

Бюджетный способ проверки на соответствие стандартам ЭМС при помощи анализатора спектра

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ



Alfa Instruments
измерительное оборудование

Tektronix®

По всему миру для повышения надежности и безопасности использования электрического и электронного оборудования введены требования к электромагнитным помехам (ЭМП). Для проверки на соответствие этим требованиям многие компании используют специальные тестовые стенды, которые позволяют провести полноценные испытания и пройти сертификацию по ЭМП. Такое тестовое оборудование может принадлежать сторонней компании («испытательному центру») или внутреннему отделу электромагнитной совместимости (ЭМС).

При разработке современных продуктов большое внимание уделяется минимизации показателей ЭМП. В наше время перед отправкой продукта на проверку принято проводить предварительные измерения на соответствие стандартам, чтобы еще на этапах разработки и прототипирования выявить и устранить возможные проблемы. Эти методики позволяют уменьшить риск того, что продукт не пройдет финальное тестирование на соответствие стандартам в центре сертификации.

Проведение базового предварительного тестирования помогает снизить временные и материальные затраты на проверку в центре сертификации.

С появлением USB-анализаторов спектра реального времени Tektronix, таких как RSA306, RSA306B, RSA600A и RSA500A, предварительное тестирование вышло на новый уровень простоты и доступности.

В данных рекомендациях по применению приведено описание тестирования на соответствие стандартам по ЭМП.

Тестовые установки с использованием RSA306B и подобных недорогих приборов применяются для измерений как эмиссионного, так и кондуктивного излучения, и помогают минимизировать затраты, а также более четко планировать ЭМС-сертификацию ваших приборов.

Проверка на соответствие требованиям

Для проверки на соответствие требованиям необходимы методики, оборудование и измерительные стенды, удовлетворяющие международным стандартам. Тесты на соответствие стандартам чаще всего проводятся в рамках аттестации прибора до запуска изделия в производство. Тестирование - это долгий и утомительный процесс, а несоответствие требованиям электромагнитной совместимости (ЭМС) на этом этапе разработки может привести к необходимости дорогостоящих модификаций и задержек при запуске продукта на рынок.

Термин «эмиссионное излучение» относится как к запланированным, так и к незапланированным выпускам электромагнитной энергии электронным устройством. Для оценки этого эффекта проводится эмиссионный тест, который позволяет убедиться, что исходящее от устройства излучение не превышает допустимых пределов.

Термин «кондуктивное излучение» относится к механизму генерации в электронном устройстве электромагнитной энергии и передаче на силовой кабель переменного тока. Как и в случае с эмиссионным излучением, допустимые уровни кондуктивного излучения от электронных устройств контролируются различными надзорными органами.

Если ваша компания не входит в число самых обеспеченных и не владеет собственной полноценной лабораторией, лучший способ - это привлечение сторонней испытательной лаборатории на этапе разработки и регулярные испытания изделия на соответствие стандартам. По всему миру существует множество ЭМС-лабораторий. В США список лабораторий, сертифицированных для проведения такого тестирования, контролируется Федеральной комиссией по связи.

Комплексные испытания в сертифицированной лаборатории - дорогостоящая процедура, которая может стоить от \$1000 до \$3000 в день. Даже если вы владеете собственной лабораторией, на испытания может уйти значительное количество времени. Неудачное прохождение тестирования может привести к потере времени и денег в случае необходимости конструктивных изменений. Снизить риск неудачного прохождения тестирования лучше всего помогает предварительная проверка на соответствие требованиям.

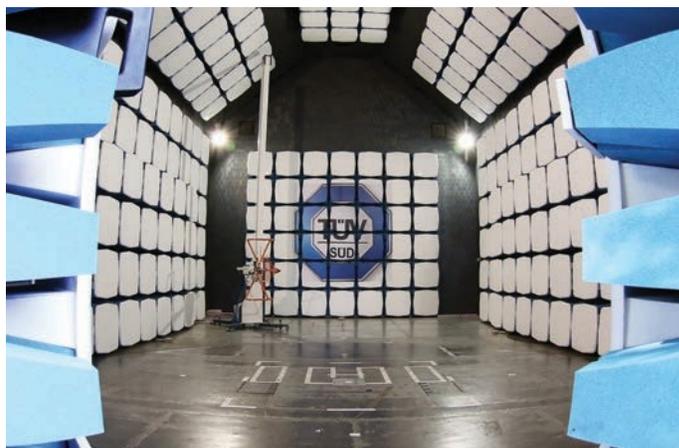


Рисунок 1. Оборудование для комплексного тестирования довольно дорогостоящее, как для покупки, так и для аренды. Минимизировать использование такого оборудования важно с точки зрения материальных и временных издержек. (Фото: Microwave Vision Group)

Оборудование для проверки на соответствие требованиям

Одной из причин высокой стоимости тестирования является необходимость в инфраструктуре и оборудовании. Для формальных испытаний требуются:

- ЭМС-лаборатория с вместительной безэховой камерой для испытаний (Рисунок 1)
- Приемник ЭМП с квазипиковым детектором и предусилителем, который может проводить измерения до десятой гармоники или до 40 ГГц.
- Мачта и поворотный стенд 360°
- ПО для измерения ЭМП и контроля за оборудованием, в том числе за мачтами, поворотными стендами, приемником ЭМП и генератором отчетов
- Антенны
- Схема стабилизации импеданса линии (ССИЛ) и ограничитель импульсных помех (только при необходимости кондуктивных измерений по переменному току).

Результаты испытаний в сертифицированной лаборатории

В центре испытаний на ЭМП эфирные измерения проводятся в калиброванной РЧ-камере, а в отчетах фиксируется напряженность поля. В примере отчета (Рисунок 2) виден единственный пик, который выходит за пределы, установленные стандартом. Обычно данные в отчете также приводятся в табличном виде (Рисунок 3).

В отчете на рисунке 3 показана тестовая частота, измеренная амплитуда, калиброванные поправочные коэффициенты и откорректированная напряженность поля. Откорректированная напряженность поля сравнивается со спецификацией для определения погрешности или превышения.

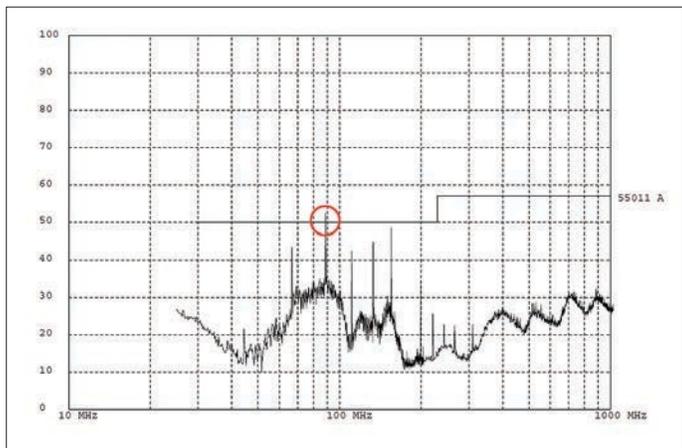


Рисунок 2. В ходе испытаний выявлено превышение допустимого уровня на частоте примерно 90 МГц.

Frequency (MHz)	Ampl. (dBµV)	AntFact (dB/m)	Ant. Pol.	Preamp (dB)	Cab.+Atten Loss	Chamber (dB)	Adjusted (dBµV/m)	Spec (dBµV/m)	Margin (dB)
66.5540	61.3	6.6	Hor.	27.9	0.7	2.8	43.5	50.0	6.5
84.5338	45.8	7.5	Hor.	27.8	0.8	8.7	35.0	50.0	15.0
88.7291	64.6	7.9	Hor.	27.8	0.8	6.8	52.3	50.0	-2.3
110.9042	59.0	7.6	Hor.	27.6	1.0	2.6	42.5	50.0	7.5
133.0795	62.1	7.3	Hor.	27.2	1.0	1.7	44.8	50.0	5.2
155.0557	64.8	8.6	Hor.	27.0	1.1	1.0	48.5	50.0	1.5

Рисунок 3. По этим данным можно определить, что превышение допустимого значения происходит на частоте около 89 МГц.

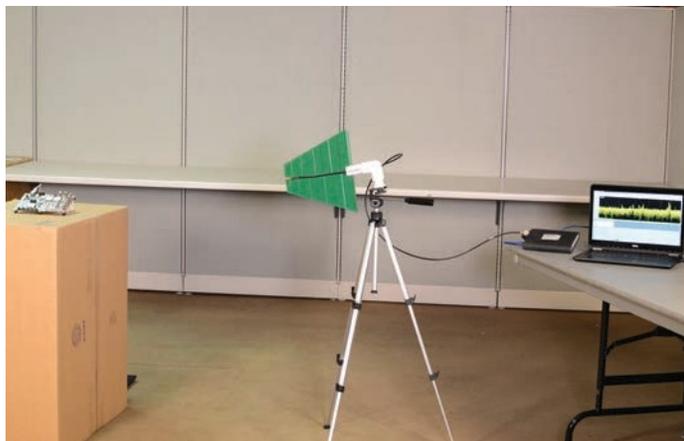


Рисунок 4. Для выявления потенциальных проблем и минимизации длительности испытаний на дорогостоящем тестовом оборудовании можно легко и недорого наладить систему предварительного тестирования.

- Схема стабилизации импеданса линии для кондуктивного излучения
- Ограничитель мощности для кондуктивного излучения
- Щупы для диагностики в ближнем поле (опция)

Предварительное тестирование может проводиться в сертифицированной лаборатории с применением методик ускоренных измерений для «обзора» проблемных зон или выполняться на временном стенде инженерами.

Страна	Контролирующие органы
США	Федеральная комиссия по связи
Канада	Министерство промышленности
Япония	Министерство внутренних дел и коммуникаций
Китай	Министерство промышленности и информационных технологий

Таблица 1. Примеры контролирующих органов.

Предварительное тестирование

В отрасли борьбы с ЭМП на разных этапах проектирования и сертификации используется различное оборудование и методики. На ранних этапах разработки специальные методы проектировки с прицелом на борьбу с ЭМП и приемы диагностики позволяют добиться примерного соответствия и низкой восприимчивости как к внешним, так и к внутренним помехам. Предварительное тестирование помогает заранее определить проблемы с соответствием требованиям и значительно повысить вероятность успешного прохождения полноценных испытаний на ЭМС с первого раза без конструктивных изменений. Если в ходе первого этапа тестирования были выявлены проблемные зоны, предварительное тестирование позволяет быстро и недорого оценить необходимые модификации.

Предварительное тестирование необязательно должно проводиться по международным стандартам. Его цель - выявить потенциальные проблемы и снизить риск неудачи во время дорогостоящих испытаний. При учете достаточной погрешности тестовых результатов можно использовать приборы с меньшей точностью и динамическим диапазоном, чем сертифицированные приемники. Для предварительного тестирования необходимы:

- Анализатор спектра с квазипиковым детектором
- Предусилитель (опция)
- Антенна с неметаллической подставкой для эмиссионного излучения

При выборе локации для испытаний лучше всего выбирать места с минимальным уровнем посторонних сигналов. Сельская местность, залы для конференций и подвалы хорошо подходят для этих целей, так как там минимален уровень сигналов, которые могут перекрыть уровень излучения тестируемого устройства, который вы должны измерить (Рисунок 4).

Для предварительного тестирования на соответствие стандартам часто используются анализаторы спектра общего назначения, в которых реализованы фильтры и детекторы распространенных типов - например, Tektronix RSA306B. Такие измерительные приборы уже часто используются в процессе проектирования, так что больших капитальных затрат не требуется.

Настройки анализатора спектра для измерения ЭМП

У анализаторов спектра, используемых для измерения ЭМП, должна быть четко заданная полоса приемника, метод детектирования сигнала и метод усреднения результатов для определения уровней сигналов.

В случае со многими видами коммерческих измерений ЭМП, эти параметры определяются Международным специальным комитетом по радиопомехам (CISPR) - технической организацией, входящей в Международную

Рекомендации

электротехническую комиссию (IEC), международный орган стандартизации. Другие органы стандартизации и сертификации, такие как TELEC в Японии, могут предъявлять собственные требования к методам измерений и сертификации. В Министерстве обороны США разработан отдельный стандарт MIL-STD 461G со специальными требованиями к приборам военного назначения.

Прочие требования могут быть не заданы стандартами и определяться только местными регулирующими органами. Работа в странах с заданными регулятивными доменами может потребовать соблюдения дополнительных требований. Более подробную информацию следует уточнять в контролирующих органах конкретной страны. В таблице 1 приведены некоторые из контролирующих органов и страны, в которых они работают.

Диапазон частот	Полоса частот (6 дБ)	Опорная частота
9 – 150 кГц (полоса А)	100 – 300 Гц	200 МГц
0,15 – 30 МГц (полоса В)	8 – 10 кГц	9 кГц
30 – 1000 МГц (полосы С и D)	100 кГц – 500 кГц	120 кГц
1 – 18 ГГц (полоса Е)	300 кГц – 2 МГц	1 МГц

Таблица 2. Соответствие полосы измерений и частоты согласно стандарту CISPR 16-1-1.

Диапазон частот	Полоса частот (6 дБ)
10 Гц – 20 кГц	10, 100 и 1000 Гц
10 – 150 кГц	1 и 10 кГц
150 кГц – 30 МГц	1 и 10 кГц
30 МГц – 1 ГГц	10 и 100 кГц
1 – 40 ГГц	0,1 1,0 и 10 МГц

Таблица 3. Полосы в зависимости от частоты, заданные для детекторов пиков, среднего и СКО стандартом ANSI C63.2.

Диапазон частот	Полоса частот (6 дБ)
30 Гц – 1 кГц	10 Гц
1 – 10 кГц	100 Гц
10 – 150 кГц	1 кГц
150 кГц – 30 МГц	10 кГц
30 МГц – 1 ГГц	100 кГц
Выше 1 ГГц	1 МГц

Таблица 4. Полосы при разных частотах, заданные стандартом MIL-STD-461.

Полоса по разрешению

Полоса измерений определяется формой полосы частот приемника или фильтром полосы по разрешению в случае с анализатором спектра. Используемые полосы отражают возможные угрозы внутри спектра и изменяются в зависимости от частоты приема.

Уровень любого конечного сигнала, измеренный приемником или анализатором спектра, зависит от принятой полосы измерений. Для унификации результатов, контролирующие органы определили полосу и форму фильтров, используемых при тестировании на соответствие параметрам. Полосы фильтров, заданные стандартом CISPR для детекторов пиков, СКО и среднего, показаны в таблице 2. Полосы, заданные стандартами Американского национального института стандартизации (ANSI) и MIL-STD-461, показаны в таблицах 3 и 4 соответственно.

На рисунке 5 показаны различия в форме фильтра для 3 дБ и 6 дБ. Оба фильтра являются гауссовскими, но имеют разную ширину. Полоса измерительного фильтра определяется на уровне определенного падения мощности относительно пика. Таким образом, фильтр 100 кГц 3 дБ на рисунке 5 выделен линией желтого цвета там, где на ширине 100 кГц мощность падает на 3 дБ относительно пика. Фильтр 100 кГц 6 дБ имеет ту же ширину, но расположен на уровне 6 дБ ниже пика.

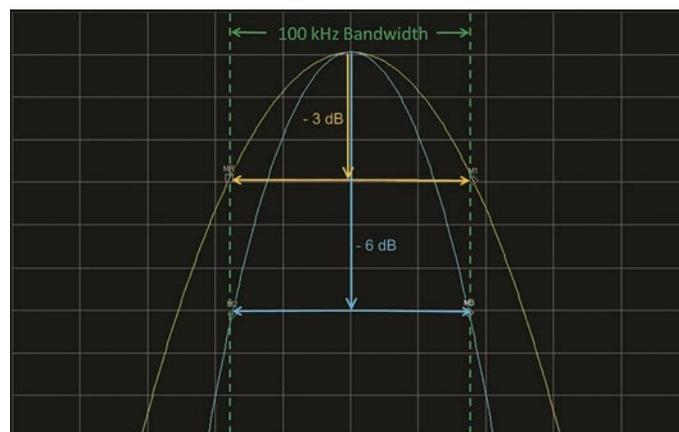


Рисунок 5. В большинстве стандартов ЭМП полоса принимается равной 6 дБ. При использовании полосы 3 дБ результаты будут значительно различаться.

При измерениях, не связанных с определением уровня ЭМП, фильтры полосы по разрешению для большинства анализаторов спектра обычно задаются на уровне -3 дБ. Однако, при измерениях ЭМП обычно используются фильтры 6 дБ, и в стандартах CISPR 16-1-1, ANSI и MIL-STD-461 тоже используются такие фильтры.

Это важно, так как форма фильтра влияет на результаты измерений. В то время как пиковый уровень сигнала будет одинаков для фильтров 3 дБ и 6 дБ, уровень шума при одинаковых настройках полосы по разрешению для фильтра 3 дБ будет ниже, чем для фильтра 6 дБ.

Методы детектирования

Детектор вычисляет точку, которая наиболее полно характеризует уровень сигнала в пределах заданного интервала дискретизации. Методы детектирования позволяют вычислять положительный и отрицательный пик, СКО или среднее значение напряжения, а также квазипиковое значение. В испытательных центрах для полноценного тестирования используются квазипиковые детекторы. В отделах по контролю ЭМП сторонних лабораторий обычно начинают испытания со сканирования с использованием обычных пиковых детекторов для поиска проблемных зон, которые близки или превосходят заданные пределы. Для сигналов, уровень которых близок или превышает допустимые пределы, проводятся квазипиковые измерения. Квазипиковое детектирование - это особый метод детектирования, регулируемый стандартом CISPR 16-1-1. Квазипиковый детектор используется для поиска взвешенных пиковых значений (квазипиков) по огибающей сигнала. Сигналы взвешиваются в зависимости от их длительности и частоты повторения. Сигналы, которые повторяются чаще или длятся дольше, получают более высокие квазипиковые значения, чем редко встречающиеся, короткие импульсы.

Пример пикового и квазипикового детектирования показан на рисунке 6. Сигнал с длительностью импульса 8 мкс и частотой повторения 10 мс показан при пиковом и квазипиковом детектировании. В результате квазипиковое значение на 10,1 дБ ниже, чем пиковое значение.

Полезно помнить, что квазипиковое значение всегда будет ниже или равно пиковому и никогда его не превысит. Анализатор RSA306B позволяет проводить детектирование среднего и квазипиков для диагностики показателей ЭМП и устранения неполадок. Можно повторить методику, которую используют в лабораториях, и начать с быстрого сканирования пиков прибора, чтобы убедиться, что вы находите те же самые проблемы, которые обнаружили в лаборатории. Затем вы можете внести коррективы и проверить их эффективность путем локализованного квазипикового детектирования.

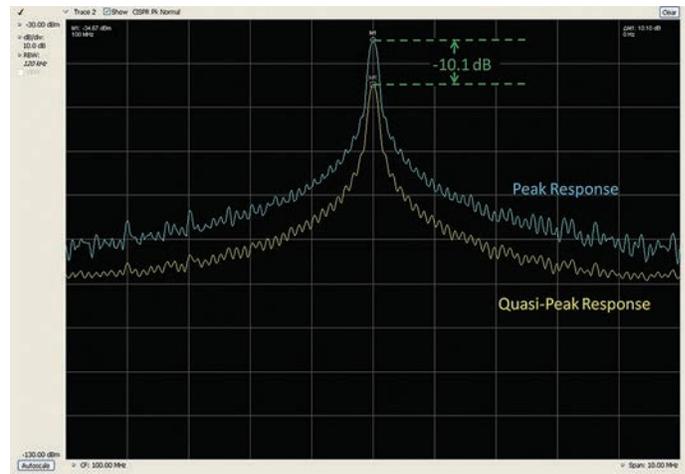


Рисунок 6. Квазипиковое значение всегда будет ниже или равно пиковому и никогда его не превысит. Таким образом, для первоначальной диагностики ЭМП и устранения проблем можно использовать пиковое детектирование.

Видеофильтры

Видеофильтры, которые используются в некоторых методиках измерения ЭМП, были первым инструментом борьбы с изменениями шума в измерениях с помощью анализаторов спектра. Название «видеофильтр» происходит от первоначальной области применения, когда фильтры нижних частот располагались между детектируемым выходом и входом аналоговых дисков по оси Y ЭЛТ-дисплея анализатора спектра. В анализаторах спектра реального времени и некоторых других современных анализаторах используются цифровые методы достижения такого же эффекта сглаживания шума. В большинстве сценариев измерений ЭМП видеофильтры либо отключаются, либо настраиваются на полосу, как минимум в три раза превышающую полосу по разрешению измерений.

Измерения радиопередатчика

Мир проходит очередную фазу беспроводной революции, и в наше время наблюдается тенденция к появлению беспроводной связи у широкого спектра нетрадиционных для этого устройств, таких как термостаты, кофеварки и даже зубные щетки. Один из наиболее сложных аспектов этой революции состоит в том, что теперь для производителей электроники еще важнее научиться правильно внедрять эти новые функции в свои продукты.

С точки зрения ЭМС, для этого потребуется дополнительное тестирование радиопередатчиков. Радиопередатчик - это устройство, которое в ходе своей работы излучает энергию в виде радиоимпульсов (не в виде инфракрасного излучения или ультразвука). Направленное излучение генерируется устройствами следующих видов:

- Сотовые телефоны
- Радиоприемники гражданского диапазона
- Рации
- Устройства беспроводной связи
- Bluetooth-устройства
- Вещательное оборудование ближнего радиуса
- Беспроводные системы контроля доступа
- Системы активной ближней бесконтактной связи (NFC) и радиочастотной идентификации (RFID)

Радиоволны используются для передачи энергии. Такие устройства целенаправленно используют радиоволны, поэтому для их использования необходима сертификация контролирующих органов. Устройства направленного излучения также должны удовлетворять требованиям к ненаправленному излучению. Излучение на частоте, отличной от рабочей частоты устройства, может иметь место из-за внутренней схемотехники.

При выборе анализатора спектра для подобного вида тестирования важно выбрать прибор, способный фиксировать как минимум третью гармонику (или даже больше) излучаемых сигналов. Стенд для тестирования радиопередатчиков идентичен установке для тестирования эмиссионного излучения, описанного выше.



Рисунок 7. Стенд предварительного тестирования, расположенный в подвале одного из наших корпусов.

Тем не менее, в данном случае интерес представляют только рабочая частота устройства и частотные маски, определяемые спецификациями, такие как WiFi, Bluetooth и т.п. Tektronix выпустила рекомендации по применению и особенностях измерений на примере WiFi.

Разбор примера: измерения эмиссионного излучения

В ходе предварительного тестирования было проверено расстояние один метр и несколько сантиметров. При уменьшении расстояния между тестируемым устройством и тестовой антенной увеличивается отношение сигнала устройства к фоновому РЧ-шуму.

К сожалению, результаты измерений в ближнем поле нельзя напрямую экстраполировать на большие расстояния, которые также фигурируют в тестировании, поэтому не стоит увлекаться при построении выводов. (См. раздел «Измерения в ближнем и дальнем поле») Еще один действенный способ повысить относительный уровень сигнала тестируемого устройства - использовать предусилитель. На рисунке 8 (на странице 9) показана принципиальная схема нашей установки.

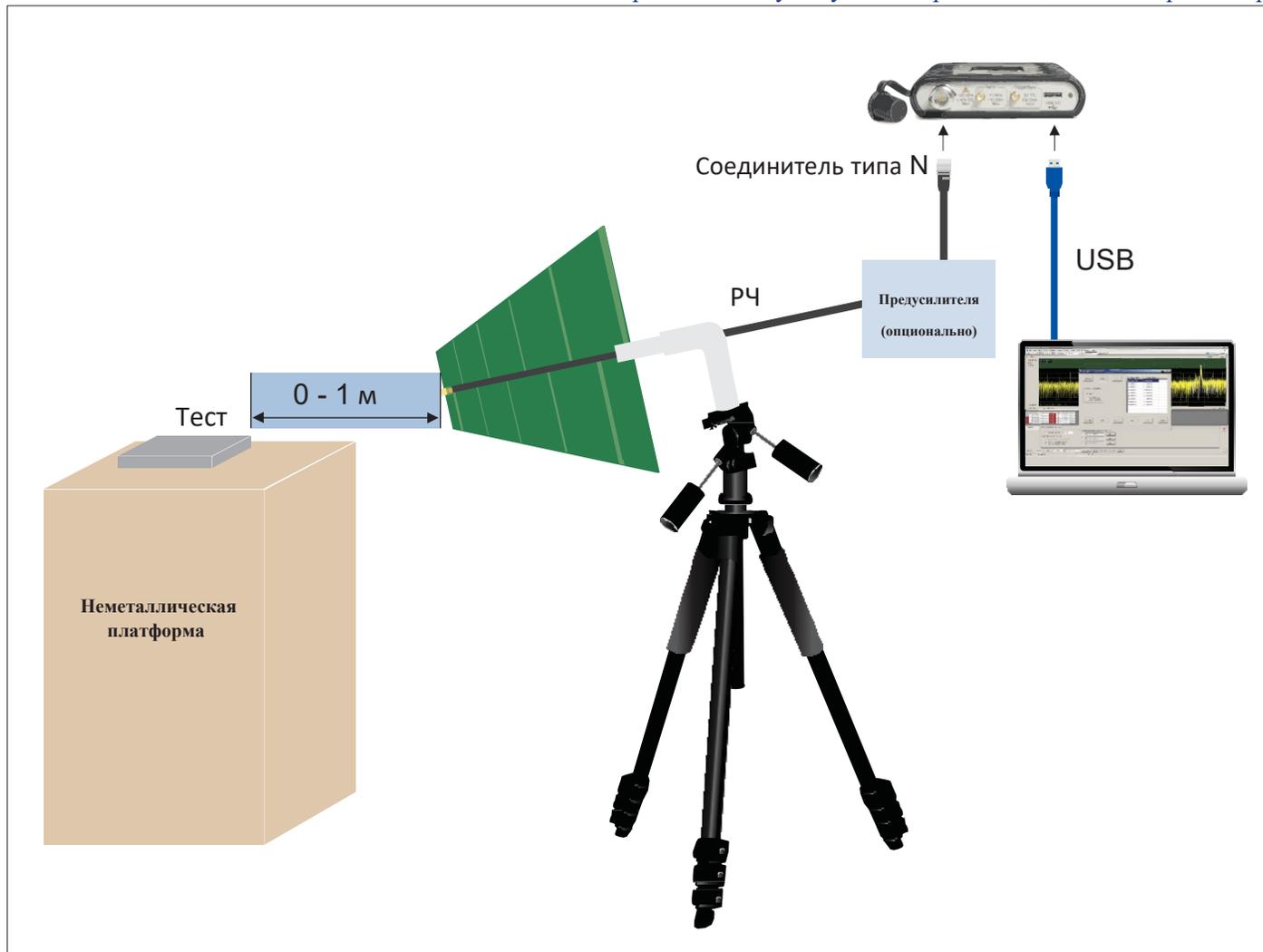


Рисунок 8. Принципиальная схема тестовой установки для предварительной проверки эмиссионного излучения

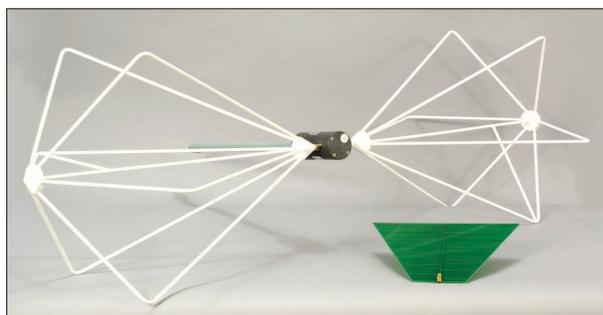


Рисунок 9. Тестовые антенны. Биконическая антенна Electro-Metrics EEM-6912A и логопериодическая антенна PCB, заказанные с сайта www.wa5vjb.com

Выбор антенн

Для измерений мы использовали три бюджетных логопериодических антенны на печатных платах² и биконическую антенну. Для более удобного перемещения эти антенны были закреплены на треноге.

Коэффициенты антенны и потери в кабеле могут быть введены в RSA306B для корректировки напряженности поля (Рисунок 10). Биконическая антенна использовалась на частотах от 20 до 200 МГц. Для более длинных волн на частотах 20-200 МГц требуется более крупная антенна, а фоновый шум также может вызвать проблемы, так как включает многие частоты радиодиапазона.

Определение характеристик среды и описание результатов испытаний

После ввода коэффициентов антенны и потерь в кабеле в RSA306B необходимо включить пиковые детекторы и настроить предельные линии. Предельные линии необходимо регулировать для того, чтобы были учтены характеристики среды.

Важно оценить и описать характеристики тестовой среды прежде чем включать тестируемое устройство. Достаточно ли пространства для сигнала между предельной линией и уровнем фонового шума? Есть ли в фоне известные сигналы, влияние которых можно снизить? Не следует ли перенести испытания в более нейтральную среду?

X: Frequency	Y: Loss (Atten)
400.0000 MHz	18.80000 dB
450.0000 MHz	17.70000 dB
500.0000 MHz	18.20000 dB
600.0000 MHz	19.80000 dB
700.0000 MHz	21.20000 dB
800.0000 MHz	22.30000 dB
900.0000 MHz	23.30000 dB
1.000000 GHz	24.20000 dB
1.050000 GHz	24.70000 dB

Рисунок 10. Для покрытия частот в диапазоне от 400 МГц до 11 ГГц были использованы бюджетные логопериодические антенны на печатных платах, а в прибор RSA306B были добавлены коэффициенты этих антенн.

Как только вас устроит уровень фонового шума, можно включать питание тестируемого устройства. Излучение от тестируемого устройства будет равно разнице между двумя результатами измерений (Рисунок 11б).

Для наших испытаний мы использовали демонстрационную панель WiFi Tektronix, которая уже прошла проверку на соответствие стандартам, так что не должна была добавить собственных неисправностей. Плюс такого подхода в том, что если при корректной настройке тестовой установки показатели не приближаются к предельно допустимым значениям, устройство готово к прохождению испытаний.

Если на этом этапе обнаруживаются проблемы, может потребоваться более глубокая диагностика и внесение изменений. Возможности анализатора RSA306B позволяют проводить как предварительные измерения параметров, так и диагностику. Проблемные сигналы могут быть выявлены инженерами, которые хорошо знакомы с тестируемым устройством. Инструменты тестирования в ближней зоне также могут быть полезны и описаны в следующем разделе.

2. Концепция использования недорогих логопериодических антенн на печатных платах и нестандартный дизайн крепления были позаимствованы из «ЭМС-блога» Кена Уайатта (Ken Wyatt), <http://www.edn.com/>

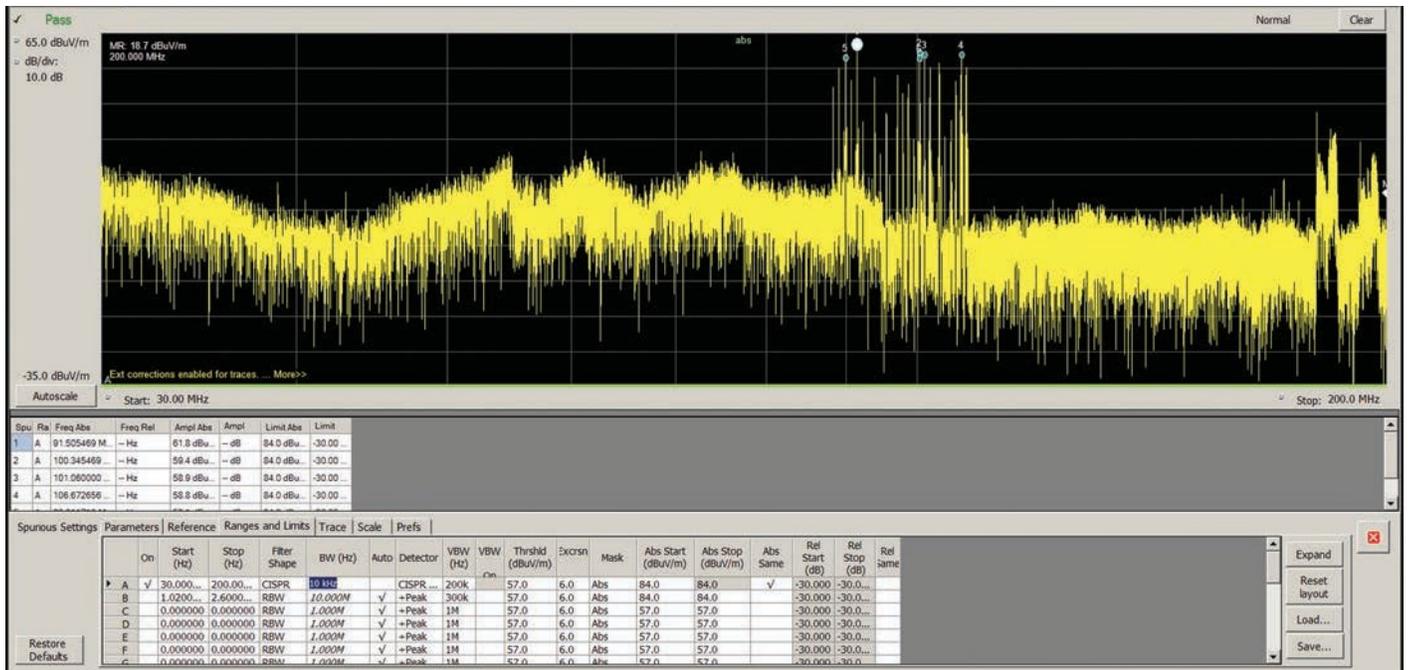


Рисунок 11а. Результаты измерения фона. В диапазоне метровых волн четко видны вещательные сигналы.

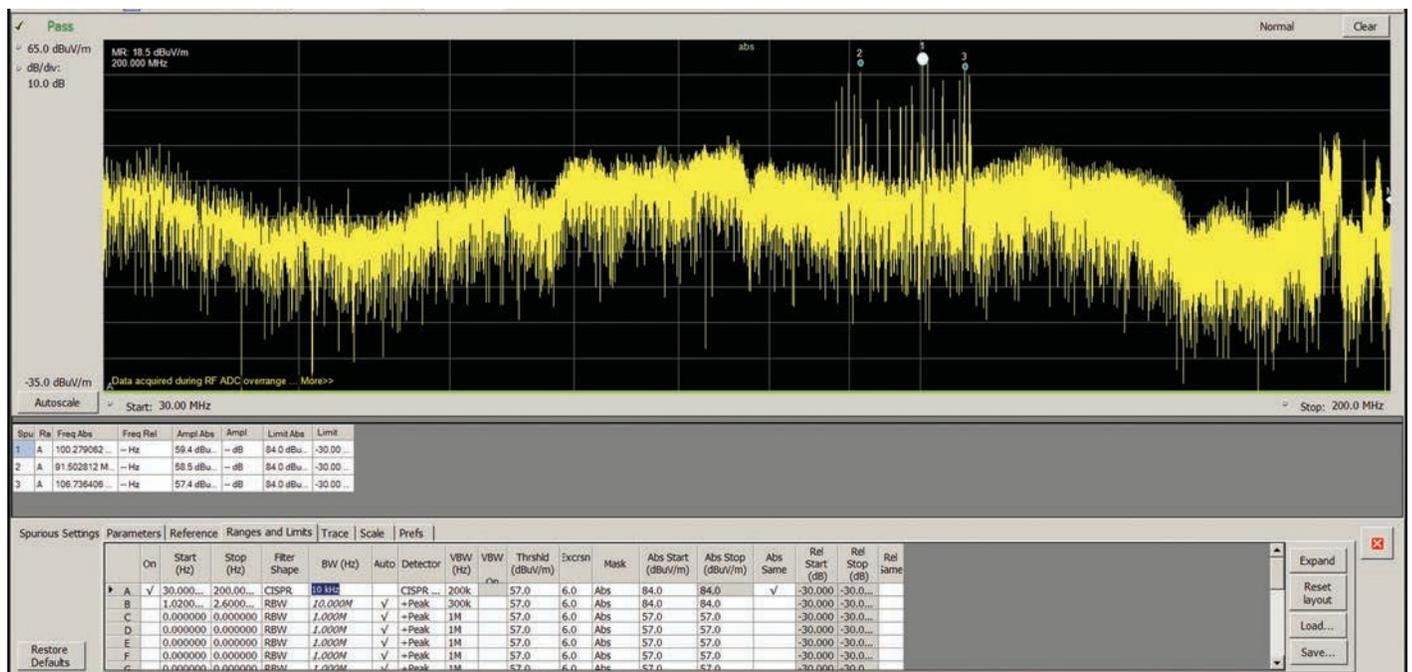


Рисунок 11б. Результаты измерений тестируемого устройства. Ни одно из превышений допустимых пределов не относится к самому устройству.

Измерения в ближней и дальней зоне

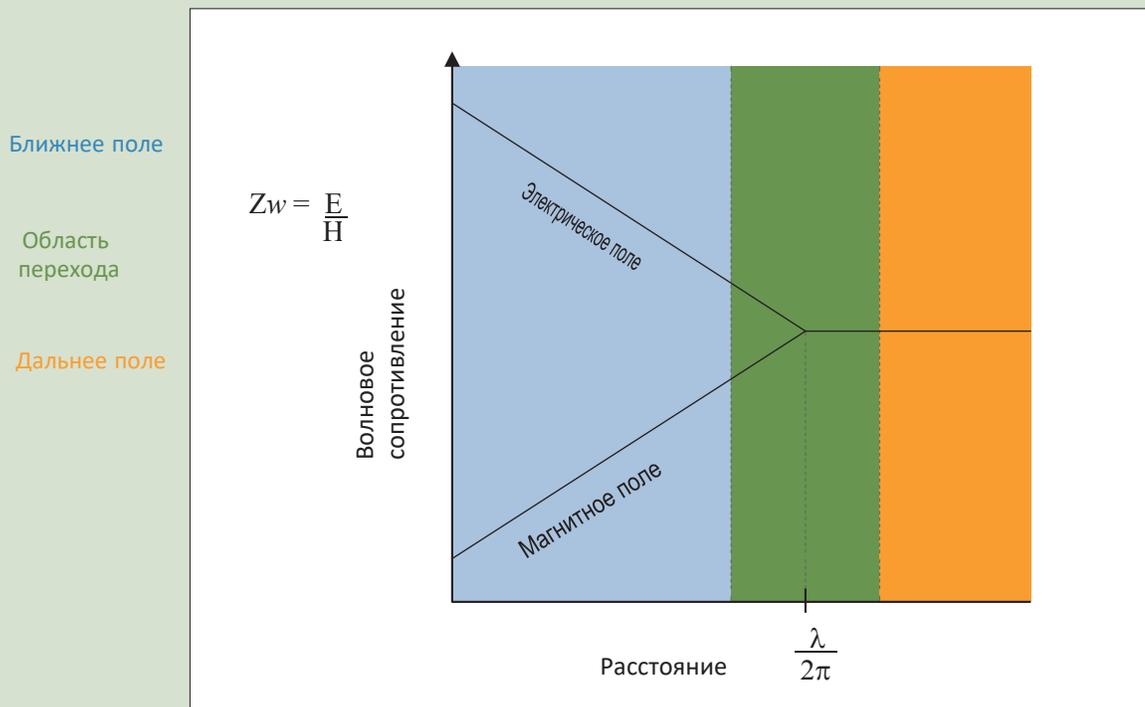


Рисунок 12. В ближнем поле волновое сопротивление зависит от природы источника и расстояния до него. В дальнем поле сопротивление постоянно.

В испытательных центрах электронные устройства тестируются при помощи ЭМП-приемников и калиброванных антенн на расстоянии 3 или 10 метров. Иными словами, измерения могут проводиться в дальнем поле. Эти тестовые камеры разработаны для того, чтобы исключить или значительно подавлять все нежелательные РЧ-сигналы для того, чтобы измерялись только помехи, создаваемые тестируемым устройством.

Даже если для минимизации уровня фонового РЧ-шума при предварительном тестировании приложены все возможные усилия, уровень фонового шума все равно может быть достаточно высоким. Уменьшение расстояния между тестовой антенной и устройством позволяет повысить уровень сигнала относительно фона.

На рисунке 12 показано поведение волнового сопротивления в ближнем и дальнем полях, а также в области перехода между ними. Заметно, что в

ближнем поле поля могут меняться от преимущественно магнитного к преимущественно электрическому волновому сопротивлению. Измерения в ближнем поле лучше подходят для устранения проблем, так как позволяют точно определить источник энергии и могут выполняться без подготовки специальной инфраструктуры для испытаний.

Тем не менее, проверка на соответствие требованиям проводится в дальнем поле, и оценка энергетического уровня в дальнем поле на основе измерений в ближнем поле может быть затруднительна, так как мощность сигнала в дальнем поле зависит не только от мощности источника, но также от механизма излучения, экранирования или фильтрации. Для простоты стоит запомнить: если мы наблюдаем сигнал в дальнем поле, то должны видеть тот же сигнал и в ближнем поле. Однако мы можем наблюдать некий сигнал в ближнем поле и не видеть его в дальнем.



Рисунок 13. Тестовая установка для базовых предварительных измерений кондуктивного излучения.

В то время как в большинстве тестов на кондуктивные помехи частота измерений задана в диапазоне от 9 кГц до 1 ГГц, может быть полезно в случае необходимости измерять сигналы более низкой частоты. Анализатор спектра реального времени серии RSA5100 являются отличным вариантом для низкочастотных измерений, так как они способны работать на частоте ниже 1 Гц.

Для наилучшего качества кондуктивных измерений ЭМП рекомендуется использовать два LISN: один для заданного сопротивления на тестируемом устройстве и еще один для анализатора спектра или приемника. Иными словами, один LISN лучше, чем ничего, но еще лучше использовать сразу два.

Разбор примера: измерения кондуктивного излучения

На рисунке 13 показана наша тестовая установка для измерений кондуктивного излучения. Тестируемым устройством является универсальный блок питания постоянного/переменного тока для ноутбука.

Эквивалент питающей сети (LISN)

Внимание! Крайне важно отключить вход анализатора спектра от LISN до того, как отключать LISN от источника питания! Уровни разрядки LISN могут повредить интерфейсную часть анализатора спектра.

Для кондуктивных измерений вместо антенн используется схема стабилизации импеданса линии (LISN). LISN - это фильтр нижних частот, который подключается между источником питания постоянного или переменного тока и тестируемым устройством для создания известного сопротивления и порта для измерения РЧ-шума. Также схема позволяет изолировать от источника питания нежелательные РЧ-сигналы. Опять же, хороший способ повысить относительный уровень сигнала тестируемого устройства - использовать предусилитель. На рисунке 14 (на странице 13) показана принципиальная схема нашей установки.

Стоит учитывать, что помехи, которые наводятся в источнике питания частоты 60 или 50 Гц, могут быть проблемой для других типов устройств.

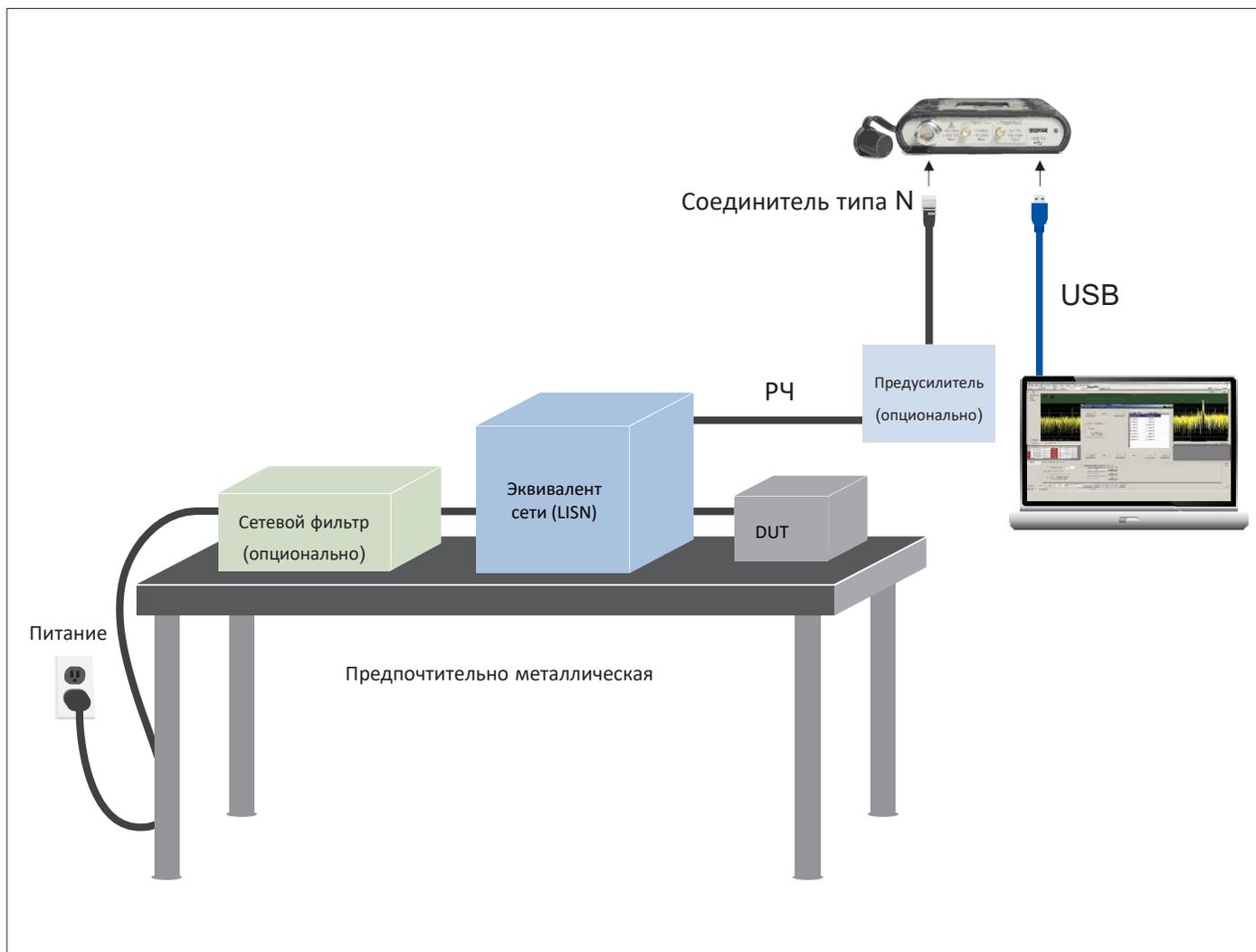


Рисунок 14. Принципиальная схема тестовой установки для предварительной проверки кондуктивного излучения.

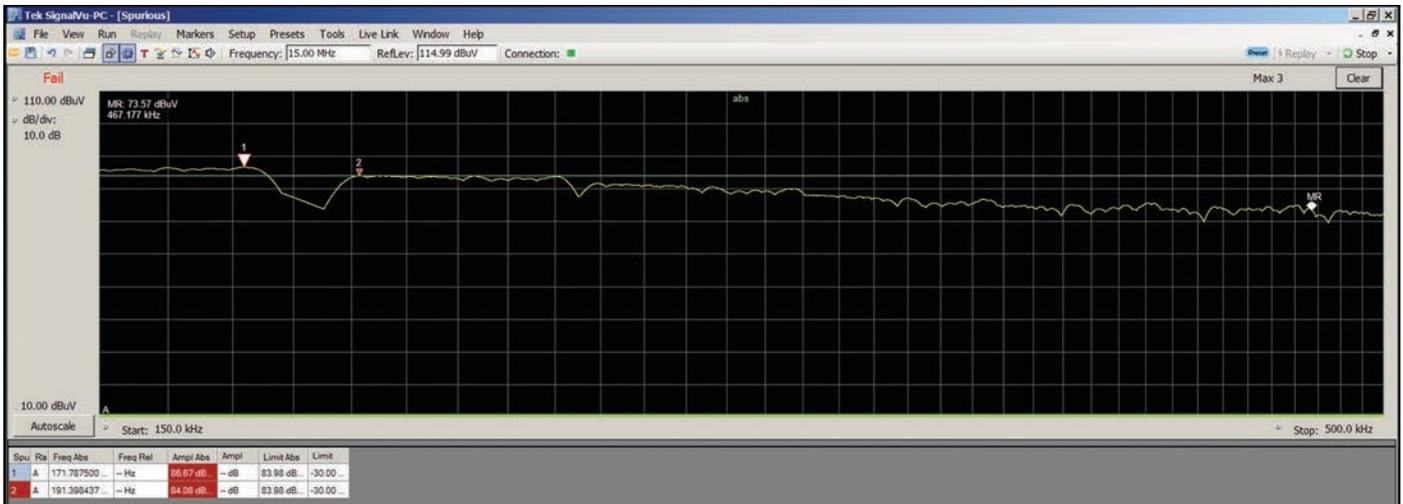


Рисунок 15. Тест кондуктивного излучения показывает превышение допустимого уровня в нижнем конце спектра.

Сетевой фильтр

При кондуктивных измерениях фоновый шум производится источником питания. Хотя LISN частично изолирует этот шум, часто вам понадобится дополнительная фильтрация питания. В нашем случае шум от силовой системы нашего здания перекрывал результаты измерений. С помощью сетевого фильтра⁴ нам удалось снизить входящий шум до приемлемого уровня, чтобы проводить кондуктивные измерения.

Определение характеристик среды и описание результатов испытаний

После ввода коэффициентов коэффициентов коррекции в RSA306 мы включили пиковые детекторы и настроили предельные линии. Опять же, важно оценить и описать характеристики тестовой среды, прежде чем включать тестируемое устройство. Достаточно ли пространства между предельной линией и уровнем фонового шума? Нужно ли добавлять сетевой фильтр?

Как только вас устроит уровень фонового шума, можно включать питание тестируемого устройства и подключать выход LISN к анализатору спектра, именно в таком порядке. Излучение от тестируемого устройства будет равно разнице между двумя результатами измерений (Рисунок 15).

Для кондуктивных измерений в качестве тестируемого устройства был взят бюджетный блок питания для ноутбука, купленный через интернет. В качестве нагрузки для блока питания мы использовали свободный ноутбук. В данном случае нам удалось выявить неполадку. На рисунке 15 показано, как кондуктивное излучение тестируемого устройства превышает допустимый предел на уровне примерно 172 Гц. Для анализатора RSA306B доступны функции, необходимые для предварительного тестирования и диагностики. Проблемные сигналы могут быть выявлены инженерами, которые хорошо знакомы с тестируемым устройством. Опять же, инструменты для исследований ближнего поля могут быть полезны. Если при правильной настройке тестового оборудования параметры не подбираются к допустимым значениям, скорее всего устройство готово к прохождению тестирования.

4. Мы использовали Filter Concepts SX30, http://www.filterconcepts.com/ac_filters.html

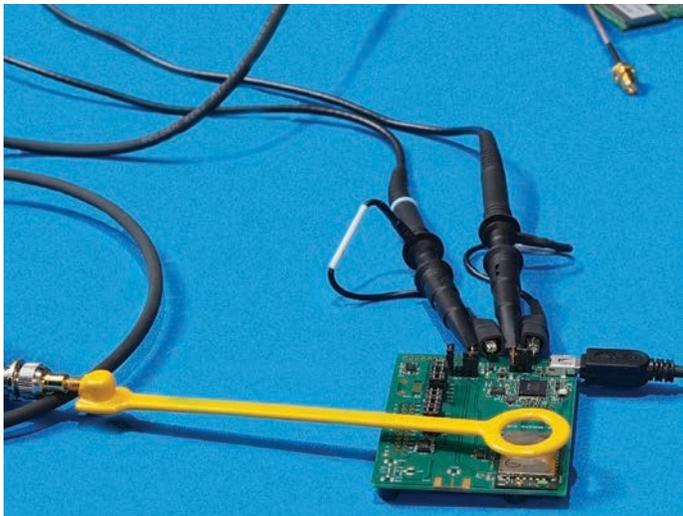


Рисунок 16. Местоположение нежелательного РЧ-излучения можно найти с помощью щупа для ближнего поля.

Инструменты ближнего поля для отладки

По сути, тест в дальней поле может точно показать, проходит ли изделие испытания, но не поможет выявить источник проблемы. При испытаниях только в дальнем поле невозможно изолировать проблему до конкретного компонента или области - к примеру, если из отверстия в металлическом затворе «утекает» слишком много РЧ-энергии, или слишком много энергии утекает через один из кабелей. Хороший способ локализовать такие источники - это тест в ближнем поле, который обычно осуществляется с помощью анализатора спектра и щупа для ближней зоны.

Щупы ближнего поля для ЭМП представляют собой электромагнитные съемники, которые фиксируют либо электрическое (Е), либо магнитное (Н) поле и используются с анализатором спектра.

Производители поставляют наборы щупов с наилучшим соотношением размеров, чувствительности и диапазона частот, и порой для решения проблемы могут потребоваться все размеры из набора. Выбор щупа для Н-поля или Е-поля может быть обусловлен местоположением сигнала в схеме или природой его источника (напряжение или ток). К примеру, присутствие металлической пластины может подавлять Е-поле, из-за чего придется использовать щуп для Н-поля. Щупы ближнего поля должны использоваться для съема сигнала вблизи тестируемого устройства. Более подробную информацию можно найти в отдельном руководстве Tektronix по устранению проблем с ЭМП при помощи щупов ближнего поля.

Заключение

Неудачное прохождение теста на соответствие требованиям к ЭМП может дорого обойтись и поставить разработку изделия под удар. Однако, если настроить систему предварительного тестирования внутри компании, можно выявить потенциальные проблемы и устранить их перед отправкой изделия в испытательный центр. Анализатор Tektronix RSA306B открывает новые возможности для доступного предварительного тестирования, которое позволит как сокращать затраты, так и лучше планировать ЭМП-сертификацию ваших продуктов

Бюджетный способ проверки на соответствие стандартам по электромагнитному излучению при помощи анализатора спектра