

Реализация межлабораторных сличений при измерениях вносимых помех в сети питания с помощью программируемых источников питания

А. Смирнов¹, д. т. н., Ф. Колдашов², Е. Смирнова³

УДК 621.316 | ВАК 2.2.10

В рамках испытаний электромагнитной совместимости (ЭМС) технических средств (ТС) в части вносимых искажений в линии питания предложено использовать для межлабораторных сличений программируемый источник питания (ПИП). Выходное напряжение ПИП с внесенными известными искажениями по гармоникам, изменениям и колебаниям напряжения, а также с заданным фликером, используется как стабильная мера физической величины, служащая для оценки погрешности испытательной лаборатории. Приводятся примеры результатов.

ВВЕДЕНИЕ

Измерения искажений, создаваемых техническими средствами (ТС) в подключенных к ним линиях питания, являются обязательной частью сертификационных испытаний ТС различного назначения в области оценки ЭМС. Данные требования в полной мере относятся к ТС, эксплуатируемым или связанным с объектами энергетики, радиотехники, автомобилестроения и судостроения [1]. К числу этих измерений относятся:

- измерения уровня вносимых гармоник тока частоты питающего напряжения, проводимые в соответствии с [2];
- измерения вносимых отклонений и нестабильности напряжения, а также фликера, проводимые в соответствии с [3].

Кроме указанных стандартов, регламентирующих требования и методы измерений, существует много продуктовых стандартов, содержащих указанные требования, а также стандарты, аналогичные [2, 3], но для токов потребления более 16 А. Сертификационные испытания проводятся в аккредитованных лабораториях с помощью соответствующих поверенных средств измерений. Однако актуальные требования к испытательным лабораториям [4] обуславливают необходимость проведения

межлабораторных сличений (МС). В представленной статье предлагается возможный путь организации МС при измерениях вносимых искажений от ТС в линии питания.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И РЕШЕНИЕ

Средства измерений (СИ) характеристик вносимых искажений достаточно просты. В техническом плане они представляют по сути встроенный быстродействующий АЦП и некоторое программное обеспечение (ПО), выполняющее измерения указанных характеристик. Обычно требования к измерениям и требования к характеристикам ТС в части отклонений, нестабильности напряжения и фликера формулируются совместно [2, 3]. Поэтому рационально рассматривать алгоритмы МС в данной области измерений по каждой из трех величин параллельно.

Для измерений уровня вносимых гармоник тока процедура состоит в определении частоты и напряжения в сети на основной частоте и вычисление уровня гармонических составляющих на частотах, кратных частоте питающего напряжения, всего до 40-й гармоники. Как минимум, обычно измеряется коэффициент нелинейных искажений, который фактически является некоторой интегральной характеристикой, представляя собой отношение суммы всех гармоник к основной гармонике. Однако часто при испытаниях проверке подлежит каждая отдельная составляющая, так как решение о сертификации ТС принимается по результатам проверки каждой гармоники.

Перечень операций, выполняемых СИ при определении уровня вносимых гармоник, включает в себя процедуру

¹ АО «НПФ «Диполь», Санкт-Петербург, руководитель направления ЭМС и радиоизмерений, smirnov@dipaul.ru.

² АО «НПФ «Диполь», Санкт-Петербург, технический специалист, KoldashovFG@dipaul.ru.

³ ООО «Профигрупп», Санкт-Петербург, инженер по метрологии и стандартизации, SmirnovaEA@dipaul.ru.



Рис. 1. Программируемый источник питания (слева) и СИ искажений сети питания (справа)

извлечения временной выборки, выполнение спектрального анализа выборки и оценку степени совпадения полученных спектральных составляющих с соответствующими гармониками напряжения. Понятно, что для вычисления частот гармоник имеет существенное значение точное оценивание основной частоты питающего напряжения, а не использование ее номинального значения, так как погрешность основной частоты будет накапливаться с увеличением номера гармоники. Для получения достоверного результата алгоритмы выполнения измерений должны учитывать этот фактор, принимая в качестве оценки амплитуды гармоники напряжения максимальное значение спектра в ближайшей окрестности заданной частоты гармоники, а не величину, измеренную строго на частоте гармоники. Как видно, в данной области измерений исключительно важна правильность работы ПО. И фактически целью МС должна являться проверка правильности работы ПО, алгоритмы которого обычно скрыты.

Поскольку источником появляющихся гармоник напряжения является нелинейность нагрузки, создаваемой ТС для цепи питания, то наиболее естественным путем при организации аппаратного обеспечения МС выглядел бы выбор в качестве эквивалента ТС некоторой нелинейной нагрузки с известными стабильными характеристиками нелинейности. Тогда МС могли бы быть реализованы путем сравнительных измерений уровня вносимых нелинейных искажений, создаваемого данной нагрузкой. Однако такой подход обеспечивает измерения только при одном значении номинального тока в линии питания, в то время как стандарты нормируют требования к уровням нелинейных искажений для ТС с разными токами, как минимум в диапазоне до 16 А.

Поэтому для обеспечения МС был выбран иной метод. Обычно измеритель гармоник имеет разъем для подключения напряжения питания (вилка) и разъем для подключения объекта испытаний (розетка). Как уже было сказано, основной частью измерителя является АЦП, параллельно подключенный к линии питания объекта испытаний. При измерениях считается, что используемое входное напряжение питания измерителя гармоник

свободно от гармоник питания, то есть имеется «чистое» входное напряжение питания, а источником наблюдаемых гармоник напряжения питания является только испытываемое ТС. «Чистота» напряжения питания измерителя обеспечивается либо внешними фильтрами для устранения искажений в общих линиях питания в случае их использования для подключения измерителя гармоник, либо использованием дополнительного внешнего специализированного источника питания.

С учетом сказанного для имитации вносимых гармоник напряжения питания было предложено использовать программируемый источник питания, имеющий возможность добавления в выходное напряжение гармоники с нормированным относительным уровнем. Выходное напряжение данного источника питания использовалось в качестве входного напряжения питания измерителя гармоник. К выходному разъему подключалась пассивная резистивная нагрузка, которая не вносила дополнительных искажений в линию. В качестве источника питания было предложено использовать прецизионный программируемый источник питания (ИП), в частности, источник питания NSG 1005-3 (Ametek) (рис. 1).

Предложения опробовались для СИ Profline 2100 с ПО WIN 2100. Результаты показаны на рис. 2. Как видно

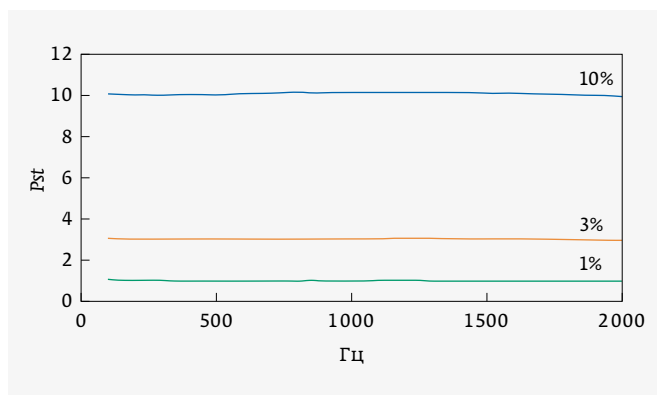


Рис. 2. Результаты измерений относительного уровня гармоник для заданного уровня гармоник

из результатов, СИ корректно измерил вносимые искажения, восприняв их как результат нелинейных искажений от нагрузки. Таким образом, предложенный подход может быть использован для МС в части измерений по [2].

Следующим направлением является разработка МС для СИ искажений типа изменения и колебания напряжения, а также фликера. Источником данных помех является нестабильность нагрузки. Обычно среди указанных трех показателей два первых являются обязательными, а измерения фликера обязательны лишь для некоторых ТС.

Измерения изменений и колебаний напряжения основаны на мониторинге $d(t)$ – среднеквадратических полупериодных напряжений, нормированных относительно устоявшегося напряжения. Национальные стандарты различных годов выпуска, аналогичные [3], содержат ошибки перевода, касающиеся терминов в области вносимых искажений. Это относится к используемым понятиям «установившееся напряжение», «изменение установившегося напряжения» и ряду других понятий и критериев. Поэтому, несмотря на то, что собственно процедура регистрации полупериодных напряжений и мониторинг их изменений не должны вызывать трудностей, неоднозначность толкования терминов и критериев, динамические изменения опорных величин, недостаточная определенность выбора временных моментов для съема измерительной информации могут приводить к тому, что некоторые из алгоритмов работы ПО, созданного различными коллективами разработчиков, будут допускать вероятность возникновения погрешности измерений. Таким образом, при измерении данных параметров особенно важна роль используемого ПО и в первую очередь то, насколько его

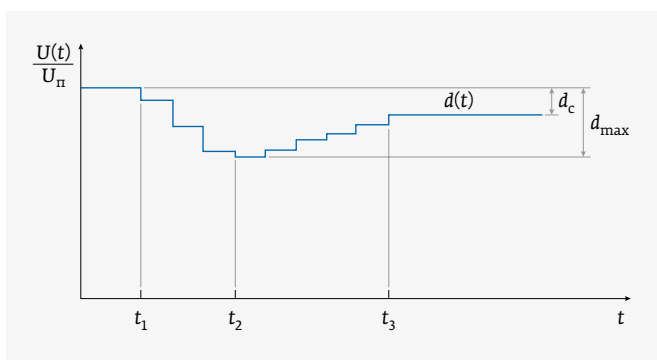


Рис. 3. Пример профиля измерительной информации и оцениваемые значения (изменения и колебания напряжений). $U(t)$ – временная зависимость отсчетов полупериодных напряжений; U_n – напряжение питания, относительно которого нормируются полупериодные напряжения; t_1 – момент окончания предыдущего участка установившегося напряжения; t_2 – момент фиксации экстремального значения $d(t)$; t_3 – момент начала следующего участка установившегося напряжения

разработчик учел в нем все критерии соответствия выдаваемых оценок требованиям стандартов по регламентации величины изменений напряжения и колебания напряжений и методикам их измерений (рис. 3).

Надо отметить, что [3] вводит некоторый контрольный временной профиль изменения и колебаний напряжения питания для проверки правильности работы программного обеспечения. Однако, на наш взгляд, данный контрольный профиль достаточно прост, реализует лишь однократные явления при моделировании изменений напряжения питания, слабо учитывает особенности стандартизированной регламентации показателей изменения и отклонения питающего напряжения. Это может негативно влиять на полноту и надежность измерений; в частности, нет гарантии, что при однократных и быстрых скачках напряжения используемое ПО наверняка успеет отследить факт изменения напряжения.

В целом для повышения объективности при проверке правильности работы ПО целесообразно разнообразить профили напряжения, в том числе с включением в них непродолжительных, но быстрых изменений напряжения. Для этих целей также может быть использован программируемый ИП с заданием совокупности произвольных профилей напряжения питания, и для проверки данного решения был выбран тот же ИП NSG 1005-3 с аттестованным ПО WIN 2100. Результаты сравнения вводимых показателей и данных измерений продемонстрировали корректность вводимых профилей напряжения более широкой номенклатуры, что обуславливает возможность их использования для тестирований других аналогичных СИ и ПО.

В отличие от рассмотренных выше электрических величин, фликер, являющийся мерой физического восприятия мерцания светового потока некоей лампы под

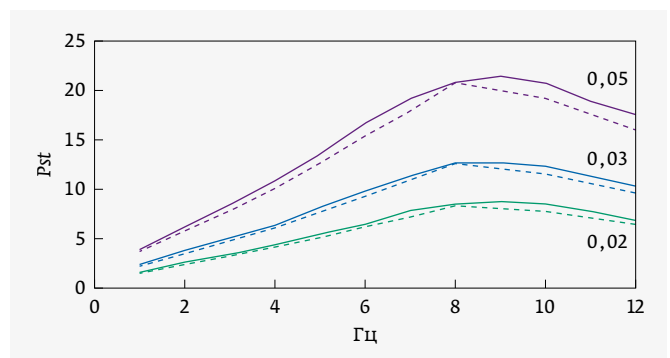


Рис. 4. Сравнительные результаты вводимого и измеренного значений фликера P_{st} (сплошная и пунктирная линии соответственно) для амплитудно-модулированного напряжения питания с различными индексами модуляции (0,02, 0,03, 0,05)

действием изменения напряжения в сети, оценивается как результат статистической обработки изменяющегося относительного напряжения сети при подключении ТС. Конструктивно фликерметр состоит из ряда блоков, моделирующих цепь восприятия «свет – глаз – мозг», и блока статистической обработки для вычисления дозы фликера (различают кратковременную и долговременную дозы фликера).

Создание при помощи программируемого ИП питающего напряжения синусоидальной формы или меандра с амплитудной модуляцией (АМ) позволяет сравнить ожидаемое и измеренное значения фликера и тем самым проверить правильность работы ПО по его оцениванию. Полученные результаты (рис. 4) показали хорошее совпадение, тем самым подтвердив работоспособность предложенного подхода.

ВЫВОДЫ

1. Для проведения межлабораторных сличений при измерениях вносимых искажений в линиях питания предложено использовать программируемый источник питания с вводимыми нормированными искажениями сети питания.
2. Результаты опробования предложенного подхода для реализации межлабораторных сличений в части

измерений уровней вносимых гармоник, изменений и отклонений напряжения, а также фликера, показали работоспособность предложенного метода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Часть XI. Электрическое оборудование. СПб: ФАУ «Российский морской регистр судоходства», 2019. 226 с.
2. ГОСТ IEC 61000-3-2-2017. Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-2. Нормы. Нормы эмиссии гармонических составляющих тока (оборудование с входным током не более 16 А в одной фазе). Введ. 2018-12-01. М.: Стандартинформ, 2018. 30 с.
3. ГОСТ IEC 61000-3-3-2015. Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-3. Нормы. Ограничение изменений напряжения, колебаний напряжения и фликера в общественных низковольтных системах электроснабжения для оборудования с номинальным током не более 16 А (в одной фазе), подключаемого к сети электропитания без особых условий. Введ. 2016-03-01. М.: Стандартинформ, 2016. 24 с.
4. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. Введ. 2019-09-01. М.: Стандартинформ, 2021. 32 с.

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 840 руб.

ЭТАЛОНЫ И СТАНДАРТНЫЕ ОБРАЗЦЫ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ. ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРЕНИЯ

Лукашкин В. Г., Булатов М. Ф.

Издание осуществлено при финансовой поддержке Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям в рамках Федеральной целевой программы «Культура России (2012–2018 годы)»

В книге рассмотрены общие вопросы метрологического обеспечения и единицы физических величин. Изложены основные задачи технических средств метрологического обеспечения в области электрорадиоизмерений. Даны оценки погрешности и неопределенности первичных и рабочих эталонов.

Книга может быть полезна студентам и аспирантам при выборе и обосновании эталонной базы в области электрорадиоизмерений, а также специалистам, занимающимся вопросами разработки, производства и оценки качества средств измерений, контроля и испытаний.

М.: ТЕХНОСФЕРА,
2018. – 402 с.,
ISBN 978-5-94836-512-1

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

☎ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; ☎ +7 495 956-3346; ✉ knigi@technosphere.ru, sales@technosphere.ru