

АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА

НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ

Как известно, анализаторы спектра необходимы при изучении и исследовании периодических и непериодических сигналов, используемых в различных областях радиоэлектроники. Без них невозможно обойтись при проведении НИОКР, производстве и эксплуатации радиоэлектронной аппаратуры. Поэтому очень важно иметь представление о том, какого уровня анализаторы спектра попадают на российский рынок.

Анализатор спектра – устройство, поведение которого зависит от частоты воздействующего сигнала. Он позволяет определить интенсивность каждой отдельной гармоники. Низкочастотным анализатором спектра можно исследовать спектр звуковых колебаний и определить влияние интенсивности отдельных гармоник на разборчивость речи, качество звучания, изменение тембра звука и другие характеристики звуковых трактов. Высокочастотными приборами исследуют спектр модулированных колебаний и определяют глубину модуляции при амплитудной и частотной модуляции, а также интенсивность гармоник и их характер для импульсных сигналов. Современные анализаторы спектра зачастую объединяют в себе все эти свойства. Высокие технические характеристики – основное условие высококачественных измерений с помощью анализаторов спектра.

ФИРМА AGILENT TECHNOLOGIES

Фирма предлагает несколько семейств анализаторов спектра, предназначенных для решения измерительных задач в лабораторных, производственных и даже полевых условиях.

Анализаторы спектра серии **Agilent ESA** (рис. 1) предоставляют гибкие технические решения для анализа сигналов в приемлемом диапазоне частот. Анализаторы серии Agilent ESA-L выполняют основные функции спектрального анализа без ущерба скорости и точности измерений. Эти приемлемые по цене анализаторы перекрывают три частотных диапазона: до 1,5, до 3,0 и до 26,5 ГГц. Для них характерны быстрые развертки в 4 мс и скорость до 30 измерений/с при выводе данных на дисплей или по шине GPIB. Прочный корпус с резиновыми уплотнителями и устойчивая к погодным условиям передняя панель позволяют этим портативным анализаторам работать в полевых условиях в дождь и при высокой влажности. Непрерывная подстройка в фоновом режиме обеспечивает точные измерения даже при изменении температуры окружающей среды.



Рис. 1. Анализатор спектра серии Agilent ESA



А. Шиганов

Анализаторы серии Agilent ESA-E способны постоянно расширять свои функциональные и измерительные возможности. Шасси с шестью гнездами для установки дополнительных плат представляет собой удобную измерительную платформу, которая позволяет пользователю выбирать те функциональные возможности и характеристики, которые нужны в настоящий момент, и облегчает модернизацию прибора в будущем. Специализированные измерительные программы, загружаемые в память анализатора, настраивают его на решение конкретных задач, таких как измерение фазового шума, анализ сигналов систем GSM/GPRS, cdmaOne, Bluetooth и анализ модуляции. Специализированная программа анализа модуляции обеспечивает измерение модуля вектора ошибки сигналов систем связи второго и третьего поколений.

Измерение относительной мощности в соседнем канале – ключевое для нового поколения многоканальных усилителей мощности. Все анализаторы серий ESA-E и ESA-L имеют режим измерения относительной мощности в соседнем канале при нескольких отстройках частоты и с настройками, ориентированными на распространенные форматы сигналов систем связи второго и третьего поколений. Кроме того, с помощью варианта комплектации 120 для ESA-E возможно измерение мощности в соседнем канале с увели-



Рис. 2. Анализатор спектра серии Agilent PSA

Таблица 1. Характеристики анализаторов спектра серии PSA

Параметр	Приборы E4443A/45A/40A	E4446A/48A
Диапазон частот	3 Гц–6,7/13,2/26,5 ГГц	3 Гц–44/50 ГГц
Динамический диапазон, дБ составляющие третьего порядка	113	113
мощность в соседнем канале W-CDMA	76	76
Чувствительность, дБм (средний уровень шума от 10 МГц до 3 ГГц)	-153/-167	-153/-167
Фазовый шум на 1 ГГц, дБм/Гц при отстройке на 10 кГц,	-114	-114
на 1 МГц,	-144	-144
на 10 МГц	-156	-156
Скорость		
минимальная длительность развертки, мс	1	1
минимальная длительность развертки при нулевой полосе обзора, мкс	1	1
скорость измерений в местном режиме, измерений/с	>50	>50
Полоса пропускания	1 Гц–8 МГц (10%-ными ступенями)	1 Гц–8 МГц (10%-ными ступенями)



ченным динамическим диапазоном при больших частотных отстройках (более 1 МГц), что является ключевым моментом для усилителей мощности систем W-CDMA. Вариант комплектации 230 обеспечивает дистанционное управление основными функциями анализатора через Интернет и дает возможность дистанционного просмотра его дисплея с помощью Web-браузера.

Анализаторы спектра **Agilent серии PSA** (рис.2, табл.1) с высокими техническими характеристиками выполняют прецизионные спектральные измерения, облегчают измерения параметров сигналов систем радиосвязи второго/третьего поколений, помогая быстро оценить критические соотношения в разрабатываемых изделиях. Быстро выполняют простые измерения или позволяют создавать заказные конфигурации для сложных измерений. Максимальная скорость измерений достигается путем переключения между традиционным анализом спектра, использующим свипирование частоты, и цифровым анализом на основе БПФ. Имея 160 значений полосы пропускания и аттенюатор с шагом 2 дБ, анализаторы позволяют выбрать оптимальное соотношение скорости измерений и динамического диапазона. Они обеспечивают испытания современных популярных форматов сигналов связи с помощью соответствующих одноклавишных измерений мощности, включая измерение мощности в соседнем канале с несколькими отстройками частоты, дополняющей интегральные функции распределения (CCDF) и уровня, соответствующего точке пересечения третьего порядка (TOI). Обеспечена также цифровая демодуляция и возможность дополнительных специализированных измерений параметров сигналов систем связи W-CDMA, cdmaOne, cdma2000, GSM с EDGE, NADC/PDC и других.

С внешним миром анализаторы связываются с помощью ЛВС, шины GPIB, HГМД и программного пакета IntuiLink, обеспечивающего управление прибором по сети Интернет. Драйверы для Agilent VEE, National Instruments LabView и LabWindows позволяют легко создавать новые методики измерений и запоминать эталонные или текущие результаты.

Для детального анализа сложных сигналов (в существующих или вновь возникающих форматах) необходимо их просматривать в различных вариантах представления. **Векторные анализаторы сигналов фирмы Agilent** (табл.2) предоставляют широкие возможности для измерения и анализа параметров связанных сигналов высокой скорости в различных представлениях: временном, частотном и модуляционном (кодированное разделение каналов). Достоинство этих анализаторов – способность анализировать сигналы независимо от их приема, а также демодулировать комплексные сигналы (с квадратурной модуляцией) и сигналы, изменяющиеся во времени. Векторные анализаторы сохраняют информацию об амплитуде и фазе сигнала, позволяя проводить сложный анализ временных, частотных и модуляционных характеристик. Используя эти возможности, можно обнаруживать и анализировать ошибки временного кодирования, некорректную фильтрацию, переполнение ЦАП, паразитные сигналы, накладывающиеся на модуляционные посылки, и множество других проблем, возникающих в аналоговых ВЧ-схемах и при цифровой обработке сигналов.

Векторный анализатор **89600**, построенный на базе ПК, выполняет анализ широкополосных сигналов с информативной полосой 36 МГц. Перекрывая множество форматов модуляции, он предоставляет гибкие возможности по демодуляции с регулируемыми параметрами.

Прибор **89400**, предлагая широкие возможности по демодуляции при отработке схем, обеспечивает точные измерения с низким уровнем фазового шума. Имеется возможность проводить анализ

Таблица 2. Характеристики векторных анализаторов сигналов

Параметр	Серия 89400	Серия 89600	E4406A
Диапазон частот, ГГц	0–2,65	0–6	0,007–4
Чувствительность на 1 ГГц, дБм/Гц	-160	-159	-106 дБ (в полосе анализа 1 кГц)
Фазовый шум, дБм/Гц	-116 (отстройка 10 кГц)	-99 (отстройка 20 кГц)	-99 (отстройка 10 кГц)
Полоса информационного сигнала, МГц	8	36	8
Полоса анализа	<1 Гц–3 МГц	<1 Гц–10 МГц	10 Гц–7,5 МГц

ВЧ-сигналов в полосе 8 МГц или огибающих в полосе 10 МГц. Встроенный источник когерентного сигнала позволяет измерять частотные характеристики устройств с переносом частоты.

Новый векторный анализатор для исследования передатчиков **E4406A** предназначен для автоматизированного контроля параметров в соответствии со стандартами при производстве и разработке. Позволяет измерять параметры сигналов множества форматов беспроводной связи, включая W-CDMA, cdma2000, cdmaOne и GSM/EDGE. Дополнительные квадратурные IQ-входы расширяют функциональные возможности по анализу параметров сигналов огибающих, имеющих постоянную составляющую.

ФИРМА TEKTRONIX

Анализатор спектра Tektronix 3026 (рис.3) нового поколения позволяет наблюдать переходные импульсные процессы в реальном времени. Прибор будет незаменим при настройке и тестировании изделий, если учитывать постоянно повышающиеся требования к высокотехнологичной продукции. Tektronix 3026 позволяет исследовать частотный диапазон от 50 Гц до 3 ГГц. В реальном времени можно наблюдать сигнальный спектр шириной до 2 МГц, анализировать сигналы во временной и частотной областях, наблюдать их фазовые характеристики одновременно, в режиме параллельных окон. Измерения осуществляются со скоростью 25000 кадр/с. Время обновления изображения – 40 мкс. Анализатор может применяться при производственном тестировании средств сотовой связи (стандарт PCS), при проверке ВЧ-компонентов, для наблюдения за санкционированным входением в сеть и мониторинга кабельного телевидения, для поиска неисправностей в радиолокационных системах и СВЧ-связи, при производственном тестировании компьютеров на наличие электромагнитного излучения, для верификации уст-



Рис.3. Анализатор спектра Tektronix 3026

ройств, использующих временные или кодовые команды. Технические характеристики:

Диапазон частот в ВЧ-режиме	10 МГц–3 ГГц
Диапазон частот в режиме видеоимпульса	50 Гц–10 МГц
Ширина развертки в ВЧ-режиме	100 Гц–3 ГГц
Ширина развертки в режиме видеоимпульса	100 Гц–10 МГц
Уровень шумов при отстройке от несущей на 10 кГц	100 дБс/Гц
Динамический диапазон опорного источника	-50 дБм...+30 дБм

Анализатор спектра нового поколения **Tektronix 3066** (рис.4) позволяет исследовать сигнальные спектры в реальном времени

при ширине развертки до 5 МГц. Обеспечивает прямое получение (seamless acquisition) и всесторонний анализ спектральных составляющих кратковременных импульсных сигналов, например сигналов стандарта GSM, IS-136, PDC или CDMA. Спектроанализаторы, работающие в реальном времени, имеют перед анализаторами, использующими частотную развертку, то неоспоримое преимущество, что они за один и тот же промежуток времени позволяют исследовать спектр не на одной заданной частоте, а в некотором частотном диапазоне. Благодаря высокой частоте обновления отображаемых данных Tektronix 3066 обеспечивает наблюдение поведения сигнала таким, каким реально оно является. Фиксируются даже самые незначительные фазовые изменения, которые остались бы за кадром при использовании стандартных дискретных фильтров ПЧ.

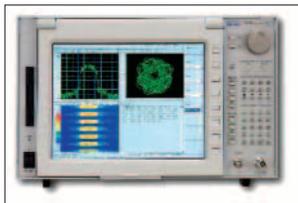


Рис.4. Анализатор спектра Tektronix 3066

Дисплей, изготовленный по стандартам тонкопленочной технологии, размером 12,1 дюйма позволяет одновременно, в различных окнах, наблюдать спектр сигнала, водопадные диаграммы, спектрограммы, цифровую модуляцию. Для детального анализа цифровых модулированных сигналов возможен вывод на экран векторных диаграмм, а также частоты и фазы. Пользователи могут при помощи маркера анализировать модуляцию в записи. Так, можно исследовать, в частности, сигналы со скоростью 5,3 мегасимвол/с, что упрощает анализ сигналов стандарта W-CDMA. Кроме того, режим запуска по частотному шаблону (frequency mask trigger) позволяет захватить спектр случайных сигналов, например скачкообразное побочное излучение. Если для пользователя не важны процессы между скачками импульса, то можно выделять только релевантные процессы, что освобождает память для сохранения с целью последующего анализа большего количества импульсов. Частотный шаблон задается графически пользователем. Срабатывание происходит, если в пределах определенного интервала времени появляется сигнал с характеристиками, не соответствующими шаблоном. Существует опция, которая позволяет автоматически, без вмешательства оператора, сохранять данные о формах сигнала на жесткий диск для последующего воспроизведения и анализа переходных процессов. Возможность детализации (1000:1) фокусирует внимание на конкретном сигнале даже в окружении многих других сигналов. Технические характеристики:

Частотный диапазон в ВЧ-режиме	10 МГц–3 ГГц
Частотный диапазон в режиме видеоимпульса	0–10 МГц
Разрешение по частоте	0,1 Гц
Ширина развертки в ВЧ-режиме	100 Гц–3 ГГц
Ширина развертки в режиме видеоимпульса	100 Гц–10 МГц
Ширина развертки в реальном времени	100 Гц–5 МГц
Ширина векторной развертки	100 Гц–6 МГц
Динамический диапазон опорного источника	
ВЧ-режим	-50 дБм...+30 дБм
видеоимпульсный режим	-30 дБм...+30 дБм

ФИРМА GOOD WILL

Новый цифровой анализатор спектра **GSP-827** (рис.5) отличается удачным сочетанием высоких ВЧ-параметров, огромного числа функций, простоты в работе пользовательского интерфейса и полного набора опций, облегчающих проведение измерений в широком диапазоне приложений в лабораторных и эксплуатационных условиях.



Рис.5. Анализатор спектра GSP-827 фирмы Good Will

Нестабильность опорной частоты 10×10^{-6} (опционально 1×10^{-6}). Наличие десяти маркеров, трассировки, сдвоенного дисплея, пусковой схемы и возможности измерения мощности делают процесс измерения более простым и быстрым. Предусмотрено разделение окна для одновременного измерения при двух различных полосах обзора. Одиннадцать диапазонов внешнего опорного генератора обеспечивают синхронизацию по отношению ко многим телекоммуникационным стандартам. Интерфейсы GPIB и RS232 создают связь анализатора с ПК. Пользователи имеют возможность разрабатывать собственное прикладное ПО. Фильтр электромагнитных помех и квазипиковый детектор способны выполнить тестирование на ЭМС. АМ/ЧМ-демодулированное напряжение поступает на наушники или внутренний громкоговоритель. Технические характеристики:

Частотный диапазон	9 кГц–2,7 ГГц
Входной уровень	-105–20 дБм
Полоса пропускания ПЧ	3 кГц; 30 кГц; 300 кГц; 4 МГц
Полоса пропускания видео	10 Гц–1 МГц
Длительность развертки	100 мс–25,6 с
Полоса обзора	нулевая; 2 кГц/дел–250 МГц/дел; весь диапазон
Обработка спектрограмм	пиковые значения; накопление; замораживание; математическая обработка
Плотность собственных шумов	-140 дБм/Гц
Внешняя опорная частота	от 64 кГц до 19,2 МГц
Измерение мощности	соотношение мощностей в смежных каналах; пропускная способность канала связи; мощность радиосигнала
Дисплей	черно-белый графический ЖК-индикатор с разрешением 640 x 480 пикселей

Цифровой анализатор спектра GSP-810 (рис.6) содержит

цифровую ФАПЧ для стабилизации опорной частоты, которая в результате составляет 10^{-5} . Прибор имеет высокое разрешение при детальном анализе сигнала – от 2 кГц/дел до 100 МГц/дел. Содержит встроенный приемник АМ/ЧМ-сигналов. Выполняет маркерные измерения в режимах: частота, уровень, разность уровней, установка маркера на пик сигнала, установка центральной частоты по маркеру. При индикации спектрограммы возможно удержание максимальных значений, "замораживание", усреднение (2–32 развертки), пошаговая развертка, поиск пиковых значений, установка центральной частоты по маркеру. Через интерфейс RS-232C происходит дистанционное управление. Технические характеристики:



Рис.6. Анализатор спектра GSP-810 фирмы Good Will



Частотный диапазон150 кГц–1,0 ГГц
 Полоса пропускания ПЧ3; 30; 220 кГц; 4 МГц
 Полоса пропускания видео1,6/90 кГц; выбирается автоматически в зависимости от полосы пропускания фильтра ПЧ
 Максимальный входной уровень30 дБм
 Уровень собственных шумовне более 100 дБм
 Индикация центральной частоты6,5 разрядов
 Полоса обзоранулевая; 2 кГц/дел–100 МГц/дел

При рассмотрении приборов класса анализаторов спектра естественно упомянуть и анализаторы напряженности электромагнитного поля. Из этих приборов можно выделить портативный анализатор электромагнитного поля **MIT 3290** фирмы **MITech Inc.** (рис.7). Предназначен он для обслуживания телекоммуникационного оборудования, сотовых телефонных сетей, радиотелефонов, радиостанций в полосе частот персональной радиосвязи и ЧМ-вещания, пейджинговых систем, кабельных и спутниковых систем телевидения, для измерения параметров антенн. Анализатор измеряет сигналы, модулированные по типу узкополосной ЧМ, широкополосной ЧМ, АМ, АМ с использованием одной боковой полосы (SSB).



Рис.7. Анализатор электромагнитного поля MIT 3290 фирмы MITech

Режимы работы: автосканирование или пошаговый поиск, мультирежимная индикация спектра (10/20/40/80/160 каналов), однорежимная индикация спектра, индикация разности частот, индикация результатов измерения частоты. Высококонтрастный ЖК-дисплей, с подсветкой. Встроенные частотомер (9-2900 МГц), система аудиоконтроля. Технические характеристики:

Частотный диапазон100 кГц–2,9 ГГц
 Чувствительность приема0–6 дБ/мкВ
 Полоса обзора при узкополосной ЧМ12,5 кГц
 Полоса обзора при АМ/SSB2,4 кГц
 Режимы разверткиавтоколебательная, однократная, свободная, свободная однократная
 Режимы сканированияручной, память каналов, поиск

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА

Из отечественной продукции в первую очередь привлекают внимание анализаторы спектра СК4-97 и С4-98 (ФГУП "Кварц", Нижний Новгород).

Анализатор СК4-97 (рис.8)

предназначен для измерения частоты и уровня составляющих спектра сигналов, панорамных измерений амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик трактов и линий связи, параметров радиокомпонентов. Работает в составе автоматизированных измерительных систем или с управлением от ПК. Имеет встроенные автоматически перестраиваемый преселектор и синтезированный следящий генератор. Технические характеристики:

Частотный диапазон10 Гц–130 МГц
 Полоса обзора0–130 МГц
 Полосы пропускания3,16 Гц–316 кГц
 Динамический диапазон90–100 дБ
 Уровень собственных шумов1 мкВ на частотах до 1 кГц; 13 нВ на частотах до 130 МГц
 Гармонические искажения-90 дБ
 Фазовые шумы при отстройке 50 кГц-100 дБ/Гц



Рис.8. Отечественный анализатор спектра СК4-97



Рис.9. Отечественный анализатор спектра С4-98

Анализатор С4-98 (рис.9) основан на последовательном принципе работы, содержит встроенные микропроцессор, генератор гармоник 0,1–22 ГГц, синтезированный гетеродин (шаг до 1 Гц), преселектор 1,7–22 ГГц. Автоматически выполняет измерения параметров спектра периодического сигнала, а именно параметров сложного спектра непрерывных колебаний, параметров спектра периодически повторяющихся импульсов, модуляционных параметров и параметров паразитных колебаний, параметров сети. Технические характеристики:

Частотный диапазон стандартная поставка100 Гц–39,6 ГГц поставка по договору100 Гц–178 ГГц
 Средний уровень шумов при отстройке 30 кГц.....-85 дБ/Гц
 Точность измерения амплитуды.....+6 дБ (11,7–17,7 ГГц)
 СВЧ-излучение10⁻⁵ Вт/м² на 1 м от прибора
 Режим разверткинепрерывная, однократная

Московским заводом измерительной аппаратуры выпускаются портативные анализаторы спектра "Сатурн-1" и "Сатурн-2"

(рис.10, табл.3), которые предназначены для спектрального анализа радиосигналов при испытаниях в лабораторных и эксплуатационных условиях, при научных исследованиях и разработке, а также для радионаблюдения и контроля ЭМС. Могут применяться в радиосвязи, радио- и телевидении, радиолокации, радионавигации и т.д. Отличительные их особен-



Рис.10. Отечественный анализатор спектра "Сатурн"

Таблица 3. Основные технические характеристики анализаторов "Сатурн"

Параметр	"Сатурн-1"	"Сатурн-2"
Диапазон частот, МГц	0,009–1000	0,009–2150
Полоса обзора, МГц	0,005–1000	0,005–2000
Погрешность измерения амплитуды, дБ	+(2,0–2,5)	+(2,0–2,5)
Динамический диапазон индикации, дБ	80–85	80–85

ности: простота работы, высокая точность измерений амплитуды и частоты, автоматизация измерений (благодаря интерфейсу RS-232), цветной дисплей, малые габариты и масса, автономное питание.

www.agilent.com/ www.eltm.ru/
www.tek.com/ www.elvira.ru/
www.prist.ru/ www.kvarz.ru/
<http://mzia.webzone.ru/>