

НОВЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА



NEW АКТАКОМ SPECTRUM ANALYZERS

Афонский А.А. (A. Afonskiy), доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана

В конце прошлого года в модельном ряду АКТАКОМ появились две новые модели настольных анализаторов спектра — АКС-1301 и АКС-1601. Оба анализатора имеют одинаковый внешний вид (рис. 1).

Анализатор спектра АКС-1301 — универсальный анализатор спектра, рассчитанный на рабочую частоту от 9 кГц до 3 ГГц, в то время как АКС-1601 — первый в линейке АКТАКОМ анализатор спектра с полосой частот обзором до 6,2 ГГц с минимальным разрешением 1 Гц.



Рис. 1. Анализатор спектра АКТАКОМ АКС-1301

Следует отметить, что в модельном ряду АКТАКОМ достаточно давно присутствуют портативные анализаторы спектра и электромагнитного поля, такие как АКС-1201, АКС-1291, АКС-1292. Новые анализаторы спектра АКС-1301 и АКС-1601 — это профессиональные приборы с широкими возможностями и прекрасными техническими характеристиками.

Рассматриваемые в статье анализаторы отличаются хорошей полосой обзора (100 Гц/дел...300 МГц/дел), широким динамическим диапазоном (от -105 до +20 дБм без предусилителя) и высо-



Рис. 2. Лицевая панель АКС-1301

коточным генератором опорной частоты (погрешность и стабильность менее 0,5 ppm). В приборах реализована новая система цифрового частотного синтеза для высокого разрешения (до 1 Гц) при проведении частотных измерений и широкий набор фильтров ПЧ (см. таблицу). При этом фильтры ЭМС (9 и 120 кГц) идут в штатной комплектации.

Одним из основных достоинств АКС-1301 является встроенный штатный предусилитель. Типичное значение уровня собственных шумов при включенном предусилителе составляет -130 дБм, а динамический диапазон расширяется до +20 дБм ... -130 дБм.

Как известно, наибольшее влияние на правильность измерения оказывают гармонические искажения 2-го порядка и интермодуляционные искажения 3-го порядка, возникающие при подаче на вход двух равноамплитудных сигналов. Для АКС-1301 значение гармонических искажений 2-го порядка составляет не более -60 дБн при уровне входного сигнала -40 дБн, а значение интермодуляционных искажений 3-го порядка составляет не более -70 дБн (типично).

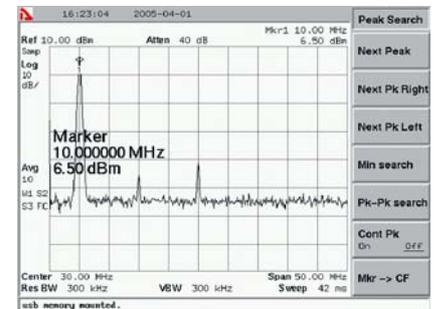


Рис. 3. Установка маркера

Приборы имеют большую энергонезависимую память (900 спектров и 3000 настроек), а также встроенный USB 2.0 хост. Специалистам наверняка понравится очень удобное в навигации меню, сходное с популярными моделями спектроанализаторов HP/Agilent.

Основные параметры анализаторов спектра АКС-1301 и АКС-1601 представлены в таблице.

Приборы снабжены стандартными для спектроанализаторов автоматическими измерениями (измерение мощности в канале, соотношение мощностей в

ЧЕМ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ДИНАМИЧЕСКИЙ ДИАПАЗОН АНАЛИЗАТОРА СПЕКТРА

Динамический диапазон — важнейшая характеристика анализатора спектра. Этот параметр определяет максимальное отношение между двумя уровнями сигнала (максимальным и минимальным), присутствующими в сигнале, которые можно измерить с заданной точностью.

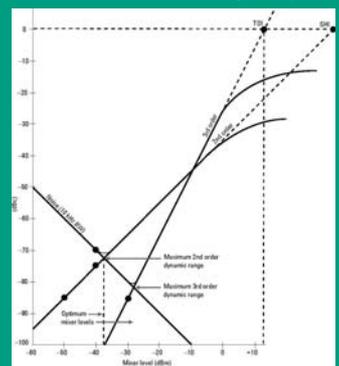


Факторы, ограничивающие динамический диапазон:

1. Чувствительность системы, или средний отображаемый уровень шума (Displayed Average Noise Level — DANL). Действие этого фактора можно уменьшить с помощью предусилителя. Увеличение уровня сигнала ПЧ также снижает влияние этого фактора.
2. Искажения сигнала, возникающие во входном смесителе (гетеродине), усилителе ПЧ и АЦП. Наибольшее влияние на динамический диапазон оказывают гармонические искажения второго порядка и интермодуляционные искажения 3-го порядка. Повышение сигнала генератора ПЧ увеличивает влияние этих факторов, но с разной скоростью. Искажения второго порядка увеличиваются пропорционально квадрату к основному сигналу, а третьего порядка — увеличиваются пропорционально кубу.
3. Фазовый шум встроенного генератора ПЧ (нестабильность частоты и фазы).

На рисунке ниже показан динамический диапазон анализатора. По оси X указывается уровень входного сигнала в первом гетеродине. По оси Y определяется уровень внутренних генерируемых искажений в дБ. TOI — «точка перехвата» третьего порядка, SHI — второго порядка.

Из рисунка видно, что для лучшего соотношения сигнал/шум нужно увеличивать входной уровень на гетеродине. С другой стороны, для уменьшения внутренних искажений нам нужно уменьшить входной уровень как можно меньше. Поэтому наилучший динамический диапазон получается как компромисс между соотношением сигнал/шум и внутренне сгенерированными искажениями.



смежных каналах, измерение полосы по уровню), маркерными измерениями, осуществляют запись спектрограмм и настроек с временными метками или профилей. Все результаты измерений отражаются на цветном 6,4" ЖК-дисплее с разрешением 640×480. Сам прибор имеет размеры 350×195×375 мм и массу 10 кг.

В списке дополнительных опций анализаторов: треккинг-генератор, генератор сигналов CDMA, интерфейс GPIB, сумка для переноски, наборы для работы с кабельным ТВ и измерения КСВН.

Рассмотрим в качестве примера некоторые режимы работы прибора.

1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КУРСОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В РЕЖИМЕ ДЕЛЬТА-МАРКЕРА

Подключим исследуемый сигнал к разъему RF INPUT (для примера взят сигнал опорной частоты встроенного генератора с разъема 10 МГц REF OUT на задней панели). Устанавливаем центральную частоту 30 МГц и полосу обзора 50 МГц. Далее выбираем значение опорного уровня 10 дБм. Следует иметь в виду, что если величина опорного уровня будет меньше 10 дБм, то величина гармоник стандартного 10 МГц сигнала будет слишком большой. Устанавливаем усреднение по 10 разверткам и маркер на пик сигнала (рис. 3).

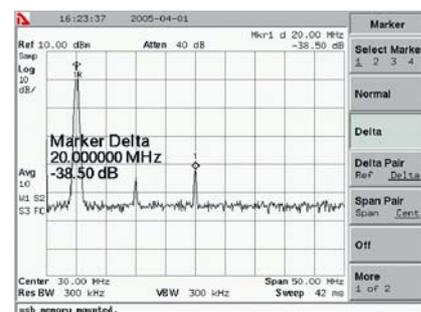


Рис. 4. Использование режима дельта-маркеров

Далее, нажав клавишу MARKER → Delta, включаем дельта-маркер и устанавливаем его на следующий пик, используя поворотный регулятор. В результате получаем в верхней правой части дисплея разность между значениями частоты и амплитуды обоих маркеров (рис. 4).

На рисунке 5 показаны результаты маркерных измерений сигнала 200 МГц, имеющего ЧМ-модуляцию ±50 кГц.

2. АВТОМАТИЧЕСКОЕ ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ В КАНАЛЕ CDMA

Для вычисления мощности радиосигнала в канале используется метод интегрирования фильтра ПЧ (RBW). Для корректного вычисления мощности важно правильно установить ширину фильтра ПЧ в анализаторе спектра:

$RBW = k \times \text{ПОЛОСА ОБЗОРА} / N$, где k — значение между 1.2 и 4.0, N — количество трассирующих точек (обычно равно 400).

Обычно для вычисления мощности в канале полоса видеофильтра (VBW) устанавливается в 10 раз больше, чем полоса RBW.

Подключив генератор сигналов CDMA к входу RF INPUT прибора, подаем

ЧАСТОТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ		Таблица	
	АКС-1301	АКС-1601	
Частотный диапазон	9 кГц...3 ГГц	9 кГц...6,2 ГГц	
Разрешение	мин. 1 Гц		
Полоса обзора	100 Гц/дел...300 МГц/дел	100 Гц/дел...300 МГц/дел	
	с шагом 1-2-5 нулевая полоса обзора		
полная полоса обзора	9 кГц...3 ГГц	9 кГц...6,2 ГГц	
Режим выбора частоты	Начальная, конечная, центральная, установка полосы обзора		
Погрешность индикации полосы обзора	±3% от индицируемой полосы обзора		
Погрешность отсчета частоты, не более	± (значение частоты × погрешность опорной частоты + полоса обзора × погрешность полосы обзора + 0,5 × полоса пропускания)		
Полоса пропускания диапазон	1 кГц...3 МГц (1-3-10); 9 кГц, 120кГц	1 кГц...6,2 МГц (1-3-10); 9 кГц, 120кГц	
погрешность избирательность	±20%		
60 дБ/3 дБ	15:1	15:1	
60 дБ/6 дБ (9 кГц, 120 кГц)	12:1	12:1	
погрешность переключения	не более ±1,0 дБ		
Полоса видеофильтра	10 Гц...3 МГц (с шагом 1-3-10)		
Фазовый шум, не более	-90 дБн/Гц (при отстройке 10 кГц)		

АМПЛИТУДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ	
Диапазон	+20 дБм...-105 дБм
Средний уровень шума (полоса пропускания 1 кГц, полоса видеофильтра 10 Гц)	без предусилителя 50 кГц...150 кГц: макс. -100 дБм 150 кГц...1 ГГц: макс. -105 дБм 1 ГГц...2,4 ГГц: макс. -100 дБм 2,4 ГГц...3 ГГц: макс. -95 дБм (АКС-1301) 2,4 ГГц...6,2 ГГц: макс. -95 дБм (АКС-1601) с предусилителем (АКС-1301) 20 МГц...2,7 ГГц макс. 127 дБмВт 2,7 ГГц...3 ГГц: макс. -123 дБм
Единицы измерения	дБм, дБмВ, дБмкВ, В, мВ, мкВ, Вт, мВт, мкВт
Линейность шкалы дисплея, не более	±1,5 дБ/70 дБ (при масштабе 10 дБ/дел.) ±1,5 дБ/40 дБ (при масштабе 5 дБ/дел.) ±0,5 дБ/16 дБ (при масштабе 2 дБ/дел.) ±0,5 дБ/8 дБ (при масштабе 1 дБ/дел.)
Неравномерность АЧХ	100 кГц...10 МГц: -3,5...1,5 дБ 10 МГц...3 ГГц/6,2 ГГц: ±1,5 дБ (АКС-1301/АКС-1601)
Опорный уровень диапазон разрешения погрешность	-90 дБм...+20 дБм 0,1 дБ ±1,5 дБ
Искажения по второй гармонике	не более -60 дБн при уровне входного сигнала -40 дБм
Интермодуляционные искажения	не более -70 дБн при уровне входного сигнала -40 дБм
Остаточные искажения	не более -85 дБм при отсутствии сигнала на нагруженном входе, ослабление аттенюатора 0 дБ)

РАЗВЕРТКА	
Время развертки	100 мс...1000 с 40 мс...1000 с (нулевая полоса)
Погрешность	не более ±20%
Источник запуска	автоматический, внешний (с задней панели), по видеосигналу, от сети
Режимы запуска	непрерывный; однократный
Уровень запуска	TTL

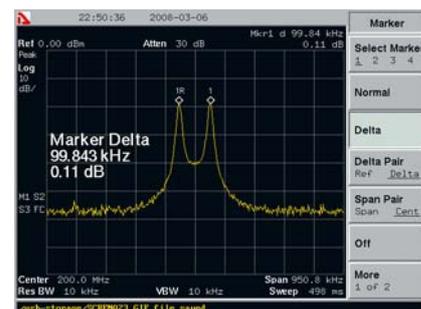


Рис. 5. Использование режима дельта-маркеров при измерении ЧМ-модулированного сигнала

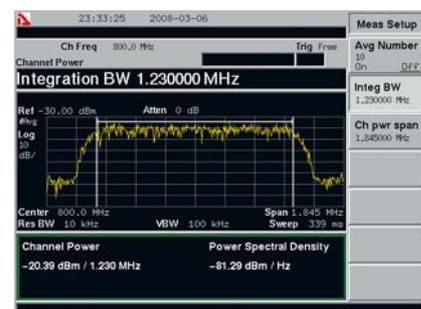


Рис. 6. Режим измерения мощности в канале CDMA

сигнал с частотой 850 МГц и амплитудой -30 дБм и включаем режим измерения мощности.

Устанавливаем центральную частоту 800 МГц и опорный уровень -30 дБм. Если задать величину интегральной полосы равную 1,23 МГц, то весь диапазон автоматически будет установлен равным $1,5 \times$ (интегральная полоса), т. е. 1,845 МГц. Получаем на экране результат измерения (рис. 6).

3. ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ В СОСЕДНИХ КАНАЛАХ

В этом режиме автоматических измерений пользователь имеет возможность задать смещение относительно основного канала. В нашем примере, если установить величину интегральной

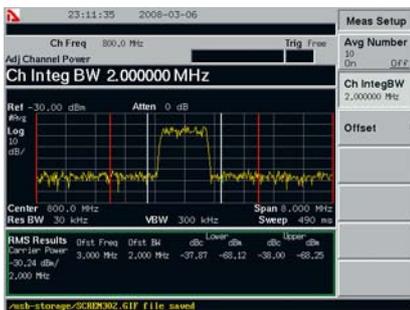


Рис. 7. Измерение мощности в соседнем канале CDMA

полосы канала равной 2 МГц и установить величину смещения частоты (Offset Freq) равной 3 МГц, то можно получить результат измерения мощности в соседнем канале CDMA (рис.7).

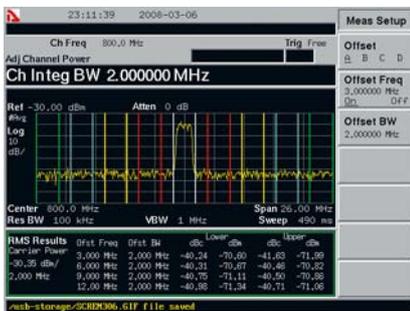


Рис. 8. Измерение мощности в соседних каналах CDMA (4 смещения)

Этот режим автоматических измерений позволяет измерить мощность в нескольких соседних каналах, задавая до 4 различных величин смещения относительно основного канала (рис. 8).

В качестве опции для АКС-1301 доступен трекинг-генератор. Его наличие позволяет существенно расширить область применения анализатора спектра. Становится доступно использование АКС-1301 для снятия АЧХ, тестирования входных трактов различных приемных устройств, антенно-фидерных трактов, фильтров и других устройств, измерения отражения и поглощения ВЧ-сигналов. Частотный диапазон трекинг-генератора 100 кГц...3 ГГц, выходной уровень 0... -50 дБм.

На рис. 9 приведен пример измерения КСВН, произведенного с помощью АКС-1301 с опцией трекинг-генератора.

Спектроанализаторы АКС-1301 и АКС-1601 имеют развитые возможности сохранения результатов измерений. Прибор обеспечивает сохранение результатов измерений во внутренней памяти или на внешнем носителе USB. При подключении внешней USB-памяти сохранение, загрузку, удаление, переименование и другие действия с файлами можно осуществлять как с внешней, так и с внутренней памяти.

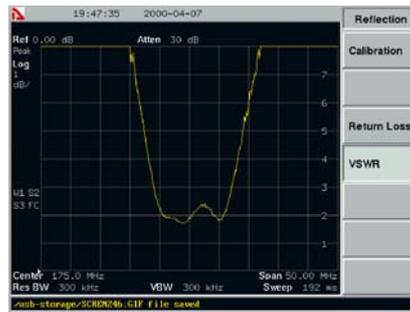


Рис. 9. Измерение КСВН

При установке в меню «File» пути для сохранения файлов на внешнюю USB-память, даже после выхода из меню сохранение файлов будет осуществляться на внешнюю USB-память.

Прибор поддерживает подключение принтера через параллельный порт или через USB порт. Следует отметить, что в АКС-1301 реализован широкий выбор интерфейсов для подключения внешних устройств: USB host/device, RS-232, Centronics, GPIB (опционально) и Ethernet (опционально). В последнем случае у пользователя появляется возможность управлять анализатором спектра со своего персонального компьютера или ноутбука через Ethernet. Можно осуществлять отображение спектрограмм, их сохранение, курсорные

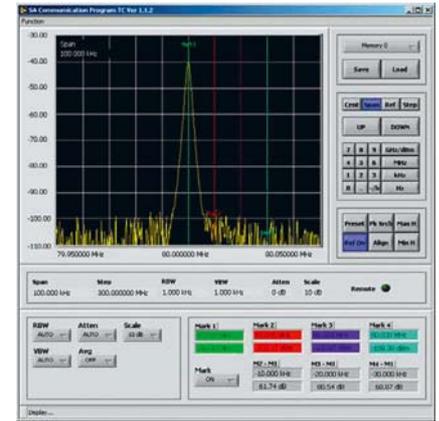


Рис. 10. Пример графического интерфейса программы для управления АКС-1301 и АКС-1601 через Ethernet

измерения, устанавливать полосу обзора, полосу пропускания ПЧ- и видеофильтров, управлять аттенюатором и т. п. Вид окна программы на экране компьютера представлен на рис. 10.

В заключении следует отметить, что рассмотренные анализаторы спектра АКТАКОМ АКС-1301 и АКС-1601 являются очень удачным и, главное, профессиональным решением для выполнения разнообразных измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афонский А.А., Дьяконов В.П. Современные измерительные приборы и массовые измерения, М., «Солон-пресс», 2007 г.

New AKTAKOM AKC-1301 and AKC-1601 spectrum analyzers are described in this article. Their specifications, features and operating modes are presented.