

ИЗМЕРЕНИЕ КОНДУКТИВНЫХ И ИЗЛУЧАЕМЫХ ПОМЕХ

МАКСИМ СОКОВИШИН, инженер, Keysight Technologies

Одной из наиболее важных проблем, которые приходится решать при разработке электрических и электронных устройств, является необходимость обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС). Во многих странах этот фактор регламентируется очень строго, кроме того, экспортируемые изделия должны отвечать требованиям нормативов тех стран, где они будут продаваться. В статье речь пойдет об измерении кондуктивных и излучаемых помех перед полным тестированием на соответствие стандартам ЭМС. Полезные советы помогут усовершенствовать эти измерения.

Оценка электромагнитной совместимости должна выполняться на серийном изделии, поэтому испытания обычно проводятся в конце цикла разработки. Однако если устройство не пройдет испытания на последнем этапе, могут возникнуть два негативных фактора. Во-первых, разработчикам придется потратить время на поиск и устранение проблем совместимости. Во-вторых, дополнительные потери времени возникнут из-за того, что им придется повторить весь процесс проверки совместимости.

Чтобы снизить вероятность таких задержек, многие компании вводят в цикл разработки предварительные испытания на соответствие стандартам ЭМС. Причем, наилучшие результаты дает проверка на нескольких этапах: макета, лабораторного прототипа, опытного образца и опытной партии (см. рис. 1). И хотя предварительные испытания не заменяют полной проверки на соответствие стандартам ЭМС, положительные результаты показывают, что новое изделие, скорее всего,

пройдет полную проверку совместимости с первого раза.

В ходе окончательной и предварительной проверок на соответствие стандартам ЭМС измеряются два типа помех: излучаемые и кондуктивные. Излучаемые помехи представляют собой высокочастотные сигналы, которые тестируемое устройство излучает в окружающую среду. Кондуктивные помехи — это паразитные сигналы в линии питания переменного тока, к которой подключено тестируемое устройство. Причем, влияние помех обоих типов стало более заметным с повышением тактовых частот цифровых устройств до 1 ГГц и выше.

СРАВНЕНИЕ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПРОВЕРКИ

Полная проверка совместимости обычно выполняется высококвалифицированным персоналом в аккредитованной испытательной лаборатории. Такая лаборатория должна иметь сертифицированный испытательный участок¹, соответствующее контроль-

но-измерительное оборудование (например, преобразователи сигналов, антенные мачты и поворотные платформы) и измерительный приемник, соответствующий требованиям CISPR 16-1-1. Оборудование такой лаборатории может обойтись достаточно дорого, и в результате стоимость окончательных испытаний обычно в несколько раз превышает стоимость предварительных.

На рисунке 2 показано оборудование, которое обычно применяется для предварительной оценки электромагнитной совместимости. В качестве измерительного приемника может использоваться специализированный прибор, такой как приемник электромагнитных помех (ЭМП) Keysight N9038A МХЕ, или универсальный анализатор ВЧ/СВЧ-сигналов, такой как Keysight N9020A EXA с опциональным программным обеспечением (ПО) для измерения ЭМС (N6141A). Дополнительным оборудованием являются соответствующие антенны для измерения излучаемых помех и ограничитель переходных процессов с эквивалентом сети питания для измерения кондуктивных помех.

ПОДГОТОВКА К ИЗМЕРЕНИЯМ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПРОВЕРКИ

Анализаторы сигналов, выполняющие измерения в ВЧ- и СВЧ-диапазонах, являются весьма востребованными приборами. Их сфера применения расширяется еще больше при оснащении специальным ПО для предварительной проверки на соответствие стандартам ЭМС, которое упрощает процесс измерений. Перед началом испытаний нужно ответить на ряд важных вопросов:

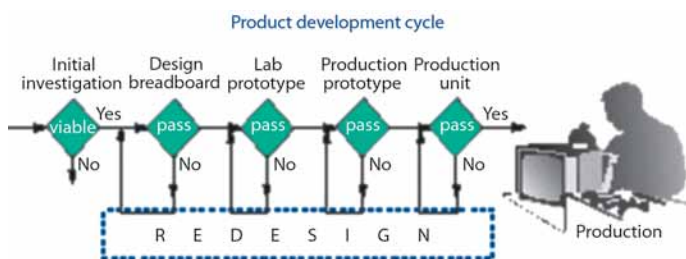


Рис. 1. Предварительные испытания на соответствие стандартам ЭМС на этапе разработки могут сэкономить время и деньги и способствовать улучшению конструкции изделия

Product development cycle — цикл разработки изделия; initial investigation — предварительное исследование; design breadboard — макет; lab prototype — лабораторный прототип; production prototype — опытный образец; production unit — опытная партия; viable — приемлемо; no — нет; yes — да; pass — прошел; redesign — повторная разработка; production — производство

¹ Испытательный участок может представлять собой открытую площадку (вне помещения) или полубеззеховую камеру.

- в каких странах будет продаваться изделие?
- к какой категории относится изделие? (Существуют четыре основных категории: оборудование для информационных технологий (ITE); промышленное, научное и медицинское оборудование (ISM); автомобильное и коммуникационное оборудование; оборудование общего назначения (изделия, не относящиеся к перечисленным выше);
- где оно будет применяться? (Типичные области применения: тяжелая промышленность, легкая промышленность, коммерческая деятельность, быт).

Ответы на эти вопросы определяют стандарт, которому должно соответствовать изделие. Например, устройство категории ITE, которое будет продаваться в США, должно отвечать требованиям стандартов FCC 15. Подробную информацию о соответствующих стандартах CISPR и FCC можно найти на сайтах: www.iec.ch и www.fcc.gov.

Следующим шагом после определения соответствующих стандартов будет настройка оборудования и измерение излучаемых и кондуктивных помех. Измерения излучаемых помех более сложны, поскольку для обнаружения сигналов используется антенна. Измерения кондуктивных помех выполнить, как правило, проще, поскольку в этом случае используется проводное соединение между тестируемым устройством, анализатором сигналов или приемником ЭМП.

СОВЕТЫ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ИЗЛУЧАЕМЫХ ПОМЕХ

В ходе измерения излучаемых помех выявляются высокочастотные сигналы, генерируемые тестируемым устройством. Измерения нужно выполнить со всех сторон тестируемого устройства, поэтому его можно разместить на поворотной платформе.

Типовая схема измерения излучаемых помех показана на рисунке 3. Эти измерения немного сложнее измерений кондуктивных помех, поскольку в окружающей среде могут присутствовать посторонние сигналы, влияющие на результат измерений, выполняемых с помощью антенны. Особенно неприятными могут быть помехи в городских районах, где присутствует множество посторонних сигналов, достаточно сильных, чтобы замаскировать излучение тестируемого устройства: сигналы вещательных радиостанций, сотовой связи, Wi-Fi.

Проще и быстрее выполнять тестирование в полубезэховой камере. Такая камера защищает от нежелательных внешних сигналов, в результате

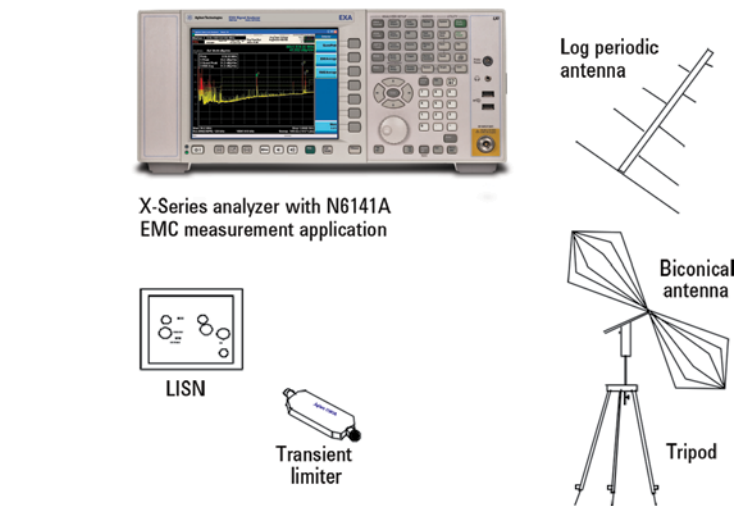


Рис. 2. Система для предварительной проверки на соответствие стандартам ЭМС содержит элементы, необходимые для измерения помех обоих типов — кондуктивных и излучаемых

Signal analyzer with EMC measurement application — анализатор сигналов с измерительным программным обеспечением; log periodic antenna — логопериодическая антенна; LISN — эквивалент сети питания; transient limiter — ограничитель (защита от переходных процессов); biconical antenna — биконическая антенна; tripod — штатив

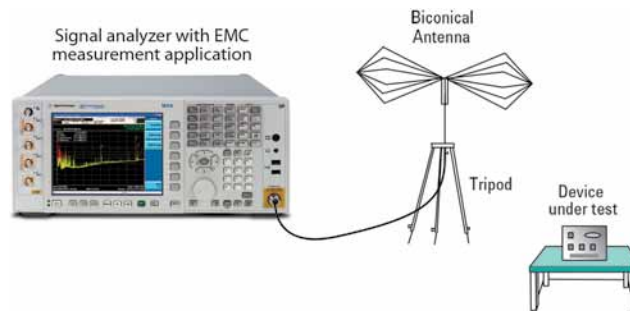


Рис. 3. Для измерения излучаемых помех требуется, как минимум, одна антенна

Signal analyzer with EMC measurement application — анализатор сигналов с измерительным программным обеспечением; biconical antenna — биконическая антенна; tripod — штатив; DUT — тестируемое устройство

чего остаются только сигналы, излучаемые оборудованием внутри камеры. Если такая камера недоступна, то для подавления внешних сигналов можно применить несколько простых приемов. Простейший метод заключается в отключении тестируемого устройства и измерении фоновых сигналов для их последующей компенсации. Другой способ выделения внешних сигналов заключается в применении поворотной платформы: она позволяет вращать тестируемое устройство, в результате чего генерируемые им сигналы меняются по амплитуде, тогда как фоновые сигналы остаются неизменными.

Несколько более совершенный метод — использование двух антенн. Одна из них устанавливается на указанном в стандарте расстоянии от тестируемого устройства, а другая — вдвое дальше. Обе антенны подключаются ко входам ВЧ/СВЧ-коммутатора, а выход коммутатора подключается к анализатору или приемнику. Переключение между антеннами позволяет обнаружить фоновые сигналы: те сигналы, амплитуда которых почти не меняется,

с большей степенью вероятности являются фоновыми, а сигналы, амплитуда которых на второй антенне на 6 дБ меньше, скорее всего, генерируются тестируемым устройством.

СОВЕТЫ ПО ИЗМЕРЕНИЮ КОНДУКТИВНЫХ ПОМЕХ

Как уже говорилось, эти измерения выявляют сигналы тестируемого устройства, наведенные на цепи сети питания переменного тока. Измерительная схема состоит из тестируемого устройства, ограничителя с фильтром верхних частот и анализатора (см. рис. 4).

Несколько простых идей помогут оптимизировать результаты. Например, кабель между эквивалентом сети питания и тестируемым устройством должен быть как можно короче, поскольку длинный провод, в сущности, является антенной, которая может принимать фоновые сигналы и добавлять их в измерения. Полезен также совет, который, на первый взгляд, может показаться нелогичным: не рекомендуется устанавливать на кабель питания ферритовый фильтр, поскольку он может

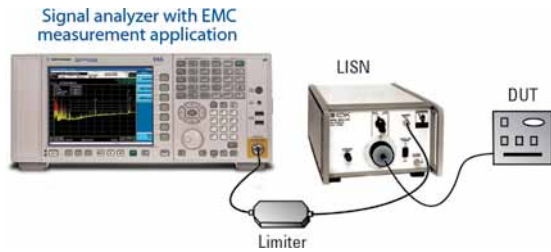


Рис. 4. Схема измерения кондуктивных помех через проводные соединения с нормированием сигнала
Signal analyzer with EMC measurement application — анализатор сигналов с измерительным программным обеспечением; **limiter** — ограничитель; **LISN** — эквивалент сети питания; **DUT** — тестируемое устройство

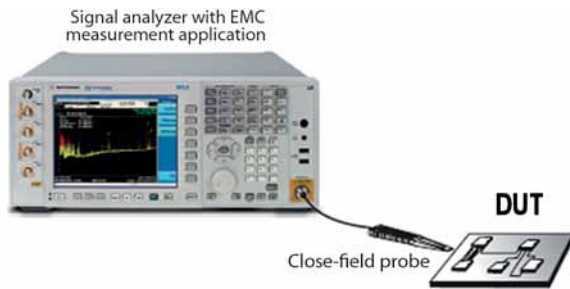


Рис. 5. Пробник ближнего поля превращает анализатор сигналов в информативный диагностический инструмент
Signal analyzer with EMC measurement application — анализатор сигналов с измерительным программным обеспечением; **close-field probe** — пробник ближнего поля; **DUT** — тестируемое устройство

подавлять синфазные сигналы от тестируемого устройства. Подавление таких сигналов может занижить результаты измерений.

СОВЕТЫ ПО ДИАГНОСТИКЕ

Результаты измерений должны дать достаточно информации для определения, готово ли изделие к полным испытаниям на соответствие стандартам ЭМС. Если тестируемое устройство явно не проходит один или несколько тестов, разработчики должны выпол-

нить диагностику и внести изменения в конструкцию.

Для диагностики понадобятся две важные составляющие: пробник ближнего поля и анализатор сигналов (см. рис. 5). Для выявления проблемных частот можно использовать сохраненные результаты первоначальных измерений. После переключения анализатора сигналов или приемника ЭМП в режим анализатора спектра выполняется сканирование тестируемого устройства и выявление вероятных источни-

ков проблемных сигналов с помощью пробника. В тех точках, где эти сигналы имеют максимальную амплитуду, кривая сохраняется в памяти анализатора.

Во многих тестируемых устройствах для существенного снижения уровня нежелательных излучений потребуются замена компонентов, доработка схемы или применение дополнительного экранирования. После принятия этих мер устройство нужно протестировать повторно: при тех же настройках приборов и по той же схеме. Это позволит эффективно сравнить данные, полученные до и после внесения изменений. Для наглядности можно посмотреть ранее сохраненную кривую и сравнить ее с новыми результатами: любые изменения уровней ближнего поля обычно свидетельствуют о таких же изменениях результатов в дальнем поле.

СВОЕВРЕМЕННОЕ ВЫХОД НА РЫНОК

Если тестируемое устройство пройдет предварительные испытания, то с высокой степенью вероятности оно с первого раза пройдет и полную проверку на соответствие стандартам ЭМС, что повышает шансы успешного вывода на рынок нового изделия, пока найденная рыночная ниша остается свободной. В ходе предварительных измерений разработчики с успехом могут применять анализатор сигналов или приемник ЭМП, которые имеют общие функции анализа спектра и встроенные возможности, упрощающие измерение ЭМП. Такие приборы помогают разработчикам быстро выполнять информативные измерения для достижения главной цели: своевременного вывода на рынок нового изделия без превышения бюджета проекта.