

Сравнение технических характеристик современных анализаторов спектра для испытаний на ЭМС

Сергей Зернов, Максим Смолин (Москва)

В статье рассматриваются характеристики и особенности современных анализаторов спектра и измерительных приёмников, применяемых при анализе электромагнитной совместимости электронного оборудования. Приводятся примеры серийно выпускаемых приборов ведущих производителей измерительного оборудования.

По мере развития разного рода систем и внедрения цифровых методов обработки информации, а также в результате постоянно повышающегося быстродействия устройств, существенно возрастает значимость электромагнитной совместимости (ЭМС) разрабатываемого оборудования.

По определению, ЭМС – это требование устойчивости портов работающей аппаратуры к воздействию электромагнитных помех (ЭМП) и, одновременно, неперевышение установленного нормами уровня электромагнитных помех как создаваемых работающей аппаратурой на портах, так и излучаемых в пространство.

Требования различных стандартов (международных, национальных, отраслевых, корпоративных), в соответствии с которыми необходимо проводить испытания технических средств, в основном различаются допустимыми значениями уровней создаваемых воздействий и частотным диапазоном, в котором необходимо проводить измерения помехоэмиссии. В стандартах содержатся также требования к характеристикам испытательного оборудования и способам измерений, используемым для оценки характеристик ЭМС и ЭМП.

Технические характеристики аппаратуры, которая позволяет измерять уровень помех в полном соответствии с требованиями норматив-

ных документов, регламентируются ГОСТ 30805.16.1.1-2013 (CISPR 16-1-1) «Совместимость технических средств электромагнитная. Требования к аппаратуре для измерения параметров промышленных радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 1-1. Аппаратура для измерения параметров промышленных радиопомех и помехоустойчивости. Приборы для измерения промышленных радиопомех: рабочий диапазон частот 9 кГц – 18 ГГц». Этот нормативный документ действует с 1 января 2014 года.

Основными производителями приёмно-анализирующей аппаратуры для проведения испытаний на соответствие параметров ЭМС и ЭМП в части измерения помехоэмиссии являются компании Agilent Technologies, Rohde & Schwarz и PMM Narda STS. Эти компании зарекомендовали себя как производители современных, эффективных и высокотехнологичных приборов, которые могут применяться в различных сферах научной деятельности и производства.

Современная унифицированная элементная база анализаторов спектра позволяет строить приборы с частотным диапазоном от 9 кГц (иногда и ниже) до 3...6 ГГц. Такие анализаторы часто оснащаются трекинг-генераторами и другими опциями. Например, анализаторы спектра могут иметь различный набор полос пропускания, разные уровни внутренних шумов, чувствительности и значения динамического диапазона, могут питаться не только от сети, но и от аккумуляторных батарей. Очевидно, что анализаторы, имеющие более широкий частотный диапазон и содержащие дополнительные опции, имеют более высокую стоимость.

Помимо частотного диапазона при выборе и использовании рассматрива-

емых приборов необходимо учитывать и другие их технические характеристики. К примеру такие, как допустимая перегрузка, линейность, импульсная характеристика, скорость развёртки, чувствительность, точность измерения амплитуды, а также особенности регистрации прерывистых сигналов и применение пикового и квазипикового детекторов и детектора средних значений.

В качестве примера рассмотрим основные технические характеристики анализаторов спектра трёх производителей: Agilent N9038A MXE от Agilent Technologies, R&S ESR 26 от Rohde & Schwarz и новую модель измерителя параметров ЭМС PMM 9010Fast от PMM Narda STS.

Эти приборы относятся к анализаторам спектра среднего класса и внесены в Государственный реестр средств измерений РФ, что позволяет использовать их в аккредитованных испытательных лабораториях для измерения уровня радиопомех. Приборы имеют возможность работы в двух режимах – анализатора спектра и анализатора сигналов.

Все анализаторы могут дополняться опциями для расширения области применения и улучшения технических характеристик. Такие приборы являются незаменимым инструментом для разработчиков радиотехнической аппаратуры и исследователей высокочастотных сигналов.

АНАЛИЗАТОР ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ Agilent N9038A MXE

В приборе Agilent N9038A MXE (см. рис. 1) увеличены показатели входной чувствительности, что возможно только в современных анализаторах. Средний уровень собственного шума прибора составляет –163 дБм на частоте 1 ГГц.

Данный анализатор полностью соответствует стандарту CISPR 16-1-1 и рекомендован Международной электротехнической комиссией (МЭК),



Рис. 1. Внешний вид анализатора ЭМС Agilent N9038A MXE

в компетенции которой находится оценка измерительных приёмников кондуктивных и излучаемых помех, используемых для тестирования электромагнитной совместимости электротехнических и электронных устройств. Основные характеристики прибора Agilent N9038A MXE представлены в сводной таблице.

Следует обратить внимание на то, что погрешность измерений, выполненных с помощью анализатора Agilent N9038A MXE, равная ±0,75 дБ, чрезвычайно низка и превышает требования CISPR 16-1-1. Кроме того, встроенный набор диагностических средств содержит измерители, списки сигналов и измерений, маркеры, растяжку экрана и режим спектрограммы, которые облегчают контроль и исследование сложных сигналов. Таким образом, прибор Agilent N9038A MXE – это не просто приёмник. По существу, он является анализатором сигналов серии X, который может выполнять ряд измерительных функций, например, измерять фазовый шум. Но это ещё не все конкурентные особенности прибора: усовершенствованный анализ паразитных излучений позволяет инженерам и консультантам, занимающимся тестированием ЭМП, прорабатывать при помощи этого анализатора тонкие детали сигнала и получать наиболее полное представление об испытываемых изделиях.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИЁМНИК ЭМП, АНАЛИЗАТОР СИГНАЛОВ И СПЕКТРА Rohde&Schwarz ESR 26

Измерительный приёмник ЭМП и анализатор сигналов и спектра собраны в едином приборе Rohde & Schwarz (R&S) ESR 26 (см. рис. 2), который пол-

Основные характеристики описываемых приборов

Характеристики	Значения		
	Agilent N9038A MXE	Rohde & Schwarz ESR 26	PMM 9010Fast
Частотный диапазон	20 Гц...26,5 ГГц	9 кГц...26,5 ГГц (от 10 Гц – опция)	10 Гц...30 МГц (до 18 ГГц – за счёт модулей расширения частотного диапазона)
Полоса анализа	10 МГц (стандартная) или 25 МГц	20 МГц (28 МГц или 40 МГц – опции)	30 МГц
Полоса пропускания	1 Гц...8 МГц (с шагом 10 %)	10 Гц...10 МГц (с шагом, кратным 1, 2, 3, 5)	100 Гц...3 МГц (с шагом, кратным 1, 2, 3, 5)
Полоса стандарта CISPR (-6 дБ)	200 Гц, 9 кГц, 120 кГц, 1 МГц	200 Гц, 9 кГц, 120 кГц, 1 МГц (10 Гц, 100 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц – опция)	200 Гц, 9 кГц, 120 кГц, 1 МГц (10 Гц, 100 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц – опция)
Абсолютная точность измерения амплитуды	±0,75 дБ	±0,67 дБ	± 1,5 дБ
Пределы ослабления входного аттенюатора	0...70 дБ (с шагом 2 дБ)	0...70 дБ (с шагом 10 дБ)	0...55 дБ (с шагом 5 дБ)
Интермодуляционные искажения третьего порядка (TOI)	+17 дБм	+15 дБм	+15 дБм
Отображаемый уровень усреднённого шума (DANL)	-163 дБм	Менее -160 дБм	Менее -122 дБм
Температурный диапазон (рабочий)	0...+55°C	+5...+40°C	+15...+25°C
Габаритные размеры (В × Ш × Г)	177 × 431 × 535 мм	412 × 197 × 517 мм	Основного блока – 335 × 235 × 105 мм, блоков расширения – 235 × 105 × 105 мм
Вес (без упаковки)	24 кг	14,6 кг	Основного блока – не более 4,95 кг, блоков расширения – не более 2,2 кг

ностью соответствует требованиям CISPR 16-1-1.

Отличительными особенностями прибора являются:

- предварительная селекция со встроенным предварительным усилителем 20 дБ;
- полосы разрешения в соответствии со специальными требованиями CISPR, десятичные шаги от 10 Гц до 1 МГц;
- исключительно быстрое сканирование во временной области в дополнение к обычному пошаговому сканированию по частоте;
- снятие спектра в реальном масштабе времени в полосе обзора до 40 МГц обеспечивает подробный анализ сигналов помехи;

- отображение во временной области с высоким разрешением (50 мкс);
- автоматические тестовые процедуры;
- использование коммерческой операционной системы.

Измерительный ЭМП-приёмник R&S ESR 26, чьи основные характеристики также представлены в сводной таблице, назван журналом EDN Magazine одним из ста лучших изделий 2012 года.

Благодаря широкополосной архитектуре новый измерительный ЭМП-приёмник позволяет проводить стандартные измерения ЭМП до 6000 раз быстрее, чем другие аналогичные системы. Комплексные диагностические инструменты, такие как отображение спектрограмм, анализ спектра



Рис. 2. Внешний вид измерительного приёмника Rohde&Schwarz ESR 26

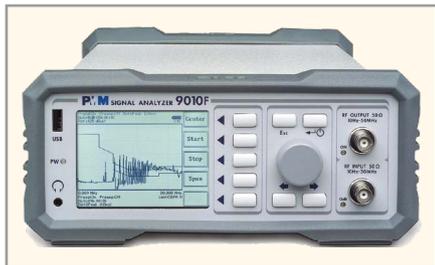


Рис. 3. Внешний вид цифрового приёмника радиопомех PMM 9010Fast

в режиме реального времени и анализ ПЧ, позволяют разработчикам обнаружить и устранить ЭМП.

Благодаря интуитивно понятному интерфейсу с использованием сенсорного экрана, приёмник R&S ESR 26 исключительно прост в эксплуатации.

ИЗМЕРИТЕЛЬ ПАРАМЕТРОВ ЭМС PMM 9010Fast

В основе работы современного цифрового приёмника радиопомех PMM 9010Fast с частотой до 30 МГц (см. рис. 3) лежит аналого-цифровое преобразование входного сигнала, а все стадии дальнейшей обработки производятся исключительно в цифровой форме. Это обеспечивает максимальную стабильность всех параметров широкополосных фильтров, преселекторов и высокоскоростных детекторов. В то же время входной каскад измерительного блока автоматически калибруется с помощью встроенного высокоточного генератора сигналов, что позволяет существенно сократить время внутренней калибровки прибора и повысить точность измерений.

Уникальными особенностями прибора являются его автономность, компактность и малый вес: базовый блок PMM 9010Fast может работать от батареи и весит всего 3,5 кг, а высокочастотные модули (PMM 9030, PMM 9060, PMM 9180), также способные питаться от батарей, весят всего по 2 кг.

Время работы от аккумуляторной батареи, в зависимости от режима работы, может составлять до 8 ч. Про-

чие характеристики цифрового приёмника PMM 9010Fast представлены в сводной таблице.

Основной отличительной особенностью прибора PMM 9010Fast является использование новейшей технологии приёма и обработки сигналов в реальном времени. За счёт инновационной архитектуры и высокой скорости обработки сигналов прибор позволяет значительно уменьшить время, необходимое для получения результатов измерений, и расширить границы анализа исследуемых сигналов, что даёт существенное повышение производительности и расширяет область применения измерительной системы.

Прибор оснащён оптическим каналом связи между базовым блоком измерения и блоками расширения, что позволяет отказаться от использования специализированного высокочастотного коаксиального кабеля.

Аппаратное и микропрограммное обеспечение прибора, которое при необходимости можно обновлять, разработано в соответствии с действующими стандартами электромагнитной совместимости согласно последней редакции стандарта CISPR 16-1-1. В стандартную комплектацию включены режимы детектирования пикового, среднего и среднеквадратичного значения и все необходимые полосы пропускания. Помимо этого, в стандартный набор включена функция вычисления APD (распределение вероятностей амплитуды).

Главными конкурентными преимуществами прибора являются:

- встроенный следящий генератор сигналов с частотой до 30 МГц;
- работа в нескольких режимах: развёртка сигнала, анализатор спектра, скалярный анализатор сигнала и ручной режим исследования сигнала;
- простота использования при любых типах измерений как при автономной работе, так и при интеграции в измерительную систему с управлением через персональный компьютер;
- модульная архитектура, дающая возможность изменения конфигурации системы;
- наличие ручного, полуавтоматического и полностью автоматического режимов тестирования;
- возможность питания как от сети переменного тока, так и от батареи;
- высокая скорость работы во всех режимах как при измерении помех, так и при исследованиях характеристик сигналов;

- отсутствие коммерческих операционных систем.

Всё это делает прибор PMM 9010Fast эффективным решением, позволяющим, в зависимости от потребностей пользователя, изменять конфигурацию системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все описанные в статье приборы имеют технические характеристики очень высокого уровня и позволяют производить различные исследования радиочастотных сигналов с минимальными затратами времени.

Следует отметить, что применение цифровых принципов обработки исследуемых сигналов в приборе PMM 9010Fast компании PMM Narda STS даёт оператору ряд преимуществ, которые выгодно отличают прибор от аналогов. Это и малые габариты, и приемлемый вес, и большая скорость измерений, и, что немаловажно, доступная цена.

Не применявшееся до сих пор соединение отдельных блоков с помощью оптоволоконного кабеля, заменяющего стандартный радиочастотный, даёт множество преимуществ при построении высокочастотных измерительных систем. В частности, передача сигнала в цифровой форме исключает потери или искажения истинного значения измеряемого сигнала за счёт соединительного кабеля. Кроме того, отсутствуют и внешние наводки, появляющиеся при работе в условиях высоких электромагнитных помех или при высоких уровнях сигналов.

При использовании дополнительных модулей расширения и преобразования сигналов появляется возможность построения измерительных систем радиочастотных сигналов, которые не уступают по своим техническим характеристикам приборам, производимым мировыми лидерами в области измерительной техники. Более того, измеритель PMM 9010Fast оказался более защищённым от наводок, удобным в использовании и имеющим более компактные габариты и малый вес.

ЛИТЕРАТУРА

1. Agilent N9038A MXE. www.home.agilent.com.
2. Rohde & Schwarz ESR 26. www.rohde-schwarz.com.
3. PMM 9010Fast. www.pmm.it.
4. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации стран СНГ (ГОСТ 30805.16.1.1-2013). www.easc.org.by.

