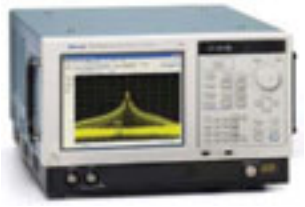
АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ RSA6100A КОМПАНИИ TEKTRONIX

В статье приведены основные характеристики новых высокочастотных анализаторов спектра в реальном времени, производимых компанией Tektronix.



В. Макаренко

TEKTRONIX RSA6100A REAL-TIME SPECTRUM ANALYZERS

Abstract – Short form information about new high-frequency real-time spectrum analyzers manufactured by Tektronix is described in the article.

V. Makarenko

В сентябре этого года американская компания Tektronix, один из ведущих производителей радиоизмерительных приборов, объявила о выпуске новой серии анализаторов спектра в реальном масштабе времени RSA6100A. Анализаторы новой серии позволяют отображать спектры сигналов в реальном масштабе времени в широкой полосе частот с большим динамическим диапазоном, что делает их незаменимыми при анализе сигналов в высокочастотных и широкополосных системах связи.

Специализированный видеопроцессор, построенный по технологии DPX™, обеспечивает захват в память большого объема данных в реальном времени с высокой скоростью. Это позволяет осуществлять быстрый анализ спектра и выводить на экран часто сменяющиеся спектрограммы, отображающие динамику изменения спектра исследуемого сигнала во времени. При высокой скорости анализа стало возможным наблюдать различные кратковременные аномалии в спектрах сигналов, ранее недоступные для наблюдения. Построение динамичной спектрограммы обеспечивается увеличением скорости захвата данных примерно в 1000 раз по сравнению с самыми высокоскоростными традиционными анализаторами спектра, построенными на базе перестраиваемого фильтра, или векторными анализаторами сигнала (VSA).

Быстрый и точный анализ спектра необходим при разработке и тестировании многих современных устройств и систем, работающих в ВЧ- и СВЧ-диапазонах в радиолокационной технике, мобильной связи, системах видеонаблюдения и бесконтактной идентификации, "программируемом радио" (Software Defined Radio – SDR [1]), когнитивном радио (Cognitive Radio [2]) и др.

В современных системах связи используются сигналы, промодулированные по сложным законам. Например, в сверхширокополосных системах связи перестройка частоты несущего колебания может происходить скачкообразно по случайному закону. Время формирования пакета радиосигнала на одной частоте очень мало и обычные анализаторы спектра не могут обрабатывать такие сигналы. Анализаторы серии RSA6100A позволяют не только анализировать спектры таких сигналов, но и наблюдать переходные процессы в моменты перестройки частоты, изменение законов и параметров модуляции и многое другое в реальном масштабе времени.

Тестовое оборудование для настройки и контроля современных цифровых систем связи должно удовлетворять ряду требований: обеспечивать широкую полосу захвата, большой динамический диапазон, быстрый захват сигнала, возможность построения трехмерных спектрограмм. Выполнение всех этих требований обеспечивает анализаторы спектра с максимальной частотой анализа 6.2 ГГц – RSA6106A и 14 ГГц – RSA6114A (рис. 1). Оба анализатора выполняют анализ спектра с полосой захвата 110 МГц и динамическим диапазоном неискаженного сигнала 73 дБ [2].

Специализированный видеопроцессор сигналов DPX осуществляет захват и обработку более 48 тысяч реализаций сигнала в секунду (в обычных и векторных анализаторах спектра – не более 50 в секунду). При минимальной длительности записанной в память анализатора реализации, равной 20 мкс, можно осуществлять спектральный анализ сигналов, длитель-

[1] *Принцип работы системы SDR заключается в том, что единственный широкополосный приемник принимает, не расшифровывая и не декодируя, любые радиосигналы. Быстродействующий аналого-цифровой преобразователь (АЦП) "на лету" преобразует их в цифровой сигнал, а компьютер высокой производительности со специальным программным обеспечением определяет, какой сигнал был принят (Wi-Fi, сигнал коротковолновой радиостанции или сотового ретранслятора), и преобразует его в речь человека или другую информацию (мультимедийный файл, например) [1].*

[2] *Cognitive radio с использованием принципа SDR автоматически осуществляет передачу данных по тому каналу (с любым протоколом связи), который в данный момент свободен (не загружен передачей данных).*

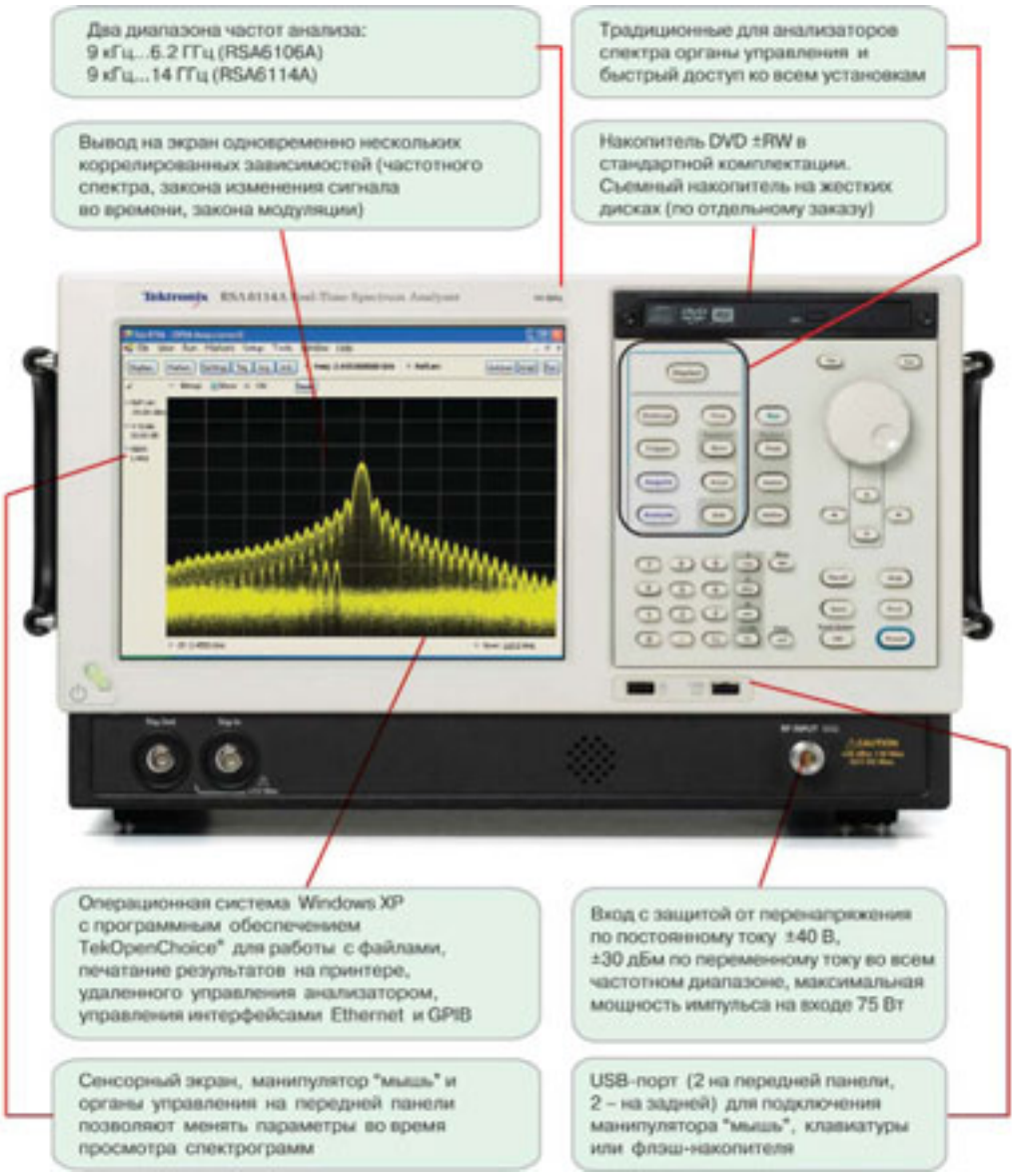


Рис. 1. Анализатор спектра RSA6114A

ность которых больше или равна 24 мкс. Такая высокая скорость обработки достигается благодаря применению аппаратного (с использованием специализированной ИМС), а не программного анализа спектра. При выводе на экран быстросменяющихся спектрограмм можно наблюдать динамику изменения спектра сигнала. Предусмотрен режим усреднения спектра, при котором интенсивность цвета участка спектрограммы соответствует частоте его появления на экране, что гарантирует возможность фиксирования на экране редких аномалий, на которые глаз не успевает отреагировать при простой смене спектрограмм (рис. 2). Это позволяет выделить аномалию цветом из общего потока повторяющихся маскирующих ее спектров. Все это дает возможность проводить анализ в спектральной и временной областях не

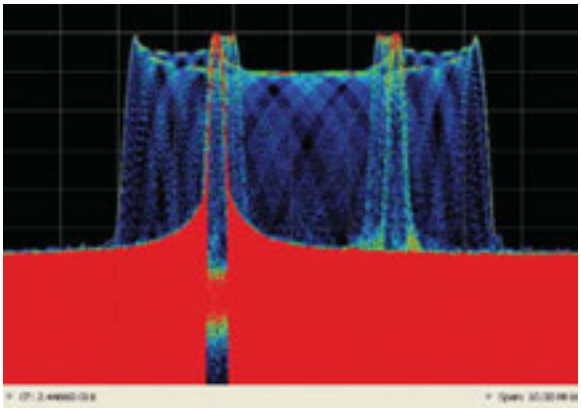


Рис. 2. Отображение на экране анализатора RSA6114A спектра сигнала с кратковременными аномалиями

только детерминированных, но и случайных сигналов.

Пользовательский интерфейс новых приборов разработан с учетом результатов специального эргономического исследования, проведенного инженерами компании Tektronix среди пользователей анализаторов спектра. Он одинаково удобен как пользователям традиционных анализаторов, так и экспертам в области обработки цифровых сигналов. Анализатор оснащен цветным сенсорным дисплеем с диагональю 10.4 дюйма, клавиатурой и манипулятором "мышь". Операционная система встроенного ПК – Windows XP, программное обеспечение OpenChoice® предназначено не только для управления интерфейсными модулями, но и позволяет осуществлять полное управление анализатором с помощью удаленного ПК, документировать спектрограммы и результаты измерений.

Кроме перечисленных выше к особенностям анализаторов можно отнести следующие возможности:

- записи в память реализаций длительностью до 1.7 с при полосе анализируемых сигналов до 110 МГц
- возможность спектрального анализа прерывистых сигналов благодаря синхронизации по маске
- вывод на экран дисплея одновременно сигнала, амплитудного и фазового спектров в нескольких окнах (рис. 3, 4)
- анализа широкополосных сигналов беспроводных систем связи поколений 3G и 4G
- анализа кратковременных импульсных сигналов с возможностью измерения длительностей импульса, фронта и спада, изменения фазового сдвига между импульсами в последовательности
- анализа параметров цифровых модулированных сигналов.

При сужении полосы анализа длительность регистрируемой реализации может быть увеличена при полосе анализа 100 кГц до 102 с, а при полосе 10 кГц – до 2.1 часа, что позволяет проводить детальный анализ сигналов и статистическую обработку результатов измерений по большому числу реализаций.

На рис. 3 в левом окне выведена осциллограмма входного сигнала, а в правом – результаты анализа во временной и частотной областях. На экран кроме графиков выводятся мощность в точке, помеченной курсором, а также длительность импульса, чувствительность, центральная частота и полоса анализа.

Интерфейс пользователя максимально приближен к интерфейсу пользователя ПК и интуитивно понятен.

Примеры вывода на экран четырех окон, в каждом из которых можно вывести сигнал, усредненный спектр, одну реализацию сигнала, фазовый спектр, пиковую мощность, мощность в точке, помеченной курсором, и результаты измерений приведены на рис. 4. Взаимное положение окон и выводимая в них информация задаются пользователем [2].

Анализаторы серии RSA6100A позволяют исследовать и автоматически определять параметры модуляции сигналов BPSK, QPSK, 8 PSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM, GMSK, π/4DQPSK, DQPSK, D8PSK.

Благодаря низкому уровню собственных шумов достигается малая погрешность измерения параметров сигналов. Широкий выбор стандартных внутренних установок синхронизации, среди которых однократная или постоянная, по фронту, по порогу, по попаданию в диапазон амплитуд, по временной или частотной маске и много других. Предусмотрена возможность подачи сигнала внешней синхронизации через разъем, расположенный на передней панели. Входное сопротивление 50 Ом, размах сигнала внешней синхронизации до ±2.5 В, диапазон частот 40 МГц. С дополнительным модулем синхронизации диапазон частот расширяется до 110 МГц, а сопротивление входа внешней синхронизации может переключаться с 50 Ом на 5 кОм. При синхронизации по маске уровень сигнала синхронизации (при внешней

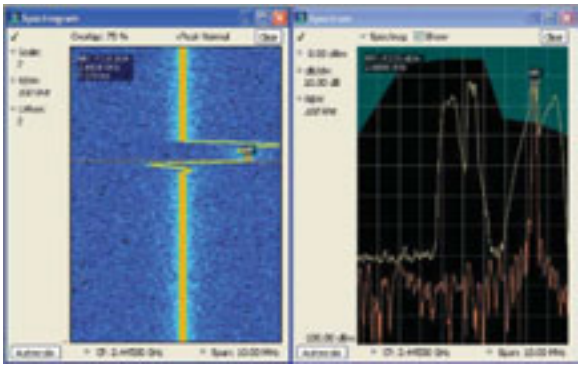


Рис. 3. Вывод на экран анализатора двух окон с результатами временного и спектрального анализа

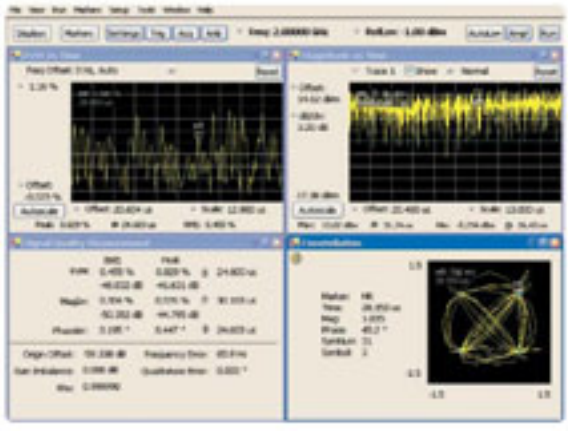


Рис. 4. Пример вывода на экран четырех окон при исследовании цифровых модулированных сигналов

синхронизации) или уровень полезного сигнала (при внутренней синхронизации) должен быть на 30 дБ выше уровня шумов.

На экран дисплея одновременно можно вывести три графика, одну математическую зависимость и одну реализацию спектрограммы, отображаемой на дисплее.

Предусмотрена возможность измерения размаха или среднего значения параметра. На экране отображаются осциллограмма исследуемого сигнала, его спектрограмма, фазовая характеристика и результаты измерений. Спектрограмма может содержать 801, 2401, 4001, 8001 или 10 401 точку.

Диапазон частот анализируемых сигналов 9 кГц...6.2/14 ГГц (RSA6106A/RSA6114A). Стабильность центральной частоты после 10-минутного прогрева не хуже 10^{-7}. Центральная частота устанавливается с точностью 0.1 Гц. Уход частоты из-за старения элементов не превышает 10^{-9} за 30 дней работы и 3×10^{-7} за 10 лет работы. Температурный дрейф частоты задающего генератора 2×10^{-8} при изменении температуры от 0 до 50 °С. Откалиброванный анализатор после 10 лет работы имеет суммарное изменение частоты из-за старения и изменения температуры не выше 4×10^{-7}.

Разрешающая способность спектрального анализа может изменяться от 1 Гц до 5 МГц вручную или автоматически. Минимальная ширина полосы пропускания анализирующего фильтра (RBW) составляет 100 Гц при ширине полосы анализируемых сигналов более 10 МГц, 10 Гц – при ширине полосы 1...10 МГц и 1 Гц – при анализе сигналов с частотами менее 1 МГц.

В режиме с накоплением спектра минимальная ширина полосы пропускания анализирующего фильтра меняется от 1 МГц при полосе анализа 110 МГц до 1 Гц при полосе анализа 100 Гц, т.е. составляет 0.01 от ширины полосы анализа. Полосы анализа переключаются согласно ряду: 100, 200, 500 Гц, 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 кГц, 1, 2, 5, 10, 20, 40, 55 и 110 МГц.

Входной аттенюатор позволяет менять чувствительность анализатора в диапазоне от 0 до -75 дБ с шагом 5 дБ. Максимальный уровень входного сигнала 30 дБм. Допускается подавать на вход анализатора последовательность радиоимпульсов, мощность которых не превышает 75 Вт, длительностью не более 10 мкс и скважностью не более 1%. Максимальная величина постоянного напряжения на входе не должна превышать ±40 В.

Чувствительность анализатора в логарифмическом масштабе может изменяться в диапазоне от 0.1 до 20 дБ/дел. Число делений на дисплее – 10. Разрешающая способность при измерении напряжения в точке, помеченной курсором, 0.01 дБ в логарифмическом масштабе или 0.001 мкВ при измерении в линейном масштабе.

Уровень опорного напряжения устанавливается в диапазоне от -170 до 50 дБм с шагом 0.1 дБ. При полосе анализа меньше 80 МГц минимальный уровень опорного напряжения составляет -50 дБм.

Неравномерность АЧХ ВЧ-цепей анализатора в диапазоне частот 0.01...3 ГГц не превышает ±0.5 дБ, в диапазоне 3...6.2 ГГц – ±0.8 дБ, 6.2...14 ГГц – ±1 дБ при температуре окружающей среды 18...28 °С. Тракт промежуточной частоты обеспечивает неравномерность АЧХ не более ±0.2 дБ при диапазоне анализа 0.01...3 ГГц с увеличением до ±1.5 дБ на частотах 6.2...14 ГГц.

Уровень второй и третьей гармоник не превышает -80 дБн при уровне входного сигнала -25 дБн (при измерении третьей гармоники) и -40 дБн (при измерении второй гармоники). При этих измерениях затухание входного аттенюатора устанавливается равным 0 дБ. Спектральная плотность собственных шумов не хуже -97 дБм/Гц в диапазоне частот анализа 9 кГц...10 МГц. В более широком диапазоне анализа спектральная плотность шума колеблется от -143 до -149 дБм/Гц. При подключении дополнительного предусилителя спектральная плотность шума уменьшается примерно на 20 дБм/Гц. Неравномерность ФЧХ колеблется в пределах от 0.5 до 1 дБ.

Диапазон рабочих температур анализаторов 5...50 °С при относительной влажности воздуха не более 90%.

По уровню безопасности анализаторы соответствуют нормам UL 61010-1:2004 и CSA C22.2 No.61010-1-04. По электромагнитной совместимости – директивам 89/336/EEC и EN61326, класс А.

Питание прибора осуществляется от сети переменного тока 90...240 В/50...60 Гц или 90...132 В/400 Гц. Мощность, потребляемая от сети, не превышает 600 Вт. Масса со всеми аксессуарами не превышает 26.4 кг, габаритные размеры 267×437×413 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. http://www.antee.org/modules.php?name=News&file=article&sid=22236.

2. http://www.tek.com/site/ps/37-19513/pdfs/37W_19513.pdf.

VD MAIS

Оборудование и материалы для SMT. Печатные платы. Контрактное производство

• Устройства трафаретной печати • • Установщики ручные, полуавтоматические, автоматические • Печи оплавления припоя • • Системы визуального контроля • • Координатно-фрезерные станки • • Электромеханические отвертки • • Инструмент • Технологические материалы для SMT • Проектирование и изготовление печатных плат • Контрактное производство

Дистрибьютор

AIM, CHARLESWATER, ELECTROLUBE, ESSEMTEC, KOLVER, LPKF, PACE, SAMSUNG, SIMATEC, TECHNOPRINT, VISION

Украина, 01033 Киев, а/я 942, ул. Жилянская, 29
тел.: (044) 492-8852, 287-1389,
факс: (044) 287-3668
e-mail: info@vdmais.kiev.ua, www.vdmais.kiev.ua