенапряжений является обязательным условием надежной работы современной техники.

Специфика импульсных воздействий, непредсказуемость времени их возникновения, длительности и мощности значительно усложняет задачу определения эффективности системы уравнивания потенциалов и УЗИП при воздействии импульсных помех.

Кроме того, стоимость качественных УЗИП довольно высока, поэтому на практике, как правило, не выполняются в полном объеме требования стандарта IEC [7] и отечественного [8], разработанного на его базе.

Контроль качества электроэнергии

Контроль и анализ качества электроэнергии проводятся в соответствии с руководящим документом [9]. Для определения и регистрации уровня помех в системах электропитания могут применяться различные приборы. Например, такая функция существует в анализаторах качества электроэнергии. Применение таких анализаторов ограничено, прежде всего, их ценой. Невозможно установить несколько десятков таких приборов в различных точках. Тем более, невозможно установить их на длительное время.

Способ мониторинга импульсных помех

Предлагается [10] устанавливать датчики, которые фиксируют импульсную помеху с параметрами (амплитуда, длительность, энергия), превышающими определенный уровень, путем изменения своего состояния. Датчики могут быть установлены между проводами электропитающей установки, систем связи, корпусами оборудования, элементами системы уравнивания потенциалов, например, для контроля помех в ЭПУ:

- в ГРЩ и РЩ между проводами: L-PE, L-N, N-PE;
- между проводами кабеля, питающего выпрямитель, и корпусом выпрямителя;
- между шиной питания постоянным током и корпусом питаемого оборудования;
- между шиной заземления и корпусами оборудования, металлоконструкциями и т. п.;
- в розетке между проводами L-PEN.

Необходимо иметь несколько типов датчиков, которые должны нормироваться воздействием определенной амплитуды перенапряжения на входе и длительности импульса. Эти величины должны соответствовать нормативам, применяемым для расчета устойчивости оборудования к электромагнитным помехам [2-6] или для испытания УЗИП [7-8]. Возможна привязка и к другим нормированным воздействиям.

Предположим, в месте подключения оборудования установлен датчик, фиксирующий воздействие перенапряжения с энергией 80% от допустимого воздействия на вход оборудования I класса стойкости по ГОСТ Р 50932-96. Если такой уровень зафиксирован (например, при ударе молнии), то даже если оборудование I класса стойкости не вышло из строя, необходимо предпринять меры для снижения уровня перенапряжения. В случае выхода оборудования из строя датчик поможет установить причину.

Энергия помехи, фиксируемой датчиком, должна быть меньше, чем энергия помехи, которая может привести к повреждению оборудования.

Для контроля уровня перенапряжений в ЭПУ датчики могут нормироваться как величиной импульсного тока, так и величиной приложенного импульсного напряжения.

Рассмотрим такой пример: при реконструкции объекта связи для защиты ЭПУ решено установить УЗИП, так как в мачту периодически попадает молния. Необходимо определить величину импульсного тока, на которую должны быть рассчитаны УЗИП, установленные на ГРЩ. Устанавливаем между фазными проводами и проводником PEN датчики, нормированные на импульсный ток формы 8/20 мкс и амплитуду 30 кА.

Датчики устанавливаются в начале грозового сезона и периодически контролируются.

В случае, если не зафиксировано прохождения такого тока через датчик, считаем, что достаточно установить УЗИП II класса.

Датчики могут устанавливаться во многих местах, находиться там продолжительное время или даже постоянно и с определенной периодичностью контролироваться. Контроль может осуществляться также после каких-либо событий: грозы, переключений и аварий высоковольтных ЛЭП; сбоев в работе и повреждений оборудования.

Датчики импульсных помех

Можно сформулировать следующие требования к датчикам импульсных помех (ДИП):

- низкая цена;
 - удобство установки и контроля состояния;
 - возможность фиксации импульсной помехи с определенными характеристиками (амплитуда, длительность, энергия);
 - безопасность при эксплуатации;
 - отсутствие влияния на режим работы электропитающей установки или системы связи.
- Предлагается использовать ДИП, который содержит:
- элемент, контролирующий уровень напряжения (можно использовать варистор);
 - элемент гальванической развязки (конденсатор или трансформатор);
 - элемент контроля.

В качестве элемента контроля используется прибор разового действия (например, полупроводниковый прибор, *p-n*-переход которого пробивается при определенном воздействии). Нормирование воздействия производится подбором параметров элементов (варистора, трансформатора, резисторов, включенных последовательно или параллельно с элементом контроля). Кроме того, датчик может содержать элементы, обеспечивающие защиту от короткого замыкания. Конструктивно датчик может представлять собой небольшой корпус с проводами для подключения к точкам контроля и гнездом для подключения контрольного прибора (тестера).

Теоретические основы применения приборов разового действия уже разработаны [11].

Существуют близкие по назначению решения [12-13], которые не получили распространения в современной технике.

Методики проведения мониторинга и обработки результатов

Разработка таких методик представляет более трудную задачу, чем разработка датчиков. Датчик не может дать информацию о помехах: времени возникновения, характеристиках. Он позволяет произвести лишь оценку превышения энергии одного или нескольких импульсов, значения, достаточного для ее фиксации контрольным элементом (например, пробоя *p-n*-перехода).

Однако таким же образом помехи действуют и на оборудование: выход его из строя происходит за счет воздействия энергии помех, причем как в контрольном элементе датчика, так и в элементах оборудования может происходить накопление изменений, которые со временем приводят к повреждению.

Очевидно, что для разработки методики необходимы как лабораторные испытания, так и применение математических методов. Основным же путем получения информации может быть только опыт.

Применение мониторинга импульсных помех

Впервые инженеры, занимающиеся проблемами ЭМС, могут получить доступный инструмент, позволяющий оценить уровень импульсных помех на объектах различного назначения и размеров. При этом мониторинг может проводиться в течение любого времени на этапах строительства, реконструкции и эксплуатации. Сначала метод может быть востребован специализированными предприятиями, работающими в области ЭМС и защиты от перенапряжений. Когда будет разработана методика обработки и использования результатов, которую быстро освоит любой квалифицированный инженер, мониторинг импульсных помех с помощью датчиков сможет применяться специалистами на местах самостоятельно.

Разработка датчиков и методов их применения ведется НПО «Инженеры электросвязи». При условии финансирования и заинтересованности потребителей методика проведения мониторинга может быть подготовлена к коммерческому использованию в течение 2-3 лет.

Литература

1. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
2. ГОСТ Р 50932-96. Устойчивость оборудования проводной связи к электромагнитным помехам. Требования и методы испытаний.
3. ГОСТ Р 50839-2000. Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость средств вычислительной техники и информатики к электромагнитным помехам. Требования и методы испытаний.
4. ГОСТ Р 50628-2000. Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость машин электронных вычислительных персональных к электромагнитным помехам. Требования и методы испытаний.

5. ГОСТ Р 51699-2000. Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств охранной сигнализации. Требования и методы испытаний.
6. ГОСТ Р 52505-2005. Совместимость технических средств электромагнитная. Лифты, эскалаторы и пассажирские конвейеры. Устойчивость к электромагнитным помехам.
7. IEC-61643-1 (1998-02). Устройства защиты от перенапряжений для низковольтных систем распределения электроэнергии. Часть 1. Требования к эксплуатационным характеристикам и методы испытаний.
8. ГОСТ Р 51992-2002 (МЭК 61643-1-98). Устройства для защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Часть 1. Требования к работоспособности и методы испытаний.
9. РД 153-34.0-15.502-2002. Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
10. Терентьев Д. Е. Способ и датчики для мониторинга импульсных помех в системах электропитания, связи и автоматики в процессе эксплуатации. Сб. трудов VII Всероссийской конференции «Состояние и перспективы развития энергетики связи СПРЭС-2006».
11. Камышный А. Н. Электронные компоненты разового действия. М.: ФГУП «ВИМИ». 2003.
12. Камышный А. Н., Малов А. П. А. с. на изобретение № 40300/1664103 (СССР). Счетчик электрических импульсов одноразового действия.
13. Камышный А. Н., Алексеев Г. А., Андреев А. И. А. с. на изобретение № 892323 (СССР). Способ регистрации уровня амплитуды одиночного импульса тока.

Силовой модуль софт-стартера SEMiSTART

Модуль SEMiSTART (AC-ключ) представляет собой антипараллельную тиристорную сборку, созданную специально для применения в устройствах плавного пуска. Основными преимуществами новой разработки являются компактный дизайн, хорошие тепловые характеристики и высокая стойкость к термоциклированию. Софт-стартер мощностью 400 кВт, собранный на базе SEMiSTART, занимает объем в 6 раз меньше, чем аналогичное устройство с применением тиристорных в стандартных «таблеточных» корпусах. Благодаря прижимной конструкции и двухстороннему охлаждению силовых кристаллов новый модуль способен выдерживать токи перегрузки до 3000 А в течение 20 с.

Новый антипараллельный тиристорный модуль SEMiSTART компании SEMIKRON (конфигурация W1C по европейской классификации) разработан для применения в устройствах плавного пуска, работающих при высоких токах перегрузки. Модуль, имеющий 5 типоминимумов с различным значением тока, выпускается в 3 типах корпусов. Самый маломощный ключ серии рассчитан на ток перегрузки до 560 А, а наиболее мощный — до 3000 А при длительности перегрузки до 20 с; рабочее напряжение — 1400 и 1800 В.

В модулях SEMiSTART кристаллы тиристорных непосредственно запрессованы между двухсторонним радиатором с использованием прижимной техно-

логии SEMIKRON. Это обеспечивает компактность конструкции, ее высокую надежность, стойкость к термоциклированию и хорошие тепловые характеристики за счет двустороннего отвода тепла от чипов. Теплоотводы, расположенные с двух сторон модуля, одновременно являются силовыми терминалами, что также способствует миниатюризации конструкции софт-стартера. Суммарное значение теплового сопротивления модулей SEMiSTART в два с лишним раза ниже значения $R_{th(j-s)}$ для изолированных модулей серии SEMIPACK, использующих аналогичные кристаллы (см. табл.).

Параметр	SKKQ 1500	SKKT 500
I_{TSM} при 25 °C, А	17 000	17 000
$R_{th(j-s)}$, °C/Вт	0,037	0,082
Размеры, мм	50×100×123 (с радиатором)	6×50×150 (без радиатора)

Установка модулей SEMiSTART не требует применения специального крепежа и нанесения теплопроводящей пасты. Продукция удовлетворяет всем требованиям европейских экологических директив RoHS и WEEE.

www.semikron.com