

СОВРЕМЕННЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА RIGOL

UP-TO-DATE RIGOL SPECTRUM ANALYZERS

Афонский А.А. (A. Afonskiy), Главный редактор, Гуськов А.А. (A. Guskov)

В 2013-2014 годах в нашем журнале был опубликован целый цикл статей, посвященный измерительным приборам компании RIGOL Technologies, Inc. В обзорных статьях были подробно рассмотрены новые модели цифровых осциллографов, универсальных генераторов сигналов и программируемых источников питания с графическим интерфейсом. Однако ассортимент продукции, предлагаемый RIGOL Technologies, Inc. гораздо шире и даже в тех группах, о которых было написано в наших статьях, уже произошли значительные изменения.

Еще одним направлением измерительной техники Rigol являются анализаторы спектра [1].

Сравнительный анализ и основные функциональные возможности совре-



менных анализаторов спектра представлены в [2, 3]. Большинство мировых производителей измерительных приборов имеют данную группу продукции в своем ассортименте, например Tektronix, Rohde & Schwarz, Anritsu, Yokogawa, АКТАКОМ, СК-Белан и др. Но, пожалуй, безусловным лидером этой отрасли был и остается Keysight Technologies (Agilent Technologies).

К концу первого десятилетия 2000-х годов RIGOL Technologies, Inc. была уже довольно известной компанией. Во многих направлениях компания Rigol высту-

пала уже как законодатель мод, например в группе «цифровые осциллографы экономного класса с «длинной» памятью, но анализаторов спектра в своем ассортименте не имела. Поэтому неудивительно, что этот «пробел» было решено ликвидировать. В конце 2009 – начале 2010 года компания Rigol предложила свой модельный ряд анализаторов спектра. Первая линейка анализаторов спектра Rigol (DSA1000/A) была представлена тремя моделями: DSA1020, DSA1030, DSA1030A.



Рис. 1. Анализатор спектра Rigol DSA1030

Они различались, в основном, рабочим диапазоном частот (DSA1020 — до 2 ГГц, DSA1030/A — до 3 ГГц), наличием (индекс А) или отсутствием предусилителя, уровнем собственных шумов, полосами фильтров ПЧ и пр., а также рядом функциональных возможностей.

Вообще, анализаторы спектра на рынке измерительной техники представлены двумя основными видами приборов: переносными и стационарными. Выпуском анализаторов спектра серии DSA1000/A Rigol решил сосредоточить свои усилия именно на стационарных анализаторах спектра, правда, снабдив их возможностью батарейного питания для работы в полевых условиях. К сожалению, опция батарейного питания была доступна только для китайского рынка.



Рис. 2. Анализатор спектра Agilent N9320B

«Старшая» модель серии по своим характеристикам была очень похожа на популярнейший анализатор спектра компании Agilent Technologies N9320(A/B).

Погрешность опорного генератора у DSA1030A была немного хуже, чем у N9320, но по функционалу, да и по большинству основных характеристик, в стандартной комплектации модель от Rigol была не хуже, а то и превосходила модель Agilent.

Кроме того, немаловажен и тот

ЛИНЕЙКА АНАЛИЗАТОРОВ СПЕКТРА RIGOL НА НАЧАЛО 2014 ГОДА

	DSA815	DSA1020	DSA1030	DSA1030A
Диапазон	9 кГц...1,5 ГГц	9 кГц...2 ГГц	9 кГц...3 ГГц	9 кГц...3 ГГц
Стабильность	2 ppm/год	3 ppm/год		
Фазовый шум	<-80 дБн/Гц @10 кГц		<-88 дБн/Гц @10 кГц	
Предусилитель	штатно	—	опция	штатно
DANL (без предусилителя)	-115 дБм	-120 дБм	-120 дБм	-130 дБм
DANL (с предусилителем)	-135 дБм	нет	-138 дБм	-148 дБм
Уровень	DANL...+30 дБм	DANL...+30 дБм (до +40 дБм)		
Полоса ПЧ	100 Гц...1 МГц			10 Гц...1 МГц
Полоса видео	1 Гц...3 МГц			
Фильтры ЭМИ	опция	штатно: 9 кГц, 120 кГц, 200 кГц		
Квазипиковый детектор	опция	штатно		
Неравномерность АЧХ	<0,7 дБ	<1 дБ	<1 дБ	<0,7 дБ
Установка опорного уровня	-100 дБм...+20 дБм	-100 дБм...+30 дБм		
Собственные комбинированные помехи	<-88 дБм	<-85 дБм		
Свиппирование (SPAN=0)	20 мкс...1500 с	20 мкс...2000 с	20 мкс...3000 с	20 мкс...3000 с
Свиппирование (SPAN>0)	10 мс...1500 с	10 мс...2000 с	10 мс...3000 с	10 мс...3000 с
Демодулятор	AM/FM	AM/FM	AM/FM	AM/FM
Трекинг-генератор (опция)	опция	нет	опция	опция
	9 кГц...1,5 ГГц	нет	9 кГц...3 ГГц	9 кГц...3 ГГц
Выход VGA	Нет	Да		
Дисплей	8" TFT (800×480)	8,5" TFT (800×480)		
Габариты	362×179×128	399×223×159		
Вес	4,25 кг	6,2 кг		

РАСШИРЕННЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ

	DSA815	DSA1020	DSA1030	DSA1030A
Мощность в канале	опция DSA-800-AMK	опция DSA-1000-AMK	•	•
Мощность в соседних каналах				•
Занимаемая полоса				•
Коеф. гармонических искажений				•
Интермодуляционные искажения TOI				•
Сигнал/ шум				•
Мощность во временной области при Zero Span				•
Мощность в полосе между двумя точками (N dB)	•			
Измерение частоты частотомером	•	•	•	•
Фазовый шум	—	•	•	•
Анализ модуляций	—	•	•	•
Измерения КСВН	Опция	—	—	—

* Приведенные параметры в таблице являются типичными

факт, что DSA1030A существенно дешевле, чем N9320B.

Следует отметить, что для моделей DSA1030 и DSA1030A также была доступна опция трекинг-генератора. Эта опция превращает анализатор спектра в анализатор скалярного типа. Используя анализатор спектра с опцией трекинг-генератора, Вы можете замерять амплитудные характеристики материалов и оборудования, частотные характеристики, коэффициенты потерь и отражения, АЧХ и т.д.

Также следует отметить возможности проведения анализаторами спектров измерений на электромагнитную совместимость, благодаря фильтрам ЭМИ (9 кГц, 120 кГц, 200 кГц) и встроенному квазипиковому детектору.

Более того, серия анализаторов спектра DSA1000/A предлагала пользователям расширенные измерительные возможности, среди которых: изменение мощности в канале, мощность в смежных каналах, мощность во временной области, пропускная способность канала, отношение сигнал/шум, гармонические и негармонические искажения, частотомер, измерение фазового шума, анализ модуляций и др. Иллюстрации данных видов измерений будут даны далее.

Серия DSA1000/A определила стратегию развития анализаторов спектра Rigol на последующие годы. Многие принципы, реализованные в этих приборах, были внедрены и в последующих сериях и моделях.



Рис. 3. Анализатор спектра Rigol DSA815-TG

Анализируя рынок измерительной техники, специалисты RIGOL Technologies, Inc. пришли к выводу, что для многих измерительных задач функционал и возможности анализаторов спектра серии DSA1000/A может оказаться избыточным. Пользователям не всегда нужен также и диапазон частот до 3 ГГц...

И в середине 2012 года был представлен анализатор спектра Rigol DSA815.

Этот прибор произвел настоящий фурор на рынке анализаторов спектра. Впервые, пользователям предлагался прибор стоимостью около 1500\$ с такими функциональными возможностями. На рынке у DSA815, пожалуй, не было конкурентов по соотношению цена/характеристики.

Одновременно, с DSA815 была выпущена и модель анализатора спектра со встроенным трекинг-генератором DSA815-TG, что также дало преимущество продукции Rigol по сравнению с конкурентами. Именно эти две модели

первоначально сформировали серию анализаторов спектра Rigol DSA800. В базовой комплектации DSA815 многие функциональные возможности, которые были присущи серии DSA1000, отсутствовали, но они были доступны к поставке в качестве опции за дополнительную плату, например:

- опция квазипикового детектора и ЭМИ измерений (DSA800-EMI);
- опция расширенных измерений, с таким же функционалом, как и у серии DSA1000 (DSA800-AMK);
- кроме того, в серии DSA800 была добавлена программная опция измерения КСВН (DSA800-VSWR) — для ее работы требуется наличие трекинг-генератора и приобретение измерительного моста.

Однако в 2014 году в ассортименте анализаторов спектра Rigol произошли существенные изменения. Анализаторы спектра Rigol DSA815 практически вытеснили с рынка DSA1020, т.к. при практически одинаковом частотном диапазоне и даже лучшими характеристиками модель DSA815 была существенно дешевле, чем DSA1020.

Кроме того, компания RIGOL Technologies, Inc. выпустила модели анализаторов спектра с расширенным частотным диапазоном DSA832 (9 кГц до 3,2 ГГц) и DSA875 (от 9 кГц до 7,5 ГГц).

Традиционно вместе с базовыми моделями были также выпущены и модели



Рис. 4. Анализатор спектра Rigol DSA832-TG

со встроенным следящим (трекинг) генератором DSA832-TG и DSA875-TG. Данные модели совместили в себе все лучшее, что было наработано в сериях DSA1000/A и моделях DSA815/-TG.

Новые анализаторы спектра размещаются в таком же корпусе, как и DSA815.

Следует заметить, что, несмотря на внешнее сходство и схожими возможностями по функциональности, анализаторы DSA832 и DSA875 имеют и очень существенные отличия от DSA815:

- Более широкий рабочий диапазон: от 9 кГц до 3,2 ГГц (DSA832) и от 9 кГц до 7,5 ГГц (DSA875);
- Лучший уровень собственных шумов (до -161 дБм с включенным предусилителем) для более точного анализа сигналов с небольшой амплитудой на фоне шумов;
- Более высокие характеристики по стабильности: температурная стабильность источника опорной частоты $\pm 5 \times 10^{-7}$, Уход погрешности источника опорной частоты $\pm 1 \times 10^{-6}$ /год;

Таблица 2

АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА RIGOL

	DSA815	DSA832	DSA875
Диапазон	9 кГц...1,5 ГГц	9 кГц...3,2 ГГц	9 кГц...7,5 ГГц
Стабильность	2 ppm/год	1 ppm/год	1 ppm/год
Темп. стабильность	<1 ppm	<0,5 ppm	
Фазовый шум	<-80 дБн/Гц @ 10 кГц	<-98 дБн/Гц @ 10 кГц	
Предусилитель	опция		
DANL (без предусилителя)	-115 дБм	-134 дБм	
DANL (с предусилителем)	-135 дБм	-151 дБм	
Уровень	DANL...+30 дБм		
Полоса ПЧ	100 Гц...1 МГц	10 Гц...1 МГц	
Полоса видео	1 Гц...3 МГц		
Фильтры ЭМИ	опция (9 кГц, 120 кГц, 200 кГц)		
Квазипиковый детектор	опция		
Неравномерность АЧХ	<0,7 дБ	<0,3 дБ	
Установка опорного уровня	-100 дБм...+20 дБм		
Гармонические искажения	+40 дБм	+45 дБм	
Интермодуляционные искажения (TOI)	+10 дБм	+15 дБм	
Сви́пирование (SPAN=0)	20 мкс...1500 с	20 мкс...3200 с	20 мкс...7500 с
Сви́пирование (SPAN>100 Гц)	10 мс...1500 с	1 мс...1500 с	1 мс...1500 с
Демодулятор	AM/FM		
Трекинг-генератор (опция)	опция	опция	опция
	100 кГц...1,5 ГГц установка от 9 кГц -20 дБм...0 дБм	100 кГц...3,2 ГГц установка от 9 кГц -40 дБм...0 дБм	100 кГц...7,5 ГГц установка от 9 кГц
Измерение КСВН	опция		
Расширенные измерения	опция		
Входы/выходы	RF вход, выход трекинг-генератора (опция), вход/выход опорного генератора 10 МГц, вход внешнего запуска		
Интерфейсы	USB host, USB device, LAN (LXI core 2011), GPIB (опция)		
Дисплей	8" TFT (800×480)		
Габариты	362×179×128		
Вес	4,25 кг	4,55 кг	

* Приведенные параметры в таблице являются типичными

- Лучшее разрешение фильтров ПЧ: 10 Гц...1 МГц, с шагом 1-3-10, что позволяет точнее выделить два сигнала с близкими частотами;
- Плотность фазовых шумов у DSA832 и DSA875 — не более -98 дБн/Гц @ 10 кГц против -80 дБн/Гц @ 10 кГц у DSA815;
- Лучшие характеристики по линейности АЧХ (менее 0,3...0,5 дБ), неопределенностям, гармоническим и негармоническим искажениям;
- Ряд других параметров.

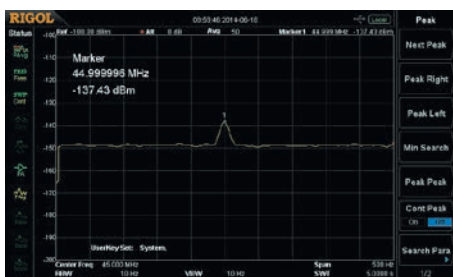


Рис. 5. Включенный предусилитель позволяет выделять измерять сигналы с малым уровнем

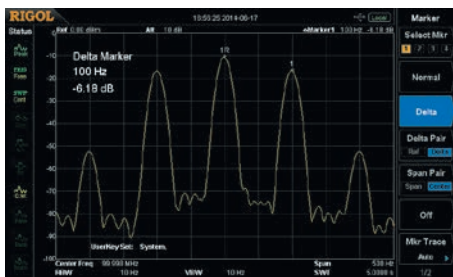


Рис. 6. Узкий фильтр ПЧ позволяет легко разделить два сигнала с близкими частотами и амплитудами

В новых анализаторах спектра DSA800 серии пользовательский интерфейс остался таким же, как и в ранее выпускавшихся моделях, что обеспечивает некоторую преемственность в работе. Он сочетает в себе, как классическое меню, используемое для спектроанализаторов, т.е. расположенное справа на дисплее, так и удобное оповещение в виде пиктограмм о текущем статусе прибора (слева), например, типы детектирования, режимы развертки, тип запуска и т.п.

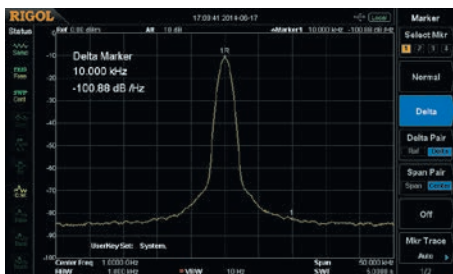


Рис. 7. Низкий уровень фазовых шумов

Текущие установки для частотного диапазона, такие как: центральная частота, полоса обзора, параметры фильтров и т.п. располагаются в нижней части дисплея. В верхней части дисплея используется двухстрочная структура: амплитудные характеристики, в т.ч. результаты измерений (отображены в од-

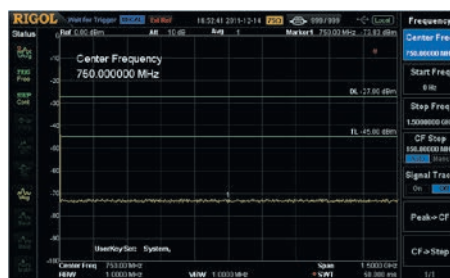


Рис. 8. Пользовательский интерфейс анализаторов спектра Rigol

ной строке); подключенные устройства, часы и ряд статусов неотображенных в левой части дисплея (расположены в другой строке).

Таким образом, практически все параметры настроек, статусы, результаты измерений и т.п. доступны для контроля пользователю в любой момент, что, конечно, очень удобно.

Структура управления приборами также осталась практически без изменений. Справа от дисплея располагаются кнопки управления меню, кнопки выбора функций, цифровая клавиатура и поворотный регулятор.

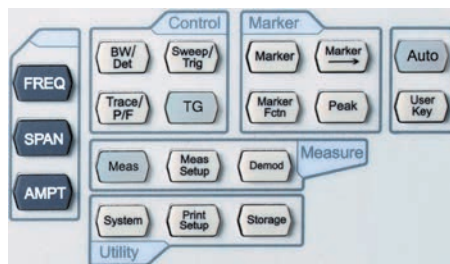


Рис. 9. Кнопки выбора функций

Слева от экрана расположены три кнопки быстрого доступа: кнопка встроенной системы помощи (Help), кнопка сброса на предустановки (Preset) и кнопка выдачи на печать.

Подробно описывать в данной обзорной статье известные функции анализаторов спектра, такие, как: установка маркеров, автоматическое масштабирование, функции коррекции АЧХ и др., мы не будем, но о некоторых из них мы все же расскажем.

В серии DSA800 для различных измерительных задач могут быть выбраны семь типов детектирования: положительный пиковый детектор, отрицательный пиковый детектор, детектор выборки, нормальное (стандартное Розенфельда) детектирование, среднеквадратический



Рис. 10. Вид дисплея в режиме ЭМИ измерений

детектор, детектор с усреднением и квазипиковый детектор, применяемые для ЭМИ измерений (опция DSA800-EMI). Одновременно при установке опции DSA800-EMI пользователь получает возможность выбора фильтров ПЭМИН: 200 Гц, 9 кГц и 120 кГц.

И, как уже было сказано ранее, тип выбранного детектора отображается в правой части экрана в виде пиктограммы.

Анализаторы спектра Rigol предлагают пользователю широкие возможности по настройке параметров сканирования и запуска: автоматическую или ручную настройку времени сканирования; разовый (с выбором количества проходов от 1 до 9999) или непрерывный режим сканирования: тип запуска (свободный, видео или внешний) с настройкой параметров запуска (фронта и уровня).

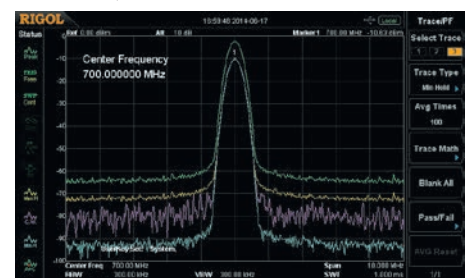


Рис. 11. Одновременное отображение до четырех кривых спектра

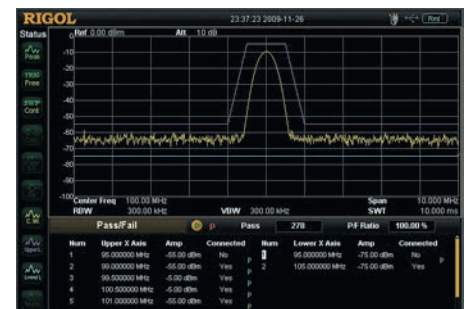


Рис. 12. Режим тестирования по маске «Годеи — Не годеи»

Анализаторы спектра DSA800 могут одновременно отображать до четырех кривых спектра. Каждая кривая отображается своим цветом. Кривые желтого, фиолетового и голубого цвета можно настраивать, а кривая зеленого цвета отображает результат математической операции.

При настройке кривых спектра можно выбрать следующие установки: очистка, удержание максимального и минимального значений, отображение среднего значения, средняя мощность, отображение и отключение. А в качестве математической операции: вычитание одной кривой из другой, сложение с константой или вычитание константы.

Также во всех моделях анализаторов спектра Rigol в стандартной поставке доступна функция тестирования по маске «Годеи — Не годеи».

Для удобства определения и фиксации амплитуды сигналов, гармоник и т.п. в анализаторах спектра Rigol имеет-

ся возможность, как ручной, так и автоматической работы с пиковыми значениями. Приборы могут производить поиск максимальных и минимальных пиков, перемещать маркер с одного пикового значения на другое, составлять таблицу, в которой может отображаться до 10 значений амплитуды и частоты пиков.

Но, кроме стандартных измерений, практически все анализаторы спектра Rigol предлагают возможность расширенных измерений. Для модели DSA1030A эти возможности предоставляются в базовой поставке, для других моделей — это дополнительная опция (DSA-1000-AMK для серии DSA1000, DSA-800-AMK для серии DSA800).

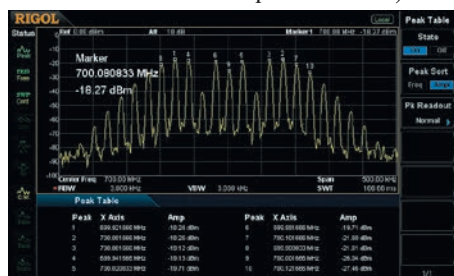


Рис. 13. Создание таблицы пиков

Всего доступно 11 расширенных измерительных функций (рис. 14).

Чтобы показать возможности анализаторов спектра Rigol, расскажем о них немного подробнее.

Измерение мощности в канале (Channel Power). Результатом выбора данной функции (рис. 15) является измерение двух параметров:

- Мощность в канале — вычисление интегральной мощности внутри заданной полосы (канала);
- Спектральная плотность мощности — интегральная мощность, приходящаяся на 1 Гц внутри заданной полосы частот. Измеряется в дБм/Гц.



Рис. 14. Расширенные измерительные функции анализаторов спектра Rigol

Измерение мощностей в соседних каналах (Adjacent Channel Power). Позволяет проводить измерение следующих параметров (рис. 16):

- Мощность основного канала — измерение мощности в заданной полосе;
- Мощность предыдущего канала — измерение мощности в канале с меньшим значением центральной частоты и соотношения мощностей в данном и основном канале (единица измерения — дБн);

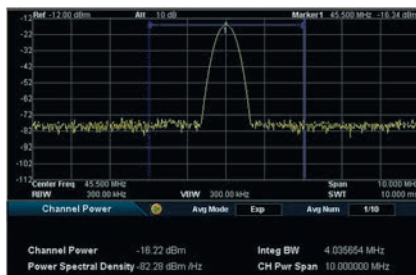


Рис. 15. Функция измерения мощности в канале

- Мощность следующего канала — измерение мощности в канале с большим значением центральной частоты и соотношения мощностей в данном и основном канале (единица измерения — дБн).

Измерение мощности во временном интервале (Time Domain Power). Данная измерительная функция (рис. 17) позволяет проводить измерения мощности во временном интервале (T-Power) от заданной начальной до заданной конечной линии развертки при нулевой полосе пропускания. Пользователь может измерить пиковое, среднее и среднеквадратичное значение мощности.

Измерение занимаемой полосы (Occupied BandWidth). В результате использования данной измерительной функции (рис. 18) пользователь получает возможность вычисления двух параметров:

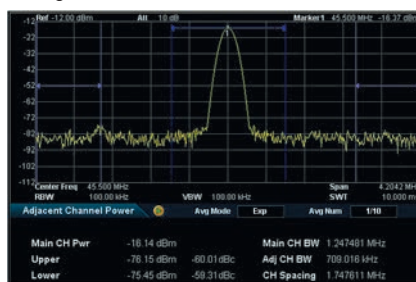


Рис. 16. Функция измерения мощности в смежных каналах

- Занимаемая полоса — это диапазон частот, который соответствует заданному коэффициенту мощности внутри всей ширины полосы обзора при вычислении в ней интегральной мощности;
- Разница между центральной частотой канала и центральной частотой анализатора спектра.

Измерение ширины полосы (Emission BandWidth). Позволяет измерить ширину полосы сигнала между двумя заданными точками на нужной амплитуде сигнала.

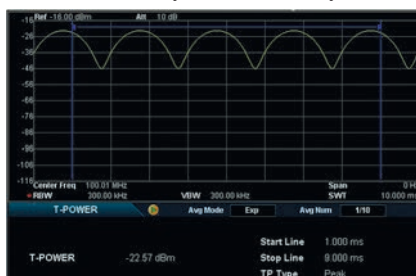


Рис. 17. Функция измерения мощности во временном интервале

ла, т.е. сначала определяется частота максимального уровня сигнала, а затем пользователь выбирает справа и слева от этой частоты на сигнале точки с меньшим значением уровня. Разница частот между этими точками и будет являться шириной полосы (рис. 19).

Измерение отношения сигнал/шум (Carrier to Noise Ratio). Еще одним важным параметром, который позволяет измерять анализаторы спектра Rigol является отношение сигнал/шум (рис. 20).



Рис. 18. Функция измерения занимаемой полосы

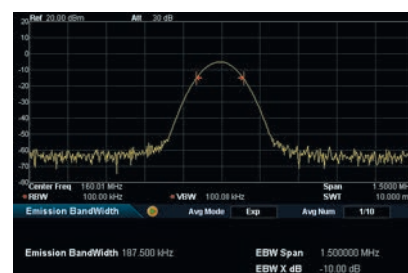


Рис. 19. Функция измерения ширины полосы



Рис. 20. Функция измерения отношения сигнал/шум

В процессе реализации этого измерения анализатор спектра выводит на экран мощность несущей в заданной полосе, мощность шума в заданной полосе, а затем вычисляет и отображает их отношение.

Измерение гармонических искажений (Harmonic Distortion). При активации данной измерительной функции (рис. 21) анализатор спектра выдает на экран амплитуду и частоту каждой гармоники до 10-го порядка включительно, а также отображает общий коэффициент гармонических искажений.

Измерение интермодуляционных искажений третьего порядка (TOI Distortion). Одной из сложных измерительных задач является измерение интермодуляционных искажений, т.е. тех самых нелинейных искажений, которые могут сильно влиять на работу различных систем связи. При подаче на вход анализатора спектра двухтонального сигнала одинаковой амплитуды и близ-

кими частотами возникают искажения в виде комбинационных составляющих, вызванных сложением и вычитанием основных и гармонических частот входного сигнала. Значения этих частот, а также точки пересечения третьего порядка (TOI) и отображают анализаторы спектра Rigol при реализации данной измерительной функции (рис. 22).

Измерение полосы частот по уровню (N db). При выборе данной функции пользователь может установить или измерить разницу частот между двумя точками падения (N<0) или подъема (N>0) амплитуды N дБ точки маркера (рис. 23).

Точный подсчет частоты. Это, наверное, самая простая и понятная функция в наборе расширенных измерительных функций анализаторов спектра Rigol. Она включает или отключает режим точного подсчета частоты. Разрешение может быть установлено от 1 Гц до 100 кГц. Точное измеренное значение частоты отображается в верхнем правом углу дисплея (рис. 24).



Рис. 21. Функция измерения гармонических искажений

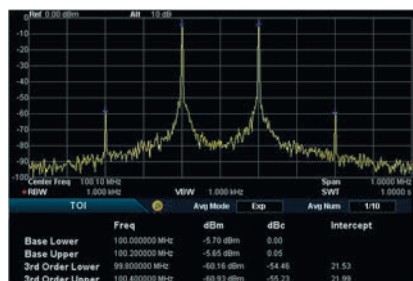


Рис. 22. Функция измерения интермодуляционных искажений третьего порядка

И, наконец, одиннадцатой функцией входящих в набор расширенных измерений для анализаторов спектра Rigol является шумовой маркер или маркер шума. Пользователь устанавливает маркер на шум, а анализатор спектра вычисляет плотность мощности в месте расположения маркера.

Еще одной дополнительной возможностью анализаторов спектра Rigol серии DSA800 является опция измерения KCBH DSA800-VSWR. Измерение KCBH доступно для тех моделей этой серии анализаторов спектра, которые имеют встроенный трекинг-генератор. Такие модели имеют буквенный индекс «-TG» в названии, например DSA832-TG. Для проведения измерений KCBH на выход встроенного трекинг-генератора и вход анализатора спектра под-

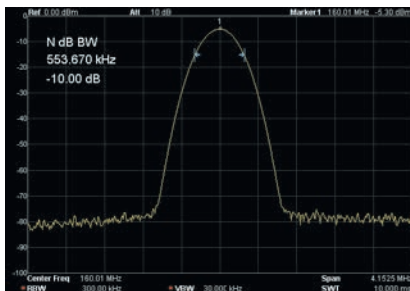


Рис. 23. Функция измерения полосы частот по уровню

ключается специальное устройство — мост для измерения KCBH.

Для различных анализаторов спектра и в зависимости от рабочего частотного диапазона, Rigol предлагает три варианта моста:

- VB1020: 1 МГц...2 ГГц;
- VB1040: 800 МГц...4 ГГц;
- VB1080: 2 ГГц...8 ГГц.

На самом деле опция измерения KCBH DSA800-VSWR позволяет вычислять не только сам KCBH, но и ряд других S11 параметров, например таких, как коэффициент обратных потерь и коэффициент отражения. Все эти три параметра, а также частота, на которой проводится измерения, отображаются в нижней части рабочего окна анализатора спектра.

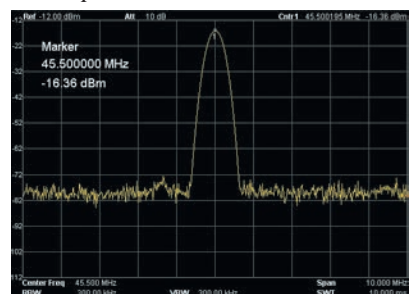


Рис. 24. Функция точного подсчета частоты

Ранее в данной статье уже упоминались возможности анализаторов спектра Rigol для использования при тестировании на электромагнитную совместимость. Необходимым условием таких измерений является наличие в анализаторе спектра квазипикового детектора и фильтров ПЧ по уровню -6 дБ (9 кГц, 120 кГц, 200 кГц) [4].

Эти возможности в серии DSA800 реализуются приобретением и активацией опции DSA800-EMI. Однако для

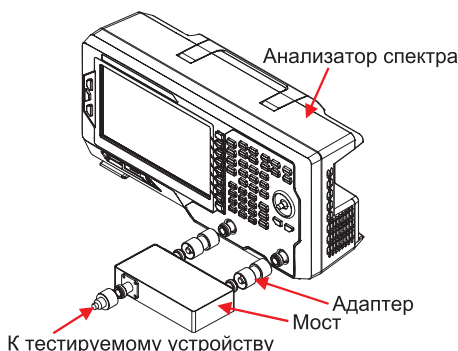


Рис. 25. Подключения измерительного моста к анализатору спектра

проведения этих измерений необходим еще и конкретный инструмент — датчик, который и должен фиксировать магнитную и электрическую составляющую поля. В настоящее время для этих целей Rigol предлагает комплект зондов ближнего поля RF2.

Комплект RF2 содержит четыре зонда ближнего поля различной конфигурации, которые позволяют проводить тестирования на ЭМС в диапазоне от 30 МГц до 3 ГГц. Зонд ближнего поля выступает антенной, которая фиксирует магнитное поле путем изменения ориентации датчика.



Рис. 26. Комплект моста для измерения KCBH VB1040

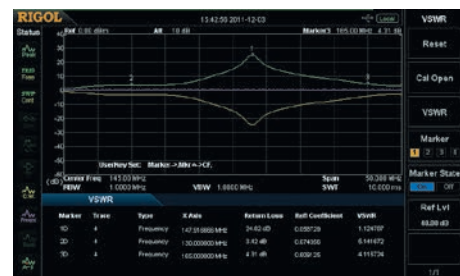


Рис. 27. Внешний вид дисплея в режиме измерения KCBH

В анализаторах спектра Rigol DSA предусмотрены широкие возможности по внешней синхронизации и тактированию, связи с ПК и передачи данных (USB, LAN интерфейс 10/100 Base-T, RJ-45, LXI Class C, GPIB (опция)), а также сохранению данных, как во внутреннюю память, так и на внешний USB носитель.



Рис. 28. Комплект зондов ближнего поля RF2

Пользователь может выполнять дистанционное управление анализатором спектра, отправляя команды, используя различное программное обеспечение. Анализаторы спектра Rigol поддерживают следующие виды управления:

- Универсальное программное обеспечение Ultra Sigma компании Rigol;

- Программное обеспечение NI Measurement & Automation Explorer компании National Instruments;
- Программное обеспечение IO Libraries Suite компании Keysight Technologies (Agilent Technologies).

Кроме возможности дистанционного управления при помощи SCPI команд Rigol предлагает пользователям и полнофункциональное программное

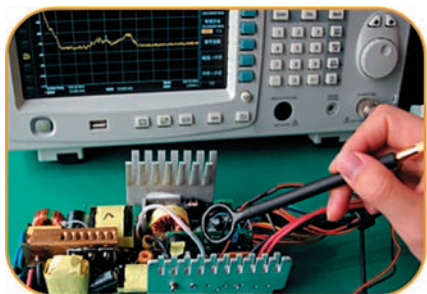


Рис. 29. Иллюстрация режима ЭМИ измерений на анализаторах спектра Rigol при помощи зонда ближнего поля

обеспечение Ultra Spectrum. Ultra Spectrum может использоваться для всех анализаторов спектра Rigol серий DSA800 и DSA1000/A. Данное программное обеспечение имеет два режима: основной и расширенный.

Основной режим обеспечивает управление и конфигурирование параметров анализатора спектра, а также позволяет выполнять обработку данных, полученных от анализатора спектра. Расширенный режим позволяет выполнять те же функции, что и в основном режиме работы, а также содержит расширенные функции по анализу и обработке сигналов.



Рис. 30. Анализатор спектра Rigol серии DSA800 (вид сзади)

Ultra Spectrum — это действительно мощное программное обеспечение для работы с анализаторами спектров Rigol. О нем можно написать целую статью. Ниже приведены лишь основные возможности данного ПО.

- Работа при помощи мыши обеспечивает простоту в использовании;

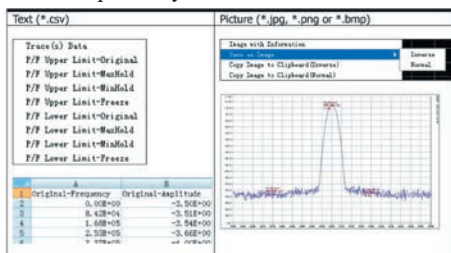


Рис. 31. Сохранение данных в формате CSV в ПО Ultra Spectrum



Рис. 32. Отображение режима детектирования пиков и создания таблицы пиков в ПО Ultra Spectrum

- Различные операции при помощи маркеров с возможностью создания до 20 маркеров;
- Легкое и быстрое создание и построение трасс; всего доступно 7 основных и 12 пользовательских операций;
- Различные функции по сохранению и загрузке данных в/из различных форматов (рис. 31);
- Детектирование пиков и плоских участков (рис. 32);

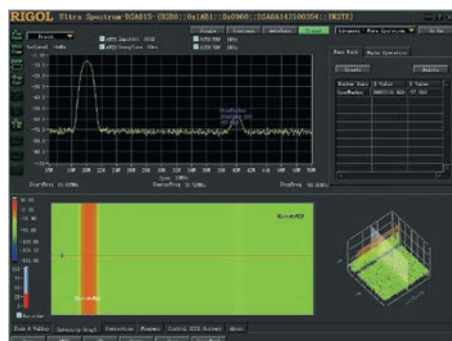


Рис. 33. Отображение спектров сигналов в виде графика, сонограммы и трехмерном виде в ПО Ultra Spectrum

- Отображение истории спектрограмм (рис. 33) с отображением сонограммы, а также спектрограммы сигнала в 3D виде в одном из четырех вариантов: Амплитуда-Частота-Время (A-F-T), Частота-Время (F-T), Частота-Амплитуда (F-A) и Время-Амплитуда (T-A);
- Амплитудная коррекция (рис. 34);

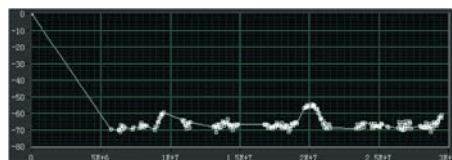


Рис. 34. Амплитудная коррекция с редактированием в ПО Ultra Spectrum

- Расширенные измерительные функции, в т.ч. реализованные в опции DSA-800-AMK, тестирования по маске «Годеи – Негоден» (рис. 35);
- Отображение списка SCPI команд и дистанционное управление анализатором спектра через командную строку.

В данной статье были рассмотрены основные возможности анализаторов спектра Rigol серий DSA1000/A и DSA800. Ее актуальность вызвана еще

и тем, что в современных условиях, интерес к продукции Rigol неуклонно возрастает и именно Rigol предлагает отличную и относительно недорогую альтернативу продукции известных мировых брендов, хотя, откровенно говоря, уже и сам фактически стал таковым. В заключение статьи следует упомянуть, что анализаторы спектра Rigol DSA832 и DSA875 в конце лета 2015 года были включены в государственный реестр средств измерений РФ за номером 61272-15. Срок действия свидетельства об утверждении типа средств измерений до 11 августа 2020 года. Это позволит использовать данные приборы в сфере метрологического контроля и надзора.



Рис. 35. Измерение мощности в соседних каналах в ПО Ultra Spectrum

Редакция благодарит компанию RIGOL Technologies, Inc. и официального дистрибьютора Rigol на территории РФ и стран СНГ ООО «Ирит» за предоставленные материалы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Раздел «Энциклопедия измерений» на сайте журнала «Контрольно-измерительные приборы и системы» (www.kipis.ru/info/index.php?ELEMENT_ID=527598).
2. Афонский А.А., Дьяконов В.П. Цифровые анализаторы спектра, сигналов и логики. Серия «Библиотека инженера». Под ред. проф. В.П. Дьяконова. М.: СОЛОН-Пресс. 2009.
3. Афонский А.А., Дьяконов В.П. Электронные измерения в нанотехнологиях и в микроэлектронике. Под ред. проф. В.П. Дьяконова. М.: ДМК Пресс, 2011. Стр. 284.

In 2013-2014 we published many articles dedicated to the measuring equipment of RIGOL Technologies, Inc., namely about new digital oscilloscope models, general-purpose signal generators and programmable power supplies with graphical interface. But the product range offered by RIGOL Technologies, Inc. is much wider than the foresaid groups and is not limited with them only. This article is about one more group of Rigol devices. Read the present article to find more about Rigol spectrum analyzers.