

Быстро и просто: диагностические измерения и предварительная проверка на соответствие стандартам с помощью прибора R&S®ESRP

Ряд требований к скорости, функциональным возможностям и удобству использования, накладываемых на измерительные приемники ЭМП при проведении сертификационных измерений, также играют важную роль при решении повседневных лабораторных задач и подготовке к заключительным сертификационным испытаниям. Новый измерительный приемник ЭМП R&S®ESRP, предназначенный для проведения предварительных испытаний на соответствие стандартам, был оптимизирован для удовлетворения этим требованиям. Этот прибор позволяет значительно сократить время измерений ЭМП, которые в прошлом занимали много часов.

Высокое быстродействие, в том числе и при проведении предварительной проверки на соответствие стандартам

Вслед за самым быстрым в мире измерительным приемником ЭМП R&S®ESR* для проведения измерений на соответствие стандартам, который был выведен на рынок в прошлом году, компания Rohde&Schwarz представила сопоставимый прибор для проведения диагностических измерений в ходе разработки и при решении лабораторных задач. Подобно прибору R&S®ESR измерительный приемник R&S®ESRP (показан в левой части рисунка 1) поддерживает возможность сканирования во временной области на основе БПФ, тем самым сокращая время выполнения предварительных измерений на соответствие стандартам в десятки раз. Прибор R&S®ESRP предназначен специально для проведения диагностических измерений ЭМП в ходе разработки, а также всех типов измерений, выполняемых в процессе подготовки к заключительным сертификационным испытаниям, и охватывает как коммерческие стандарты на ЭМП, так и военные стандарты на проведение испытаний на частотах до 7 ГГц.

Представлено две модели приемника для частотного диапазона от 9 кГц до 3,6 ГГц / 7 ГГц. Нижняя предельная частота в обеих моделях может быть снижена до 10 Гц с помощью опции R&S®ESRP-B29 (рисунок 2). Управление прибором осуществляется посредством удобного сенсорного экрана.

Основная публикация по ЭМС, направленная на поддержку основанной на технологии БПФ приема

Публикация Поправки 1:2010-06 к 3-й редакции основного стандарта CISPR 16-1-1 на оборудование для измерения радиопомех привела к значительной активности в данной сфере. Последующие редакции и версии стандартов на коммерческие семейства приборов, такие как EN 55011 – EN 55032, будут опираться – если этого еще не сделано – на последнюю редакцию этой важной основной публикации по ЭМС. Как следствие, это приведет к признанию результатов измерений, полученных с использованием основанной на БПФ технологии приемника. Эти измерения могут быть выполнены посредством преобразования модулирующих сигналов (рисунок 3) или с помощью каскадов ПЧ для широкополосных сигналов. Таким образом, время выполнения требуемых измерений может быть в значительной мере сокращено, тогда как степень точности и, что особенно важно, уровень воспроизводимости результатов останутся неизменными.

Сканирование во временной области для сокращения времени измерений

Опция сканирования во временной области R&S®ESRP-K53 позволяет значительно увеличить скорость измерения благодаря поддержке высокопроизводительных алгоритмов БПФ. В режиме сканирования во временной области прибор R&S®ESRP выполняет измерения во много раз быстрее, чем в режиме обычного пошагового сканирования по частоте. Запись сигнала во временной области производится с частотой 128 МГц, а оцифровка для последующей обработки выполняется посредством 16-разрядного АЦП. На рисунке 4 приведено сравнение времени получения результатов измерения (при пошаговом частотном сканировании и сканировании во временной области в диапазонах CISPR B и C/D).

Значения итогового времени измерения, отмеченные на рисунке 4 красным цветом, приведены в качестве примера для стандартных измерений в диапазоне CISPR C/D, которые должны проводиться поставщиками и производителями автомобильной техники в соответствии со стандартом на семейства продуктов CISPR 25 на частотах до 1 ГГц в полосе измерения 9 кГц (по уровню –6 дБ). В режиме пошагового сканирования по частоте для проведения непрерывных измерений используется размер шага 4 кГц, а при длительности измерения 10 мс могут быть записаны даже импульсы с частотой следования порядка 100 Гц.

Модели R&S®ESRP

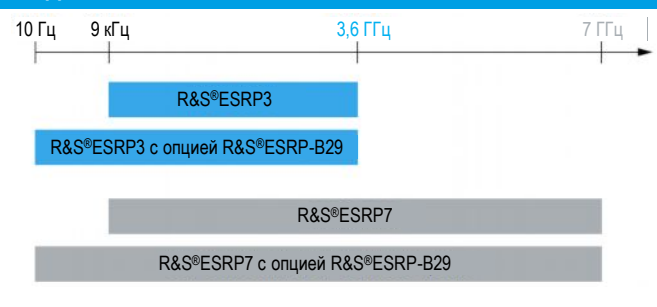


Рисунок 2 – Модели измерительного приемника ЭМП R&S®ESRP и частотные диапазоны.

Блок-схема

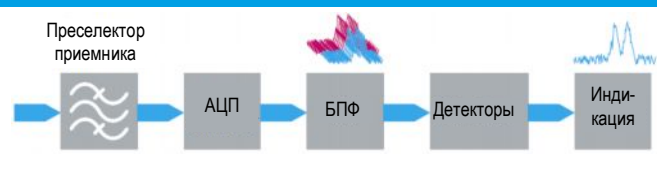


Рисунок 3 – Блок-схема прибора R&S®ESRP с преобразованием модулирующих сигналов (до 30 МГц).

* Самый быстрый в мире измерительный приемник ЭМП существенно сокращает время измерения. NEWS (2012) № 207, страницы 22–27.

Функция сканирования во временной области позволяет получать результаты в 500 раз быстрее, и это при том, что в данном режиме – при размере шага 2,25 кГц – количество измерительных точек увеличивается примерно в два раза. Как показано на рисунке 4, время экономится и при выполнении измерений в других диапазонах, что приводит к значительному сокращению расходов, связанных с подготовкой изделия к промышленному производству.

Непрерывающаяся запись электромагнитных помех

С помощью функции сканирования во временной области измерения ЭМП в диапазонах CISPR теперь занимают считанные секунды. Прибор R&S® ESRP с полосой пропускания до 30 МГц выполняет запись спектральных составляющих сигнала без каких-либо пропусков. Благодаря размеру шага, который может быть задан равным 1/4 от полосы разрешения, и значению перекрытия окон БПФ свыше 90 %, приемник достигает высокого уровня точности измерения импульсных помех (рисунок 5). Как следствие, итоговая погрешность

измерения соответствует требованиям стандарта CISPR 16-1-1, в том числе и при проведении предварительных измерений на соответствие требованиям стандартов.

Скорость также является определяющим фактором при проведении испытаний приборов, управление или измерение которых доступно лишь в течение короткого промежутка времени – либо вследствие изменения их характеристик (влияние пульсаций или дрейфа), либо из-за того, что более продолжительное время работы может привести к повреждению приборов, либо потому, что их производственный цикл предполагает необходимость работы на высоких скоростях (как в случае с электрическими стеклоподъемниками в автомобилях). Функция сканирования во временной области, представленная в приборе R&S® ESRP, упрощает решение таких задач.

Пользователи могут увеличивать время измерения для надежного обнаружения узкополосных перемежающихся сигналов источников помех или отдельных импульсов.

Диапазон частот	Детектор, время измерения, полоса пропускания на ПЧ	Общее время измерения прибора R&S® ESRP	
		Пошаговое сканирование по частоте	Сканирование во временной области (опция)
Диапазон CISPR B от 150 кГц до 30 МГц	пиковый, 100 мс, 9 кГц	7 462 измерит. точки: 755 с	13 267 измерит. точек: 2 с
Диапазон CISPR B от 150 кГц до 30 МГц	квазипиковый, 1 с, 9 кГц	7 462 измерит. точки: 12 960 с	13 267 измерит. точек: 60 с
Диапазон CISPR C/D от 30 до 1000 МГц	пиковый, 10 мс, 120 кГц	24250 измерит. точек: 254 с	32 334 измерит. точек: 6 с
Диапазон CISPR C/D от 30 до 1000 МГц	пиковый, 10 мс, 9 кГц	242 500 измерит. точек: 4 310 с	431 112 измерит. точек: 8 с
Диапазон CISPR C/D от 30 до 1000 МГц	квазипиковый, 1 с, 120 кГц	24 250 измерит. точек: приблиз. 600 мин	32 334 измерит. точек: приблиз. 33 мин

Рисунок 4 – Сравнение итогового времени анализа при пошаговом сканировании по частоте и сканировании во временной области с использованием стандартных настроек измерения. Красным цветом выделены примерные значения итогового времени выполнения стандартных измерений, которые должны проводиться поставщиками и производителями автомобильной техники в соответствии со стандартом CISPR 25 на семейства продуктов на частотах до 1 ГГц в полосе измерения 9 кГц (по уровню –6 дБ).

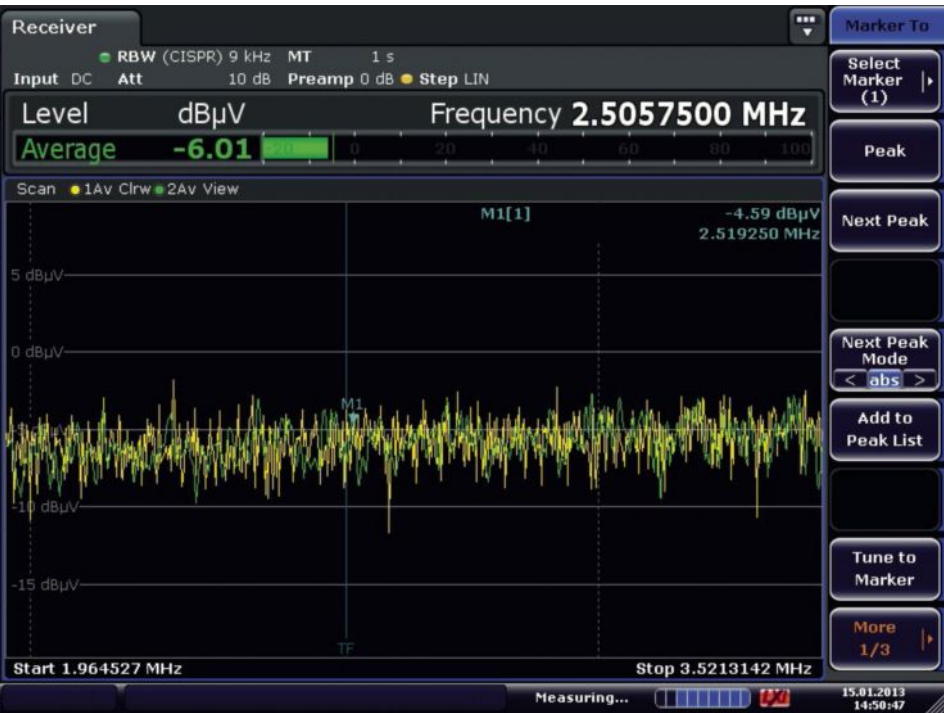


Рисунок 5 – Погрешность уровня: сравнение пошагового сканирования по частоте (желтый цвет) и сканирования во временной области (зеленый цвет).

Опциональный модуль предварительной селекции и ВЧ-предусиления R&S®ESRP-B2 содержит 16 фильтров и предусилитель 20 дБ для работы на частотах до 7 ГГц. Прибор R&S®ESRP, оснащенный этим модулем, обеспечивает возможность проведения измерений перемежающихся сигналов помехи с частотой следования импульсов 10 Гц или выше в соответствии с требованиями основного стандарта CISPR 16-1-1. Благодаря полосе пропускания фильтра предварительной селекции, задаваемой в диапазоне от 150 кГц до 30 МГц, измерительный приемник позволяет проводить измерения кондуктивных помех в один прием одновременно на 13 267 частотах с помощью функции сканирования во временной области (рисунок 6).

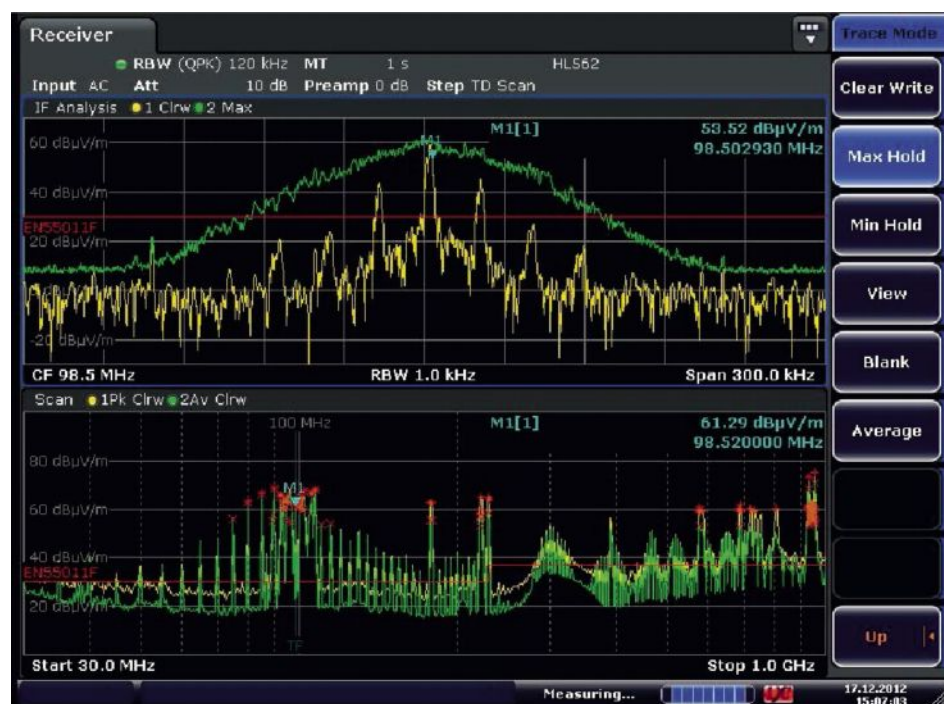
Функция анализа на ПЧ для отображения спектра с более высоким разрешением

Ключевые амплитуды сигналов, представленные на отображении спектра, могут быть более подробно проанализированы с помощью функции анализа на ПЧ прибора R&S®ESRP. Эта функция предоставляет отображение спектра входного ВЧ-сигнала в произвольном частотном диапазоне (до 10 МГц) в окрестности частоты приема ЭМП. Отображение спектра ПЧ может быть связано с отображением гистограммы для текущей частоты приема. Кроме того, отображение спектра ПЧ может быть привязано к позиции маркера, например, с помощью функции отслеживания маркера при проведении предварительного измерения

Рисунок 6 – Измерение кондуктивных помех в один прием в диапазоне CISPR B.



Рисунок 7 – Спектр ПЧ, центральная частота которого связана с позицией маркера в окне отображения спектра, полученного в результате предварительного измерения (функция отслеживания маркера).



(рисунок 7); таким образом, центральная частота спектра ПЧ всегда соответствует текущей частоте приема прибора. Это обеспечивает возможность исключительно точной и быстрой настройки прибора на требуемый сигнал. Помимо этого, отображение спектра ПЧ позволяет получить подробный обзор занятости спектра в окрестности требуемого сигнала и, при достаточно широкой полосе пропускания на ПЧ, информацию о распределении спектра модулированного сигнала в измерительном канале. Любые принятые сигналы могут быть быстро идентифицированы как помехи или полезные сигналы. Одновременно с этим может быть включена функция демодуляции AM или FM аудиосигналов, что упрощает идентификацию обнаруженных сигналов, например, для распознавания и исключения посторонних сигналов при проведении измерений на открытых площадках.

Функции анализатора спектра и измерения ЭМП в режиме анализатора спектра

Частотный диапазон от 9 кГц до 3,6 ГГц / 7 ГГц может быть расширен путем уменьшения нижней предельной частоты до 10 Гц с помощью опции R&S®ESRP-B29. При отключенной функции предварительной селекции в режиме анализатора спектра для увеличения чувствительности прибора R&S®ESRP можно воспользоваться отдельной опцией ВЧ-предусилителя R&S®FSV-B22. Низкий средний уровень собственных шумов (типичное значение –168 дБмВт в полосе частот 1 Гц при включенном предусилителе) позволяет прибору R&S®ESRP выполнять высокочастотные измерения даже чрезвычайно слабых сигналов. Благодаря исключительно широкому динамическому диапазону прибор отвечает особым требованиям стандарта CISPR 16-1-1 ред. 3 (использование анализаторов спектра без выполнения предварительной селекции для проведения соответствующих стандартам измерений помех) в отношении сигналов помехи с частотой следования импульсов 20 Гц и выше.

Измерения высокочастотных помех могут проводиться в режиме анализатора спектра как с использованием функции предварительной селекции, так и без нее. Количество измерительных точек может быть выбрано пользователем. Для обеспечения достоверного анализа можно использовать до 200 001 точек. Для сравнения, при работе в режиме измерительного приемника доступно до 4 миллионов точек на кривую. Диагностические измерения, проводимые в ходе разработки, также требуют высоких уровней точности и воспроизводимости. "Стандартное" разрешение (8 000 или 32 000 точек), которое обычно используется в стандартных анализаторах спектра, быстро исчерпывает себя и не подходит для проведения измерений ЭМП.

Для проведения целевого анализа на частотах сигналов помехи может быть размещено до 16 настраиваемых маркеров. Маркеры могут быть связаны с взвешивающим детектором CISPR для проведения непосредственного сравнения с предельными значениями. Спектр также может быть отображен по логарифмической оси частот, что упрощает проведение анализа результатов измерения по всему частотному диапазону и позволяет отображать соответствующие стандартам предельные линии. Критические частоты представлены в списке пиков, что обеспечивает возможность оперативного сравнения сигналов помехи с предельными линиями.

Следящий генератор для скалярного анализа цепей

Встроенный следящий генератор (опция R&S®FSV-B9) расширяет функции прибора R&S®ESRP путем добавления возможности работы в качестве скалярного анализатора цепей в частотном диапазоне от 9 кГц до 7 ГГц. С помощью этой опции пользователи могут оперативно и просто измерять величину частотно-зависимых потерь, вносимых, например, измерительными кабелями или фильтрами, и сохранять результаты в виде таблиц с поправочными коэффициентами (измерительными преобразователями) в память прибора R&S®ESRP.



Рисунок 8 – Прибор R&S®ESRP в ударопрочном корпусе с защитными угловыми накладками и ручкой для переноски для использования в полевых условиях.

Возможность использования в полевых условиях

Для обеспечения возможности проведения измерений в полевых условиях при использовании в транспортных средствах или на открытых площадках прибор R&S®ESRP может быть дополнен источником питания постоянного тока R&S®FSV-B30 (12-15 В) и оснащен ударпрочным корпусом с защитными угловыми накладками и ручкой для переноски (рисунок 8). При выполнении измерений на открытых площадках измерительный приемник может эксплуатироваться в течение нескольких часов, если оснащен литий-ионным батарейным блоком R&S®FSV-B32, например, для записи результатов последовательностей измерений.

В стандартном исполнении прибор R&S®ESRP оснащается жестким диском для хранения данных. Съёмный жесткий диск может быть заменен твердотельным накопителем для решения задач измерения в условиях значительных отклонений рабочей температуры, или при воздействии на прибор высоких ударных и вибрационных нагрузок, например, при использовании в транспортных средствах.

Автоматизированные измерения и поддержка ПО

В приборе R&S®ESRP имеется встроенная функция автоматизации испытаний, обеспечивающая возможность проведения настраиваемых автоматизированных тестовых последовательностей, включая предварительное измерение, обработку данных и окончательное измерение (рисунок 9). С ее помощью задаются количество частот для окончательного измерения и граница допуска относительно одной или нескольких предельных линий. Запуск тестовой последовательности осуществляется нажатием клавиши с последующим полностью автоматическим выполнением. Кроме того, представлена возможность интерактивного проведения окончательного измерения. При выборе пиктограммы списка пиков открывается список предварительно обнаруженных частот. Количество частот для проведения окончательного измерения может быть изменено, после чего будет выполнен итоговый анализ с использованием взвешивания посредством квазипикового детектора, детектора среднего значения CISPR или детектора среднеквадратического значения CISPR. Экспертная программа для работы с кривыми используется для выбора соответствующих детекторов.

Кроме того, для выполнения полностью и частично автоматизированных измерений ЭМП под управлением внешнего ПК доступны пакеты прикладного ПО R&S®ES-SCAN и R&S®EMC32. Программное обеспечение для измерения ЭМП R&S®ES-SCAN представляет собой экономически эффективное и удобное программное обеспечение под ОС Windows, разработанное специально для проведения измерений помех в ходе разработки. Оно идеально дополняет измерительный приемник R&S®ESRP.

Программное обеспечение для проверки на ЭМС R&S®EMC32 также может быть использовано с прибором R&S®ESRP. ПО обладает модульной структурой и поддерживает как выполняемые вручную, так и частично или полностью автоматизированные измерения помехозащиты и помехоустойчивости в соответствии с требованиями коммерческих и военных стандартов. Программное обеспечение позволяет выполнять запись, анализ, протоколирование и отслеживание результатов измерения с высоким уровнем надежности и предлагает возможности дистанционного управления широким спектром вспомогательных компонентов, таких как мачты и поворотные платформы.

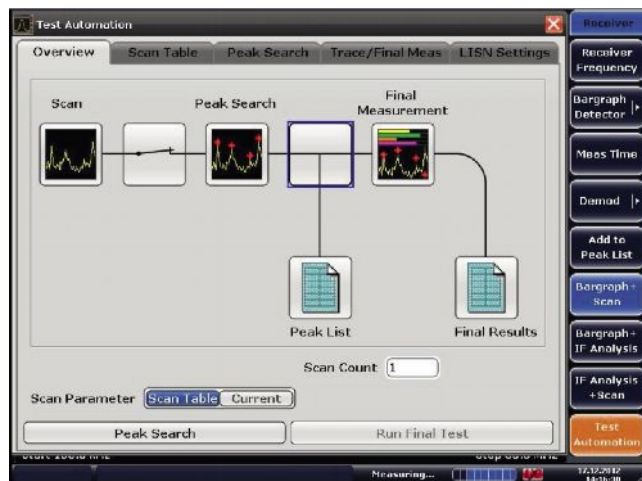


Рисунок 9 – Меню автоматизации испытаний для настройки автоматизированных тестовых последовательностей.

С помощью пользовательских программ прибор R&S®ESRP может дистанционно управляться по GPIB или LAN через стандартные интерфейсы IEC 625-2 (IEEE 488.2) или LAN (10/100/1000BaseT). Для осуществления интеграции прибора R&S®ESRP представлены бесплатные драйверы для LabView, LabWindows/CVI и VXI Plug & Play.

Заключение

Измерительный приемник ЭМП R&S®ESRP поддерживает работу в частотном диапазоне от 10 Гц до 7 ГГц и предназначен для проведения диагностических измерений в ходе разработки и предварительных измерений на соответствие стандартам при подготовке к заключительным сертификационным испытаниям. Благодаря выдающимся ВЧ-характеристикам, высокой скорости измерения и широкому спектру функций измерения этот прибор является идеальным инструментом для проведения измерений в ходе разработки и при решении лабораторных задач. Он был оптимизирован для проведения измерений ЭМП с максимально возможной скоростью и обеспечением требуемого уровня точности. С помощью основанной на БПФ функции сканирования во временной области прибор позволяет выполнять измерения ЭМП с исключительно высокой скоростью. В то же время измерительный приемник R&S®ESRP может быть использован в качестве полнофункционального и высокопроизводительного анализатора спектра и сигналов для решения лабораторных задач. Прибор исключительно удобен в эксплуатации благодаря четко структурированному меню и интуитивно понятному интерфейсу на базе сенсорного экрана, что является неоспоримым преимуществом ввиду широкого спектра областей применения. Этот универсальный прибор помогает пользователям в получении требуемых результатов измерения с более высокой скоростью, а также в подготовке к заключительным сертификационным испытаниям и промышленному производству.

Фолкер Янссен (Volker Janssen)

Список использованных источников

Поправка 1:2010-06 к стандарту CISPR 16-1-1:2010-01 (редакция 3): Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods (Требования к аппаратуре для измерения параметров промышленных радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений) – Часть 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Measuring apparatus (Аппаратура для измерения параметров промышленных радиопомех и помехоустойчивости – Аппаратура для измерения)

Для получения дополнительной информации о приборе R&S®ESRP посетите веб-сайт: http://www.rohde-schwarz.com/en/product/esrp-productstartpage_63493-35077.html