

# ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ АНАЛИЗАТОРОВ СПЕКТРА RIGOL

## FUNCTIONAL CAPABILITIES OF RIGOL SPECTRUM ANALYZERS

Гуськов А.А. (A. Guskov), сертифицированный специалист по продукции RIGOL

В журнале КИПиС 2015 № 6 была опубликована статья «Современные анализаторы спектра Rigol», которая продолжала цикл статей, посвященных измерительным приборам компании RIGOL Technologies, Inc. Но со временем модельный ряд приборов постоянно изменялся. К моменту написания обзора, опубликованного в журнале КИПиС 2015 № 6, у Rigol были 3 базовые модели: DSA815 с частотным диапазоном 9 кГц...1,5 ГГц, DSA832 (до 3,2 ГГц) и DSA875 (до 7,5 ГГц). Каждая из этих моделей могла быть поставлена совместно с опцией следящего генератора (трекинг-генератора).



Рис. 1. Анализатор спектра Rigol DSA832E с опцией трекинг-генератора

Следуя не писанной для компании RIGOL Technologies, Inc. традиции, расширение модельного ряда для анализаторов спектра Rigol пошло от «старших» приборов к «младшим», т.е. сначала Rigol выпускает более функциональные и производительные приборы, а затем они берутся за основу и на их базе выпускаются приборы с более упрощенными



параметрами. Сначала на базе модели DSA832 была выпущена модель DSA832E, а на базе модели DSA815 была выпущена серия DSA700, состоящая пока из двух моделей DSA710 и DSA705. Исключение составил лишь анализатор спектра DSA875, «упрощенной» модели для которого в Rigol выпускать не стали.

Внешне базовая и «упрощенная» модели выглядят практически одинаково (рис. 1).

Изменения касаются технических параметров, и, естественно, стоимости приборов. Удивительно, но при одинаковой функциональности и не сильно различающихся параметрах у моделей DSA832 и DSA832E, первая практически в два раза дешевле второй! А реальное различие этих моделей можно увидеть в таблице 1.

Следует отметить, что обе модели включены в Государственный реестр средств измерений РФ за номером 61272-15. В обеих моделях опционально доступна установка трекинг-генератора (DSA832-TG и DSA832E-TG). Эта опция превращает анализатор спектра в анализатор скалярного типа. Используя анализатор спектра с опцией трекинг-генератора, можно измерять амплитудные характеристики материалов и оборудования, частотные характеристики, коэффициенты потерь и отражения, АЧХ и т.д. Используя дополнительные аксессуары, можно вычислять коэффициент

стоячей волны по напряжению (КСВН) и ряд других S11 параметров.

Почти пять лет самым недорогим и популярным анализатором спектра Rigol была модель DSA815 с частотным диапазоном 9 кГц...1,5 ГГц. Но даже такой частотный диапазон для достаточно большого числа пользователей был избыточен. Кроме того, чем больше максимальная рабочая частота анализатора спектра при идентичности или схожести других параметров, тем больше стоимость этого прибора. Проанализировав ситуацию на рынке специалисты компании Rigol пришли к выводу, что следует расширить модельный ряд в сторону более недорогих моделей, сузив частотный диапазон, «загрубив» некоторые параметры и уменьшив максимальную рабочую частоту. Таким образом, в 2016 году на базе модели DSA815 и появилась новая серия анализаторов спектра Rigol DSA700. В настоящее время в эту серию входят две модели: DSA705 с частотным диапазоном от 100 кГц до 500 МГц и DSA710 с максимальной рабочей частотой до 1 ГГц (рис. 2).



Рис. 2. Анализатор спектра Rigol DSA710

Аналогично краткой таблице основных технических характеристик анализаторов спектра Rigol DSA832 и DSA832E приведем таблицу сравнения по тем же параметрам базовой модели DSA815 и серии DSA700 (таблица 2).

Из таблиц 1 и 2 видно, что одним из основных отличий как моделей DSA832 и DSA832E, так и серии DSA700 от серии DSA815 является такой параметр, как отображаемый средний уровень собственных шумов (DANL), т.е. фактически чувствительность анализатора спектра.

В таблицах приведены только минимальные значения, но более по-

Таблица 1  
КРАТКОЕ СРАВНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АНАЛИЗАТОРОВ СПЕКТРА RIGOL DSA832 И DSA832E

| Параметр  | DSA832E   | DSA832                               |
|---|---|--------------------------------------|
| Частотный диапазон  | 9 кГц...3,2 ГГц                                 | 9 кГц...3,2 ГГц                      |
| Плотность фазовых шумов                                       | <-90 дБн/Гц @ 10 кГц                            | <-98 дБн/Гц @ 10 кГц                 |
| Полоса пропускания ПЧ (-3 дБ)                                 | 10 Гц...1 МГц, с шагом 1-3-10                   |                                      |
| Полоса пропускания ПЧ (-6 дБ), ЭМИ фильтры                    | 200 Гц, 9 кГц, 120 кГц (опция EMI-DSA800)       |                                      |
| Полоса пропускания видео (-3 дБ)                              | 1 Гц...3 МГц, с шагом 1-3-10                    |                                      |
| Минимальный отображаемый средний уровень шумов DANL (типично) | -148 дБм  | -161 дБм                             |
| Частотный отклик  | <1,0 дБ (с п/у)<br><0,7 дБ (без п/у)            | <0,7 дБ (с п/у)<br><0,5 дБ (без п/у) |
| Трекинг-генератор (опция)                                     | DSA832-TG                                       | DSA832E-TG                           |
| Дисплей   | TFT ЖК 8" (800x480)                             |                                      |
| Интерфейсы  | USB device, USB host, LAN (LXI-C); GPIB — опция |                                      |

где п/у — предусилитель

нятно и полно распределение уровня DANL в зависимости от несущей частоты лучше посмотреть на графиках. Для корректности приведенных параметров измерения проводились по трем образцам каждой модели с выключенным (PA off) и включенным (PA on) предварительным усилителем. На рисунках 3 и 4 приведены графики распределения DANL для базовых моделей анализаторов спек-

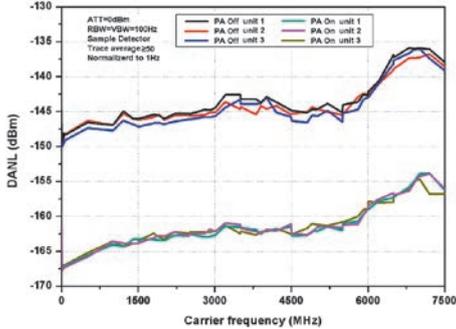


Рис. 3. Измеренный уровень шумов DANL для моделей DSA832, DSA875

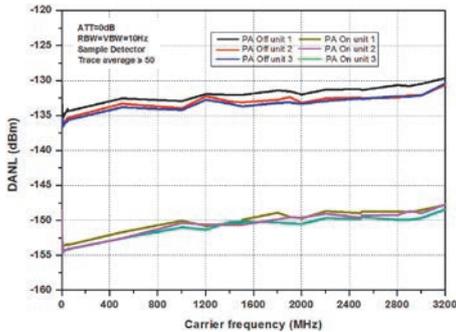


Рис. 4. Измеренный уровень шумов DANL для модели DSA832E

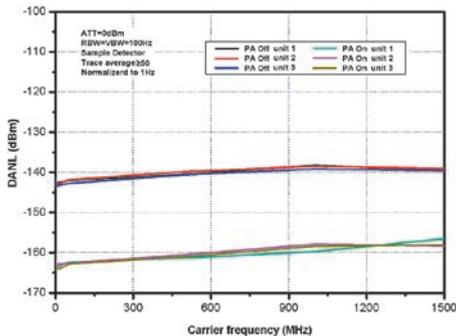


Рис. 5. Измеренный уровень шумов DANL для модели DSA815

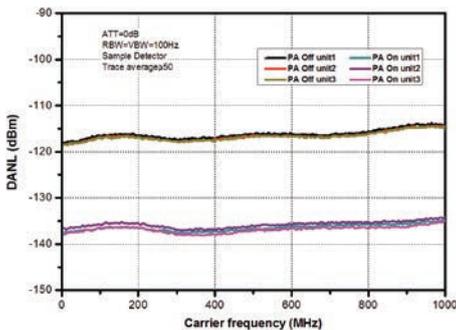


Рис. 6. Измеренный уровень шумов DANL для приборов серии DSA700

тра DSA832/875 и «упрощенной» модели DSA832E соответственно.

А на рисунках 5 и 6 представлены графики распределения DANL для базовой модели DSA815 и серии DSA700.

Измерения, представленные на рисунках 3-6, проводились на полосах пропускания ПЧ и видео 100 Гц, выключенном аттенуаторе, тип детектора — выборка, усреднение по 50 трассам.

Следующим отличием приборов серии DSA800 от приборов серии DSA700 является возможность установки более узких фильтров ПЧ. Анализаторы спектра серии DSA800 имеют наилучшее разрешение фильтров ПЧ от 10 Гц, а серии DSA700 — от 100 Гц. Конечно, более лучшее разрешение фильтров ПЧ (от 10 Гц) позволяет точнее выделить два сигнала с близкими частотами (рис. 7), но это также существенно влияет на скорость развертки. Да и в большинстве измерительных задач применение таких узких фильтров ПЧ не требуется.

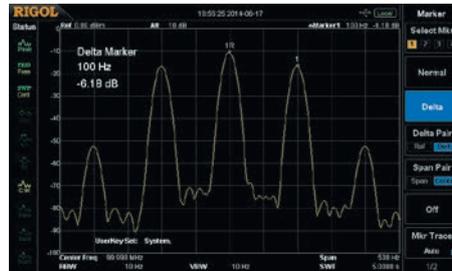


Рис. 7. Узкий фильтр ПЧ позволяет легко разделить два сигнала с близкими частотами и амплитудами

Существенные различия между моделями есть и в значениях величин фазовых шумов, частотного отклика, т.е. линейности АЧХ и ряда других параметров. Кроме того, следует отметить и отсутствие возможности заказа анализаторов спектра Rigol DSA705 и DSA710 с опцией трекинг-генератора.

Все указанные различия понятны, ведь в основу выпуска новых анализаторов спектра легло именно упрощение параметров, которое должно было существенно повлиять на цену прибора. Аналогично раз-

личию в цене между DSA832 и DSA832E, разница между розничной стоимостью DSA705 и DSA815 составляет примерно 40%! И конечно в данном обзоре мы не будем подробно останавливаться на различиях между этими приборами, т.к. они достаточно хорошо видны как в кратких таблицах 1 и 2, так и в полной сравнительной таблице 3.

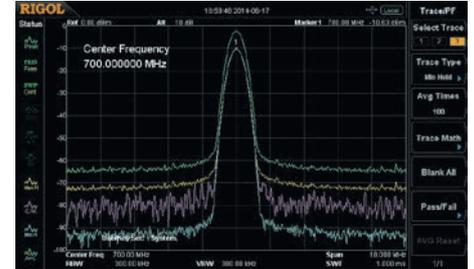


Рис. 8. Одновременное отображение до четырех кривых спектра

Но не все читатели журнала знакомы со статьей по анализаторам спектра Rigol в журнале КИПиС 2015 № 6, в продолжение которой следует напомнить, что структура управления, отображение параметров и рабочих режимов у всех моделей анализаторов спектра Rigol серий DSA800 и DSA700 одинаковые и они остались практически неизменными, как и в серии DSA1000.

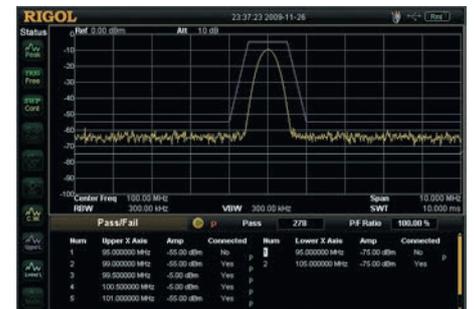


Рис. 9. Режим тестирования по маске «Годен/Не годен»

В данном обзоре мы не будем на них останавливаться и повторим лишь общие функциональные возможности, которые есть во всех моделях анализаторов спектра Rigol серий DSA800 и DSA700.

Таблица 2

КРАТКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНАЛИЗАТОРОВ СПЕКТРА RIGOL DSA815 И СЕРИИ DSA700

| Параметр  | DSA705                         | DSA710   | DSA815          |
|---|--------------------------------|--|-----------------|
| Частотный диапазон  | 100 кГц...500 МГц              | 100 кГц...1 ГГц                                | 9 кГц...1,5 ГГц |
| Плотность фазовых шумов                                       |                                | <-80 дБн/Гц @ 10 кГц<br><-100 дБн/Гц @ 100 кГц |                 |
| Полоса пропускания ПЧ (-3 дБ)                                 | 100 Гц...1 МГц, с шагом 1-3-10 | 10 Гц...1 МГц, с шагом 1-3-10                  |                 |
| Полоса пропускания ПЧ (-6 дБ), ЭМИ фильтры                    |                                | 200 Гц, 9 кГц, 120 кГц (опция EMI-DSA800)      |                 |
| Полоса пропускания видео                                      |                                | 1 Гц...3 МГц, с шагом 1-3-10                   |                 |
| Минимальный отображаемый средний уровень шумов DANL (типично) | -130 дБм                       |  | -155 дБм        |
| Частотный отклик  |                                | <1,0 дБ (с п/у)<br><0,7 дБ (без п/у)           |                 |
| Трекинг-генератор (опция)                                     | нет                            |  | DSA815-TG       |
| Дисплей   |                                | 8" WVGA  |                 |
| Интерфейсы  |                                | USB host, USB device, LAN (LXI); GPIB (опция)  |                 |

Как было уже описано в статье, опубликованной в КИПиС 2015 № 6, все анализаторы спектра Rigol, в том числе и приборы серии DSA700, могут одновременно отображать до четырех кривых спектра. Для кривых желтого, фиолетового и голубого цвета доступны следующие виды установок: очистка, удержание максимального и минимального значения, отображение среднего значения, средняя мощность, отображение и отключение. Кривая зеленого цвета является результатом одной из математических операций: вычитание одной кривой из другой, сложение с константой или вычитание константы (рис. 8).

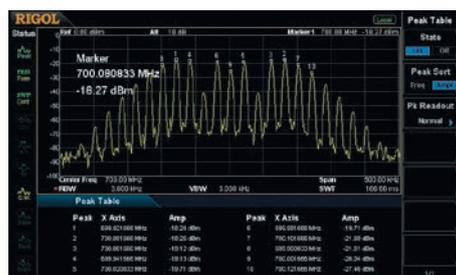


Рис. 10. Таблица пиков

Еще одной штатной функцией, присущей всем моделям анализаторов спектра Rigol, является режим тестирования по маске (рис. 9), который более известен как тестирование «Годен/Не годен» (Pass/Fail).

Фиксация пиковых значений амплитуды сигналов, гармоник и т.п. может проводиться как в ручном, так и автоматическом режиме. В анализаторах спектра Rigol можно 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 (рис. 10).

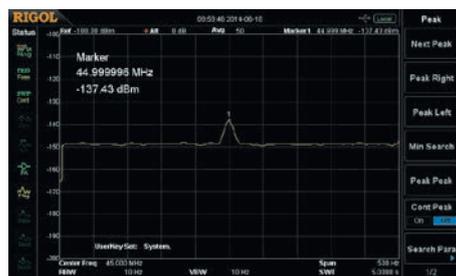


Рис. 11. Включенный предусилитель позволяет выделять и измерять сигналы с малым уровнем

Хотя некоторые изменения в стандартных параметрах с момента выхода предыдущей статьи все-таки произошли. Так, в анализаторах спектра серии DSA800 с апреля 2017 года опция предварительного усилителя (PA-DSA800), ранее поставлявшаяся за дополнительную плату, теперь входит в штатную комплектацию. Таким образом, предусилитель, который позволяет проводить более точный анализ сигналов с небольшой амплитудой на фоне шумов,



Рис. 12. Расширенные измерительные функции анализаторов спектра Rigol

теперь штатно доступен во всех моделях анализаторов спектра Rigol DSA800 и заказывать его дополнительно не надо (рис. 11).

Как уже упоминалось в журнале КИПиС 2015 № 6, кроме стандартных измерительных функций пользователи всех моделей анализаторов спектра Rigol могут активировать и опцию расширенных измерений. Как для серии DSA800, так и для серии DSA700 эта опция называется AMK-DSA800.



Рис. 13. Функция измерения мощности в канале

Всего доступно 11 расширенных измерительных функций (рис. 12).

Далее подробнее расскажем о назначении этих дополнительных возможностей анализаторов спектра Rigol.

Измерение мощности в канале (Channel Power) — данная функция позволяет измерить два параметра: мощность в канале (вычисление интегральной мощности внутри заданной полосы) и спектральную плотность мощности (интегральная мощность, приходящаяся на 1 Гц внутри заданной полосы частот; измеряется в дБм/Гц).

Измерение мощностей в соседних каналах (Adjacent Channel Power) позволяет проводить измерение следующих параметров (рис. 14):

- мощность основного канала — измерение мощности в заданной полосе;

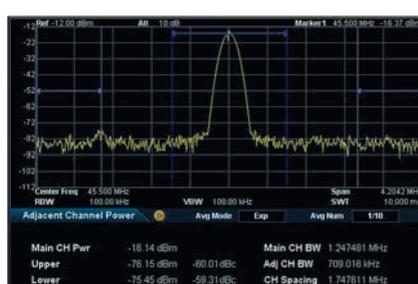


Рис. 14. Функция измерения мощности в смежных каналах

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

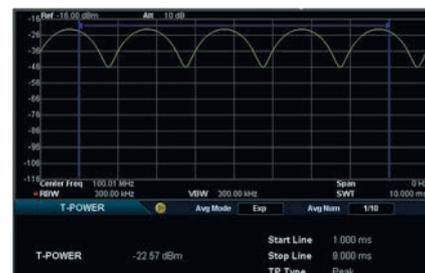


Рис. 15. Функция измерения мощности во временном интервале

Измерение мощности во временном интервале (Time Domain Power) — данная измерительная функция позволяет проводить измерения мощности во временном интервале (T-Power) от заданной начальной до заданной конечной линии развертки при нулевой полосе пропускания (рис. 15). При этом виде измерения пользователь может измерить пиковое, среднее и среднеквадратичное значение мощности.



Рис. 16. Функция измерения занимаемой полосы



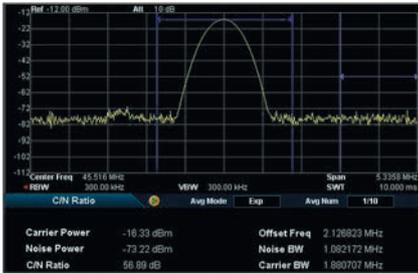
Рис. 17. Функция измерения ширины полосы

Измерение занимаемой полосы (Occupied BandWidth) — в результате использования данной измерительной функции пользователь может получить вычисление двух параметров:

- занимаемая полоса — это диапазон частот, который соответствует заданному коэффициенту мощности внутри всей ширины полосы обзора при вычислении в ней интегральной мощности (рис. 16);

• разница между центральной частотой канала и центральной частотой анализатора спектра.

Измерение ширины полосы (Emission BandWidth) — данная функция позволяет измерить ширину полосы сигнала между двумя заданными точками на нужной амплитуде сигнала,

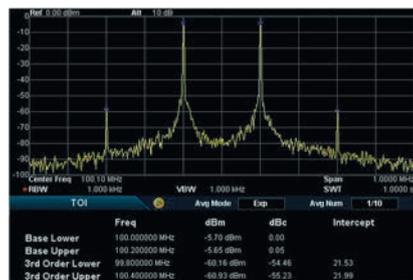


**Рис. 18. Функция измерения отношения сигнал/шум**

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 (рис. 17). Разница частот между этими точками и будет являться шириной полосы.



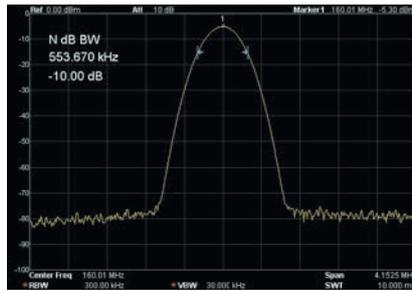
**Рис. 19. Функция измерения гармонических искажений**



**Рис. 20. Функция измерения интермодуляционных искажений третьего порядка**

Еще одним важным параметром, который позволяют измерять анализаторы спектра Rigol, является отношение сигнал/шум (Carrier to Noise Ratio). 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 (рис. 18).

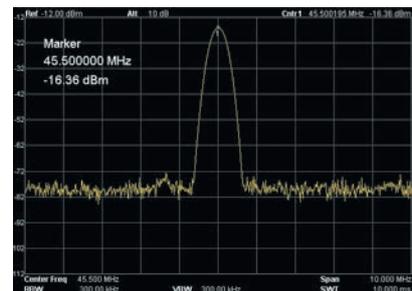
При активации функции измерения гармонических искажений (Harmonic Distortion) анализатор спектра выдает на экран амплитуду и частоту каждой гармоники до 10-го порядка включительно, а также отображает общий ко-



**Рис. 21. Функция измерения полосы частот по уровню**

эффициент гармонических искажений (рис. 19).

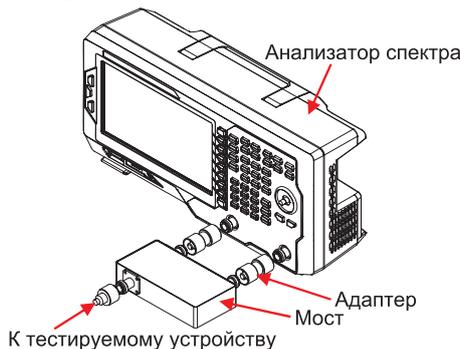
Одной из довольно сложных измерительных задач является измерение интермодуляционных искажений (TOI Distortion), т.е. тех самых нелинейных искажений, которые могут сильно влиять на работу различных систем связи. При подаче на вход анализатора спектра двухтонного сигнала одинаковой амплитуды и близкими 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. 20).



**Рис. 22. Функция точного подсчета частоты**

При выборе функции измерения полосы частот по уровню (N dB) пользователь может установить или измерить разницу частот между двумя точками падения ( $N < 0$ ) или подъема ( $N > 0$ ) амплитуды N дБ точки маркера (рис. 21).

Наверное, самая простая и понятная функция в наборе расширенных измерительных функций анализатора



**Рис. 23. Подключение измерительного моста к анализатору спектра Rigol**

ров спектра Rigol — это точный подсчет частоты. 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. 22).

И наконец, одиннадцатой функцией из 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.

Анализаторы спектра Rigol серий DSA800 также могут проводить измерения ряда S11 параметров, например коэффициента стоячей волны по на-



**Рис. 24. Мост для измерения КСВН VB1032**

пряжению (КСВН), коэффициента обратных потерь и коэффициента отражения. Эти измерения доступны для тех моделей, которые имеют встроенный трекинг-генератор, т.е. имеют буквенный индекс «-TG», например: DSA815-TG, DSA832E-TG, DSA832-TG, DSA875-TG и т.д. Для измерения S11 параметров на выход встроенного трекинг-генератора и вход анализатора спектра подключается специальное устройство — мост для измерения КСВН (рис. 23).



**Рис. 25. Дисплей в режиме измерения КСВН**

Исходя из необходимого частотного диапазона, в настоящее время можно выбрать один из трех вариантов: VB1032 (диапазон 1 МГц...3,2 ГГц), VB1040 (диапазон 800 МГц...4 ГГц) или VB1080 (диапазон 2 ГГц...8 ГГц).

Кроме самого моста для измерения КСВН (рис. 24) в комплект VB10xx входят два адаптера для подключения к анализатору спектра и

лицензия на программное обеспечение VSWR-DSA800 (рис. 25).

Хотя, при необходимости, само программное обеспечение VSWR-DSA800 можно приобрести и отдельно.

В анализаторах спектра Rigol серий DSA700 и DSA800 в штатной поставке для различных измерительных задач могут быть выбраны шесть типов детектирования: положительный пиковый детектор, отрицательный пиковый детектор, детектор выборок, нормальное (стандартное Розенфельда) детектирование, среднеквадратический детектор, детектор с усреднением. Но существует возможность использовать анализаторы спектра Rigol для проведения



Рис. 26. Дисплей в режиме ЭМИ измерений

ЭМИ измерений. Для этого предназначена опция EMI-DSA800, которая может быть приобретена и установлена как в анализаторы спектра серии DSA800, так и серии DSA700. При установке этой опции пользователь получает в приборе квазипиковый детектор, а также набор фильтров для тестирования на ЭМИ: 200 Гц, 9 кГц и 120 кГц (рис. 26).



Рис. 27. Комплект зондов ближнего поля NFP-3

В качестве датчиков для проведения ЭМИ измерений, которые фиксируют магнитную и электрическую составляющую поля, Rigol предлагает комплект зондов ближнего поля NFP-3 (рис. 27), хотя ранее поставлялся RF2, о котором рассказывалось в статье в журнале КИПиС 2015 № 6. Функциональность RF2 и NFP-3 практически одинаковая, но комплект NFP-3 выпускает сам Rigol и он в несколько раз дешевле комплекта RF-2. Соответственно и стоимость комплекса для ЭМИ измерений, состоящего из анализатора спектра Rigol с опцией EMI-DSA800, набора зондов ближнего поля и программ-



Рис. 28. Зонды ближнего поля NFP-3-Px

ного обеспечения (о котором будет рассказано далее) не просто заметно, а существенно снижается.

В комплект NFP-3 входят четыре зонда ближнего поля различной конфигурации и набор адаптеров для подключения. Зонды ближнего поля (рис. 28) позволяют проводить тестирования на электромагнитную совместимость в диапазоне от 30 МГц до 3 ГГц:

- NFP-3-P1 — высокочувствительный зонд ближнего поля большого диаметра универсального назначения; может быть использован на расстоянии до 10 см от источника помех;

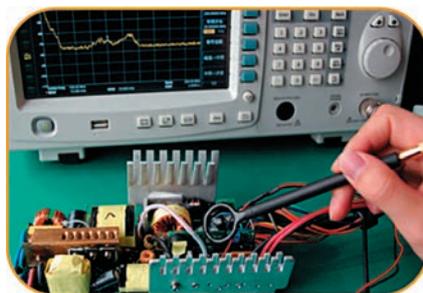


Рис. 29. Проведение ЭМИ измерений анализаторами спектра Rigol при помощи зонда ближнего поля

- NFP-3-P2 — зонд ближнего поля, который имеет более высокое разрешение и лучшую чувствительность, чем NFP-3-P1; предназначен для измерений до 3 см от источника излучения;
- NFP-3-P3 — зонд ближнего поля, принцип действия которого аналогичен работе токовых клещей (регистрация тока, протекающего в проводе, который создаёт вокруг себя магнитное поле); используется для очень широкого ряда приложений (разрешение около 5 мм);
- NFP-3-P4 — зонд ближнего поля — предназначен для обнаружения магнитных полей, которые излучаются вертикально от поверхности печатных и монтажных плат и может применяться для исследования токовой петли; этот зонд позволяет проводить измерения в труднодоступных местах платы между большими компонентами (разрешение 2 мм).

Таким образом, зонд ближнего поля выступает антенной, которая фиксирует магнитное поле путем изменения ориентации датчика (рис. 29).

Кроме того, если требуется произвести более полный анализ при измерениях на ЭМС, можно воспользоваться специальным прикладным программным обеспечением для анализаторов спектра RIGOL с опцией ЭМИ измерений — S1210 EMI Pre-compliance Software (далее сокращенно S1210). S1210 позволяет осуществлять дистанционное управление анализаторами спектра серий DSA через интерфейсы USB или LAN, используя стандартные VISA драйверы (рис. 30).

Используя S1210 совместно с анализатором спектра RIGOL можно выполнять анализ электромагнитного излучения. При этом можно измерить амплитуду помех от силового кабеля, используя эквивалент сети (LISN), и выполнить автоматическую коррекцию амплитуды, загрузив корректирующий фактор (предварительный усилитель, аттенуатор, антенна, кабель или массив коррекции).

Вообще функциональность данного программного обеспечения для облегчения измерений просто огромна. Пользователю не только доступна установка и задание различных параметров (частотный диапазон, разрешение полосы пропускания и длительность сканирования), но также S1210 имеет следующие функции:

- создает рабочее пространство и управляет несколькими измерениями одновременно;
- позволяет выделить и удалить нежеланный сигнал; легко распознать сигналы, которые не удовлетворяют стандартам или заданным ограничениям;

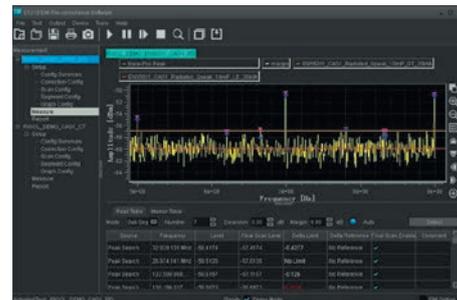
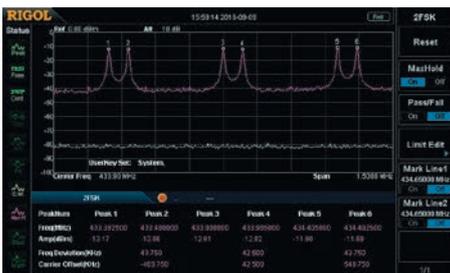


Рис. 30. Программное обеспечение S1210 EMI Pre-compliance Software при создании таблицы пиков

- поддерживает демонстрационный режим, позволяющий пользователю приобрести необходимый опыт работы с программой без подключения анализатора спектра и приобретения необходимой лицензии;
- обеспечивает функцию администрирования баз данных для редактирования нужных файлов программного обеспечения;

- обеспечивает выполнение функции амплитудной коррекции для просмотра параметров коррекции и своевременного выполнения калибровки результата;
- обеспечивает возможность предварительного и финального сканирования с поддержкой трех режимов трассировки: очистка/запись, повторная очистка/запись, повторяющаяся регистрация максимумов;
- имеется возможность установки линии ограничения для быстрой оценки результатов измерения;
- поддерживает сканирование участка и редактирование таблицы для увеличения скорости измерения;
- представляет возможность задания для оси частоты отображения в линейном или логарифмическом масштабе;
- позволяет установить различные единицы измерения для оси амплитуды;
- предоставляет разнообразие установок для поиска пиковых значений, удовлетворяющих условиям поиска;
- обеспечивает поддержку импорта и экспорта таблицы пиковых значений;



**Рис. 31. Захват сигнала с классической частотной манипуляцией 2FSK**

- позволяет выполнить редактирование таблицы маркеров с возможностью выделения соответствующих точек на заданной частоте;
- позволяет задавать спектр сигнала в качестве опорного и сравнивать с ним результаты измерения;
- позволяет выполнить удобные операции над спектрограммой, облегчающие анализ результатов;
- дает возможность создания отчетов.

В анализаторах спектра Rigol серии DSA700 впервые появилась воз-



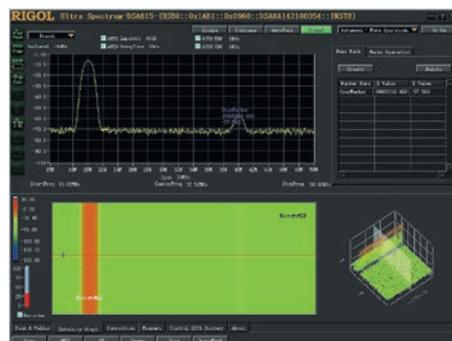
**Рис. 32. Рабочее окно программного обеспечения S1220 при анализе частотной манипуляции**

можность реализовать непрерывный захват сигнала. Обеспечивается это при активации опции SSC-DSA (Signal Seamless Capture). Благодаря этой функции анализаторы спектра серии DSA700, а с недавнего времени она доступна и для DSA815, могут обеспечить захват в реальном времени в полосе до 1,5 МГц при скорости измерения до 650 спектров в секунду. Использование этого режима удобно при захвате быстротеменяющихся сигналов, например 2FSK (рис. 31), что бы предотвратить пропуск события.



**Рис. 33. Отображение режима детектирования пиков и создания таблицы пиков в программном обеспечении Ultra Spectrum**

Однако для анализа сигналов с частотной манипуляцией у компании Rigol Technologies имеется еще одно новое программное обеспечение S1220 ASK-FSK Demodulation Analysis Software (далее S1220). S1220 предназначено для анализа цифровых модуляций ASK (амплитудная манипуляция, АМн) и FSK (частотная манипуляция, ЧМн) в частотном диапазоне от 5 МГц до 3,2 ГГц (для DSA832 и DSA832E)



**Рис. 34. Отображение спектров сигналов в программном обеспечении Ultra Spectrum**

или до 7,5 ГГц (для DSA875). Оно не предназначено для применения совместно с анализаторами спектра DSA815 и серии DSA700, и может быть использовано только для моделей DSA832, DSA832E и DSA875.

Использование данного программного обеспечения не будет представлять сложностей. Оно очень просто в управлении, позволяет использовать широкий ряд настроек для тестирования модуляций, имеет окно масштаби-

рования и возможность задания опорного уровня, имеет встроенный демонстрационный режим, возможность создания отчетов и многое другое. Результаты анализа и исходный сигнал представляются как в графическом (в т.ч. в виде глазковой диаграммы), так и в цифровом виде и очень наглядны (рис. 32).



**Рис. 35. Измерение мощности в соседних каналах в программном обеспечении Ultra Spectrum**

Программы S1210 и S1220 значительно расширяют возможности использования анализаторов спектра Rigol, но они обеспечивают удобство анализа и работы только в определенных режимах. С момента выхода первых приборов Rigol и до настоящего времени компания уделяла большое внимание возможностям дистанционного управления. Вспомним тот же стандарт LXI, который Rigol одним из первых внедрил в свои приборы. Естественно, анализаторы спектра Rigol не являются исключением из этого правила.

Пользователи могут дистанционно управлять приборами при помощи SCPI команд, используя, например:

- универсальное программное обеспечение Rigol — Ultra Sigma;
- программное обеспечение National Instruments — NI Measurement & Automation Explorer;
- программное обеспечение Keysight Technologies (Agilent Technologies) — IO Libraries Suite.

Кроме возможности дистанционного управления при помощи SCPI команд, Rigol предлагает пользователям и полнофункциональное программное обеспечение Ultra Spectrum.

Мы подробно описывали возможности управления анализаторами спектра в статье, опубликованной журнале КИПиС 2015 № 6, но для полноты картины следует повторить его основные возможности.

Программное обеспечение Ultra Spectrum имеет два режима работы: основной и расширенный. Основной режим обеспечивает управление и конфигурирование параметров анализатора спектра, а также позволяет выполнять обработку данных, полученных от анализатора спектра. Расширенный режим работы позволяет

выполнять те же функции, что и основной режим, но кроме того, содержит функции по анализу и обработке сигналов, которые не доступны в основном режиме.

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

- работа при помощи мыши обеспечивает простоту в использовании;
- 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;
- сохранение данных в различных форматах (как в табличной, так и графической формах);
- детектирование пиков и плоских участков, создание таблицы пиков (рис. 33);
- отображение истории спектрограмм с сонограммой, а также спектрограммы сигнала в 3D виде (рис. 34) в одном из четырех вариантов: Амплитуда-Частота-Время (A-F-T), Частота-Время (F-T), Ча-

стота-Амплитуда (F-A) и Время-Амплитуда (T-A);

- амплитудная коррекция с возможностью ее редактирования;
- расширенные измерительные функции, в т.ч реализованные в опции DSA-800-AMK, тестирование по маске «Годеи/Не годен» (рис. 35).

Из приведенного выше видно, что модельный ряд анализаторов спектра Rigol постоянно совершенствуется за счет появления новых моделей, расширяется и функциональность анализаторов спектра, т.к. выпускаются все новые и новые прикладные программы и опции, улучшаются характеристики уже выпускаемых моделей.

Типичные характеристики и функциональность анализаторов спектра Rigol, доступных к поставке к моменту написания данной статьи, приведены в таблице 3.

В заключение статьи следует упомянуть, что анализаторы спектра Rigol DSA832, DSA832E и DSA875 включены в Государственный Реестр средств измерений РФ за номером 61272-15. Срок действия свидетельства об утверждении типа средств измерений до 11 августа 2020 года.

Редакция благодарит компанию

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

*In 2015 in December issue of KIPiS magazine we published article «Up-to-date Rigol spectrum analyzers». At that moment RIGOL Technologies, Inc. had three basic models: DSA815 (with 9 kHz...1.5 GHz frequency range), DSA832 (up to 3.2 GHz) and DSA875 (up to 7.5 GHz). But everything tends to change with time and the family of Rigol spectrum analyzers has also changed and replenished with new models following from high-end devices to low-end ones. Thus basing on DSA832 Rigol produced DSA832E and basing on DSA815 the company produced DSA700 series of two models — DSA710 and DSA705. As exception DSA875 doesn't have any low-end model basing on it. Find more details about all of the above Rigol models and their functional capabilities.*

Таблица 3

ХАРАКТЕРИСТИКИ АНАЛИЗАТОРОВ СПЕКТРА RIGOL ПО СОСТОЯНИЮ НА ИЮЛЬ 2017 ГОДА

| Параметр                           | DSA705   | DSA710          | DSA815                        | DSA832E  | DSA832            | DSA875               |
|------------------------------------|--|-----------------|-------------------------------|--|-------------------|----------------------|
| Диапазон                           | 100 кГц...500 МГц  | 100 кГц...1 ГГц | 9 кГц...1,5 ГГц               | 9 кГц...3,2 ГГц                                    |                   | 9 кГц...7,5 ГГц      |
| Стабильность                       | 2 ppm/год  |                 |                               | 2 ppm/год  | 1 ppm/год         |                      |
| Температурная стабильность         | 2 ppm  |                 |                               | 1 ppm  | 0,5 ppm           |                      |
| Фазовый шум                        | <-80 дБн/Гц @10 кГц  |                 |                               | <-90 дБн/Гц @ 10 кГц                               |                   | <-98 дБн/Гц @ 10 кГц |
| Предусилитель                      | штатно, усиление 20 дБ   |                 |                               | штатно, усиление 17 дБ                             |                   |                      |
| DANL (без предусилителя)           | -110 дБм   | -135 дБм        | -132 дБм                      | -132 дБм   | -144 дБм          |                      |
| DANL (с предусилителем)            | -130 дБм   | -155 дБм        | -148 дБм                      | -161 дБм   |                   |                      |
| Диапазон уровней                   | DANL...+20 дБм   |                 |                               |  |                   |                      |
| Полоса пропускания ПЧ (-3 дБ)      | 100 Гц...1 МГц, с шагом 1-3-10   |                 | 10 Гц...1 МГц, с шагом 1-3-10 |  |                   |                      |
| Полоса пропускания ПЧ (-6 дБ)      | 200 Гц, 9 кГц, 120 кГц (опция EMI-DSA800)  |                 |                               |  |                   |                      |
| Типы детекторов                    | положительный пиковый, отрицательный пиковый, детектор выборок, нормальный, среднеквадратический, с усреднением; квазипиковый (опция EMI-DSA800) |                 |                               |  |                   |                      |
| Полоса пропускания видео (-3 дБ)   | 1 Гц...3 МГц, с шагом 1-3-10   |                 |                               |  |                   |                      |
| Частотный отклик                   | <1,0 дБ (с п/у)<br><0,7 дБ (без п/у)   |                 |                               | <0,7 дБ (с п/у)<br><0,5 дБ (без п/у)               |                   |                      |
| Гармонические искажения            | +40 дБм  |                 |                               | +45 дБм  |                   |                      |
| Интермодуляционные искажения (TOI) | +10 дБм  |                 |                               | +7 дБм   | +15 дБм           |                      |
| Сви́пирование                      | SPAN>100 Гц  | 10 мс...500 с   | 10 мс...1000 с                | 10 мс...1500 с                                     | 1 мс...1500 с     |                      |
|                                    | SPAN=0   | 20 мкс...500 с  | 20 мкс...1000 с               | 20 мкс...1500 с                                    | 20 мкс...3200 с   | 20 мкс...7500 с      |
| Трекинг-генератор (опция)          | Модель   | —               |                               | DSA815-TG  | DSA832E-TG        | DSA832-TG            |
|                                    | Частотный диапазон   | —               |                               | 100 кГц...1,5 ГГц                                  | 100 кГц...3,2 ГГц |                      |
|                                    | Диапазон уровней   | —               |                               | -20 дБм...0 дБм                                    | -40 дБм...0 дБм   |                      |
| Измерение КСВН                     | —  |                 |                               | опция VSWR-DSA800                                  |                   |                      |
| Захват в реальном времени          | опция SSC-DSA  |                 |                               | —  |                   |                      |
| Расширенные измерения              | опция AMK-DSA800   |                 |                               |  |                   |                      |
| Программное тестирование на ЭМС    | опция S1210 EMI Pre-compliance Software  |                 |                               |  |                   |                      |
| Демодуляция АМн/ЧМн                | —  |                 |                               | опция S1220 ASK-FSK Demodulation Analysis Software |                   |                      |
| Интерфейсы                         | USB host, USB device, LAN (LXI core 2011); GPIB (опция USB-GPIB)   |                 |                               |  |                   |                      |
| Дисплей                            | 8" TFT (800×480)   |                 |                               |  |                   |                      |
| Габариты                           | 361,8×178,8×128 мм   |                 |                               |  |                   |                      |
| Вес                                | 4,25 кг  |                 |                               | 4,55 кг  |                   |                      |