

Современный подход к измерению импульсных радиопомех с использованием амплитудно-вероятностного распределения

Дмитрий Богаченков (dmitry.bogachenkov@rohde-schwarz.com),
Николай Лемешко (nlem83@mail.ru)

В статье рассматривается современный подход к определению характеристик импульсных радиопомех с использованием амплитудно-вероятностного распределения. Рассмотрены источники помех с нестационарными спектрально-энергетическими характеристиками, проанализированы требования стандартов к средствам измерений, имеющим функцию построения амплитудно-вероятностного распределения. Рассмотрены схемы установок для измерений амплитудно-вероятностного распределения. В качестве примера рассмотрены новые возможности измерительных приёмников Rohde&Schwarz ESW, позволяющих значительно ускорить испытания на эмиссию излучаемых радиопомех для оборудования некоторых типов.

Введение

В настоящее время проблема электромагнитной совместимости (ЭМС) является одной из важнейших в радиоэлектронике. Этому способствовали следующие факторы:

- повышение пространственной насыщенности, из-за чего электронные устройства, существенно различаясь по функциональности, типу обрабатываемых сигналов и другим характеристикам располагаются всё ближе друг к другу;
- расширение полосы помехоэмиссии за счёт увеличения тактовых и других характерных частот;
- снижение мощности полезных сигналов за счёт совершенствования компонентной базы и перехода к более низким технологическим нормам.

Одновременно видоизменяется и само содержание практических задач обеспечения электромагнитной совместимости. В простейшем случае электромагнитная обстановка (ЭМО), в которой работают технические средства (ТС), является стационарной и характеризуется регулярными спектральными составляющими, в совокупности которых можно выделить узкополосные и шумовые составляющие [1]. При формировании ЭМО всегда можно выделить несколько источников излучений, определяющих уровень эмиссии на заданной частоте. Если картина помехоэмиссии от некоторого устройства неизменна во времени, то

она может быть полностью охарактеризована наиболее простым способом, например пиковыми или средними значениями напряжённости поля, измеренными в регламентированных условиях.

Однако в общей совокупности эксплуатируемых электронных устройств лишь небольшая их доля формирует электромагнитные излучения со строго стационарными характеристиками. Такие устройства, как радары с импульсным излучением, СВЧ-печи на основе магнетронов с нестабилизированной частотой, характеризуются широким диапазоном весьма динамичного изменения помехоэмиссии, для которого отмеченные выше характеристики не дают исчерпывающего её описания. Для исправления такой ситуации в теории ЭМС было введено понятие амплитудно-вероятностного распределения (АВР) радиопомех – распределения вероятности времени, в течение которого амплитуда помехи превышает установленный уровень [2].

Для измерений радиопомех с нестационарными спектрально-энергетическими характеристиками должны использоваться приборы, которые позволяют оценивать их амплитудно-вероятностное распределение. При этом наиболее важно проводить такие исследования для тех ТС, которые могут создавать помехи системам связи с цифровыми видами модуляции. Это обусловлено тем, что для них воздействие помех с нестационарными

спектрально-энергетическими характеристиками сопровождается увеличением минимально допустимых защитных отношений, что должно учитываться, в частности, при частотном планировании радиосетей и решении практических задач межсистемной ЭМС. Так, например, экспериментальные исследования, проведённые для сигналов DVB-T2 при воздействии узкополосных помех, показали, что при некоторых скоростях смещения по частоте в пределах занимаемой полезным сигналом полосы частот защитные отношения требуют увеличения на 12...15 дБ [3].

Учитывая практическую важность вопроса, рассмотрим некоторые аспекты измерений импульсных радиопомех с использованием АВР.

Типовые источники помех с нестационарными спектрально-энергетическими характеристиками

Электромагнитная обстановка в некоторой области пространства для заданной полосы частот обычно определяется несколькими источниками излучений. Если среди них имеется хотя бы один, отличающийся нестационарными спектрально-энергетическими характеристиками, то вся ЭМО приобретает характер нестационарной. Типовыми источниками помех с такими свойствами являются:

1. устройства генерации высокочастотных колебаний на основе магнетронов, работающих в нестабилизированном режиме. Типичным ТС этой группы являются СВЧ-печи бытового и промышленного назначения, излучение которых наиболее часто соответствует несущей, модулированной по частоте суммой нескольких гармоник. Для таких устройств отношение полосы излучения к его центральной частоте обычно лежит в интервале 5...20%;
2. передатчики радиолокационных станций (РЛС), использующие режим импульсного излучения [4]. При наличии кругового обзора его периодичность оказывает влияние на АВР

и должна учитываться при измерениях;

3. средства радиосвязи, в которых используется псевдослучайная перестройка рабочей частоты (ППРЧ), например для обеспечения скрытности передачи информации. Периодичность перестройки частоты обычно лежит в интервале от 0,1 до 10 мс [5], и быстродействие средств измерений АВР радиопомех оказывается достаточным для осуществления такого анализа;
4. средства радиосвязи, применяющие автоматическое управление несущей частотой для повышения качества передачи данных, например в условиях сложной электромагнитной обстановки [6];
5. любые другие ТС для генерации и обработки радиосигналов с выраженной циклической функционирования.

Среди перечисленных имеются технические средства, формирующие импульсные помехи с периодичностью около 1 с. К этой категории могут относиться, например, некоторые типы РЛС. При этом результаты измерений фактически не зависят от частоты повторения импульсов. Известно [2, 7], что для точных измерений одиночных и редко повторяющихся импульсов измерительные приёмники должны обладать большим запасом по линейности трактов, для которых требуемый коэффициент перегрузки превышает 40 дБ. Столь значимые требования приводят к увеличению стоимости измерительных приёмников и в целом технически трудно реализуемы. Применение АВР для анализа редко повторяющихся импульсных помех способно дать значительно более полное их описание.

Источники помех с нестационарными спектрально-энергетическими характеристиками могут характеризоваться наличием выраженных узкополосных спектральных составляющих (УСС) либо их отсутствием. Если в совокупной картине помехоэмиссии присутствуют УСС, то можно говорить об одном из трёх видов их изменчивости:

- частоты УСС постоянны, а их амплитуды изменяются;
- амплитуды УСС постоянны, частоты варьируются;
- изменяются и частоты, и амплитуды УСС.

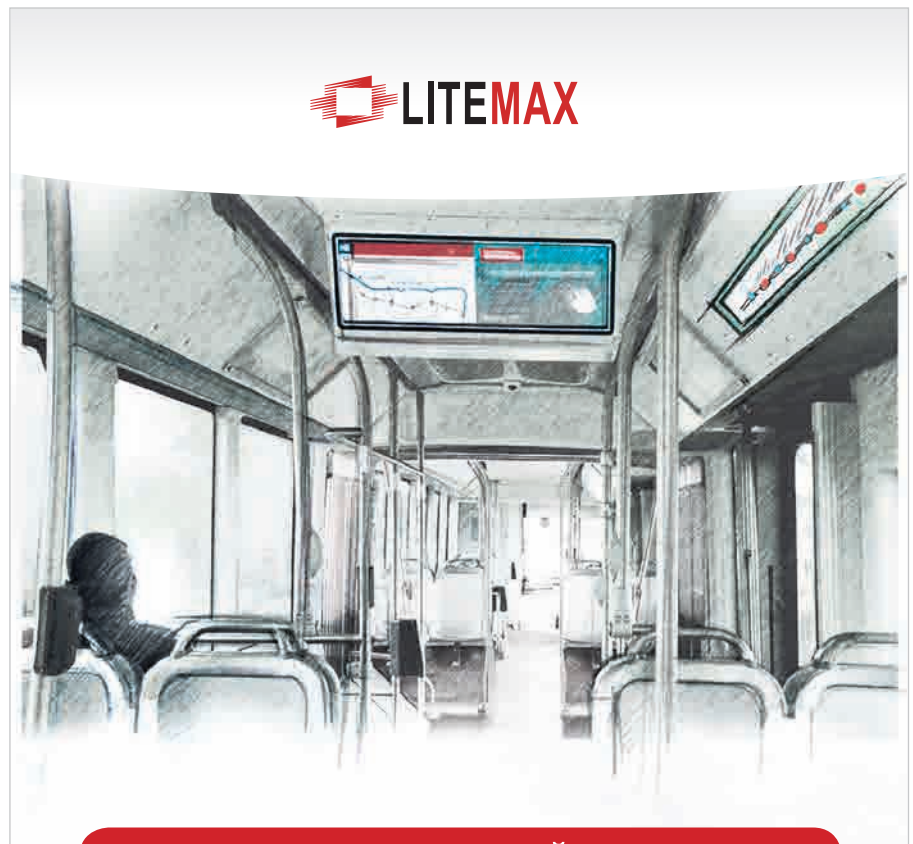
Если же в спектре помехоэмиссии УСС отсутствуют, то такую классификацию нестационарности спектрально-

но-энергетических характеристик использовать нельзя. В то же время АВР является универсальным способом представления информации о характере распределения амплитуд помех, не привязанным к конкретным их типам.

Требования стандартов к функциональности средств измерений с определением АВР радиопомех

В отечественной нормативно-технической базе требования к средствам

измерений, имеющим функцию определения АВР, установлены стандартами [2, 7]. Они предписывают выполнять измерения АВР радиопомех в диапазоне частот от 1 до 18 ГГц, но допускают возможность использования такого анализа радиопомех и на более низких частотах. АВР измеряют для одной или нескольких частот в этом диапазоне, для градуации амплитуд используют те же единицы, которые применяются для указания уровней помехоэмиссии. При этом определение АВР рассматривается



ВАШ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОПУТЧИК!

Полосковые дисплеи для транспорта

- ЖК-дисплеи серии SPANPIXEL™ с яркостью до 3000 кд/м²
- Размеры по диагонали от 6,2 до 65"
- Разрешение до 4K2K
- Угол обзора 178° (во всех плоскостях)
- Диапазон рабочих температур (некоторых моделей) –30...+85°C
- Возможна разработка под заказ
- Ресурс до 100 000 часов

PROCHIP
POWERED BY PROSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА
(495) 232-2522 • INFO@PROCHIP.RU • WWW.PROCHIP.RU



Реклама

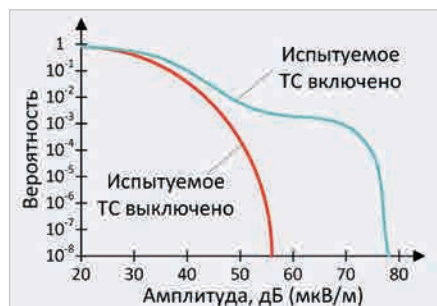


Рис. 1. Типовой вид АВР для собственных шумов средства измерений и помех, формируемых испытуемым ТС

как вспомогательная функция средств измерений. Для определения АВР обычно используется сигнал с детектора огибающей, характеризующий текущее значение уровня радиопомех.

Средство измерений в режиме определения АВР должно иметь динамический диапазон амплитуд свыше 60 дБ при точности определения амплитуд не хуже 2,7 дБ и минимальном значении измеряемой вероятности 10^{-7} . Максимальное время измерения помехи должно составлять не менее 120 с для обеспечения достоверности построения вероятностного распределения. Измерение прерывистых помех допускается проводить, если фактическое время нечувствительности прибора составляет менее 1% всего времени измерения. Измерение АВР должно проводиться при не менее чем двух уровнях амплитуды, причём вероятности, соответствующие всем предварительно выбранным уровням, должны определяться одновременно.

Разрешение при предварительном выборе амплитуд должно быть не ниже 0,25 дБ, скорость выборки — не менее 10 млн отсчётов/с при полосе разрешения 1 МГц. При использовании схем измерений с аналого-цифровым преобразователем (АЦП) рекомендуется использовать средства отображения информации с разрешением по амплитуде менее 0,25 дБ, количество амплитудных уровней для отображения зависит от разрешающей способности АЦП.

В приложениях G [2] и Ж [7] приведено следующее обоснование некоторых из перечисленных требований к определению АВР. Динамический диапазон амплитуд определяется как интервал всех возможных значений амплитуд, необходимый для измерения АВР. Верхний предел динамического диапазона должен быть больше пикового уровня измеряемой помехи, а нижний —

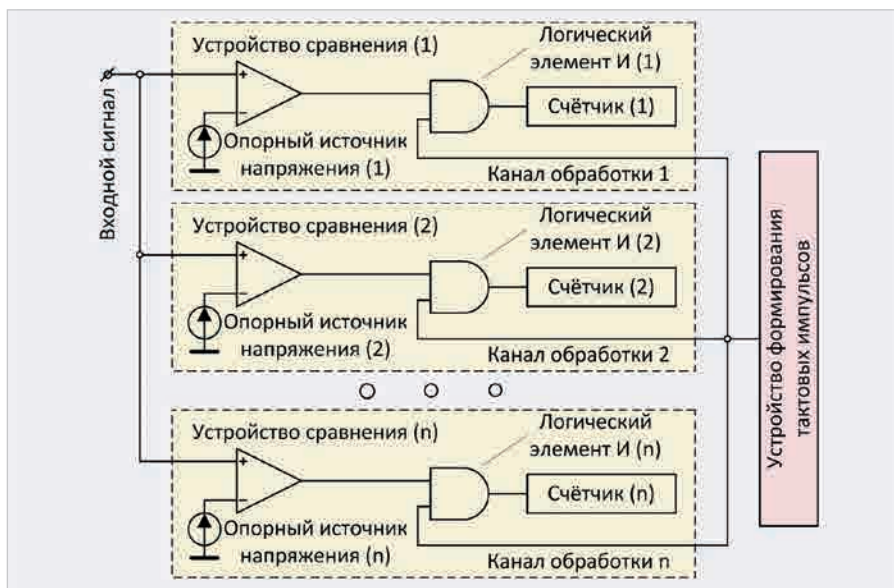


Рис. 2. Блок-схема устройства измерения АВР без АЦП

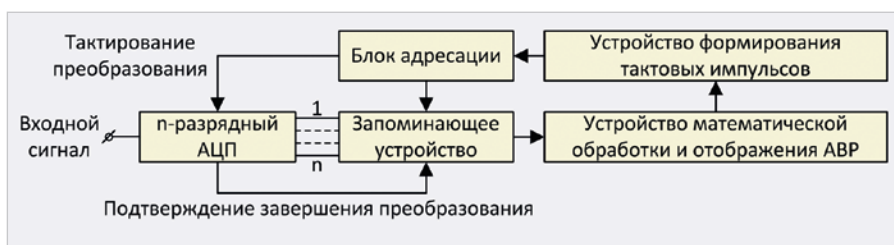


Рис. 3. Блок-схема устройства измерения АВР с использованием АЦП

меньше нормы помех, установленной для конкретного испытуемого устройства. В соответствии с CISPR 11 норма помех (пиковое значение) для промышленных, научных, медицинских и бытовых высокочастотных устройств группы 2 класса В установлена равной 110 дБ (мкВ/м), а «взвешенная» норма составляет 60 дБ (мкВ/м). Следовательно, динамический диапазон должен быть больше 60 дБ, включая запас 10 дБ.

Частота выборки определяется, исходя из следующих соображений. Для диапазона частот E, в котором обычно проводятся измерения АВР, импульсная полоса пропускания измерительного приёмника составляет 1 МГц, исходя из чего скорость выборок выбирается на порядок большей, что позволяет зарегистрировать редко повторяющиеся амплитуды радиопомех.

В CISPR 11 определено максимальное время удержания 120 с при измерениях помех от микроволновых печей для приготовления пищи с применением измерителя с пиковым детектором. Поэтому время измерения при определении АВР должно быть не менее данного значения. Из-за ограниченности памяти измерителей и диапазонов счётчиков допускаются перио-

дические измерения при условии, что общее время пауз между измерениями составляет менее 1% полного времени измерения.

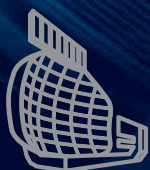
Из временных факторов оценивается и минимальное значение вероятности при построении АВР. Для получения статистически достоверного результата при расчёте АВР может потребоваться до 100 циклов измерений [2]. Для определения минимальной вероятности АВР это значение соотносят с количеством выборок, получаемых за один цикл измерений, что приближённо даёт значение 10^{-7} .

Наконец, последнее требование, касающееся амплитудного разрешения средства отображения АВР, обусловлено следующими соображениями. Амплитудное разрешение при отображении результатов распределения амплитуд зависит от динамического диапазона и разрешающей способности АЦП. Разрешение отображения становится менее 0,25 дБ при использовании 8-битового АЦП и динамическом диапазоне, равном 60 дБ. Таким образом, основные требования, предъявляемые к устройствам для измерения АВР радиопомех, определены потребностями практики и особенностями харак-

Анализатор спектра и сигналов высшего класса FSW

Новый стандарт анализа
в миллиметровом диапазоне

3 года
гарантии



Анализ импульсных сигналов
ЛЧМ и ППРЧ



Разработка современных
и перспективных стандартов радиосвязи



Защита
пользовательских
данных



Тестирование
спутниковой связи



www.rohde-schwarz.com/ru

ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real



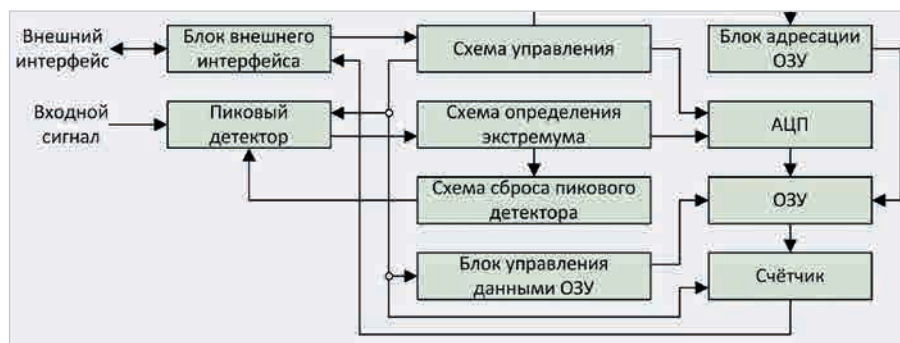


Рис. 4. Блок-схема устройства измерения АВР [8]



Рис. 5. Внешний вид измерительного приёмника R&S ESW44

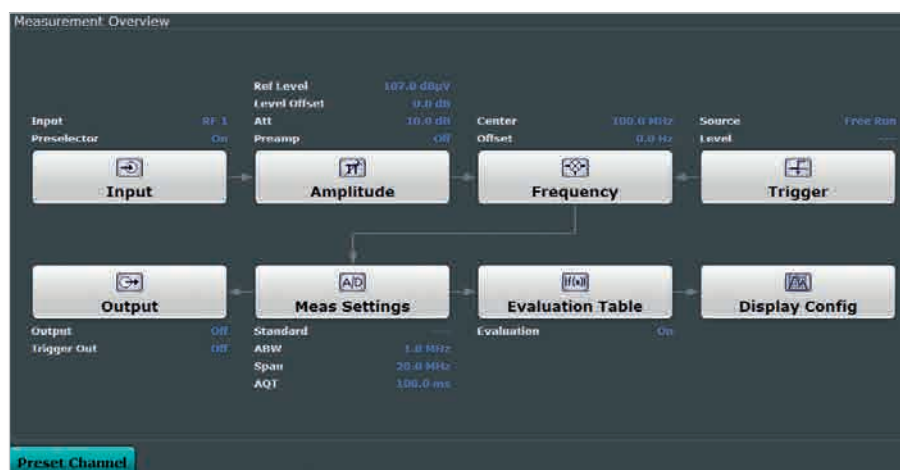


Рис. 6. Окно конфигурирования опции R&S ESW-K58 Multi CISPR APD

тера помехоэмиссии некоторых тестируемых объектов.

На рисунке 1 в качестве примера представлен график типовых АВР. Если испытуемое ТС выключено, то в отсутствие других источников помех АВР будет отражать для текущей частоты настройки статистические свойства собственных шумов линейного тракта средства измерений и антенны. Такой шум имеет тепловую природу и является широкополосным со статистически постоянной спектральной плотностью и удельной энергией. АВР для собственного шума средства измерений в координатах «амплитуда-вероятность» не

имеет резких изгибов и характеризуется выпуклостью вверх, в то время как АВР радиопомех испытуемого ТС имеет обычно два изгиба, как это показано на рисунке 1.

Способы и схемы измерений АВР

Рассмотренные стандарты [2, 7] не устанавливают требования к алгоритмам определения АВР, однако в качестве справочной информации содержат блок-схемы типовых устройств для таких измерений. На рисунке 2 представлена блок-схема устройства измерения АВР без использования АЦП. В ней количество каналов анализа

равно числу амплитудных уровней, для которых строится АВР. Каждый канал анализа имеет в своём составе устройство сравнения (компаратор), сопоставляющее входное напряжение с уровнем опорного источника, напряжение которого и определяет опорное значение амплитуды. Для обеспечения эквидистантности выборок по времени для всех каналов предусмотрено тактирование, частота которого должна быть, как следует из требования стандартов, не ниже 10 МГц. Превышение входным напряжением опорного значения вызывает появление на выходе компаратора высокого уровня, соответствующего логической единице, и каждый тактовый импульс обеспечивает регистрацию такого события счётным устройством. Счётчики должны иметь достаточное количество разрядов – для измерений длительностью 120 с при тактовой частоте 10 МГц общее количество обработанных выборок составит 1,2 млрд, что требует не менее чем 31 разряд двоичного кода для каждого счётчика. Учитывая высокую разветвлённость, система синхронизации такого устройства строится на основе особых технических решений.

На рисунке 3 представлена блок-схема для построения АВР с использованием АЦП. В ней запоминающее устройство фиксирует весь объём выборок в двоичном коде. В типовом случае применяется 8-битный АЦП, и тогда требуемый для измерений длительностью 120 с минимальный объём памяти составляет 1,2 Гбайт. В случае использования 12-битного АЦП этот объём увеличивается до 4,8 Гбайт. Для задания адреса записи и считывания используется специальный блок адресации, который по каждому следующему тактовому импульсу формирует новый начальный адрес для записи. Запись осуществляется по импульсному сигналу завершения оцифровки, вырабатываемому АЦП.

Построение функции АВР осуществляется путём последовательного считывания и математической обработки выборок. В некоторых случаях используются модификации данной схемы, в которых данные записываются в байтовые блоки, т.е. в группы по 8 бит, и тогда появляется возможность использования «лишних» разрядов для записи контрольной суммы каждой выборки, а схема несколько усложняется.

Помимо приведённых в стандартах [2, 7], имеются и альтернативные схемы для построения АВР радиопомех. Примером является схема [8], представленная на рисунке 4 и предназначенная для анализа помех с малой частотой повторения. Принцип её работы в целом аналогичен устройствам измерения АВР на основе АЦП. Координацию функционирования осуществляет схема управления. При осуществлении каждой оценки пиковый детектор включается на короткое время, и напряжение на его выходе нарастает. Предельное его значение фиксирует схема определения экстремума, которая сразу после этого обеспечивает разряд ёмкости (сброс) пикового детектора. Напряжение на выходе схемы определения экстремума оцифровывается при помощи АЦП, результаты оцифровки записываются в оперативное запоминающее устройство. Счётчик обеспечивает последовательное прочтение записанных значений и формирует функцию АВР непосредственно в ходе осуществления измерений.

Как видно из представленных схем измерений АВР, они все оперируют с отсчётами огибающей на промежуточной частоте. Наиболее рациональным вариантом реализации измерений АВР является использование не отдельных устройств, а соответствующих программных опций современных измерительных приёмников, в частности R&S ESW-K58 Multi CISPR APD. Эта опция функционирует на базе измерительных приёмников высшего класса серии R&S ESW (см. рис. 5).

Функциональность и особенности использования опции R&S ESW-K58 Multi CISPR APD

Опция R&S ESW-K58 Multi CISPR APD предназначена для расширения измерительных возможностей классического измерительного приёмника с функцией измерений АВР путём проведения таких измерений одновременно в 67 каналах с полосой 120 кГц и в 21 канале с полосой 1 МГц [9, 10]. Измерительные функции опции в части построения АВР строго соответствуют требованиям стандарта CISPR 16-1-1 и, например, в соответствии с CISPR 11 предназначены для проведения сертификационных испытаний СВЧ-печей. Основные особенности функции многоканального измерения АВР состоят в одновременности измерений во мно-

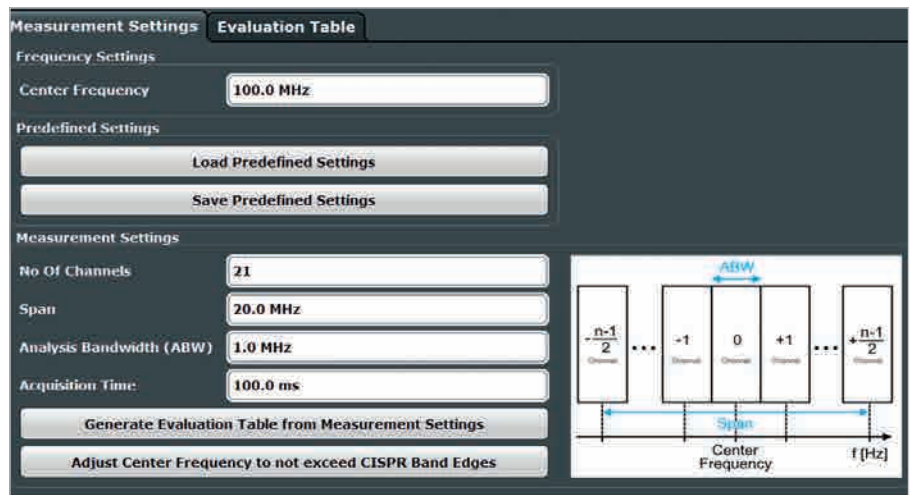


Рис. 7. Вкладка настройки режима измерений АВР

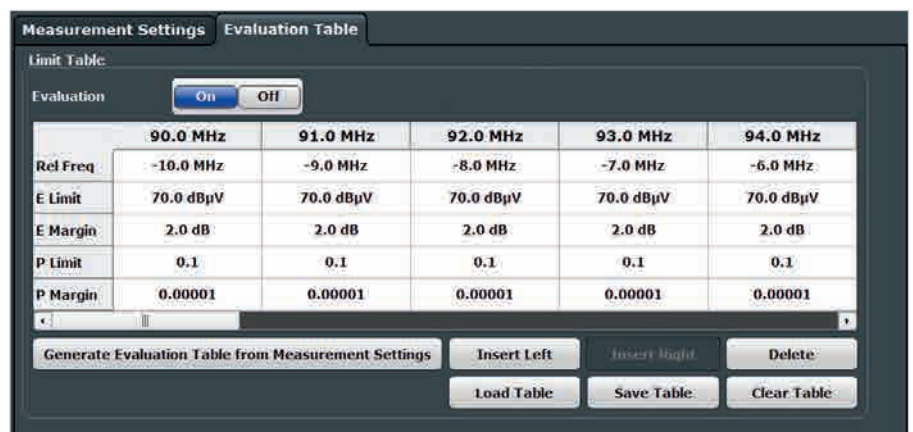


Рис. 8. Вкладка для задания данных для оценки результатов измерений



Рис. 9. Окно отображения результатов измерений опции R&S ESW-K58

гих каналах и в форме представления результатов измерений.

Multi CISPR APD является отдельным исполняемым на измерительном приёмнике приложением, которое запускается после выбора соответствующего режима измерений, и они начинаются с настройками по умолчанию. Настройка режимов

измерений и отображения их результатов осуществляется в окне приложения (см. рис. 6). Оно включает и стандартное конфигурирование линейной части измерительного приёмника – установку настроек по входу, включая использование преселектора, предусилителя, а также защиты от импульсов высокой мощно-

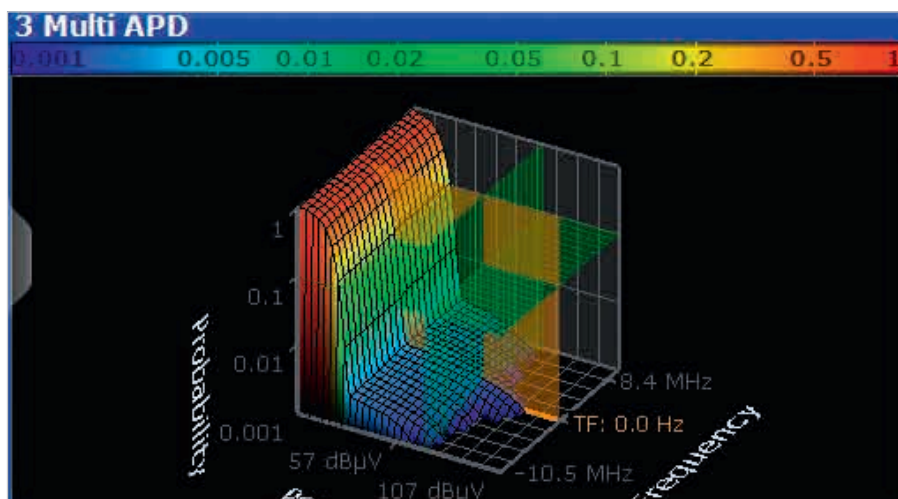


Рис. 10. 3D-диаграмма АВР

сти. Допускается проведение измерений с использованием внешних смесителей, расширяющих доступный для R&S ESW диапазон частот. Стандартным для приборов R&S ESW способом устанавливаются амплитудные и частотные параметры: опорный уровень, шаг сетки по частоте и амплитуде, ослабление встроенного аттенюатора, характеристики изменения частоты и амплитуды при стандартных операциях их перестройки.

Настройки предусматривают возможность использования запуска анализа по внешнему сигналу, подаваемому на вход на лицевой панели прибора R&S ESW после достижения им заданного уровня, а также использование внутреннего сигнала запуска для управления другими техническими средствами.

Настройка режима измерений осуществляется при помощи вкладки, форма которой показана на рисунке 7.

Здесь задаются центральная частота, количество каналов и полоса анализа для каждого из них, а также время сбора данных при измерениях. Имеется возможность сохранения настроек и вызова ранее заданных конфигураций.

Для каждой полосы построения АВР могут быть заданы критерии автоматического анализа на вкладке, показанной на рисунке 8. Данные для ограничительных линий в каждом канале могут быть загружены из файлов установленного формата либо сохранены.

В окне, показанном на рисунке 6, дополнительно могут быть заданы типы используемых измерительных преобразователей, например, антенн и токовых пробников с автоматическим пересчётом результатов измерений к конечным единицам при помощи калибровочных таблиц.

После завершения настроек и осуществления измерений АВР их результаты могут быть отображены в разных формах. Доступная для R&S ESW-K58 Multi CISPR APD визуализация позволяет строить трёхмерное амплитудно-вероятностное распределение, в котором третьей координатой является частота. Это обусловлено тем, что

НОВЫЕ МОЩНОСТИ — НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ



СВЧ-усилители мощности

- Диапазон частот: от HF до Ku
- Выходная мощность: 2...1000 Вт
- Типовое усиление: 25...65 дБ
- Рабочее напряжение: 28, 40 В



Многофункциональные CMOS MMIC

- Диапазон частот: S, C, X, Ku
- Выходная мощность: до 15 Вт
- Исполнение: QFN-корпус



GaN и GaAs MMIC

- Диапазон частот: 2...18 ГГц
- Выходная мощность: до 12 Вт
- Типовое усиление: 10...23 дБ
- Исполнение: QFN-корпус/кристалл



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

(495) 232-2522 ▪ INFO@PROCHIP.RU ▪ WWW.PROCHIP.RU

каналы анализа с заданными пользователем характеристиками расположены вплотную друг к другу, и их количество весьма велико. Пример окна отображения результатов измерений показан на рисунке 9, где цифрами отмечено несколько областей. В области 1 показаны основные настройки при измерении АВР, включая общий результат тестирования, получаемый путём сопоставления измеренных в каждом канале АВР с нормами, заданными пользователем. Цифрой 2 обозначена строка заголовка окна с отображаемыми результатами измерений, причём приборы R&S ESW поддерживают отображение нескольких окон одновременно. В общем случае в строке указывается тип детектора, режим развёртки, а также номер и цвет полученной кривой. В области 3 представлено измеренное АВР для одного из измерительных каналов, на график которого нанесены установленные для него же нормы.

В области 4 показаны основные результаты измерений. Здесь красным цветом отмечены уровни и частотные каналы, в котором АВР вышли за установленные нормы. Фактически это вид на 3D-диаграмму АВР в плоскости амплитуд и частот. В строках 5 и 6 представлена информация о частотном диапазоне, для которого строилось многоканальное АВР, и степень завершённости процесса измерений.

На рисунке 10 представлен вид 3D-диаграммы АВР, которая строится в категориях амплитуд, вероятностей и частот. Более тёплые цвета соответствуют большей вероятности. Частоты отсчитываются как смещения относительно номинала, задаваемого в области 1 окна, показанного на рисунке 9. Для упрощения анализа результатов измерений они сводятся в таблицу, показанную в нижней части окна. Таким образом, описываемая опция предоставляет возможность получения исчерпывающей информации о характере помехоэмиссии

на основе анализа многоканального АВР, измеренного в соответствии с пользовательскими настройками.

Заключение

Как следует из изложенного, современный подход к измерению импульсных радиопомех с использованием амплитудно-вероятностного распределения реализуется на аппаратно-программной платформе измерительных приёмников высшего класса, предназначенных для сертификационных испытаний на ЭМС. Построение АВР выполняется в соответствии с пользовательскими настройками и почти полностью автоматизировано, как это было показано на примере функциональности опции R&S ESW-K58 Multi CISPR APD.

Одновременное построение АВР для заданного количества частотных каналов исключает необходимость проведения последовательных измерений для каждой из частот, что кратно экономит время при испытаниях ТС. Важно также отметить, что АВР позволяет более точно измерить истинные средние и пиковые значения напряжённости электромагнитного поля радиопомех, чем классические измерения. Ввиду этого можно ожидать расширения номенклатуры ТС, для которых будут требоваться измерения АВР радиопомех. Это подтверждает и тот факт, что в новую, третью редакцию стандарта CISPR 32, охватывающую испытания по ЭМС для мультимедийных устройств, предложено ввести такое требование для измерений помехоэмиссии на частотах выше 1 ГГц [11].

Литература

1. Бузов А.Л., Быховский М.А., Васехо Н.В. и др. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем. Под ред. Быховского М.А. — М.: Эко-Трендз. 2006. 376 с.
2. ГОСТ CISPR 16-1-1–2016 «Требования к аппаратуре для измерения радиопомех

и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 1-1. Аппаратура для измерений радиопомех и помехоустойчивости. Измерительная аппаратура». М.: Стандартинформ, 2017. 79 с.

3. Лемешко Н.В., Захарова С.С. Действие нестационарных узкополосных радиопомех на сигналы цифровой эфирной передачи данных. Труды НИИР, сборник научных статей / Под ред. Бутенко В.В. М.: НИИР, 2017. №2. С.43-48.
4. Ширман Я.Д., Багдасарян С.Т., Маляренко А.С. и др. Радиоэлектронные системы. Основы построения и теория. Под ред. Ширмана Я.Д., М.: Радиотехника. 2007. 512 с.
5. Интернет-ресурс <https://www.bluetooth.com> (дата обращения 18.02.2021)
6. Zaidi A., Athley F., Medbo J. 5G Physical Layer. Principles, Models and Technology Components. Academic Press, 2018. 302 p.
7. ГОСТ Р 51318.16.1.1-2007 «Совместимость технических средств электромагнитная. Требования к аппаратуре для измерения параметров промышленных радиопомех и методы измерений. Часть 1-1. Аппаратура для измерения параметров промышленных радиопомех и помехоустойчивости. Приборы для измерения промышленных радиопомех». М.: Стандартинформ, 2008. 58 с.
8. Переверзев Л.А., Хамадуллин Э.Ф. Измерение импульсных радиопомех с использованием амплитудно-вероятностного распределения. Интернет-ресурс https://mks.ru/library/conf/biomedpribor/2000/sec09_14.html (дата обращения 18.02.2021)
9. Интернет-ресурс <https://www.microwavejournal.com/articles/33725-rohde-schwarz-has-added-new-timesaving-functions-to-its-high-end-rs-esw-emi-test-receiver> (дата обращения 18.02.2021).
10. R&S®ESW-K58 Multi CISPR APD. User Manual. 1179.0880.02-01. p.102.
11. Pettit J. New and Proposed Changes to CISPR SC I Standards. Интернет-ресурс <https://interferencetechnology.com/new-and-proposed-changes-to-cispr-sc-i-standards/> (дата обращения 24.02.2021).



НОВОСТИ МИРА

Аналоговый пьезоэлектрический голосовой акселерометр

VA1200 от Vesper – это пьезоэлектрический голосовой MEMS-акселерометр, который обеспечивает высокоточную оцифровку голоса (VPU) в наушниках, TWS (True Wireless Stereo), VR (Виртуальная реальность), AR (дополненная реальность), смарт-очках. акселерометр VA1200 мо-

жет использоваться для улавливания голоса пользователя через костную проводимость. Используя это устройство в сочетании со стандартным микрофоном, можно добиться превосходного снижения фонового шума и шума ветра. В отличие от традиционного микрофона, датчик VA1200 полностью невосприимчив к окружающим звукам и улавливает только голос пользователя в виде колебаний, распространяющихся че-

рез кости черепа и отфильтровывает фоновые шумы, такие как шум ветра, музыка, шум метро и шум толпы.

Крошечное устройство (2,90×2,76×0,9 мм) снабжено высокоточным VPU, автоматическим отключением звука, функцией голосовой аутентификации. Устройство может работать в экологически суровых условиях, поскольку устойчиво к пыли и влаге.

www.circuitdigest.com