



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**"Московский технологический университет"**

**МИРЭА**

---

---

Филиал МИРЭА в г. Фрязино

Кафедра №137 «Электроника и микроэлектроника»

**ПРИНЯТО**  
на заседании кафедры 137  
(протокол № 7  
от «07» апреля 2016 г.)

**УТВЕРЖДАЮ**  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

---

**Д.А. КОВТУНОВ, Л.А. ТРОИЦКАЯ, А.В. ПАВЛИЧЕНКО**

**АНАЛИЗАТОР СИГНАЛОВ**

Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов по направлению подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» и 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника».

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время анализаторы сигнала (спектра) СВЧ стали важнейшим измерительным и индицирующим средством для характеристики высокочастотных и сверхвысокочастотных сигналов самой разнообразной структуры. Современный универсальный анализатор ВЧ и СВЧ сигналов относится к четвертому поколению радиоизмерительных приборов:

- позволяет вести автоматическую регистрацию амплитудных (скалярный анализатор) и комплексных (векторный анализатор) спектров панорамно по частоте, вплоть до рабочей полосы 0-110 ГГц;

- в большой мере управляется и вычислительно обслуживается внутренним или внешним компьютером:

- использует как минимум тройное преобразование частоты, гетеродины которого построены на высокостабильных синтезаторах частоты;

- широко использует цифровые технологии, в частности, имеет полностью цифровой тракт, начиная с выхода последнего смесителя;

- автоматически представляет и сохраняет спектральные характеристики сигналов в различных форматах, масштабах и подробностях;

- может быть включен в систему метрологического трассирования вплоть до национальных стандартов.

Тем не менее, возможности увеличения эффективности векторных и скалярных анализаторов сигналов далеко не исчерпаны. Важным свидетельством этому является ежегодное появление на рынке измерительных приборов СВЧ все новых, более совершенных моделей анализаторов сигнала ведущих мировых фирм Keysight Technologies, RÖHDE&SCHWARZ, Anritsu, Tektronix.

. Можно предположить, что в связке с технологическими прорывами радиотехнического значения и рыночной конъюнктурой основными направлениями развития будут:

- 1) дальнейшая виртуализация системы, то есть передача выполняемых функций от радиотехнических устройств к компьютерам:

- 2) совершенствование системы измерительных калибровок:

- 3) дальнейшая автоматизация цикла измерений, вплоть до почти полного устранения ручных операций:



4) совершенствование системы интерпретации наблюдаемых данных на базе специально разработанной теории интерпретации спектрометрических данных;

5) дистанционное управление работой прибора;

6) расширение возможностей включения прибора в измерительный комплекс без доработки интерфейсов и т.п.

Целью предлагаемых лабораторных работ является изучение методов анализа спектров ВЧ и СВЧ сигналов, устройство и принцип действия анализатора сигнала X-серии N9030A PXA фирмы Keysight Technologies (США).

Представленные лабораторные работы обеспечены пошаговыми инструкциями для использования стандартных функций анализаторов сигналов X-серии N9030A PXA, N9020A MXA, N9010A EXA и N9000A CXA.

Следует обратить внимание, что во всех описаниях лабораторных работ нажатие на клавишу, окруженную значком , указывают на твердые клавиши передней панели анализатора сигналов или ВЧ генератора сигналов, а нажатие клавиши, окруженной значком , указывает на программируемые клавиши на дисплее. Если приложение анализатора сигналов теряет фокус (клавиши на передней панели становятся небыстро реагирующими), нажмите, ALT и затем TAB вместе, или можно использовать мышь, чтобы щелкнуть по экрану SA.

Все изображения в данном руководстве к проведению лабораторных работ взяты с дисплея высокоэффективного PXA с включенным расширением минимального уровня шума. Если при проведении работ будет использоваться другой анализатор сигнала X-ряда, то достигаемая производительность может измениться в зависимости от производительности конкретного типа анализатора.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1: Функция автоматической настройки (AutoTune)

В данной лабораторной работе будет показано, что функция автоматической настройки (AutoTune) корректирует центральную частоту и полосу обзора (спан) анализатора сигналов, основываясь на полосе частот (BW) исследуемого сигнала.

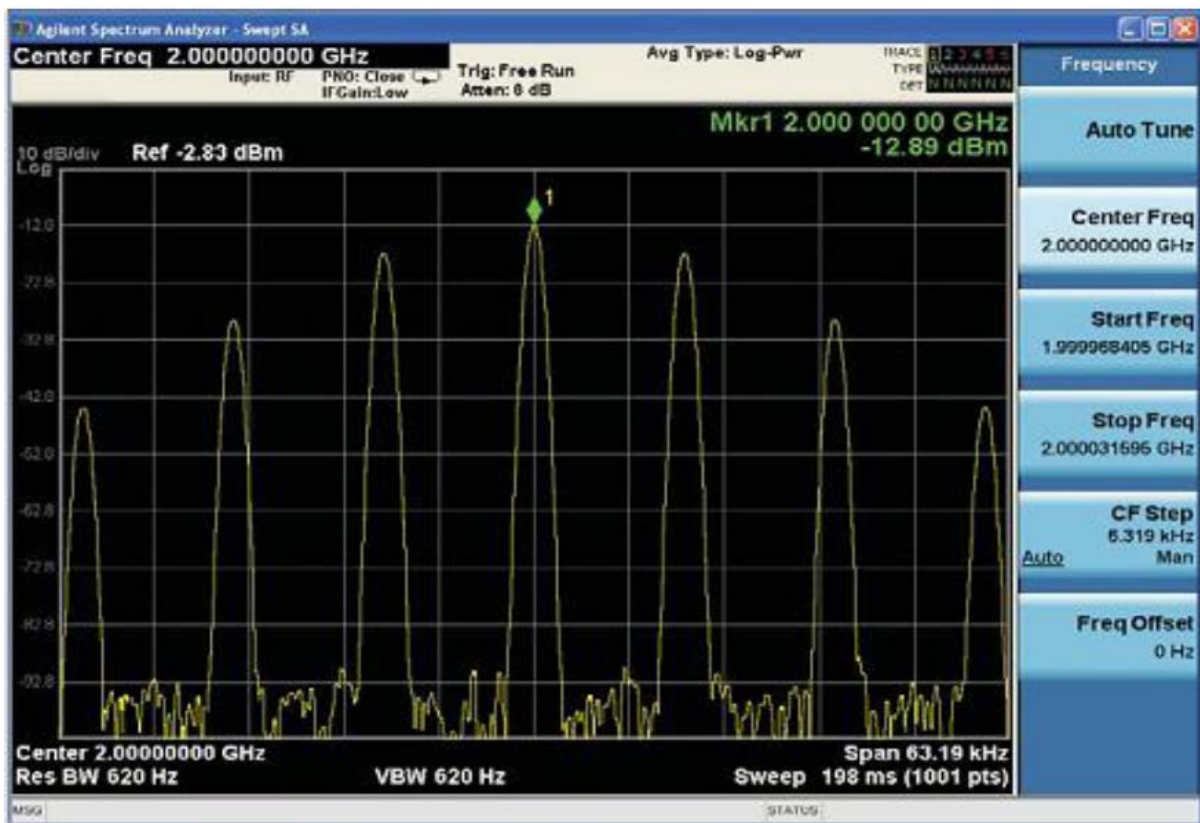


Рисунок 2: Автонастройка ФМ сигнала (AutoTune to FM signal)

Инструкция для источника	Нажатия клавиш для источника
Установить центральную частоту	[Preset] [FREQ] [2] {GHz} [AMP TO] [-10] {dBm} [FM/ФМ] {FMOn} {FMDev} [10] {kHz} {FMRate} [10] {kHz} [RFOn] [ModOn]
Инструкция для анализатора	Нажатия клавиш для анализатора
Автоматическая настройка, чтобы найти сигнал, настроить-	[ModePreset] {AutoTune} Анализатор устанавливается для измерения

ся и масштабироваться на немСм. рисунок 2, чтобы контролировать действия	сигнал и его боковые полосы. Пиковый маркер активируется автоматически.
<b>Инструкция для источника</b>	<b>Нажатия клавиш для источника</b>
Установка непрерывного сигнала (CW signal)	[FM/ФМ] {FM Off}
<b>Инструкция для анализатора</b>	<b>Нажатия клавиш для анализатора</b>
Автоматическая настройка, чтобы найти сигнал, настроиться и масштабироваться на нем	[FREQ] {AutoTune}.Анализатор устанавливается для измерения немодулированного сигнала. Активируется пиковый маркер. Отметьте, что полоса обзора устанавливается 25 кГц.
Измените опорный уровень	[AMPTD]Используйте стрелку вниз, пока сигнал не установится выше опорного уровня Цифровая ПЧ в РХА позволяет произвести точное измерение сигнала, если сигнал надопорным уровнем, то есть, за пределами амплитудного диапазона дисплея анализатора
<b>Инструкция для источника</b>	<b>Нажатия клавиш для источника</b>
Вспомните сигнал W-CDMA.	[Mode] {Dual ARB} {Select Waveform}, scroll down to WCDMA_TM1_64DPCH_1C_WFМ и нажать {Select Waveform} {ARB On}
<b>Инструкция для анализатора</b>	<b>Нажатия клавиш для анализатора</b>
Автоматическая настройка, чтобы найти, настроиться и масштабироваться на сигнале.	[FREQ] {AutoTune}.Пиковый маркер активируется автоматически. Анализатор устанавливается для измерения сигнала W-CDMA.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. Маркеры, относительные/дельта маркеры, таблица маркера, таблица пиков.

В этой лабораторной работе будет показано, как используя маркеры, можно определить абсолютные и относительные значения боковых полос сигнала с фазовой (ФМ) модуляцией. Будет также показаны особенности использования таблицы пиков и таблицы маркера.

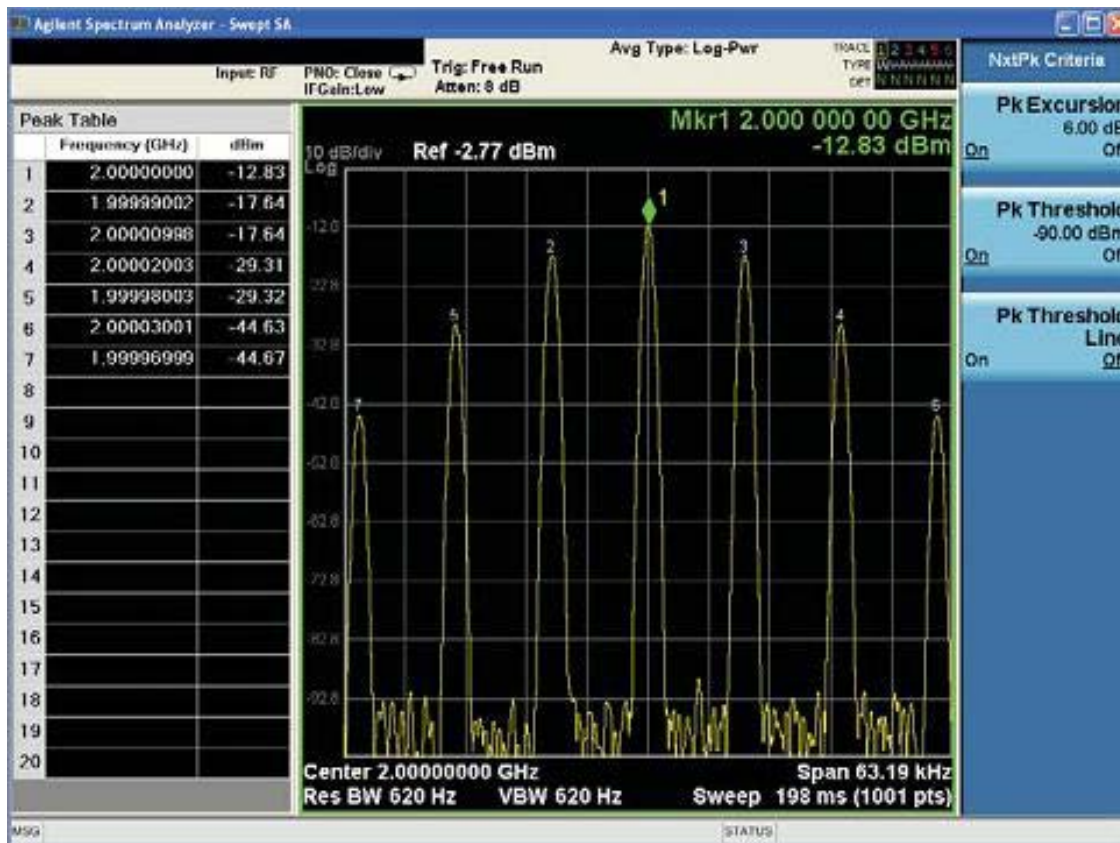


Рисунок 3. Пиковые значения боковых полос ФМ сигнала в таблице пиков

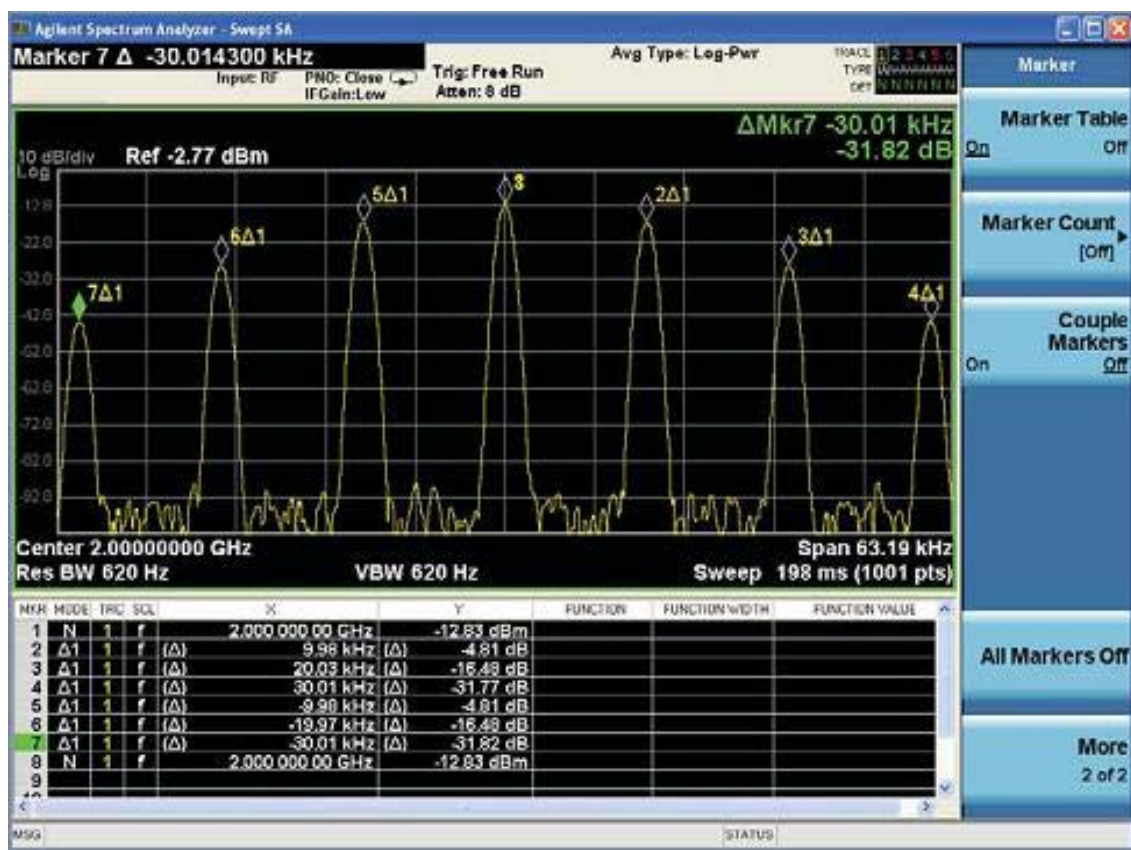


Рисунок 4: относительные значения боковых полос ФМ сигнала в таблице маркера

<b>Инструкция для источника</b>	<b>Нажатия клавиш для источника</b>
Установите центральную частоту на 2 ГГц, отклонение на 10 кГц, сигнал ФМ уровня на 10 кГц.	[Preset] [FREQ] [2] {GHz} [AMPTD] [-10] {dBm} [FM/φM] {FMOn} {FMDev} [10] {kHz} {FMRate} [10] {kHz} [RFOn] [ModOn]
<b>Инструкция для анализатора</b>	<b>Нажатия клавиш для анализатора</b>
Автоматическая настройка ФМ сигнала.	[ModePreset] {AutoTune}
Включите пиковую таблицу	[PeakSearch] {More 1 of 2} {PeakTable} {PeakTableOn}.
	Пиковая таблица сосуществует на измерительном экране со спектром. Пики на представлении спектра, так же как и в таблице, нумеруются для легкой идентификации. Пики могут быть отсортированы по частоте или амплитуде.



См. рисунок 3, чтобы контролировать Ваше продвижение	Измерьте абсолютную амплитуду пика всех боковых полос ФМ сигнала, используя пиковую поисковую таблицу. Пиковая Поисковая Таблица может найти до 20 пиков на измерительном экране.
<p>Установите критерии поиска пика.</p> <p>Установите анализатор, чтобы измерить все пики</p> <p>Просмотрите эффект пороговой установки Pk.</p> <p>Выключите линию дисплея</p>	<p>[Peak Search](Поискпика) {More 1 of 2} {Peak Criteria} {"Next Peak" Criteria}</p> <p>{PkThresholdOn} [-70] {dBm}</p> <p>ОТМЕТЬТЕ: Когда включено, пики должны соответствовать критериям, в дополнение к требованиям строки дисплея. Можно также установить анализатор, чтобы измерить пик (и) выше или ниже определенного уровня.</p> <p>[Peak Search] {More 1 of 2} {PeakTable}</p> <p>{Peakreadout}{Abovedisplayline}</p> <p>Измените уровень строки дисплея при помощи кнопки ввода данных и заметьте изменения в пиковой таблице.</p> <p>{Peak readout} {All}</p> <p>[Return] {PeakCriteria} {NextPkCriteria}</p> <p>{PkThresholdOff} заметьте измеренный noise/peaks (шум/пики),</p> <p>{PkThresholdOn}, notice just peaks measured. {PorchPkHa}, обратит внимание только к измерению пика.</p> <p>[View Display] {Display} {Display Line} Off</p>
<b>Инструкция для источника</b>	<b>Нажатия клавиш для источника</b>
<p>Пиковая таблица обновляется в реальном времени.</p> <p>Выключите RF.</p> <p>Возвратите RF назад.</p>	<p>Press [RF On/off] to Off.</p> <p>ОТМЕТЬТЕ: нет никаких сигналов в измерительном диапазоне установки анализатора, и пиковая таблица отражает это.</p> <p>Press [RF On/Off] to On.</p>
<b>Инструкция для анализатора</b>	<b>Нажатия клавиш для анализатора</b>
Сохранение данные таблицы пиков, В то время как выключают пиковую таблицу	<p>[Save] {Data} {Meas Results} {Peak Table} {Save As}</p> <p>Используйте диалоговое окно, которое появляется для сохранения как csv. файл</p> <p>[Peak Search] {More 1 of 2} {Peak Table} {Peak Table Off}</p>



Измерьте относительную пиковую амплитуду боковых полос FM сигнала, используя дельта-маркеры и таблицу маркера.	<p>[Marker] {Select Marker} {Marker 2} {Delta} {Properties} {Relative to}</p> <p>{Marker 1}</p> <p>{Select Marker} {Marker 3} {Relative to} {Marker 1}</p> <p>{Select Marker} {Marker 4} {Relative to} {Marker 1}</p> <p>{Select Marker} {Marker 5} {Relative to} {Marker 1}</p> <p>{Select Marker} {Marker 6} {Relative to} {Marker 1}</p> <p>{Select Marker} {More 1 of 2} {Marker 7} {Relative to}</p> <p>{Marker 1}</p> <p>У анализаторов X-ряда пользователи могут установить произвольные дельта-маркеры, таким образом, что любой из этих 12 маркеров может быть установлен относительно любого другого маркера.</p>
Распределите относительные маркеры по боковым полосам FM сигнала	<p>[Marker] {Select Marker} {Marker 2} [Peak Search]</p> <p>{Next Pk Right}</p> <p>[Marker] {Select Marker} {Marker 3} [Peak Search]</p> <p>{Next Pk Right}</p> <p>{Next Pk Right}</p> <p>[Marker] {Select Marker} {Marker 4} [Peak Search]</p> <p>{Next Pk Right} {Next Pk Right} {Next Pk Right}</p> <p>[Marker] {Select Marker} {Marker 5} [Peak Search]</p> <p>{Next Pk Left}</p> <p>[Marker] {Select Marker} {Marker 6} [Peak Search]</p> <p>{Next Pk Left} {Next Pk Left}</p> <p>[Marker] {Select Marker} {More 1 of 2} {Marker 7}</p> <p>[Peak Search] {Next Pk Left} {Next Pk Left}</p> <p>{Next Pk Left}</p>
Сделайте Маркер 1 активным маркером	<p>[Marker] {Select Marker} {Marker 1}</p>
Включите Таблицу Маркера, чтобы видеть значения дельта-маркера в одной единственной таблице	<p>[Marker] {More 1 of 2} {MarkerTableOn}</p> <p>Смотрите на рисунке 4 прогресс вашего монитора</p>
Свяжите маркеры и разместите их в непрерывный режим отслеживания	<p>[Marker] {More 1 of 2} {Couple Markers On} [Peak Search] {More 1 of 2} {Continuous Peak Search On}</p> <p>Непрерывный Пиковый Поиск включен</p>
<b>Инструкция для источника</b>	<b>Нажатия клавиш для источника</b>

<p>Постепенно увеличьте центральную частоту с шагом 1 кГц</p>	<p>[Freq] [IncrSet] [1] {kHz} [Freq] и используйте стрелки вверх/вниз, чтобы постепенно увеличить частоту Во время изменения Частоты смотрите на дисплей анализатора. Анализаторы X-ряда способны к быстрому отслеживанию. Таблица маркера может быть дополнительно сохранена в формате.csv.</p>
---	--

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. Усовершенствованные Функции Маркера

В этой работе будут выполнены измерение отношений мощности шума к мощности несущей.

В анализаторах сигнала X-ряда 12 маркеров могут также использоваться в качестве шумовых маркеров, мощности полосы/интервала, и плотности полосы/интервала. Измерения отношения к интервалу делают с нулевой полосой обзора (zerospans).

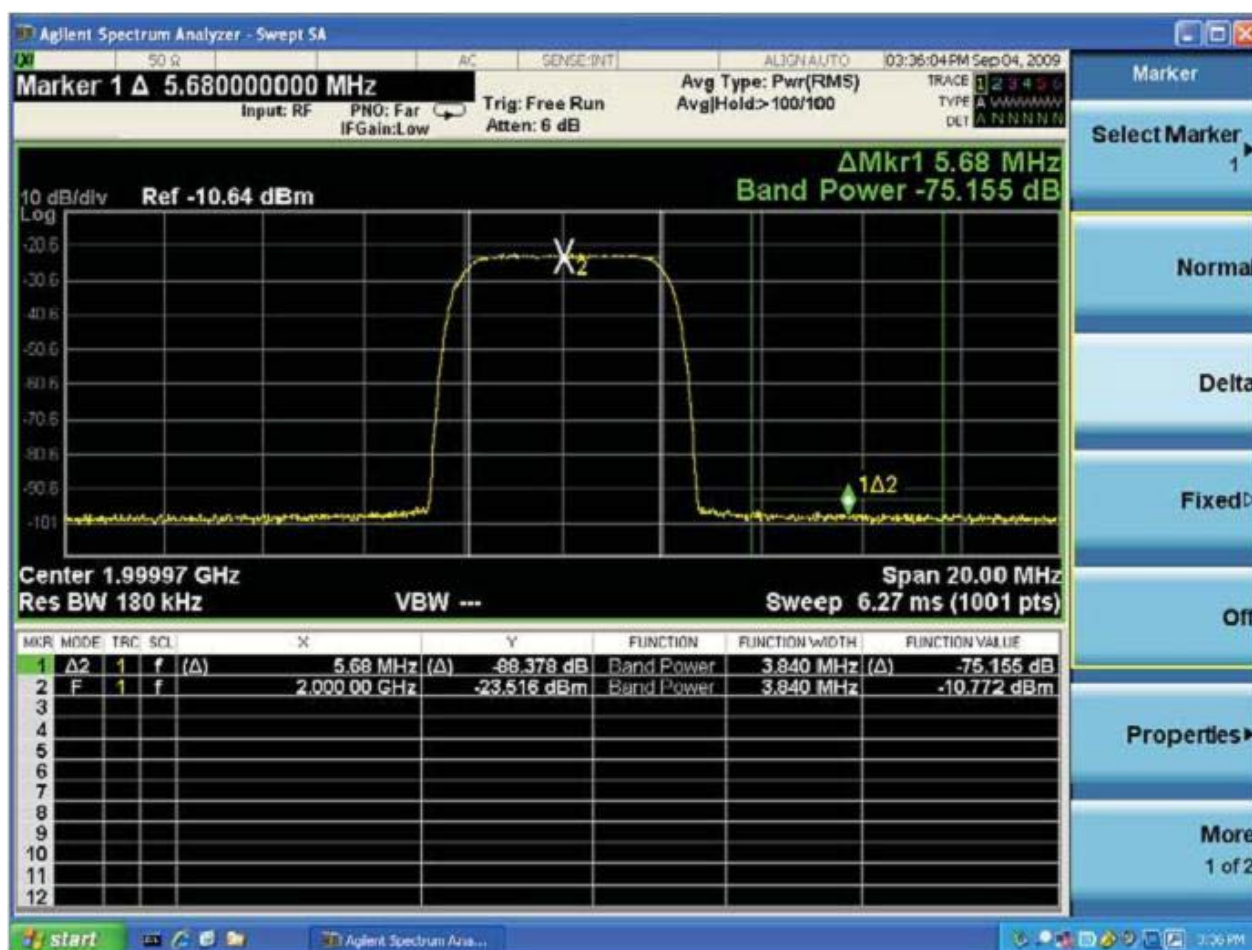


Рисунок 5: Измерения мощности отношения сигнал/шум) (Noise-to-carrier power measurement)

Инструкция для источника	Нажатия клавиш для источника
Вспомните сигнал W-CDMA	[Preset] [FREQ] [2] {GHz} [AMPTD] [-10] {dBm}

<p>частотой 2 ГГц и уровнем мощности -10 dBm</p>	<p>[Mode] {DualARB}          {SelectWaveform}          Прокрутите WCDMA_1DPCH_WFMan и нажмите          {SelectWaveform}          {ARBOn} [ModOn] [RFOn]</p>
<p><b>Инструкция для анализатора</b></p>	<p><b>Нажатия клавиш для анализатора</b></p>
<p>Настройте анализатор, активизируйте маркер мощности в полосе, и установите полосу обзора. Скорректируйте интервал полосы к ширине 3.84 МГц и включите Таблицу Маркера</p>	<p>[Mode Preset] {Auto Tune} [Marker] [2] {GHz}          [SPAN] [20] {MHz}</p> <p>[Trace/Detector] {Trace Average} [Marker Function] {Band/Interval power} {Band Adjust} [3.84] {MHz}</p> <p>[Marker] {More 1 of 2} {Marker Table On}</p> <p>Вы будете видеть маркер полосы в таблице, включая соответствующую ширину интервала и мощность в полосе.</p> <p>Маркеры полосы могут быть особенно полезными для создания измерений мощности импульса или импульсных сигналов.</p>
<p>Создайте дельта-маркер относительно мощность шума к мощности в полосе.          См. рисунок 5, чтобы контролировать Ваше продвижение</p>	<p>[Marker] {Delta}</p> <p>Переместите дельта-маркер над шумом, чтобы сделать измерение мощности шум/несущая.</p> <p>Это создает относительную копию Маркера 1.</p>

## 2.4 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. Многократные трассировки и детекторы

В лабораторной работе будет показано, как вручную можно изменить оптимизацию фазового шума анализатора и наблюдать эффект изменения оптимизации фазового шума, используя две различные трассировки.

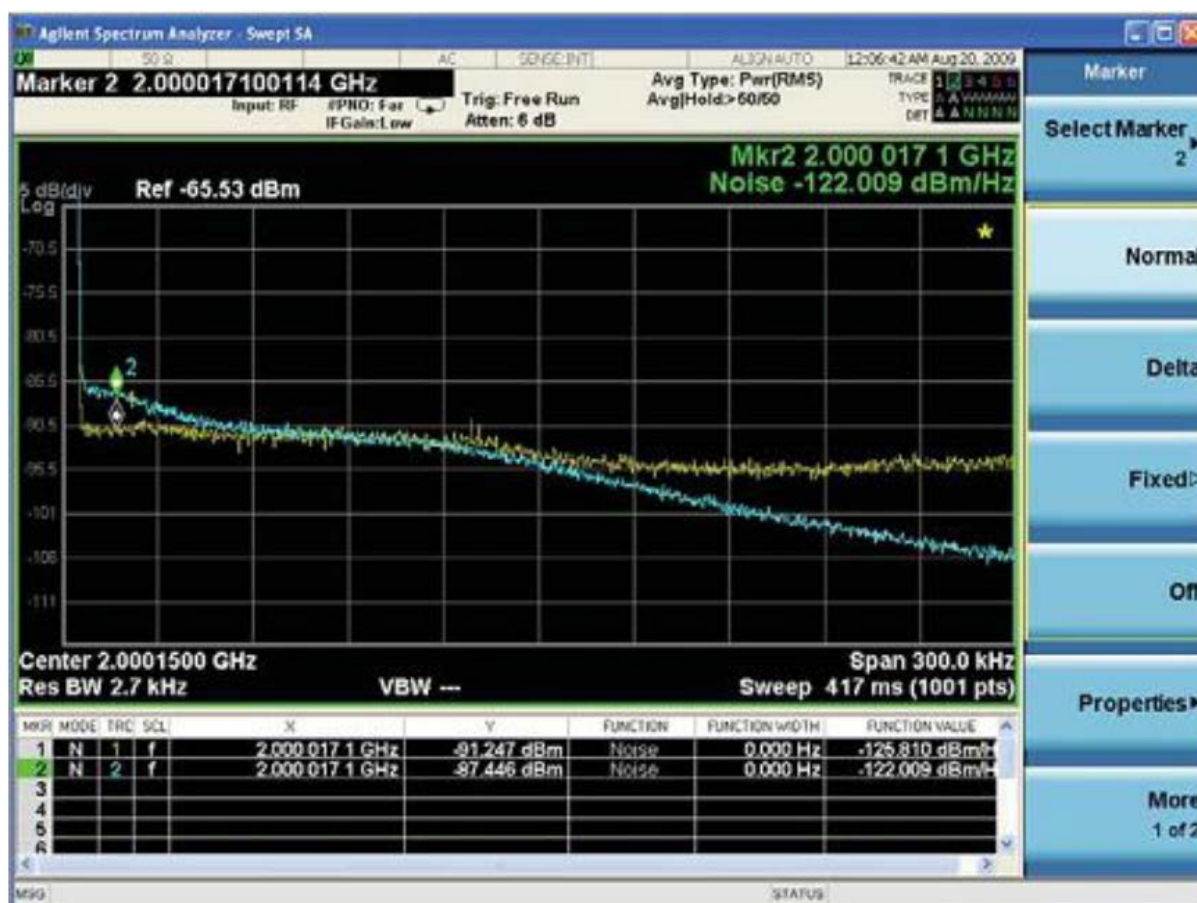


Рисунок 6. Многократные трассировки с маркерами.

<b>Инструкция для источника</b>	<b>Нажатия клавиш для источника</b>
Генерация непрерывного сигнала частотой 2 ГГц и мощностью -10 dBm	<b>[Preset] [FREQ] [2] {GHz} [AMPTD] [-10] {dBm} [Mod Off] [RF On]</b>
<b>Инструкция для анализатора</b>	<b>Нажатия клавиш для анализатора</b>
Установка стартовой частоты и полосы обзора	<b>[Mode Preset] {Start Freq} [2] {GHz} {Stop Freq} [2.0003] {GHz}</b>
Измените опорный уровень	<b>[AMPTD]</b> Используйте клавишу со стрелкой вниз

<p>установить число усреднений 50</p>	<p>дважды Заметьте, что опорный уровень теперь ниже уровня максимального сигнала. <b>[Meas Setup] {Average/Hold Number} [50] {Enter}</b> Так как у анализаторов X-рядов есть цифровое ПЧ, анализатор может правильно измерить пик сигнала, даже если это располагается вне экрана.</p>
<p>Изменение детектора трассы на усредняющий</p>	<p><b>[Trace/Detector]{Trace Average} {More 1 of 3} {Detector} {Average}</b> Так как мы интересуемся определением уровня шума, мы используем как усреднение трасс (от 50 трасс), так и детектор среднего. Этот детектор выводит на экран среднее значение всех точек, которые находятся в каждом блоке точки дисплея. У анализаторов X-ряда есть другие детекторы трасс, включая пиковый детектор, детектор выборки, минимально- пиковый, и нормальный детектор.</p>
<p>Перейдите к установке оптимизации фазового шума</p>	<p><b>[MeasSetup] {PhNoiseOpt}</b> Выберите требуемую опцию Анализаторы X-ряд могут быть установлены для лучшего фазового шума в зависимости от применения. Можно выбрать установку данной опции на анализаторе автоматически, или установите ее согласно Вашему интересу.</p>
<p>Поместите Трассу 1 в режим просмотра</p>	<p><b>[Trace/Detector] {View/Blank} (просмотр/пропуск){View}</b></p>
<p>Повернуть трассу 2 и установить для нее усредняющий детектор</p>	<p><b>[Trace/Detector]{Select Trace} {Trace 2} {Trace Average} {More 1 of 3}{Detector} {Average}</b> Следует посмотреть синюю Трассу 2. У анализаторов X-ряда есть в общей сложности шесть трасс, которыми можно управлять и выводить на экран одновременно.</p>
<p>Измените оптимизацию фазового шума вручную на Трассе 2 и смотрите эффект</p>	<p><b>[MeasSetup] {PhNoiseOpt}</b> Выберите отличную установку оптимизации, чем Вы выбрали для Трассы 1 Автоматическая установка будет зависеть от пропускной способности оптимизации петли фазового</p>

	шума, которая различна для X-ряда.
Увеличьте масштаб сигнала	<b>[AMPTD]</b> {Scale/Division} <b>[5]</b> {dB} {Ref Level} Используйте клавишу со стрелкой вниз, пока шум двух-трассявный
Поместите маркеры на две трассы, чтобы найти различие в уровне шума	<b>[Marker]</b> {Select Marker} {Marker 1} {Normal} <b>[2]</b> {GHz} {Properties}{Marker Trace} {Trace 1} <b>[Marker]</b> {Select Marker} {Marker 2} {Normal} <b>[2]</b> {GHz} {Properties}{Marker Trace} {Trace 2} [Return] {More 1 of 2} {Couple Markers On} Связь маркеров гарантирует, что они будут двигаться вместе, когда только один из них будет перемещен.
Включите Таблицу Маркера	<b>[Marker]</b> {More 1 of 2} {Marker Table On}
Включите функцию маркера, чтобы измерить шум в полосе 1 Гц  См. рисунок 6, чтобы контролировать Ваше продвижение	<b>[Marker Function]</b> {Select Marker} {Marker 1} {Marker Noise} {Band Adjust} <b>[0]</b> {Hz} {Return} {Select Marker} {Marker 2} {Marker Noise} {Band Adjust} <b>[0]</b> {Hz} <b>[Marker]</b> Используйте кнопку ввода данных для репозиции маркера и видите различия из-за оптимизации фазового шума при любом смещении частоты, которое Вы выбираете



## 2.5 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. Математические функции трассировки

В этой работе рассматривается выполнение вычитания трассировок. Математическими функциями в анализаторах X-ряда являются вычисление истинной мощности - измерения преобразуют dBm в W, математическая функция выполняется, и результаты затем преобразуются вновь в dBm.



Рисунок 7. Вычисление разности мощности.

Инструкция для источника	Нажатия клавиш для источника
Генерация непрерывного сигнала с частотой 2 ГГц и мощностью 0 dBm	[Preset] [FREQ] [2] {GHz} [AMPTD] [0] {dBm} [Mod off] [RF on]
Инструкция для анализатора	Нажатия клавиш для анализатора
Настройка анализатора на сигнал	[ModePreset] {AutoTune} Пиковый маркер активизируется
Установка полосы обзора, опорного уровня и масштаба 0 dBm = 1	[SPAN] {Zero Span} [AMPTD] [4] {dBm} {Scale/Div} [2] {dB}

<p>mW</p> <p>Скорректируйте амплитуду источника</p>	<p>Отметьте:</p> <p>Маркер пика анализатора не будет читать точно 0 dBm. Скорректируйте исходную амплитуду до 0 dBm, показываемую на считывании маркера</p> <p>[AMPTD] [Incr Set] [0.05] {dB}</p> <p>Используйте клавиши со стрелкой вверх/вниз, чтобы корректировать амплитуду, когда используют кнопку для более плавного разрешения .01 dB.</p>
<p>Поместите Трассу 1 в режиме View (вид) и Трассу 2 в режиме {Clearwrite} очистить запись</p>	<p>[Trace/Detector] [SelectTrace] {Trace 1} {View/Blank}(Вид/Пустоеместо) {View}{Select Trace} {Trace 2} {Clear write}</p>
<p>Размещение маркера 1 на трассе 2</p>	<p>[Marker] {Properties} {Marker Trace} {Trace 2}</p>
<p><b>Инструкция для источника</b></p>	<p><b>Нажатия клавиш для источника</b></p>
<p>Скорректируйте мощность сигнала до -6 dBm на анализаторе (-6 dBm = 0.25 мВт)</p> <p>Скорректируйте амплитуду сигнала</p>	<p>[AMPTD] [-6] {dBm}Отметьте: маркер пика анализатора не будет читать точно-6 dBm. Скорректируйте исходную амплитуду до-6 dBm, показываемуюна считывании маркера.</p> <p>[AMPTD] [incrSet] [0.05] {dB}</p> <p>Используйте клавиши со стрелкой вверх/вниз, чтобы корректировать амплитуду, когда используют кнопку для более плавного разрешения .01 dB.</p>
<p><b>Инструкция для анализатора</b></p>	<p><b>Нажатия клавиш для анализатора</b></p>
<p>Вычтите Трассу 2 из Трассы 1 и поместите результат в Трассу 3</p>	<p>[Trace/Detector] {More 1 of 3} {More 2 of 3} {Math} {Select Trace} {Trace 3} {Trace Operands} {Operand 1} {Trace 1} {Operand 2} {Trace 2}</p> <p>[Return] {Power Diff}</p>
<p>Переместите маркер на трассу 3 и смотрите результат 0.75 мВт =,-1.2 dBm</p> <p>Смотрите рисунок 7, чтобы контролировать Ваше продвижение</p>	<p>[Marker] {Properties} {MarkerTrace} {Trace 3}</p> <p>Маркер будет считывать приблизительно -1.2 dBm</p> <p>[Trace/Detector] {More 1 of 3} {More 2 of 3} {Math} {Log Diff}</p> <p>Смотрите разницу между разницей мощности RMS и разницей логарифмической</p>

## 2.6 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. Сохранение и вызов функций трассировки.

Анализаторы X-ряда позволяют сохранить состояние, данные трассировок, измеренные результаты (таблицы пиков и маркера), линии ограничения, факторы корректировки и снимки экрана во внутреннем файле, Карте памяти, или удаленно через LAN, GPIB или USB. Заявленные файлы и данные трассировок могут также быть сохранены во внутреннем регистре с меткой времени. Сохранение состояний во внутреннем регистре позволяет осуществить быстрое извлечение данных для проведения измерений, требующих нескольких установок (или состояния).

Данные трассировки могут также храниться как.csv файл. Файлы.csv содержат пары амплитуда/частота и X-серии анализаторы устанавливают информацию. Эти файлы могут использоваться для дальнейшего анализа.

Можно получить отображаемые изображения в четырех различных форматах: 3-D в цвете, 3-D монохромное, плоское цветное и плоское монохромное. Эти файлы находятся в формате.png. В данной лабораторной работе мы сохраним и затем вызовем систему state/set-up файлов и state+trace файлы.(state – состояние, set-up- вызывать)

Вы знали?

Кнопка QuickSave позволяет Вам сохранять единственным нажатием кнопки. Это очень полезно для многократных измерений. Как только Вы выбираете формат и устанавливаете анализатор X-ряда, просто нажимаете QuickSave для последовательного сохранения.

Инструкция для источника	Нажатия клавиш для источника
Генерация непрерывного сигнала с частотой 2 ГГц и мощностью 0 dBm	[Preset] [FREQ] [1] {GHz} [AMPTD] [-10] {dBm} [Mod off] [RF on]
Инструкция для анализатора	Нажатия клавиш для анализатора
Настройка анализатора на сигнал	[ModPreset] {AutoTune}
Запомните текущую установку в регистр 3 и предварительно установить	[Save] {State} {Register 3}. Отметьте дату и время, когда состояние сохраня-

режим измерения	ется в этом регистре. Press[ModePreset].
Повторно вызовите сохраненное состояние на анализаторе.	[Recall] {State} {Register3}. Анализатор устанавливается в установку, которая была сохранена.
Сохраните три трассы их состояния во внутреннем файле	[ModPreset] {AutoTune} [Amptd] {Scale/Div} [20] {dB} [Trace/Detector] {MaxHold} {SelectTrace} {Trace 2} {TraceAverage} {SelectTrace} (Trace 3) {MinHold} Press [Save] {Trace +State} {FromTrace} {All} {ToFile}. В этой точке появляется поле файлового менеджера. Можно создать новую папку и изменить имя файла как в среде Windows. Press {Save}.
Вспомните трассы и состояния.	[ModePreset] [Recall]{Trace +State}{FromFile} {Open} <sup>[↑]</sup> чтобы выделить файл, {Open}. Отметьте, что трасса появляется в режиме просмотра.

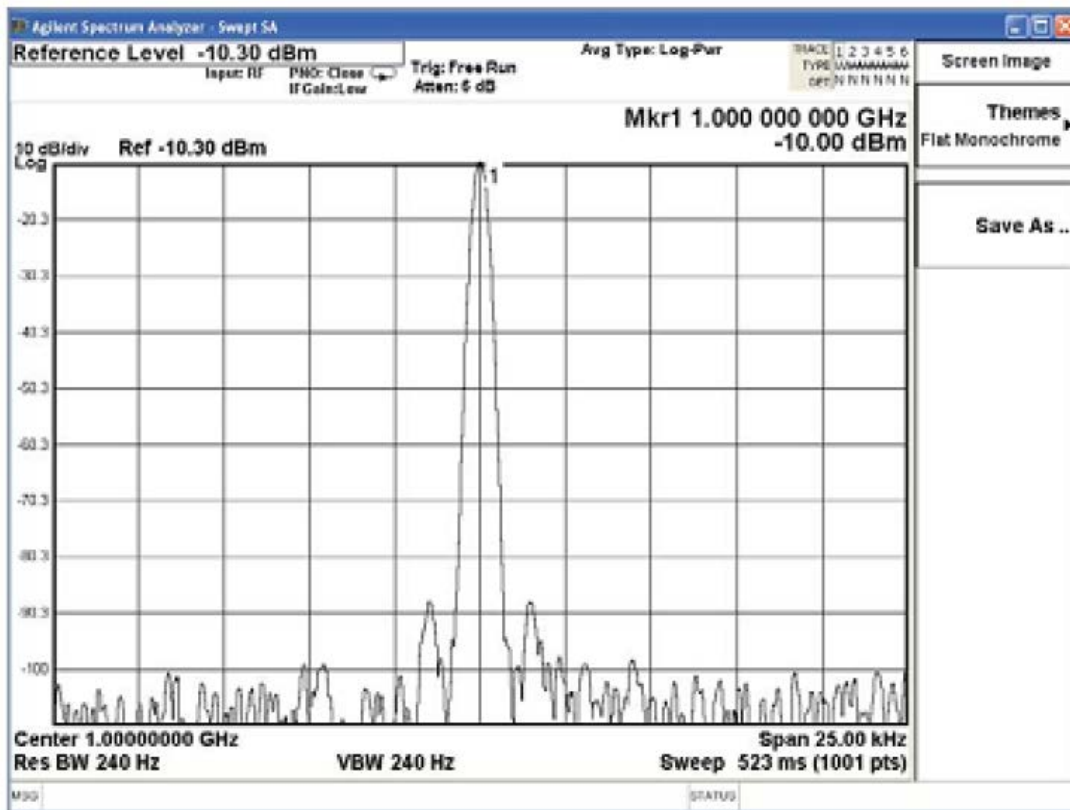


Рисунок8. Пример изображения в плоском монохромном формате.

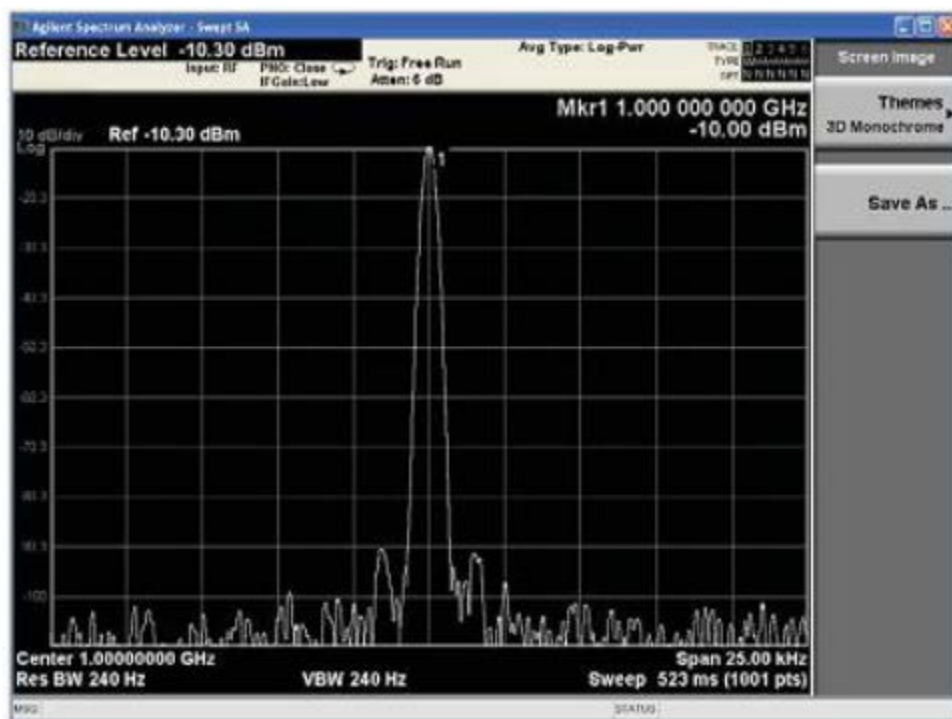


Рисунок9. Пример изображения в D монохромном формате.

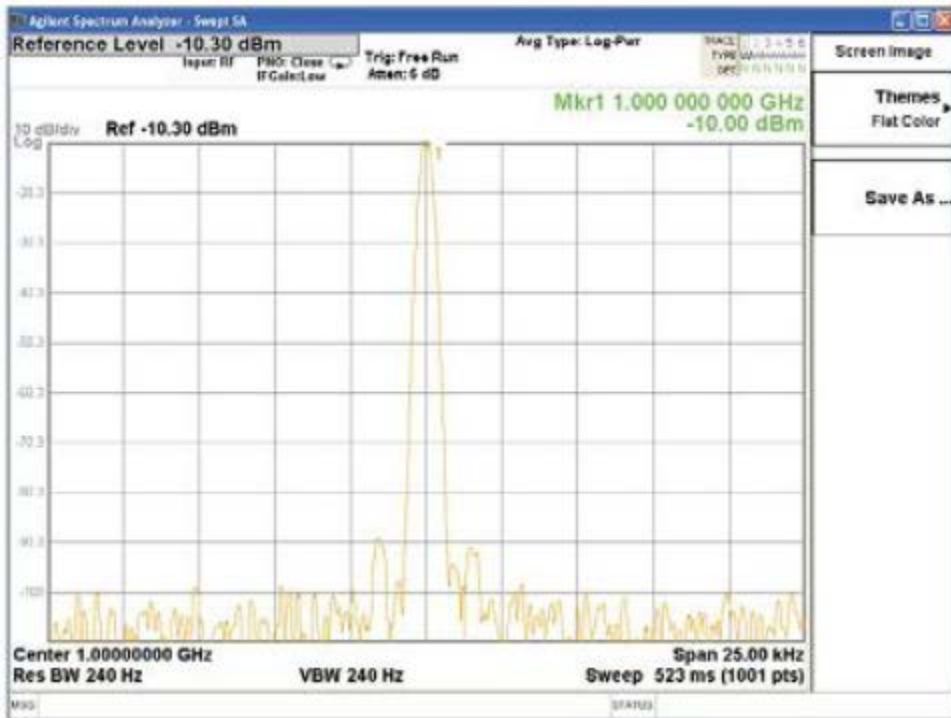


Рисунок 10. Пример изображения в плоском цветном формате.

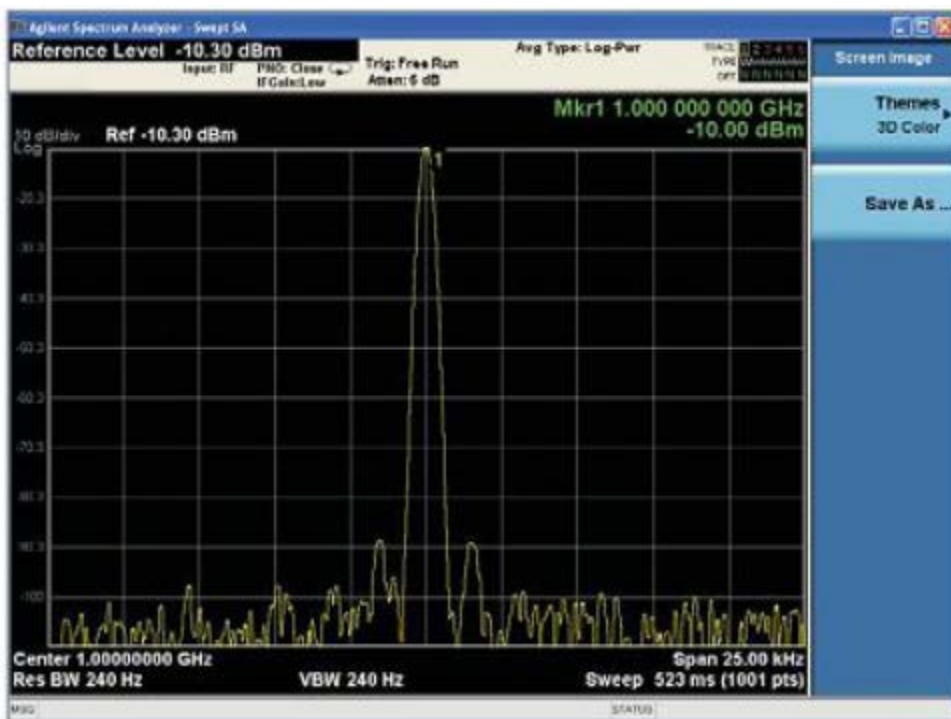


Рисунок 11. Пример изображения в 3 D цветном формате.



## 2.7 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7. Маски допусков (Ограничительные линии).

В данной лабораторной работе мы вспомним внутренне сохраненные ограничительные линии и выполним тест допусков против этого. Анализаторы X-ряда предлагают до шести различных масок допусков, которые можно применить к шести различным трассировкам одновременно.

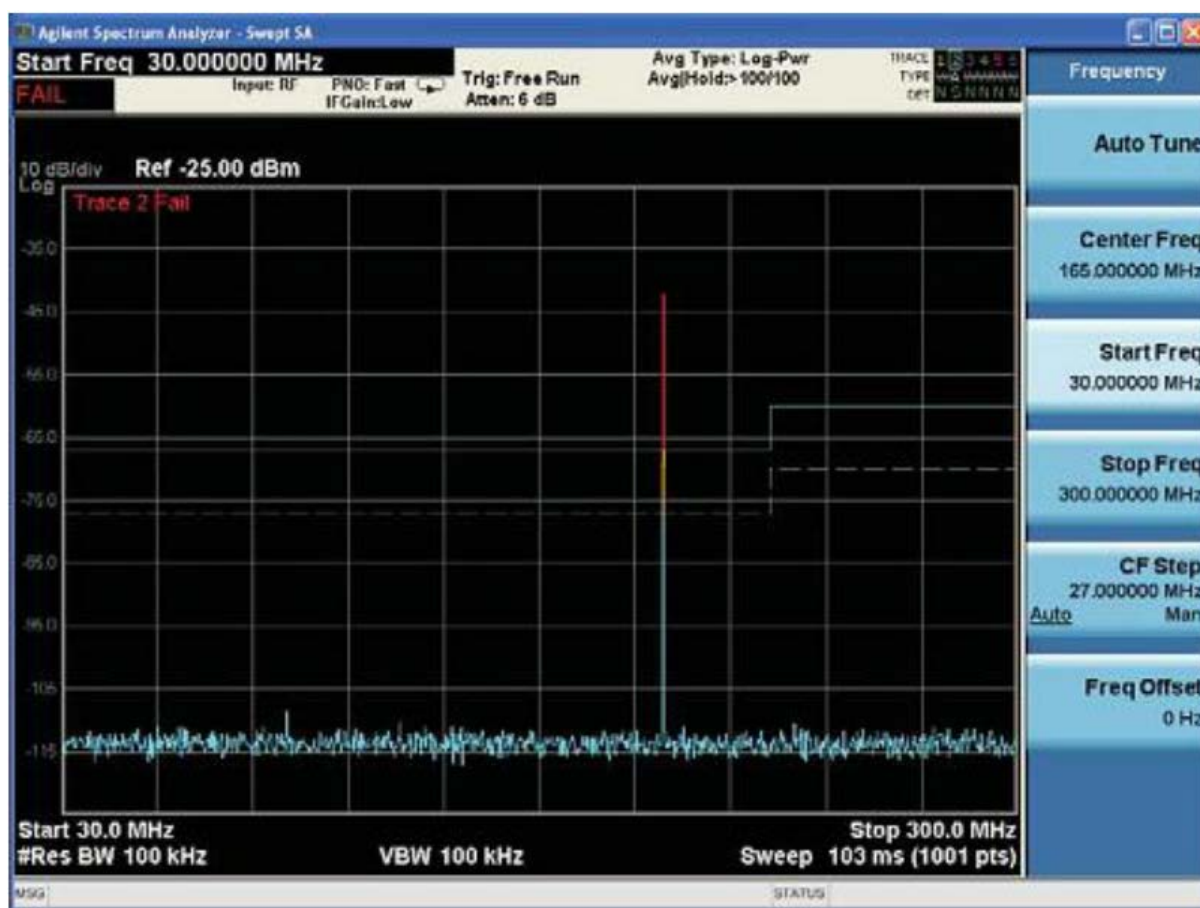


Рисунок 12 Маски допусков (LimitLines)

Инструкция для источника	Нажатия клавиш для источника
Генерация сигнала частотой 200 МГц и мощностью – 30 dBm	[Preset] [FREQ] [200] {MHz} [AMPTD] [-30] {dBm} [Mod off] [RF on]
Инструкция для анализатора	Нажатия клавиш для анализатора
Установите анализатор для измерения и сделайте Трассу 2 активной, таким образом, цветное дифференцирование сделать более различ-	[ModePreset] {StartFreq} [30] {MHz} {StopFreq} [300] {MHz} [AMPTD] [-2S] {dBm} [Trace/Detector] {View/Blank} {Blank} (пробел) {SelectTrace} {Trace 2}



МЫМ	{TraceAverage}
<p>Загрузите маску допусков из внутренней памяти. В этом случае загрузите</p> <p><b>EN55022 ClassARad (10m)</b> , который является тестовым пределом ЕМІ</p>	<p><b>[Recall]</b> {Data} {Limit} {Limit 1} {Open}</p> <p>Всоответствиис "MyDocuments" прокручиваем к"EMClimitsandAmpcor".</p> <p>Выбираемтипфайлакак .lim.</p> <p>Открываем"Limits." Scrollto "EN55022 ClassARad (10m).lim"</p> <p>Отметим: Чтобы понизить уровень шума, уменьшите ширину полосы разрешения:<b>[BW]</b> {ResBW} <b>[100]</b> {kHz}</p> <p>Маска допусков и связанные поля позволяют Вам быстро и легко идентифицируют сигналы, которые не удовлетворяют указанным требованиям.</p>
Добавьте край кМаскедопусков	<b>[Meas Setup]</b> {Limits} {Select Limit} {Limit 1} {Margin On} <b>[-10]</b> {dB}
<p>Установите ограничение 1 для измерения Трассы 2</p> <p>Видит рисунок 11, чтобы контролировать Ваше продвижение</p>	<p><b>[Meas Setup]</b> {Limits} {Properties} {Test Trace} {Trace 2}</p> <p>Индикатор pass/fail(передача/сбой) трассы появляется на левом углу экрана. Для быстрого визуального осмотра сигналы выше предела покраснели и сигналы в пределах границы становится янтарным.</p>
Редактирование предела, изменяя уровень сегмента	<p><b>[Meas Setup]</b> {Limits} {Edit} {Navigate}</p> <p>Прокрутитекамплитуднойпаре, которуюВы хотите отредактировать в таблице слева{Amplitude}. Используйте кнопку ввода данных, чтобы изменить амплитуду и наблюдать, как изменяется предел, если кнопка регулируется</p>
Сохраните отредактированный предел как.csv файл	<p><b>[Save]</b> {Data} {Limit 1} {Saveas}</p> <p>Следует быть в папке"Limits" под "EM-ClimitsandAmpcor." В противном случае используйте структуру папок, чтобы переместиться там. Введите имя файла, и нажмите сохранить для.csv файла</p>

## 2.8 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8 Основные факторы коррекции амплитуды.

Амплитудная коррекция компенсирует влияние кабелей, антенн и других устройств, используемых в схеме измерения (но не являющихся испытуемым устройством), в тракте сигнала.

Коэффициентами коррекции амплитуды являются пары значений частоты и амплитуды, которые применяются к измерению, как только будет выбрана измеренная трассировка. Они используются, чтобы скорректировать внешние потери/усиление в измерительной установке. Анализаторы X-ряда предлагают до четырех различных коррекций, которые могут быть применены одновременно.

В этой лабораторной работе мы вспомним ранее сохраненный файл коррекции амплитуды, отредактируем его и сохраним вновь.

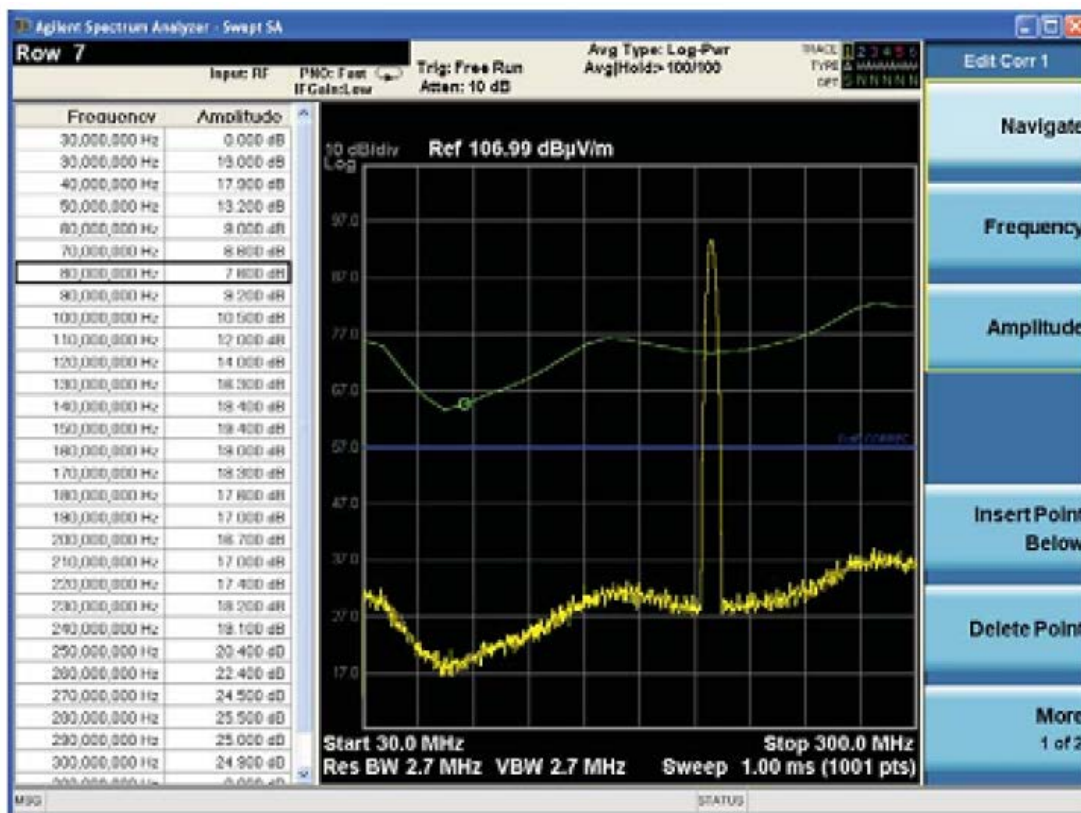


Рисунок 13. Коррекция амплитуды

Вы знали?

В режиме редактирования значения исправления показывают как зеленая трасса относительно нулевых исправлений, которая является синей трассировкой. Курсор указывает, к которой паре значений Вы переместились. Поскольку значения редактируются, зеленая трасса изменится, чтобы дать Вам точную обратную связь к новому значению.

Инструкция для источника	Нажатия клавиш для источника
Генерация непрерывного сигнала частотой 200 МГц, мощностью – 30 dBm	[Preset][FREQ][200]{MHz}[AMPTD][-30]{dBm}[Mod off][RF on]
Инструкция для анализатора	Нажатия клавиш для анализатора
Установка начальной и конечной частот	[Mode Preset][FREQ] {Start} [30] [MHz] {Stop}[300] {MHz} [Trace/Detector] {Trace Average}
Загрузите поправочные коэффициенты из внутренней памяти. В этом случае загрузятся исправления для «biconical is an EMI test limit, antenna».	[Recall] {Data} {Amplitude Correction}{Correction 1}{Open}. В соответствии с «MyDocuments» прокручивают к "EMClimitsandAmpcor" и открывают. Выберите тип файла как ant. ОткрытьAmpcor. Прокрутите к Biconicalantenna и открыть. Отметьте, что трасса изменилась на форму поправочных коэффициентов.
Отредактируйте коэффициенты коррекции	[Input/Output] {More} {Corrections} и {Edit}. Отметьте, что список Частота/амплитуда появляется в таблице слева. {Navigate} и прокрутите пару, которую Вы хотите отредактировать. В этом случае мы отредактируем амплитудный множитель. Отметьте, что курсор следует за парами Частоты/амплитуда, как Вы прокручиваете вниз. {Amplitude} и корректируете к новому значению при использовании кнопки ввода данных.
Сохраните отредактированные коэффициентами коррекции	[Save] {Data} {Amplitude Correction} {Correction 1} and {Save as}.

	В файле выбирают aprsoq, вводят новое имя и Сохраняют.
--	--

## 2.9 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9. Метод понижения уровня собственных шумов NFE (Только для анализаторов сигнала типа PXA)

В лабораторной работе будет проведено точное измерение очень низкого уровня сигнала с использованием метода понижения уровня собственных шумов (NFE).

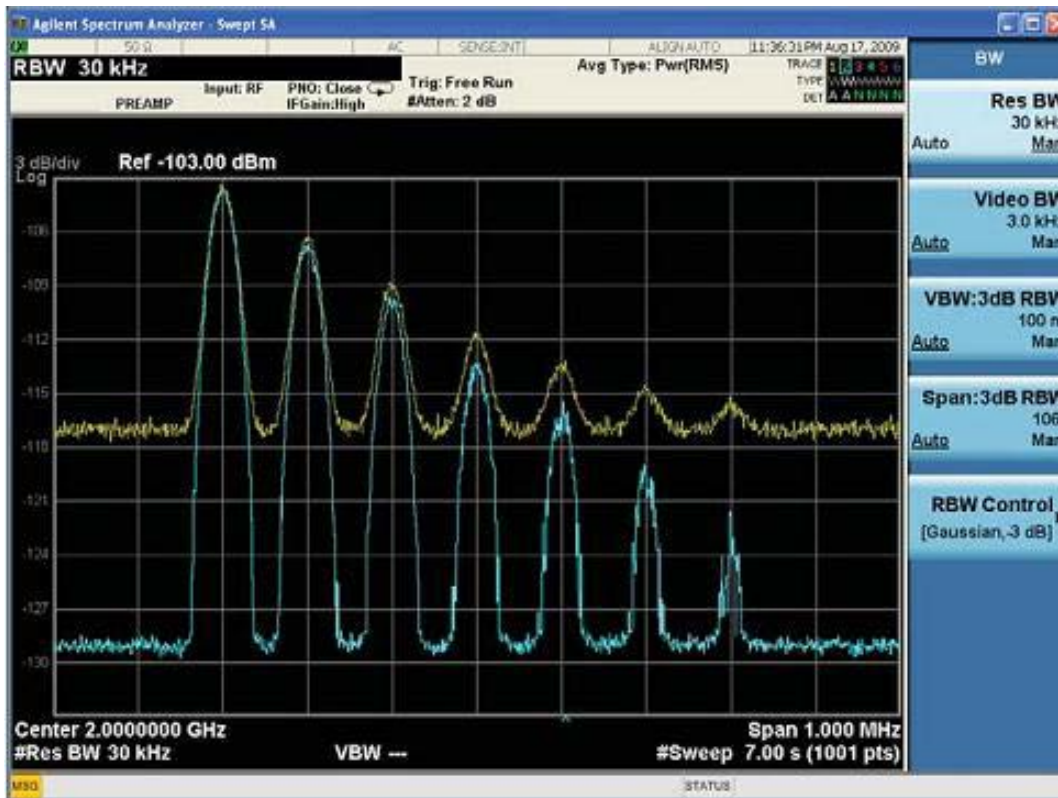


Рисунок 13 Сигнал с несколькими гармониками

Инструкция для источника	Нажатия клавиш для источника
Генерация много тонового сигнала низкого уровня мощности	<p>[Preset] [FREQ] [2] {GHz} [AMPTD] [-100] {dBm} [Mode] {Multitone} {InitializeTable} {NumberOfTones} [7] {Enter} {FreqSpacing} [0.1] {MHz} {Done}</p> <p>Используйте стрелки, чтобы установить записи мощности для тонов с умножением -3 дБ, так, чтобы первая составила -3 дБ, последующие -6 дБ, -9 дБ, и так далее</p>

	{Multitone On} [Mod On] [RF On]
<b>Инструкция для анализатора</b>	<b>Нажатия клавиш для анализатора</b>
Установка анализатора для измерения сигнала	[Mode Preset] [FREQ] {Center Frequency} [2] {GHz} [SPAN] [1] {MHz}
Установите детектор и уменьшите полосу разрешения (ResBW), чтобы улучшить чувствительность анализатора	[BW] {Res BW} [30] {kHz} [Trace/Detector] {More 1 of 3} {Detector} {Average} [Sweep/Control] {Sweep Time} [7] {s} Детектор среднего является лучшим для того, чтобы уменьшить различие в шуме или шумоподобных сигналов. Кроме того, NFE работает лучше всего с максимальным усреднением, таким образом, мы увеличили время развертки, чтобы обеспечить усреднение bucket/bin частоты в пределах трассы.
Уменьшите затухание и добавьте усиление, чтобы далее улучшить чувствительность анализатора	[AMPTD] {Attenuation} {MechAtten} [2] {dB} [Return] {More 1 of 2} Не желательно использовать затухание на 0 дБ при измерении потому, что (a) там мог бы быть переходный процесс во входном сигнале, который мог повредить конец фронта анализатора, и (b) затухание на 0 дБ ухудшит VSWR (отражение) на входе.
Увеличьте масштаб сигнала	[AMPTD] {Scale/Div} [3] {dB} {Ref Level} [-103] {dBm}
Поместите Трассу 1 в режим просмотра и активируйте Трассу 2	[Trace/Detector] {View/Blank} {view} {Select Trace} {Trace 2} {More 1 of 3} {Detector} {Average}
Включите NFE См. рисунок 13, чтобы контролировать Ваше продвижение	[Mode Setup] (Noise Reduction) {Noise Floor Extension On} Минимальный уровень шума снижается на 9 - 12 дБ и из-за улучшенного отношения сигнал-шум, вносимые шумы уменьшаются от измерительного сигнала, приводящего к более точному изме-

	<p>рению.</p> <p>В определенных случаях, используя метод NFE мог бы обеспечить более быстрые измерения, чем уменьшение полосы разрешения для улучшения чувствительность анализатора.</p>
--	--

Некоторые замечания по использованию метода понижения уровня собственных шумов:

- Минимальный уровень шума анализатора оказывает влияние на любое измерение в динамическом диапазоне.
- Возможность NFE точно моделирует минимальный уровень шума анализатора и вычитает это из сигнала уменьшить эффективный уровень шума анализатора
- Анализируя подобные шуму или импульсные сигналы, улучшения на порядке 8 - 10 дБ (номинал) могут быть замечены с включенным NFE
- Метод NFE является самым эффективным для чрезвычайно усредненных сигналов
- NFE может использоваться с или без предусилителя, или при использовании пути малого шума в РХА



## 2.10 Дополнительные сведения об анализаторах сигнала X-ряда.

Приведем представляющие интерес дополнительные сведения об анализаторах сигнала X-ряда.

- У анализаторов сигнала X-ряда имеется всесторонняя встроенная справка, к которой можно получить доступ, используя ключ **[Help]** и затем функциональная клавиша, о которой требуется знать больше. Выключите справку, нажимая **[Cancel (ESC)]**.
- В анализаторах сигнала X-ряда имеется частотный счетчик. Чтобы узнать больше, нажмите **[Help] [Marker] {More 1 of 2} {Marker Count}**.
- Анализаторы сигналов X-ряда предлагают как ручной так и автоматический выбор для усреднения мощности логарифмический (видео). Журнал, составляющий в среднем, является единственным типом, доступным в наследство аналогового ПЧ анализатора. Журнал, составляющий в среднем, быстрее, но может показать до на 2.51 дБ более низкого измерения питания для подобных шуму сигналов из-за усреднения логарифмических значений. Войдите в [Установка Meas] {Средний Тип}, чтобы получить доступ к этому меню. Это установит усреднение для (a) усреднение трассировки, (b) средний детектор, (c) маркеры питания полосы, и (d) усреднение полосы частот видеосигнала.
- В анализаторах X-ряда все шесть трассировок могут быть выведены на экран одновременно. Кроме того, до трех различных детекторов могут использоваться одновременно на различных трассировках, которые одновременно обновляются в единственной развертке. Детектор для каждой трассировки может быть установлен под [Трассировкой/Детектором] {Избранная Трассировка} Избранная трассировка интереса {Больше 1 из 3} {Детектор}.
- Вы можете копировать/обмениваться (copy/exchange) одну трассу в другую трассу. Войдите **[Trace/Detector] {More 1 of 3} {More 2 of 3} {Copy/Exchange}**.
- ключ **[QuickSave]** (Быстрое Сохранение) позволяет Вам сохранять единственным нажатием кнопки. Как только Вы выбираете формат и устанавливаете X-ряд анализатор, просто нажмите **[QuickSave]** для последовательного сохранения.

- X-ряд анализаторы, которым позволяют Вы создать предельную строку из золотой трассировки: [Установка Meas] {Пределы} {Редактирование} {Больше 1 из 2} {Сборка от Трассировки}. Кроме того, тестовая трассировка получает цвет, кодированный для улучшенного пользовательского опыта. Покраснели сигналы в пределах граничного янтаря поворота и сигналы, которые повреждают предел.

- В режиме редактирования для пределов и поправочных коэффициентов, курсор указывает, какая пара значений, к которым Вы переместились. Поскольку значения редактируются, предел или амплитудная трассировка исправления изменятся, чтобы дать Вам пряую обратную связь, основанную на новом значении.

- РХА является единственным анализатором в отрасли с NoiseFloorExtension(NFE - алгоритм уменьшения уровня собственных шумов)

- РХА предлагает 10 стандартных однокнопочных измерений мощности: Channel Power, Occupied BW, Adjacent Channel Power, CCDF, Burst Power, Spurious Emissions, Spurious Emissions Mask, TOI, Harmonics, List Sweep

1. TOI(IP3)

2. Гармонические искажения (Расчет по гармоникам)

3. Паразитные сигналы (Spurious Emissions)

4. Радиоимпульсные сигналы Burst Power

5. Мощность в канале (Channel Power Measurements – CPM)

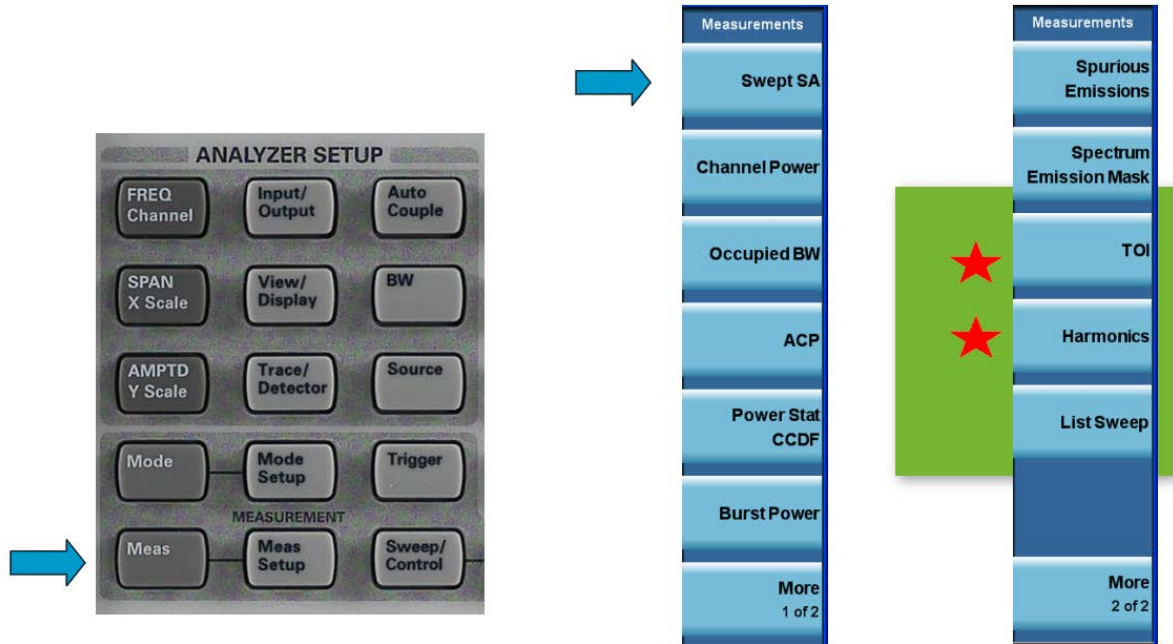
6. Мощность по соседнему каналу (Adjacent Channel Power Measurements ACP)

7. Занимаемая полоса (Occupied Bandwidth Measurements)

8. Спектральная маска (Spectrum Emission Mask)

9. Статистические измерения мощности (Complementary cumulative distribution function- CCDF(пик-фактор))

Войдите в [Meas].



### Дополнительные опции PXA

NFE- NoiseFloorExtension – алгоритм уменьшения уровня собственных шумов

LNPLowNoisePath (LNP прямой тракт, тракт с низким уровнем шума) – минимизация потерь в тракте

MPB – Обход микроволнового преселектора

Уровень собственных шумов PXA (*DANL*)

EMX – работа с внешним смесителем

Приложение для проведения измерений на электромагнитную совместимость (опц.EMC)

Приложение для анализа радиоимпульсных сигналов-N9051A

Приложение для векторного анализа 89600