

Keysight Technologies

Анализаторы сигналов серии X

Режим анализа спектра

на приборах:

N9040B	UXA
N9030B	PXA
N9020B	MXA
N9010B	EXA
N9000B	CXA
N8973B	NFA

Руководство
по эксплуатации

Примечания

© Keysight Technologies, Inc. 2015–2016

Согласно законодательству США и международному законодательству по авторским правам, полное или частичное воспроизведение настоящего документа в любом виде и любыми средствами (включая электронные средства хранения и извлечения данных и перевод на иностранные языки) запрещено без предварительного письменного согласия компании Keysight Technologies, Inc.

Упоминания товарных знаков

Артикул руководства

N9060-90037RURU

Издание

Издание 1, февраль 2016 г.

Аннулирует издание: январь 2015 г.

Опубликовано: Keysight Technologies

1400 Fountaingrove Parkway Santa Rosa, CA 95403

Гарантия

МАТЕРИАЛЫ В НАСТОЯЩЕМ ДОКУМЕНТЕ ПРЕДОСТАВЛЯЮТСЯ НА УСЛОВИЯХ «КАК ЕСТЬ» И МОГУТ ИЗМЕНЯТЬСЯ В ПОСЛЕДУЮЩИХ РЕДАКЦИЯХ БЕЗ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО УВЕДОМЛЕНИЯ. КРОМЕ ТОГО, В МАКСИМАЛЬНОМ ОБЪЕМЕ, ДОПУСКАЕМОМ ДЕЙСТВУЮЩИМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВОМ, КОМПАНИЯ KEYSIGHT НАСТОЯЩИМ ОТКАЗЫВАЕТ В ПРЕДОСТАВЛЕНИИ КАКИХ-ЛИБО ГАРАНТИЙ, КАК ЯВНЫХ, ТАК И ПОДРАЗУМЕВАЕМЫХ, В ОТНОШЕНИИ ДАННОГО РУКОВОДСТВА И ЛЮБОЙ СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В НЕМ ИНФОРМАЦИИ, ВКЛЮЧАЯ В ТОМ ЧИСЛЕ НЕЯВНЫЕ ГАРАНТИИ ТОВАРНОЙ ПРИГОДНОСТИ ИЛИ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ КОНКРЕТНОЙ ЦЕЛИ. КОМПАНИЯ KEYSIGHT НЕ НЕСЕТ НИКАКОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ОШИБКИ, А ТАКЖЕ ЗА НЕПРЕДНАМЕРЕННЫЙ ИЛИ КОСВЕННЫЙ УЩЕРБ, СВЯЗАННЫЕ С ДОСТАВКОЙ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЛИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ДАННОГО ДОКУМЕНТА ИЛИ ЛЮБОЙ СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В НЕМ ИНФОРМАЦИИ. ПРИ НАЛИЧИИ МЕЖДУ КОМПАНИЕЙ KEYSIGHT И ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ ОТДЕЛЬНОГО ПИСЬМЕННОГО СОГЛАШЕНИЯ, ГАРАНТИЙНЫЕ УСЛОВИЯ КОТОРОГО В ЧАСТИ ПРОДУКЦИИ, РАССМАТРИВАЕМОЙ В НАСТОЯЩЕМ ДОКУМЕНТЕ, ПРОТИВОРЕЧАТ ПРИВЕДЕННЫМ ЗДЕСЬ УСЛОВИЯМ, ПРЕИМУЩЕСТВЕННУЮ СИЛУ ИМЕЮТ ГАРАНТИЙНЫЕ УСЛОВИЯ ТАКОГО ОТДЕЛЬНОГО СОГЛАШЕНИЯ.

Лицензии на технологии

Аппаратное и (или) программное обеспечение, описываемое в данном документе, предоставляется по лицензии, и любое его использование или копирование допускается только на условиях такой лицензии.

Права правительства

Программное обеспечение представляет собой «коммерческое компьютерное программное обеспечение» согласно определению этого термина в Правилах закупок для федеральных нужд FAR 2.101. В соответствии с Правилами закупок для федеральных нужд FAR 12.212 и 27.405-3, а также с Дополнением к Правилам закупок для нужд обороны DFARS 227.7202 правительство США приобретает коммерческое компьютерное программное обеспечение на тех же условиях, на которых это программное обеспечение обычно предоставляется публике. Согласно этому компания Keysight предоставляет Программное обеспечение заказчикам из правительства США в соответствии со своей стандартной коммерческой лицензией, которая включена в состав Лицензионного соглашения с конечным пользователем (End User License Agreement, EULA); копию этого соглашения можно найти по адресу <http://www.keysight.com/find/sweula>

Лицензия, определяемая в Лицензионном соглашении с конечным пользователем (EULA), представляет эксклюзивный набор полномочий, согласно которым правительство США может использовать, модифицировать, распространять или раскрывать Программное обеспечение. Лицензионное соглашение с конечным пользователем и оговоренная в нем лицензия не требуют и не позволяют компании Keysight, среди прочего: (1) предоставлять техническую информацию, связанную с коммерческим компьютерным программным обеспечением, или документацию на компьютерное программное обеспечение, которая обычно не предоставляется публике; равно как и (2) отказываться от прав в пользу правительства или так или иначе предоставлять правительству права, за исключением таких прав, которые обычно предоставляются публике, на использование, модификацию, воспроизведение, передачу в свободный доступ, выполнение, отображение или раскрытие коммерческого компьютерного программного обеспечения или документации на коммерческое компьютерное программное обеспечение. Никаких дополнительных требований правительственных учреждений, помимо предусмотренных в Лицензионном соглашении с конечным пользователем, не предусматривается, кроме случаев, когда требования в отношении таких условий, прав или лицензий прямо установлены для всех поставщиков коммерческого компьютерного программного обеспечения в соответствии с Правилами закупок для федеральных нужд FAR и Дополнением к Правилам

закупок для нужд обороны DFARS и специально оговорены в письменной форме в других разделах Лицензионного соглашения с конечным пользователем.

Компания Keysight не несет обязанности по обновлению, изменению или модификации тем или иным образом Программного обеспечения. В отношении всех технических данных согласно определению этого термина в п. 2.101 Правил FAR и в соответствии с пунктами 12.211 и 27.404.2 Правил FAR, а также с п. 227.7102 Правил DFARS правительство США получает не более чем Ограниченные права согласно определению этого термина в п. 27.401 Правил закупок для федеральных нужд FAR или в п. 227.7103-5 (с) Правил закупок для нужд обороны DFARS, в зависимости от применимости к любым техническим данным.

Предупреждения по технике безопасности

ВНИМАНИЕ!

Предупредительная надпись ВНИМАНИЕ! означает наличие опасности. Она обращает внимание на порядок и режимы работ, а также аналогичные регламенты, несоблюдение или неточное соблюдение которых может привести к повреждению оборудования или утрате важных данных. Прежде чем продолжить работу в зоне действия предупредительной надписи «ВНИМАНИЕ!», убедитесь, что указанные на ней условия полностью понятны и соблюдены.

ОСТОРОЖНО!

Предупредительная надпись «ОСТОРОЖНО!» означает наличие опасности. Она обращает внимание на порядок и режимы работ, а также аналогичные регламенты, несоблюдение или неточное соблюдение которых может привести к причинению телесных повреждений, в том числе со смертельным исходом. Прежде чем продолжить работу в зоне действия предупредительной надписи «ОСТОРОЖНО!», убедитесь, что указанные на ней условия полностью понятны и соблюдены.

Где найти актуальную информацию

Документация на приборы периодически обновляется. Для получения новейшей информации, включая обновления программного обеспечения приборов, информацию о приложениях и продуктах, перейдите по ссылке, соответствующей названию вашего прибора:

<http://www.keysight.com/find/N9040B>

<http://www.keysight.com/find/N9030B>

<http://www.keysight.com/find/N9020B>

<http://www.keysight.com/find/N9010B>

<http://www.keysight.com/find/N9000B>

<http://www.keysight.com/find/N8973B>

Чтобы получать обновления по электронной почте, подпишитесь на рассылку Keysight по адресу:

<http://www.keysight.com/find/MyKeysight>

Информацию о предотвращении повреждений прибора можно найти по адресу:

www.keysight.com/find/PreventingInstrumentRepair

Обновите программное обеспечение своего прибора

Компания Keysight периодически выпускает обновления программного обеспечения для приборов, чтобы исправить обнаруженные дефекты и внедрить усовершенствования. Обновления программного обеспечения для вашего прибора можно найти на сайте технической поддержки компании Keysight по адресу:

<http://www.keysight.com/find/techsupport>

Содержание

Предупреждения по технике безопасности	2
Где найти актуальную информацию.....	3
Обновите программное обеспечение своего прибора	3
1 Начало работы с анализаторами сигналов серии X в режиме анализа спектра	8
Техническая документация по анализатору	9
Многоточечный сенсорный интерфейс и аппаратные клавиши	10
Сброс настроек анализатора сигналов	11
Создание и использование пользовательских настроек	12
Ввод числовых данных.....	13
Настройка измерений через раскрывающийся список панели измерений	15
Выбор режима, измерений и отображения	16
Использование справочной системы	18
Просмотр сигнала.....	20
Считывание частоты и амплитуды	21
Изменение опорного уровня	22
Повышение точности по частоте	23
Рекомендации по тестовому оборудованию.....	24
2 Измерения нескольких сигналов	25
Сравнение сигналов с использованием дельта-маркера.....	25
Сравнение сигналов с помощью дельта-маркера, если он не находится на экранной сетке	28
Измерения сигналов с одинаковой амплитудой	31
Выделение слабых сигналов на фоне мощных сигналов	36
Уменьшение полосы обзора при измерении сигнала.....	41
Измерения мощности модулированных сигналов, меняющихся по уровню относительно опорного	44
3 Измерения сигналов низкого уровня	48
Уменьшение ослабления входного аттенюатора	48
Уменьшение полосы пропускания фильтра ПЧ.....	52
Использование детектора средних значений с увеличением времени свипирования.....	55
Усреднение трассы	58
4 Улучшение разрешения по частоте и точности измерения	61
Использование частотомера для улучшения разрешения по частоте и точности измерения	61
5 Отслеживание сигналов с дрейфом частоты.....	63
Измерения дрейфа частоты источника	63
Отслеживание сигнала.....	67
6 Измерения искажений	70

Выявление искажений, генерируемых анализатором	70
Одноклавишные измерения гармоник.....	75
Интермодуляционные искажения третьего порядка	78
Одноклавишные измерения искажений третьего порядка (TOI).....	82
7 Измерения шума.....	86
Измерения отношения сигнал/шум.....	86
Измерения шума с использованием маркера шума	89
Измерения шумоподобных сигналов с использованием маркеров спектральной плотности в полосе/на интервале	93
Измерения шумоподобных сигналов с использованием измерений мощности в канале ..	97
Измерения отношения несущая/шум для модулированной несущей	99
Оптимизация измерений уровня фазового шума путем вычитания собственных шумов анализатора	105
8 Измерения с использованием временного стробирования	111
Просмотр радиоимпульсного ЧМ-сигнала	111
Настройка цифрового осциллографа	116
Соединение приборов для проведения измерений с использованием временного стробирования	118
Настройка источника сигнала.....	119
Измерения с помощью стробирования гетеродина.....	121
Измерения с помощью стробирования по видеотракту	125
Измерения с помощью стробирования по БПФ	130
9 Измерения сигналов цифровой связи	132
Измерения мощности в канале.....	132
Измерения занимаемой полосы	135
Советы по устранению неполадок	138
Измерения мощности в соседнем канале (ACP)	138
Измерения интегральной функции распределения (CCDF).....	145
Измерения мощности импульса	150
Измерения паразитных составляющих	157
Советы по устранению неполадок	161
Измерения по спектральной маске сигнала.....	162
Советы по устранению неполадок	165
Измерения в режиме свипирования по списку	166
10 Демодуляция АМ-сигналов	168
Измерения частоты модулирующего сигнала АМ-колебания.....	168
Измерения глубины модуляции АМ-сигнала.....	174
11 Измерения с помощью I/Q-анализатора	179
Захват широкополосных сигналов для последующего анализа	179
Измерения комплексного спектра.....	180
Измерения I/Q-сигналов (временная область)	183

12 Основные принципы	188
Разделение сигналов с малой отстройкой.....	188
Разделение сигналов с одинаковой амплитудой.....	188
Выделение слабых сигналов на фоне мощных сигналов.....	189
Принципы использования триггеров.....	190
Выбор триггера.....	190
Принципы временного стробирования.....	194
Введение: использование временного стробирования на примере упрощенного цифрового радиосигнала.....	194
Как работает временное стробирование.....	196
Измерения сложного/неизвестного сигнала.....	202
Краткие правила проведения измерений со стробированием.....	207
Использование режима фронта и режима уровней для запуска по триггеру.....	210
Измерения шумов с помощью временного стробирования.....	211
Принципы демодуляции АМ и ЧМ сигналов.....	212
Демодуляция АМ сигнала с использованием анализатора как приемника с фиксированной настройкой частоты (во временной области).....	212
Демодуляция ЧМ сигнала с использованием анализатора как приемника с фиксированной настройкой частоты (во временной области).....	212
Принципы I/Q-анализа.....	213
Назначение.....	213
Измерения комплексного спектра.....	213
Режим измерения IQ-сигналов.....	214
Назначение.....	214
Метод измерений.....	214
Принципы измерения паразитных составляющих.....	215
Назначение.....	215
Метод измерения.....	215
Принципы измерения по спектральной маске сигнала.....	216
Назначение.....	216
Метод измерений.....	216
Принципы измерения занимаемой полосы.....	217
Назначение.....	217
Метод измерения.....	217
Принципы измерения мощности импульса.....	218
Назначение.....	218
Метод измерений.....	218
Принципы измерения мощности в канале.....	220
Назначение.....	220
Метод измерений.....	220
Принципы измерения мощности в соседнем канале (АСР).....	221

Назначение.....	221
Метод измерений.....	221
Принципы измерения интегральной функции распределения (CCDF)	222
Назначение.....	222
Метод измерения.....	222
Принципы измерения искажений третьего порядка (TOI)	224
Назначение.....	224
Метод измерения.....	225
Принципы измерений гармоник	226
Назначение.....	226
Метод измерений.....	226
Принципы измерения в режиме свипирования по списку	228
Назначение.....	228

1 Начало работы с анализаторами сигналов серии X в режиме анализа спектра

Данное руководство описывает работу анализаторов сигналов серии X в режиме анализа спектра и IQ-анализа для следующих серий:

- N9040B UXA
- N9030B PXA
- N9020B MXA
- N9010B EXA
- N9000B CXA
- N8973B NFA

В этом документе, если не указано иное, слово «анализатор» обозначает все указанные выше модели. В этой главе рассматриваются следующие темы:

- [Техническая документация по анализатору](#)
- [Многоточечный сенсорный интерфейс и аппаратные клавиши](#)
- [Сброс настроек анализатора сигналов](#)
- [Ввод числовых данных](#)
- [Настройка измерений через раскрывающийся список на панели измерений](#)
- [Выбор режима, измерения и отображения.](#)
- [Использование справочной системы](#)
- [Просмотр сигнала](#)
- [Считывание частоты и амплитуды](#)
- [Изменение опорного уровня](#)
- [Повышение точности по частоте](#)
- [Рекомендации по тестовому оборудованию](#)

ВНИМАНИЕ!

Следите за тем, чтобы общая мощность всех сигналов на входе анализатора не превышала +30 дБм (1 Вт).

Техническая документация по анализатору

В следующей таблице перечислены доступные источники информации по анализатору.

Базовая информация об анализаторе сигналов:	
Начало работы	<ul style="list-style-type: none">— Процесс включения— Настройка и использование Windows 7— Элементы управления и разъемы на передней и задней панелях
Технические условия	Спецификации для всех доступных измерительных приложений и дополнительного оборудования (например, анализатора спектра и измерителя фазового шума).
Функциональная проверка	Быстрая проверка работоспособности прибора.
Сообщения прибора	Описания сообщений с информацией, предупреждениями и ошибками.
Измерительные приложения и справочная информация для анализатора сигналов: (измерительное приложение анализатора спектра).	
Руководство по измерениям	Пример измерений с помощью клавиш на передней панели, сенсорного экрана или выносного интерфейса.
Справочная информация для пользователей и программистов	Содержит описания конкретных функций анализатора для измерительных приложений анализатора спектра.
Подсказка по режимам анализатора спектра	Встроена в ПО прибора. Предлагает контекстные подсказки для функций клавиш передней панели и соответствующих команд из ЦПИ.
Веб-справка	Файл справочной информации, доступный для загрузки по адресу: http://www.Keysight.com . Предоставляет описания функций клавиш передней панели и соответствующих команд из ЦПИ.

Многоточечный сенсорный интерфейс и аппаратные клавиши

Этот раздел содержит информацию об элементах управления передней панели анализатора, которые чаще всего используются в этом руководстве для процессов измерений.

Подробное описание элементов управления передней панели вы найдете в *Руководстве по началу работы* или во встроенной системе справочной информации.

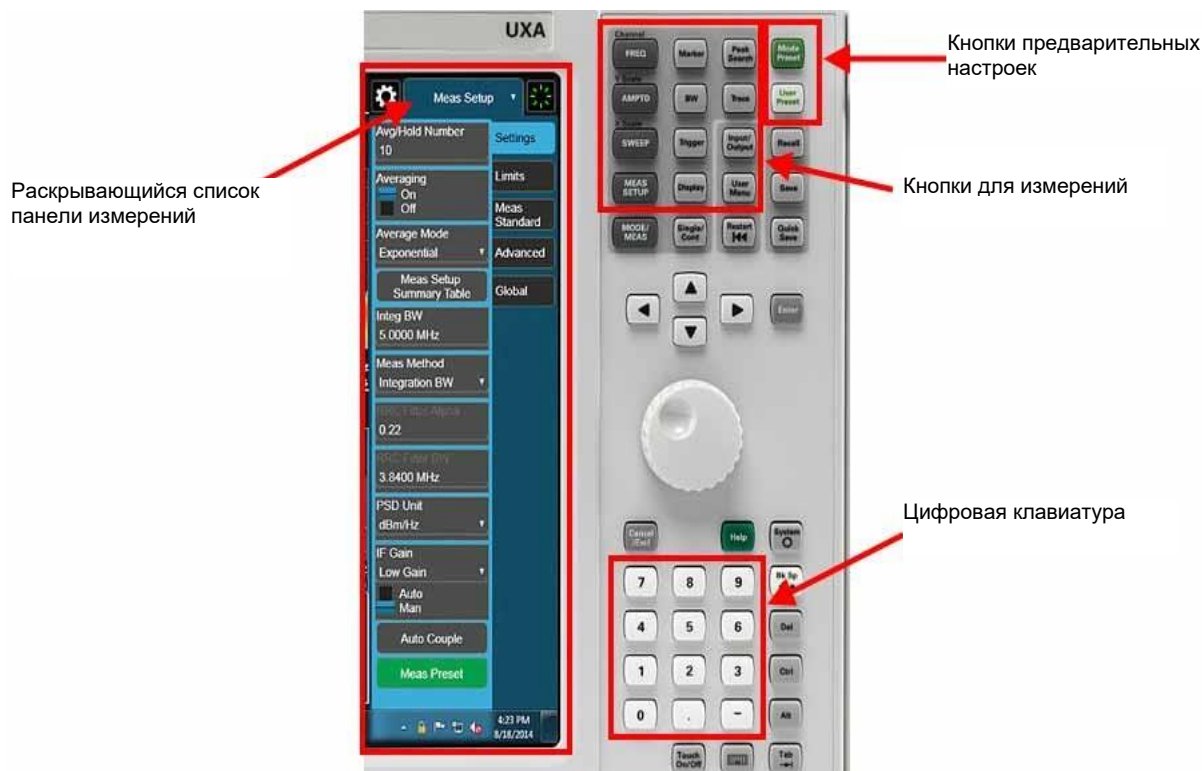
Рисунок 1-1 отображает элементы управления, расположенные на передней панели анализатора.

Передняя панель предоставляет два метода для настройки анализатора перед проведением измерений:

- Физические клавиши измерений и чисел.
- Многоточечный сенсорный пользовательский интерфейс.
Многоточечный сенсорный пользовательский интерфейс включает раскрывающееся меню физических клавиш и другие экранные элементы управления.

Все функции, доступные через раскрывающееся меню физических клавиш, можно выполнять нажатием аналогичных физических клавиш. Нажатие на физическую клавишу и на соответствующий ей экранный элемент выполняют одинаковые действия. При проведении измерений можно использовать любой из этих двух методов. В рамках этого руководства используется сочетание физических клавиш и сенсорных элементов управления.

Рисунок 1-1. Сенсорные элементы управления и физические клавиши на передней панели



Сброс настроек анализатора сигналов

Функция сохранения настроек предоставляет удобный способ создать и настроить режимы измерения для анализатора. Используются два типа настроек:

- **Настройки по умолчанию.** Эти значения устанавливаются на заводе.
- **Сброс на пользовательские настройки.** Эти режимы измерения определяются пользователем и применяются нажатием клавиши анализатора **Пользовательские настройки.**

Чтобы использовать элементы управления **сохранением настроек**:

- Нажмите зеленую пиктограмму **Настройки** в верхнем правом углу дисплея (см. **Рисунок 1-2**).

Рисунок 1-2. Доступ к панели настроек



Ниже описаны функции настроек, которые чаще всего используются в этом руководстве.

Сброс режима

Возвращает анализатор в состояние по умолчанию для текущего режима. Это действие изменяет почти все параметры режима, но не изменяет входы, выходы и системные переменные. Сброс режима можно вызвать с помощью физической клавиши на передней панели или действия «Сброс режима» в раскрывающемся списке настроек (**Рисунок 1-2**).

Сброс режима сбрасывает только настройки текущего экрана. Он не влияет на все остальные экраны.

Восстановление параметров режима по умолчанию

Сбрасывает все дополнительные настройки текущего режима, а также все, что относится к настройке режима.

**Сброс входа
и выхода**

Возвращает значения по умолчанию для параметров и данных, связанных с клавишей входов и выходов на передней панели. Эти параметры не изменяются действием «Сброс режима», поскольку относятся только к текущим подключениям прибора.

Чтобы полностью сбросить все параметры текущего режима, последовательно выполните сброс входа и выхода и восстановление параметров режима по умолчанию. Обратите внимание, что функция сброса входа и выхода является глобальной, то есть влияет на все режимы.

Сброс входа и выхода можно выполнить из меню входов и выходов, через раскрывающийся список сброса или через меню восстановления значений по умолчанию, доступное по клавише «Система».

**Сброс на пользовательские
настройки**

Восстанавливает состояние анализатора, настроенное пользователем. Это действие влияет на все параметры выбранного режима, а также на параметры входов и выходов, но не влияет на системные переменные. Выполняется физической клавишей или пиктограммой сенсорного интерфейса.

**Сохранение пользовательских
настроек**

Восстанавливает состояние анализатора, настроенное пользователем. Это действие влияет на все параметры выбранного режима, а также на параметры входов и выходов, но не влияет на системные переменные.

ПРИМЕЧАНИЕ

Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».

Создание и использование пользовательских настроек

Ниже описан процесс создания пользовательских настроек, которые удобны для частого применения одной и той же конфигурации, отличной от стандартной.

Шаг	Действие	Примечания
1	Установите все нужные параметры анализатора.	
2	Перенесите текущие параметры в память пользовательских настроек.	а. Нажмите пиктограмму Сброс и выберите пункт Сохранить пользовательские настройки .
3	Выберите слот для настроек.	а. Нажмите пиктограмму Сброс (или нажмите клавишу Сброс на пользовательские настройки), а затем выберите Сброс на пользовательские настройки.

Ввод числовых данных

При настройке или изменении параметров функций часто требуется ввести числовые значения. У вас есть два способа ввести в анализатор данные в числовом виде:

- **Числовые клавиши** описаны на [Рисунке 1-1](#).
- **Панель числового ввода** описана на [Рисунке 1-3](#).

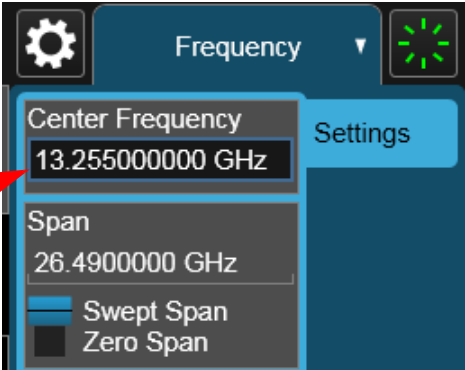
Ниже описаны оба этих метода.

Рисунок 1-3 Панель числового ввода



Ввод числовых данных в анализатор

Шаг	Действие	Примечания
1	<p>Выберите функцию, для которой надо ввести числовые данные.</p> <p>Функцию можно выбрать одним из следующих способов:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Нажмите клавишу измерения. • Нажмите элемент раскрывающегося списка физических клавиш измерения, затем выберите нужную функцию. 	
2	<p>Активируйте функцию.</p> <p>a. Чтобы активировать функцию через сенсорный интерфейс, нажмите на нее.</p>	<p>См. Рисунок 1-4. Здесь активирована функция «Центральная частота». Обратите внимание, что активное число выделено черным фоном и синей рамкой.</p>

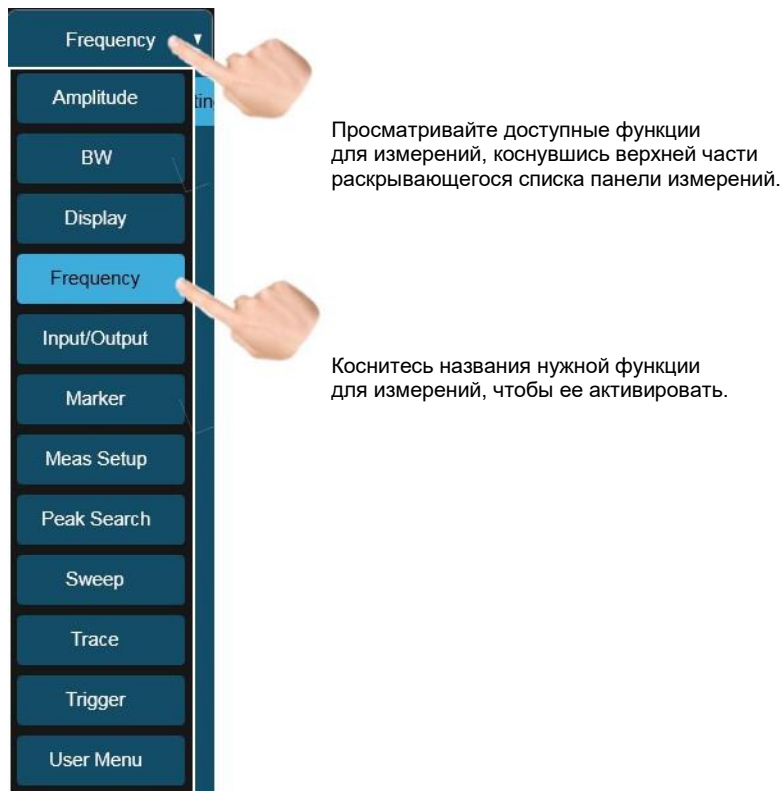
Шаг	Действие	Примечания
Рисунок 1-4. Активная функция		
3	Здесь вы можете использовать либо физические числовые клавиши, либо панель числового ввода.	Если вы используете физические клавиши, переходите к следующему шагу. Если вы используете панель числового ввода, перейдите к шагу 5.
4	Ввод числовых данных с помощью физических числовых клавиш.	<ol style="list-style-type: none">Нажмите числовую клавишу (Рисунок 1-1). Откроется панель числового ввода (Рисунок 1-3).Продолжайте нажимать числовые клавиши, соответствующие нужному числу.С помощью панели числового ввода выберите нужные единицы измерения (МГц, ГГц и т.п.).Панель числового ввода закроется.
5	Ввод числовых данных с помощью панели числового ввода.	<ol style="list-style-type: none">Нажмите активную функцию, чтобы открыть панель числового ввода (Рисунок 1-3).Введите нужное число.Введите нужные единицы измерения (МГц, ГГц и т.п.). Панель закроется.

Настройка измерений через раскрывающийся список панели измерений

Раскрывающийся список панели измерений (**Рисунок 1-5**) позволяет изменять и использовать настройки для функции измерения. Нажмите на верхнюю часть этого элемента, чтобы отобразить все доступные измерительные функции, а затем выберите название нужной функции, чтобы открыть ее настройки.

На следующих страницах приводятся описания функций, которые чаще всего используются в этом руководстве. Подробное описание элементов управления передней панели вы найдете в *Руководстве по началу работы* или в системе справочной информации, отображаемой на экране.

Рисунок 1-5. Использование раскрывающегося списка панели измерений



Начало работы с анализаторами сигналов серии X в режиме анализа спектра
Выбор режима, измерений и отображения

Выбор режима, измерений и отображения

Экран режима, измерений и отображения (Рисунок 1-6) позволяет вам выбрать нужный режим, измерение и/или отображение.

Существует два метода открыть этот экран:

- **Нажмите физическую клавишу РЕЖИМ/ИЗМЕР. (MODE/MEAS)** (Рисунок 1-7).
- **Нажмите вкладку текущего экрана (Рисунок 1-8).**

Рисунок 1-6. Выбор режима/измерений/отображения

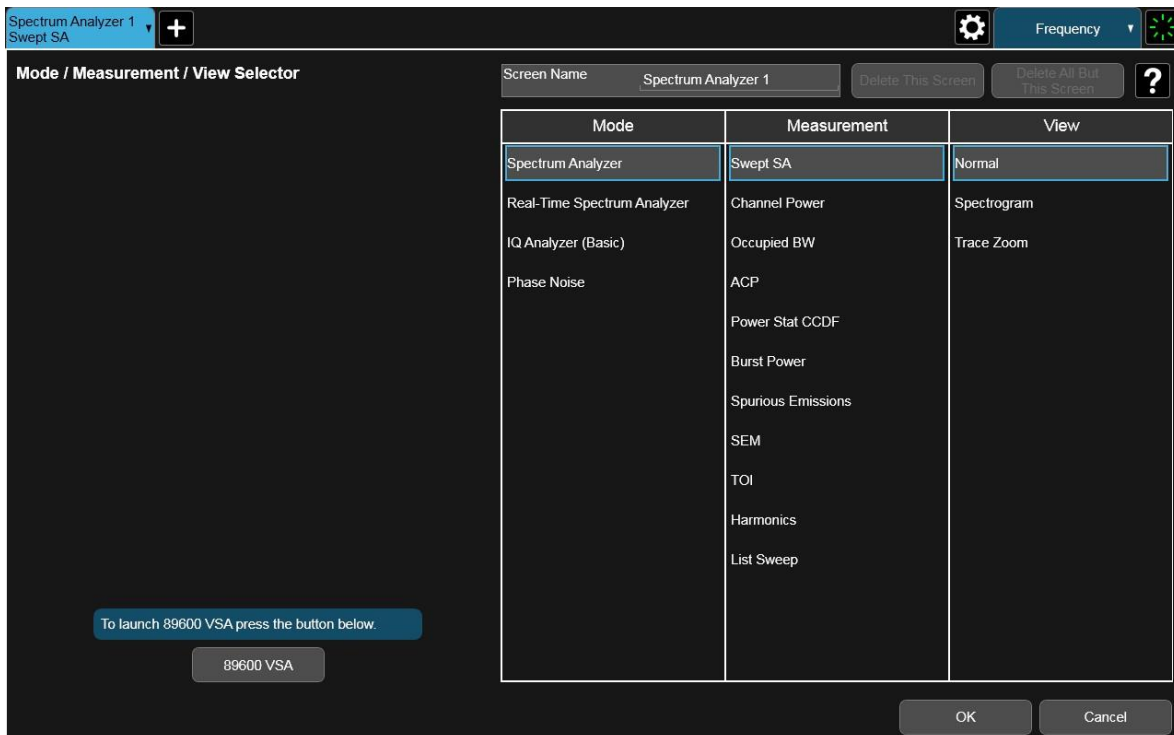
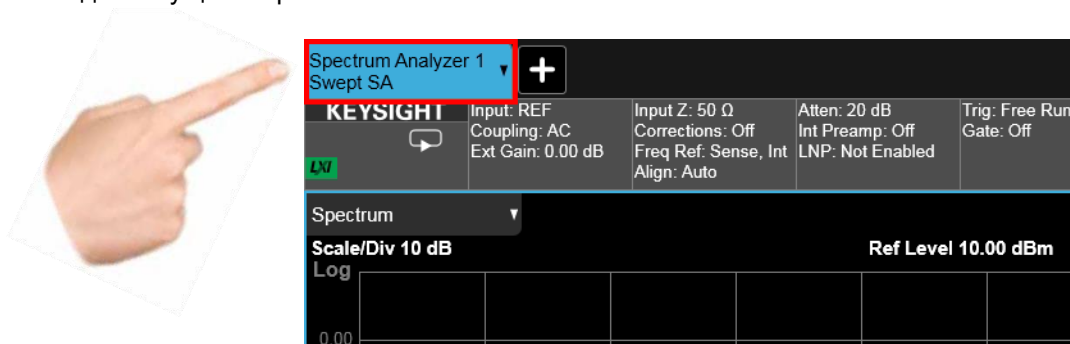


Рисунок 1-7. Физическая клавиша «Режим/Измерения»



Рисунок 1-8. Вкладка текущего экрана



Использование выбора режима/измерения/отображения

Шаг	Действие	Примечания
1	Откройте окно выбора режима/ измерения/ отображения.	Нажмите клавишу «Режим/Измерения» или нажмите на вкладку текущего экрана.
2	Выберите нужный режим, измерение или отображение.	Выберите нужный режим, измерение или отображение из соответствующего столбца.
3	Закройте окно выбора режима/ измерения/ отображения.	Нажмите «ОК» в нижней части экрана. Это действие подтвердит ваш выбор и закроет окно выбора режима/измерения/ отображения.

Использование справочной системы

Анализатор имеет встроенную справочную систему, в которой можно найти ответы на множество вопросов об использовании и работе прибора. Вы можете использовать любой из трех методов, чтобы открыть встроенную справочную систему анализатора:

- Нажмите вопросительный знак (?) в нижнем левом углу дисплея (см. Рисунок 1-9).
- Нажмите физическую клавишу Помощь (Help) (Рисунок 1-10).
- Нажмите и удерживайте нужный элемент управления на экране.

Рисунок 1-11 демонстрирует экран справочной системы.

Рисунок 1-9. Доступ к справочной системе: Нажмите на знак вопроса

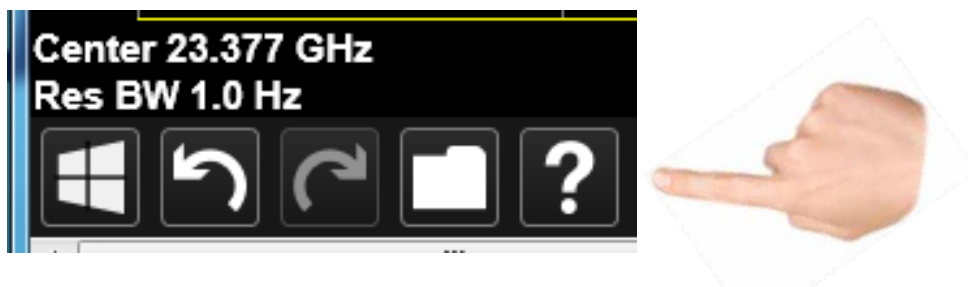


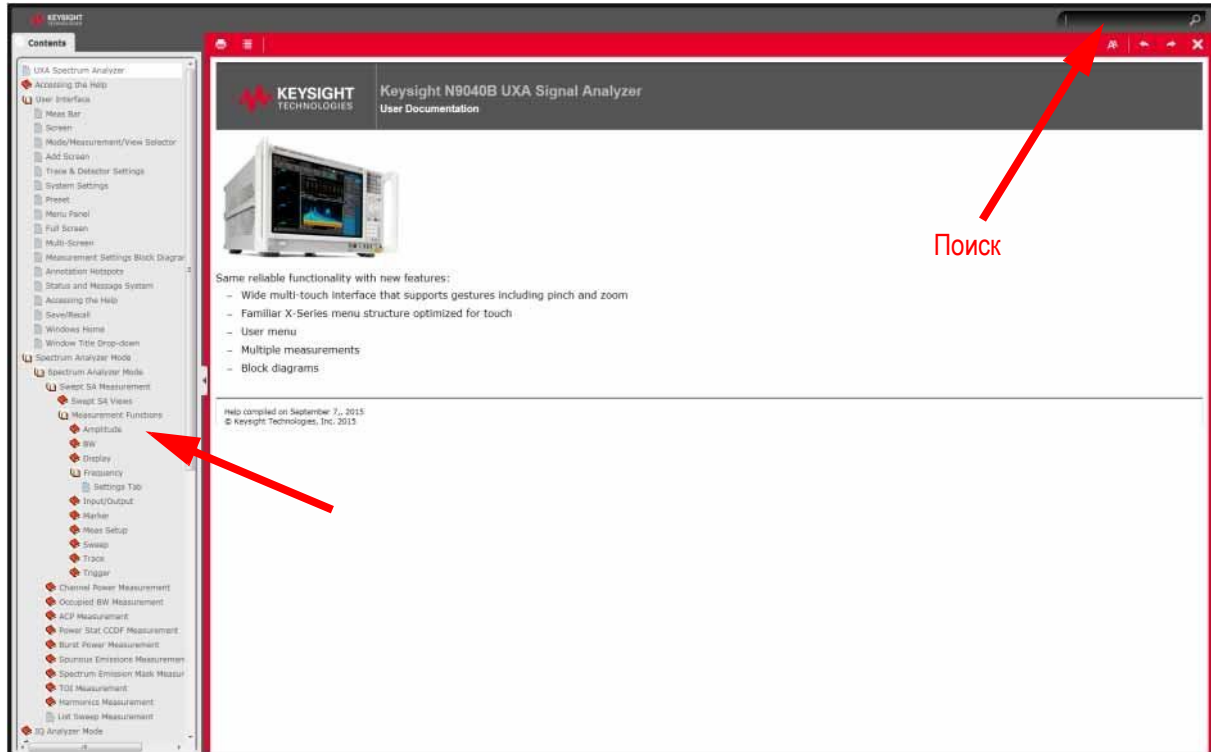
Рисунок 1-10. Доступ к справочной системе: Нажмите зеленую кнопку «Помощь»



Начало работы с приложением измерений анализатора спектра
Использование справочной системы

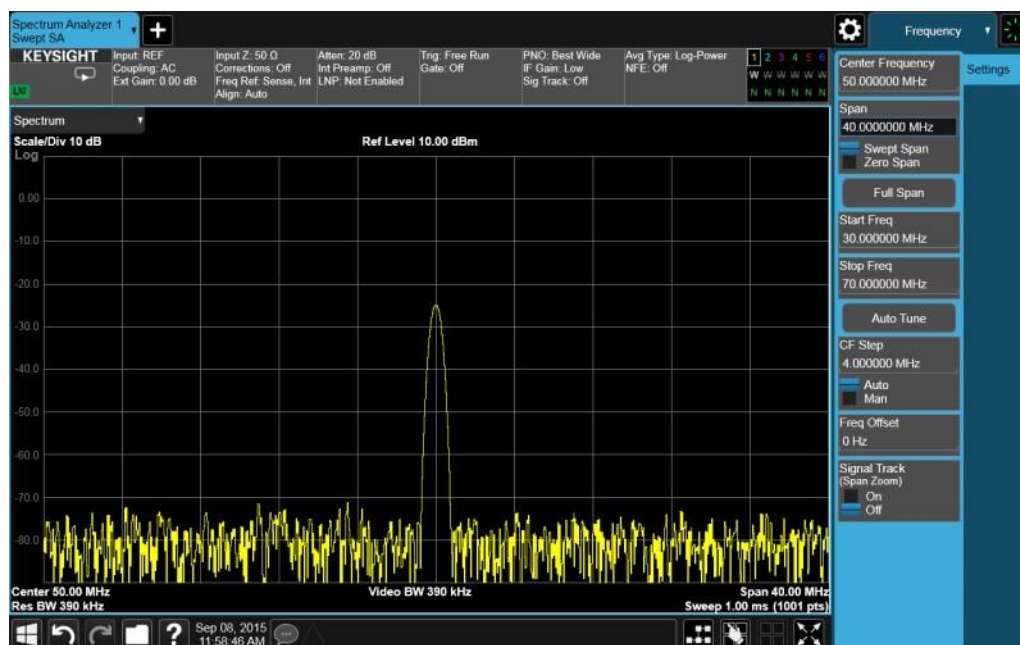
Рисунок 1-11. Справочная система

Оглавление



Просмотр сигнала

Шаг	Действие	Примечания
1	Восстановите стандартные настройки анализатора.	a. Нажмите клавишу Сброс режима .
<p>ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».</p>		
2	Переключите сигнал встроенного калибратора частотой 50 МГц на вход анализатора.	a. Нажмите клавишу Входы и выходы . b. Нажмите Калибратор РЧ на панели меню и выберите вариант 50 МГц .
3	Установите опорный уровень 10 дБм.	a. Нажмите клавишу AMPTD (Амплитуда) . b. Нажмите элемент управления Опорный уровень и введите значение 10 дБм во всплывающем окне.
4	Установите центральную частоту 50 МГц.	a. Нажмите клавишу FREQ (Частота) . b. Дважды нажмите элемент управления Центральная частота и введите значение 50 МГц .
5	Установите полосу обзора 40 МГц.	a. Коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите 40 МГц во всплывающем окне.



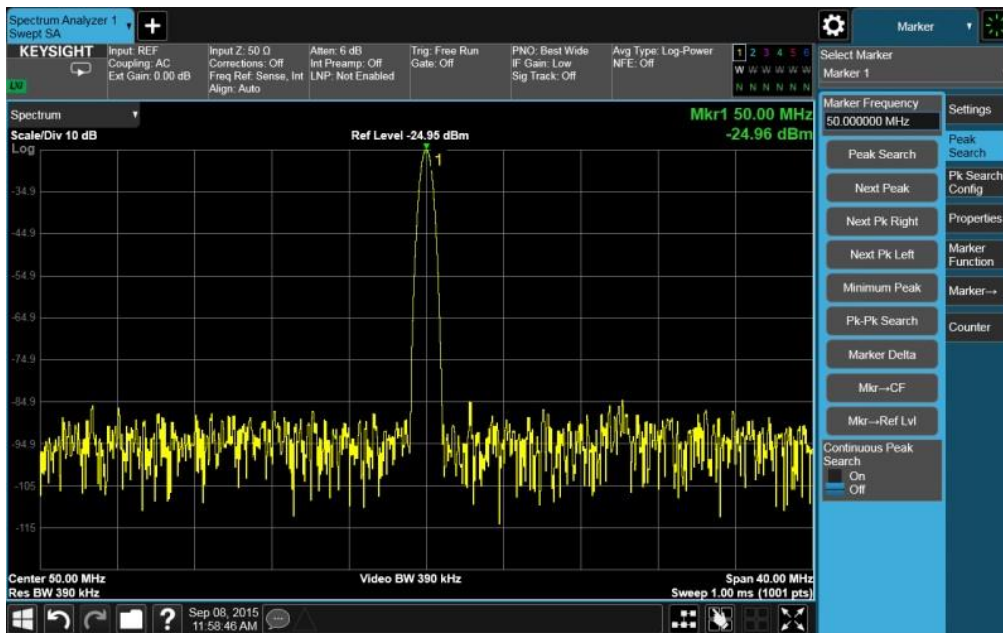
Считывание частоты и амплитуды

Шаг	Действие	Примечания	
1	Активируйте маркер и поместите его на сигнал с самой высокой амплитудой.	Нажмите клавишу Peak Search (Поиск пика) на передней панели или коснитесь раскрывающегося списка панели меню в строке заголовка панели меню и выберите пункт «Поиск пика».	Частота и амплитуда этого маркера отобразятся в блоке активной функции в верхнем правом углу дисплея (см. следующую страницу).



Изменение опорного уровня

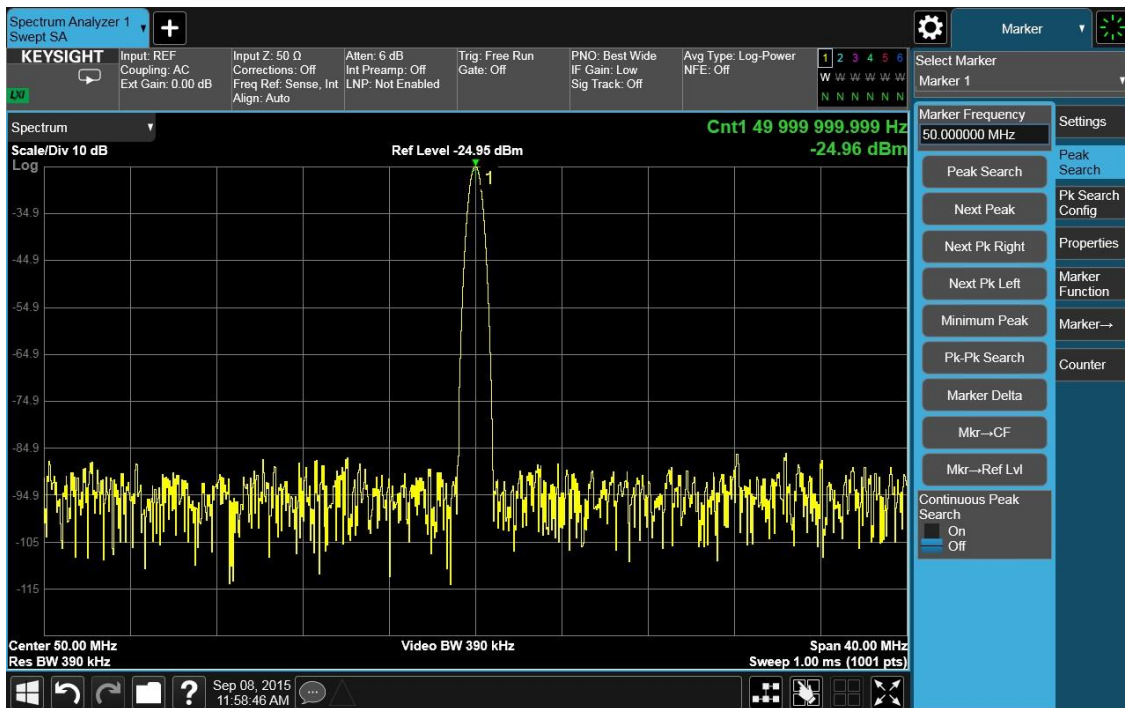
Шаг	Действие	Примечания
1	Измените опорный уровень. а. Коснитесь пункта Mkr → Ref Lvl (Опорный уровень).	Теперь опорный уровень выбран в качестве активной функции.



Повышение точности по частоте

ПРИМЕЧАНИЕ Когда вы используете функцию измерения частоты, может отобразиться сообщение о необходимости уменьшения соотношения Полоса обзора/ФПЧ. Такое сообщение отображается, если полоса пропускания фильтра ПЧ слишком узка (соотношение полосы пропускания фильтра ПЧ к диапазону составляет менее 0,002).

Шаг	Действие	Примечания	
1	Активируйте меню счетчика маркера.	а. Выберите вкладку Счетчик из панели меню.	
2	Увеличьте значение точности по частоте, указанное в аннотации к маркеру.	а. Переключите Счетчик маркера в значение «Включено».	Аннотация активной функции маркера изменится с Mkr1 на Cnt1.
3	Переместите пиковое значение в центр экрана.	а. Выберите вкладку Поиск пика и нажмите Mkr-> CF .	Отображаемое в аннотации маркера разрешение увеличится.



Рекомендации по тестовому оборудованию

В следующей таблице перечислено тестовое оборудование, которое потребуется для примеров измерений, описанных в этом руководстве.

Тестовое оборудование	Технические условия	Рекомендуемая модель
Источники сигналов		
Генератор сигналов (Для некоторых процедур применяются два генератора сигналов)	Внешний опорный вход от 9 кГц до 6,0 ГГц	MXG 5182B
Адаптеры		
с Type-N (вилочная часть) на BNC (розеточная часть) (6)		1250-0780
Кабели		
BNC, 122 см (3)		10503A
Прочее		
Направленный мост		Высокочастотный мост 86205A

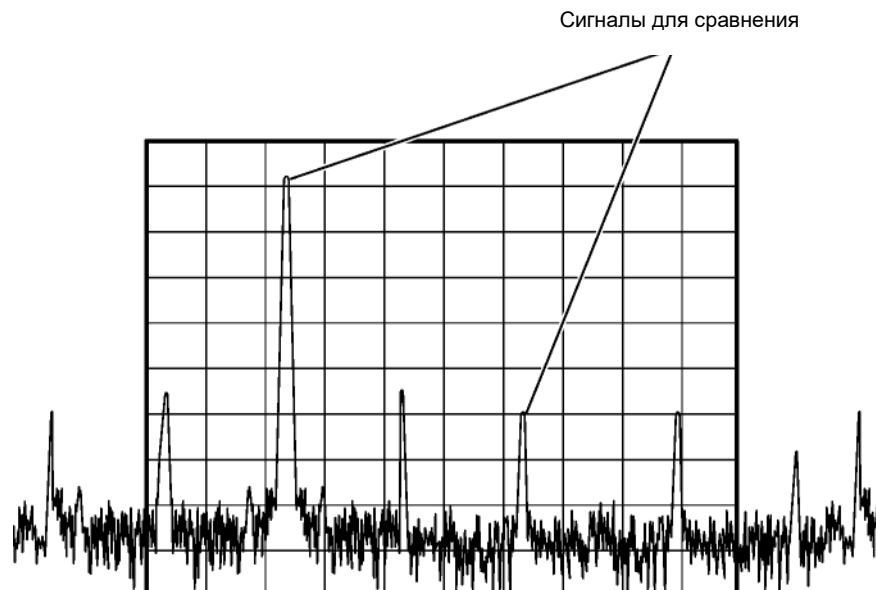
2 Измерения нескольких сигналов

Сравнение сигналов с использованием дельта-маркера

Функция дельта-маркера позволяет сравнить частоту и амплитуду двух сигналов, представленных на экране.

В нашем примере на вход анализатора подается его собственный сигнал 10 МГц. Анализатор настраивается на отображение основной частоты и одной из гармоник 10 МГц. Затем создаются два маркера: один для пика основной частоты и второй для пика гармоники. На основе этих маркеров выполняются измерения частотной и амплитудной разницы между этими двумя сигналами ([Рисунок 2-1](#)).

Рисунок 2-1. Сравнение сигналов на экранной сетке

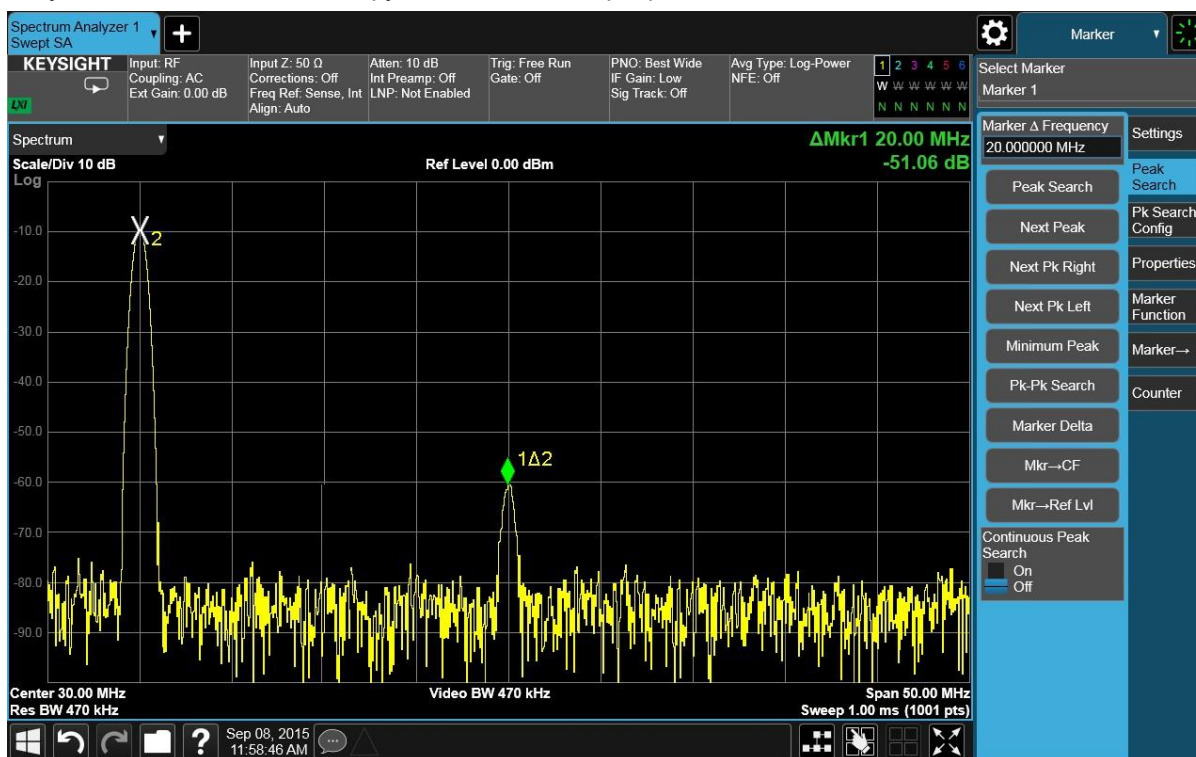


Шаг	Действие	Примечания
1	Подключите выход 10 МГц на задней панели к РЧ-входу передней панели.	

Шаг	Действие	Примечания
2	Выполните предварительную настройку анализатора.	По умолчанию анализатор использует режим «Анализатор спектра» и измерение «Спектральный анализ со свипированием». Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/Измерение).
<p>ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».</p>		
3	Установите центральную частоту и диапазон для просмотра сигнала с частотой 10 МГц и его гармоник до 50 МГц.	<p>a. Нажмите клавишу FREQ (Частота).</p> <p>b. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 30 МГц.</p> <p>c. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 50 МГц.</p>
4	Установите опорный уровень анализатора.	<p>a. Нажмите клавишу AMPD (АМПЛИТУДА).</p> <p>b. На панели меню дважды коснитесь пункта Ref Level (Опорный уровень) и введите значение 20 дБм.</p>
5	Поместите маркер на самый высокий пик на дисплее (10 МГц).	<p>a. Нажмите клавишу Peak Search (Поиск пика) или коснитесь раскрывающегося списка в строке заголовка панели меню и выберите пункт Peak Search (Поиск пика) в раскрывающемся меню.</p> <p>Маркер должен находиться на опорном сигнале 10 МГц. Вы можете использовать кнопки Next Pk Right (Следующий пик справа) и Next Pk Left (Следующий пик слева) для перемещения маркера между пиками.</p>
6	Зафиксируйте первый маркер и активируйте второй дельта-маркер.	<p>a. Нажмите на вкладку Settings (Настройки).</p> <p>b. В списке значений Marker Mode (Режим маркера) выберите Delta (Дельта).</p> <p>Символ первого маркера изменится с ромба на обозначение «X2», обозначающее фиксированный маркер (опорную точку). Вторым маркером будет помечен как 1Δ2. Эта маркировка обозначает дельта-маркер. При первом нажатии кнопки Delta (Дельта) оба маркера окажутся на одной частоте, и их символы будут наложены друг на друга. Чтобы разнести символы маркеров, нужно переместить дельта-маркер на другую частоту.</p>

Шаг	Действие	Примечания
7	Переместите дельта маркер на другой пик сигнала.	См. Рисунок 2-2 . Разница между маркерами амплитуды и частоты отображается в области результатов для маркера, которая находится в верхнем правом углу экрана.

Рисунок 2-2. Использование функции дельта-маркера



ПРИМЕЧАНИЕ

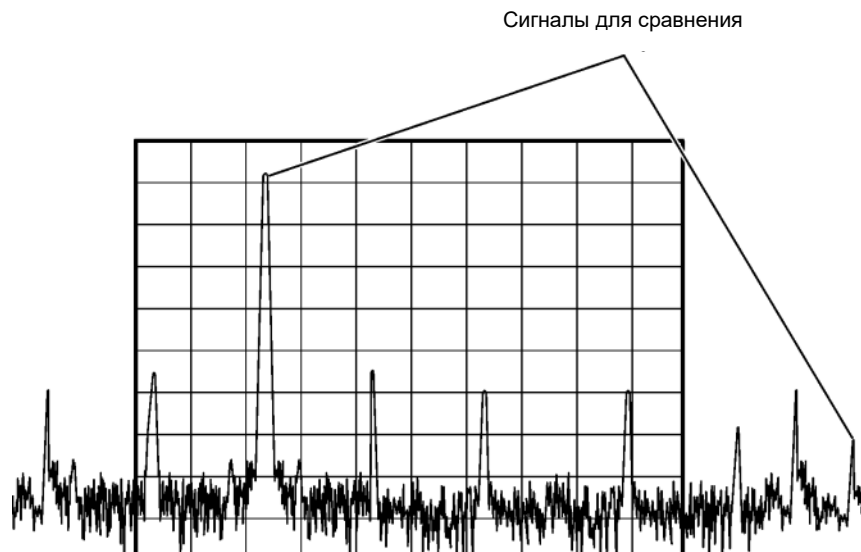
Частотное разрешение показаний маркера можно увеличить, включив функцию измерения частоты маркера. Коснитесь вкладки **Counter** (Счетчик) в меню **Marker** (Маркер), затем переключите **Marker Count** (Частотомер) на значение **On** (Включено).

Сравнение сигналов с помощью дельта-маркера, если он не находится на экранной сетке

Разницу частоты и амплитуды между двумя сигналами можно измерять, даже если один из сигналов не находится на экранной сетке. Этот метод полезен для проверки на гармонические искажения, когда для измерения гармоник низкого уровня необходим узкий диапазон и узкая полоса пропускания.

В нашем примере процедуры на вход подается сигнал анализатора 10 МГц. Затем создаются два маркера: один для пика основной частоты и второй для пика гармоники. При выбранных настройках анализатора один из этих маркеров не попадает на экранную сетку (см. рисунок ниже). На основе этих маркеров выполняется измерение частотной и амплитудной разницы между этими двумя сигналами (Рисунок 2-3).

Рисунок 2-3. Сравнение двух сигналов, если один из них не находится на экранной сетке



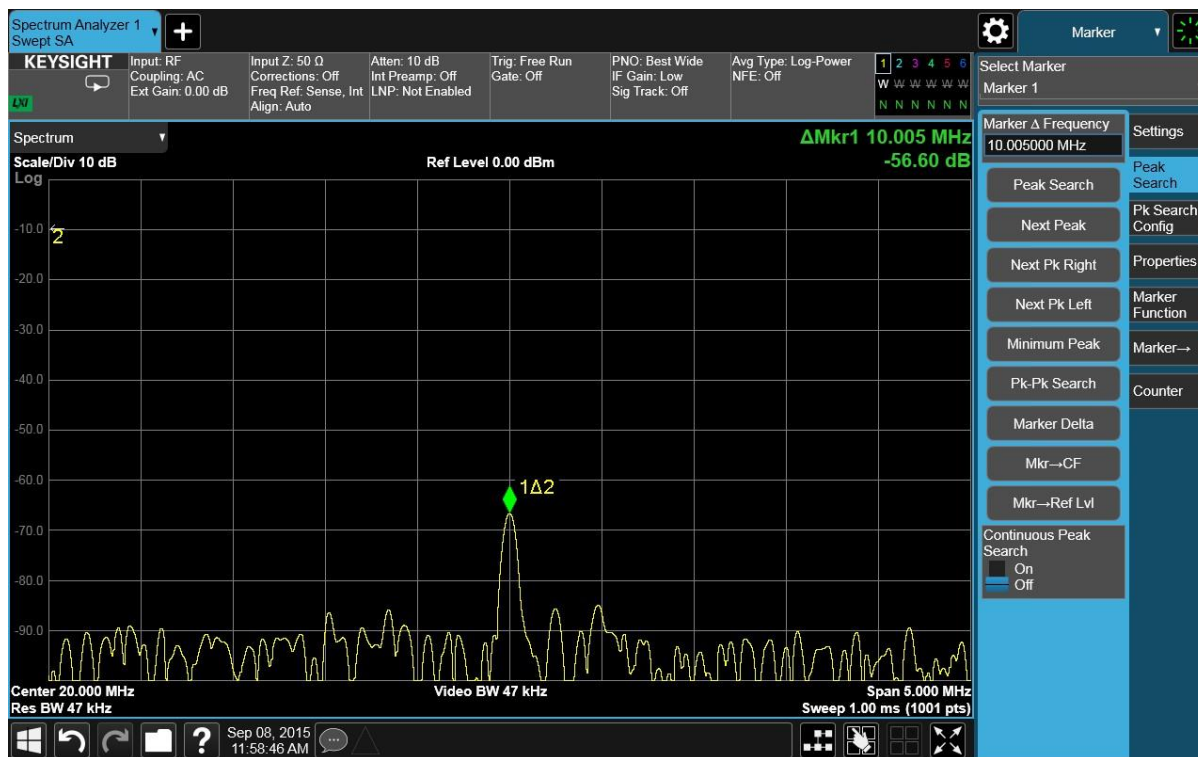
Шаг	Действие	Примечания
1	Подключите выход 10 МГц на задней панели к РЧ-входу передней панели.	
2	Восстановите стандартные настройки анализатора. а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима).	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение).

ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».

Шаг	Действие	Примечания
3	Установите центральную частоту и диапазон для просмотра сигнала с частотой 10 МГц и его гармоник до 50 МГц.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу FREQ (Частота). b. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 10 МГц. c. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 5 МГц.
4	Установите опорный уровень анализатора.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу AMPTD (Амплитуда). b. На панели меню дважды коснитесь пункта Ref Level (Опорный уровень) и введите значение 0 дБм.
5	Поместите маркер на самый высокий пик на дисплее (10 МГц).	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу Peak Search (Поиск пика) или коснитесь панели меню и выберите пункт Peak Search (Поиск пика)
6	Установите размер шага центральной частоты равным частоте маркера.	<ul style="list-style-type: none"> a. Коснитесь вкладки Marker -> (Маркер). b. Коснитесь пункта Mkr → CF Step (Маркер → шаг центр. частоты).
7	Активируйте функцию дельта-маркета.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите на вкладку Settings (Настройки). b. В списке значений Marker Mode (Режим маркера) выберите Delta (Дельта).
8	Увеличьте центральную частоту на 10 МГц.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу FREQ (Частота). b. Дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 20 МГц. <p>Первый маркер и дельта-маркеры перемещаются к левому краю экрана на уровне максимума первого сигнала.</p>
9	Переместите дельта-маркер на новую центральную частоту	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу Peak Search (Поиск пика) или коснитесь панели меню и выберите пункт Peak Search (Поиск пика). <p>На рисунке 2-4 слева на экране видна опорная ссылка для первого маркера (2) на левой стороне дисплея, которая указывает, что опорный сигнал 10 МГц находится на более низкой частоте, чем отображаемый диапазон частот. Дельта-маркер (1Δ2) отображается на пике компонента 20 МГц. Зона результатов дельта-маркера отображает разность амплитуды и частоты между максимумами сигнала при 10 и 20 МГц.</p>

Шаг	Действие	Примечания
-----	----------	------------

Рисунок 2-4. Дельта-маркер с опорным сигналом за пределами экрана

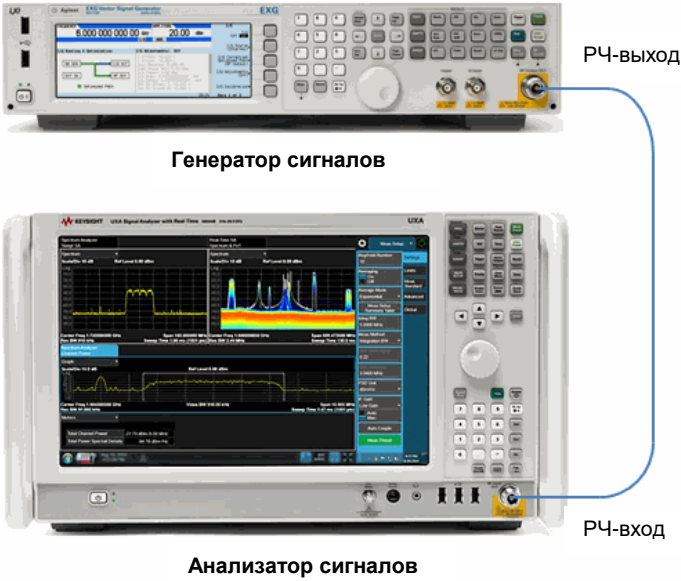


- 10 Выключите маркер. а. Нажмите **Marker, Off** (Маркер, выключить).

Измерения сигналов с одинаковой амплитудой

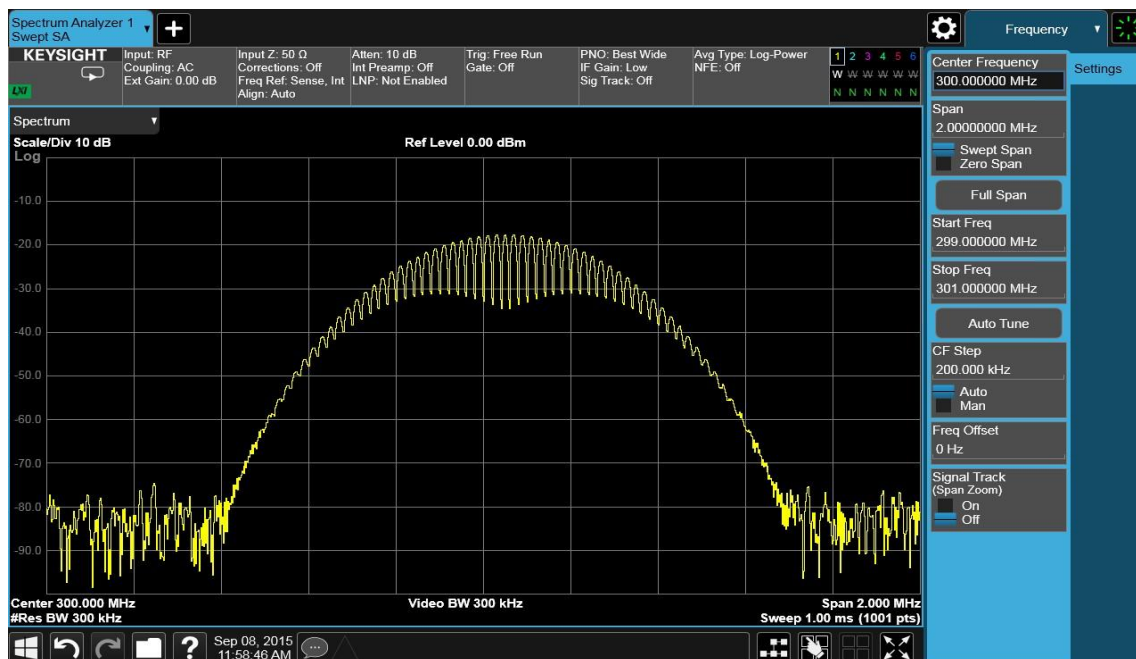
В этой процедуре полоса пропускания фильтра ПЧ и полоса видеофильтра на анализаторе уменьшаются для разделения двух сигналов с одинаковой амплитудой с частотным разделением 100 кГц. Обратите внимание, что окончательно выбранная полоса пропускания фильтра ПЧ (ПП ФПЧ) для того, чтобы сигналы были ясно различимы на экране, имеет ширину, равную частотному разделению сигналов, а полоса видеофильтра (ПВФ) немного уже, чем ПП ФПЧ.

В этой процедуре используется источник сигнала MXG. Можно использовать и любой аналогичный источник сигнала, способный генерировать мультитоновый сигнал.

Шаг	Действие	Примечания
1	Подключите генератор сигналов к РЧ-входу анализатора, как показано на рисунке.	
 <p>Генератор сигналов</p> <p>Анализатор сигналов</p>		
2	<p>Установите источник сигнала на генерацию мультитонового (двухтонового) сигнала.</p> <ul style="list-style-type: none">a. Установите частоту 300,05 МГц.b. Установите амплитуду -20 дБм.c. Нажмите кнопку Mode (Режим) на передней панели и нажмите кнопку Multitone (Мультитоновый).d. Включите мультитоновый режим.e. Нажмите Initialize Table (Инициализировать таблицу).f. Установите Number Of Tones (Количество тонов) равным 2.g. Установите Freq Spacing (Разнесение частот) равным 100 кГц.h. Нажмите Done (Готово).i. Нажмите Apply Multitone (Применить мультитоновый режим).j. Включите РЧ-выход.	Частота второго сигнала на 100 кГц выше, чем у первого, при одинаковой амплитуде.

Шаг	Действие	Примечания	
3	Выполните предварительную настройку анализатора.	а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) .	«Анализатор спектра» и измерение «Спектральный анализ со свипированием». Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение) .
<p>ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».</p>			
4	Установите центральную частоту и диапазон частот.	а. Нажмите клавишу FREQ (Частота) . б. Дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 300 МГц . в. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 2 МГц .	
5	Установите полосу пропускания фильтра ПЧ анализатора.	а. Нажмите клавишу BW (Полоса частот) . б. Дважды коснитесь пункта Res BW (Полоса пропускания фильтра ПЧ) и введите значение 300 кГц .	На экране будет отображаться один пик сигнала. См. Рисунок 2-5 .

Рисунок 2-5. Неразделенные сигналы с одинаковой амплитудой

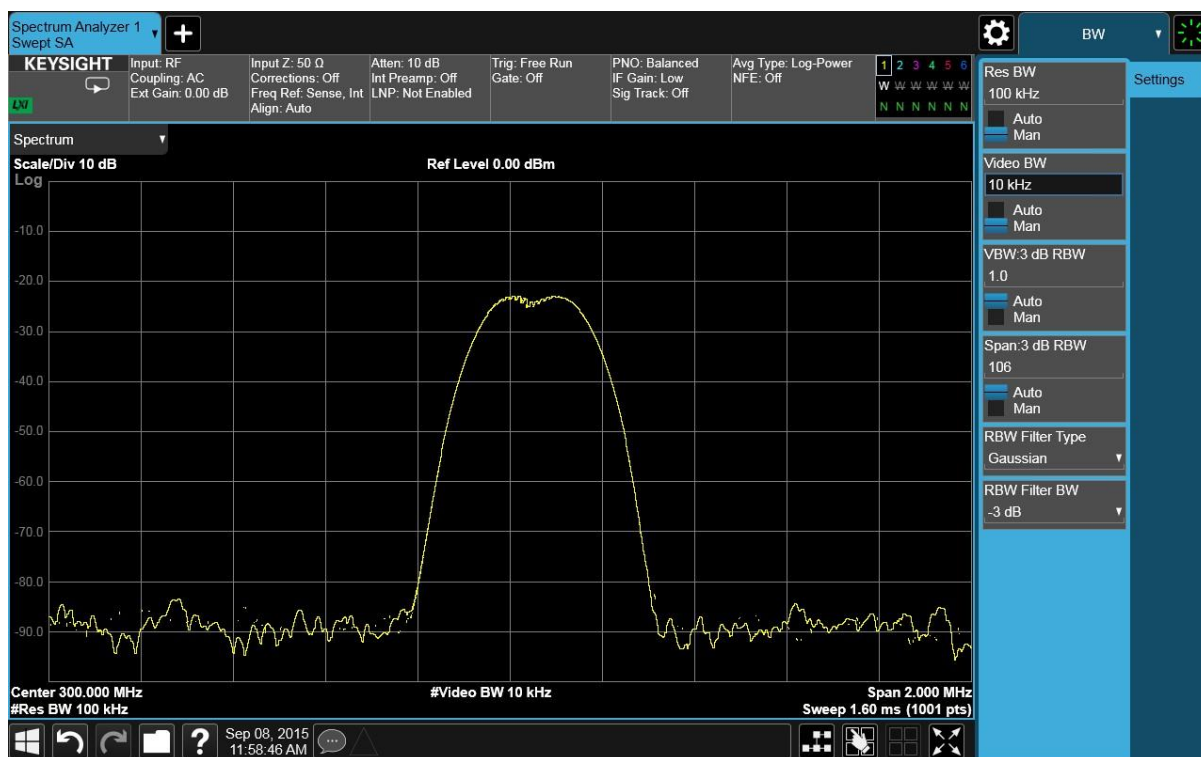


Шаг	Действие	Примечания
6	Измените ПП ФПЧ.	а. Дважды коснитесь пункта Res BW (Полоса пропускания фильтра ПЧ) и введите значение 100 кГц .
7	Уменьшите полосу видеофильтра.	а. Дважды коснитесь пункта Video BW (Полоса видеофильтра) и введите значение 100 кГц .

Ширина ПП ФПЧ меньше или равна частотному разделению двух сигналов.

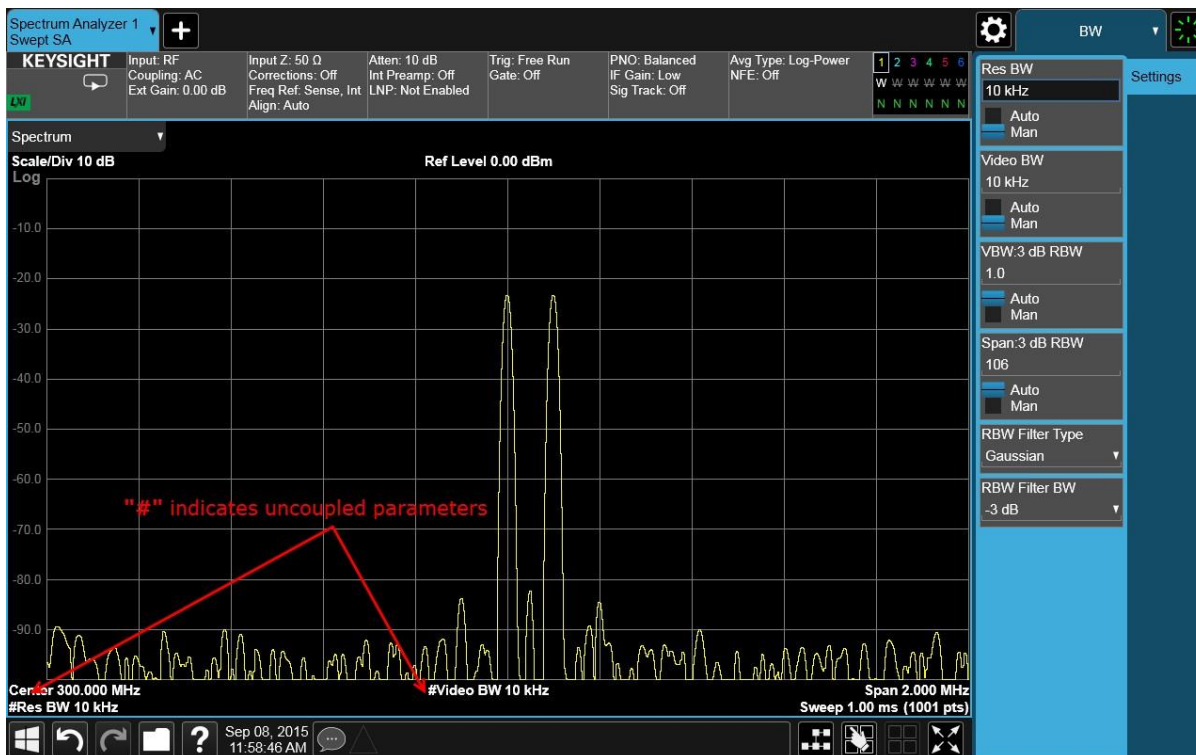
Обратите внимание, что пик сигнала превратился в два пика, разделенных провалом 2,5 дБ. Это означает, что мы можем иметь дело с двумя сигналами. См. [Рисунок 2-6](#).

Рисунок 2-6. Неразделенные сигналы с одинаковой амплитудой



8	Уменьшите ПП ФПЧ.	а. Дважды коснитесь пункта Res BW (Полоса пропускания фильтра ПЧ) и введите значение 10 кГц .	Теперь видны два сигнала — см. Рисунок 2-7 . При необходимости используйте ручку на передней панели или кнопки шага для дальнейшего уменьшения полосы пропускания фильтра ПЧ и лучшего разделения сигналов.
---	-------------------	---	---

Рисунок 2-7. Разделение сигналов с одинаковой амплитудой



При уменьшении полосы пропускания ФПЧ разрешение отдельных сигналов улучшается, а время свипирования увеличивается (для получения более подробной информации см. раздел «Разделение сигналов с малой отстройкой» на странице 195 в главе «Принципы»). Для самых быстрых измерений используйте максимально широкую полосу пропускания фильтра ПЧ. При выборе сброса режима полоса пропускания фильтра ПЧ связана с диапазоном.

Поскольку связанное значение полосы пропускания фильтра ПЧ было изменено, то рядом с обозначением Res BW (полоса пропускания фильтра ПЧ) в левом нижнем углу экрана появляется знак #, указывающий на то, что полоса пропускания фильтра ПЧ была «отвязана» от диапазона. (Для получения дополнительной информации по связыванию см. описание кнопки Auto Couple (Автоматическое связывание) в «Справочнике пользователя и программиста приборов X-серии Keysight Technologies»).

ПРИМЕЧАНИЕ

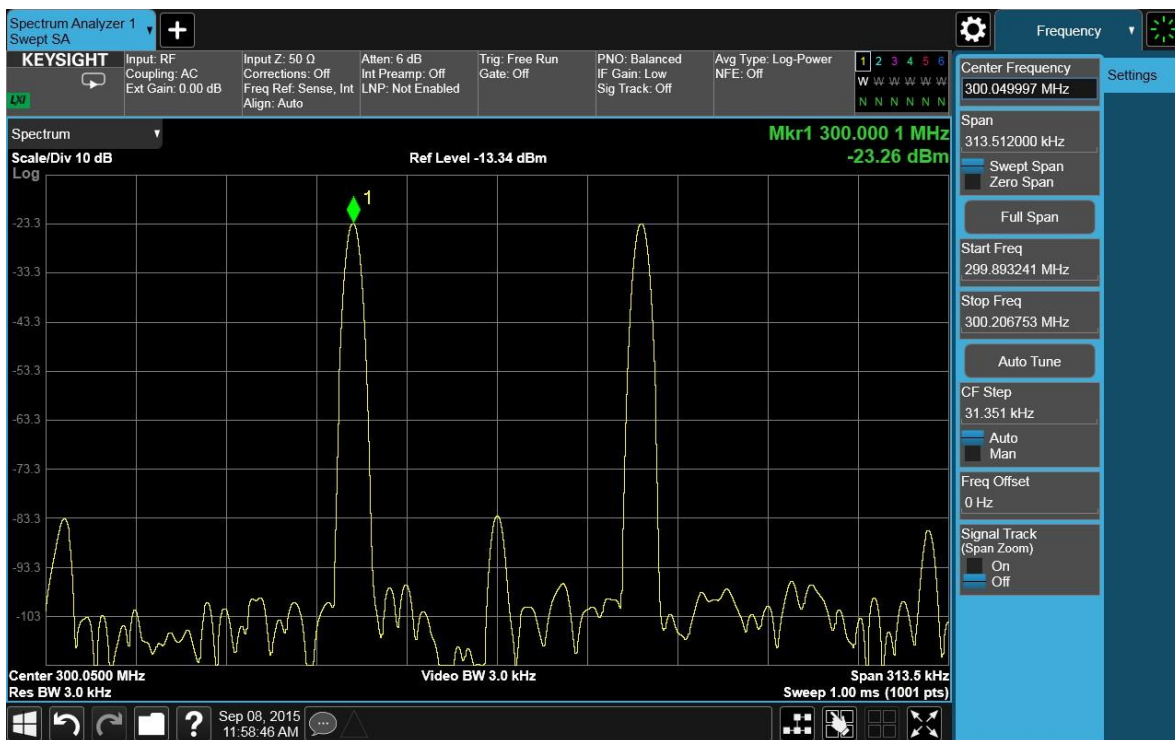
Простой способ разделения двух сигналов с одинаковой амплитудой заключается в использовании функции **Auto Tune** (Автонастройка) следующим образом:

- 1 Нажмите клавишу **Mode Preset** (Сброс режима).
- 2 Коснитесь пункта **Auto Tune** (Автонастройка).

Два сигнала будут полностью разделены, маркер будет помещен на самый высокий пик. См. [Рисунок 2-8](#).

Измерения нескольких сигналов
Измерения сигналов с одинаковой амплитудой


Рисунок 2-8. Разделение сигналов с одинаковой амплитудой



Выделение слабых сигналов на фоне мощных сигналов

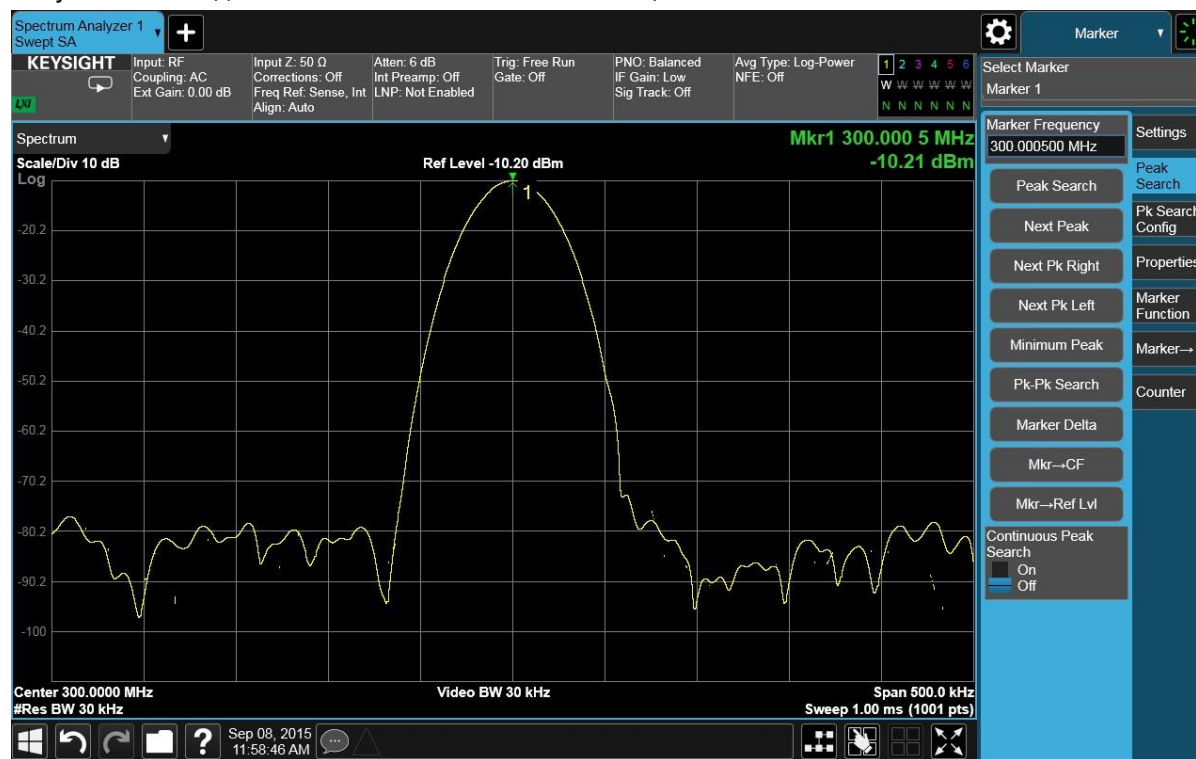
Ниже описана процедура разделения двух входных сигналов с частотным разделением 50 кГц и разностью амплитуды 60 дБ с помощью узких полос разрешения.

В этой процедуре используется генератор сигналов серии MXG. Можно использовать также любой аналогичный генератор сигналов.

Шаг	Действие	Примечания
1	Подключите генератор сигналов к РЧ-входу анализатора, как показано на рисунке.	
		
2	Установите генератор сигнала на генерацию мультитонов (двухтонового) сигнала.	
	a. Установите частоту 300,025 МГц .	Частота второго сигнала на 50 кГц выше, чем у первого сигнала, а уровень на 60 дБ ниже, чем у первого сигнала.
	b. Установите амплитуду -10 дБм .	
	c. Нажмите кнопку Mode (Режим) на передней панели и нажмите кнопку Multitone (Мультитоновый) .	
	d. Включите мультитоновый режим.	
	e. Нажмите Initialize Table (Инициализировать таблицу) .	
	f. Установите Number Of Tones (Количество тонов) равным 2.	
	g. Установите Freq Spacing (Разнесение частот) равным 50 кГц .	
	h. Нажмите Done (Готово) .	
	i. Нажмите Edit Table (Редактировать таблицу) .	
	j. Установите Power of Tone 2 (Мощность тона 2) равной -60 дБ .	

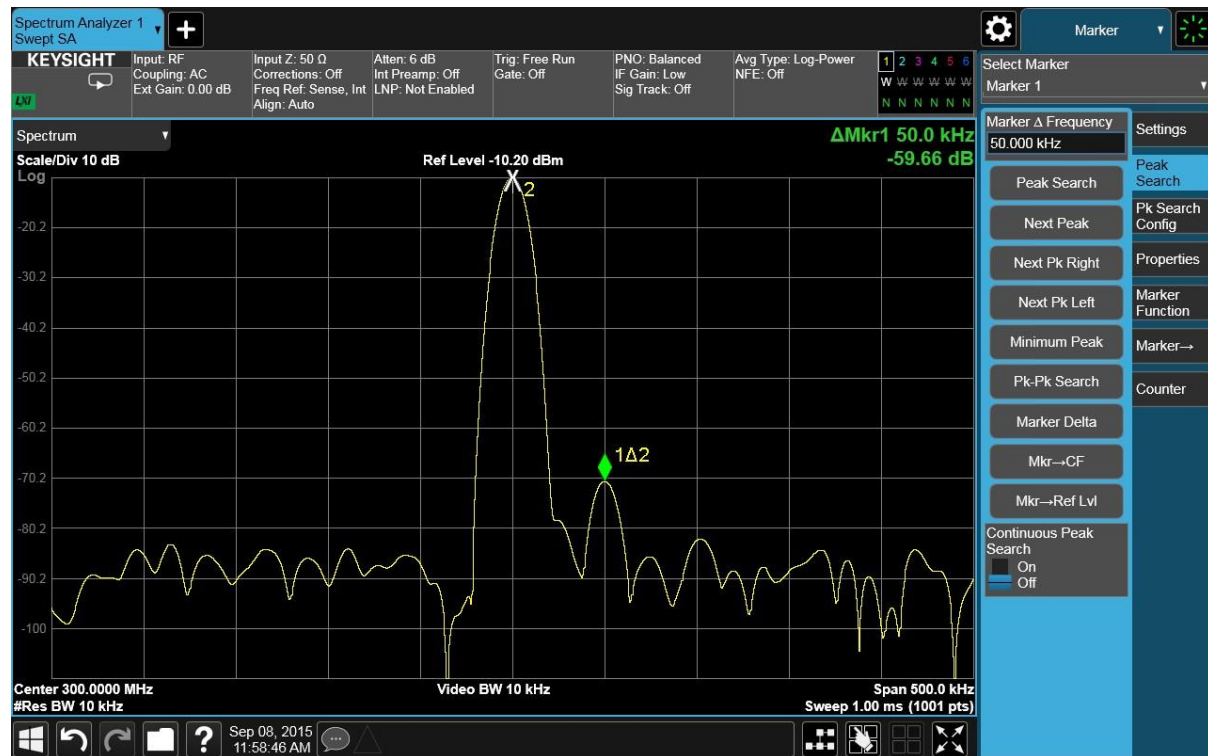
Шаг	Действие	Примечания
	<ul style="list-style-type: none"> k. Нажмите Return (Возврат). l. Нажмите Apply Multitone (Применить мультитоновый режим). 	
3	<p>Выполните предварительную настройку анализатора.</p> <p>Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима).</p>	<p>По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение).</p>
<p>ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».</p>		
4	<p>Установите центральную частоту и диапазон частот.</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу FREQ (Частота). b. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 300 МГц. c. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 500 кГц. 	
5	<p>Установите полосу пропускания фильтра ПЧ анализатора.</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу BW (Полоса частот). b. В панели меню дважды коснитесь пункта Res BW (Полоса пропускания фильтра ПЧ) и введите значение 30 кГц. 	
6	<p>Установите пик сигнала 300 МГц на опорный уровень.</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу Peak Search (Поиск пика) на передней панели или коснитесь панели меню и выберите пункт Peak Search (Поиск пика). b. Коснитесь пункта Mkr->Mkr Ref Lvl (Маркер ->Маркер -> Опорный уровень). 	<p>Фильтр анализатора на 30 кГц имеет коэффициент формы 4,1:1 с полосой пропускания 123 кГц в точке 60 дБ. Половина полосы пропускания, или 61,5 кГц, НЕ уже, чем частотное разделение 50 кГц, поэтому входные сигналы не могут быть выделены. См. Рисунок 2-9.</p>

Рисунок 2-9. Разделение сигналов с ПП ФПЧ 30 кГц



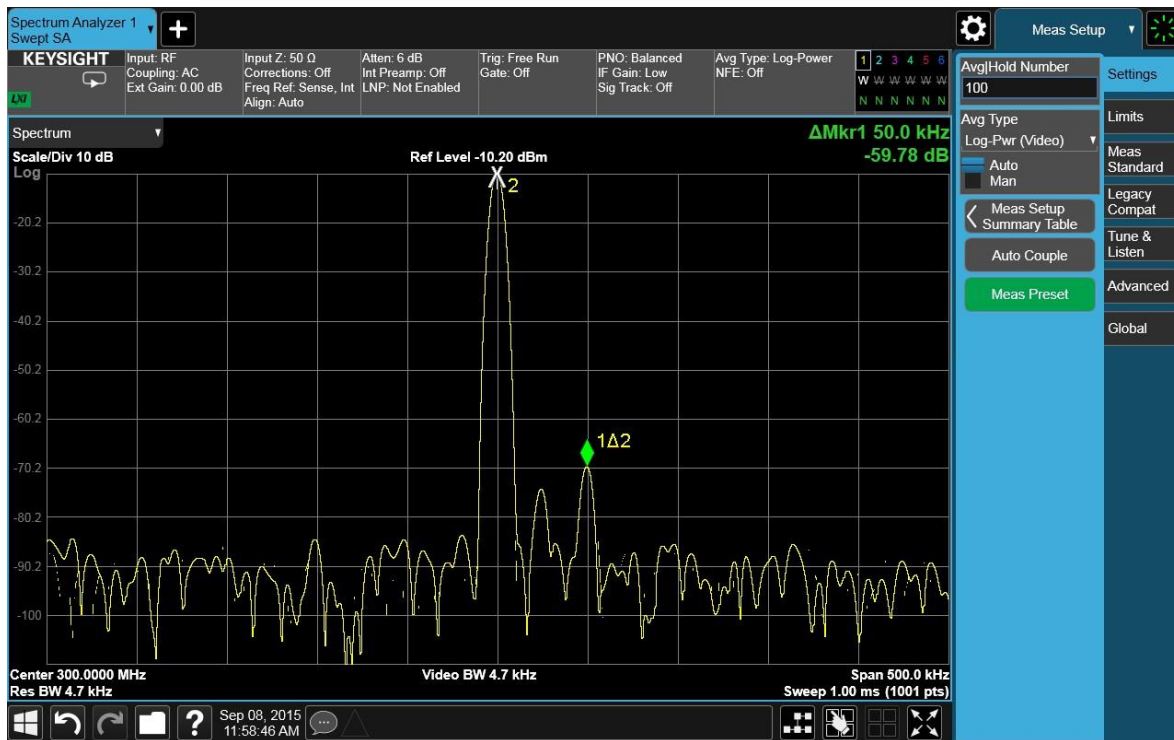
- | | | | |
|---|--|--|---|
| 7 | Уменьшите ПП ФПЧ. | <p>a. Нажмите кнопку BW (Полоса частот).</p> <p>b. В раскрывающемся меню дважды коснитесь пункта Res BW (Полоса пропускания фильтра ПЧ) и введите значение 10 кГц.</p> | Уменьшенная полоса пропускания фильтра ПЧ позволяет увидеть скрытый слабый сигнал. |
| 8 | Поставьте дельта-маркер на меньший сигнал. | <p>a. Нажмите клавишу Peak Search (Поиск пика).</p> <p>b. В раскрывающемся меню коснитесь пункта Marker Delta (Дельта-маркер).</p> <p>c. Коснитесь пункта Marker Δ Frequency (Частота дельта-маркера) и введите значение 50 кГц.</p> | Фильтр анализатора на 10 кГц имеет коэффициент прямоугольности 4,1:1 с полосой частот 4,1 кГц в точке 60 дБ. Половина полосы пропускания, или 20,5 кГц, уже значения 50 кГц, поэтому входные сигналы могут быть разделены. См. Рисунок 2-10 . |

Рисунок 2-10. Разделение сигналов с ПП ФЧ 10 кГц



- ПРИМЕЧАНИЕ** Для обеспечения точного измерения и оптимального динамического диапазона вы можете использовать функцию **Auto Couple (Автоматическое связывание)**:
- Нажмите клавишу **MEAS SETUP (Настройка измерения)**.
 - На панели меню коснитесь пункта **Auto Couple (Автоматическое связывание)**. См. [Рисунок 2-11](#).

Рисунок 2-11. Использование автоматического связывания



Уменьшение полосы обзора при измерении сигнала

Вы можете использовать функцию отслеживания сигнала, чтобы быстро уменьшить полосу обзора, сохраняя сигнал на центральной частоте. Это быстрый способ увеличить масштаб области вокруг сигнала для идентификации ранее не различаемых сигналов.

Ниже описана процедура использования отслеживания сигнала с масштабированием диапазона для просмотра опорного сигнала на 50 МГц в диапазоне 200 кГц.

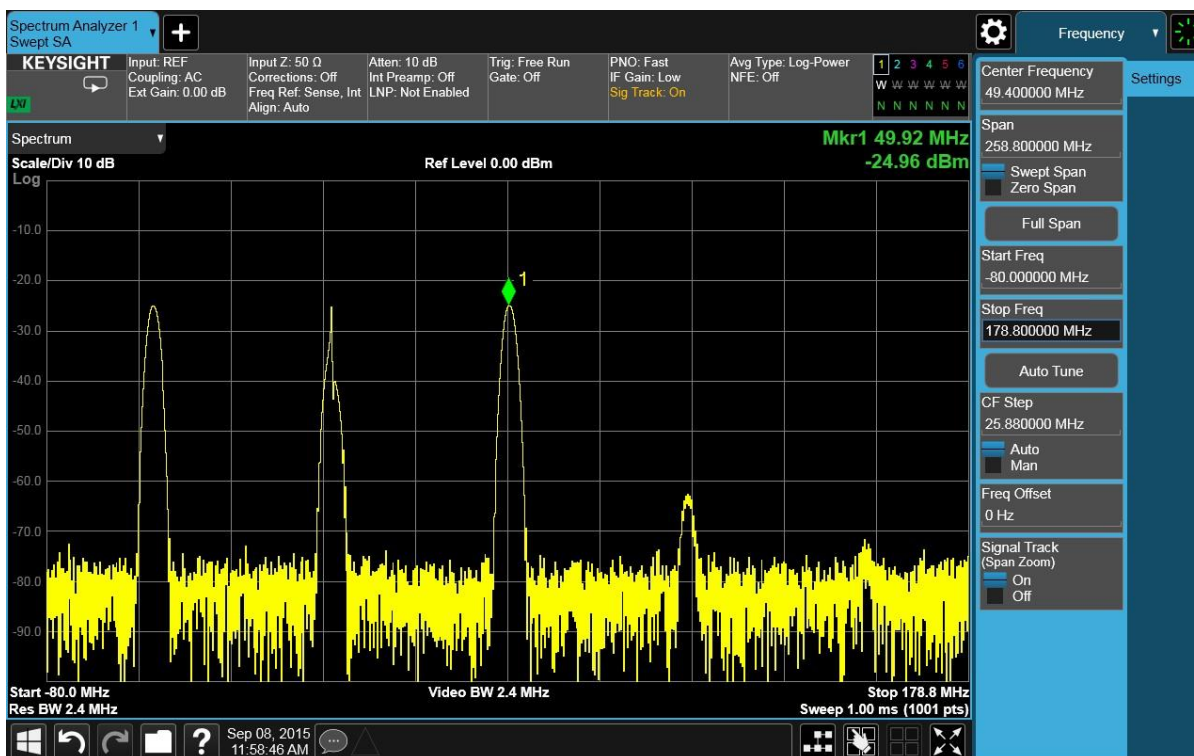
Шаг	Действие	Примечания	
1	Выполните предварительную настройку анализатора.	а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) .	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. При необходимости вы можете проверить (и выбрать) режим, нажав кнопку MODE/MEAS (Режим/измерение) .
ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».			
2	Включите внутренний опорный сигнал анализатора с частотой 50 МГц.	а. Нажмите клавишу Input/Output (Входы и выходы) . б. Коснитесь пункта RF Calibrator (Калибратор РЧ) и выберите значение 50 МГц .	
3	Установите центральную частоту и диапазон частот.	а. Нажмите клавишу FREQ (Частота) . б. В панели меню дважды коснитесь пункта Start Frequency (Начальная частота) и введите значение 20 МГц . в. Дважды коснитесь пункта Stop Frequency (Конечная частота) и введите значение 1 ГГц .	
4	Включите функцию отслеживания сигнала.	а. Коснитесь кнопки отслеживания сигнала с масштабированием диапазона Signal Track / Span Zoom (Отслеживание сигнала / Масштабирование полосы обзора) и включите этот режим (On).	При этом маркер устанавливается на пик, сигнал перемещается в центр экрана и иницируется отслеживание сигнала. См. Рисунок 2-12 .

Шаг

Действие

Примечания

Рисунок 2-12. Отслеживание сигнала включено перед уменьшением диапазона



- 5 Установите калибровочный сигнал на опорный уровень.

 - a. Нажмите **Marker (Маркер)** на передней панели или коснитесь панели меню и выберите пункт **Marker (Маркер)**.
 - b. Выберите вкладку **Mkr-> (Маркер ->)**.
 - c. Коснитесь пункта **Mkr-> Ref Lvl (Маркер -> Опорный уровень)**.

Поскольку функция отслеживания сигнала автоматически поддерживает сигнал в центре экрана, вы можете быстро уменьшить диапазон для более близкого просмотра. Если сигнал исчезает с экрана при уменьшении диапазона, используйте более широкий диапазон частот.
- 6 Уменьшите частотный диапазон и полосу пропускания фильтра ПЧ.

 - a. Нажмите клавишу **FREQ (Частота)**.
 - b. На панели меню дважды коснитесь пункта **Span (Полоса обзора)** и введите значение **200 кГц**.

Если изменение диапазона достаточно велико, диапазон уменьшается по шагам по мере выполнения автоматического масштабирования. Вы также можете использовать ручку на передней панели или клавиши шага для уменьшения диапазона и полосы пропускания фильтра ПЧ.

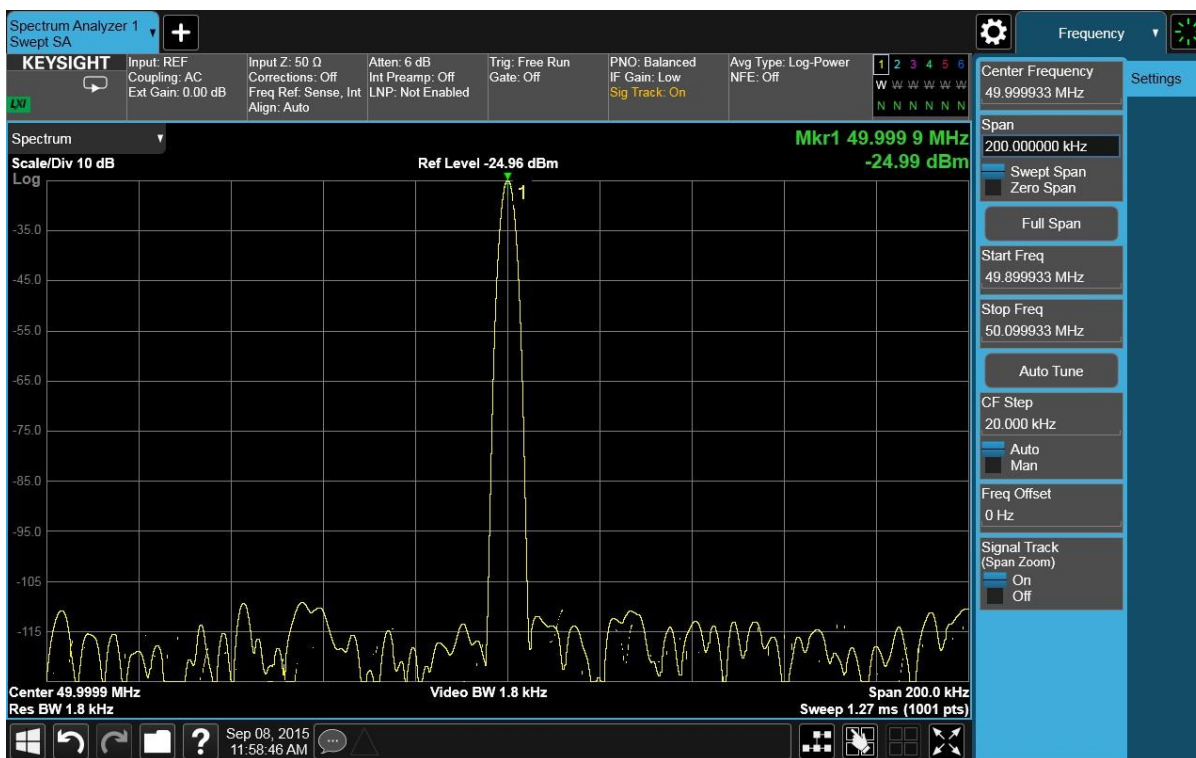
См. [Рисунок 2-13](#).

Шаг

Действие

Примечания

Рисунок 2-13. Отслеживание сигнала после увеличения масштаба



7 Выключите отслеживание сигнала

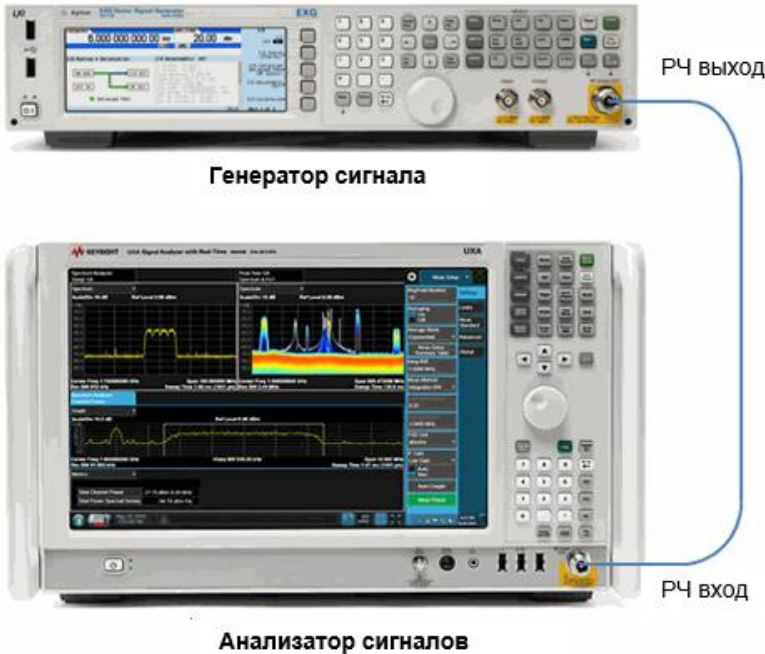
а. Переключите **Signal Track** (**Отслеживание сигнала**) в состояние **Off** (**Выключено**).

Измерения нескольких сигналов
 Измерения мощности модулированных сигналов,
 меняющихся по уровню относительно опорного

Измерения мощности модулированных сигналов, меняющихся по уровню относительно опорного

В этой процедуре описывается, как использовать функцию Delta Band/Interval Power Marker (Дельта-маркер мощности в полосе/на интервале) для измерения и захвата модулированных сигналов опорного устройства или системы устройств и последующего сравнения аналогичных параметров после корректировок и изменений настроек на опорном устройстве или системе.

Для точности измерений с использованием маркера мощности в полосе параметр Average Type (Тип усреднения) в настройках измерения (кнопка Meas Setup) должен быть установлен в положение Auto (Автоматический).

Шаг	Действие	Примечания
1	Выполните предварительную настройку анализатора.	
2	Настройте источник сигнала.	<ul style="list-style-type: none"> a. Настройте сигнал W-CDMA с 4 несущими (со смещением частоты -7,5 МГц, -2,5 МГц, 2,5 МГц, 7,5 МГц). b. Установите частоту источника 1,96 ГГц. c. Установите амплитуду источника -10 дБм.
3	Восстановите стандартные настройки анализатора.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима). <p>По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение).</p>

Измерения нескольких сигналов
Измерения мощности модулированных сигналов,
меняющихся по уровню относительно опорного

Шаг	Действие	Примечания
	ПРИМЕЧАНИЕ	Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».
4	Настройтесь на сигнал W-CDMA.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу FREQ (Частота). b. На панели меню коснитесь пункта Auto Tune (Автонастройка).
5	Установите опорный уровень анализатора.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу AMPTD (АМПЛИТУДА). b. На панели меню дважды коснитесь пункта Ref Level (Опорный уровень) и введите значение 0 дБм.
6	Включите усреднение трассы.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу Trace (Трасса). b. В списке значений Trace Type (Тип трассы) выберите Trace Average (Усреднение трассы).
7	Включите функцию маркера мощности в полосе.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите Marker (Маркер) на передней панели или коснитесь панели меню и выберите пункт Marker (Маркер). b. Выберите вкладку Marker Function (Функция маркера). c. Коснитесь пункта Band Function (Ширина полосы) и выберите Band Power (Мощность в полосе). <p>Это позволяет измерить общую мощность опорного сигнала W-CDMA с 4 несущими.</p>
8	Центрируйте частоту маркера мощности в полосе/ на интервале.	<ul style="list-style-type: none"> a. Дважды коснитесь пункта Marker Frequency (Частота маркера) и введите значение 1,96 ГГц. <p>Маркер будет установлен на огибающую опорного сигнала с 4 несущими.</p>
9	Отрегулируйте ширину (или диапазон) маркера мощности в полосе/ на интервале.	<ul style="list-style-type: none"> a. Дважды коснитесь пункта Band Span (Ширина полосы) и введите значение 20 МГц. <p>Это позволяет охватить весь опорный сигнал W-CDMA с 4 несущими. См. Рисунок 2-14. Обратите внимание на зеленые вертикальные линии маркера 1, выделяющие диапазон сигналов, включенных в измерение Band/Interval Power (Мощность в полосе/ на интервале), и на мощность несущей, указанную в блоке результатов маркера.</p>

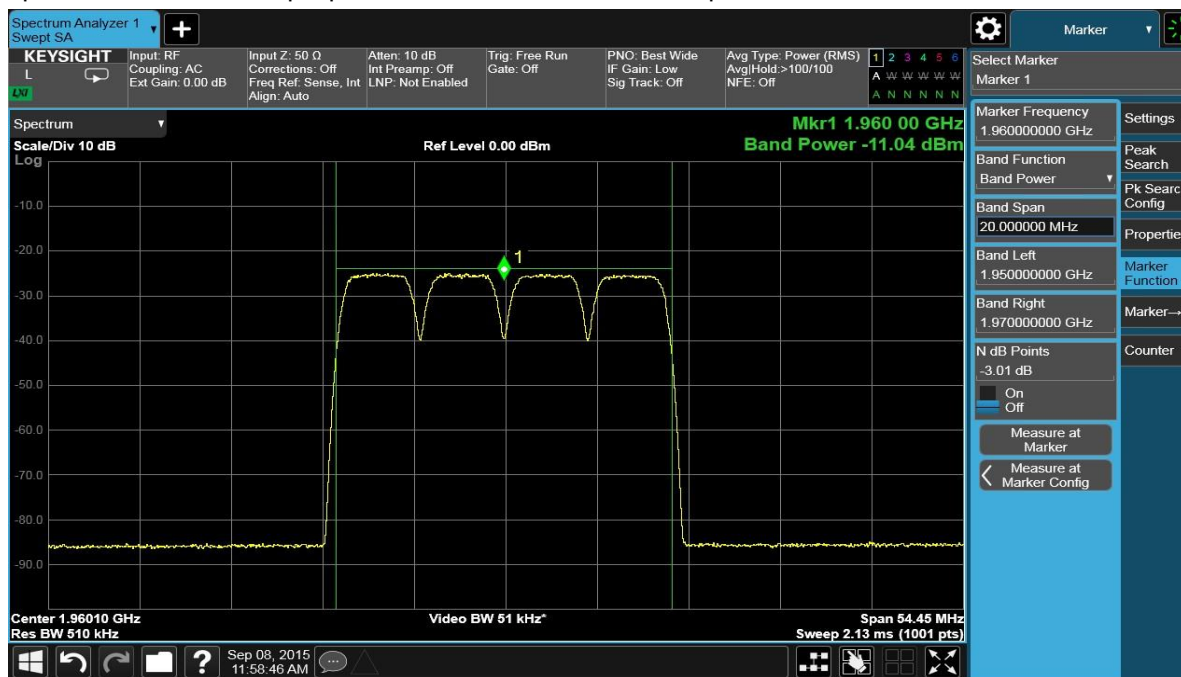
Измерения нескольких сигналов
Измерения мощности модулированных сигналов,
меняющихся по уровню относительно опорного

Шаг

Действие

Примечания

Рисунок 2-14. Измеренная мощность опорного сигнала W-CDMA с 4 несущими при использовании маркера мощности в полосе/на интервале



- | | | |
|--|--|---|
| <p>10 Включите функцию Delta Band Power Marker (Дельта-маркер мощности в полосе).</p> | <p>a. Выберите вкладку Settings (Настройки).</p> <p>b. В списке значений Marker Mode (Режим маркера) выберите Delta (Дельта).</p> | <p>В результате опорный маркер мощности в полосе изменяется на фиксированное значение мощности (маркированное X2) и инициируется второй маркер мощности в полосе (маркированный 1Δ2), что позволяет измерять любые изменения уровней мощности по сравнению с опорным маркером мощности в полосе X2.</p> |
| <p>11 Эмулируйте изменения уровня мощности в результате коррекции либо иного изменения опорного или другого ИУ, понижая мощность источника сигнала.</p> | <p>a. Установите амплитуду источника -20 дБм.</p> | <p>Обратите внимание на значение маркера мощности дельта-диапазона, отображаемое в блоке результатов маркера, которое показывает разницу 10 дБ между мощностью модулированного опорного сигнала и сигналом с измененным уровнем.</p> <p>См. Рисунок 2-15.</p> |

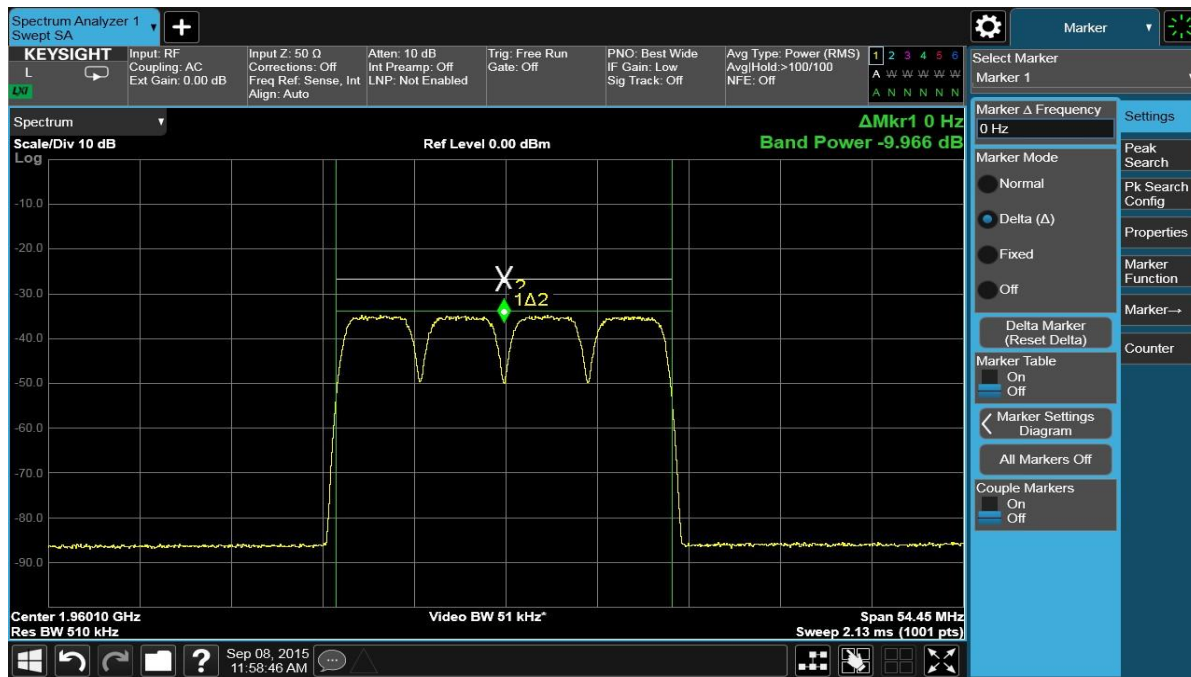
Измерения нескольких сигналов
Измерения мощности модулированных сигналов,
меняющихся по уровню относительно опорного

Шаг

Действие

Примечания

Рисунок 2-15. Дельта-маркер мощности в полосе, отображающий более низкий уровень мощности сигнала по сравнению с опорным



3 Измерения сигналов низкого уровня

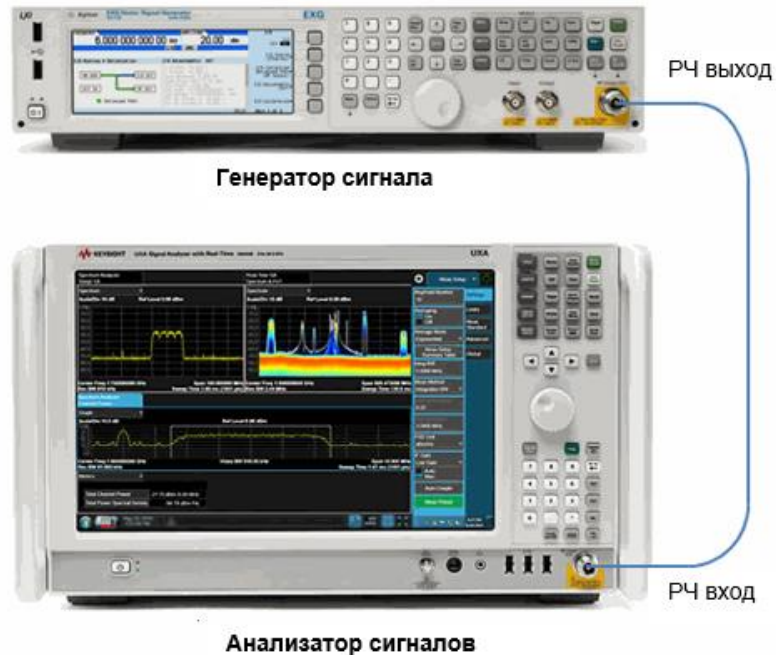
Уменьшение ослабления входного аттенюатора

Измерение сигналов малой мощности может быть затруднительным из-за внутренних шумов анализатора сигналов. Есть несколько способов улучшить отображение сигналов низкого уровня, меняя настройки измерений. Входной аттенюатор анализатора снижает уровень сигнала, проходящего через прибор. Если уровень сигнала очень близок к уровню собственного шума, ослабление входного аттенюатора может помочь выделить сигнал из шума.

ВНИМАНИЕ!

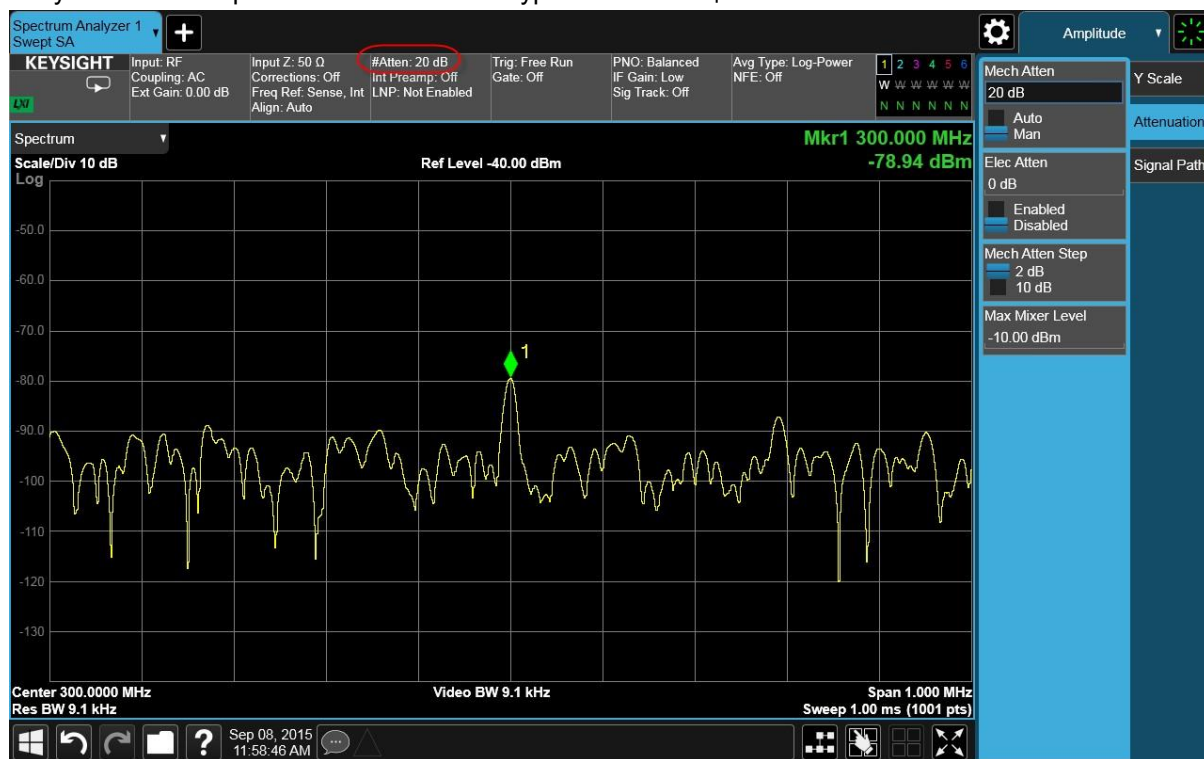
Убедитесь, что суммарная мощность всех входных сигналов на РЧ-входе анализатора не превышает +30 дБм (1 Вт).

Шаг	Действие	Примечания
1	Настройте генератор сигналов. а. Установите частоту 300 МГц . б. Установите амплитуду -80 дБм .	
2	Подключите РЧ-выход источника к РЧ-входу анализатора, как показано на рисунке ниже.	



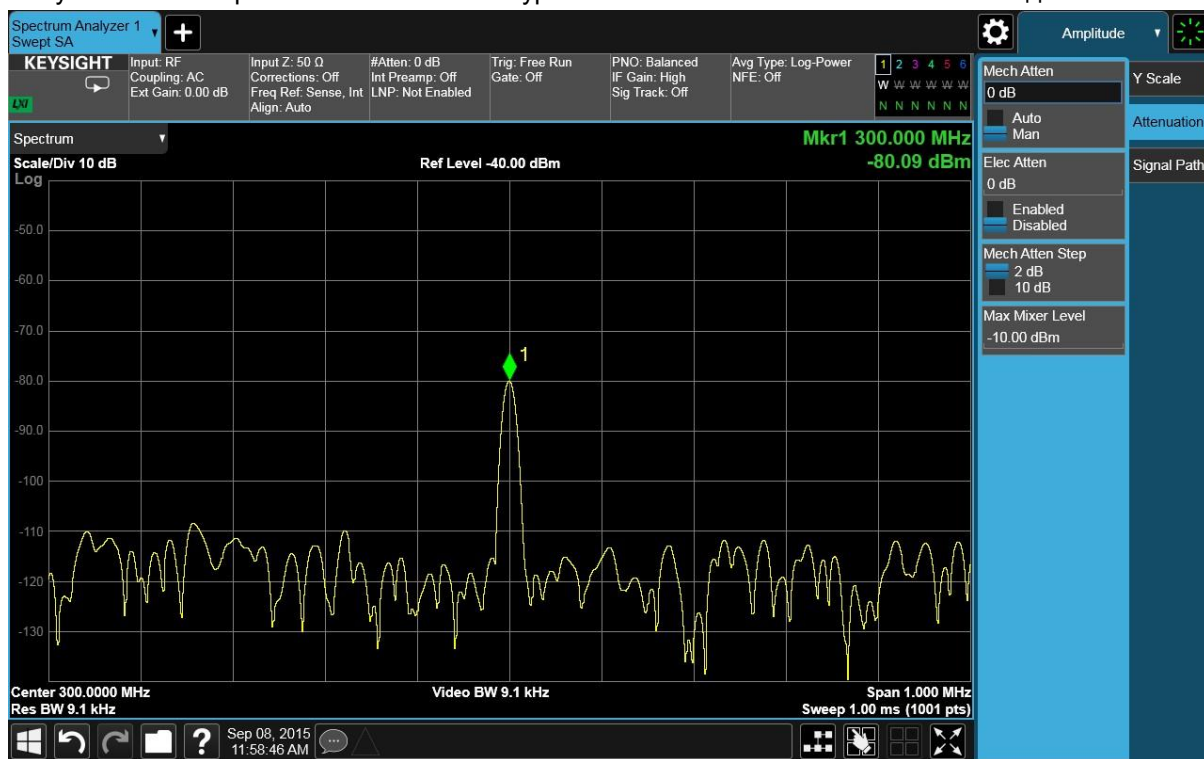
Шаг	Действие	Примечания
3	Выполните предварительную настройку анализатора.	а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) . По умолчанию анализатор использует режим «Анализатор спектра» и измерение «Спектральный анализ со можете проверить или режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение).
ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».		
4	Установите центральную частоту и диапазон частот.	а. Нажмите клавишу FREQ (Частота) . б. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 300 МГц . с. Дважды нажмите Span (Полоса обзора) и введите 5 МГц .
5	Установите опорный уровень анализатора.	а. Нажмите клавишу AMPTD (АМПЛИТУДА) . б. В панели меню дважды коснитесь пункта Ref Level (Опорный уровень) и введите значение -40 дБм .
6	Переместите пиковое значение в центр экрана.	а. Нажмите клавишу Peak Search (Поиск пика) на передней панели или коснитесь панели меню и выберите пункт Peak Search (Поиск пика) . б. В панели меню коснитесь пункта Mkr -> CF .
7	Уменьшите диапазон.	а. Нажмите кнопку FREQ (Частота) . б. В панели меню дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 1 МГц . При необходимости повторно установите пиковое значение в центр.
8	Настройте ослабление аттенюатора.	а. Нажмите кнопку AMPTD (Амплитуда) . б. В панели меню коснитесь пункта Attenuation (Ослабление) (Локальные ресурсы) . с. Дважды коснитесь пункта Mech Atten (Ослабление механического аттенюатора) и введите значение 20 дБ . Увеличение аттенюации снижает уровень сигнала и сдвигает его ближе к уровню собственного шума. Рядом с обозначением Atten (Ослабление) в левом нижнем углу экрана появляется метка #, указывая на то, что ослабление больше не связано с другими настройками анализатора. См. Рисунок 3-1 .

Рисунок 3-1. Измерения сигнала низкого уровня с помощью механического ослабления



- 9 Измените ослабление, чтобы более четко увидеть сигнал.
 - а. Дважды коснитесь пункта **Mech Atten (Ослабление механического аттенюатора)** и введите значение **0 дБ**.

Рисунок 3-2. Измерения сигнала низкого уровня с использованием ослабления 0 дБ



- 10 Увеличьте значение ослабления для защиты РЧ-входа анализатора. а. Коснитесь пункта **Mech Atten (Ослабление механического аттенюатора)** и включите режим **Auto (Автоматический)**.

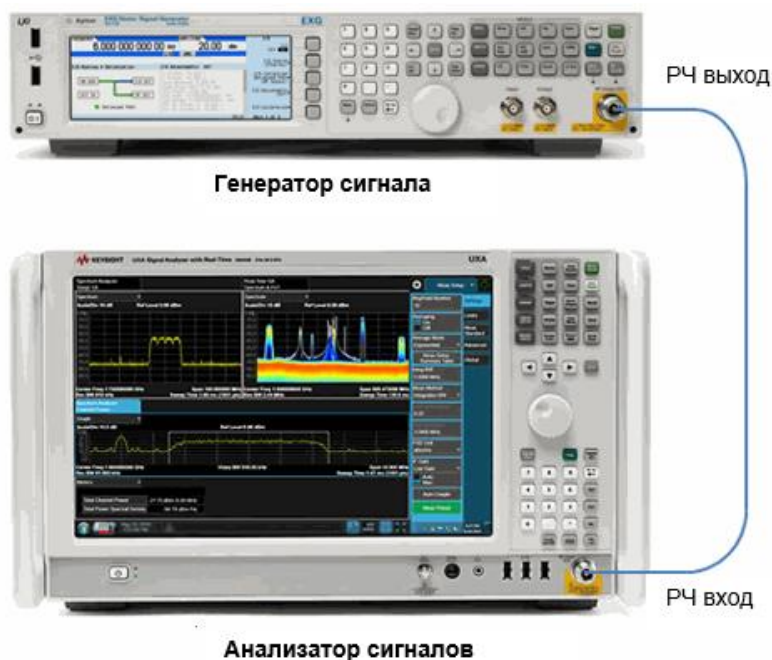
ВНИМАНИЕ!

По завершении работы увеличьте значение ослабления для защиты РЧ-входа анализатора.

Уменьшение полосы пропускания фильтра ПЧ

Настройки полосы пропускания фильтра ПЧ влияют на отображаемый уровень внутреннего шума, не влияя на амплитуду непрерывных сигналов (CW).
Уменьшение ПП ФПЧ в 10 раз снижает уровень шума на 10 дБ.

Шаг	Действие	Примечания
1	Настройте генератор сигналов. а. Установите частоту 300 МГц . б. Установите амплитуду -80 дБм .	
2	Подключите РЧ-выход источника к РЧ-входу анализатора, как показано на рисунке ниже.	



3	Выполните предварительную настройку анализатора.	а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) .	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. При необходимости вы можете проверить (и выбрать) режим, нажав кнопку MODE/MEAS (Режим/измерение) .
---	--	--	---

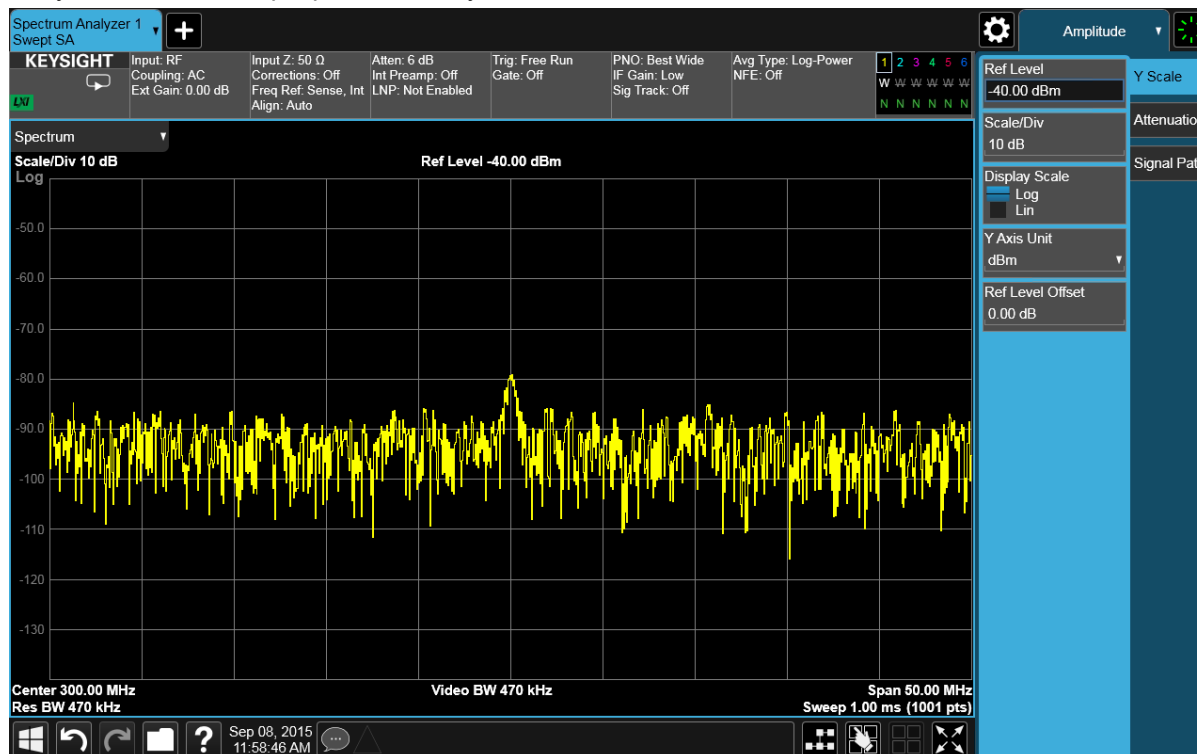
ПРИМЕЧАНИЕ

Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».

4	Установите центральную частоту и диапазон частот.	а. Нажмите клавишу FREQ (Частота) . б. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 300 МГц . с. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 50 МГц .	
---	---	---	--

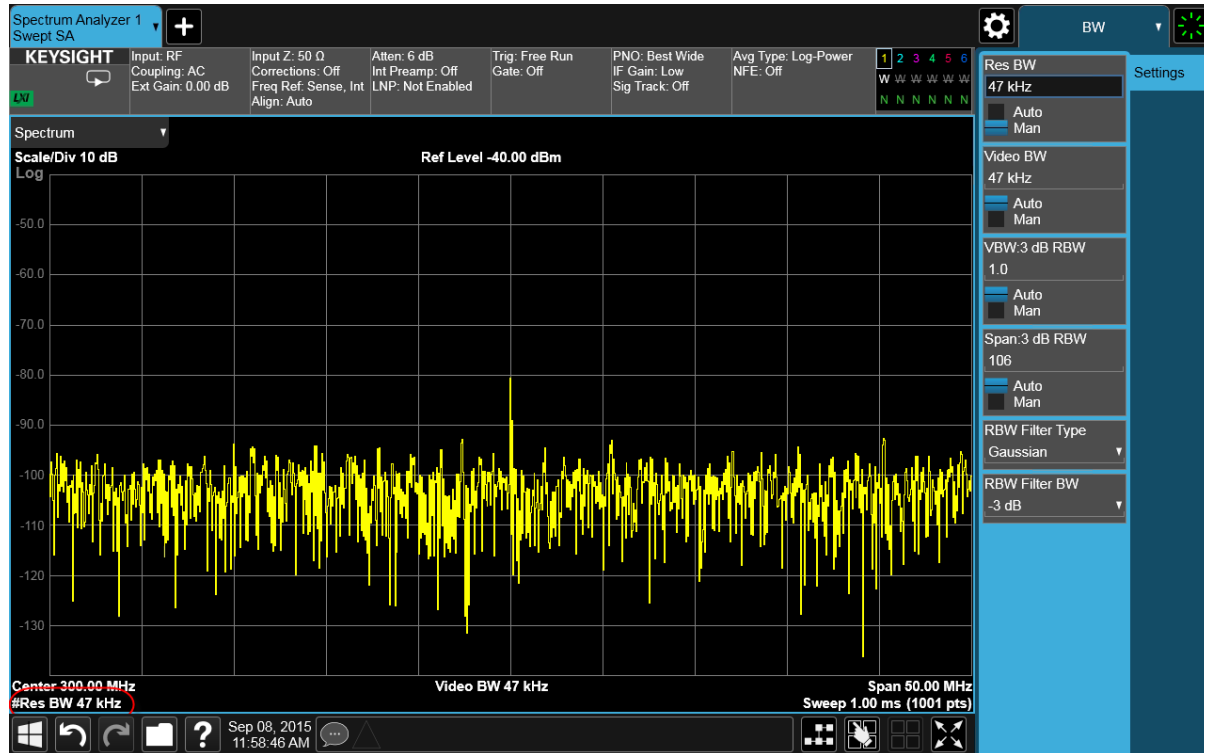
Шаг	Действие	Примечания
5	Установите опорный уровень анализатора.	a. Нажмите клавишу AMPTD (Амплитуда) . b. В панели меню дважды коснитесь пункта Ref Level (Опорный уровень) и введите значение -40 дБм

Рисунок 3-3. Полоса разрешения по умолчанию



Шаг	Действие	Примечания
6	<p>Уменьшите ПП ФПЧ.</p> <p>a. Нажмите кнопку BW (Полоса частот).</p> <p>b. В панели меню дважды коснитесь пункта Res BW (полоса пропускания фильтра ПЧ) и введите значение 47 кГц.</p>	<p>Сигнал низкого уровня выглядит более четко, поскольку отображаемый уровень шума снижен. См. Рисунок 3-4.</p>

Рисунок 3-4. Уменьшение полосы пропускания фильтра ПЧ



Рядом с обозначением Res BW (Полоса пропускания ФПЧ) в левом нижнем углу экрана появляется метка #, указывая на то, что полоса пропускания больше не связана с другими настройками анализатора.


Выбор ПП ФПЧ

С помощью кнопок шага (стрелки вверх и вниз) можно изменять ПП ФПЧ в последовательности 1–3–10.

Все ПП ФПЧ анализатора сигналов являются цифровыми и имеют коэффициент прямоугольности 4,1:1. Выбор следующего более низкого значения ПП ФПЧ (в последовательности 1–3–10) для улучшения чувствительности увеличивает время свипирования примерно в 10 раз для измерений со свипированием и в 3 раза для измерений БПФ (в пределах ПП ФПЧ). Используя ручку или клавиатуру, можно выбрать ПП ФПЧ от 1 Гц до 3 МГц с шагом приблизительно 10 %, а также значения 4, 5, 6 и 8 МГц.

Использование детектора средних значений с увеличением времени свипирования

Если шум анализатора маскирует сигналы низкого уровня, выбор детектора средних значений и увеличение времени свипирования сглаживает шум и улучшает видимость сигнала. Увеличение времени свипирования увеличивает усреднение, а, следовательно, усиливает эффект сглаживания шума.

Шаг	Действие	Примечания
1	Настройте генератор сигналов. а. Установите частоту 300 МГц . б. Установите амплитуду -80 дБм .	
2	Подключите РЧ-выход источника к РЧ-входу анализатора, как показано на рисунке ниже.	
 <p style="text-align: center;">Генератор сигнала</p> <p style="text-align: center;">Анализатор сигналов</p>		
3	Выполните предварительную настройку анализатора. а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) .	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. При необходимости вы (и выбрать) режим, нажав кнопку MODE/MEAS (Режим/измерение) .

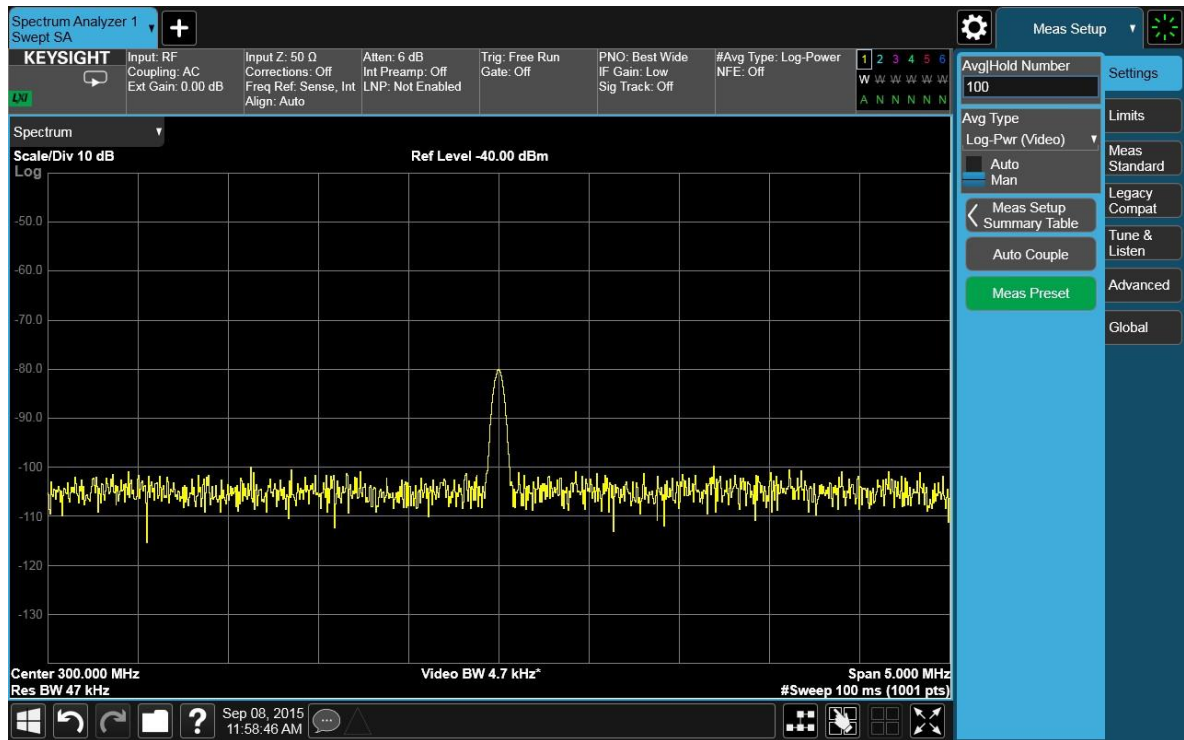
ПРИМЕЧАНИЕ

Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».

Шаг	Действие	Примечания
4	Установите центральную частоту и диапазон частот.	<p>a. Нажмите клавишу FREQ (Частота).</p> <p>b. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 300 МГц.</p> <p>c. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 5 МГц.</p>
5	Установите опорный уровень анализатора.	<p>a. Нажмите клавишу AMPTD (Амплитуда).</p> <p>b. В панели меню дважды коснитесь пункта Ref Level (Опорный уровень) и введите значение -40 дБм.</p> <p>Цифра 1 (индикатор трассы 1) в панели трасс/детекторов в правом верхнем углу дисплея меняется с зеленой на белую, указывая, что детектор был выбран вручную. Кроме того, буква в строке Det (Детектор) изменяется на «А», указывая на то, что был выбран детектор средних значений. См. Рисунок 3-5</p>
6	Выберите детектор средних значений.	<p>a. Нажмите клавишу Trace (Трасса).</p> <p>b. В панели меню коснитесь пункта Detector (Детектор).</p> <p>c. В списке значений Detector (Детектор) выберите Average (Log/RMS/V) (Усреднение (лог./ср. кв./В)).</p>
7	Установите время свипирования.	<p>a. Нажмите клавишу SWEEP (Свипирование).</p> <p>b. В панели меню дважды коснитесь пункта Sweep Time (Время свипирования) и введите значение 100 мс.</p> <p>Вы увеличили время свипирования. Это уменьшает шум, поскольку обеспечивается больше времени для усреднения значений каждой из отображаемых точек данных.</p>
8	Измените тип усреднения на логарифмический.	<p>a. Нажмите клавишу MEAS SETUP (Настройка измерения).</p> <p>b. В панели меню коснитесь Average Type (тип усреднения) и выберите Log-Pwr (Video) (Лог. мощн. (Видео)).</p> <p>Обратите внимание, как падает уровень шума.</p>

Шаг **Действие** **Примечания**

Рисунок 3-5. Изменение времени свипирования с помощью детектора средних значений

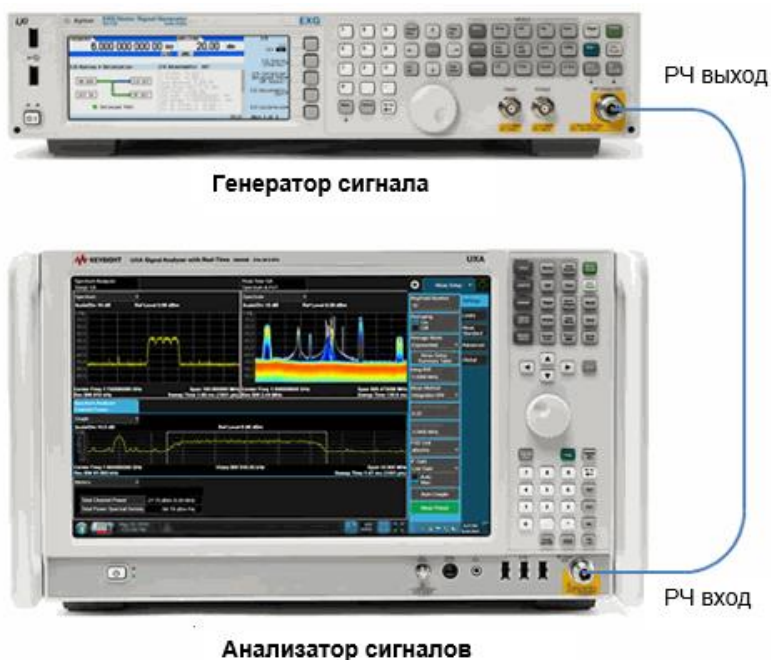


Усреднение трассы

Усреднение представляет собой цифровой процесс, в котором каждая точка трассы усредняется с предыдущим средним значением для этой же точки трассы. Когда анализатор находится в режиме автоматических настроек. Выбор усреднения изменяет режим работы детектора с нормального на режим детектора выборки. В режиме детектора выборки амплитуда сигнала может измеряться не так точно, как в нормальном режиме, поскольку истинный пик может остаться не найденным.

ПРИМЕЧАНИЕ Это функция обработки трасс. Ее использование не равноценно использованию детектора средних значений (см. с. 60).

Шаг	Действие	Примечания
1	Настройте генератор сигналов. а. Установите частоту 300 МГц . б. Установите амплитуду -80 дБм .	
2	Подключите РЧ-выход источника к РЧ-входу анализатора, как показано на рисунке ниже.	

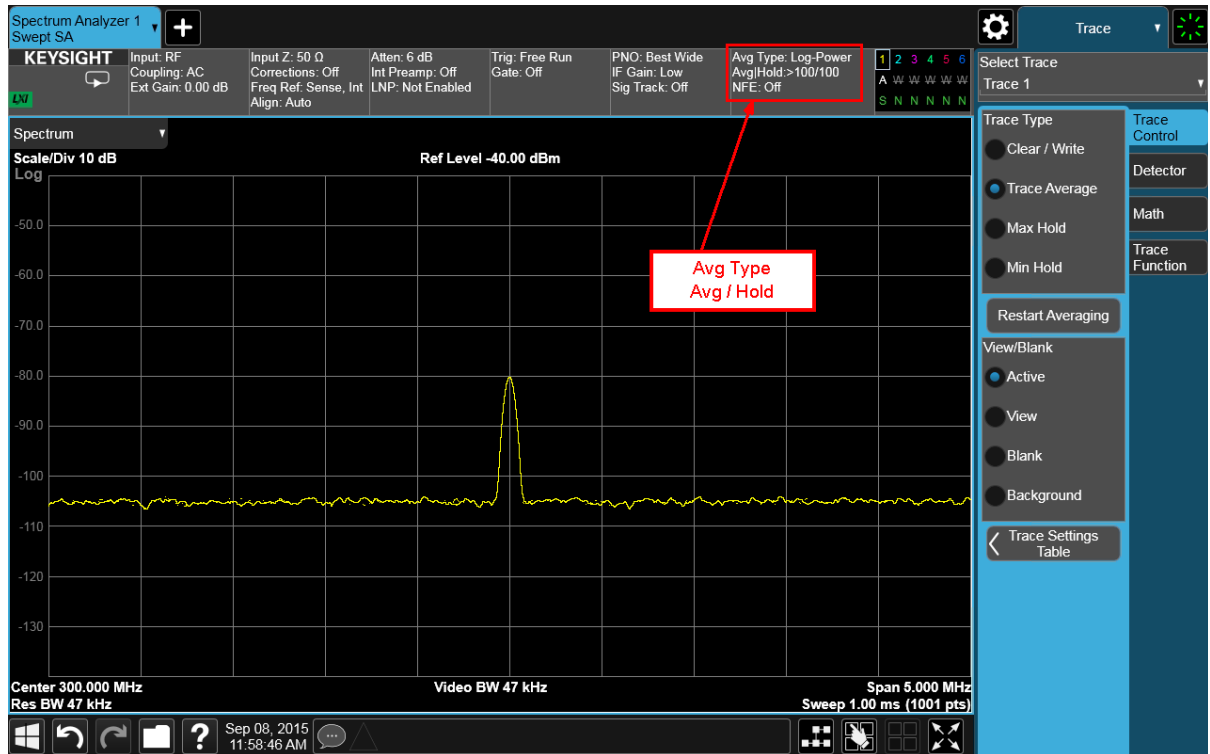


3	Выполните предварительную настройку анализатора. а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) .	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. При необходимости вы (и выбрать) режим, нажав кнопку MODE/MEAS (Режим/измерение) .
---	--	--

ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».

Шаг	Действие	Примечания
4	Установите центральную частоту и диапазон частот.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу FREQ (Частота). b. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 300 МГц. c. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 5 МГц.
5	Установите опорный уровень анализатора.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу AMPTD (Амплитуда). b. На панели меню дважды коснитесь пункта Ref Level (Опорный уровень) и введите значение 40 дБм.
6	Включите усреднение.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите кнопку Trace (Трасса). b. В панели меню выберите Trace Average (Усреднение трассы). <p>Усреднение трассы сглаживает трассу, делая сигналы низкого уровня более заметными. В строке измерения в верхней части экрана появится надпись «Avg Hold: > 100» (Усреднение/удержание > 100). См. Рисунок 3-6. Справа над сеткой в строке измерения показан тип усреднения — Log-Power (Логарифмическое). Кроме того, количество усредненных значений указывается на кнопке Average/Hold Number (Количество усредненных/удержанных).</p>
7	Установите количество усреднений.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу MEAS SETUP (Настройка измерения). b. В панели меню дважды коснитесь пункта Average/Hold Number (Количество усредненных/удержанных) и введите количество, нужное для вашего испытания.

Рисунок 3-6. Усреднение трассы



Изменение наиболее активных функций перезапускает усреднение, как и при нажатии кнопки **Restart** (Перезапуск). После того, как будет выполнено заданное количество разверток, анализатор продолжает усреднение на основе значения этого параметра.

ПРИМЕЧАНИЕ

Чтобы остановить измерения после определенного количества свипирований, используйте одиночное свипирование: Нажмите **Single (Одиночный)**, затем нажмите кнопку **Restart (Перезапуск)** на передней панели.

4 Улучшение разрешения по частоте и точности измерения

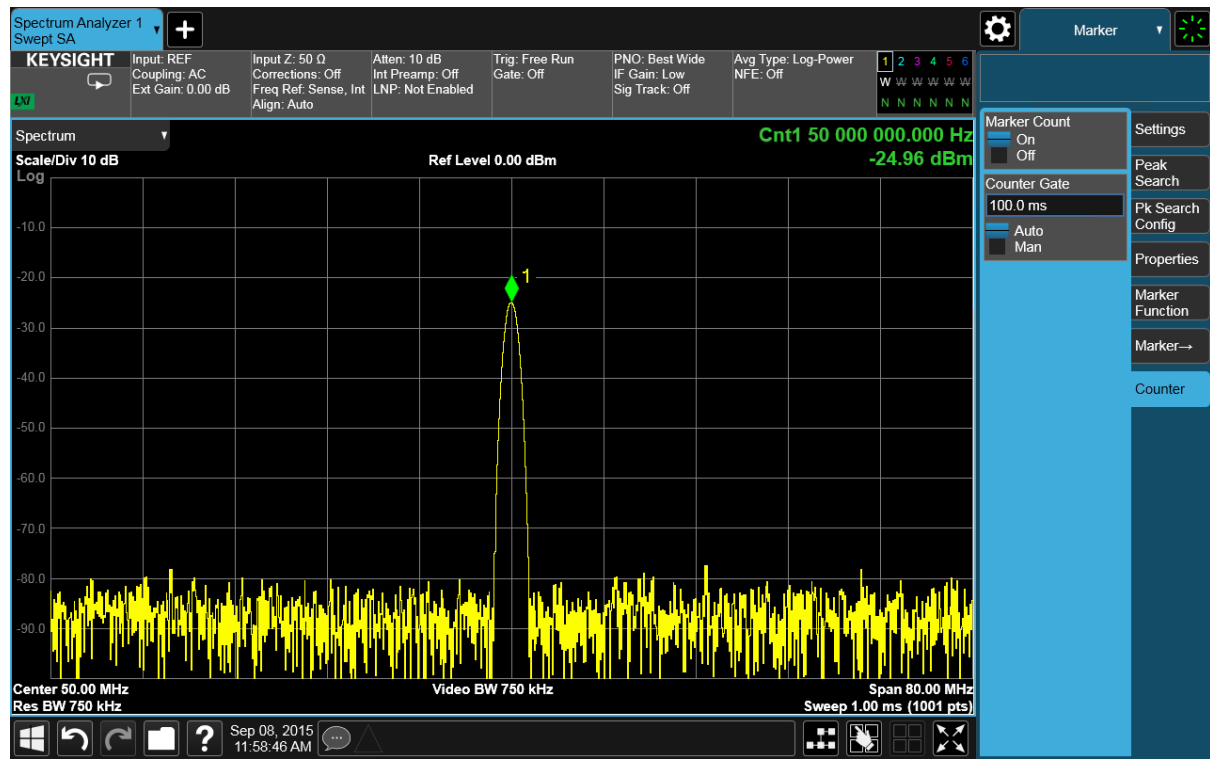
Использование частотомера для улучшения разрешения по частоте и точности измерения

Ниже описана процедура использования внутреннего счетчика частоты анализатора сигналов для увеличения разрешения и точности измерения частоты.

Шаг	Действие	Примечания	
1	Выполните предварительную настройку анализатора.	а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) .	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. При необходимости вы можете проверить (и выбрать) режим, нажав кнопку MODE/MEAS (Режим/измерение).
ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».			
2	Включите внутренний опорный сигнал.	а. Нажмите клавишу Input/Output (Входы и выходы) . б. В панели меню коснитесь RF Calibrator (Калибратор РЧ) и выберите 50 МГц .	
3	Установите центральную частоту и диапазон частот.	а. Нажмите клавишу FREQ (Частота) . б. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 50 МГц . в. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите 80 МГц .	

Шаг	Действие	Примечания
4	Включите счетчик частоты. а. Нажмите Marker (Маркер) на передней панели или коснитесь панели меню и выберите пункт Marker (Маркер) . б. Выберите вкладку Counter (Частотомер) . в. Переключите Marker Count (Счетчик маркера) в положение On (Вкл.) .	Счетчик маркера остается включенным до тех пор, пока не будет выключен.

Рисунок 4-1. Использование счетчика маркера



5	Отключите частотомер. а. Переключите Marker Count (Счетчик маркера) в положение Off (Выкл.) или откройте вкладку Settings (Настройки) и коснитесь пункта All Markers Off (Отключить все маркеры) .	
---	---	--

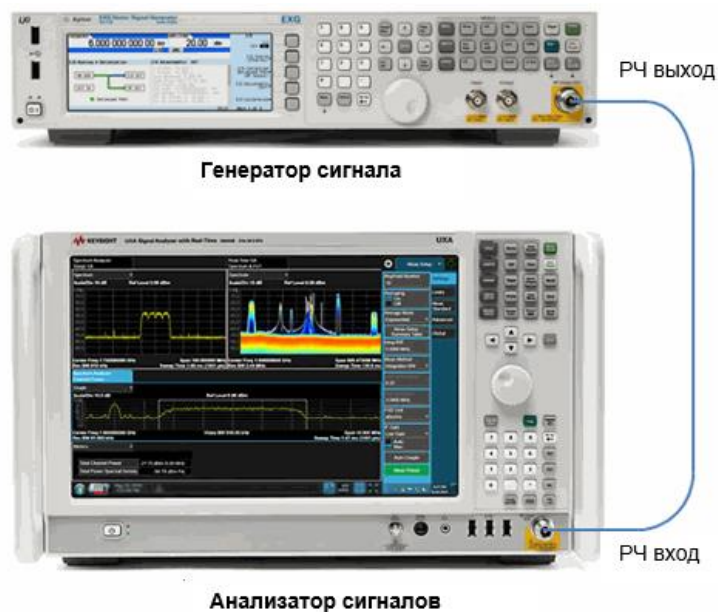
5 Отслеживание сигналов с дрейфом частоты

Измерения дрейфа частоты источника

Анализатор может измерять показатели краткосрочной и долгосрочной стабильности источника. Можно отобразить и удерживать максимальную амплитуду и дрейф частот входного сигнала, используя функцию удержания максимальных значений. Эту функцию также можно использовать, если необходимо определить, какую часть частотного спектра занимает сигнал.

Ниже описана процедура центровки дрейфующего сигнала на экране с помощью отслеживания. Дрейф сигнала захватывается анализатором с использованием режима удержания максимальных значений.

Шаг	Действие	Примечания
1	Настройте генератор сигналов. а. Установите частоту выхода 300 МГц . б. Установите амплитуду выхода -20 дБм .	
2	Подключите РЧ-выход источника к РЧ-входу анализатора, как показано на рисунке.	

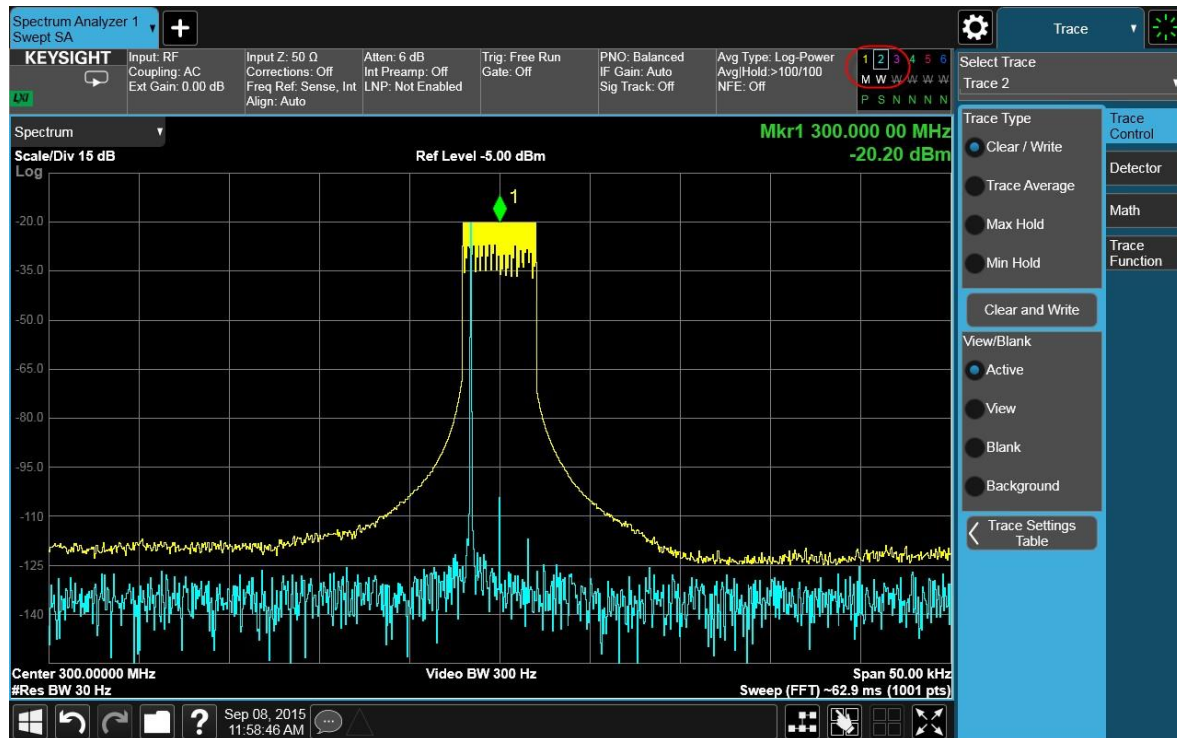


Шаг	Действие	Примечания	
3	Выполните предварительную настройку анализатора.	а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) .	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение) .
ПРИМЕЧАНИЕ			
Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».			
4	Включите выход внешнего генератора РЧ-сигналов.	а. На передней панели генератора сигналов нажмите кнопку RF On/Off (РЧ вкл./выкл.) .	
5	Установите на анализаторе центральную частоту и диапазон.	а. Нажмите клавишу FREQ (Частота) . б. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 300 МГц . с. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 1 МГц .	
6	Установите опорный уровень анализатора.	а. Нажмите клавишу AMPTD (Амплитуда) . б. В панели меню дважды коснитесь пункта Ref Level (Опорный уровень) и введите значение 5 дБм . с. Дважды коснитесь пункта Scale/Div (Шкала/дел.) и введите значение 15 дБ .	
7	Установите ПП ФПЧ анализатора.	а. Нажмите клавишу BW (Полоса частот) . б. В панели меню дважды коснитесь пункта Res BW (Полоса пропускания фильтра ПЧ) и введите значение 30 Гц .	
8	Поместите маркер на пик сигнала.	а. Нажмите клавишу Peak Search (Поиск пика) на передней панели или коснитесь панели меню и выберите пункт Peak Search (Поиск пика) .	

Отслеживание сигналов с дрейфом частоты
Измерения дрейфа частоты источника

Шаг	Действие	Примечания
9	Включите функцию отслеживания сигнала.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу FREQ (Частота). b. В панели меню коснитесь Signal Track (Отслеживание сигнала), чтобы включить его.
10	Уменьшите диапазон.	<ul style="list-style-type: none"> a. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 50 кГц. <p>Обратите внимание, что сигнал остается в центре дисплея.</p>
11	Включите функцию отслеживания сигнала.	<ul style="list-style-type: none"> a. Переключите Signal Track (Отслеживание сигнала) в состояние Off (Выключено).
12	Измерьте отклонение сигнала.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу Trace (Трасса). b. В панели меню во вкладке Trace Type (Тип трассы), выберите Max Hold (Удержание макс. значений). <p>Этот режим сохраняет максимальные значения характеристик входного сигнала при изменении сигнала. На дисплее аннотация в верхнем правом углу показывает режим трассы (см. Рисунок 5-1). В этом примере символ Mv строке типа под цифрой 1 на панели трассы показывает, что трасса 1 находится в режиме удержания максимальных значений.</p>
13	Активируйте трассу 2 и перейдите в режим непрерывной развертки.	<ul style="list-style-type: none"> a. Коснитесь пункта Select Trace (Выбрать трассу) и выберите Trace 2 (Трасса 2). b. Коснитесь пункта Clear and Write (Обновлять). <p>Трасса 1 остается в режиме удержания максимальных значений для отслеживания дрейфа сигнала.</p>
14	Медленно изменяйте частоту генератора сигналов в диапазоне ± 2 кГц с шагом 100 Гц.	<ul style="list-style-type: none"> a. Установите Incr Set (Настройка шага) для параметра Frequency (Частота) равным 100 Гц. b. Чтобы изменить значение выхода в районе 300 МГц, воспользуйтесь курсорными клавишами «вверх» и «вниз» на генераторе сигналов. <p>Изображение на дисплее вашего анализатора должно быть аналогично Рисунку 5-1.</p>

Рисунок 5-1. Просмотр дрейфующего сигнала с использованием режимов удержания максимальных значений и перезаписи



Отслеживание сигнала

Эта процедура демонстрирует, как центрировать дрейфующий сигнал на экране с помощью функции отслеживания сигнала.

Обратите внимание, что нужный сигнал не будет оставаться в центре дисплея, если вы измените значение центральной частоты для анализатора. Если вы изменяете значение центральной частоты при активной функции отслеживания сигнала, нужно дополнительно убедиться, что функция отслеживания обнаружит правильный сигнал.

Шаг	Действие	Примечания
1	Настройте генератор сигналов.	a. Установите частоту выхода 300 МГц . b. Установите амплитуду выхода -20 дБм .
2	Подключите РЧ-выход источника к РЧ-входу анализатора, как показано на рисунке.	



3	Выполните предварительную настройку анализатора.	a. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) .	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение) .
---	--	--	---

ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».

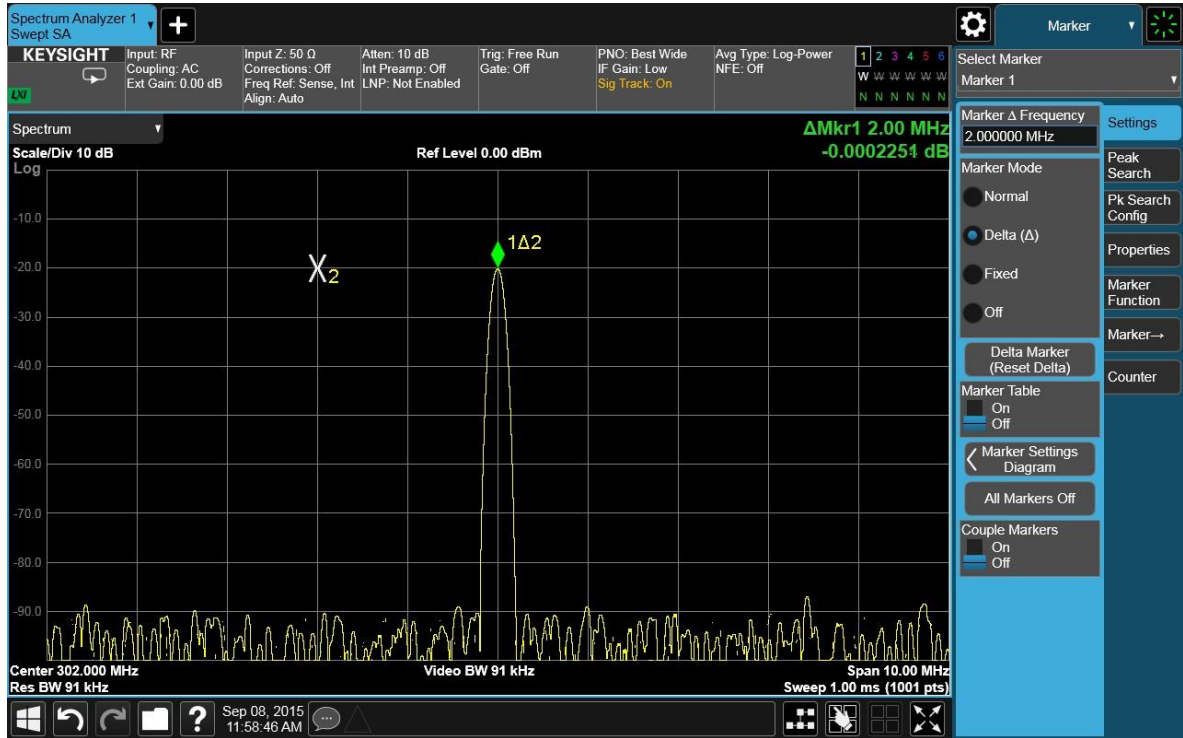
Шаг	Действие	Примечания	
4	Включите выход внешнего генератора РЧ-сигналов.	а. На передней панели генератора сигналов нажмите кнопку RF On/Off (РЧ вкл./выкл.) .	
5	Установите на анализаторе центральную частоту и диапазон.	а. Нажмите клавишу FREQ (Частота) . б. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 301 МГц . с. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 10 МГц .	
6	Поместите маркер на пик сигнала.	а. Нажмите клавишу Peak Search (Поиск пика) на передней панели или коснитесь панели меню и выберите пункт Peak Search (Поиск пика) в раскрывающемся меню.	
7	Включите функцию отслеживания сигнала.	а. Нажмите клавишу FREQ (Частота) . б. Переключите Signal Track (Отслеживание сигнала) в состояние On (Вкл.).	Обратите внимание, что отслеживание сигнала помещает маркер на самый высокий пик амплитуды сигнала, а затем перемещает выбранный пик в центр дисплея. После каждого свипирования отслеживаемый сигнал остается в центре дисплея.
8	Включите функцию дельта маркера	а. Нажмите Marker (Маркер) на передней панели или коснитесь панели меню и выберите пункт Marker (Маркер) . б. В списке значений Marker Mode (Режим маркера) выберите Delta (Дельта) .	
9	Изменяйте частоту генератора сигналов, меняя ее с шагом 2 МГц.	Обратите внимание, что при изменении частоты сигнала он по-прежнему остается в центре дисплея анализатора. Подпись к маркеру показывает разницу в частоте и амплитуде в сравнении с начальными значениями. См. Рисунок 5-2 .	

Шаг

Действие

Примечания

Рисунок 5-2. Отслеживание дрейфующего сигнала



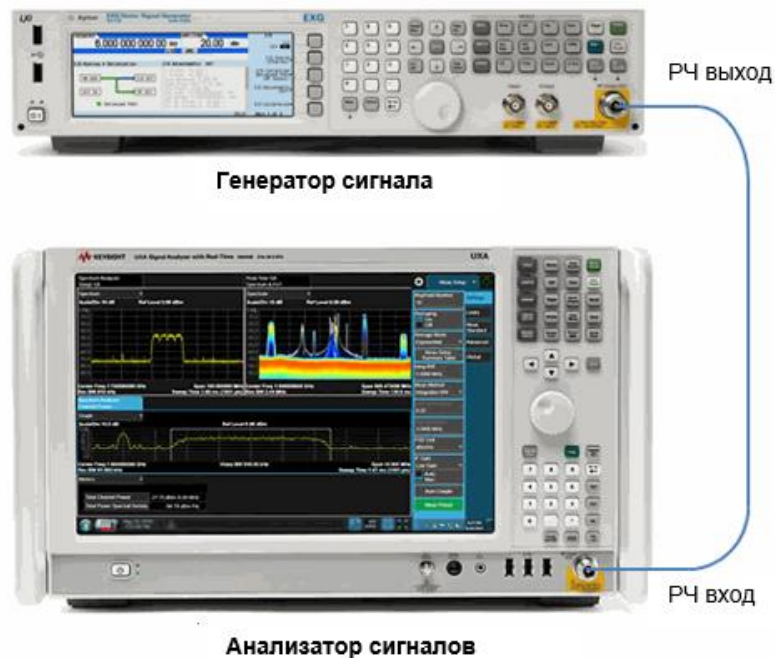
6 Измерения искажений

Выявление искажений, генерируемых анализатором

Высокая мощность входного сигнала может быть причиной появления внутренних искажений анализатора, которые, в свою очередь, могут замаскировать реальные искажения, существующие во входном сигнале. Используя трассу 2 и ВЧ-аттенюатор, можно определить, какие сигналы являются результатом собственных искажений.

Эта процедура показывает, как использовать сигнал генератора для определения того, обусловлено ли искажение анализатором, или оно является частью входящего сигнала.

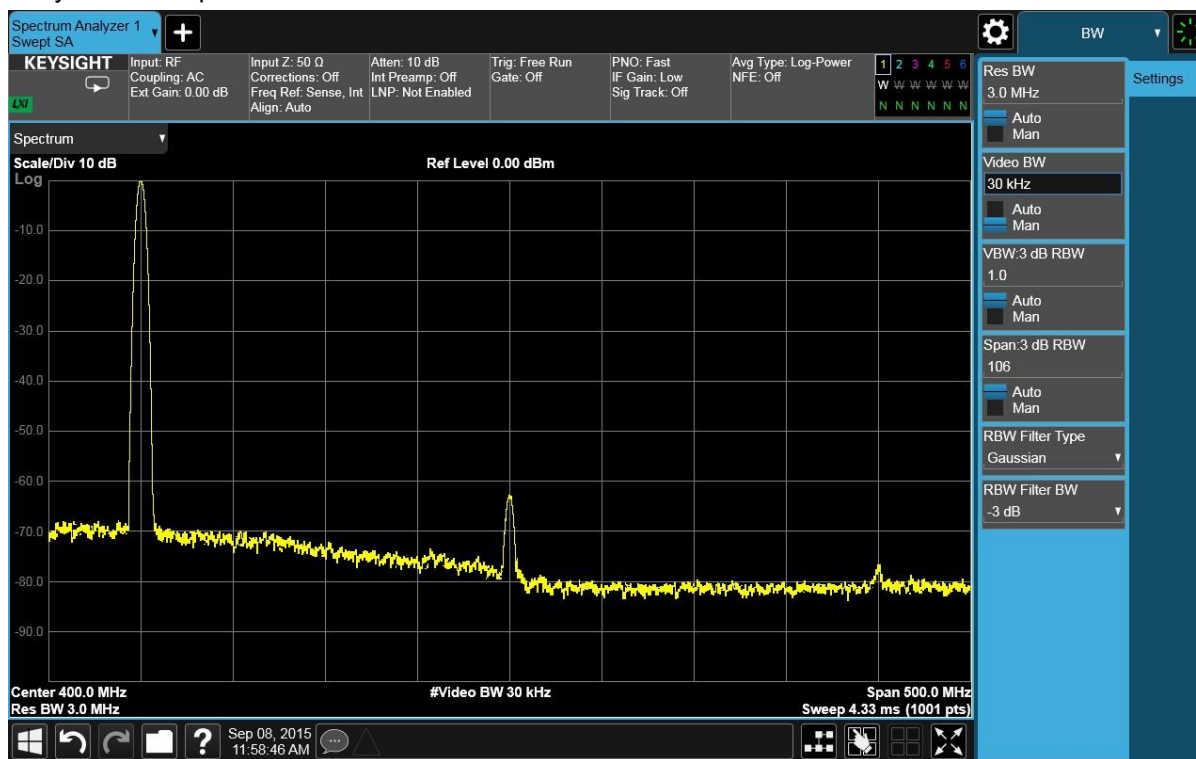
Шаг	Действие	Примечания
1	Настройте генератор сигналов. а. Установите частоту выхода 200 МГц . б. Установите амплитуду выхода 0 дБм .	
2	Подключите РЧ-выход источника к РЧ-входу анализатора, как показано на рисунке.	



Шаг	Действие	Примечания	
3	Выполните предварительную настройку анализатора.	а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) .	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение).
<p>ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».</p>			
4	Включите выход внешнего генератора РЧ-сигналов.	а. Включите РЧ-выход.	
5	Установите на анализаторе центральную частоту и диапазон.	а. Нажмите клавишу FREQ (Частота) . б. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 400 МГц . с. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 500 МГц .	
6	Установите ПП ФПЧ анализатора.	а. Нажмите клавишу BW (Полоса частот) . б. BW (Полоса видеофильтра) и введите значение 30 кГц .	Сигнал создает гармонические искажения (расположенные с интервалом в 200 МГц от исходного сигнала частотой 200 МГц) во входном смесителе анализатора, как показано на Рисунке 6-1 .

Шаг	Действие	Примечания
-----	----------	------------

Рисунок 6-1. Гармонические искажения



- | | | |
|---|--|---|
| 7 | Измените значение центральной частоты на значение гармоники второго порядка. | <ol style="list-style-type: none"> Нажмите кнопку Peak Search (Поиск пика) на передней панели или коснитесь панели меню и выберите пункт Peak Search (Поиск пика). В панели меню коснитесь Next Peak (Следующий пик). Коснитесь пункта Mkr→CF (Центральная частота маркера). |
| 8 | Измените диапазон на 50 МГц и повторно отцентрируйте сигнал. | <ol style="list-style-type: none"> Нажмите клавишу FREQ (Частота). В панели меню дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 50 МГц. Нажмите клавишу Peak Search (Поиск пика). В панели меню коснитесь пункта Mkr →CF (Центральная частота маркера). |
| 9 | Установите ослабление 0 дБ | <ol style="list-style-type: none"> Нажмите клавишу AMPTD (Амплитуда). |

Шаг	Действие	Примечания
	<ul style="list-style-type: none"> b. В панели меню коснитесь пункта Attenuation (Ослабление). c. Дважды коснитесь пункта Mech Atten (Ослабление механического аттенюатора) и введите значение 0 дБ. 	
10	Сохраните данные трассы 2. <ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу Trace (Трасса). b. Коснитесь пункта Select Trace (Выбрать трассу) и выберите Trace 2 (Трасса 2). c. Коснитесь пункта Clear and Write (Обновлять). 	Подождите, пока выполнятся минимум две развертки.
11	Дождитесь обновления трассы 2. <ul style="list-style-type: none"> a. В списке значений View/Blank (Показать/скрыть) выберите View (Показать). 	На экране анализатора появятся сохраненные данные в трассе 2 и измеренные данные в трассе 1. Подпись к маркеру \otimes Mkr1 демонстрирует разницу амплитуд между опорным и активным маркерами.
12	Установите дельта-маркер на гармонике трассы 2. <ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу Peak Search (Поиск пика). b. В панели меню коснитесь Marker Delta (Дельта-маркер). 	
13	Увеличьте ослабление РЧ до 10 дБ. <ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу AMPTD (Амплитуда). b. Выберите вкладку Attenuation (Ослабление). c. Дважды коснитесь пункта Mech Atten (Ослабление механического аттенюатора) и введите значение 10 дБ. 	Обозначение Δ Mkr1 демонстрирует разницу амплитуд между настройками ослабления входа 0 дБ и 10 дБ. Если при изменении ослабления входного аттенюатора на 10 дБ абсолютное значение амплитуды \otimes Mkr1 равно или превышает 1 дБ, \geq то искажения, по крайней мере часть из них, являются собственными искажениями анализатора. В данном случае необходимо увеличить ослабление входного аттенюатора. Увеличивайте входное ослабление до тех пор, пока значение амплитуды сигнала \otimes Mkr1 не перестанет увеличиваться или уменьшаться. Вернитесь к предыдущему шагу аттенюатора, чтобы минимизировать влияние собственных искажений анализатора на измеренные искажения входного сигнала. См. Рисунок 6-2 .

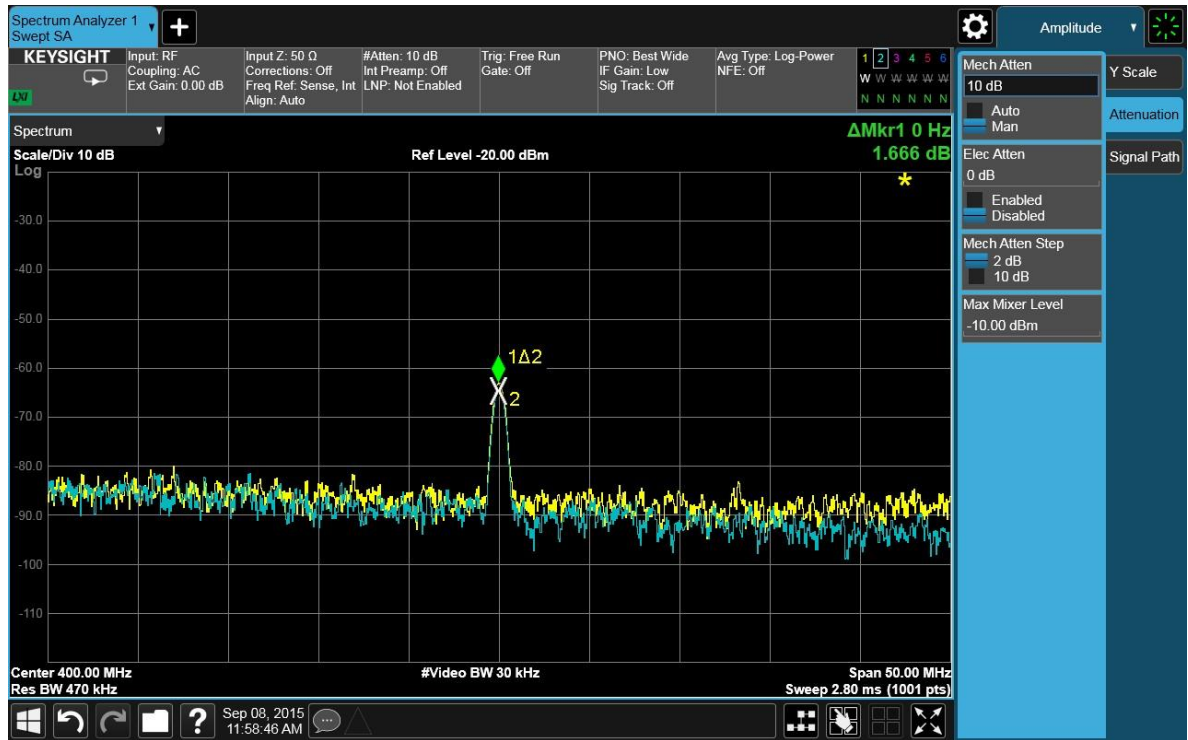
Измерения искажений
Выявление искажений, генерируемых анализатором

Шаг

Действие

Примечания

Рисунок 6-2. Ослабление РЧ 10 дБ



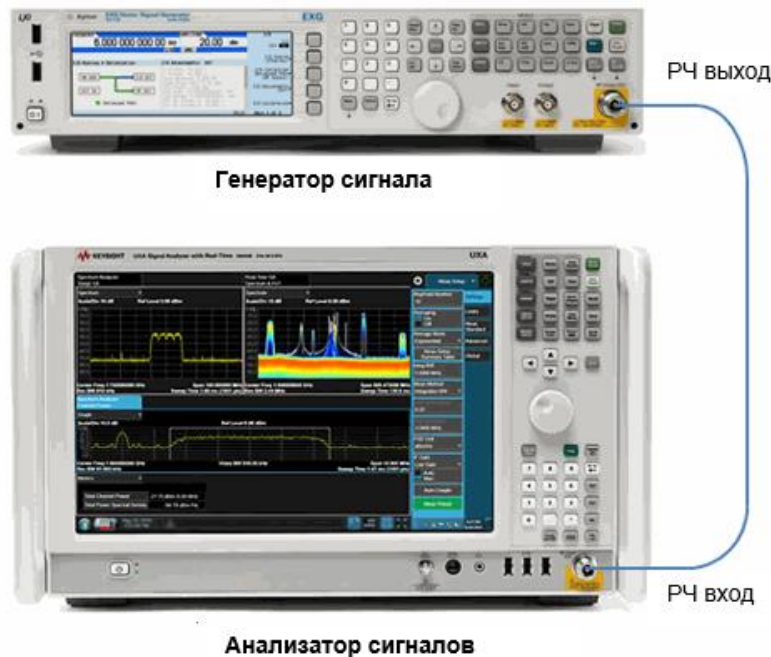
Одноклавишные измерения гармоник

Высокая мощность входного сигнала может быть причиной появления внутренних искажений анализатора, которые, в свою очередь, могут замаскировать реальные искажения, существующие во входном сигнале. Используя трассу 2 и РЧ-аттенуатор, можно определить, какие сигналы являются результатом собственных искажений.

Эта процедура показывает, как использовать сигнал генератора для определения того, обусловлено ли искажение анализатором, или оно является частью входящего сигнала.

Шаг	Действие	Примечания
1	Настройте генератор сигналов. а. Установите частоту выхода 400 МГц . б. Установите амплитуду выхода 0 дБм .	

Подключите РЧ-выход источника к РЧ-входу анализатора, как показано на рисунке.



2	Выполните предварительную настройку анализатора. а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) .	
---	--	--

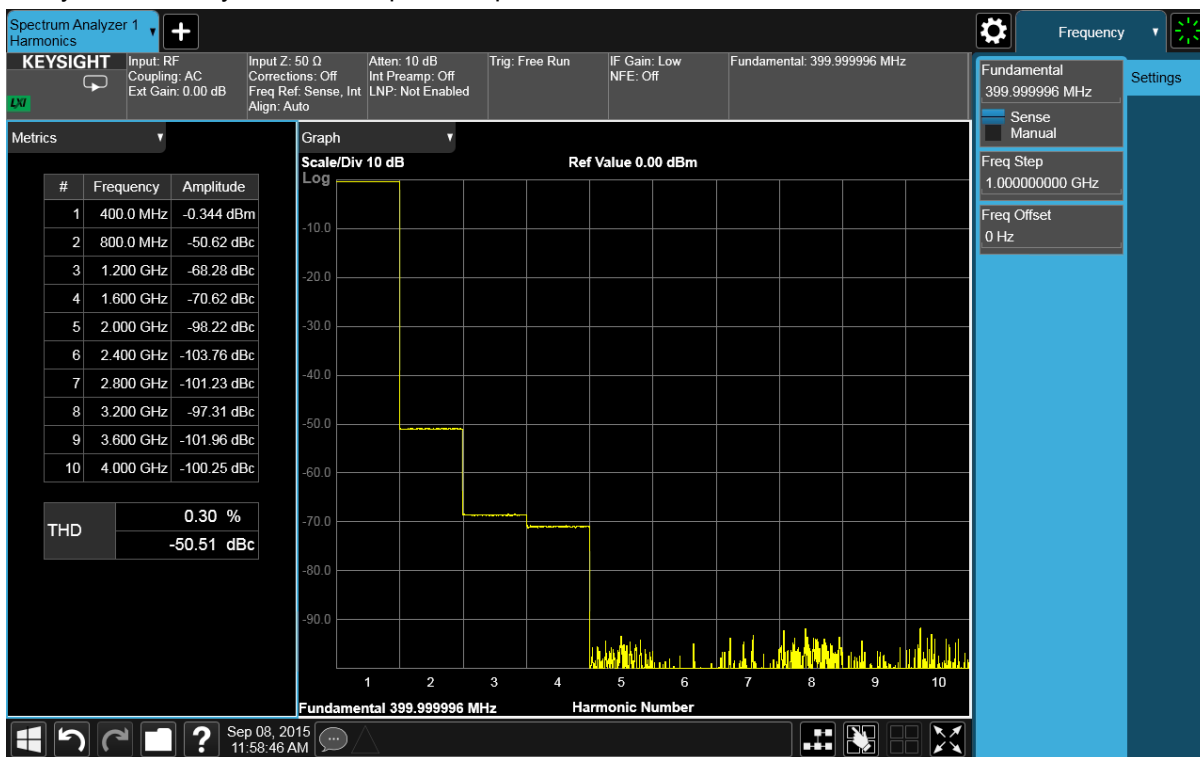
ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».

3	Выберите режим, вид измерения и режим отображения (Mode/Measurement/View). а. Нажмите кнопку MODE/MEAS (Режим/измерение) . б. Выберите Harmonics (Гармоники) в столбце измерений. с. Нажмите ОК в нижней части экрана.	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение) .
---	--	---

Измерения искажений
Одноклавишные измерения гармоник

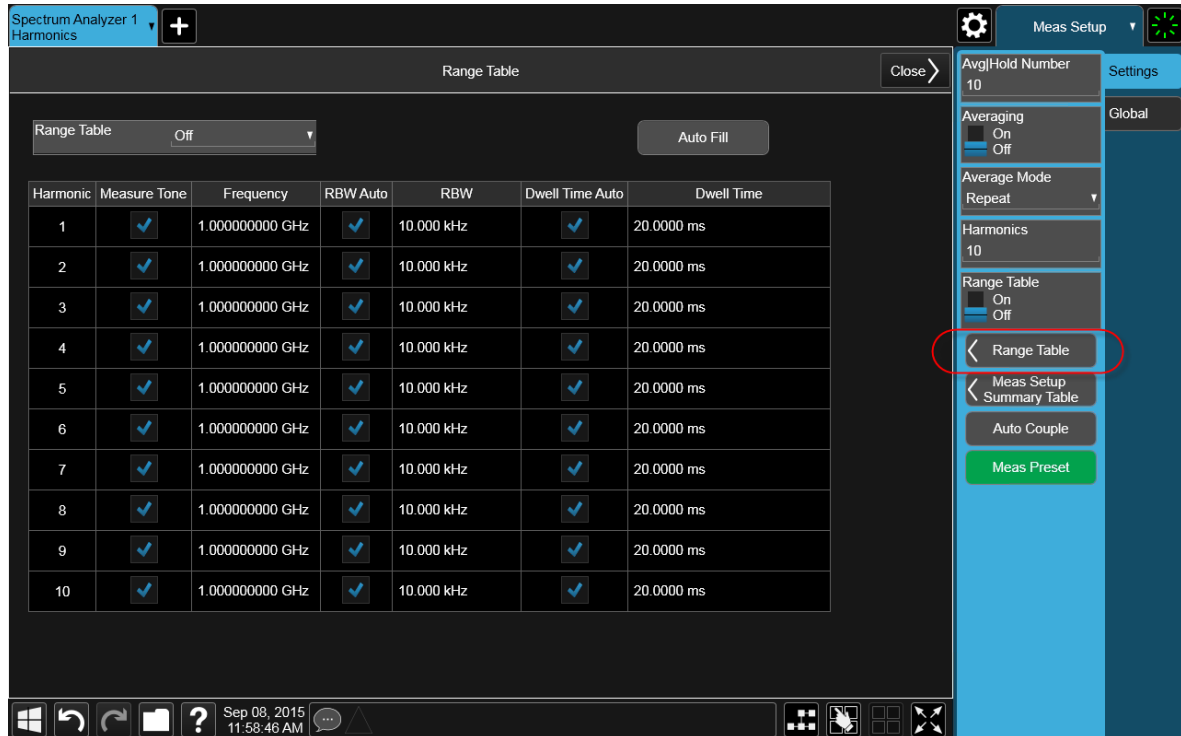
Шаг	Действие	Примечания
4	Включите выход внешнего генератора РЧ-сигналов.	а. На генераторе сигналов включите РЧ-выход.
5	Просмотрите результаты измерений на анализаторе.	Сигнал создает гармонические искажения (расположенные с интервалом в 400 МГц от исходного сигнала частотой 400 МГц) во входном смесителе анализатора, как показано на Рисунке 6-3 . При выключенной таблице диапазонов, а также когда основная частота или ПП ФПЧ установлены в режим считывания, коснитесь пункта Meas Preset (Сброс измерения) для повторного начала измерения.

Рисунок 6-3. Результаты измерения гармоник



Шаг	Действие	Примечания
6	<p>Скорректируйте таблицу диапазонов, указав индивидуальные параметры для каждой из гармоник</p> <p>a. Нажмите клавишу MEAS SETUP (Настройка измерения).</p> <p>b. Включите Range Table (Таблицу диапазонов).</p> <p>c. Коснитесь пункта Range Table (Таблица диапазонов), чтобы редактировать таблицу.</p>	<p>Вы можете измерить до 10 гармоник. См. Рисунок 6-4.</p>

Рисунок 6-4. Измерения гармоник — таблица диапазонов



Интермодуляционные искажения третьего порядка

Когда в нелинейной системе присутствует два разных сигнала, они начинают взаимодействовать и создают близкие по частоте к исходным сигналам интермодуляционные искажения третьего порядка. Подобные искажения генерируются такими составными частями системы связи, как усилители или смесители. Тестирование двухтональных интермодуляционных искажений третьего порядка — распространенный метод в системах связи и телекоммуникаций.

Эта процедура описывает сборку и проверку характеристик тестовой схемы для интермодуляционных искажений третьего порядка. Эту тестовую схему можно применить для измерения интермодуляционных искажений третьего порядка на тестируемом устройстве, подключенном между входом анализатора и тестовой схемой.

Используются два источника: один из них настроен на 300 МГц, другой — на 301 МГц. Эти сигналы объединяются на направленном ответвителе, что дает нам двухтональный сигнал с крайне низким интермодуляционным искажением. Несмотря на то, что в данной схеме искажения могут быть меньше диапазона анализатора, она применяется для определения характеристик интермодуляционных искажений третьего порядка (ТОИ) в комбинации источник/анализатор. После определения характеристик можно подключить тестируемое устройство (например, усилитель) между направленным ответвителем и анализатором, а затем сравнить его характеристики с базовым уровнем.

Шаг	Действие	Примечания
1	Подсоедините два источника к РЧ-входу анализатора, как показано на рисунке.	Чтобы избежать интермодуляции источников сигнала, ответвитель должен иметь высокую степень изоляции между двумя входными портами.



2	Настройте источники сигналов.	<p>a. Установите частоту генератора сигналов №1 в значение 300 МГц.</p> <p>b. Установите частоту генератора сигналов №2 в значение 301 МГц.</p>	<p>Таким образом производятся два сигнала с одинаковой амплитудой и разницей в 1 МГц.</p> <p>Эти два сигнала могут по-разному ослабляться при прохождении через направленный ответвитель. При необходимости</p>
---	-------------------------------	---	---

Шаг	Действие	Примечания
	с. Установите амплитуды обоих сигналов в значение 5 дБм.	скорректируйте меньший сигнал, чтобы его амплитуда совпала с амплитудой большего сигнала на экране анализатора.
3	Восстановите стандартные настройки анализатора.	а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) . По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение) .
ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».		
4	Установите центральную частоту и диапазон частот.	а. Нажмите клавишу FREQ (Частота) . б. Дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 300,5 МГц . с. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 5 МГц .
5	Установите детектор анализатора в положение Peak (Пик).	а. Нажмите клавишу Trace (Трасса) . б. Выберите вкладку Detector (Детектор) . с. В списке значений Detector (Детектор) выберите Peak (Пик) .
6	Для улучшения динамического диапазона установите уровень смесителя.	а. Нажмите клавишу AMPTD (Амплитуда) . б. Выберите вкладку Attenuation (Ослабление) . с. Дважды коснитесь пункта Max Mixer Lvl (Максимальный уровень смесителя) и введите значение -10 дБм . Анализатор автоматически установит нужное ослабление таким образом, что мощность сигнала на входном смесителе будет иметь максимальное значение -10 дБм на опорном уровне.
7	Переместите сигнал к опорному уровню.	а. Нажмите клавишу Peak Search (Поиск пика) . б. Коснитесь пункта Mkr (Маркер) → Ref Lvl (Опорный уровень) .

Шаг	Действие	Примечания	
8	<p>Уменьшайте ПП ФПЧ до тех пор, пока не станут видны искажения.</p>	<p>a. Нажмите клавишу BW (Полоса частот).</p> <p>b. Дважды коснитесь пункта Res BW (Полоса пропускания фильтра ПЧ) и установите значение 10 кГц.</p>	
9	<p>Активируйте второй маркер и поместите его на ближайший к тестовому сигналу маркера пик сигнала искажений.</p>	<p>a. Нажмите клавишу Peak Search (Поиск пика).</p> <p>b. Коснитесь пункта Marker Delta (Дельта-маркер).</p> <p>c. Коснитесь кнопки Next Left (Следующий слева) (при необходимости).</p>	<p>Нажмите кнопку Next Right (Следующий справа), если первый маркер находится на правом тестовом сигнале, или кнопку Next Left (Следующий слева), если первый маркер находится на левом тестовом сигнале: См. Рисунок 6-5.</p>
10	<p>Измерьте второе искажение.</p>	<p>a. Откройте вкладку Settings (Настройки), и последовательно выберите пункты Normal, Peak Search, Next Peak (Нормальный, Поиск пика, Следующий пик).</p> <p>b. В списке значений Marker Mode (Режим маркера), выберите Normal (Нормальный). Выберите Peak (Пик).</p> <p>d. Нажмите Search (Поиск пика), затем Next Peak (Следующий пик).</p> <p>e. Откройте вкладку Peak Search (Поиск пика).</p> <p>c. Коснитесь кнопки Next Peak (Следующий пик).</p>	
11	<p>Активируйте второй маркер и поместите его на ближайший к тестовому сигналу маркера пик сигнала искажений.</p>	<p>a. Коснитесь пункта Marker Delta (Дельта-маркер).</p> <p>b. Коснитесь кнопки Next Left (Следующий слева) (при необходимости).</p>	<p>См. Рисунок 6-6.</p>

Измерения искажений
Интермодуляционные искажения третьего порядка

Шаг Действие Примечания

Рисунок 6-5. Измерения искажений — первый сигнал и его искажение

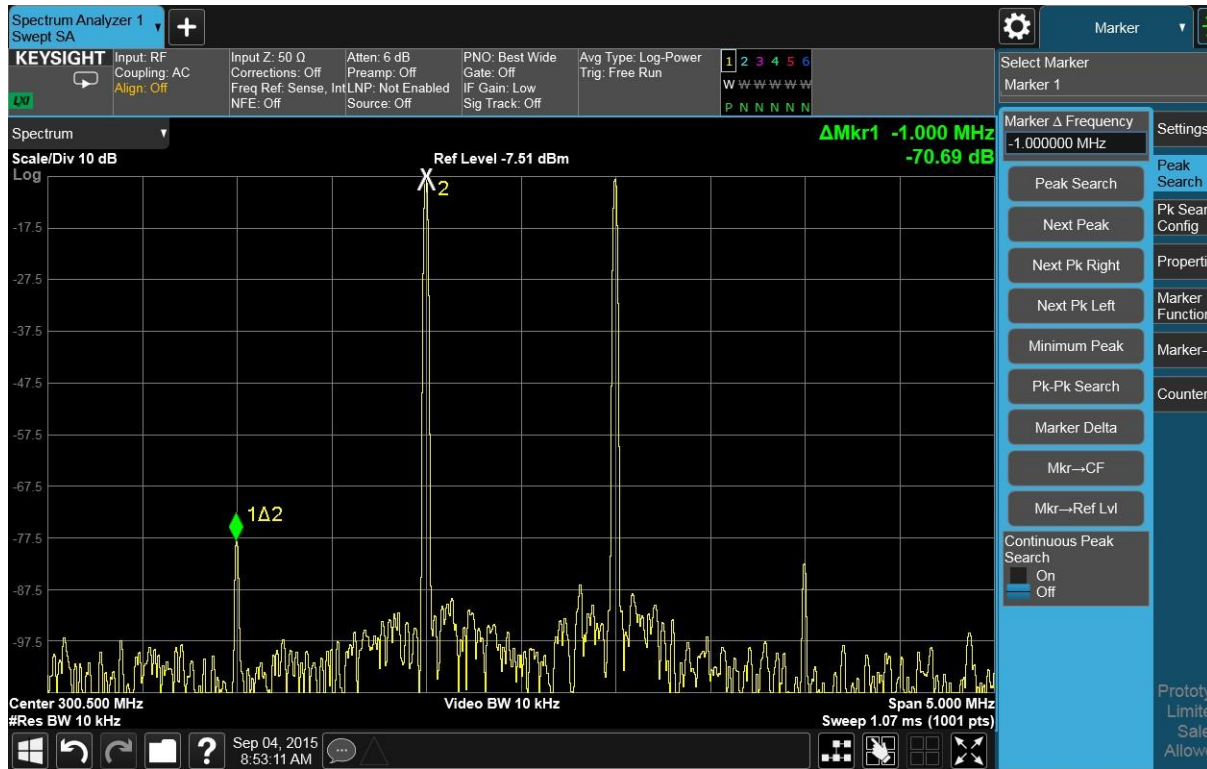
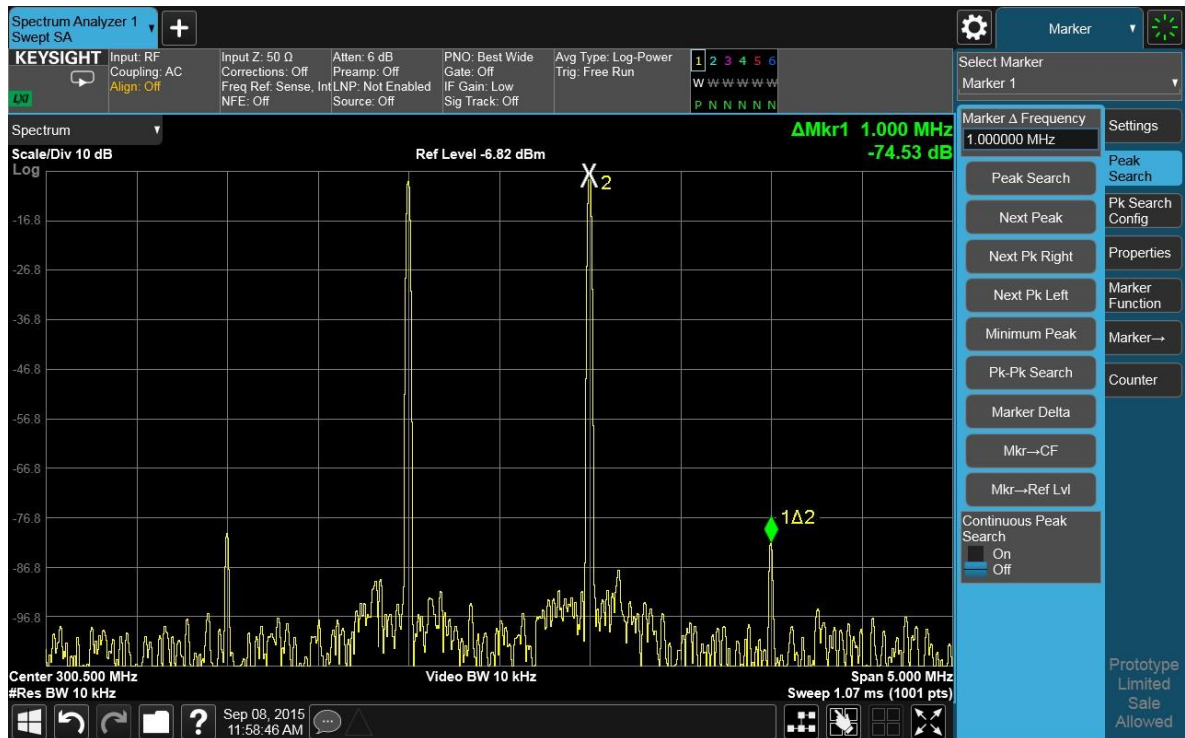


Рисунок 6-6. Измерения искажений — второй сигнал и его искажение



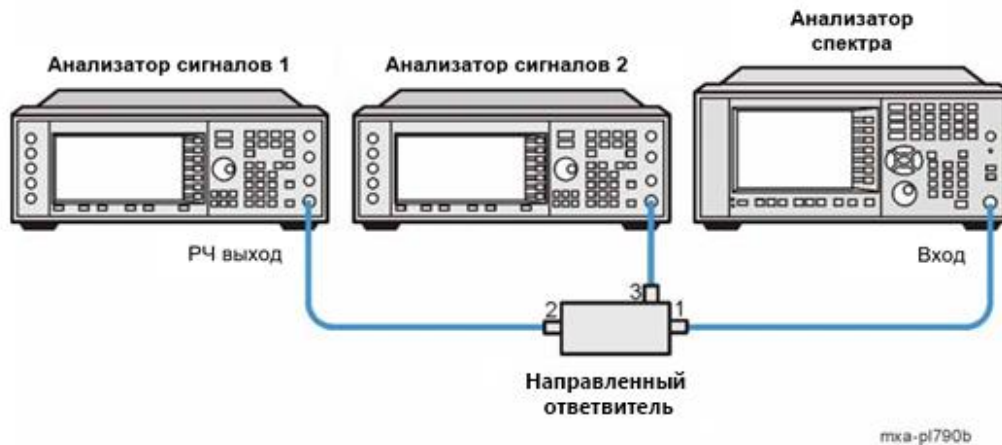
Одноклавишные измерения искажений третьего порядка (TOI)

Когда в нелинейной системе присутствует два разных сигнала, они начинают взаимодействовать и создают близкие по частоте к исходным сигналам интермодуляционные искажения третьего порядка. Подобные искажения генерируются такими составными частями системы связи, как усилители или смесители. Тестирование двухтональных интермодуляционных искажений третьего порядка — распространенный метод в системах связи и телекоммуникаций.

Эта процедура описывает, как можно упростить измерения интермодуляционных искажений третьего порядка, используя соответствующую функцию. В этом примере на направленном ответвителе объединяются сигналы с частотой 300 МГц и 301 МГц, и полученный сигнал передается на анализатор.

Несмотря на то, что в данной схеме искажения могут быть меньше, чем пределы измерений анализатора, она применяется для определения характеристик интермодуляционных искажений третьего порядка (TOI) в комбинации источник/анализатор. После того как характеристики комбинации источник/анализатор были проверены, испытываемое устройство (ИУ) (например, усилитель) следует расположить между тестовой системой и входом анализатора.

Шаг	Действие	Примечания
1	Подключите генераторы сигналов к анализатору, как показано на рисунке.	



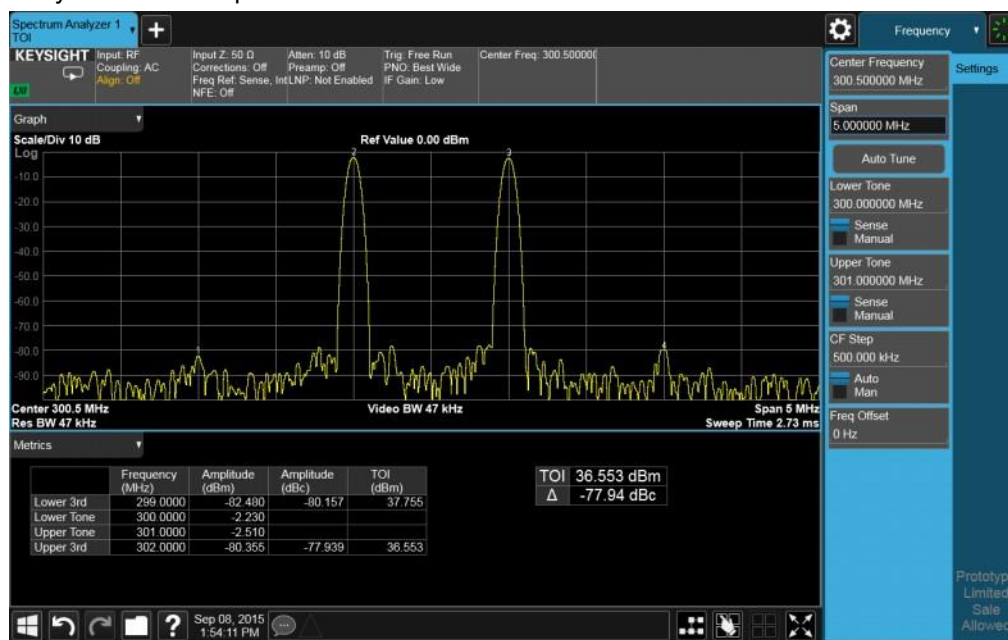
Измерения искажений
Одноклавишные измерения искажений третьего порядка (TOI)

Шаг	Действие	Примечания	
2	Настройте источники сигналов.	<p>а. Установите для генератора сигналов №1 частоту 300 МГц.</p> <p>б. Установите для генератора сигналов №2 частоту 301 МГц.</p> <p>в. Установите для генератора сигналов №1 амплитуду 5 дБм.</p> <p>г. Установите для генератора сигналов №2 амплитуду 5 дБм</p>	<p>Таким образом производятся два сигнала с одинаковой амплитудой и разницей в 1 МГц.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ: эти два сигнала могут по-разному ослабляться при прохождении через направленный ответвитель.</p> <p>При необходимости скорректируйте амплитуды двух сигналов на генераторе сигналов так, чтобы на дисплее анализатора они были одинаковыми.</p>
3	Восстановите стандартные настройки анализатора.	<p>а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима).</p>	<p>По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение).</p>
ПРИМЕЧАНИЕ		<p>Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».</p>	
4	Выберите режим, вид измерения и режим отображения (Mode/Measurement/View).	<p>а. Нажмите кнопку MODE/MEAS (Режим/измерение).</p> <p>б. Выберите Spectrum Analyzer (Анализатор спектра) в столбце режимов.</p> <p>в. Выберите TOI (искажения третьего порядка) в столбце измерений.</p> <p>г. Нажмите OK в нижней части экрана.</p>	
5	Установите центральную частоту и диапазон частот.	<p>а. Нажмите клавишу FREQ (Частота).</p> <p>б. Дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 300,5 МГц.</p> <p>в. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 5 МГц.</p>	<p>Также вы можете легко прочитать результаты измерений, коснувшись пункта Auto Tune (Автонастройка).</p>

Измерения искажений
Одноклавишные измерения искажений третьего порядка (TOI)

Шаг	Действие	Примечания
	<p>В окне графического представления вы увидите опорные и интермодуляционные пики, обозначенные белыми цифрами:</p> <p>1 - Нижняя интермодуляционная составляющая</p> <p>2 - Нижняя составляющая</p> <p>3 - Верхняя составляющая</p> <p>4 - Верхняя интермодуляционная составляющая</p>	См. Рисунок 6-7 .

Рисунок 6-7. Измерения TOI



- | | | | |
|---|--|--|---|
| 6 | <p>Включение измерений нулевого диапазона для повышения точности результатов</p> | <p>a. Нажмите клавишу MEAS SETUP (Настройка измерения).</p> <p>b. Выберите вкладку ZeroSpan (Нулевая полоса обзора).</p> <p>c. Включите Zero Span Measurement (Измерения в нулевой полосе обзора)</p> | <p>См. Рисунок 6-8. Результаты накладываются на ячейку масштабной сетки в виде синего прямоугольника. Величина искажений третьего порядка обозначает нижнюю (более плохую) из двух расчетных точек перехвата, а дельта обозначает более высокое (более плохое) из измеренных значений дБн.</p> |
|---|--|--|---|

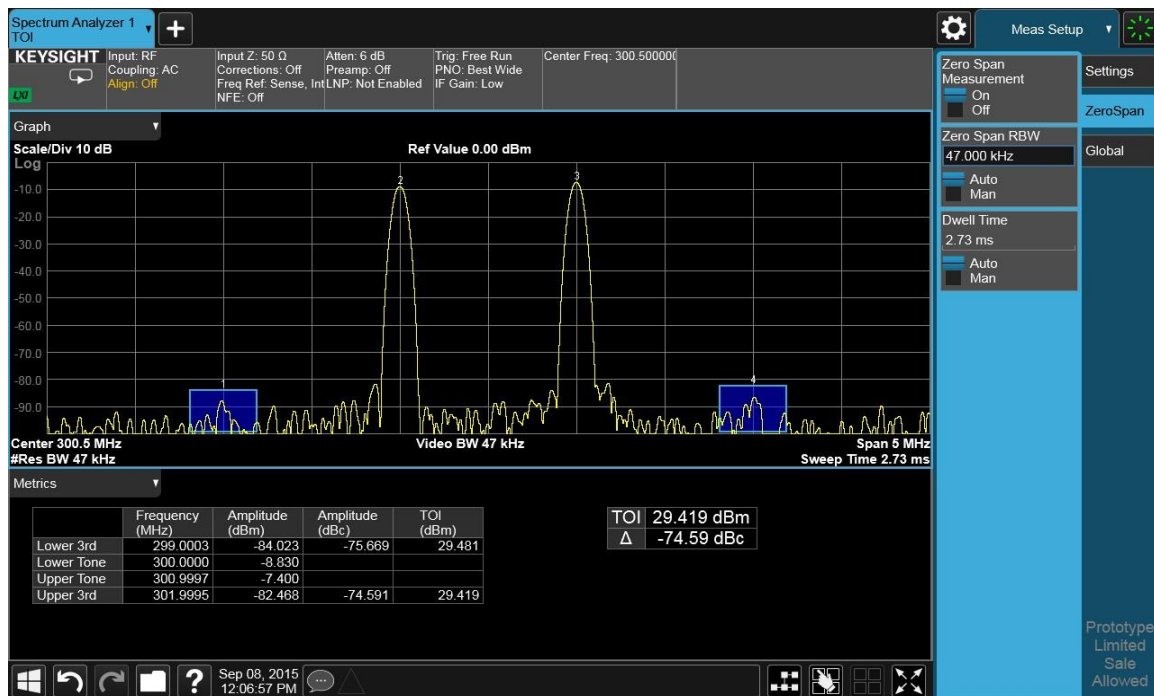
Измерения искажений
Одноклавишные измерения искажений третьего порядка (TOI)

Шаг

Действие

Примечания

Рисунок 6-8. Результат измерений искажений третьего порядка — нулевая полоса обзора



7 Измерения шума

Измерения отношения сигнал/шум

Отношение сигнал/шум широко используется как мера шума в системе. Обычно уровень шума в системе повышается при добавлении каждого следующего сигнала. Это снижает соотношение сигнал/шум, усложняя демодуляцию модулированных сигналов. В некоторых системах связи для отношения сигнал/шум также используют термин «несущая/шум».

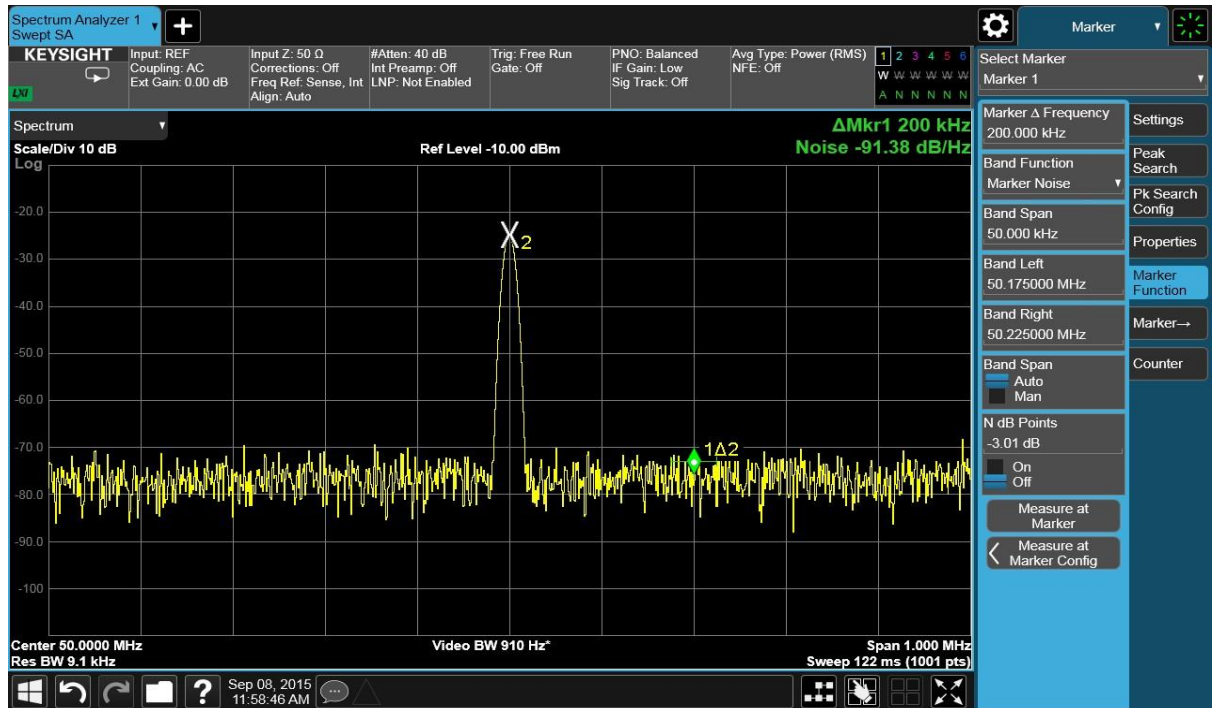
Описанная ниже процедура измерения отношения сигнал/шум может быть адаптирована для измерения любого сигнала в системе при условии, что данный сигнал (несущая) является дискретным тоном. Для корректного измерения уровня модулированного сигнала в системе процедуру необходимо изменить.

В данном примере нас интересует внутренний опорный сигнал анализатора 50 МГц, а внутренний шум измеряется как шумы системы. Для этого необходимо установить входной аттенюатор таким образом, чтобы и сигнал, и шум находились в калиброванной области дисплея.

Шаг	Действие	Примечания	
1	Выполните предварительную настройку анализатора.	а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) .	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. При необходимости вы (и выбрать) режим, нажимая (и выбрать) режим, нажимая (Режим/измерение).
ПРИМЕЧАНИЕ		Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».	
2	Включите внутренний опорный сигнал.	а. Нажмите клавишу Input/Output (Входы и выходы) . б. В панели меню коснитесь RF Calibrator (Калибратор РЧ) и выберите 50 МГц .	

Шаг	Действие	Примечания
3	Установите центральную частоту и диапазон частот.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу FREQ (Частота). b. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 50 МГц. c. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 1 МГц.
4	Установите опорный уровень и ослабление.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу AMPTD (Амплитуда). b. В панели меню дважды коснитесь пункта Ref Level (Опорный уровень) и введите значение -10 дБм. c. Коснитесь пункта Attenuation (Ослабление). d. Дважды коснитесь пункта Mech Atten (Ослабление механического аттенюатора) и введите значение 40 дБ.
5	Поместите маркер на пик сигнала, а дельта-маркер — в позицию шума.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите кнопку Peak Search (Поиск пика) на передней панели или коснитесь панели меню и выберите пункт Peak Search (Поиск пика) в раскрывающемся меню. b. В панели меню коснитесь пункта Marker Delta (Дельта-маркер) и Marker Δ Frequency (Частота маркера), затем введите 200 кГц.
6	Включите функцию маркера шума.	<ul style="list-style-type: none"> a. Откройте вкладку Marker Function (Функция маркера). b. Коснитесь пункта Band Function (Ширина полосы) и выберите Marker Noise (Маркер шума). <p>Это позволит просмотреть результаты измерений отношения сигнал/шум. См. Рисунок 7-1.</p>

Рисунок 7-1. Измерения отношения сигнал/шум



Единица измерения отношения сигнал/шум — дБ/Гц, то есть значение шума в полосе 1 Гц. Если необходимо измерить значение шума для другой полосы пропускания, увеличьте отношение на $10 \times \log(\text{ПП ФПЧ})$. Например, при показаниях анализатора -70 дБ/Гц и при полосе пропускания канала 30 кГц:

$$\text{Сигнал/шум} = -70 \text{ дБ/Гц} + 10 \times \log(30 \text{ кГц}) = -25,23 \text{ дБ/(30 кГц)}$$

ПРИМЕЧАНИЕ

При активированной функции Marker Noise (Маркер шума) панель трассы/детекторов переключается в режим **Average (Log/RMS/V)** (Усреднение (лог./ср. кв./В)).

Измерения шума с использованием маркера шума

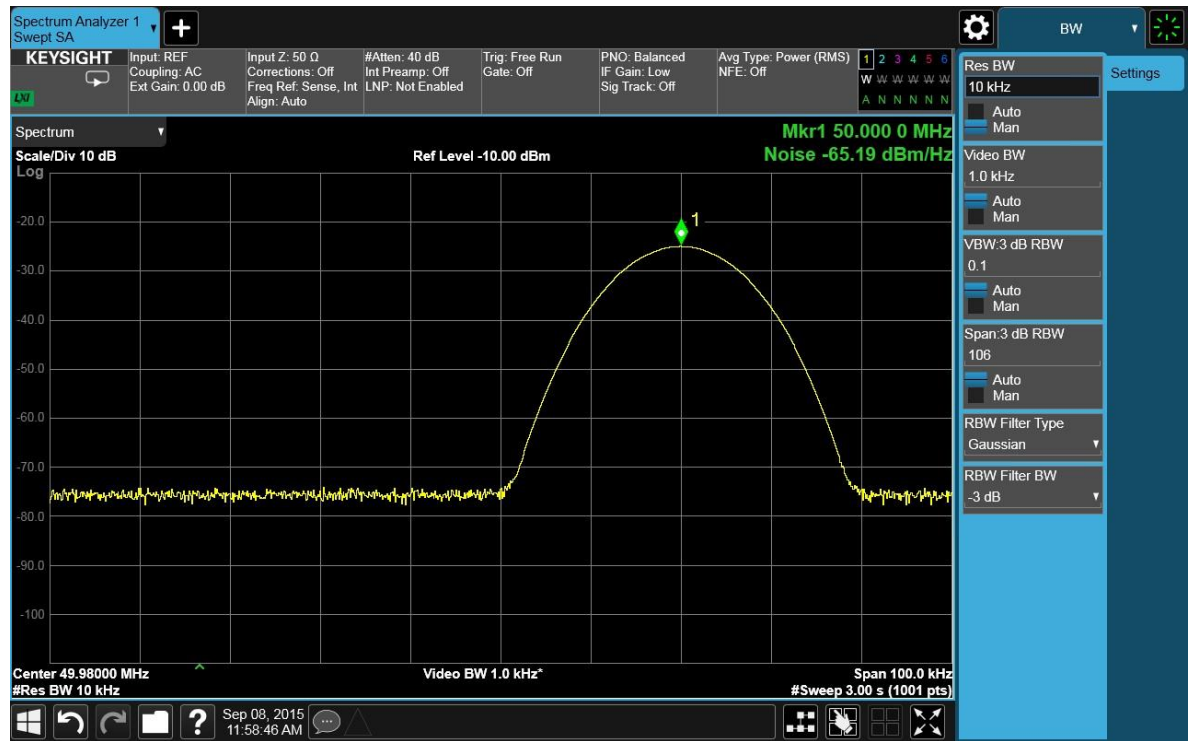
Ниже приведена процедура измерений уровня шума в полосе анализа 1 Гц с использованием функции маркера шума (**Marker Noise**). В данном примере измерения маркера шума производились около опорного сигнала 50 МГц.

Шаг	Действие	Примечания	
1	Восстановите стандартные настройки анализатора.	а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима).	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение).
ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».			
2	Включите внутренний опорный сигнал.	а. Нажмите клавишу Входы и выходы . б. Коснитесь пункта RF Calibrator (Калибратор РЧ) и выберите значение 50 МГц .	
3	Установите центральную частоту и полосу обзора.	а. Нажмите клавишу FREQ (Частота) . б. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 49,98 МГц . с. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 100 кГц .	
4	Установите опорный уровень и ослабление.	а. Нажмите клавишу Amplitude (Амплитуда) . б. В панели меню дважды коснитесь пункта Ref Level (Опорный уровень) и введите значение -10 дБм . с. Выберите вкладку Attenuation (Ослабление) . д. Дважды коснитесь пункта Mech Atten (Ослабление механического аттенюатора) и введите значение 40 дБ .	
5	Включите функцию маркера шума.	а. Нажмите клавишу Marker (Маркер) . б. В панели меню коснитесь пункта Marker Function (Функция маркера) .	Это позволит просмотреть результаты измерений отношения сигнал/шум. Обратите внимание, что для детекции по отображению автоматически устанавливается режим «Среднее значение».

Шаг	Действие	Примечания
	<p>c. Коснитесь пункта Band Function (Ширина полосы) и выберите Marker Noise (Маркер шума).</p>	<p>Функция детекции среднего значения определяет маркер шума на основе усредненного значения отображаемого шума. Обратите внимание, что маркер шума плавает между максимальным и минимальным значениями отображаемых уровней шума. Значения маркера выражены в дБм (1 Гц) или дБм на единицу полосы частот. Для измерения мощности шума в других полосах используйте формулу $10 \times \log(BW)$ (Например, для измерения мощности шума в полосе пропускания 1 кГц в дБм (1 кГц), добавьте $10 \times \log(1000)$ или 30 дБ к величине маркера шума.</p>
<p>6 Сократить колебания значений маркера между развертками путем увеличения времени свипирования.</p>	<p>a. Нажмите клавишу SWEEP (Свипирование). b. Дважды коснитесь пункта Sweep Time (Время свипирования) и введите значение 3 с.</p>	<p>При включенной функции детектора средних значений и увеличении времени свипирования значения трассы колеблются около средних в течение более долгого промежутка времени, уменьшая таким образом количество изменений результатов (увеличивается повторяемость измерений).</p>
<p>7 Переместите маркер.</p>	<p>a. Нажмите кнопку Marker (Маркер). b. Дважды коснитесь пункта Marker Frequency (Частота маркера) и введите значение 50 MHz.</p>	<p>Значение маркера шума основывается на среднем значении 5 % от общего числа точек развертки с центром на маркере в первоначально выбранном диапазоне. Усредненные точки охватывают половину деления. После включения функции маркера шума изменение диапазона приведет к усреднению маркера на значительно более широкую или узкую часть вновь выбранного диапазона и соответствующих точек измерительного цикла. Это происходит из-за того, что маркер зафиксирован на 5 % от первоначально выбранного диапазона.</p>
<p>8 Настройте ширину полосы маркера шума в соответствии с диапазоном.</p>	<p>a. Выберите вкладку Marker Function (Функция маркера). b. Дважды коснитесь пункта Band Span (Ширина полосы) и введите 1 Гц.</p>	

Шаг	Действие	Примечания
9	<p>Увеличьте полосу пропускания ФПЧ.</p> <p>a. Нажмите клавишу BW (Полоса частот).</p> <p>b. В панели меню дважды коснитесь пункта Res BW (Полоса пропускания фильтра ПЧ) и введите значение 10 кГц.</p>	<p>Это позволит более точно измерить пиковую мощность при помощи маркера шума, как показано на Рисунок 7-2.</p>

Рисунок 7-2. Маркер шума

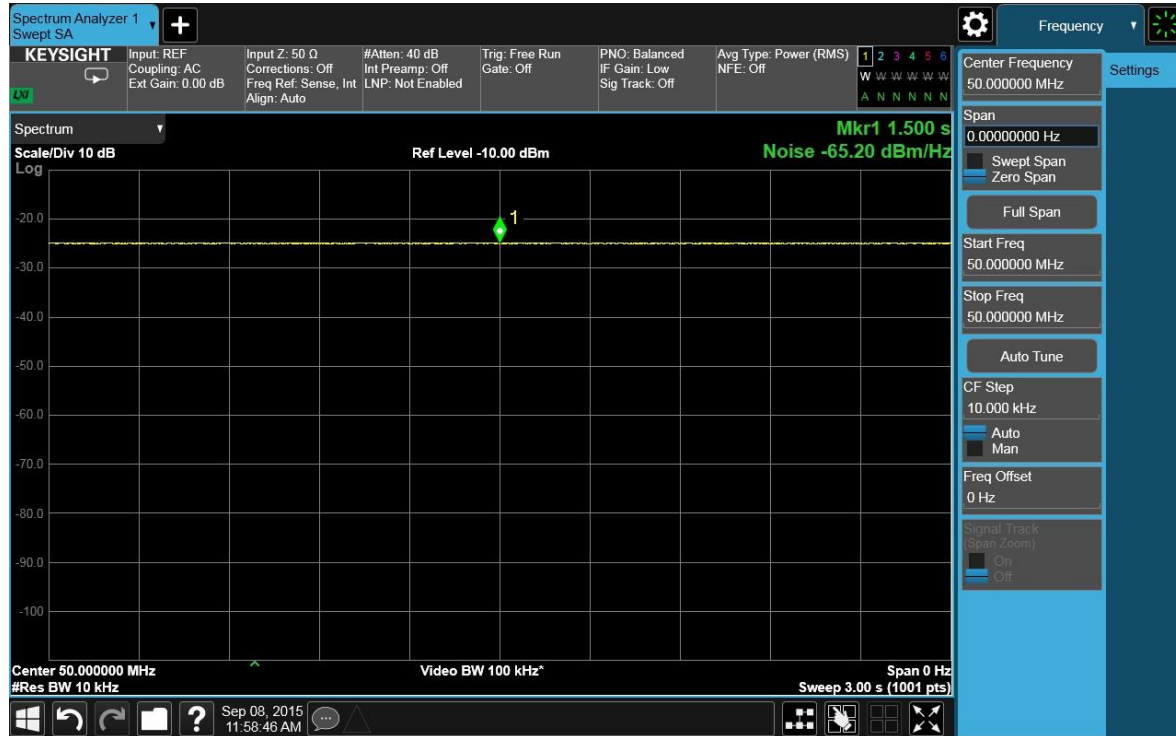


10	<p>Установите нулевой диапазон анализатора на частоте маркера.</p> <p>a. Нажмите клавишу Marker (Маркер).</p> <p>b. В панели меню выберите вкладку Mkr (Маркер)→ и коснитесь пункта Mkr→CF (Центр. частота маркера).</p> <p>c. Нажмите клавишу FREQ (Частота).</p> <p>d. В панели меню коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и включите Zero Span (Нулевая полоса обзора).</p>	<p>Обратите внимание, что значение амплитуды сигнала маркера является правильным, т. к. все усредненные точки находятся на одной и той же частоте и не зависят от формы фильтров полосы пропускания. См. Рисунок 7-3.</p> <p>Помните, что маркер шума вычисляет значение, основанное на усреднении всех точек около тестируемой частоты. Поэтому для измерения мощности дискретных сигналов с помощью маркера шума сначала настройтесь на тестируемую частоту, а затем проводите измерения в нулевой полосе обзора (во временной области).</p>
----	---	--

Измерения шума
Измерения шума с использованием маркера шума

Шаг Действие Примечания

Рисунок 7-3. Маркер шума с нулевой полосой обзора



Измерения шумоподобных сигналов с использованием маркеров спектральной плотности в полосе/на интервале

При помощи маркера плотности в полосе/на интервале можно измерить мощность на определенном диапазоне частот. Маркеры позволяют легко выбирать произвольную часть отображаемого сигнала.

Обратите внимание, что при этом некоторые параметры анализатора автоматически связываются, чтобы анализатор реагировал именно на мощность (среднеквадратичное значение напряжения). Другие параметры не связываются автоматически, их нужно настроить отдельно.

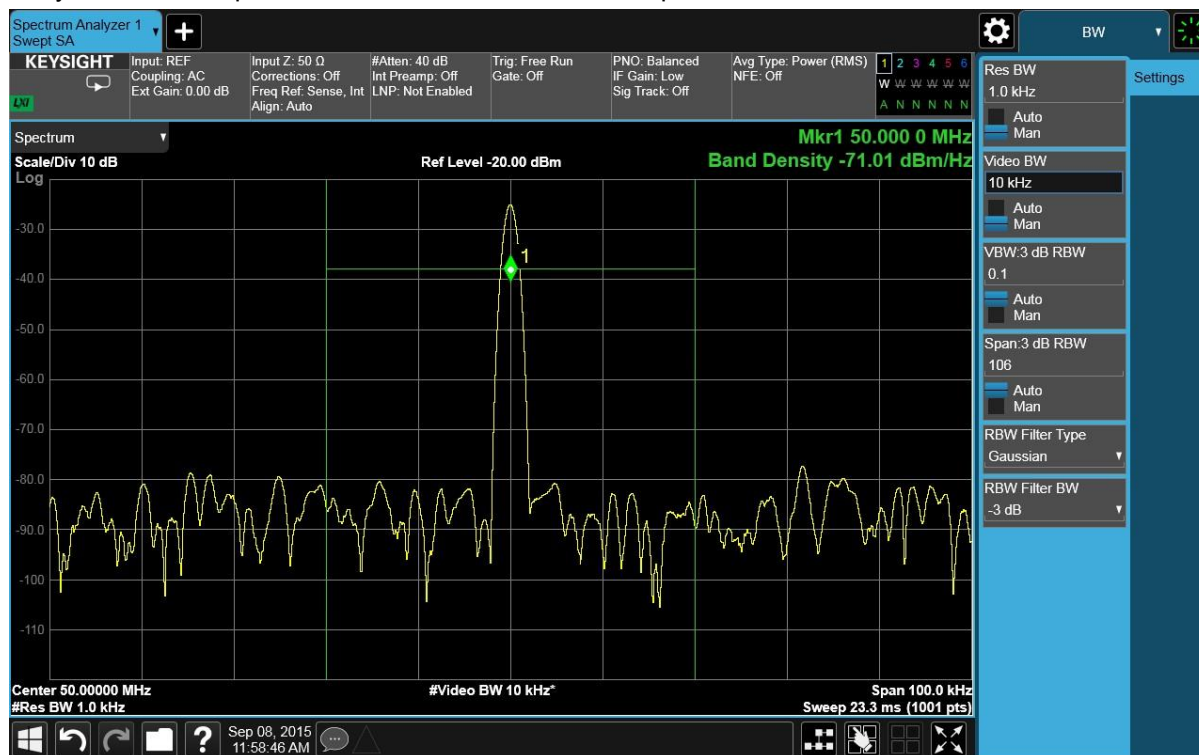
Шаг	Действие	Примечания	
1	Выполните предварительную настройку анализатора.	а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) .	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. При необходимости вы можете проверить (и выбрать) режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение) .
ПРИМЕЧАНИЕ			
	Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».		
2	Включите внутренний опорный сигнал.	а. Нажмите клавишу Input/Output (Входы и выходы) . б. В панели меню коснитесь RF Calibrator (Калибратор РЧ) и выберите 50 МГц .	
3	Установите центральную частоту и диапазон частот.	а. Нажмите клавишу FREQ (Частота) . б. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 50 МГц . с. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 100 кГц .	
4	Установите опорный уровень и ослабление.	а. Нажмите клавишу AMPTD (АМПЛИТУДА) . б. В панели меню дважды коснитесь пункта Ref Level (Опорный уровень) и введите значение -20 дБм . с. Выберите вкладку Attenuation (Ослабление) . д. Дважды коснитесь пункта Mech Atten (Ослабление механического аттенюатора) и введите значение 40 дБ .	

Измерения шума

Измерения шумоподобных сигналов с использованием маркеров спектральной плотности в полосе/на интервале

Шаг	Действие	Примечания
5	Измерьте полную мощность шума между маркерами.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу Marker (Маркер). b. В панели меню выберите вкладку Marker Function (Функция маркера). c. Коснитесь пункта Band Function (Ширина полосы) и выберите Band Density (Плотность в полосе).
6	Установите ширину полосы.	<ul style="list-style-type: none"> a. Дважды коснитесь пункта Band Span (Ширина полосы) и введите 40 кГц.
7	Настройте полосы пропускания фильтра ПЧ и видеофильтра.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу BW (Полоса частот). b. В панели меню дважды коснитесь пункта Res BW (Полоса пропускания фильтра ПЧ) и введите значение 1 кГц. c. Дважды коснитесь пункта Video BW (Полоса видеофильтра) и введите значение 10 кГц. <p>Обычно полосу пропускания фильтра ПЧ выбирают шириной от 1 до 3 % диапазона измерения (маркера), в данном примере равного 40 кГц. См. Рисунок 7-4.</p>

Рисунок 7-4. Измерения плотности в полосе/на интервале

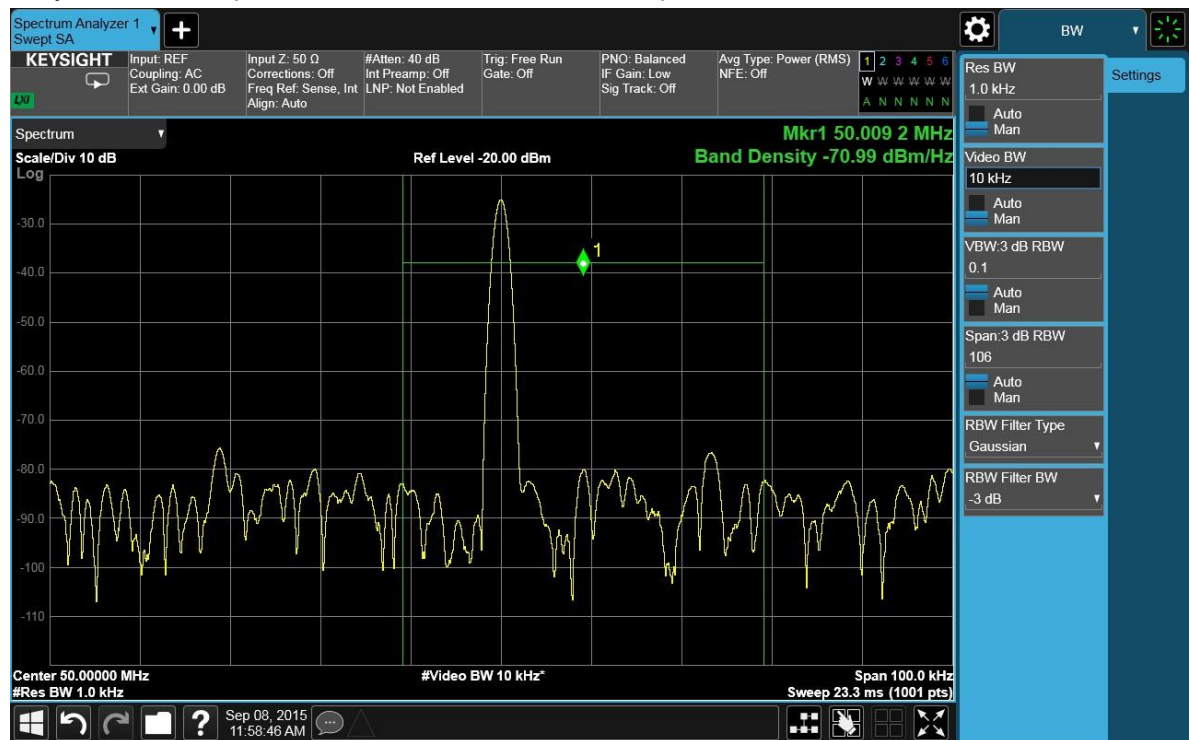


Измерения шума

Измерения шумоподобных сигналов с использованием маркеров спектральной плотности в полосе/на интервале

Шаг	Действие	Примечания
8	Установите маркеры плотности в полосе/на интервале.	<p>а. Перетащите Маркер 1 (зеленый ромб) в нужную точку для тестирования.</p> <p>Это позволит вам перемещать маркеры (установленные при диапазоне частоты в 40 кГц) без изменения диапазона полосы/интервала. Коснитесь дисплея и перетащите маркеры мощности в полосе, обращая внимание на то, как изменяются показания.</p> <p>См. Рисунок 7-5 на следующей странице.</p>

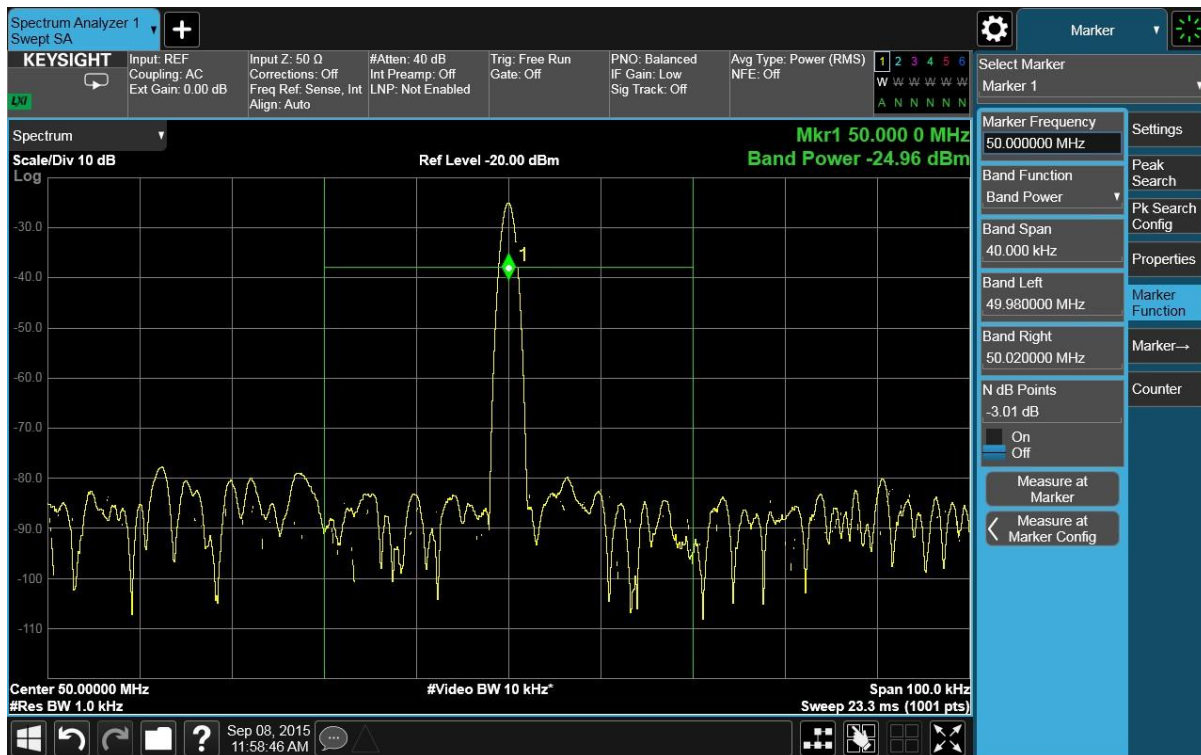
Рисунок 7-5. Измерения плотности в полосе/на интервале



Измерения шума
Измерения шумоподобных сигналов с использованием маркеров
спектральной плотности в полосе/на интервале

Шаг Действие Примечания

Рисунок 7-6. Измерения спектральной плотности в полосе/на интервале



ПРИМЕЧАНИЕ Маркеры плотности в полосе/на интервале могут быть переведены в режим считывания абсолютных значений мощности. Для этого: Нажмите **Marker** (Маркер), коснитесь пункта **Band Function** (Ширина полосы) и выберите **Band Power** (Мощность в полосе) в раскрывающемся меню. См. [Рисунок 7-6](#).

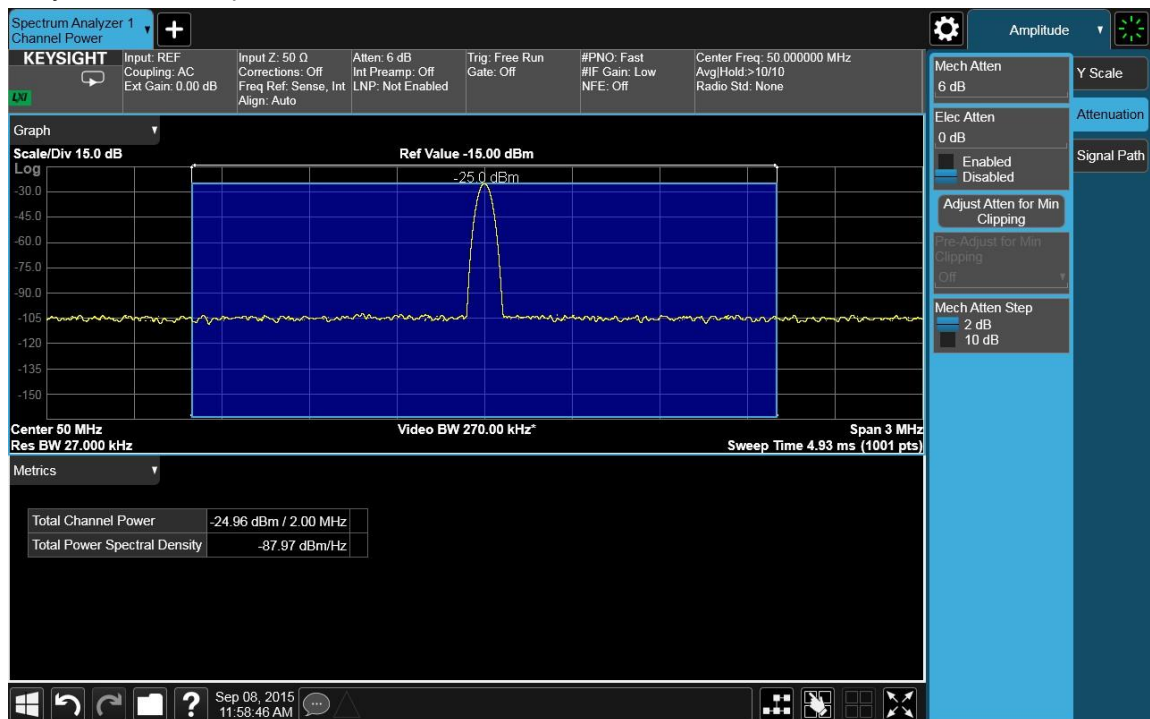
Измерения шумоподобных сигналов с использованием измерений мощности в канале

Вам может понадобиться измерить полную мощность шумоподобного сигнала, занимающего определенный диапазон частот. Обычно для измерения полной мощности (в канале) модулированного сигнала в выбранном диапазоне частот используют измерения мощности в канале. Мощность модулированного сигнала в канале также можно вычислять вручную, используя значение маркера шума и формулу $10 \times \log(\text{Ширина полосы канала})$. Однако если вы не уверены в характеристиках сигнала или если в тестируемом диапазоне присутствуют дискретные спектральные компоненты, вы можете использовать измерение мощности в канале. В данном примере к шуму анализатора добавляется дискретный тон и предполагается, что ширина полосы пропускания канала (объединенной полосы пропускания) равна 2 МГц. При необходимости можно использовать другой сигнал.

Шаг	Действие	Примечания
1	Восстановите стандартные настройки анализатора.	а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) .
<p>ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».</p>		
2	Выберите режим, вид измерения и режим отображения (Mode/Measurement/View).	<p>а. Нажмите кнопку MODE/MEAS (Режим/измерение).</p> <p>б. Выберите Spectrum Analyzer (Анализатор спектра) в столбце режимов.</p> <p>в. Выберите Channel Power (Мощность в канале) в столбце измерений.</p> <p>г. Выберите Normal (Нормальный) в столбце просмотра.</p> <p>д. Нажмите OK в нижней части экрана.</p>
3	Включите внутренний опорный сигнал анализатор 50 МГц.	<p>а. Нажмите клавишу Input/Output (Входы и выходы).</p> <p>б. В панели меню коснитесь RF Calibrator (Калибратор РЧ) и выберите 50 МГц.</p>

Шаг	Действие	Примечания
4	Укажите центральную частоту.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу FREQ (Частота). b. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 50 МГц.
5	Включите гистограмму	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу Display (Дисплей). b. В панели меню включите Bar Graph (Линейчатая диаграмма)
6	Оптимизируйте настройки ослабления анализатора.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу AMPTD (Амплитуда). b. Выберите вкладку Attenuation (Ослабление). c. Коснитесь пункта Adjust Atten for Min Clipping (Настройка ослабления для минимизации обрезки). <p>Изображение на дисплее должно быть аналогично Рисунку 7-7.</p>

Рисунок 7-7. Измерения мощности в канале



Показание мощности практически соответствует мощности тона. Общая мощность шума намного ниже, чем мощность тона, и незначительно влияет на общую мощность сигнала.

Алгоритм вычисления общей мощности также может использоваться для любых статистических сигналов (тональных, шумоподобных или комбинированных).

Измерения отношения несущая/шум для модулированной несущей

В системах с модулированным несущим сигналом соотношение несущая/шум используется для оценки шумовых характеристик системы. Обычно чем больше сигналов в системе или чем сложнее модуляция, тем выше уровень шума. Это может уменьшать отношение несущая/шум и влиять на качество демодулированного сигнала. Например, снижение соотношения несущая/шум в цифровых системах может быть причиной увеличения модуля вектора ошибок (EVM).

В современных сложных схемах цифровой модуляции измерение мощности для модулированной несущей требует точного захвата всей мощности. В данной процедуре используется маркер мощности в полосе с использованием детектора среднеквадратичного отклонения для получения точного значения мощности несущей в перестраиваемой пользователем области. Также используется маркер шума (нормализованный по полосе пропускания мощности шумов 1 Гц) с перестраиваемой шумовой областью, позволяющий пользователю выбрать и правильно измерить только уровень шумов тестируемой системы. Для точности измерений с использованием маркера мощности в полосе и измерений мощности шума параметр Average Type (Тип усреднения) в настройках измерения (кнопка Meas Setup) должен быть установлен в положение Auto (Автоматический).

В данном примере используется цифровой модулированный сигнал W-CDMA с 4 несущими в качестве основного, а внутренний шум измеряется как шумы системы.

Шаг	Действие	Примечания
1	Настройте генератор сигналов.	<ol style="list-style-type: none">Настройте сигнал W-CDMA с 4 несущими.Установите частоту источника 1,96 ГГц.Установите амплитуду источника -10 дБм.

Шаг	Действие	Примечания
-----	----------	------------

Подключите РЧ-выход источника к РЧ-входу анализатора, как показано на рисунке ниже.



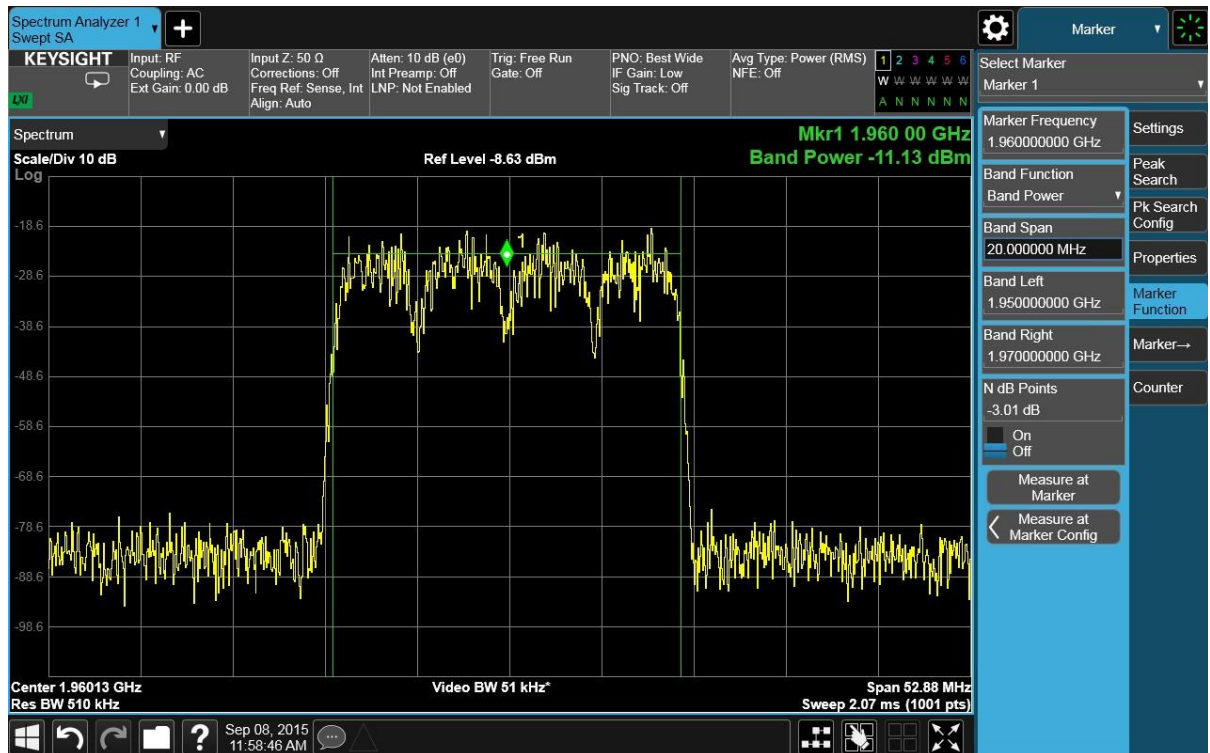
2	Восстановите стандартные настройки анализатора.	а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) .	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение) .
---	---	--	---

ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».

3	Включите выход внешнего генератора РЧ-сигналов.	а. Включите выход внешнего генератора РЧ-сигналов.	
4	Настройте прием сигнала W-CDMA на анализаторе.	а. Нажмите клавишу FREQ (Частота) . б. В панели меню коснитесь пункта Auto Tune (Автонастройка) .	

Шаг	Действие	Примечания
5	Включите функцию маркера мощности в полосе. а. Нажмите клавишу Marker (Маркер) . б. В панели меню выберите в. вкладку Marker Function (Функция маркера) . д. Коснитесь пункта Band Function (Ширина полосы) и выберите Band Power (Мощность в полосе) .	Это позволит измерить полную мощность сигнала W-CDMA с 4 несущими.
6	Центрируйте частоту маркера мощности в полосе на сигнале а. Дважды коснитесь пункта Marker Frequency (Частота маркера) и введите значение 1,96 ГГц .	
7	Настройте ширину (диапазон) маркера мощности в полосе. а. Дважды коснитесь пункта Band Span (Ширина полосы) и введите значение 20 МГц .	Это значение охватывает все 4 несущих сигнала W-CDMA. См. Рисунок 7-8 .

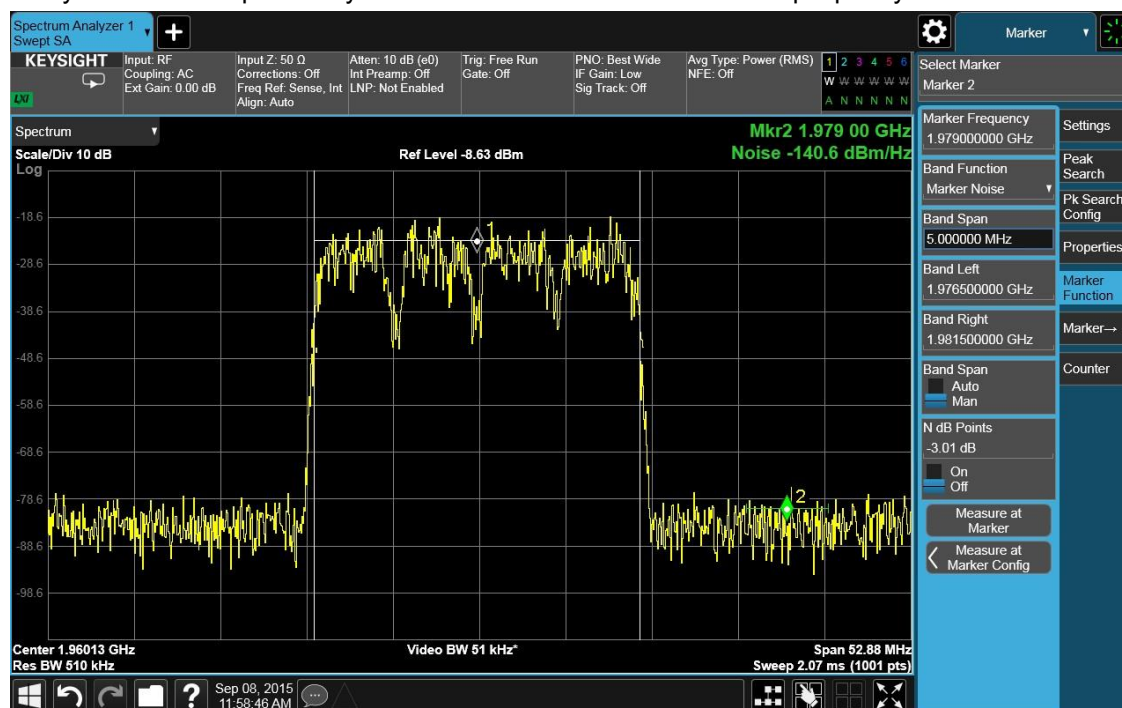
Рисунок 7-8. Измерения уровня мощности сигнала W-CDMA с 4 несущими с использованием маркера мощности в полосе



Обратите внимание на зеленые вертикальные линии маркера 1, выделяющие диапазон сигналов, включенных в измерение мощности в полосе, и на мощность несущей, указанную в блоке результатов маркера (зеленый текст на экране).

Шаг	Действие	Примечания	
8	Используя маркер 2, включите маркер шума.	<p>a. Коснитесь пункта Select Marker (Выбор маркера) и выберите Маркер 2.</p> <p>b. Коснитесь пункта Band Function (Ширина полосы) и выберите Marker Noise (Маркер шума) в раскрывающемся меню.</p>	Это позволит измерить уровень мощности шума в системе.
9	Переместите маркер шума 2 на тестируемую частоту шумов системы.	a. Дважды коснитесь пункта Marker Frequency (Частота маркера) и введите значение 1,979 ГГц.	Это значение захватывает требуемый уровень мощности шума.
10	Отрегулируйте ширину области маркера шума.	a. Дважды коснитесь пункта Band Span (Ширина полосы) и введите 5 МГц.	См. Рисунок 7-9 .

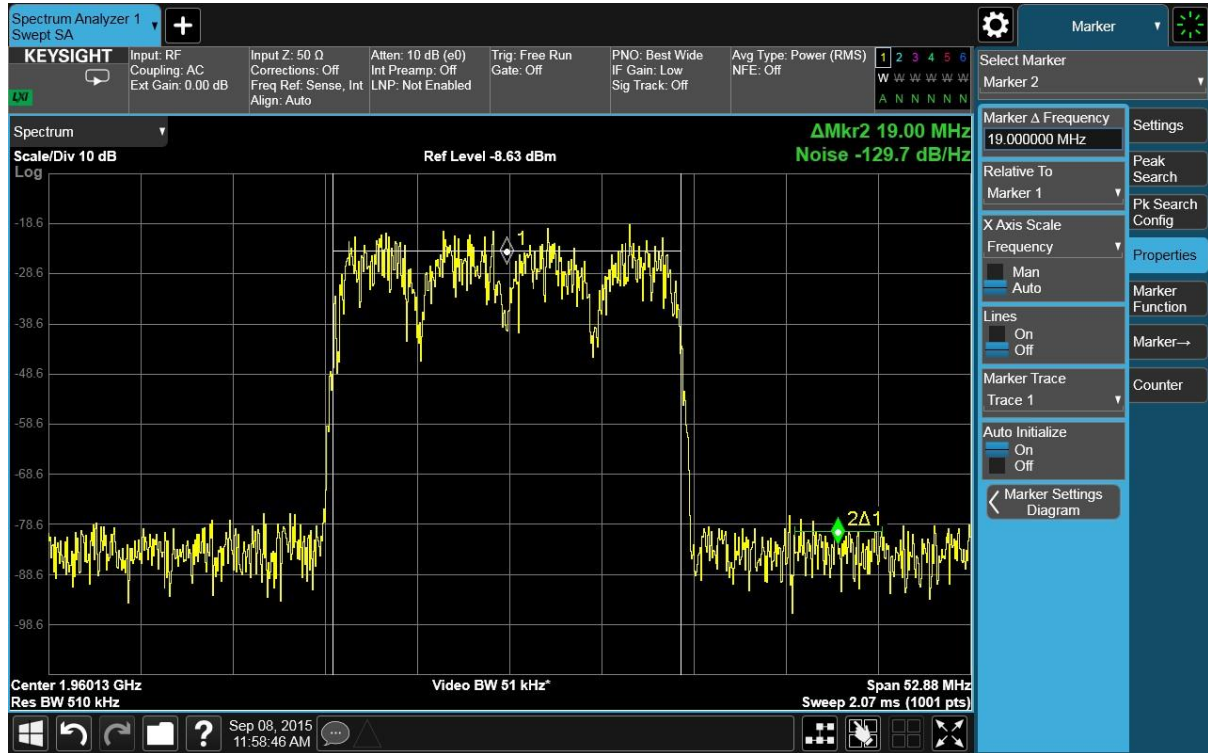
Рисунок 7-9. Измерения шумов системы с использованием маркера шума



ПРИМЕЧАНИЕ Обратите внимание на зеленые «крылья» маркера 2, задающие область шума, включаемую в измерения, и полученный в результате уровень мощности шумов, выраженный в дБм/Гц, в блоке результатов маркера.

11	Измерьте отношение несущая/шум, сравнив значение маркера шума с значением маркера мощности в полосе несущей.	<p>a. Выберите вкладку Properties (Характеристики).</p> <p>b. Коснитесь пункта Relative to (По отношению к) и выберите Marker 1 (Маркер 1).</p>	См. Рисунок 7-10 .
----	--	--	------------------------------------

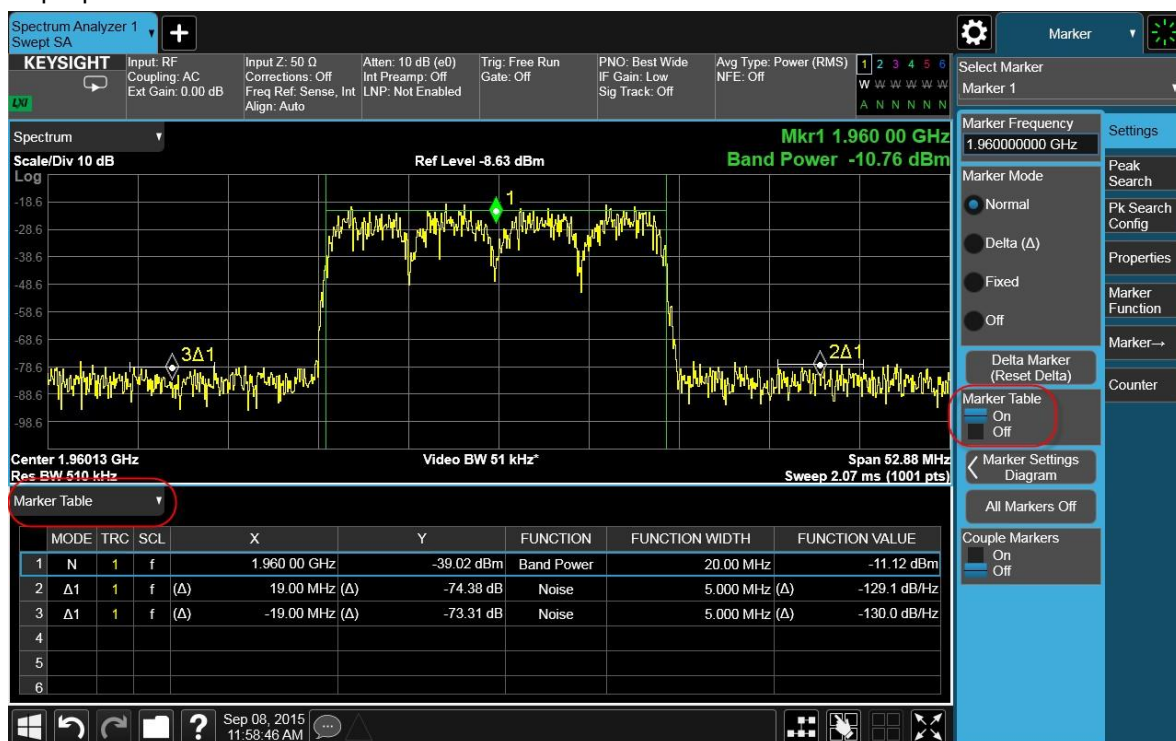
Рисунок 7-10. Измерения отношения сигнал/шум



- 12 Включите еще один маркер шума, чтобы одновременно измерить отношение несущая/шум во второй области системы.
- Коснитесь пункта **Select Marker (Выбор маркера)** и выберите Маркер 3.
 - Выберите вкладку **Marker Function (Функция маркера)**.
 - Коснитесь пункта **Band Function (Ширина полосы)** и выберите Marker Noise (**Маркер шума**).
 - Дважды коснитесь пункта **Marker Frequency (Частота маркера)** и введите значение **1,941 ГГц**.
 - Дважды коснитесь пункта Band Span (**Ширина полосы**) и введите **5 МГц**.
 - Выберите вкладку **Properties (Характеристики)**.
 - Коснитесь пункта **Relative to (По отношению к)** и выберите **Marker 1 (Маркер 1)**.

Шаг	Действие	Примечания
13	<p>Включение таблицы маркеров.</p> <p>a. Выберите вкладку Settings (Настройки).</p> <p>b. Коснитесь пункта Marker Table (Таблица маркеров) и переключите этот параметр в режим On (Вкл.).</p>	<p>Это позволит вам просматривать результаты измерений обоих отношений несущая/шум и всех других маркеров.</p> <p>См. Рисунок 7-11.</p>

Рисунок 7-11. Множественные измерения отношения сигнал/шум с использованием таблицы маркеров



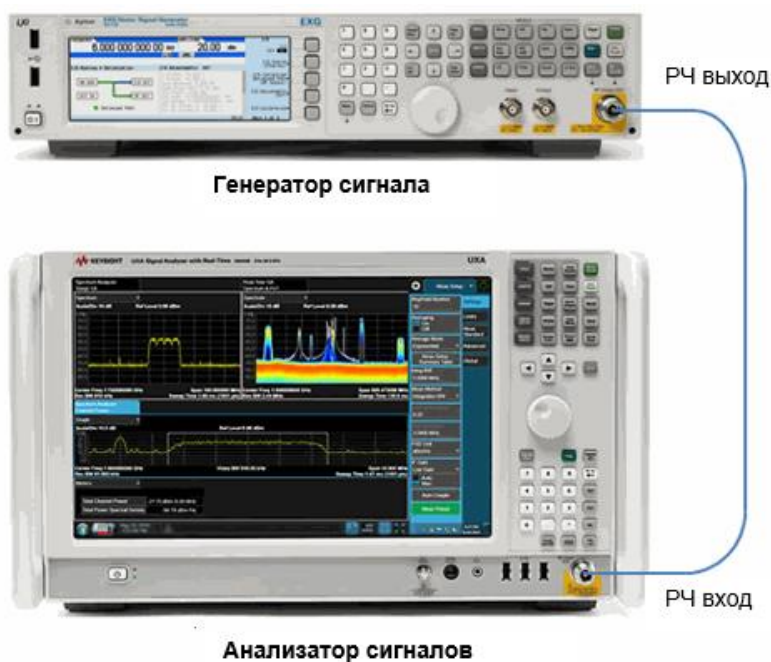
Оптимизация измерений уровня фазового шума путем вычитания собственных шумов анализатора

Измерения уровня мощности шумов (таких как фазовый шум), близких к уровню собственных шумов анализатора, где каждый децибел имеет важное значение — сложная задача. Использование математической функции анализатора Power Diff (Разность мощности) и трех отдельных трасс позволяет отобразить фазовые шумы ИУ на одном графике, собственные шумы анализатора — на втором и, наконец, разницу между этими двумя величинами — на третьем.

В этой процедуре генератор сигналов используется в роли тестируемого устройства. Обычно тестируемое устройство подключается к входу анализатора.

Шаг	Действие	Примечания
1	Настройте генератор сигналов.	а. Настройте немодулированный сигнал. б. Установите частоту источника 1,96 ГГц . в. Установите амплитуду источника -30 дБм .

2 Подключите РЧ-выход источника к РЧ-входу анализатора, как показано на рисунке ниже.



3	Включите выход генератора сигналов.	а. Включите выход генератора сигналов.
---	-------------------------------------	--

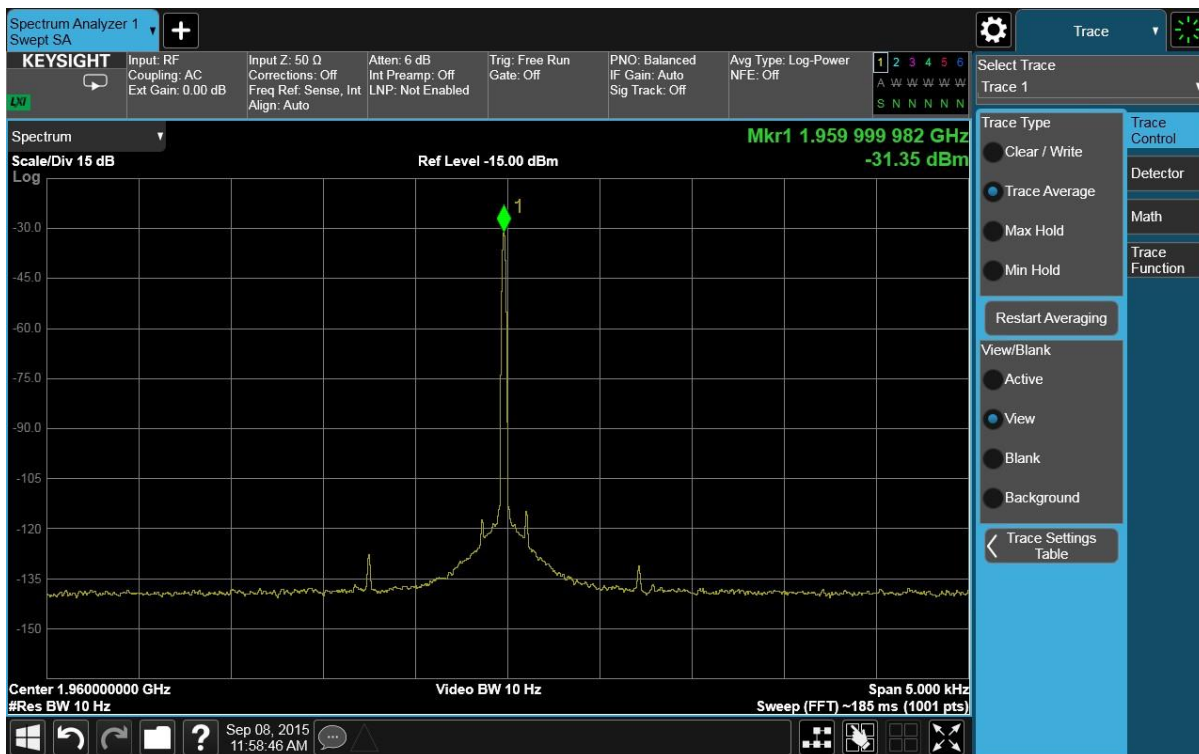
Шаг	Действие	Примечания	
4	Восстановите стандартные настройки анализатора.	а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) .	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/Измерение) .
ПРИМЕЧАНИЕ			
Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».			
5	Настройка сигнала.	а. Нажмите кнопку FREQ (Частота) . б. В панели меню коснитесь пункта Auto Tune (Автонастройка) .	
6	Настройтесь на сигнал, скорректируйте диапазон, ПП ФПЧ и опорный уровень.	а. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 5 МГц . б. Нажмите клавишу BW (Полоса частот) . в. В панели меню дважды коснитесь пункта Res BW (Полоса пропускания фильтра ПЧ) и введите значение 10 Гц . г. Нажмите клавишу AMPTD (Амплитуда) . д. В панели меню дважды коснитесь пункта Ref Level (Опорный уровень) и введите значение -15 дБм . е. Дважды коснитесь пункта Scale/Div (Шкала/дел.) и введите значение 15 дБ .	
7	Измерьте и сохраните сумму фазового шума генератора сигналов и собственного шума анализатора.	а. Нажмите клавишу Trace (Трасса) . б. Коснитесь пункта Select Trace (Выбрать трассу) и выберите Trace 1 (Трасса 2) . в. В списке значений Trace Type (Тип трассы) выберите Trace Average (Усреднение трассы) . г. Позвольте анализатору работать несколько секунд, чтобы точно оценить среднее значение. д. В списке значений View/Blank (Показать/Скрыть) выберите View (Показать) .	См. Рисунок 7-12 .

Шаг

Действие

Примечания

Рисунок 7-12. Измерения шума генератора сигналов и анализатора



- 8 Используя трассу 2 (голубой) с функцией усреднения трассы, измерьте шум анализатора.
- Отключите выход генератора сигналов от РЧ-входа анализатора, или отсоедините от него тестируемое устройство.
 - Коснитесь пункта **Select Trace (Выбрать трассу)** и выберите **Trace 2 (Трасса 2)**.
 - Коснитесь пункта **Clear and Write (Обновлять)**.
 - В списке значений **Trace Type (Тип трассы)** выберите
 - Trace Average (Усреднение трассы)**.
 - Позвольте анализатору работать несколько секунд, чтобы точно оценить среднее значение.
 - В списке значений **View/Blank (Показать/скрыть)** выберите **View (Показать)**.

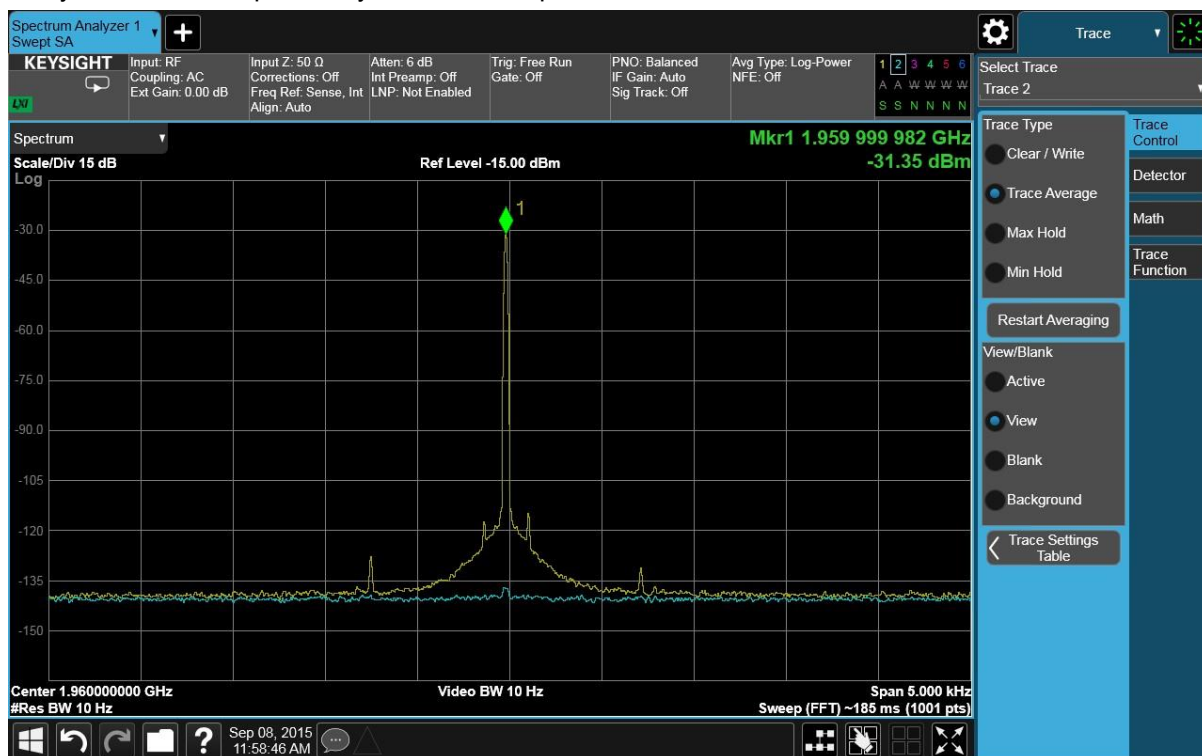
См. Рисунок 7-13.

Шаг

Действие

Примечания

Рисунок 7-13. Измерения шума анализатора



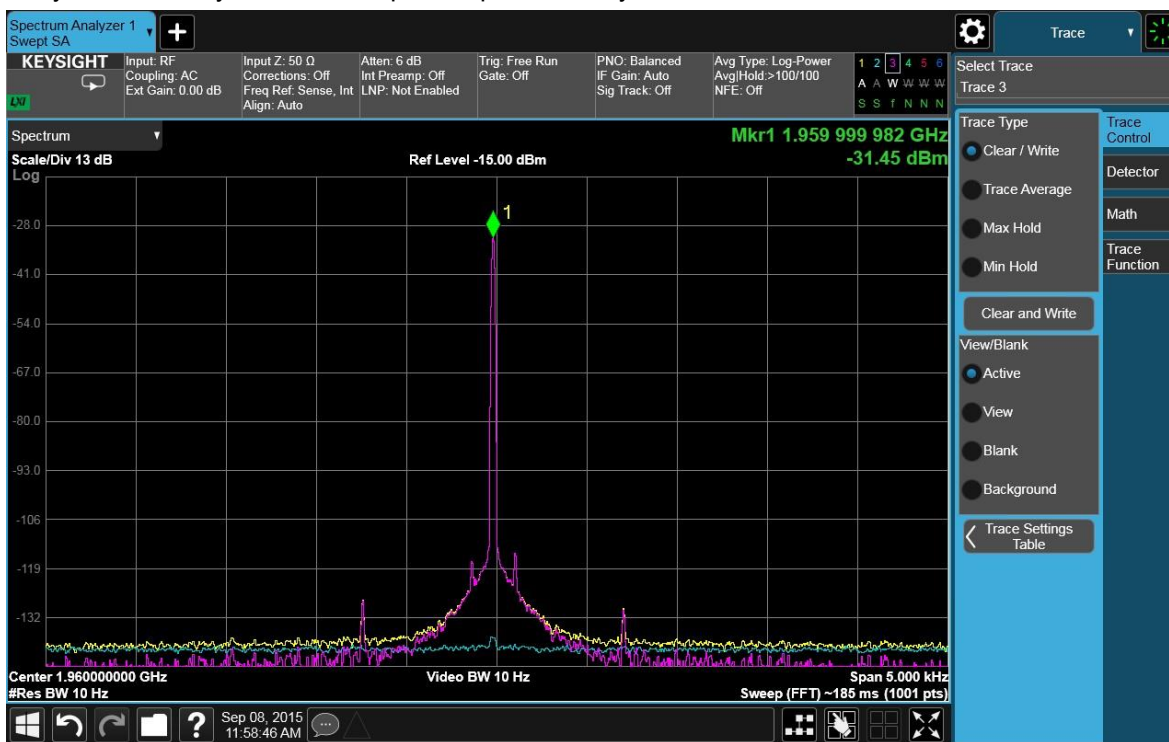
9. Используя математическую функцию Power Diff (Разность мощности), вычитите показания шума анализатора из данных измерений фазового шума генератора сигналов (или ИУ).
- Включите или подсоедините сигнал ИУ к РЧ-входу анализатора.
 - Коснитесь пункта **Select Trace (Выбрать трассу)** и выберите **Trace 1 (Трасса 2)**.
 - В списке значений **View/Blank (Показать/скрыть)** выберите **Active (Активный)**.
 - Коснитесь пункта **Select Trace (Выбрать трассу)** и выберите **Trace 3 (Трасса 2)**.
 - Коснитесь пункта **Clear and Write (Обновлять)**.
 - Откройте вкладку **Math (Математический аппарат)**.
 - Коснитесь пункта **Math Function (Математическая функция)** и выберите **Power Difference (Разность мощности)**.
 - Коснитесь пункта **Operand 1 (Операнд 1)** и выберите **Trace 1 (Трасса 1)**.
 - Коснитесь пункта **Operand 2 (Операнд 2)** и выберите **Trace 1 (Трасса 1)**.
- Обратите внимание на улучшение измерений фазового шума на смещении 1 кГц между трассой 1 (желтый) и трассой 3 (фиолетовый). См. Рисунок 7-14.

Шаг

Действие

Примечания

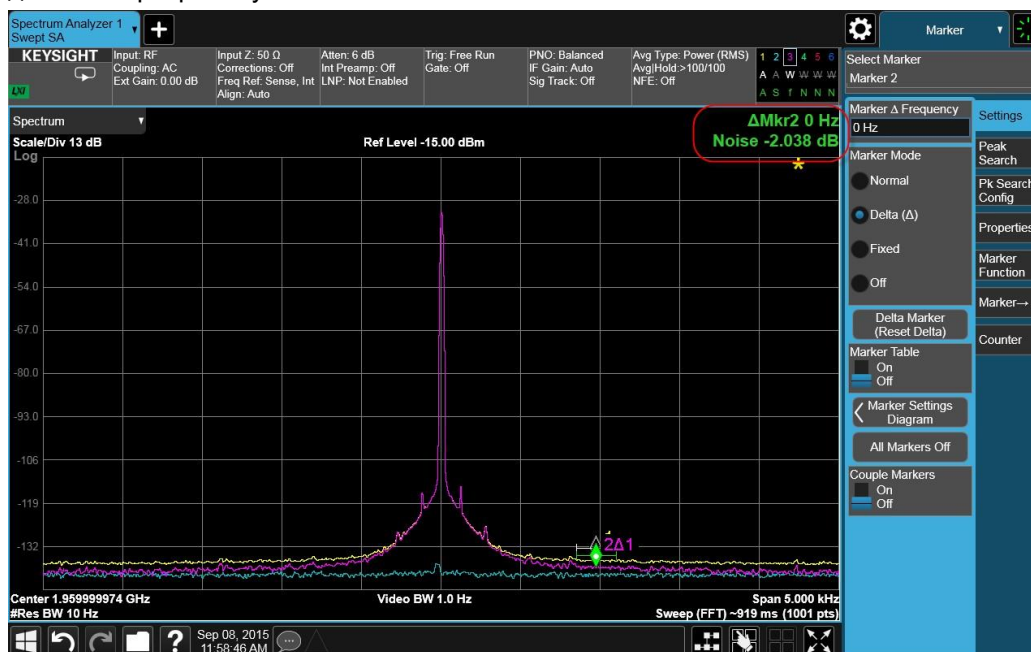
Рисунок 7-14. Улучшение измерений фазового шума



- 10 Оцените улучшение измерения уровня шума между трассами при помощи дельта-маркеров шума.
- Нажмите клавишу **Marker (Маркер)**.
 - Коснитесь пункта **Select Marker (Выбрать маркер)** и выберите **Маркер 1**.
 - В списке значений **Marker Mode (Режим маркера)**, выберите **Normal (Нормальный)**.
 - Выберите вкладку **Properties (Характеристики)**.
 - Коснитесь пункта **Marker Trace (Трасса маркера)** и выберите **Trace 1 (Трасса 1)**.
 - Перетащите маркер 1 (зеленый ромб) на экране, сместив его приблизительно на 900 Гц относительно несущей на трассе 1.
 - Коснитесь пункта **Select Marker (Выбрать маркер)** и выберите **Маркер 2**.
 - Коснитесь пункта **Marker Trace (Трасса маркера)** и выберите **Trace 3 (Трасса 3)**.
- Обратите внимание на улучшение в 2 дБ, указанное в результатах маркера. См. [Рисунок 7-15](#).

Шаг	Действие	Примечания
	i. Коснитесь пункта Relative to (По отношению к) и выберите Marker 1 (Маркер 1) .	
	j. Выберите вкладку Settings (Настройки).	
	k. В списке значений Marker Mode (Режим маркера) выберите Delta (Дельта).	
	l. Перетащите маркер 2 (зеленый ромб) на экране, сместив его приблизительно на 900 Гц относительно несущей на трассе 3.	
	m. Выберите вкладку Marker Function (Функция маркера).	
	n. Коснитесь пункта Select Marker (Выбрать маркер) и выберите Маркер 1 .	
	o. Коснитесь пункта Band Function (Ширина полосы) и выберите Marker Noise (Маркер шума).	
	p. Коснитесь пункта Select Marker (Выбрать маркер) и выберите Маркер 2 .	
	q. Коснитесь пункта Band Function (Ширина полосы) и выберите Marker Noise (Маркер шума).	

Рисунок 7-15. Улучшенные измерения фазового шума с использованием дельта-маркеров шума



8 Измерения с использованием временного стробирования

Традиционный частотный анализ спектра предоставляет только ограниченную информацию для определенных сигналов. Ниже приводятся примеры сигналов, анализ которых может оказаться затрудненным:

- импульсные РЧ-сигналы;
- сигналы с временным мультиплексированием;
- сигналы, передаваемые в режиме чередования двух каналов или перемежающиеся;
- сигналы с временным разделением каналов (TDMA);
- модулированные импульсы.

В этой главе представлены несколько примеров измерения с использованием временного стробирования, частотно-модулированных и импульсных РЧ-сигналов. Целью является просмотр спектра ЧМ несущей, как если бы она была постоянной, а не импульсной. Это открывает компоненты модуляции на низком уровне, которые скрыты спектром импульса.

Просмотр радиоимпульсного ЧМ-сигнала

В этом разделе описывается выполнение измерений с помощью стробирования по гетеродину ([страница 128](#)), а также измерения с помощью стробирования по видеотракту ([страница 132](#)) и измерения с помощью стробирования по БПФ ([страница 136](#)) с использованием импульсного РЧ-сигнала, получаемого от генератора сигналов.

При выполнении этих измерений для настройки стробированного сигнала вы можете использовать наш анализатор сигналов Keysight X-серии (в режиме стробирования) или цифровой осциллограф.

Настройка цифрового осциллографа для просмотра сигналов триггера, стробирования и РЧ описаны в разделе [«Настройка цифрового осциллографа»](#) на странице 123.

Выполните первые три из описанных ниже шагов, чтобы настроить генератор сигналов для вывода радиоимпульсного ЧМ сигнала.

Шаг	Действие	Примечания
1	Подключите выход генератора сигналов ко входу анализатора сигналов.	
2	Настройте генератор на создание частотно-модулированного сигнала.	<ul style="list-style-type: none"> a. Включите режим частотной модуляции. b. Установите частоту 40 МГц. c. Установите отклонение ЧМ 1 кГц. d. Установите частоту ЧМ равной 50 кГц. e. Установите амплитуду 0 дБм.
3	Настройте генератор сигналов на создание импульсного ЧМ сигнала и включите его выход.	<ul style="list-style-type: none"> a. Включите импульсный режим. b. Установите период импульсов 5 мс. c. Установите длительность импульса 4 мс. d. Включите модуляцию. e. Включите РЧ-выход.
4	Восстановите стандартные настройки анализатора.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима). <p>По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение).</p>
ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».		
5	Установите центральную частоту и диапазон частот.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу FREQ (Частота). b. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 40 МГц. c. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 500 кГц.
6	Установите опорный уровень анализатора.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу AMPTD (Амплитуда). b. В панели меню дважды коснитесь пункта Ref Level (Опорный уровень) и введите значение 5,4 дБм.

Шаг	Действие	Примечания
7	Установите ПП ФПЧ анализатора.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу BW (Полоса частот). b. В панели меню дважды коснитесь пункта Res BW (Полоса пропускания фильтра ПЧ) и введите значение 100 кГц.
8	Настройте получение стробирующего сигнала с внешнего входа триггера на задней панели.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу Trigger (Триггер). b. В панели меню коснитесь пункта Gate Source (Источник стробирования). c. Коснитесь пункта Select Gate Source (Выбор источника стробирования) и выберите RF Burst (РЧ-импульс).
9	Включите режим стробирования и установите время свипирования в режиме стробирования.	<ul style="list-style-type: none"> a. Выберите вкладку Gate Settings (Настройки стробирования). b. Включите (On) режим стробирования (Gate View). c. Дважды коснитесь пункта Gate View Sweep Time (Время свипирования в режиме стробирования) и введите значение 10 мс.
10	Установите задержку и длительность стробирования, чтобы строб приходился на среднюю треть импульса.	<ul style="list-style-type: none"> a. Дважды коснитесь пункта Gate Delay (Задержка стробирования) и введите значение 1,33 мс. b. Дважды коснитесь пункта Gate Length (Длительность стробирования) и введите значение 1,33 мс. c. Переведите Control (Управление) в режим Edge (Фронт импульса). <p>В этом примере будут установлены задержка и длительность стробирования, равные примерно 1,33 мс.</p> <p>Также проверьте, чтобы триггер стробирования был установлен по фронту импульса.</p> <p>См. Рисунок 8-1.</p>

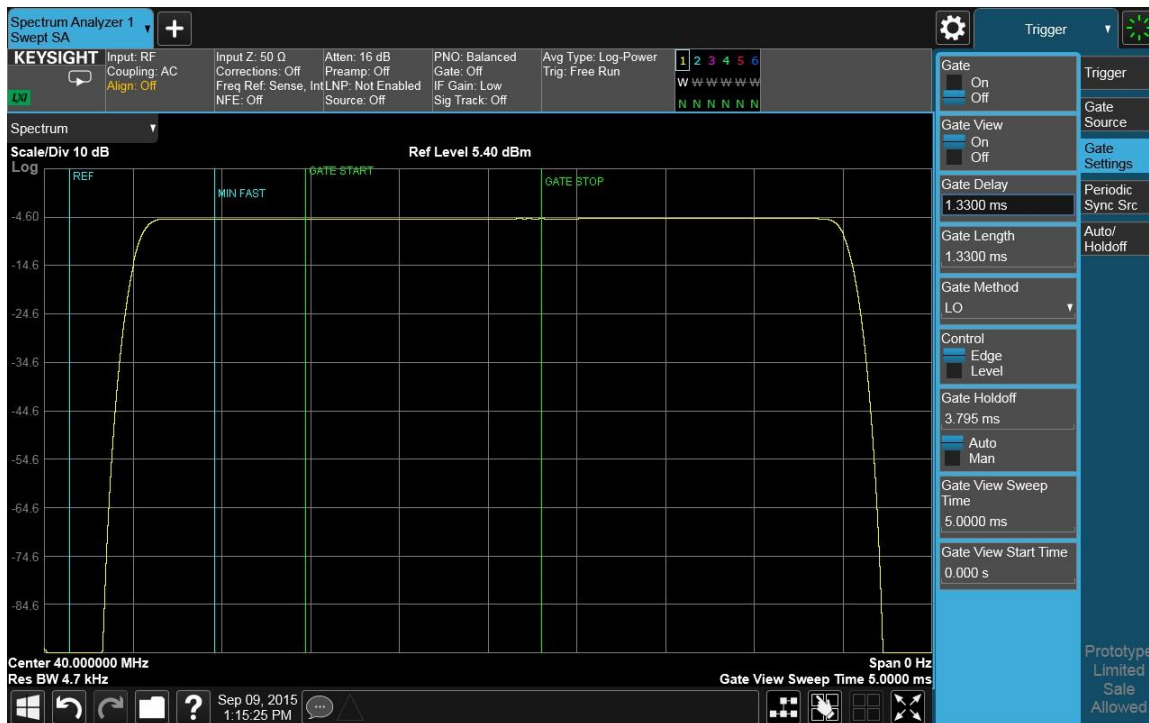
Рисунок 8-1. РЧ-сигнал со стробированием



- 11 Установите полосу пропускания фильтра ПЧ в автоматический режим, выключите режим стробирования, выберите местный гетеродин в качестве метода стробирования и включите режим.
- a. Выключите режим стробирования (**Gate View**).
 - b. Нажмите клавишу **BW** (**Полоса частот**).
 - c. Коснитесь пункта **Res BW** (**Полоса пропускания фильтра ПЧ**) и выберите режим **Auto** (**Автоматический**).
 - d. Нажмите клавишу **Trigger** (**Триггер**).
 - e. В панели меню выберите **Gate Settings** (**Настройки стробирования**).
 - f. Коснитесь пункта **Gate Method** (**Метод стробирования**) и выберите **LO** (**Местный гетеродин**).
 - g. Включите (**On**) режим стробирования (**Gate View**).

См. Рисунок 8-2.

Рисунок 8-2. РЧ-сигнал стробирования с автоматической ПП ФПЧ



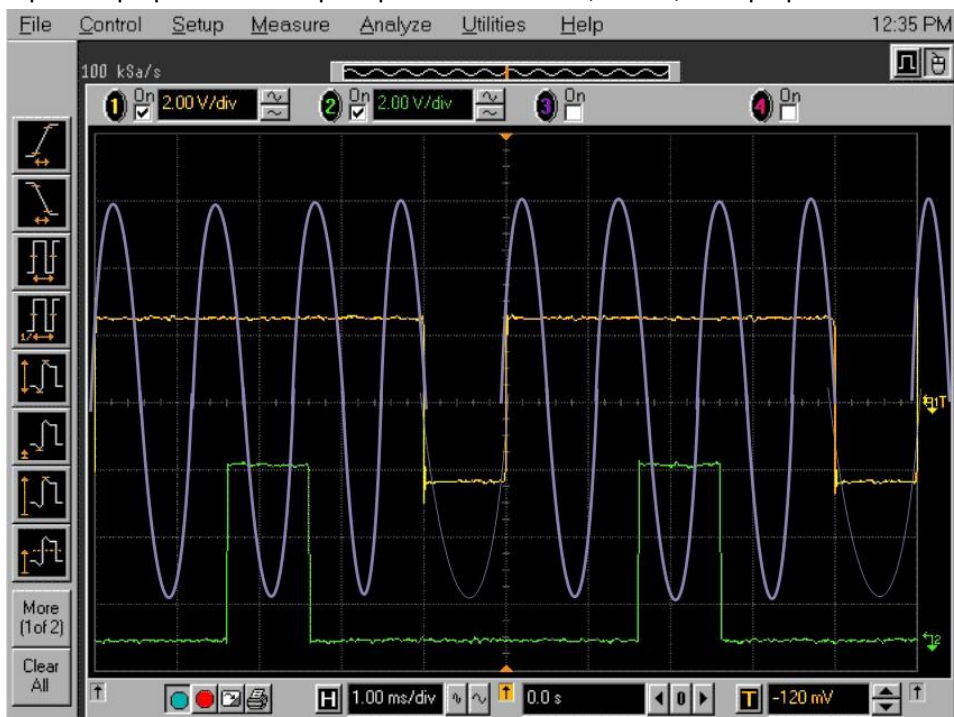
Настройка цифрового осциллографа

В случае использования цифрового осциллографа установите осциллограф для просмотра сигналов триггера, стробирования и РЧ (см. пример на [Рисунке 8-3](#)):

Генератор опорной частоты	1 мс/дел
Канал 1	ON (ВКЛ.), 2 V/div (2 В/дел), OFFSET = 2 V (Отстройка 2 В), DC coupled (связь по пост. току), вход 1 M Ω , соединение с импульсным сигналом (LF OUTPUT генератора ESG или OUTPUT генератора импульсов). Дополнительно настройте канал 1 по необходимости.
Канал 2	ON (ВКЛ.), 500 mV/div (500 мВ/дел), OFFSET = 2 V (Отстройка 2 В), DC coupled (связь по пост. току), вход 1 M Ω , соединение с разъемом TRIGGER 2 OUT (Выход запуска 2) анализатора сигналов. При необходимости отрегулируйте настройки канала 2 при активном стробировании.
Канал 3	ON (ВКЛ.), 500 mV/div (500 мВ/дел), OFFSET = 0 V (Отстройка 0 В), Timebase = 20 ns/div (врем. Развертка 20 нс/дел), DC coupled (связь по пост. току), вход 50 Ω , соединение с импульсным РЧ-сигналом ESG (RF OUTPUT). Дополнительно настройте канал 3 по необходимости.
Канал 4	ВЫКЛ.
Триггер	По фронту импульса, канал 1, уровень = 1,5 В или иное требуемое значение.

Рисунок 8-3.

Просмотр временного стробирования с помощью осциллографа



Каналы осциллографа на **Рисунке 8-3**:

1. Канал 1 (желтая трасса) — сигнал триггера.
2. Канал 2 (зеленая трасса) — стробирующий сигнал (стробирующий сигнал неактивен, пока в анализаторе спектра не включено стробирование).
3. Канал 3 (фиолетовая трасса) — РЧ-выход генератора сигналов.

Соединение приборов для проведения измерений с использованием временного стробирования

Рисунок 8-4 демонстрирует тестовую схему, которая позволяет создавать импульсный ЧМ сигнал, просматривать спектр сигнала на анализаторе сигналов и сигналы синхронизации на осциллографе. Данная схема используется при осуществлении измерений со стробированием на неизвестных сигналах. Генератор сигналов №2 подает импульсный сигнал через НЧ выход на вход EXT 2 генератора сигналов №1, а также передает сигналы триггера на осциллограф (если подключен) и анализатор сигналов. Осциллограф используется для отображения взаимодействий стробирования между сигналом триггера и стробом. Вместо осциллографа может использоваться функция режима стробирования анализатора.

При отсутствии осциллографа используйте настройки, показанные на **Рисунке 8-5**. Начните с использования функции Gate View (Режим стробирования) для установки параметров стробирования, а затем выключите режим стробирования для просмотра спектров сигналов (см. рис. 8-5).

Рисунок 8-4.

Схема соединения приборов с использованием осциллографа

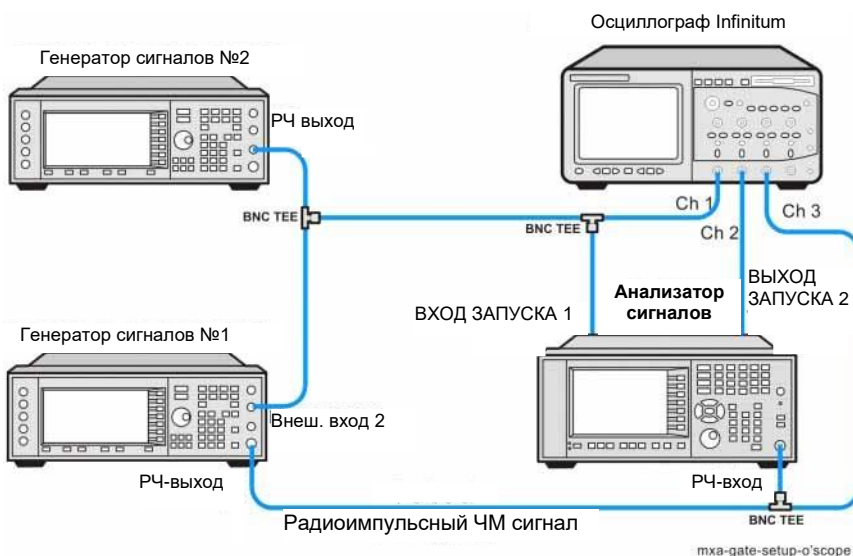
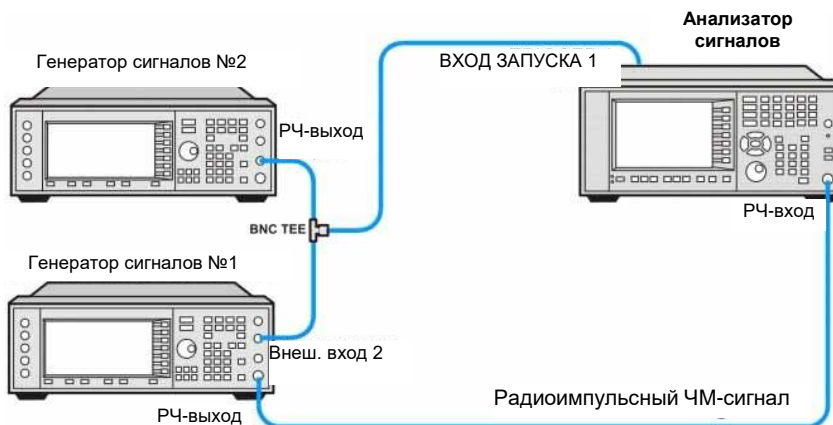


Рисунок 8-5.

Схема соединения приборов без использования осциллографа



Настройка источника сигнала

Шаг 1. Настройте генератор сигналов №2 (источник импульсов).

Эта процедура демонстрирует создание импульсного сигнала с помощью источника сигналов Keysight, оснащенного портом НЧ выхода. Но вы можете применить любой другой источник сигналов, который способен формировать импульсы с такими характеристиками, которые указаны в [таблице 8-1](#).

См. [Таблицу 8-1](#), если вы используете универсальный генератор импульсов.

См. [Таблицу 8-2](#) если вы используете генератор сигналов с НЧ выходным портом, например, генератор сигналов Keysight.

Таблица 8-1. Универсальный генератор сигналов

Period (Период)	5 мс, или частота импульса, равная 200 Гц
Pulse width (Длительность импульса)	4 мс
High output level (выходной сигнал высокого уровня)	2,5 В
Waveform (Сигнал)	pulse (Импульс)
Low output level (выходной сигнал низкого уровня)	-2,5 В
Delay (Задержка)	0 или минимум

Таблица 8-2. Генератор сигналов Keysight с НЧ выходным портом

LF Out Source (Источник сигнала на разъеме LF Out)	FuncGen (Функциональный генератор)
LF Out Waveform (Сигнал на разъеме LF Out)	Pulse (Импульс)
LF Out Period (Период на разъеме LF Out)	5 мс
LF Out Width (Длительность импульса на разъеме LF Out)	4 мс
LF Out Amplitude (Амплитуда сигнала на разъеме НЧ выхода)	2,5 В
LF Out	On (Вкл.)
RF On/Off (РЧ вкл./выкл.)	Off (Выкл.)
Mod On/Off (Мод. вкл./выкл.)	On (Вкл.)

Шаг 2. Настройте генератор сигналов №1 (источник импульсного ЧМ сигнала).

Генератор сигналов №1 создает импульсный ЧМ сигнал. Импульсный сигнал, созданный на шаге 1, подается на вход EXT 2 INPUT (на передней панели генератора сигналов). № 1. Генератор сигналов №1 подает импульсный ЧМ сигнал, который анализируется на анализаторе спектра. См. [Таблицу 8-3](#) с информацией о настройке генератора сигналов №1.

Таблица 8-3. Настройки генератора сигналов №1

Frequency (Частота)	40 МГц
Amplitude (Амплитуда)	0 дБм
Pulse (Импульс)	On (Вкл.)
Pulse Source (Источник импульса)	Ext2 DC (внеш. вход 2, пост. ток)
FM (ЧМ)	On (Вкл.)
FM Path (ЧМ тракт)	1
FM Dev (Отклонение ЧМ)	1 кГц
FM Source (Источник ЧМ)	Internal (Внутренний)
FM Rate (Частота ЧМ)	50 кГц
RF On/Off (РЧ вкл./выкл.)	On (Вкл.)
Mod On/Off (Мод. вкл./выкл.)	On (Вкл.)

Измерения с помощью стробирования гетеродина

Ниже приведена процедура стробирования ЧМ сигнала с помощью стробирования по гетеродину. Чтобы подготовиться к этой процедуре, см. следующие разделы:

«Просмотр радиоимпульсного ЧМ сигнала»

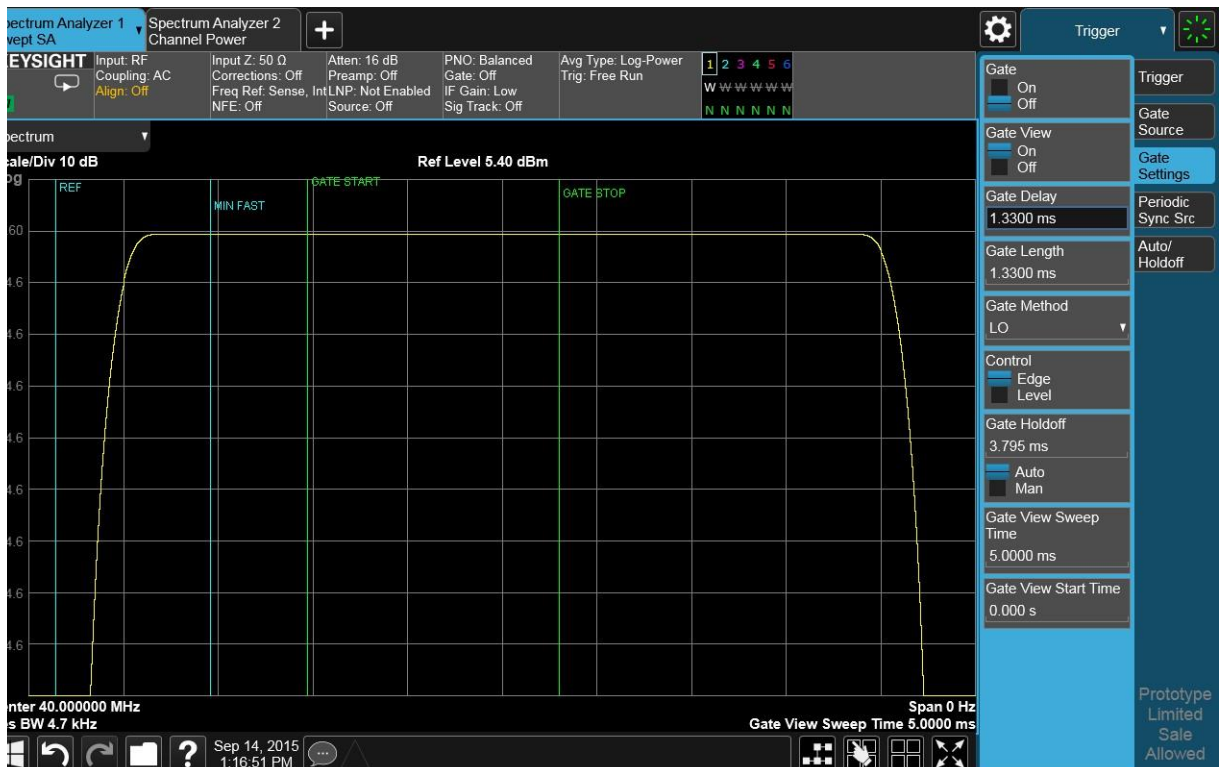
«Соединение приборов для проведения измерений с использованием временного стробирования»

Для получения информации о принципе действия и теоретических сведений о стробировании по гетеродину см. раздел «Как работает временное стробирование».

Шаг	Действие	Примечания	
1	Выполните сброс настроек	а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) .	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. При необходимости вы можете проверить (и выбрать) режим, нажав кнопку MODE/MEAS (Режим/измерение) .
ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».			
2	Установите центральную частоту и диапазон частот.	а. Нажмите клавишу FREQ (Частота) . б. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 40 МГц . с. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 500 кГц .	
3	Установите опорный уровень анализатора.	а. Нажмите клавишу AMPD (АМПЛИТУДА) . б. В панели меню дважды коснитесь пункта Ref Level (Опорный уровень) и введите значение 10 дБм .	
4	Настройте получение стробирующего сигнала с внешнего входа триггера на задней панели.	а. Нажмите клавишу Trigger (Триггер) . б. В панели меню выберите Gate Source (Источник стробирования) . с. Коснитесь пункта Select Gate Source (Выбор источника стробирования) и выберите External 1 (Внешний 1) .	

Шаг	Действие	Примечания
5	Установите задержку стробирования, длительность стробирования, время стробированной развертки и триггер стробирования	<ul style="list-style-type: none"> a. Выберите вкладку Gate Settings (Настройки стробирования). b. Дважды коснитесь пункта Gate Delay (Задержка стробирования) и введите значение 2 мс. c. Дважды коснитесь пункта Gate Length (Длительность стробирования) и введите значение 1 мс. d. Дважды коснитесь пункта Gate View Sweep Time (Время свипирования в режиме стробирования) и введите значение 5 мс. e. Переведите Control (Управление) в режим Edge (Фронт импульса).
6	Войдите в режим стробирования.	<p>Используйте данную функцию для подтверждения включения стробирования в течение интервала РЧ-импульса. Для просмотра настроек стробирования можно также использовать осциллограф.</p> <p>См. Рисунок 8-6.</p>

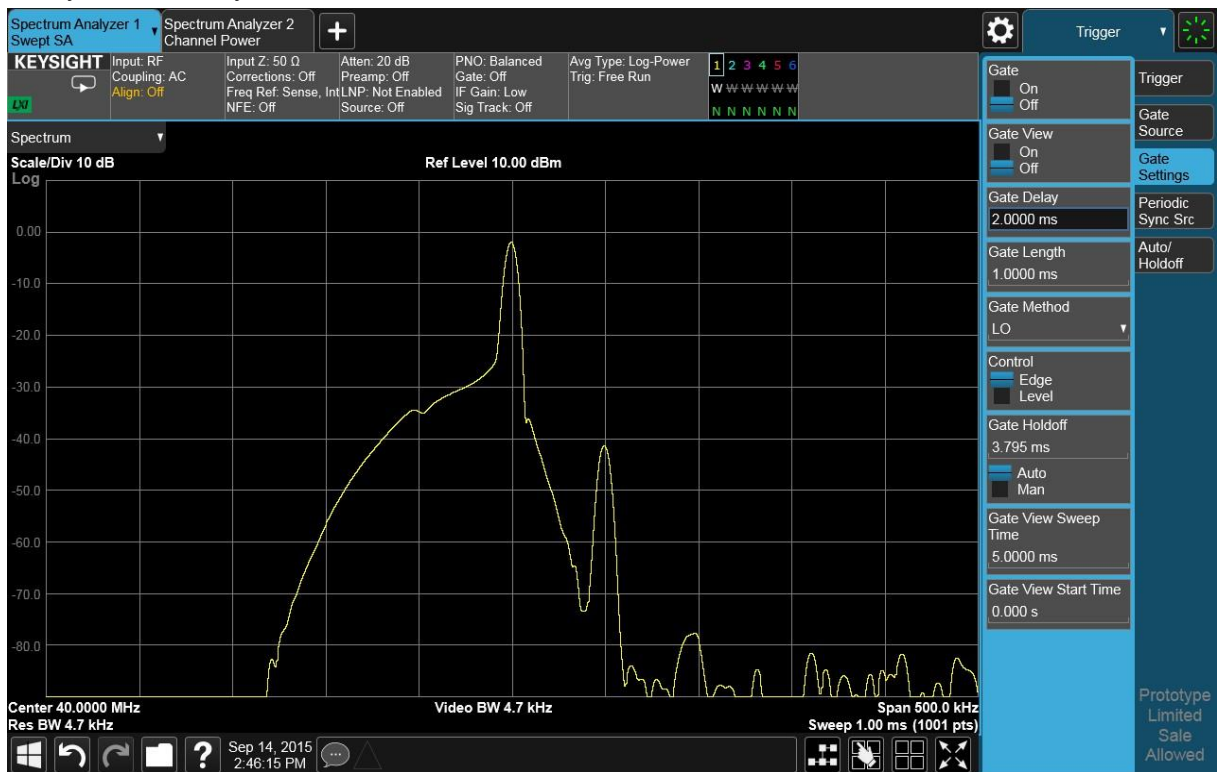
Рисунок 8-6. Просмотр настроек стробирования (использование местного стробированного гетеродина)



Вертикальная синяя линия (слева от огибающей РЧ-сигнала) обозначает положение,

Шаг	Действие	Примечания
	эквивалентное нулевой задержке стробирования. Вертикальные зеленые параллельные полосы показывают границы строба. Первая (левая) полоса GATE START (НАЧАЛО СТРОБА) отмечает время задержки, а вторая (правая) полоса GATE STOP (КОНЕЦ СТРОБА) — длительность стробирования, измеряемую от первой полосы. График сигнала в данном представлении временной области является огибающей РЧ-сигнала. Стробирующий сигнал вызывается положительным фронтом сигнала триггера. При позиционировании строба хорошим положением является интервал от 20 до 80 % импульса. При включенном режиме стробирования меняйте задержку, длительность и полярность строба. Обратите внимание, как при этом перемещаются границы строба. Верните значения задержки, длительности и полярности строба, которые использовались на шаге 3.	
ПРИМЕЧАНИЕ Режим запуска по стробу анализатора использует позитивный фронт, негативный фронт и тактирование уровнем напряжения.		
7	Выключите режим стробирования.	а. Переключите статус Gate View (Режим стробирования) в положение «выкл.» См. Рисунок 8-7.

Рисунок 8-7. Импульсный РЧ ЧМ сигнал

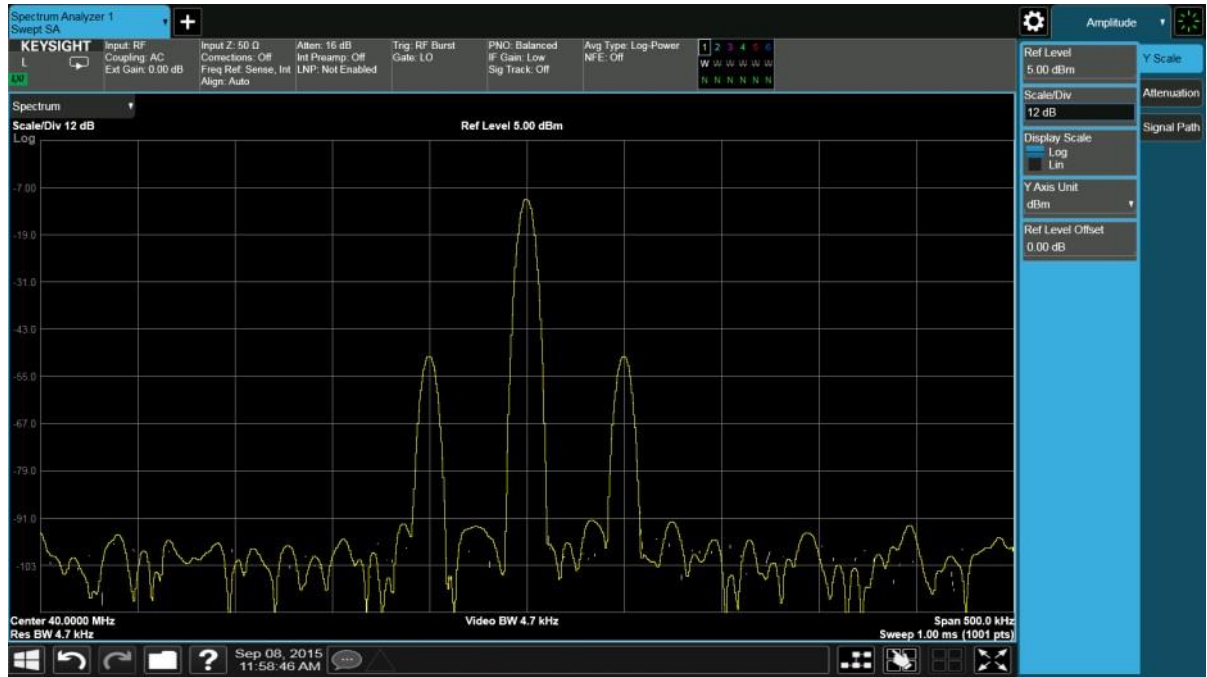


Двигающиеся сигналы являются результатом импульсного сигнала. При использовании временного стробирования эти сигналы будут блокироваться, оставляя оригинальный ЧМ сигнал.

Измерения с использованием временного стробирования
Измерения с помощью стробирования гетеродина

Шаг	Действие	Примечания
8	Включите настройки стробирования. а. Включите Gate (Стробирование) .	См. Рисунок 8-8 .

Рисунок 8-8. Стробированный импульсный сигнал



9	Выключите импульсную модуляцию ЧМ сигнала на генераторе сигналов №1. а. Переведите Pulse (Импульс) в положение Off (Выкл.) .	Обратите внимание, что спектр стробированного сигнала гораздо чище, чем нестробированного (как видно на Pulsed-RF FM Signal (Импульсный РЧ ЧМ сигнал) выше). Отображаемый спектр со стробированием идентичен ЧМ сигналу без импульсной модуляции. Отображаемый спектр не меняется, и в обоих случаях вы видите две боковые полосы модуляции на низком уровне, вызванные узкополосной ЧМ.
---	--	---

Измерения с помощью стробирования по видеотракту

Ниже приведена процедура стробирования ЧМ сигнала с помощью стробирования по видеотракту. Чтобы подготовиться к этой процедуре, см. следующие разделы:

«Просмотр радиоимпульсного ЧМ сигнала»

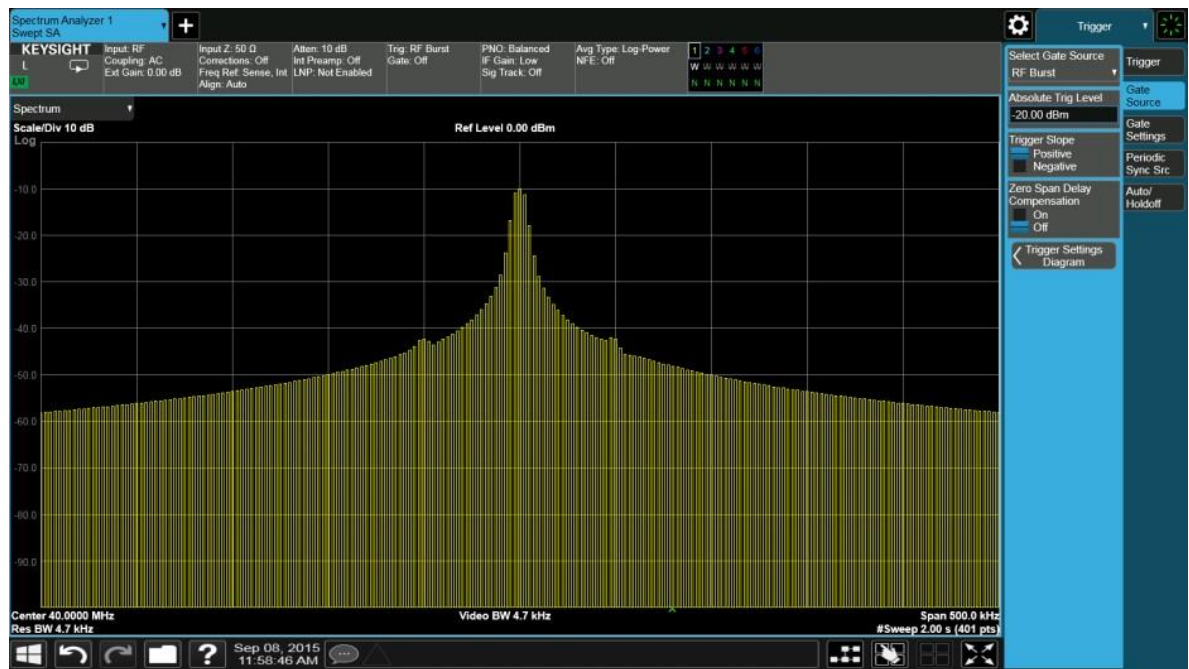
«Соединение приборов для проведения измерений с использованием временного стробирования»

Для получения информации о принципе действия и теоретических сведений о стробировании по видеотракту см. раздел «Как работает временное стробирование».

Шаг	Действие	Примечания	
1	Выполните сброс настроек	а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) .	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. При необходимости вы можете проверить (и выбрать) режим, нажав кнопку MODE/MEAS (Режим/измерение) .
		ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».	
2	Установите центральную частоту и диапазон частот.	а. Нажмите клавишу FREQ (Частота) . б. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 40 МГц . с. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 500 кГц .	
3	Установите опорный уровень анализатора.	а. Нажмите клавишу AMPTD (АМПЛИТУДА) . б. В панели меню дважды коснитесь пункта Ref Level (Опорный уровень) и введите значение 10 дБм .	
4	Настройте получение стробирующего сигнала с внешнего входа триггера на задней панели.	а. Нажмите клавишу SWEEP (Свипирование) . б. В панели меню выберите Sweep Config (Настройка свипирования) . с. Дважды коснитесь пункта Points (Точки) и введите 401 .	

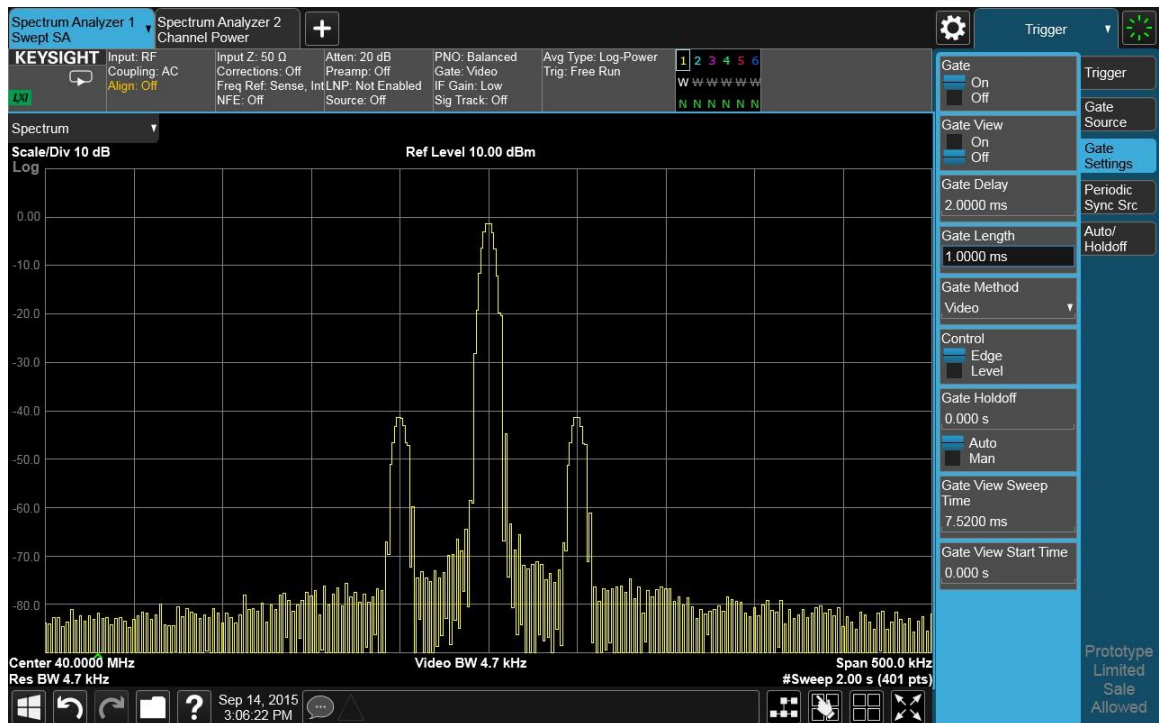
Шаг	Действие	Примечания
	<ul style="list-style-type: none"> d. Откройте вкладку Sweep Control (Управление свипированием). e. Дважды коснитесь пункта Sweep Time (Время свипирования) и введите значение 2000 мс. 	
5	<p>Установите число точек трассы равным 401, а время свипирования — 2000 мс.</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Выберите вкладку Sweep Config (Настройка свипирования), дважды коснитесь пункта Points (Точки) и введите 401. b. Откройте вкладку Sweep Control (Управление свипированием). Дважды коснитесь пункта Sweep Time (Время свипирования) и введите значение 2000 мс. 	
<p>Для стробирования по видеотракту время свипирования должно быть не меньше, чем (<i>кол-во точек развертки – 1</i>) × <i>PRI (период следования импульсов)</i>, чтобы гарантировать, что строб будет включен минимум единожды для каждой из 401 точек развертки. В данном примере PRI составляет 5 мс, так что следует установить время свипирования равным $(401 - 1) \times 5$ мс, или 2 с. Если установлено слишком короткое время свипирования, некоторые точки графика могут показывать значения нулевой мощности или другие некорректные низкие значения. Если график кажется неполным или неустойчивым, попробуйте установить большее время свипирования.</p>		
<p>ПРИМЕЧАНИЕ Принятые нормы для определения минимального времени свипирования для стробирования по видеотракту:</p> <p>Если сигнал не зашумлен, время измерения может быть меньше вышеуказанного значения (<i>кол-во точек развертки – 1</i>) × <i>PRI (период следования импульсов)</i>. Вместо использования PRI в расчете времени свипирования можно использовать «время между стробами», используя формулу (<i>кол-во точек развертки – 1</i>) × <i>время между стробами</i>. (Время между стробами определяется как $PRI - GL$, где GL = длительность стробирования). В нашем примере можно использовать время свипирования, равное 400 точек × 1 мс, или 400 мс: $(401 - 1) \times (5 \text{ мс} - 4 \text{ мс}) = 400 \text{ мс}$.</p> <p>Увеличьте полосу видеофильтра для улучшения возможности получения импульса с использованием «времени между стробами». Если точки графика все еще показывают значения нулевой мощности, увеличивайте время свипирования с небольшим шагом, пока выпадения не прекратятся.</p>		
6	<p>Настройте получение стробирующего сигнала с внешнего входа триггера на задней панели:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу Trigger (Триггер). b. Выберите вкладку Gate Source (Источник стробирования). c. Коснитесь пункта Select Gate Source (Выбор источника стробирования) и выберите External 1 (Внешний 1). 	См. Рисунок 8-9 .

Рисунок 8-9. Просмотр радиоимпульсного ЧМ сигнала (без стробирования)



- | | | | |
|----------|--|---|---|
| <p>7</p> | <p>Установите задержку и длительность стробирования.</p> | <p>a. Выберите Gate Settings (Настройки стробирования) и переведите Control (Управление) в режим Edge (По фронту импульса).</p> <p>b. Дважды коснитесь пункта Gate Delay (Задержка стробирования) и введите значение 2 мс.</p> <p>c. Дважды коснитесь пункта Gate Length (Длительность стробирования) и введите значение 1 мс.</p> | <p>Удостоверьтесь, что управление стробированием установлено на Edge (По фронту импульса).</p> |
| <p>8</p> | <p>Включите стробирование.</p> | <p>a. Коснитесь пункта Gate Method (Метод стробирования) и выберите Video (Видео).</p> <p>b. Включите строб (Gate).</p> | <p>См. Рисунок 8-10.</p> |

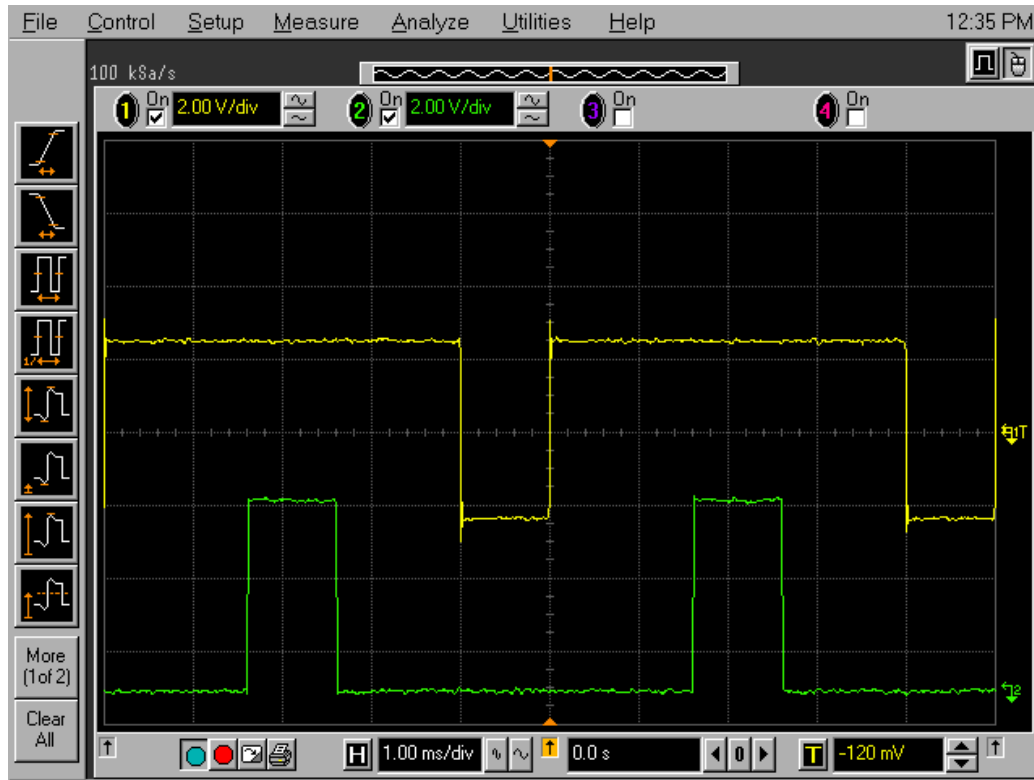
Рисунок 8-10. Просмотр радиоимпульсного ЧМ сигнала с использованием стробирования по видеотракту



Обратите внимание, что спектр стробированного сигнала гораздо чище, чем нестробированного (Рисунок 8-9). Отображаемый спектр идентичен ЧМ сигналу без импульсной модуляции. Чтобы это доказать, выключите импульсную модуляцию ЧМ сигнала на генераторе сигналов №1 путем перевода параметра **Pulse (Импульс)** в режим Off (Выкл.). Отображаемый спектр не изменится.

При использовании осциллографа проверьте, что строб расположен под импульсом, ориентируясь по изображению на экране. Строб должен быть установлен примерно между 20 % и 80 % импульса. При необходимости отрегулируйте длительность и задержку стробирования. Рис. 8-11 показывает изображение на дисплее осциллографа, когда строб расположен правильно (нижний график).

Рисунок 8-11. Изображение на дисплее осциллографа



Измерения с помощью стробирования по БПФ

Ниже приведена процедура стробирования ЧМ сигнала с помощью стробирования по БПФ. Чтобы подготовиться к этой процедуре, см. следующие разделы:

«Просмотр радиоимпульсного ЧМ сигнала»

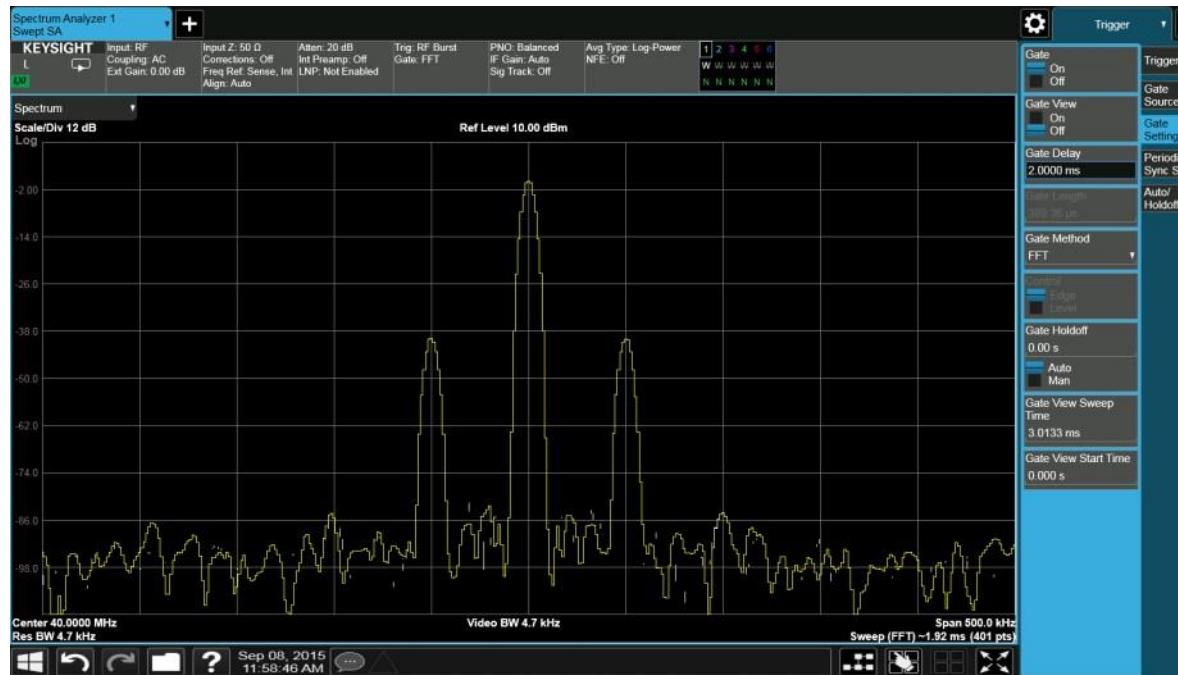
«Соединение приборов для проведения измерений с использованием временного стробирования»

Для получения информации о принципе действия и теоретических сведений о стробировании по БПФ см. раздел «Как работает временное стробирование».

Шаг	Действие	Примечания	
1	Выполните сброс настроек.	а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) .	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. При необходимости вы можете проверить (и выбрать) режим, нажав кнопку MODE/MEAS (Режим/измерение) .
ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».			
2	Установите центральную частоту и диапазон частот.	а. Нажмите клавишу FREQ (Частота) . б. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 40 МГц . с. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 500 кГц .	
3	Установите опорный уровень анализатора.	а. Нажмите клавишу AMP TD (АМПЛИТУДА) . б. В панели меню дважды коснитесь пункта Ref Level (Опорный уровень) и введите значение 10 дБм .	
4	Настройте получение стробирующего сигнала с внешнего входа триггера на задней панели.	а. Нажмите клавишу Trigger (Триггер) . б. В панели меню выберите вкладку Gate Source (Источник стробирования) и выберите External 1 (Внешний 1) .	

Шаг	Действие	Примечания
5	Установите метод стробирования и включите стробирование. а. Выберите вкладку Gate Settings (Настройки стробирования) . б. Коснитесь пункта Gate Method (Метод стробирования) и выберите FFT (БПФ) . в. Включите стробирование (Gate).	
6	Выберите минимальную ПП ФЧ. а. Нажмите клавишу BW (Полоса частот) . б. В панели меню коснитесь Res BW (Полоса пропускания фильтра ПЧ) и переведите параметр в автоматический режим (Auto).	См. Рисунок 8-12 .

Рис. 8-12. Просмотр результатов измерения со стробированием по БПФ



Полоса разрешения определяет продолжительность анализа. Разделите 1,83 на 4 мс для расчета минимальной ПП ФЧ. Длительность импульса в данном случае составляет 4 мс, поэтому минимальная ПП ФЧ равна 458 Гц. В данном случае в связи с узостью ПП ФЧ позвольте анализатору выбрать ПП ФЧ с учетом текущих настроек (диапазона частот). Проверьте, чтобы ПП ФЧ превышала значение 458 Гц. Посмотрите, как будет меняться форма сигнала при изменении ПП ФЧ от 1 кГц до 300 Гц.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если требуется задержка сигнала триггера, используйте функцию **Trig Delay (Задержка триггера)** в меню **Trigger (Триггер)**. Установите небольшую задержку триггера, чтобы предоставить испытываемому прибору время для стабилизации.

9 Измерения сигналов цифровой связи

Анализатор дает возможность быстро выполнять многократные замеры мощности сигнала цифровой связи благодаря возможности выполнять замер мощности в автоматизированном режиме по нажатию одной кнопки, используя предустановленные форматы на основе стандартов. Автоматические измерения также включают возможность проверки прохождения сигнала, что обеспечивает дополнительное повышение производительности при тестировании.

В этой главе приводятся примеры следующих измерений:

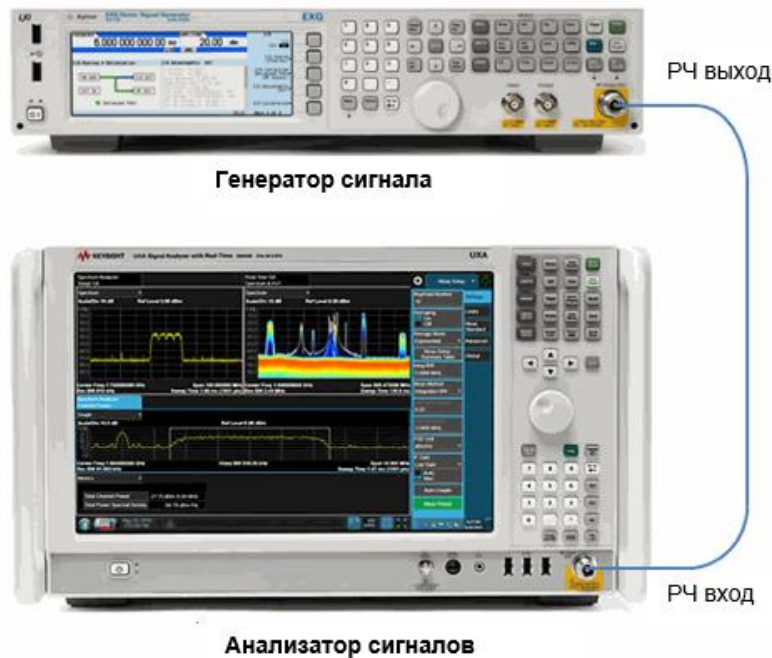
- Измерения мощности в канале
- Измерения занимаемой полосы пропускания
- Измерения мощности в соседнем канале (ACP)
- Измерения дополняющей интегральной функции распределения (CCDF)
- Измерения мощности импульса
- Измерения паразитных составляющих
- Измерения по спектральной маске сигнала
- Измерения в режиме свипирования по списку

Измерения мощности в канале

В данном разделе объясняется, как проводить измерения мощности в канале на мобильной станции W-CDMA (3GPP). Генератор сигналов используется как эмулятор базовой станции. Данный тест измеряет суммарную РЧ-мощность в канале. Результаты отображаются графически, а также в виде значений суммарной мощности (дБ) и спектральной плотности мощности (дБм/Гц).

Шаг	Действие	Примечания
1	Выполните сброс настроек	a. Установите режим W-CDMA. b. Установите частоту 1,920 ГГц. c. Установите амплитуду в значение –20 дБм.

Шаг	Действие	Примечания
2	Подключите РЧ-выход источника к РЧ-входу анализатора, как показано на рисунке.	



3	Выполните сброс настроек анализатора.	а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) .	
---	---------------------------------------	--	--

ПРИМЕЧАНИЕ

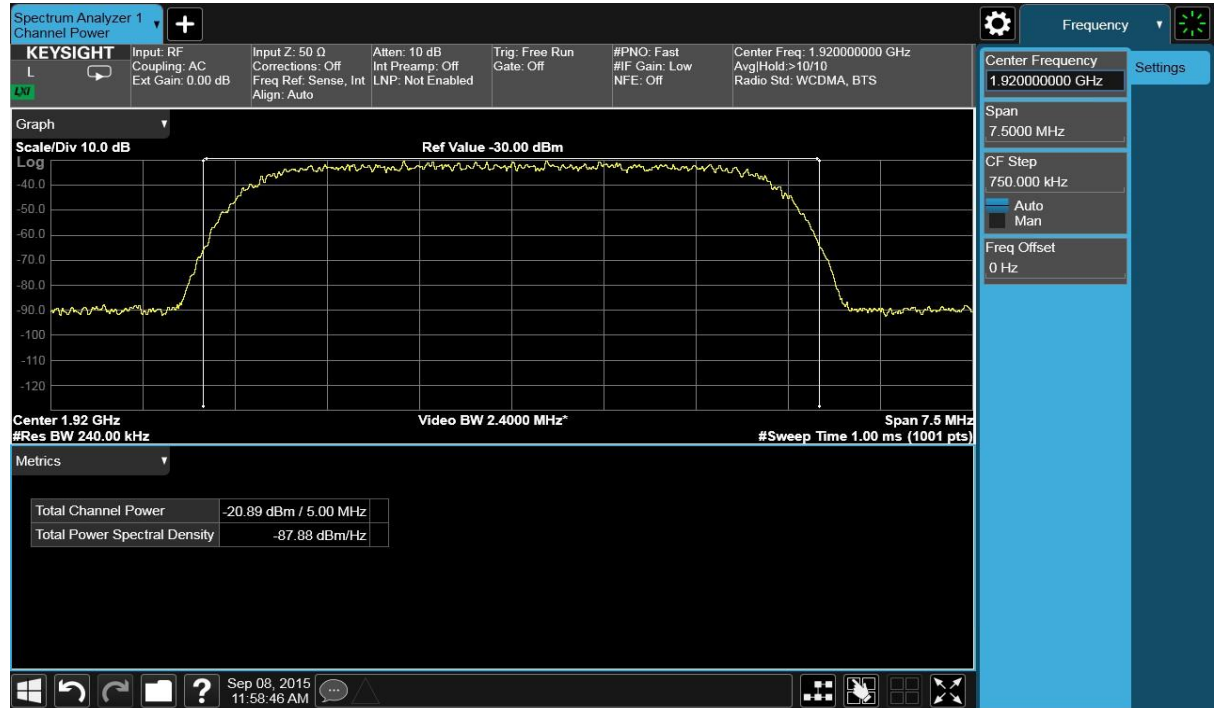
Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».

4	Выберите режим и вид измерения.	<p>а. Нажмите клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение).</p> <p>б. Выберите Spectrum Analyzer (Анализатор спектра) в столбце режимов.</p> <p>в. Выберите Channel Power (Мощность в канале) в столбце измерений.</p> <p>г. Нажмите OK в нижней части экрана.</p>	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение).
---	---------------------------------	---	---

5	Установите стандарт радиосвязи и тип станции.	<p>а. Нажмите клавишу MEAS SETUP (Настройка измерения).</p> <p>б. В панели меню выберите Meas Standard (Стандарт измерения).</p> <p>в. Коснитесь пункта Radio Std Presets (Сброс настроек стандарта радиосвязи) и последовательно выберите в таблице Cellular, 3GPP W-CDMA, MS (Сотовый, 3GPP W-CDMA, Мобильная станция).</p>	
---	---	---	--

Шаг	Действие	Примечания
	d. Нажмите ОК в нижней части экрана.	
6	<p>Укажите центральную частоту.</p> <p>a. Нажмите клавишу FREQ (Частота).</p> <p>b. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 1,92 ГГц.</p>	Результат измерения мощности в канале должен выглядеть, как на Рисунке 9-1 .

Рисунок 9-1. Результаты измерения мощности в канале

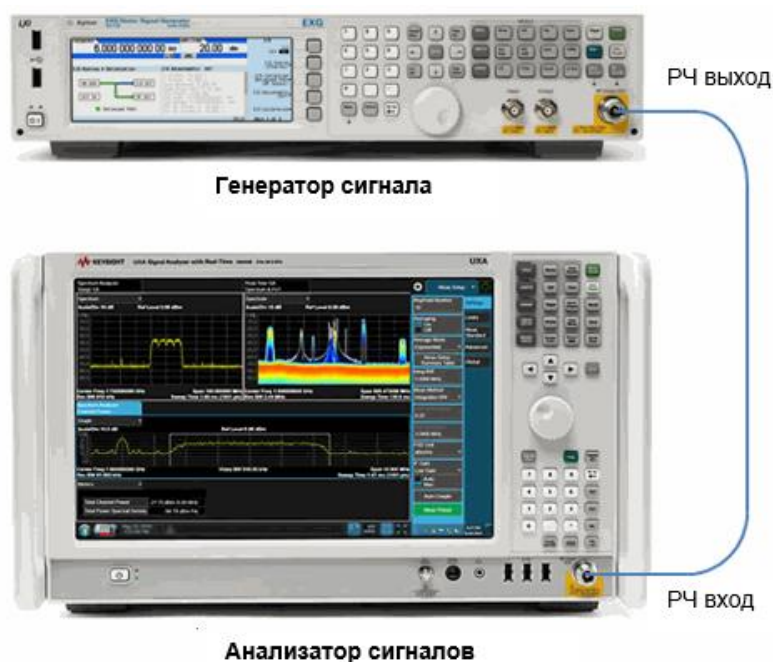


На дисплее появляются окно трассы и текстовое окно, показывающие абсолютную мощность и ее средние значения спектральной плотности мощности, превышающие 5 МГц. Для изменения параметров измерения нажмите кнопку **MEAS SETUP (Настройка измерения)**.

Измерения занимаемой полосы

В данном разделе описано, как проводить измерение занимаемой полосы для мобильной станции W-CDMA (3GPP). Генератор сигналов используется как эмулятор базовой станции. Прибор измеряет мощность в пределах полосы и затем рассчитывает полосу, содержащую 99,0 % мощности.

Шаг	Действие	Примечания
1	Выполните сброс настроек.	a. Установите режим W-CDMA. b. Установите частоту 1,920 ГГц . c. Установите амплитуду в значение -20 дБм .
2	Подключите РЧ-выход источника к РЧ-входу анализатора, как показано на рисунке.	

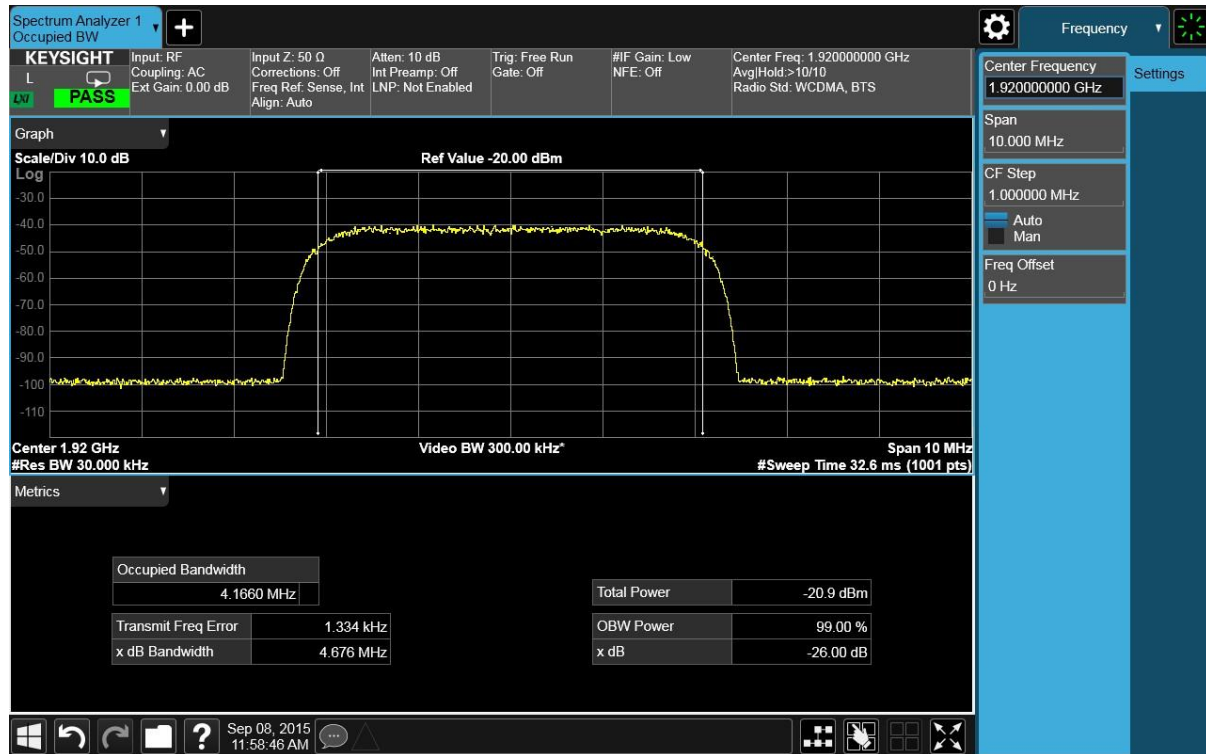


3	Выполните сброс настроек анализатора.	a. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) .
---	---------------------------------------	--

ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».

Шаг	Действие	Примечания	
4	Выберите режим и вид измерения.	<ol style="list-style-type: none">Нажмите клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение).Выберите Spectrum Analyzer (Анализатор спектра) в столбце режимов.Выберите Channel Power (Мощность в канале) в столбце измерений.Нажмите OK в нижней части экрана.	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение) .
5	Установите стандарт радиосвязи и тип станции.	<ol style="list-style-type: none">Нажмите клавишу MEAS SETUP (Настройка измерения).В панели меню выберите Meas Standard (Стандарт измерения).Коснитесь пункта Radio Std Presets (Сброс настроек стандарта радиосвязи) и последовательно выберите в таблице Cellular, 3GPP W-CDMA, MS (Сотовый, 3GPP W-CDMA, Мобильная станция).Нажмите OK в нижней части экрана.	
6	Укажите центральную частоту.	<ol style="list-style-type: none">Нажмите клавишу FREQ (Частота).В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение	Результат измерения занимаемой полосы должен выглядеть, как на Рисунке 9-2 .

Рисунок 9-2. Результаты измерения занимаемой полосы



Советы по устранению неполадок

Любое искажение, например, гармоники или интермодуляция, генерирует нежелательную мощность вне заданной полосы пропускания.

Плечи спектра с каждой из его сторон позволяют судить об искажении спектра и интермодуляции. Закругление или перекос плоской вершины могут означать проблемы с формой фильтра.

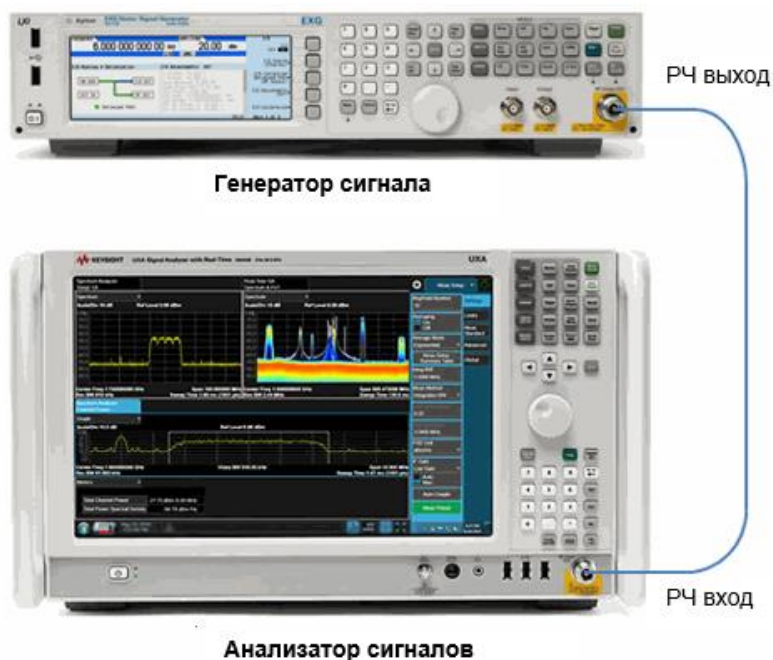
Измерения мощности в соседнем канале (АСР)

Мощность в соседнем канале (АСР) называется также коэффициентом мощности в соседнем канале (АСРР) или коэффициентом утечки в соседнем канале (АСЛР). В этом документе используется АСР.

АСР служит для измерения суммарной мощности (среднеквадратичного напряжения) в установленном канале и до шести пар частот смещения (каналов). Результаты измерения предоставляют сведения о коэффициентах мощностей смещения (каналов) относительно мощности в основном канале.

В следующем примере показано, как проводить измерения АСР на базовой станции W-CDMA, передающей сигнал на 1,96 ГГц. Генератор сигналов используется как эмулятор базовой станции.

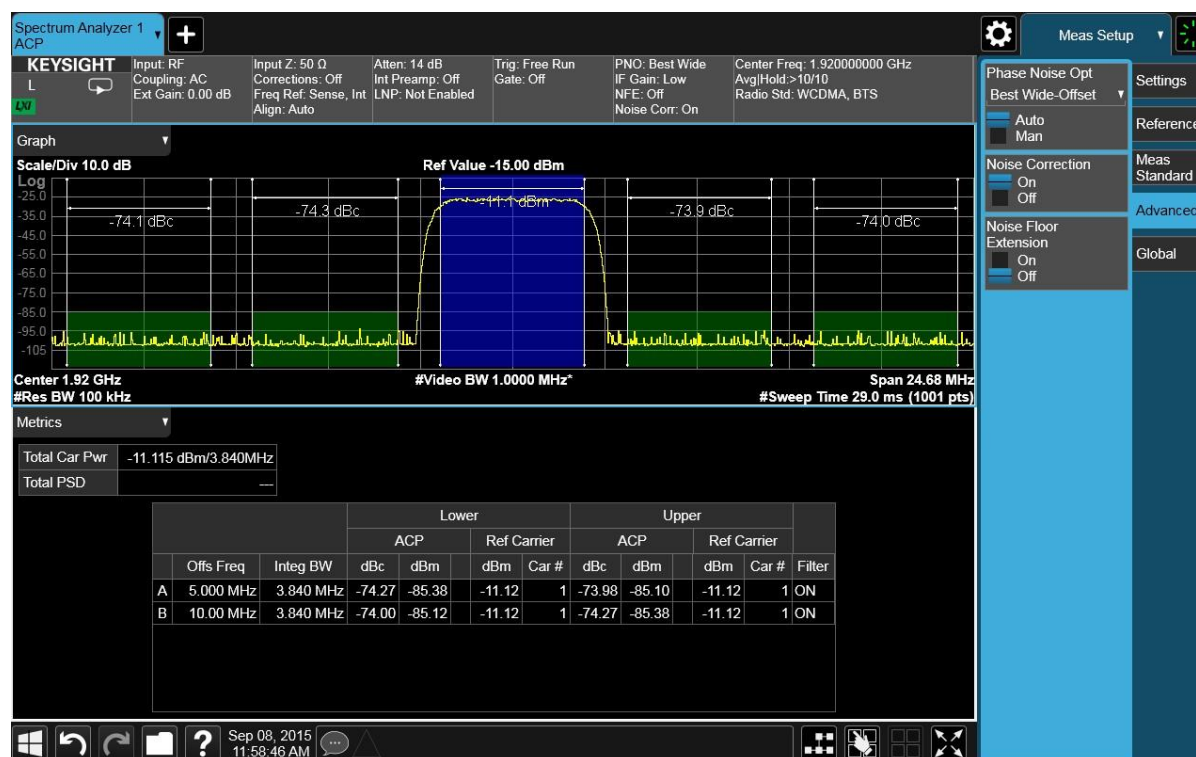
Шаг	Действие	Примечания
1	Выполните сброс настроек анализатора	a. Установите режим W-CDMA. b. Установите частоту 1,920 ГГц . c. Установите амплитуду в значение -20 дБм .
2	Подключите РЧ-выход источника к РЧ-входу анализатора, как показано на рисунке.	



Шаг	Действие	Примечания	
3	Выполните сброс настроек анализатора.	а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) .	
<p>ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».</p>			
4	Выберите режим и вид измерений.	<p>а. Нажмите клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение).</p> <p>б. Выберите Spectrum Analyzer (Анализатор спектра) в столбце режимов.</p> <p>в. Выберите Channel Power (Мощность в канале) в столбце измерений.</p> <p>г. Нажмите ОК в нижней части экрана.</p>	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение).
5	Установите стандарт радиосвязи и тип станции.	<p>а. Нажмите клавишу MEAS SETUP (Настройка измерения).</p> <p>б. В панели меню выберите Meas Standard (Стандарт измерения).</p> <p>в. Коснитесь пункта Radio Std Presets (Сброс настроек стандарта радиосвязи) и последовательно выберите в таблице Cellular, 3GPP W-CDMA, BTS (Сотовый, 3GPP W-CDMA, Базовая станция).</p> <p>г. Нажмите ОК в нижней части экрана.</p>	
6	Укажите центральную частоту.	<p>а. Нажмите клавишу FREQ (Частота).</p> <p>б. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 1,92 ГГц.</p>	Результат измерения АСР должен выглядеть, как на Рисунке 9-3 .

Шаг	Действие	Примечания
7	<p>Оптимизируйте настройки ослабления.</p> <p>a. Нажмите клавишу AMPTD (Амплитуда).</p> <p>c. В панели меню выберите пункта Attenuation (Ослабление).</p> <p>d. Коснитесь пункта Adjust Atten for Min Clipping (Настройка ослабления для минимизации обрезки).</p>	<p>Эта настройка защищает от перегрузок входного сигнала, но значения ослабления входного аттенюатора и опорного уровня, устанавливаемые ей, не обязательно являются оптимальными для динамического диапазона измерения.</p> <p>Для улучшения повторяемости измерения увеличьте время свипирования, чтобы сгладить трассу (необходимо выбрать детектор средних значений). Если повторяемость измерения не так важна, время свипирования можно уменьшить.</p>
8	<p>Для увеличения динамического диапазона можно использовать коррекцию шума (Noise Correction), чтобы исключить добавленную мощность результатов собственных шумов.</p> <p>a. Нажмите клавишу MEAS SETUP (Настройка измерения).</p> <p>b. На панели меню выберите вкладку Advanced (Дополнительно).</p> <p>c. Включите (On) коррекцию шума (Noise Correction).</p>	

Рисунок 9-3. Измерения ACP на W-CDMA сигнале базовой станции



Две вертикальные белые линии в центре экрана обозначают ограничение полосы пропускания центрального измеряемого канала. Смещения частот, объединенные полосы пропускания каналов и настройки диапазона частот можно изменять.

Шаг	Действие	Примечания
Смещения А и В заданы соседними парами белых линий; в данном случае 5 МГц и 10 МГц от центральной частоты соответственно.		
9 Определите новую (третью) пару частот смещения.	<ul style="list-style-type: none">a. Выберите вкладку Settings (Настройки).b. Коснитесь пункта Carr/Offset/Limits Config (Конфигурация несущей/смещения/ограничений).c. В левом столбце Configuration (Конфигурация) коснитесь пункта Offset (Смещение).d. В таблице настроек смещения (Offset) установите флажок C и измените Offset Freq (Частота смещения) на 15 МГц.e. Закройте эту страницу, коснувшись пиктограммы Close> в верхнем правом углу.	Третья пара частот смещения смещена на 15,0 МГц от центральной частоты (внешняя пара смещения), как показано на Рисунке 9-4 . Доступны еще три пары частот смещения (D, E и F).

Рисунок 9-4. Настройка несущей/смещения/ограничений

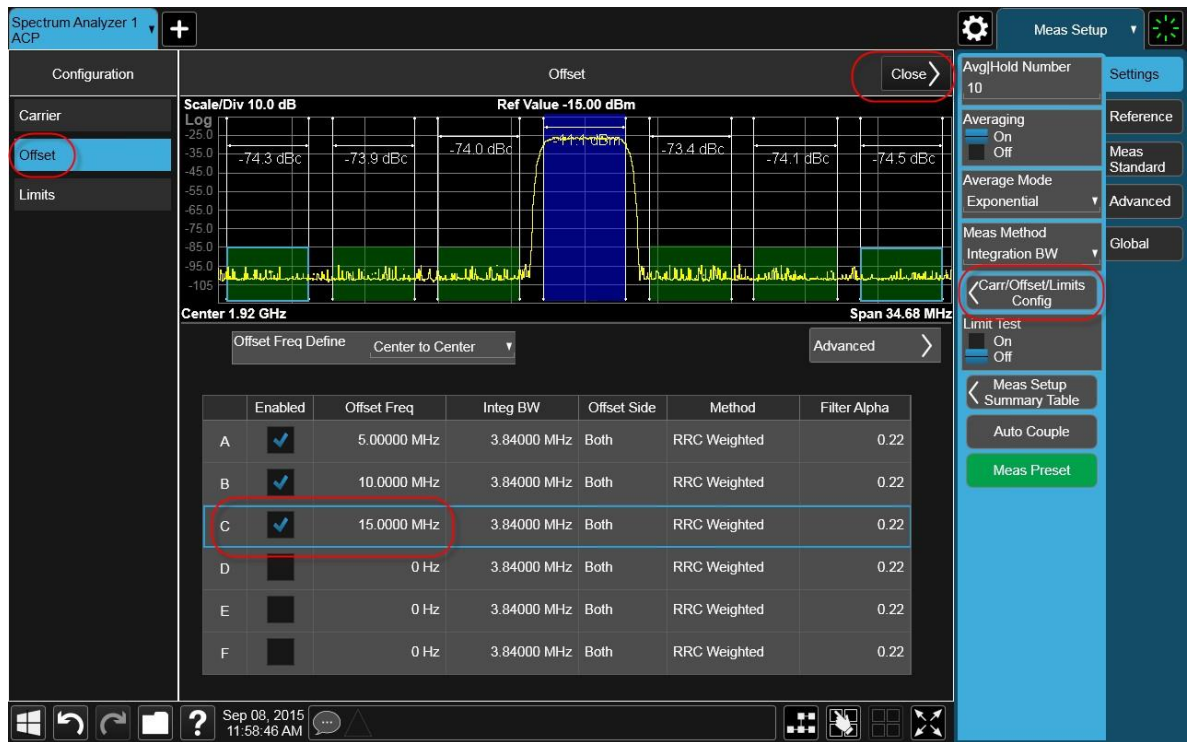
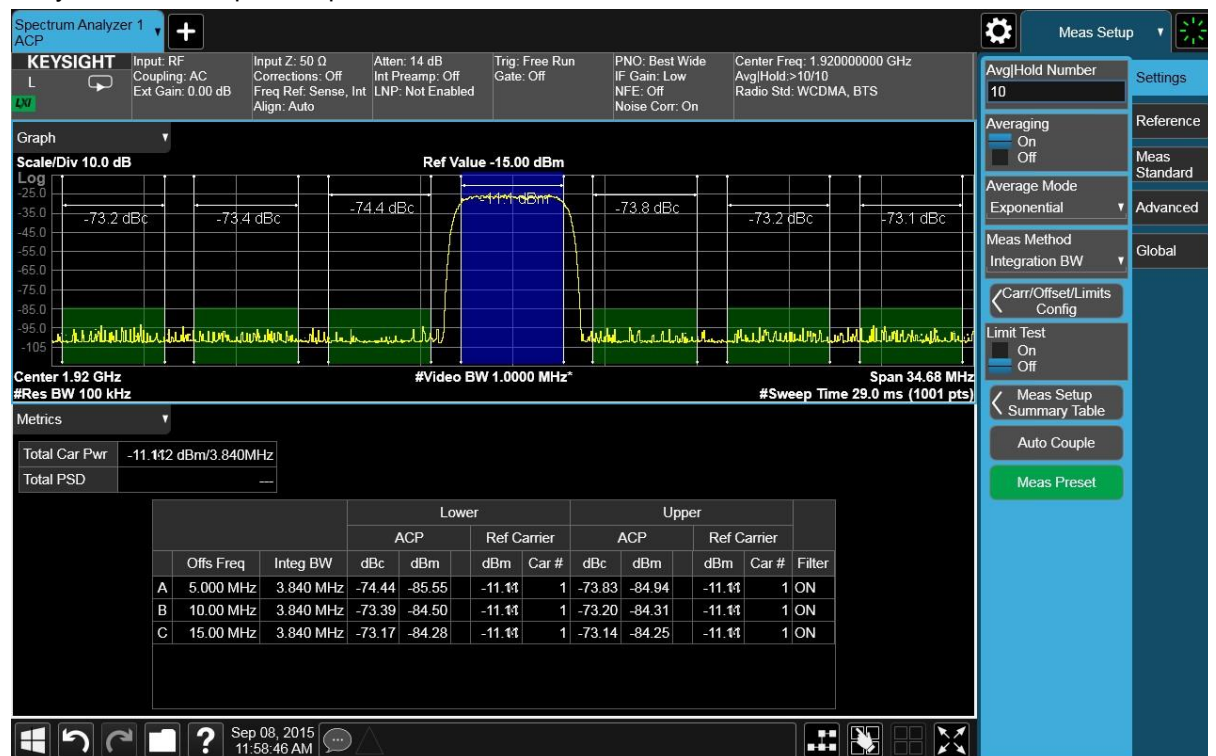
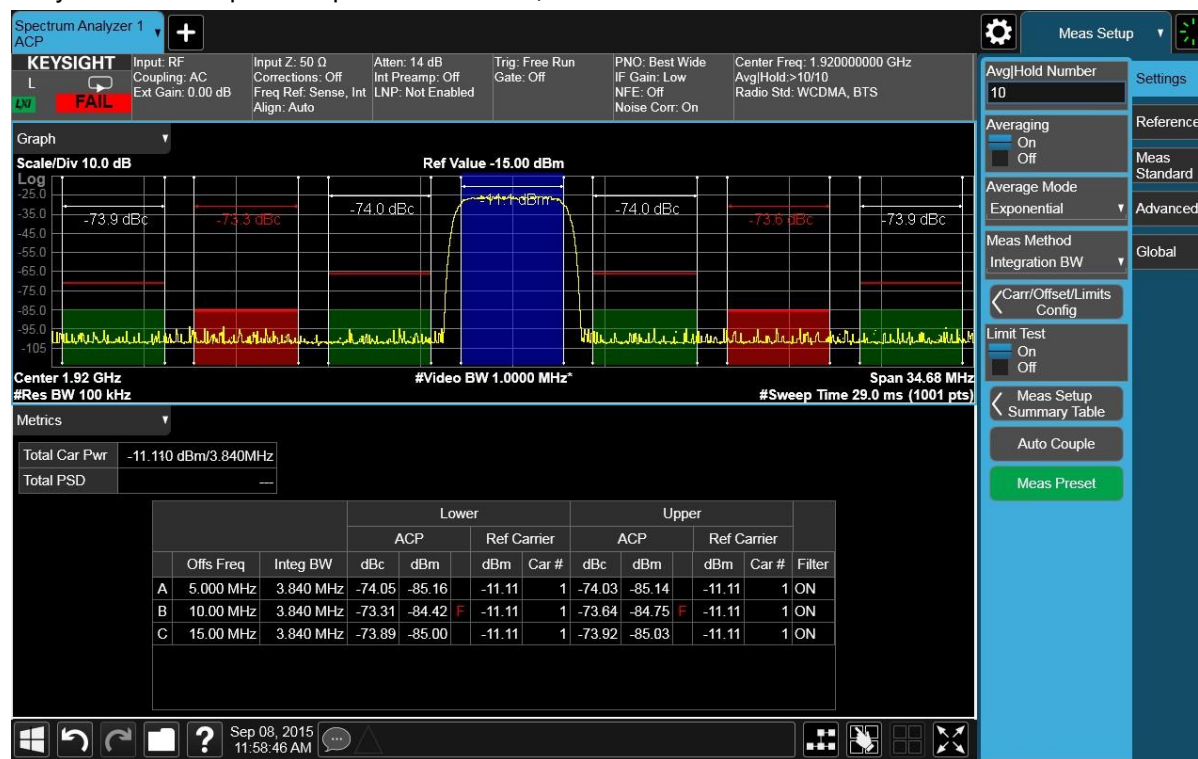


Рисунок 9-5. Измерения третьего соседнего канала



Шаг	Действие	Примечания
10 Установите ограничения тестирования сигнала для каждого смещения.	<ul style="list-style-type: none"> a. Выберите вкладку Settings (Настройки). b. Коснитесь пункта Carr/Offset/Limits Config (Конфигурация несущей/смещения/ограничений). c. В левом столбце Configuration (Конфигурация) коснитесь пункта Limits (Ограничения). d. В таблице настроек ограничений (Limits) измените значение Rel Limit (Car) (Относительное ограничение (несущая)) на -55 дБ. e. Измените значение смещения В Rel Limit (Car) (Относительное ограничение (несущая)) на -75 дБ. f. Измените значение смещения с Rel Limit (Car) (Относительное ограничение (несущая)) на -60 дБ. g. Закройте эту страницу, коснувшись пиктограммы Close> в верхнем правом углу. 	См. Рисунок 9-5 .
11 Включите тестирование пределов.	В панели меню включите Limit Test (Тестирование пределов) .	На Рисунке 9-6 обратите внимание, что смещения А и С прошли, а смещение В — нет. Уровни мощности, которые превышают установленное значение -75 дБ для смещения В, не проходят проверку. Гистограмма смещений и связанные значения уровней мощности окрашены в красный цвет, чтобы было удобно определять сбой. Ограничения смещения показаны пунктиром.

Рисунок 9-6. Настройка ограничений смещения



ПРИМЕЧАНИЕ Повторяемость измерений можно увеличить путем увеличения времени свипирования.

Измерения интегральной функции распределения (CCDF)

Кривая интегральной функции распределения (CCDF) характеризует сигнал путем предоставления информации о том, сколько времени сигнал проводит на заданном уровне мощности или над ним. Процентное отношение находится на вертикальной оси, а мощность (в дБ) — на горизонтальной.

Все сигналы CDMA, в частности сигналы W-CDMA, характеризуются высокой пиковой мощностью, которая возникает не часто. Важно, чтобы эта пиковая мощность сохранялась, иначе отдельные каналы данных не будут приниматься должным образом. Слишком большое количество пиковых значений сигналов может также привести к «искажению спектра». Если система CDMA большую часть времени работает правильно и отказы происходят только время от времени, это может быть вызвано компрессией сигналов с большим пиковым значением.

В приведенном примере показано, как измерить CCDF по сигналу W-CDMA, передаваемому на 1,96 ГГц. Генератор сигналов используется как эмулятор базовой станции.

Шаг	Действие	Примечания
1	Настройте генератор сигналов.	a. Настройте сигнал нисходящего канала связи W-CDMA. b. Установите частоту 1,920 ГГц . c. Установите амплитуду в значение -10 дБм .

2 Подключите РЧ-выход источника к РЧ-входу анализатора, как показано на рисунке.



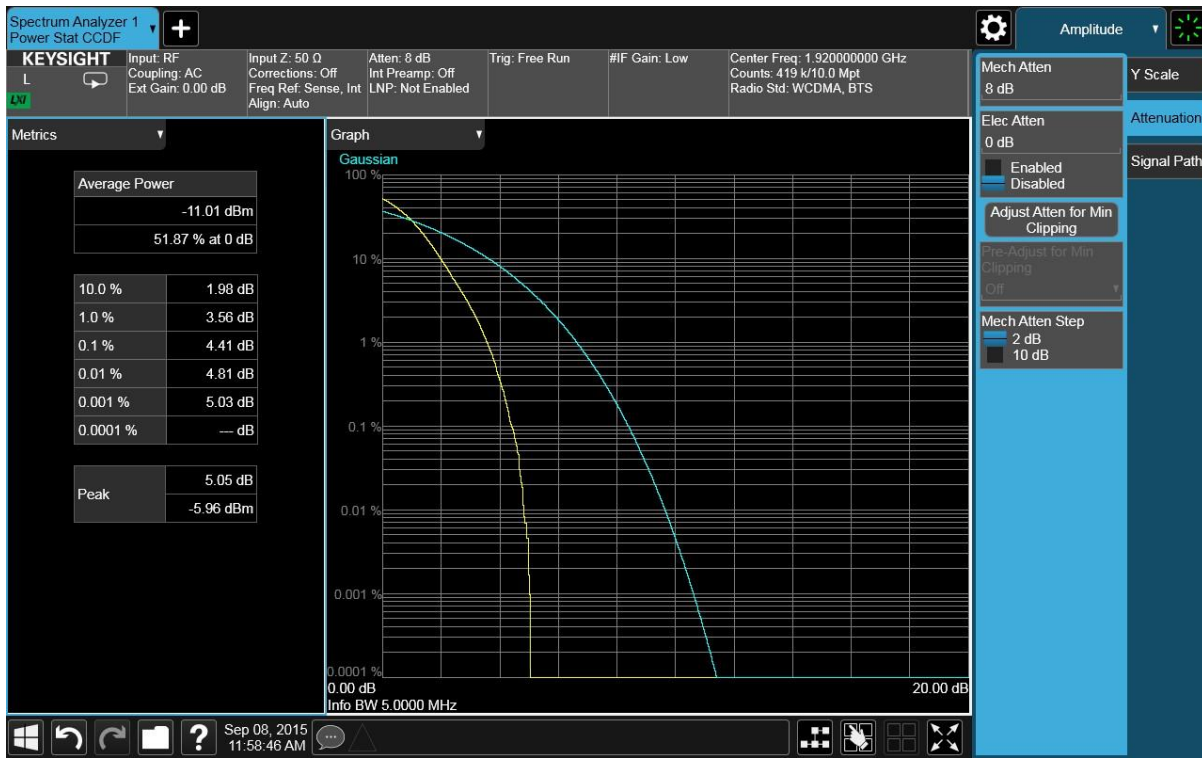
3	Выполните сброс настроек анализатора.	a. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) .
---	---------------------------------------	--

ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».

Измерения сигналов цифровой связи
Измерения интегральной функции распределения (CCDF)

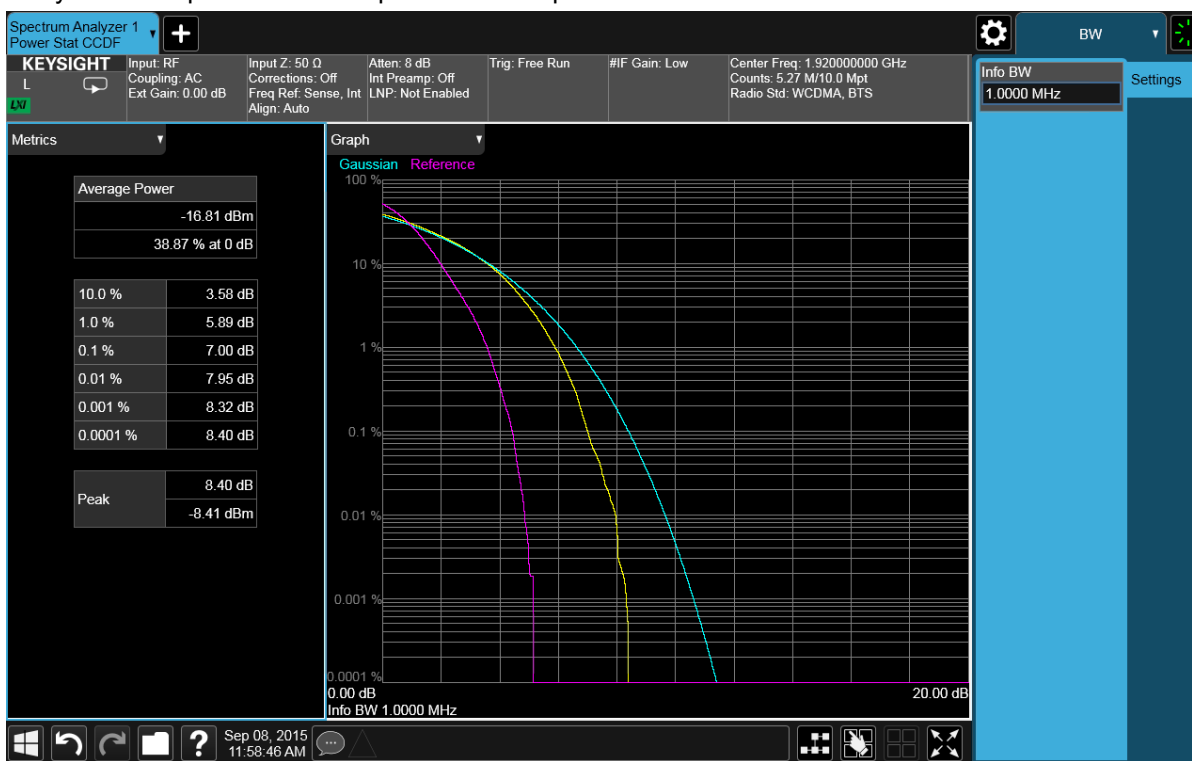
4	Выберите режим и вид измерения.	a. Нажмите клавишу Mode/Meas (Режим/измерение) . b. Выберите Spectrum Analyzer (Анализатор спектра) в столбце режимов. c. Выберите Power Stat CCDF (Показатель мощности (CCDF)) в столбце измерений. d. Нажмите ОК в нижней части экрана.	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение) .
5	Установите стандарт радиосвязи и тип станции.	a. Нажмите клавишу MEAS SETUP (Настройка измерения) . b. В панели меню выберите Meas Standard (Стандарт измерения) . c. Коснитесь пункта Radio Std Presets (Сброс настроек стандарта радиосвязи) и последовательно выберите в таблице Cellular, 3GPP W-CDMA, BTS (Сотовый, 3GPP W-CDMA, Базовая станция) . d. Нажмите ОК в нижней части экрана.	
6	Укажите центральную частоту.	a. Нажмите клавишу FREQ (Частота) . b. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 1,92 ГГц .	
7	Оптимизируйте настройки ослабления.	a. Нажмите клавишу AMPTD (Амплитуда) . b. В панели меню выберите c. пункта Attenuation (Ослабление) . d. Коснитесь пункта Adjust Atten for Min Clipping (Настройка ослабления для минимизации обрезки) .	Эта настройка защищает от перегрузок входного сигнала, но значения ослабления входного аттенюатора и опорного уровня, устанавливаемые ей, не обязательно являются оптимальными для динамического диапазона измерения. Для улучшения повторяемости измерения увеличьте время свипирования, чтобы сгладить график (необходимо выбрать детектор средних значений). Если повторяемость измерения не так важна, время свипирования можно уменьшить.

Рисунок 9-7. Измерения интегральной функции распределения CCDF сигнала W-CDMA



- | | | |
|---|---|---|
| <p>8 Сохраните график текущих измерений для последующего использования</p> | <p>a. Нажмите клавишу Trace (Трасса).</p> <p>b. В панели меню коснитесь пункта Store Ref Trace (Сохранить опорную трассу).</p> | <p>При первом измерении CCDF дисплей должен показывать сигнал, типичный для шума с равномерным спектром. Он помечен как Gaussian (Гауссовский) и нарисован цветом морской волны. Трасса измерения CCDF показана желтым цветом. Вы сохранили данную трассу измерения для облегчения сравнения с последующими измерениями. См. Рисунок 9-7.</p> |
| <p>9 Просмотрите сохраненный график.</p> | <p>a. Переведите Ref Trace (Опорная трасса) в положение On (Вкл.).</p> | |
| <p>10 Установите полосу измерения 1 МГц.</p> | <p>a. Нажмите клавишу BW (Полоса частот).</p> <p>b. В панели меню дважды коснитесь пункта Info BW (Полоса измерения) и введите значение 1 МГц.</p> | <p>Сохраненный график последних измерений отображается розовым цветом (как показано на рис. 9-8) и позволяет производить непосредственное сравнение с текущими измерениями (желтая трасса).</p> |

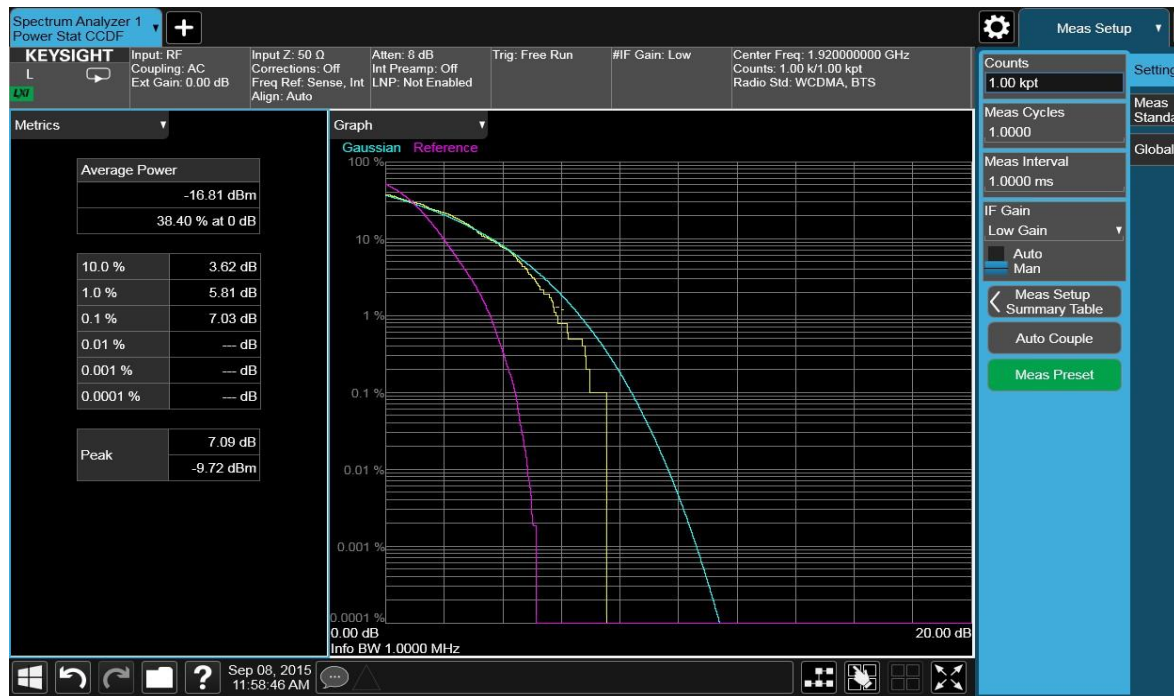
Рисунок 9-8. Хранение и отображение измерения CCDF



ПРИМЕЧАНИЕ Если вы выбираете настройки полосы измерения, которые анализатор не может отобразить, он автоматически сам установит ближайшие доступные настройки ПП ФПЧ.

- 11 Измените количество точек измерения с 10,000,000 (10.0Mpt) на 1,000 (1 kpt).
- a. Нажмите клавишу **MEAS SETUP (Настройка измерения)**.
 - b. В панели меню дважды коснитесь пункта **Counts (Число отсчетов)** и введите значение **1 kpt (1 тыс. точек)**.
- Сокращение количества точек уменьшает время измерения. Количество точек является фактором, определяющим погрешность и повторяемость измерений. Обратите внимание, что отображаемый график не будет таким гладким при уменьшении или увеличении количества точек измерений. Такие измерения выполняются быстрее, но с худшей повторяемостью и надежностью. См. [Рисунок 9-9](#).

Рисунок 9-9. Уменьшение количества точек измерения до 1000



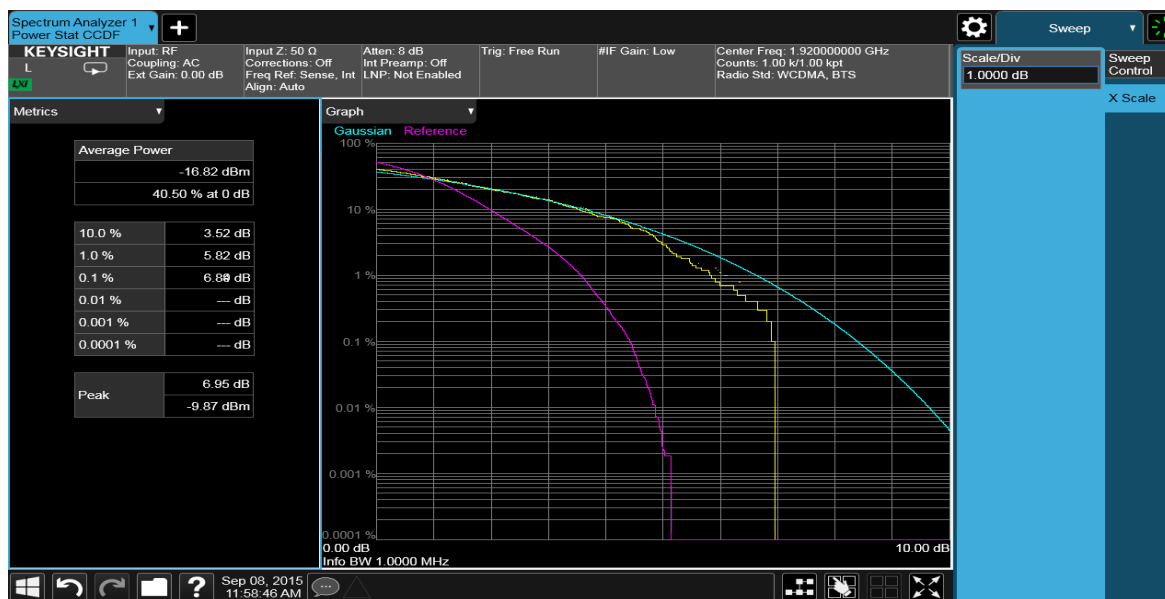
ПРИМЕЧАНИЕ Количество отсчетов измерения за развертку, зависит от частоты дискретизации и интервала измерений. Количество обработанных выборок отображается вверху экрана. График постоянно обновляется, так что вы наглядно видите, как он сглаживается по мере снижения погрешности измерений и увеличения повторяемости.

12 Установите масштаб оси X равным 1 дБ/деление для оптимизации вашего измерения.

- a. Нажмите клавишу **SWEEP (Сви́пирование)**.
- b. На панели меню выберите вкладку **X Scale (Шкала оси X)**.
- c. Дважды коснитесь пункта **Scale/Div (Шкала/дел.)** и введите значение **1 дБ**.

См. **Рисунок 9-10**.

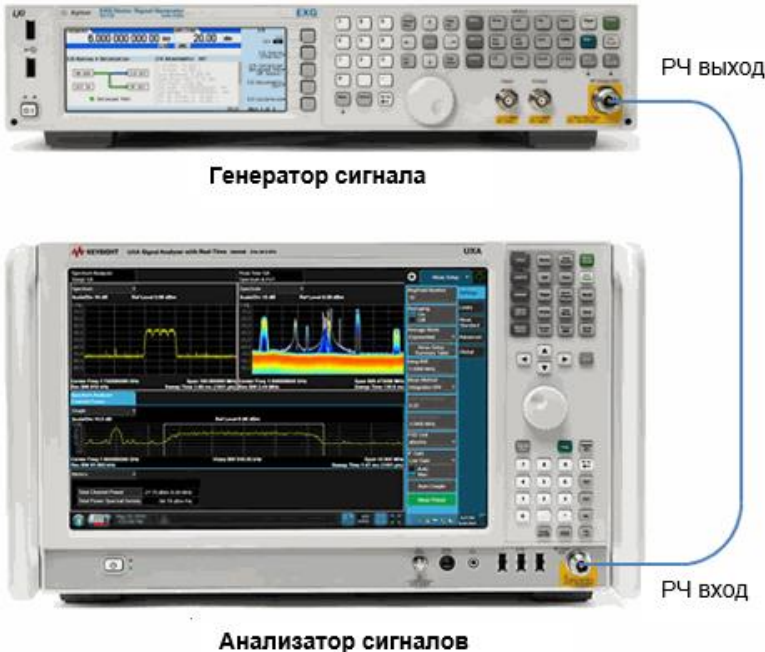
Рисунок 9-10. Уменьшение масштаба оси X до 1 дБ/дел



Измерения мощности импульса

В приведенном примере показано, как измерить мощность импульса эмулированного сигнала Bluetooth, передаваемого на частоте 2,402 ГГц. Генератор сигналов используется как эмулятор сигнала Bluetooth.

Шаг	Действие	Примечания
1	Настройте генератор сигналов.	<ul style="list-style-type: none"> a. Настройте сигнал Bluetooth, передающий пакеты DH1. b. Установите частоту источника 2,402 ГГц. c. Установите амплитуду источника -10 дБм.

Шаг	Действие	Примечания
2	Подключите РЧ-выход источника к РЧ-входу анализатора, как показано на рисунке.	
 <p>Генератор сигнала</p> <p>Анализатор сигналов</p>		
3	Выполните сброс настроек анализатора.	<p>a. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима).</p>
<p>ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».</p>		
4	Выберите режим и вид измерения.	<p>a. Нажмите клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение).</p> <p>b. Выберите Spectrum Analyzer (Анализатор спектра) в столбце режимов.</p> <p>c. Выберите Burst Power (Мощность импульса) в столбце «Измерения».</p> <p>d. Нажмите OK в нижней части экрана.</p> <p>По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение).</p>
5	Укажите центральную частоту.	<p>a. Нажмите клавишу FREQ (Частота).</p> <p>b. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 2,402 ГГц.</p>
6	Установите Bluetooth в качестве режима радиосвязи анализатора.	<p>a. Нажмите клавишу MEAS SETUP (Настройка измерения).</p> <p>b. В панели меню выберите Meas Standard (Стандарт измерения).</p> <p>Проверьте, выбран ли DH1 в качестве типа пакета.</p>

Шаг	Действие	Примечания
	<p>c. Коснитесь Radio Std Presets (Сброс настроек стандарта радиосвязи) и выберите Wireless (Беспроводная связь), Bluetooth, DH1.</p> <p>d. Коснитесь ОК.</p>	
7	<p>Оптимизируйте уровень ослабления.</p> <p>a. Нажмите клавишу AMPTD (Амплитуда).</p> <p>b. В панели меню выберите пункта Attenuation (Ослабление).</p> <p>c. Коснитесь пункта Adjust Atten for Min Clipping (Настройка ослабления для минимизации обрезки).</p>	
8	<p>Просмотрите результаты измерения мощности импульса в полноэкранном режиме.</p>	<p>а. Коснитесь значка Full Screen (полноэкранный режим) внизу дисплея.</p>

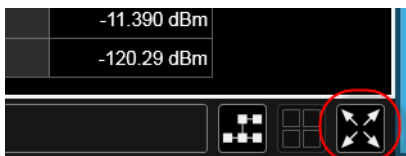
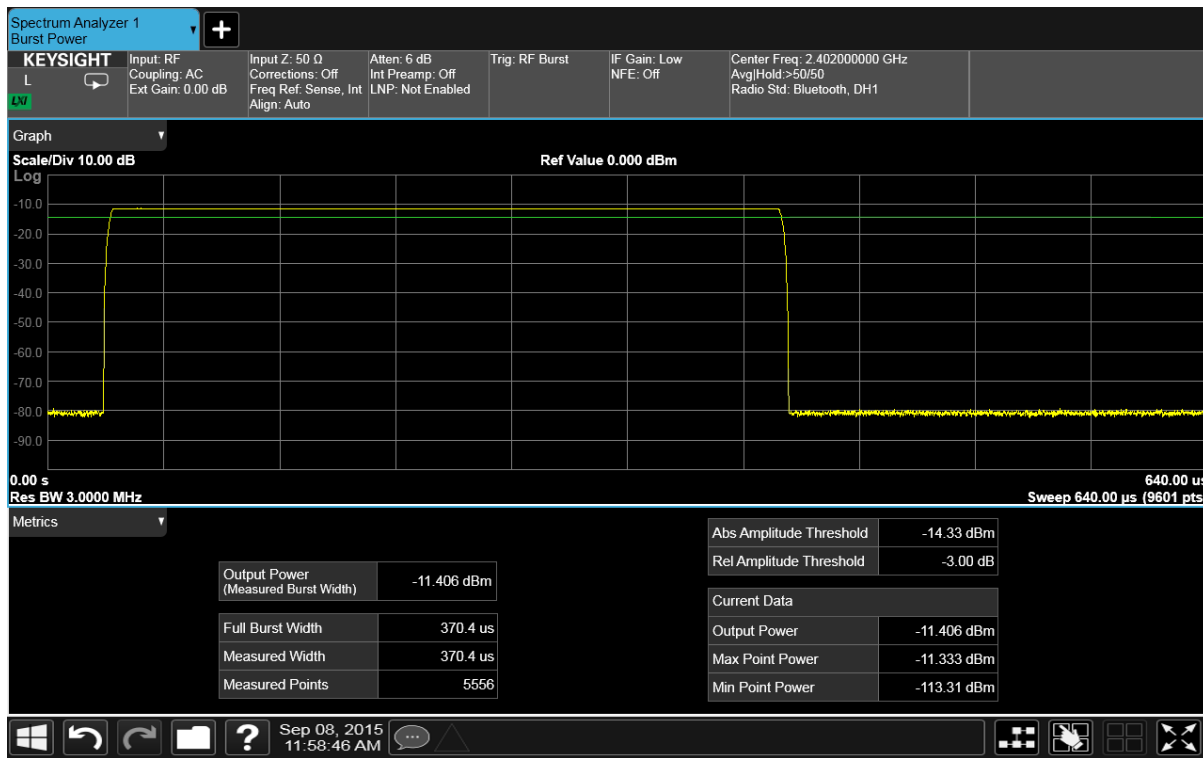
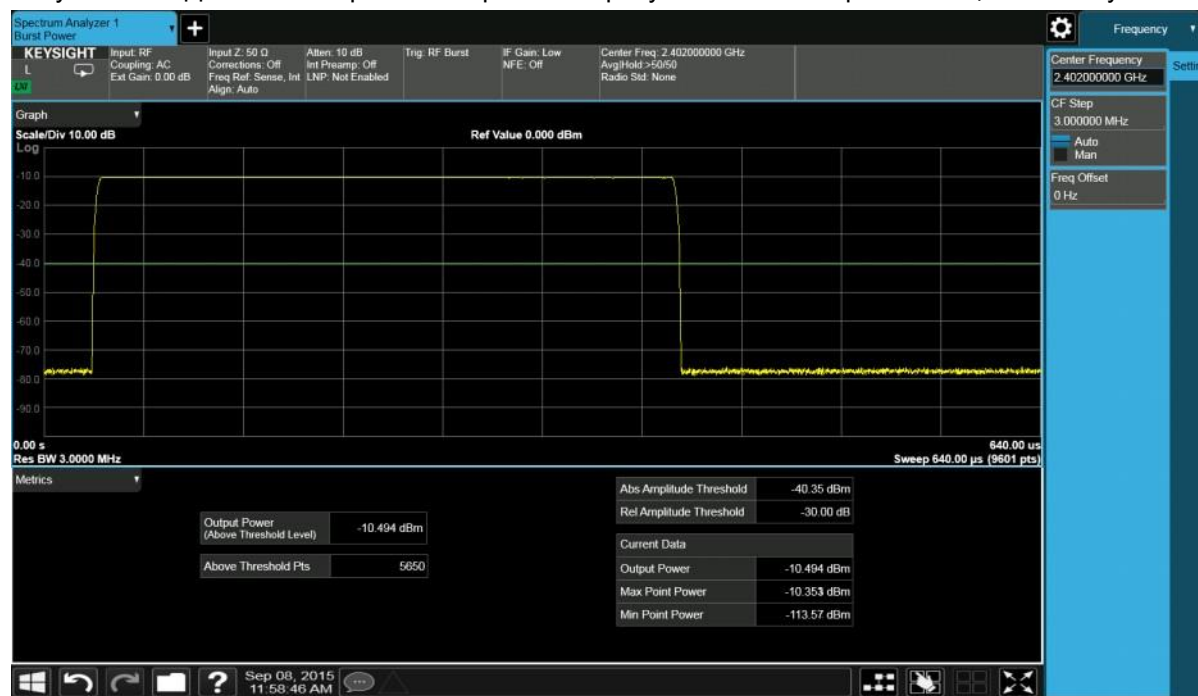


Рисунок 9-11. Дисплей в полноэкранном режиме с результатами измерения мощности импульса



ПРИМЕЧАНИЕ Коснитесь значка **Full Screen (Полноэкранный режим)** снова, чтобы выйти из полноэкранного режима дисплея, не меняя значений параметров. См. [Рисунок 9-12](#).

Рисунок 9-12. Дисплей в нормальном режиме с результатами измерения мощности импульса



- | | | | |
|-----------|---|--|---|
| <p>9</p> | <p>Выберите один из трех методов запуска для захвата сигнала импульса:</p> <ul style="list-style-type: none"> — запуск по периодическому таймеру; — запуск по видеосигналу; — запуск по широкополосному РЧ импульсу (по возможности рекомендуется РЧ-импульс). | <p>a. Коснитесь панели меню и выберите пункт Trigger (Триггер).</p> <p>b. Коснитесь пункта Select Trig Source (Выбор источника триггера) и выберите RF Burst (РЧ-импульс).</p> | <p>Порог триггера позволяет анализатору обнаруживать присутствие импульса, а временные срезы, используемые для измерения мощности импульса, определяются пороговым уровнем, как описано ниже. Дополнительную информацию о триггерах см. в разделе «Принципы использования триггеров» на странице 197.</p> |
| <p>10</p> | <p>Установите пороговый уровень, относительно которого измеряется мощность импульса.</p> | <p>a. Нажмите клавишу MEAS SETUP (Настройка измерения).</p> <p>b. Выберите вкладку Settings (Настройки).</p> <p>c. Коснитесь пункта Threshold Lvl (Пороговый уровень) и введите значение -10 дБ.</p> | <p>Измерения мощности импульса включает все точки выше порога и ни одной точки ниже. Пороговый уровень показан на дисплее в виде зеленой горизонтальной линии. В данном примере пороговый уровень установлен на отметке на 10 дБ ниже относительного уровня импульса. Средняя мощность импульса измерена на основе всех данных выше порогового уровня.
См. Рисунок 9-13.</p> |

Рисунок 9-13. Результаты измерения мощности импульса при установленном пороговом уровне



- 11
- a. Нажмите клавишу **Display (Дисплей)**.
 - b. В панели меню включите **Bar Graph (Линейчатая диаграмма)**.
 - c. Нажмите клавишу **MEAS SETUP (Настройка измерения)**.
 - d. В панели меню выберите **Meas Method (Метод измерения)**.
 - e. Коснитесь пункта **Meas Method (Метод измерения)** и выберите **Burst Width (Длительность импульса)**.
 - f. Поставьте переключатель функции **Burst Width Auto Detection (Автоопределение длительности импульса)** в положение **Off (Выкл.)**.
 - g. Дважды коснитесь пункта **Burst Width (Длительность импульса)** и введите значение **200 мкс**.
- Длительность импульса обозначена на экране двумя белыми вертикальными линиями, пространство между которыми заполнено синим цветом. Установка длительности импульса вручную позволяет установить длинный временной интервал, чтобы включить передний и задний фронт импульса, или короткий временной интервал, когда измеряется небольшой фрагмент импульса. См. [Рисунок 9-14](#).

Рисунок 9-14. Результаты построения гистограммы при установленной длительности измеряемого импульса



ПРИМЕЧАНИЕ

Если длительность импульса устанавливается вручную шире дисплея экрана, вертикальные белые линии уходят за края экрана. Это может привести к ошибочным результатам, поскольку измерены могут быть только данные, показанные на экране. В стандарте Bluetooth утверждается, что измерения мощности должны проводиться как минимум на интервале от 20 до 80 % длительности импульса.

12 Увеличьте время свипирования, чтобы видеть на дисплее несколько импульсов одновременно.

- a. Нажмите клавишу **SWEEP (Сви́пирование)**.
- b. В панели меню дважды коснитесь пункта **Sweep Time (Время сви́пирования)** и введите **6200 мкс (или 6,2 мс)**.

На экране дисплея видно несколько импульсов в одной развертке (см. рис. 9-15). При измерении мощности импульса измеряется средняя мощность первого импульса, обозначенного двумя белыми вертикальными линиями, пространство между которыми заполнено синим цветом.

Рисунок 9-15. Отображение нескольких импульсов на дисплее

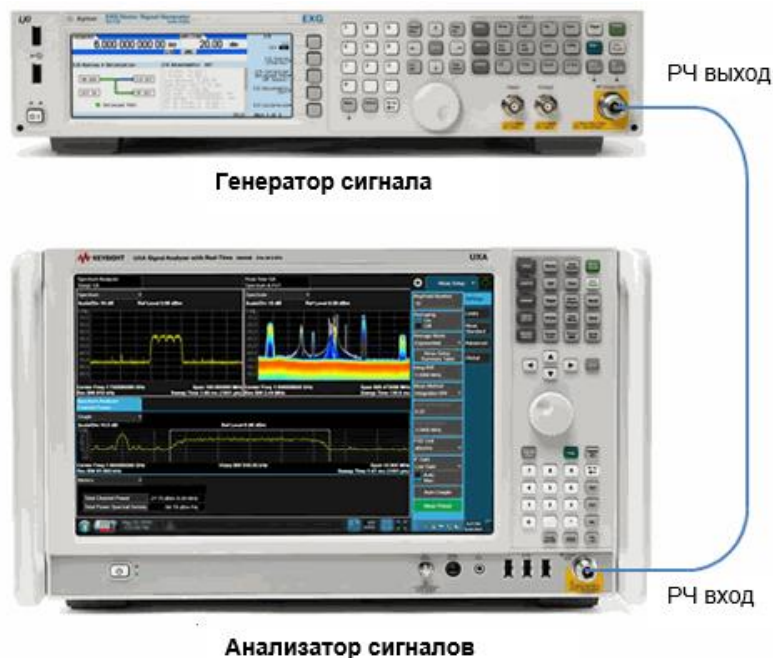


ПРИМЕЧАНИЕ Хотя мощность импульса измеряется правильно даже при наличии на дисплее нескольких импульсов одновременно, временная точность измерения при этом снижается. Рекомендуется проводить измерения на отдельно взятом импульсе, чтобы обеспечить наилучшие результаты (включая оптимальное соотношение вариативности измерений и времени усреднения).

Измерения паразитных составляющих

Это пример измерения паразитных составляющих в мультитоновом сигнале, который используется для симуляции паразитного сигнала в определенном спектре.

Шаг	Действие	Примечания
1	Настройте генератор сигналов. а. Настройте мультитоновый сигнал на 8 тонов с отстройкой частот в 2,0 МГц . б. Установите частоту источника 1,950 ГГц . в. Установите опорную амплитуду 50 дБм .	
2	Подключите РЧ-выход источника к РЧ-входу анализатора, как показано на рисунке.	

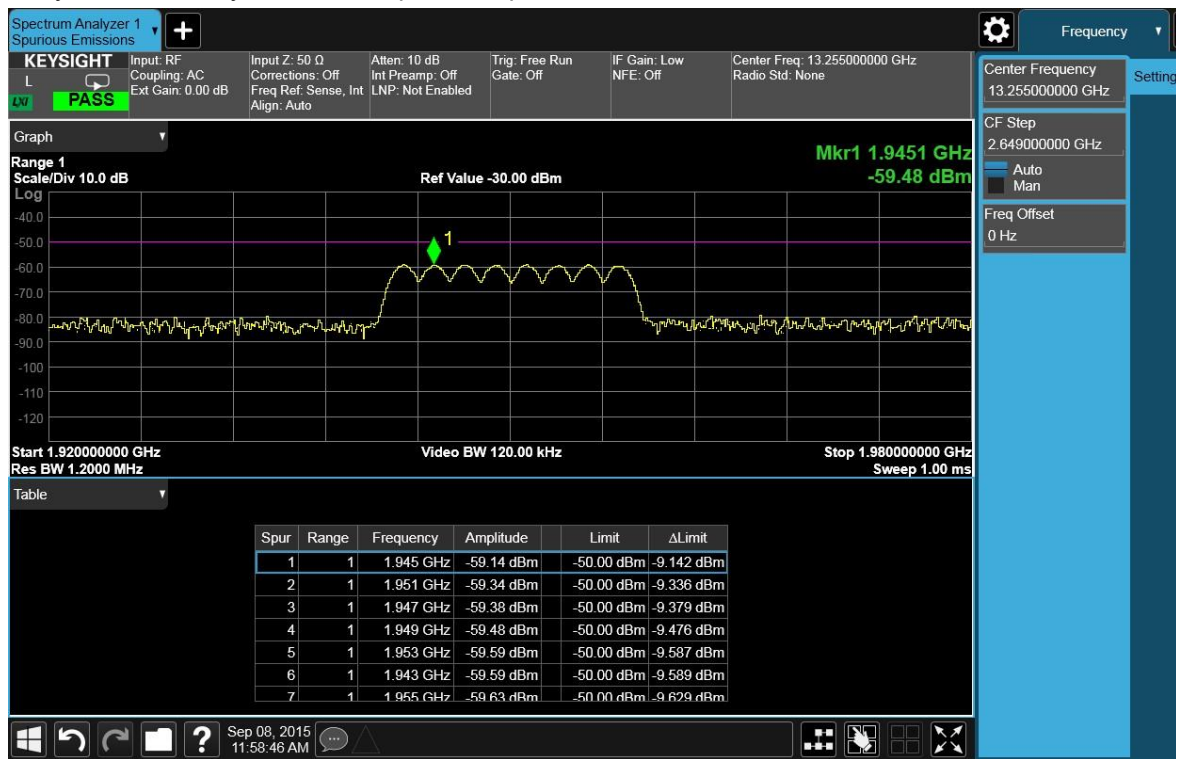


3	Выполните сброс настроек анализатора. а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) .	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение) .
---	---	---

ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».

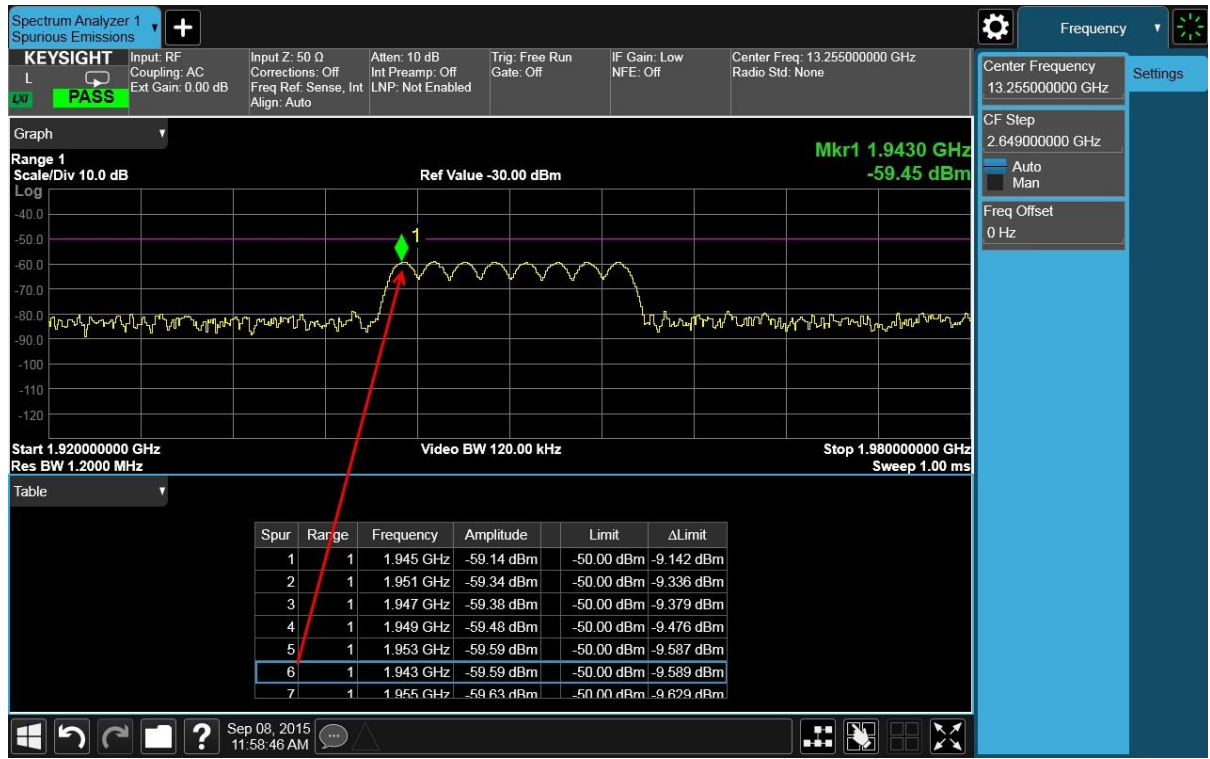
Шаг	Действие	Примечания
4	<p>Выберите режим и вид измерения.</p> <p>a. Нажмите клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение).</p> <p>b. Выберите Spectrum Analyzer (Анализатор спектра) в столбце режимов.</p> <p>c. Выберите Spurious Emissions (Паразитные составляющие) в столбце «Измерения».</p> <p>d. Нажмите OK в нижней части экрана.</p>	<p>Когда вы включаете измерения, устанавливается центральная частота и на трассу помещается маркер.</p> <p>Результат измерения паразитных составляющих должен выглядеть примерно так, как на рисунке 9-16. Таблица в нижней части дисплея отображает выявленные пики.</p> <p>Здесь указаны все пики, порядковые номера паразитных сигналов, диапазоны, мощность и предельные значения, по которым проверялась амплитуда паразитного сигнала.</p>

Рисунок 9-16. Результаты измерения паразитных составляющих



5	<p>Передвиньте маркер на конкретный паразитный сигнал.</p>	<p>a. Коснитесь строки составляющей №6.</p>	<p>Маркер на трассе переместится соответственно. См. Рисунок 9-17.</p>
---	--	---	--

Рисунок 9-17. Измерения паразитных составляющих — выбор конкретной помехи

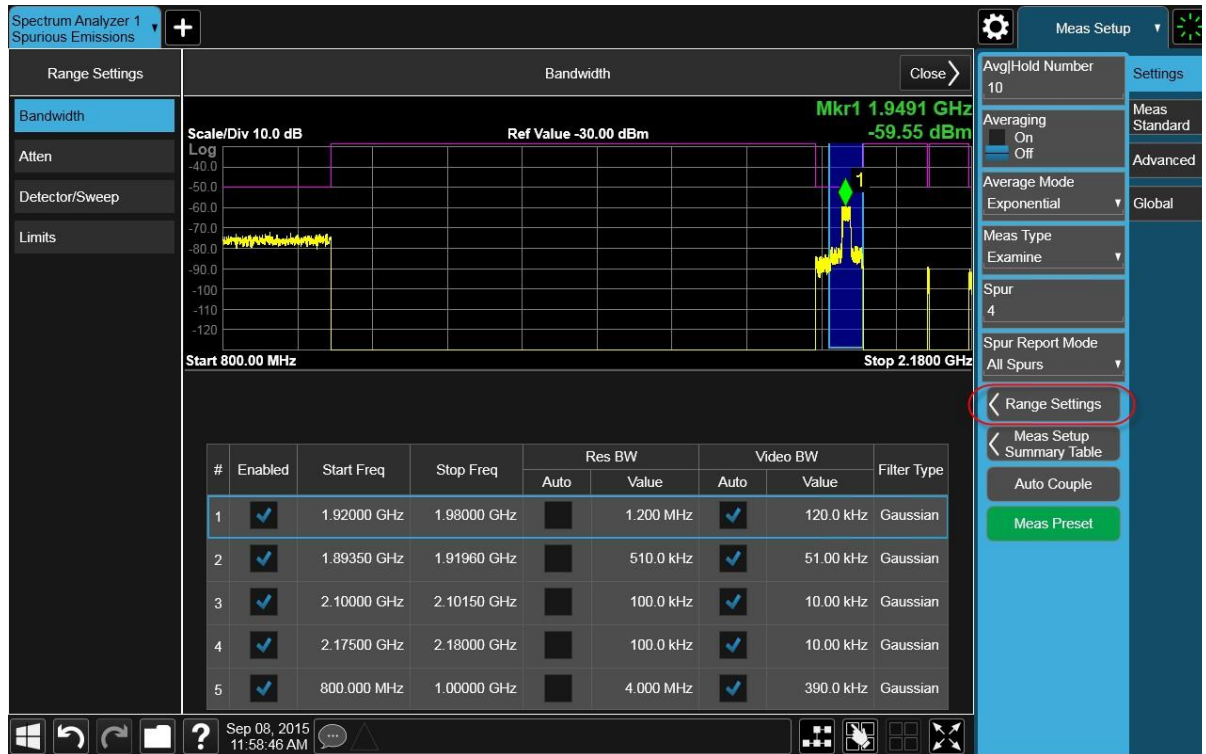


6 Вы можете настроить диапазоны для паразитных составляющих. Изначально в таблице диапазонов загружаются 6 диапазонов по умолчанию с предустановленными параметрами.

- Нажмите клавишу **MEAS SETUP (Настройка измерения)**.
- Коснитесь пункта **Range Settings (Настройки диапазона)**, затем выберите и отредактируйте доступные параметры, коснувшись ячейки.

См. Рисунок 9-18.

Рисунок 9-18. Измерения паразитных составляющих — настройки диапазона



Советы по устранению неполадок

Измерения паразитных составляющих позволяют выявить наличие изношенных или дефектных деталей в передающей части тестируемого блока. Далее приведены примеры проблем, которые могут быть выявлены при тестировании:

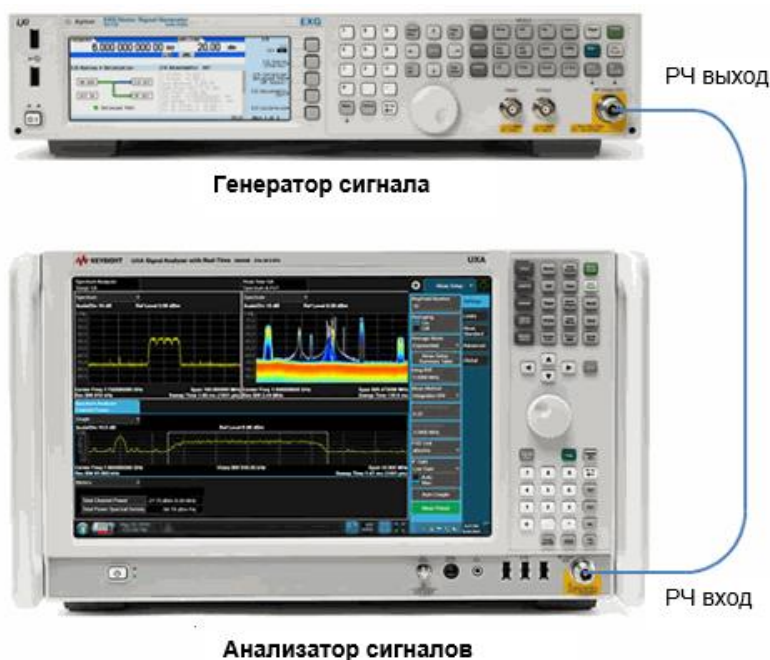
- неисправность источника постоянного тока усилителя мощности передатчика;
- неисправность контроллера мощности РЧ-предусилителя;
- неисправность I/Q-управления на стадии генерации основной полосы частот;
- снижение уровней мощности на входе и выходе усилителя по причине нарушений регулировки уровня на входе и/или увеличения искажений;
- ослабление линейности усилителя и других его эксплуатационных характеристик.

Усилители мощности являются одним из конечных элементов стационарных передатчиков и критически важны для обеспечения необходимой мощности и спектральной эффективности. Измерения спектральной чувствительности усилителей относительно сложных широкополосных сигналов имеют решающее значение для увязки линейности усилителя и других его эксплуатационных характеристик со строго установленными системными требованиями.

Измерения по спектральной маске сигнала

В данном разделе описано, как проводить измерения по спектральной маске сигнала (SEM) для мобильной станции W-CDMA (3GPP). Генератор сигналов используется как эмулятор мобильной станции. Спектральная маска сигнала сравнивает уровень суммарной мощности в рамках частотного диапазона несущей и заданных каналов смещения по обе стороны от частоты, несущей с уровнями, допустимыми согласно стандарту. Результаты измерения каждого сегмента смещения можно просмотреть отдельно.

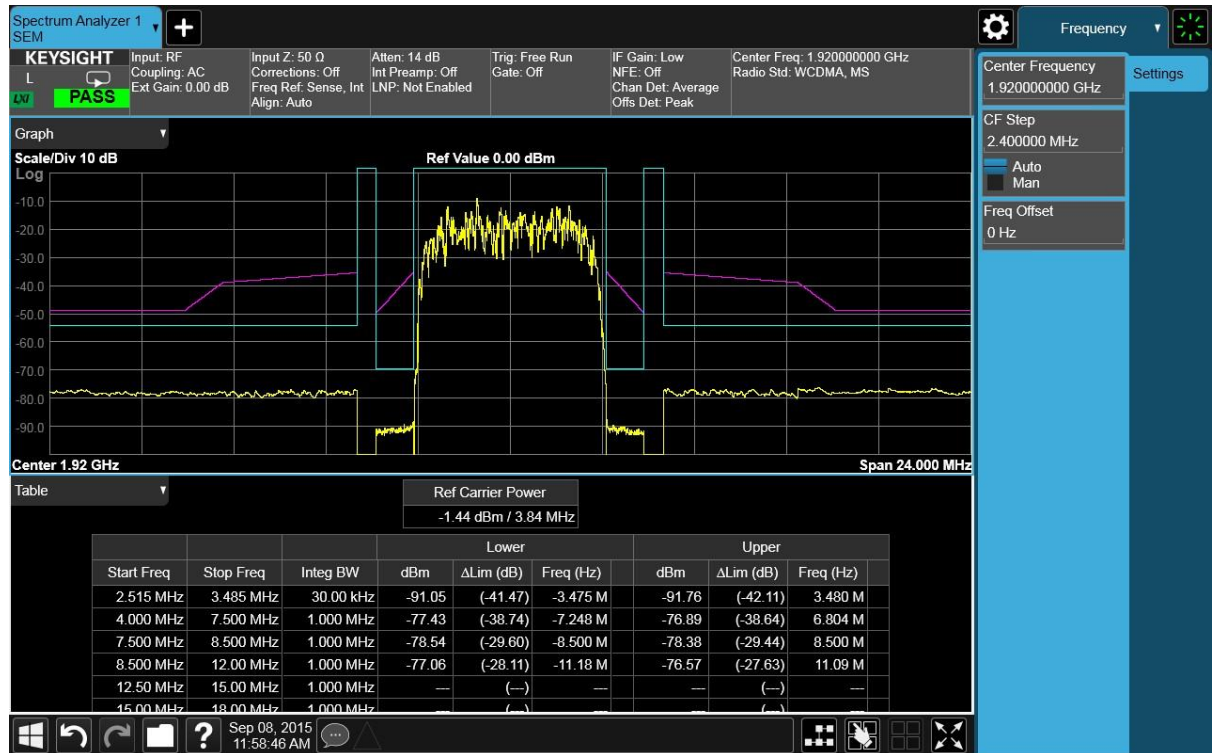
Шаг	Действие	Примечания
1	Настройте генератор сигналов.	<ul style="list-style-type: none"> a. Настройте сигнал восходящего канала связи W-CDMA. b. Установите частоту источника 1,920 МГц (номер канала: $5 \times 1,920 = 9,600$). c. Установите амплитуду источника 0 дБм.
2	Подключите РЧ-выход источника к РЧ-входу анализатора, как показано на рисунке.	



3	Выполните сброс настроек анализатора.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима). 	
ПРИМЕЧАНИЕ		Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».	
4	Выберите режим и вид измерения.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу MODE/ MEAS (Режим/измерение). b. Выберите Spectrum Analyzer (Анализатор спектра) в столбце режимов. 	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая

Шаг	Действие	Примечания
	<ul style="list-style-type: none"> c. Выберите SEM в столбце «Измерения». d. Нажмите OK в нижней части экрана. 	<p>клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение).</p>
<p>5 Установите стандарт радиосвязи и тип станции.</p>	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу MEAS SETUP (Настройка измерения). b. В панели меню выберите Meas Standard (Стандарт измерения). c. Коснитесь пункта Radio Std (Стандарт радиосвязи) и последовательно выберите Cellular, 3GPP W-CDMA, MS (Сотовый, 3GPP W-CDMA, Мобильная станция) в таблице. d. Коснитесь OK. 	
<p>6 Укажите центральную частоту.</p>	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу FREQ (Частота). b. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 1,92 ГГц. 	<p>Результаты измерения по спектральной маске сигнала должны выглядеть, как показано на рис. 9-19. В текстовом окне отображается опорная суммарная мощность и абсолютные значения уровней пиковой мощности, которые соответствуют полосам частот по обе стороны от опорного канала.</p>

Рисунок 9-19. Результаты измерения по спектральной маске сигнала — просмотр (по умолчанию)



Советы по устранению неполадок

Измерения по спектральной маске сигнала позволяет выявить наличие изношенных или дефектных деталей в передающей части тестируемого блока. Ниже перечислены примеры неисправностей, требующих дальнейшей проверки:

- неисправность источника постоянного тока усилителя мощности передатчика;
- неисправность контроллера мощности РЧ-предусилителя;
- неисправность I/Q-управления на стадии генерации основной полосы частот;
- снижение уровней мощности на входе и выходе усилителя по причине нарушений регулировки уровня на входе и/или увеличения искажений;
- ослабление линейности усилителя и других его эксплуатационных характеристик.

Усилители мощности являются одним из окончательных элементов стационарных и мобильных передатчиков и критически важны для обеспечения необходимой мощности и спектральной эффективности. Поскольку спектральная маска сигнала измеряет спектральную чувствительность усилителей относительно сложных широкополосных сигналов, данные измерения имеют решающее значение для увязки линейности усилителя и других его эксплуатационных характеристик со строго установленными системными требованиями.

Измерения в режиме свипирования по списку

Измерения в режиме свипирования по списку предназначены для быстрой оценки пропускной способности и удаленного сбора данных.

Вы можете настроить список отдельных измерений с конкретной частотой и мощностью, а затем запустить циклический проход этого списка на анализаторе. Это позволяет снизить установочное время анализатора, а также уменьшить трафик и нагрузку на канал связи. Все измерения выполняются в режиме нулевого обзора.

Режим свипирования по списку имеет ряд отличий от других видов измерений:

- Режим свипирования по списку поддерживает только одиночные измерения.
- Режим свипирования по списку не поддерживает отображение данных на дисплее передней панели, чтобы соответствовать требованиям высокой пропускной способности.

Измерения в режиме свипирования по списку можно включить с помощью клавиши на передней панели или команды удаленного управления. Настройка измерений выполняется только через удаленное управление. В режиме свипирования по списку экран остается пустым и отображает только текстовое сообщение.

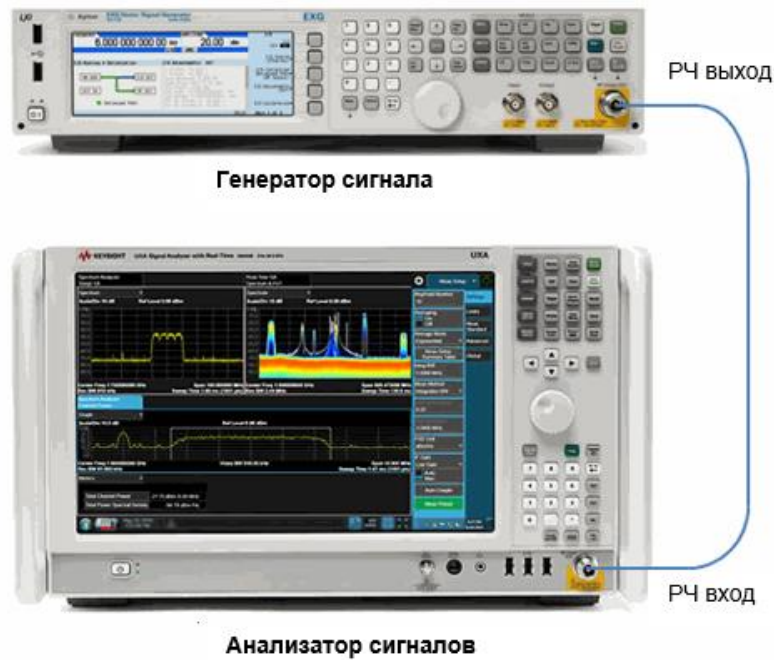
Executing List Sweep measurement from Remote Control port

При нажатии любой клавиши прибор выходит из режима измерений и переходит на измерения по умолчанию для выбранного режима (Спектральный анализ со свипированием, если выбран режим спектрального анализа). Чтобы предотвратить прерывание измерений случайным нажатием клавиш, заблокируйте переднюю панель одними из двух следующих способов:

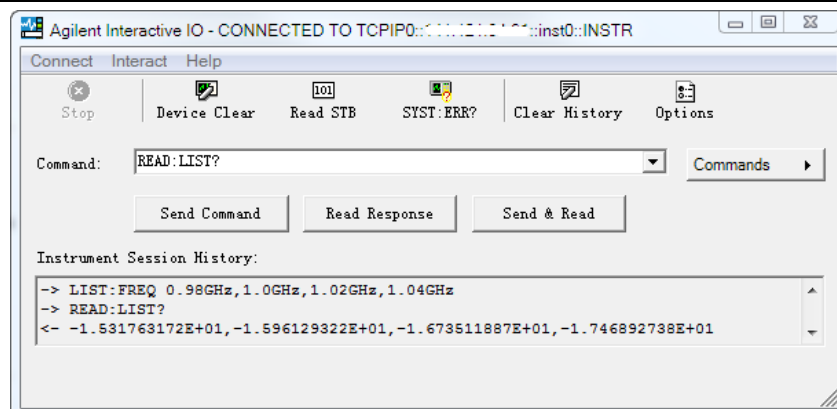
- При обращении к прибору через интерфейс GPIB (IEEE-488) анализатор переходит в режим удаленного управления.
- Отправьте команду `SYSTEM:KLOCK ON`.

Шаг	Действие	Примечания
1	Настройте генератор сигналов. <ol style="list-style-type: none">Настройте 4-тональный сигнал.Настройте список частот: 0,98 ГГц, 1,0 ГГц, 1,02 ГГц, 1,04 ГГц.Установите список амплитуд: -40 дБм, -30 дБм, -20 дБм, -10 дБм.	

Шаг	Действие	Примечания
2	Подключите РЧ-выход источника к РЧ-входу анализатора, как показано на рисунке.	



Шаг	Команда
3	Удаленное управление анализатором с помощью Keysight Connection Expert (Мастера подключения Keysight).
4	Запуск измерений в режиме свипирования по списку. INIT:LIST
5	Настройка списка частот. LIST:FREQ 0.98GHz,1.0GHz,1.02GHz,1.04GHz
6	Чтение результатов измерений. READ:LIST?




10 Демодуляция АМ-сигналов

Измерения частоты модулирующего сигнала АМ-колебания

В данном разделе описано, как определять параметры амплитудно-модулированного (АМ) сигнала, такие как частота и коэффициент (глубина) модуляции, используя измерения в частотной и временной областях. Для получения более подробной информации см. раздел «[Принципы демодуляции АМ и ЧМ сигналов](#)».

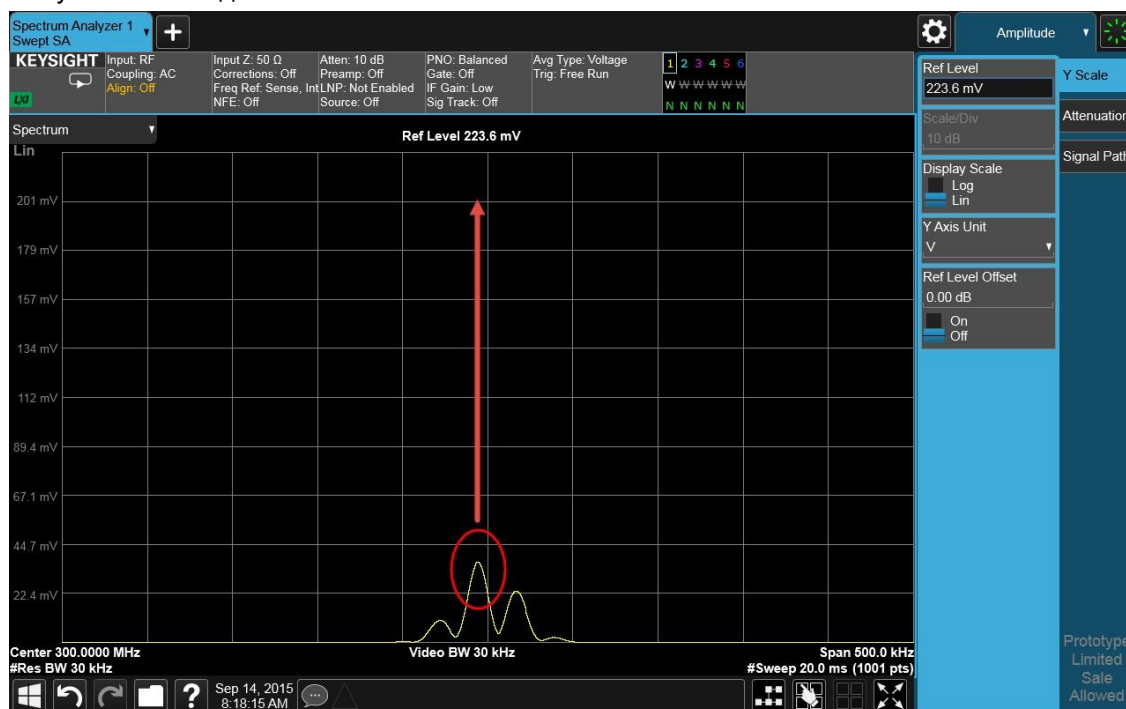
Чтобы получить АМ сигнал, вы можете использовать источник, передающий такой сигнал, либо подключить к анализатору радиоантенну и настроиться на коммерческую АМ радиостанцию. В данном примере для генерации АМ сигнала используется РЧ-источник.

Шаг	Действие	Примечания
1	Настройте источник сигнала. <ol style="list-style-type: none">Установите частоту источника 300 МГц.Установите амплитуду источника -20 дБм.Установите глубину АМ 80 %.Установите частоту АМ равной 1 кГц.Включите АМ.	

Шаг	Действие	Примечания
2	Подключите РЧ-выход источника к РЧ-входу анализатора, как показано на рисунке.	
		
3	Выполните предварительную настройку анализатора.	<p>Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима).</p> <p>По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение).</p>
<p>ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».</p>		
4	Включите генератор сигналов.	а. Включите выход генератора сигналов.
5	Укажите центральную частоту и диапазон частот.	<p>а. Нажмите клавишу FREQ (Частота).</p> <p>б. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 300 МГц.</p> <p>с. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 500 кГц.</p>
6	Установите ПП ФПЧ.	<p>а. Нажмите кнопку BW (Полоса частот).</p> <p>б. В панели меню дважды коснитесь пункта Res BW (Полоса пропускания фильтра ПЧ) и введите значение 30 кГц.</p>

Шаг	Действие	Примечания	
7	Установите время свипирования.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу SWEEP (Свипирование). b. В панели меню дважды коснитесь пункта Sweep Time (Время свипирования) и введите значение 20 мс. 	
8	Измените шкалу по оси Y на линейную.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу AMPTD (Амплитуда). b. В панели меню коснитесь Display Scale (Шкала дисплея) и включите Lin (Линейная). 	См. Рисунок 10-1.
9	Расположите пиковое значение сигнала рядом с первой ячейкой масштабной сетки ниже опорного уровня.	<p>Воспользуйтесь одним из трех методов запуска для перемещения пика сигнала.</p> <ul style="list-style-type: none"> a. При использовании подключенной к анализатору мыши: кликайте и перетаскивайте пик сигнала по дисплею. b. При использовании пальца: прикоснитесь и перетащите пик сигнала по дисплею. 	

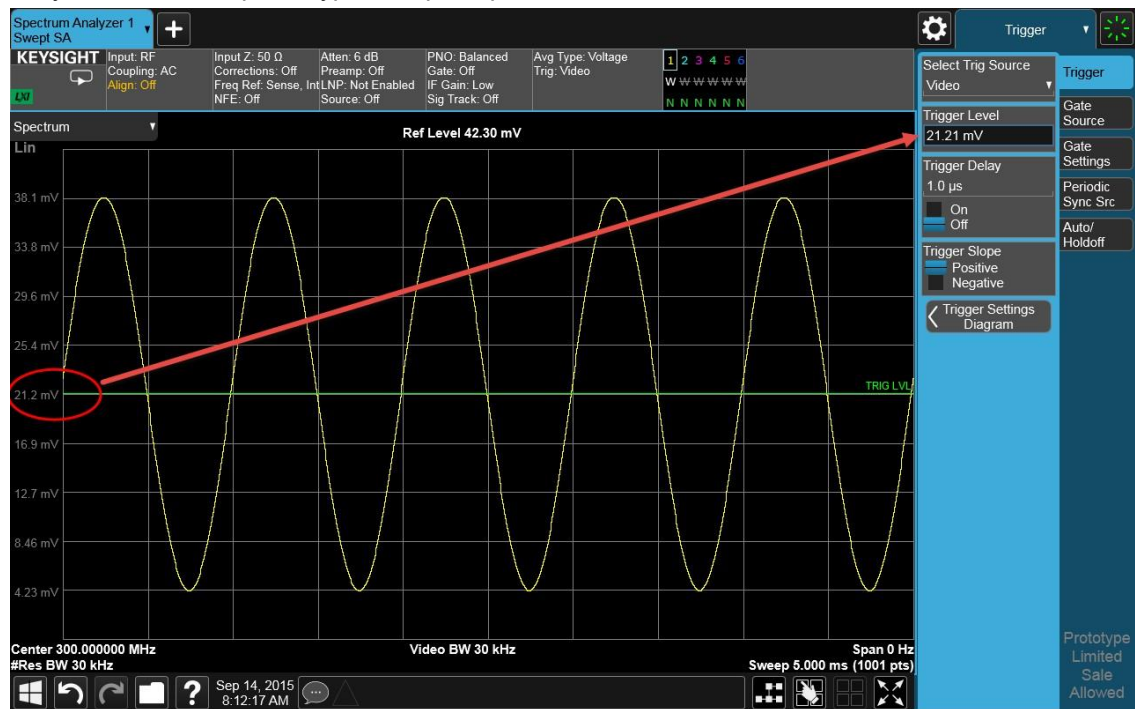
Рисунок 10-1. Подъем пика сигнала



10	Установите анализатор в нулевой обзор, чтобы провести измерения временной области.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу FREQ (Частота). b. В панели меню коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и включите Zero Span (Нулевая полоса обзора).
----	--	---

Шаг	Действие	Примечания
	<ul style="list-style-type: none"> c. Нажмите клавишу SWEEP (Свипирование). d. В панели меню дважды коснитесь пункта Sweep (Свипирование) и введите 5 мс. 	
11	<p>Скорректируйте уровень триггера, чтобы сигнал был вертикально отцентрирован на экране.</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу Trigger (Триггер). b. Коснитесь пункта Trigger Level (Уровень триггера). c. Возьмите значение в мВ, которое находится в середине оси Y. Введите это значение для уровня триггера. 	См. Рисунок 10-2 .

Рисунок 10-2. Настройка уровня триггера



12	<p>Измерьте частоту модулирующего сигнала, используя дельта-маркеры.</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу Peak Search (Поиск пика). b. В панели меню коснитесь пункта Marker Delta (Дельта-маркер), затем кнопки Next Right (Следующий справа) или Next Left (Следующий слева). 	
----	--	--

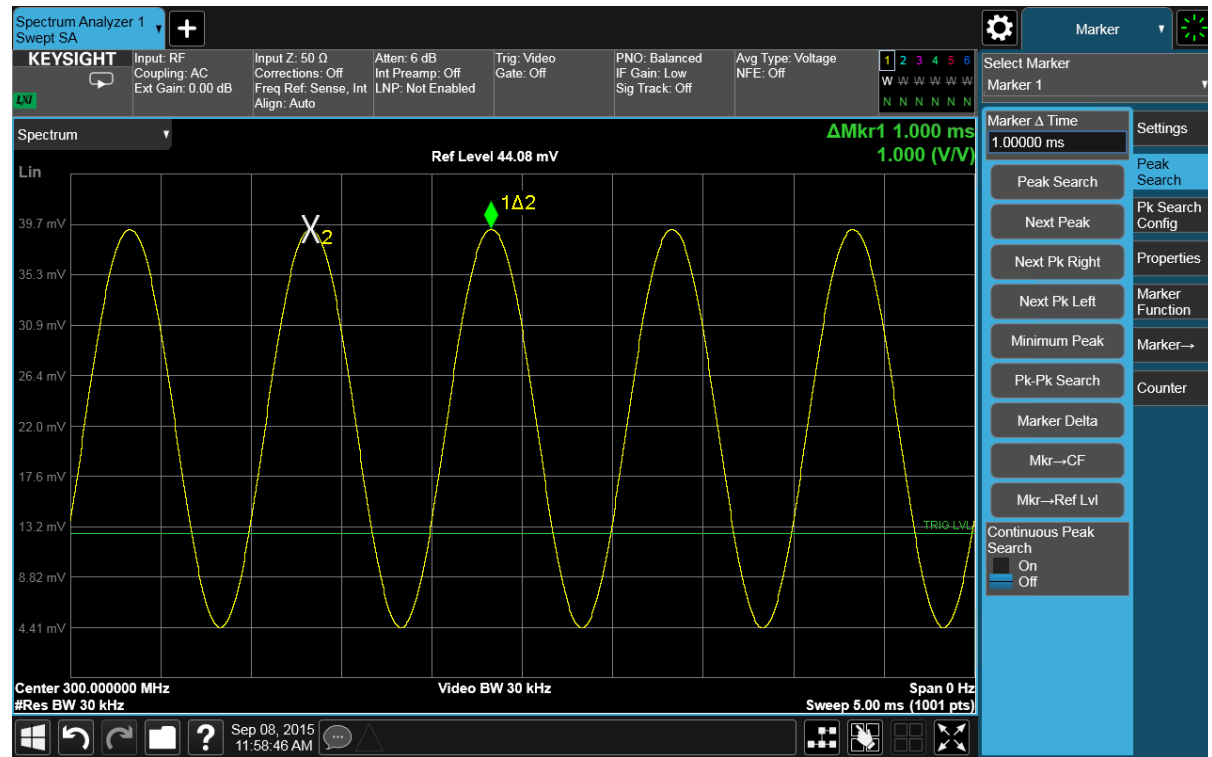
Поскольку модуляция является устойчивым тоном, вы можете использовать триггер видеотракта для запуска развертки анализатора при получении сигнала и стабилизировать график так же, как при работе с осциллографом. См. **Рисунок 10-3**.

Если порог триггера при активном триггере видеотракта установлен слишком высоко или слишком низко, развертка останавливается. Настройте порог триггера, смещая его вверх или вниз, пока развертка не начнется снова.

Шаг	Действие	Примечания
-----	----------	------------

Используйте маркеры и дельта-маркеры для измерения частоты модулирующего сигнала. Поместите маркер на пиковое значение, а затем используйте дельта-маркер для измерения временной разницы между пиковыми значениями (эта величина обратна частоте модулирующего сигнала).

Рис. 10-3. Измерения временных параметров



ПРИМЕЧАНИЕ Убедитесь, что дельта-маркеры, описанные выше, установлены на соседних пиковых значениях. См. **Рисунок 10-3**. Частота AM является величиной, обратной времени между соседними пиковыми значениями:

$$\text{Частота AM} = 1/1,0 \text{ мс} = 1 \text{ кГц}$$

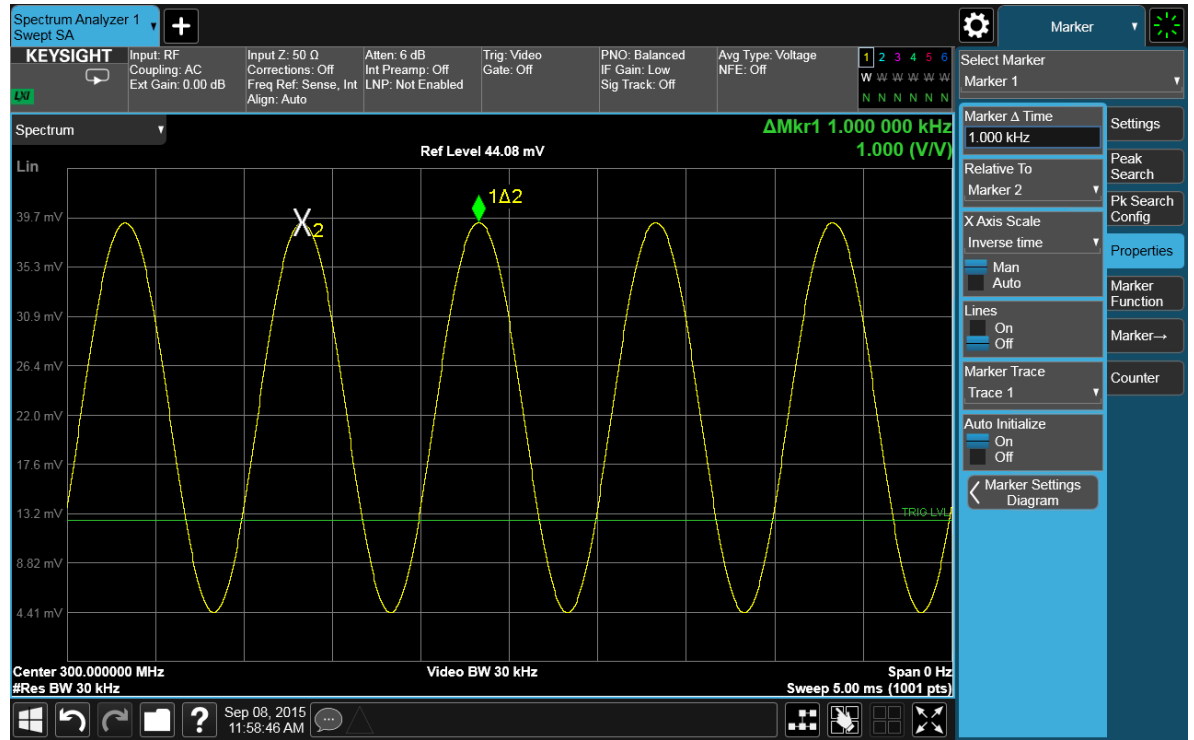
Анализатор сигналов также может автоматически вычислить эту частоту, если сменить отображение показаний маркеров на значения, обратные времени. См. следующий шаг.

- | | | |
|--|---|---------------------------------|
| <p>13 Измените показания маркера на значения, обратные времени.</p> | <p>a. Нажмите клавишу Marker (Маркер).</p> <p>b. В панели меню выберите Properties (Характеристики).</p> <p>c. Коснитесь X Axis Scale (Шкала оси X) и выберите Inverse time (Значения, обратные времени).</p> | <p>См. Рисунок 10-4.</p> |
|--|---|---------------------------------|

Демодуляция АМ-сигналов
Измерения частоты модулирующего сигнала АМ-колебания

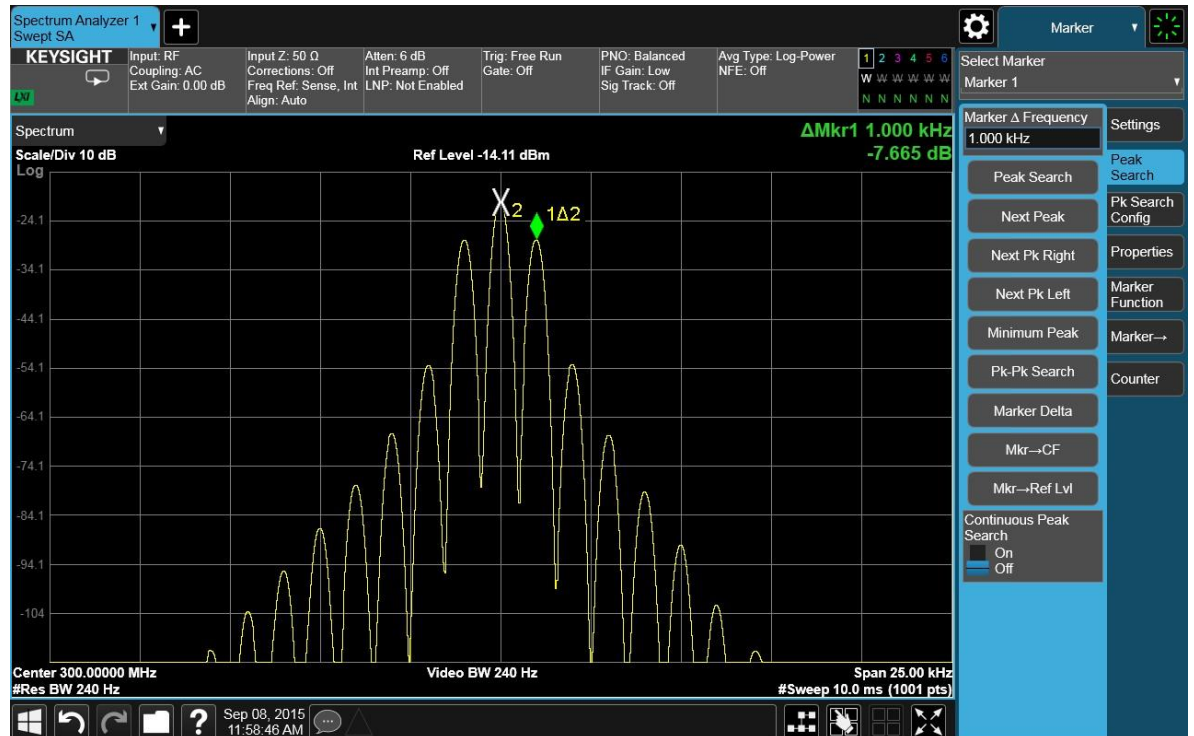
Шаг Действие Примечания

Рисунок 10-4. Измерения частоты с помощью отображения значений, обратных времени




Еще одним способом вычисления глубины модуляции может быть просмотр сигнала в частотной области и измерения дельта-частоты между пиковым значением несущей и первой боковой полосой. См. Рисунок 10-5.

Рисунок 10-5. Измерения коэффициента модуляции в частотной области



Измерения глубины модуляции АМ-сигнала

Эта процедура показывает, как использовать анализатор сигналов в качестве приемника с фиксированной настройкой (во временной области) для измерения глубины модуляции АМ сигнала в процентах.

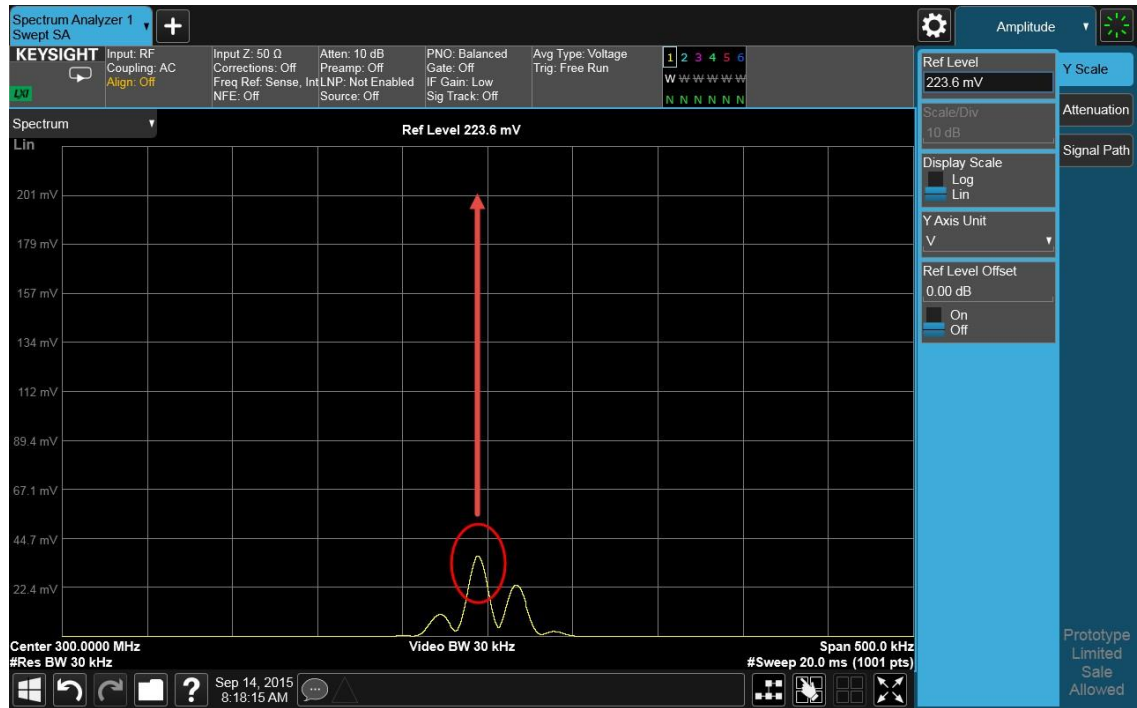
Шаг	Действие	Примечания
1	Настройте источник сигнала. а. Установите частоту источника 300 МГц . б. Установите амплитуду источника -20 дБм . в. Установите глубину АМ 80 % . г. Установите частоту модулирующего сигнала равной 1 кГц . е. Включите АМ.	
2	Подключите РЧ-выход источника к РЧ-входу анализатора, как показано на рисунке.	
		
3	Выполните сброс настроек анализатора. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) .	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение) .

ПРИМЕЧАНИЕ

Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».

Шаг	Действие	Примечания	
4	Включите выход внешнего генератора РЧ-сигналов.	а. Включите выход генератора сигналов.	
5	Укажите центральную частоту и диапазон частот.	а. Нажмите клавишу FREQ (Частота) . б. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 300 МГц . в. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 500 кГц .	
6	Установите ПП ФЧ.	а. Нажмите кнопку BW (Полоса частот) . б. В панели меню дважды коснитесь пункта Res BW (Полоса пропускания фильтра ПЧ) и введите значение 30 кГц .	
7	Установите время свипирования.	а. Нажмите клавишу SWEEP (Свипирование) . б. В панели меню дважды коснитесь пункта Sweep Time (Время свипирования) и введите значение 20 мс.	
8	Измените шкалу по оси Y на линейную.	а. Нажмите клавишу AMPTD (Амплитуда) . б. В панели меню коснитесь Display Scale (Шкала дисплея) и включите Lin (Линейная) .	Единицы измерения на оси Y по умолчанию — mV (милливольты).
9	Расположите пиковое значение сигнала рядом с первой ячейкой масштабной сетки ниже опорного уровня.	Воспользуйтесь одним из трех методов запуска для перемещения пика сигнала. а. При использовании подключенной к анализатору мыши: кликайте и перетаскивайте пик сигнала по дисплею. б. При использовании пальца: прикоснитесь и перетащите пик сигнала по дисплею.	См. Рисунок 10-6 .

Рисунок 10-6. Подъем пика сигнала



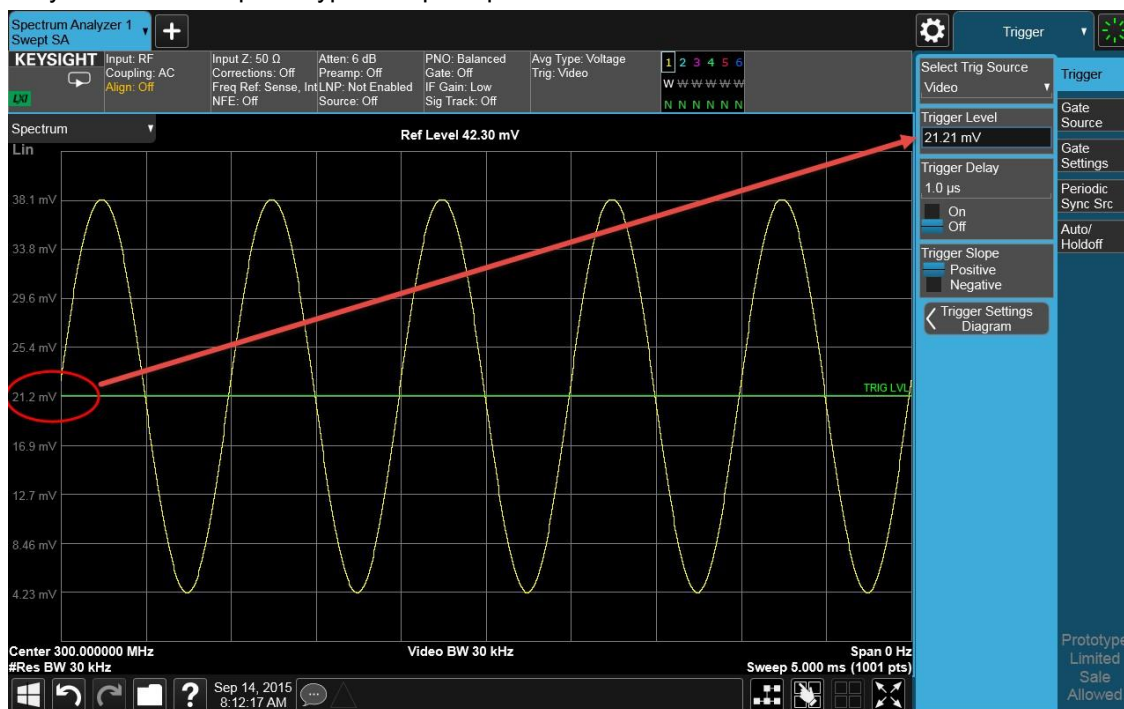
- 10 Установите анализатор на нулевой диапазон, чтобы провести измерения временной области.
- Нажмите клавишу **FREQ (Частота)**.
 - В панели меню переведите **Span (Полоса обзора)** в положение **Zero Span (Нулевая полоса обзора)**.
 - Нажмите клавишу **SWEEP (Свипирование)**.
 - Дважды коснитесь пункта **Sweep Time (Время свипирования)** и введите значение **5 мс**.

- 11 Используйте триггер видеотракта, чтобы стабилизировать трассу.
- Нажмите клавишу **Trigger (Триггер)**.
 - В панели меню коснитесь пункта **Select Trig Source (Выбор источника триггера)** и выберите **Video (Видео)**.

- 12 Скорректируйте уровень триггера, чтобы сигнал был вертикально отцентрирован на экране.
- Коснитесь пункта **Trigger Level (Уровень триггера)**.
 - Возьмите значение в мВ, которое находится в середине оси Y. Введите это значение для уровня триггера.

См. [Рисунок 10-7](#).

Рисунок 10-7. Настройка уровня триггера



- 13 Измерьте глубину модуляции АМ сигнала.

Для измерения глубины модуляции АМ, читайте график следующим образом (см. рис.10-4, где показаны примеры изображений на дисплее): 100 % АМ занимает все ячейки сетки от верхней до нижней. При 80 % АМ (как в данном примере) когда верхняя граница сигнала находится на 1 деление ниже верхней линии сетки, а нижняя — на 1 деление выше нижней линии. Чтобы определить глубину АМ имеющегося сигнала, примите каждое деление оси у за 10 %.

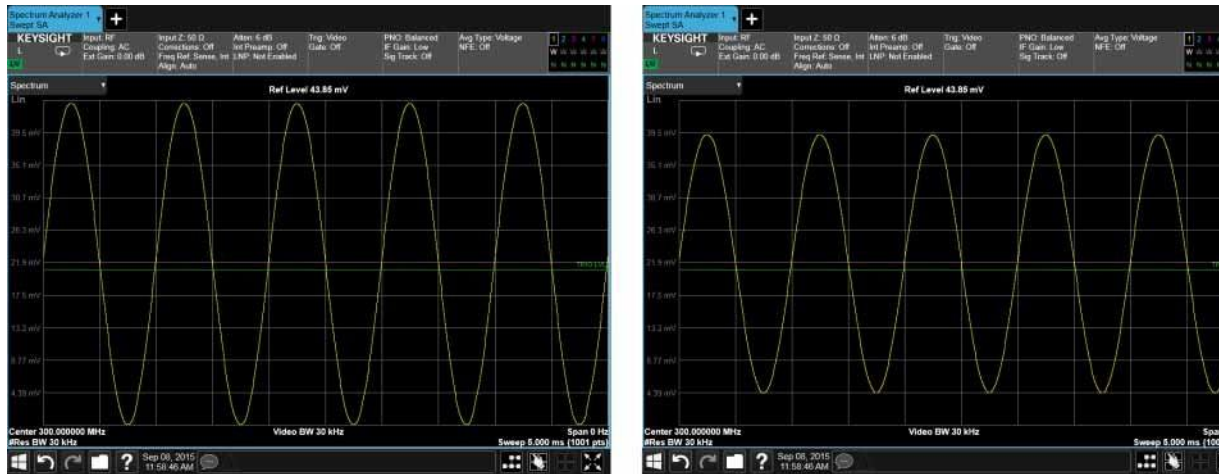
Демодуляция АМ-сигналов
Измерения глубины модуляции АМ-сигнала

Шаг

Действие

Примечания

Рисунок 10-8. Измерения АМ сигнала во временной области



СЛЕВА: 100 % АМ сигнала (коэффициент модуляции = 1)
СПРАВА: 80 % АМ сигнала (коэффициент модуляции = 0,8)

ПРИМЕЧАНИЕ Вы можете увидеть, как анализатор реагирует на разные коэффициенты модуляции, перебирая эти коэффициенты (или глубину) генератора сигналов.

11 Измерения с помощью I/Q-анализатора

Захват широкополосных сигналов для последующего анализа

В этом разделе содержатся две процедуры, описывающие настройку анализатора для проведения измерений сложных широкополосных сигналов во временной области. Этот режим собирает накопленные данные о мгновенных векторных соотношениях времени, частоты, фазы и амплитуды выбранных сигналов, чтобы вывести данные в формате I/Q. Эти данные могут быть в дальнейшем как использованы локально, так и переданы через интерфейсы LAN, USB или GPIB во внешние системы анализа данных. Описание каждого вида измерений содержит перечень данных, доступных для него в удаленном режиме.

Стандартный АЦП с полосой анализа 10 МГц и доступные в качестве опций АЦП с полосами анализа 25 МГц, 40 МГц, 255 МГц или 510 МГц, которые используются для захвата широкополосных сигналов, доступны с передней панели в режиме базового I/Q-анализатора. Режим позволяет использовать базовые настройки, РЧ (на основе БПФ) и инструменты I/Q-анализа.

В режиме I/Q-анализатора базовая частотная область, временная область и I/Q-измерения доступны в качестве инструментов проверки первоначального сигнала и данных в ходе подготовки к выводу выходных данных I/Q.

Первая процедура: измерения комплексного спектра отображаются в верхнем окне в виде графика зависимости мощности от частоты с указанием текущих (желтый график) и усредненных (голубой график) значений. В нижнем окне показан график зависимости напряжения I/Q-сигнала от времени.

Вторая процедура: измерения I/Q-сигналов обеспечивают измерения огибающей РЧ-сигнала во временной области в виде зависимости мощности от времени или зависимости напряжения I/Q-сигнала от времени.

Измерения комплексного спектра

Эта процедура описывает проведение измерений сложного сигнала W-CDMA с 4 несущими. Генератор сигналов используется как эмулятор базовой станции. Анализ такого типа во временной области позволяет выявить напряжения сложных волновых сигналов с цифровой модуляцией.

Шаг	Действие	Примечания
1	Настройте источник сигнала.	<ul style="list-style-type: none"> a. Установите режим W-CDMA 3GPP с 4 несущими. b. Установите частоту источника сигнала 1,96 ГГц. c. Установите амплитуду -20 дБм.
2	Подключите РЧ-выход источника к РЧ-входу анализатора, как показано на рисунке.	

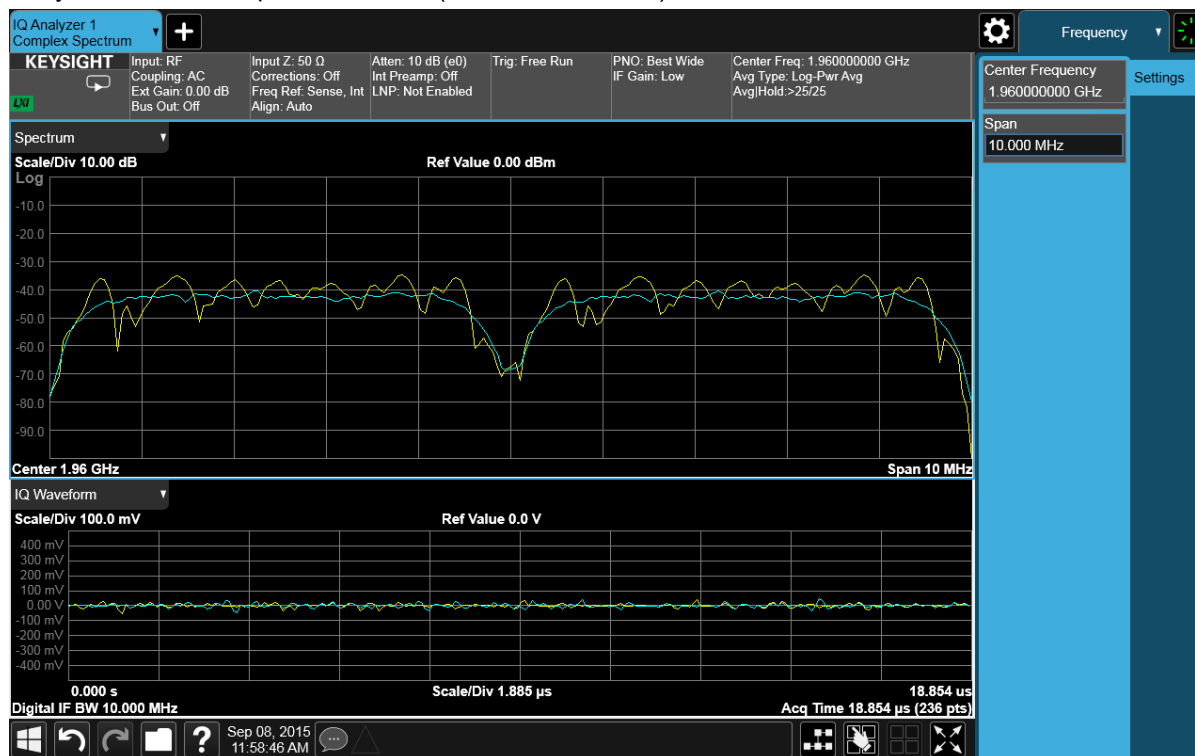


3	Выберите режим, вид измерения и режим отображения (Mode/Measurement/View) на анализаторе.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите кнопку MODE/MEAS (Режим/измерение). b. Выберите IQ Analyzer (Basic) (I/Q-анализатор (базовый)) в столбце режимов. c. Выберите Complex Spectrum (Комплексный спектр) в столбце измерений. d. Нажмите ОК в нижней части экрана. 	По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение).
4	Восстановите стандартные настройки анализатора.	<ul style="list-style-type: none"> a. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима). 	

Шаг	Действие	Примечания
	ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».	
5	Включите РЧ-выход генератора сигналов.	а. Включите (ON) РЧ-выход на генераторе сигналов.
6	Установите центральную частоту измерений на анализаторе.	а. Нажмите клавишу FREQ (Частота) . б. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 1,96 ГГц .
7	Укажите частотный диапазон/полосу анализа.	а. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 10 МГц . См. Рисунок 11-1 .

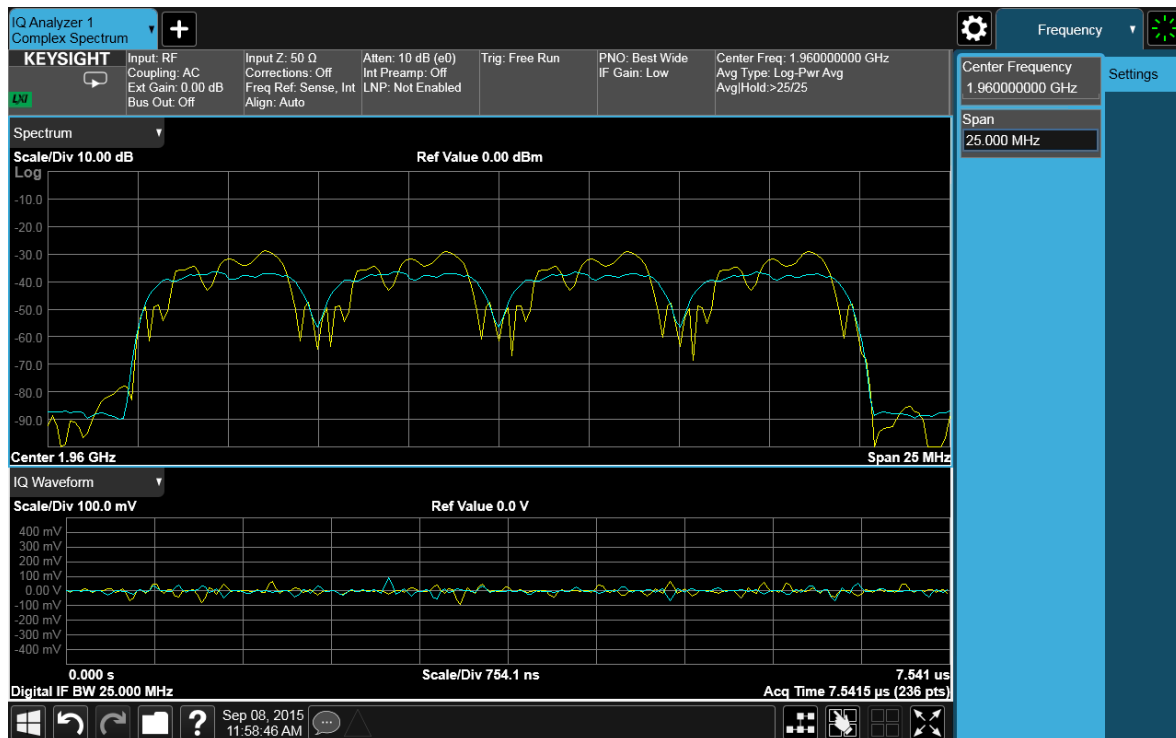
Результаты измерения показывают спектр, построенный на основе БПФ, в верхнем окне и I/Q-сигнал в нижнем окне. Активное окно выделено синим цветом. Чтобы сделать окно активным, необходимо его коснуться. Увеличьте масштаб, чтобы увидеть более подробную информацию о сигнале. Уменьшите масштаб.

Рисунок 11-1. Спектр и I/Q-сигнал (диапазон 10 МГц)



8	Увеличьте частотный диапазон/полосу анализа.	а. Дважды коснитесь пункта Span (Полоса обзора) и введите значение 25 МГц . См. Рисунок 11-2 .
---	--	--

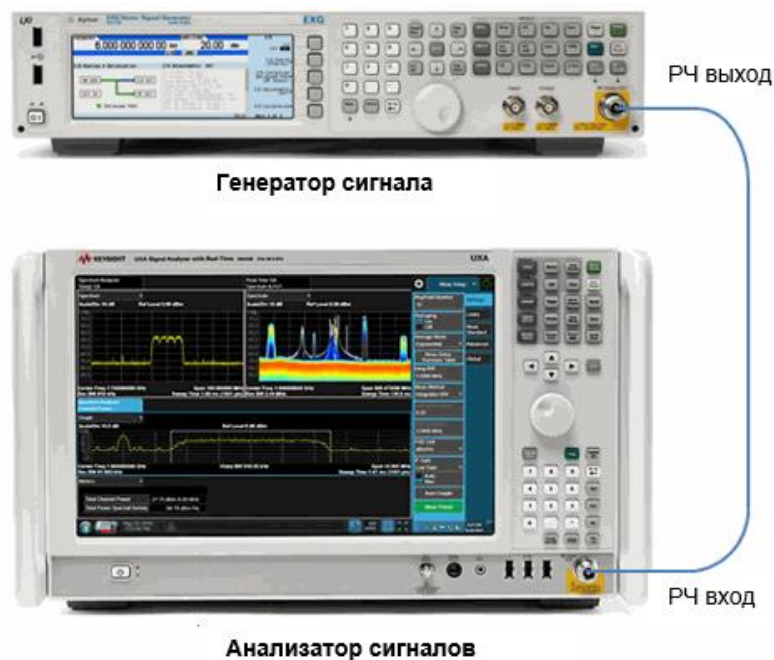
Рисунок 11-2. Спектр и I/Q-сигнал (диапазон 25 МГц)



Измерения I/Q-сигналов (временная область)

В этом разделе объясняется, как проводить измерения I/Q-сигналов (во временной области) для сигнала W-CDMA. Генератор сигналов используется как эмулятор базовой станции. Анализ модулируемых сигналов I и Q во временной области обеспечивает просмотр огибающей РЧ-сигнала и мощности в зависимости от времени или сигнала напряжения в формате IQ в зависимости от времени.

Шаг	Действие	Примечания
1	Настройте источник сигнала. а. Установите режим W-CDMA 3GPP с 4 несущими. б. Установите частоту источника сигнала 1,96 ГГц . в. Установите амплитуду -20 дБм .	
2	Подключите РЧ-выход источника к РЧ-входу анализатора, как показано на рисунке.	

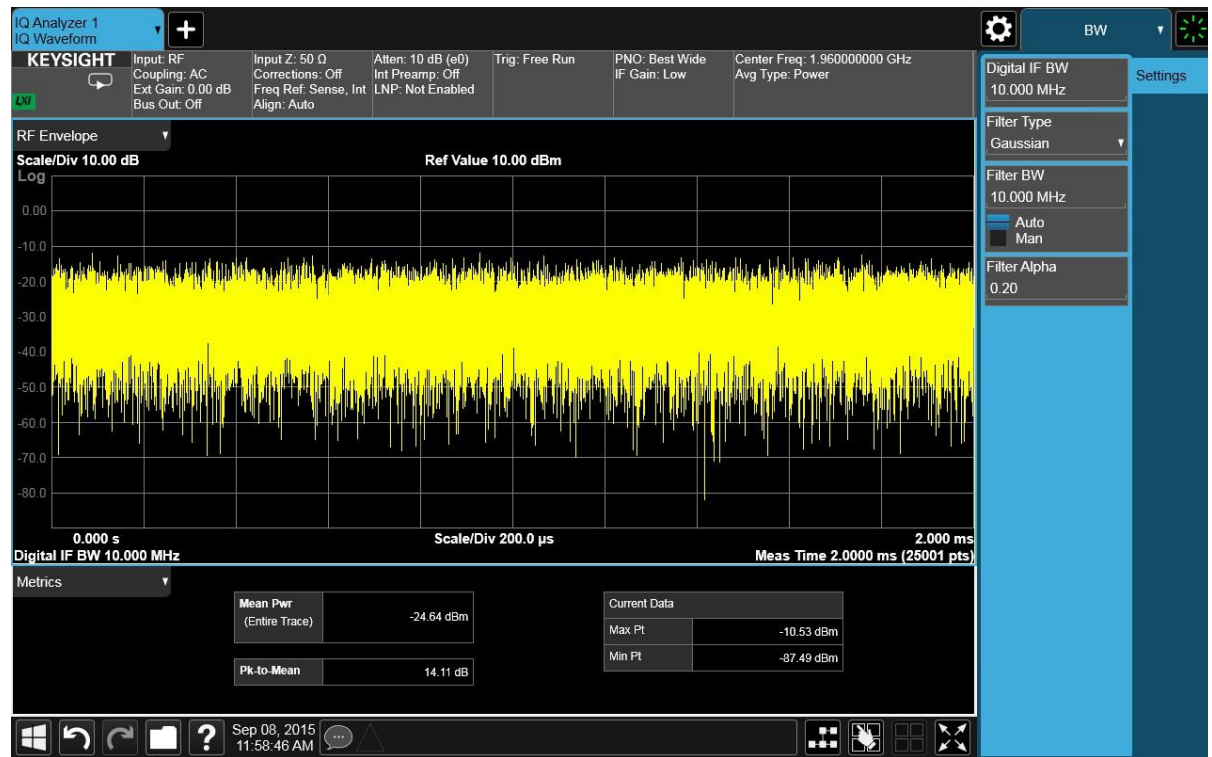


3	Восстановите стандартные настройки анализатора. а. Нажмите клавишу Mode Preset (Сброс режима) .	
ПРИМЕЧАНИЕ Сброс режима изменяет не все настройки анализатора. Чтобы выполнить полный сброс параметров, выберите пункты «Восстановление параметров режима по умолчанию» и «Сброс входа и выхода» в меню «Сброс».		
4	Включите РЧ-выход генератора сигналов. а. Включите (ON) РЧ-выход на генераторе сигналов.	

Шаг	Действие	Примечания	
5	<p>Выберите на анализаторе режим, вид измерения и режим отображения (Mode/Measurement/View).</p>	<p>а. Нажмите кнопку MODE/MEAS (Режим/измерение).</p> <p>б. Выберите IQ Analyzer (Basic) (I/Q-анализатор (базовый)) в столбце режимов.</p> <p>с. Выберите I/Q Waveform (I/Q-сигнал) в столбце измерений.</p> <p>д. Выберите RF Envelope (Огибающая РЧ-сигнала) в столбце просмотра.</p> <p>е. Нажмите ОК в нижней части экрана.</p>	<p>По умолчанию анализатор использует режим анализатора спектра и спектральный анализ со свипированием. Если нужно, вы можете проверить или изменить режим, нажимая клавишу MODE/MEAS (Режим/измерение).</p>
6	<p>Укажите центральную частоту измерений.</p>	<p>а. Нажмите клавишу FREQ (Частота).</p> <p>б. В панели меню дважды коснитесь пункта Center Frequency (Центральная частота) и введите значение 1,96 ГГц.</p>	
7	<p>Установите полосу анализа.</p>	<p>а. Нажмите клавишу BW (Полоса частот).</p> <p>б. В панели меню дважды коснитесь пункта Digital IF BW (Цифровая полоса ПЧ) и введите значение 10 МГц.</p> <p>с. Коснитесь пункта Filter Type (Тип фильтра) и выберите Gaussian (Гауссовский).</p>	<p>См. Рисунок 11-3.</p>

Результаты измерения представлены в виде графика огибающей РЧ-сигнала, демонстрирующего зависимость мощности от времени, в верхнем окне и характеристик в нижнем текстовом окне.

Рисунок 11-3. Измерения I/Q-сигналов — просмотр огибающей РЧ-сигнала (полоса анализа 10 МГц)

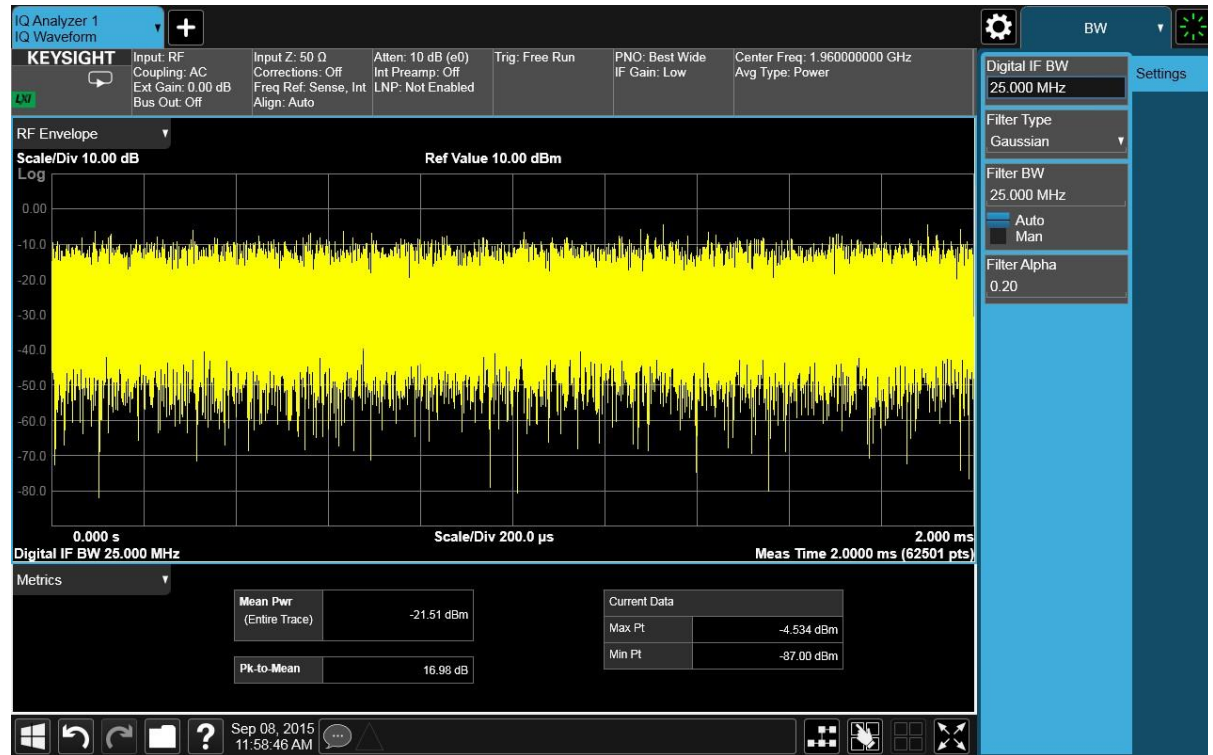


8 Увеличьте полосу анализа.

а. Дважды коснитесь пункта **Digital IF BW (Цифровая полоса ПЧ)** и введите значение **25 МГц**.

См. **Рисунок 11-4**.

Рисунок 11-4. Измерения I/Q-сигналов — измерения огибающей РЧ
(полоса анализа 25 МГц)



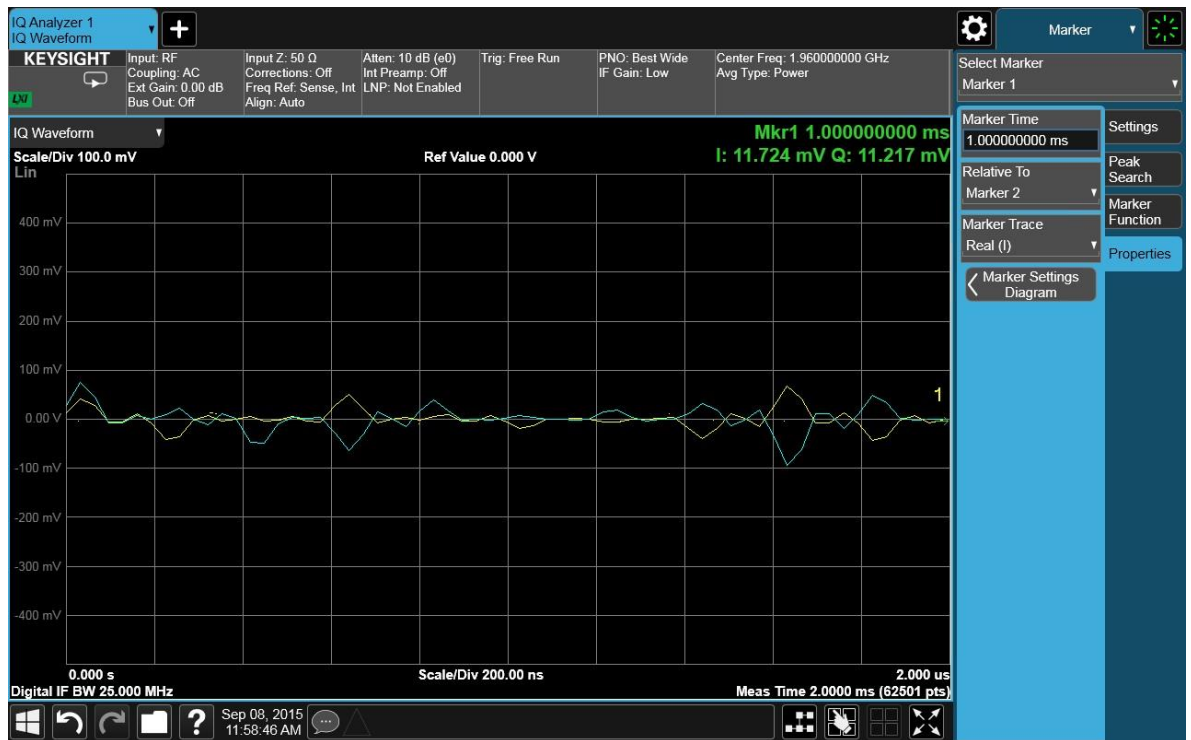
- 9 Просмотрите I/Q-сигнал.
- Нажмите кнопку **MODE/MEAS (Режим/измерение)**.
 - Выберите **IQ Analyzer (Basic) (I/Q-анализатор (базовый))** в столбце режимов.
 - Выберите **I/Q Waveform (I/Q-сигнал)** в столбце измерений.
 - Выберите **I/Q Waveform (I/Q-сигнал)** в столбце просмотра.
 - Коснитесь кнопки **OK** в нижней части экрана.

- 10 Установите временную шкалу.
- Нажмите кнопку **SWEEP (Свипирование)**.
 - В панели меню выберите вкладку **X Scale (Шкала оси X)**.
 - Дважды коснитесь пункта **Scale/Div (Шкала/дел.)** и введите значение **200 нс**.

- 11 Активируйте маркеры.
- Нажмите кнопку **Marker (Маркер)**.
 - Выберите вкладку **Properties (Характеристики)**.
 - Коснитесь пункта **Marker Trace (Трасса маркера)** и выберите **Real (I) (Реальный (I))**.

См. [Рисунок 11-5](#).

Рисунок 11-5. Измерения I/Q-сигналов — просмотр I/Q-сигнала



12 Основные принципы

Разделение сигналов с малой отстройкой

Разделение сигналов с одинаковой амплитудой

Два входных сигнала одной амплитуды с малой отстройкой частот могут отображаться на дисплее анализатора как один. Изменяя полосу пропускания фильтра промежуточной частоты анализатора (который часто именуется фильтром промежуточной частоты), вы можете выделить эти сигналы и отобразить их на дисплее. При изменении частотного диапазона фильтра ПЧ изменяется ширина отображаемого отклика. При использовании широкого фильтра и достаточно малой отстройке частот двух входных сигналов одной амплитуды два сигнала могут отображаться как один сигнал. При использовании достаточно узкого фильтра два входных сигнала могут быть разделены и отображены как два отдельных пика. Таким образом, разделение сигналов зависит от фильтров ПЧ анализатора.

Полоса пропускания фильтра ПЧ показывает, насколько близко отстоящие сигналы одинаковой амплитуды будут ясно различимы на экране. С помощью функции «Полоса пропускания фильтра ПЧ» можно выбирать настройки фильтра ПЧ для измерения. Как правило, полоса пропускания определяется как диапазон частот фильтра по уровню минус 3 дБ. Но полоса пропускания также может определяться по уровню минус 6 дБ или как импульсная полоса пропускания фильтра.

Для разделения двух сигналов одной амплитуды полоса пропускания должна быть меньше отстройки частот этих сигналов или равна ей. Если диапазон пропускания равен отстройке, а полоса видеофильтра меньше полосы разрешения, между пиками двух сигналов одного уровня отмечается понижение приблизительно на 3 дБ и очевидно наличие более чем одного сигнала.

Для анализаторов сигналов в режиме свипирования автоматически устанавливается значение времени свипирования, обратно пропорциональное квадрату полосы пропускания (1/ПП ФПЧ2), чтобы сохранить калибровочные настройки измерения. Например, при уменьшении полосы пропускания в 10 раз время свипирования увеличивается в 100 раз, если они связаны. Для минимизации времени измерения используйте максимальную полосу пропускания, при которой могут быть разделены все сигналы. Время свипирования также зависит от используемого детектора. Для детекторов пиковых и нормальных значений оно может быть равным или меньшим времени развертки детекторов с выборкой и детекторов средних значений. Анализатор позволяет выбрать ПП ФПЧ до 8 МГц с шагом 1-3-10, а также позволяет настраивать ПП ФПЧ шагами по 10 % (всего 160 настроек ПП ФПЧ).

Чтобы выбрать оптимальное время свипирования для калибровки анализатора, установите автоматический выбор времени свипирования (**Sweep/Control, Sweep Time, Auto**, (Развертка/управление, Время свипирования, Авто) и типа развертки (**Sweep/Control, Sweep Setup, Sweep Type, Auto** (Развертка/управление, Настройка развертки, Тип развертки, Авто). Используйте максимальную полосу пропускания фильтра ПЧ и минимальный диапазон, при которых можно разделить все сигналы.

Выделение слабых сигналов на фоне мощных сигналов

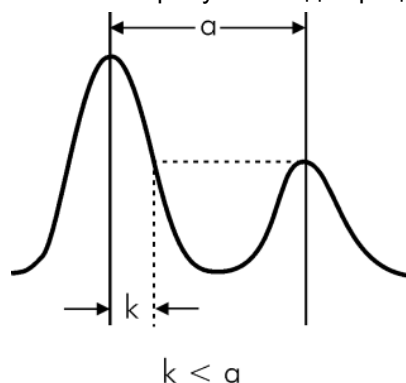
При выделении сигналов с малой отстройкой, но с разной амплитудой, нужно учитывать форму фильтра ПЧ в анализаторе, а также его полосу пропускания по уровню -3 дБ. (Дополнительные сведения см. в разделе «**Разделение сигналов одной амплитуды**»). Форма фильтра (или его коэффициент прямоугольности) представляет собой отношение ширины полосы 60 дБ к ширине полосы 3 дБ. Если слабый сигнал недостаточно разнесен с более сильным, слабый сигнал может теряться на фоне более мощного.

Чтобы выделить более слабый сигнал, выберите полосу пропускания фильтра ПЧ таким образом, чтобы k было меньше a (см. рис. 12-1). **Отстройка между двумя сигналами (a) должен быть больше половины ширины фильтрованного более сильного сигнала (k), измеряемой на уровне амплитуды более слабого сигнала.**

Ширина цифрового фильтра анализатора приблизительно в 3 раза меньше, чем ширина стандартного аналогового ПП ФПЧ-фильтра. Это позволяет разделять сигналы с малой отстройкой, используя более широкую полосу пропускания (для сокращения времени свипирования).

Рис. 12-1.

Требования к полосе пропускания для разделения слабых сигналов



Принципы использования триггеров

ПРИМЕЧАНИЕ

Функция триггера позволяет выбирать настройки запуска развертки или измерения. При использовании какого-либо источника триггера, кроме Free Run (Автозапуск), анализатор начинает развертку только в том случае, если выполняются заданные условия запуска. Событием триггера называют момент, в который для сигнала-источника триггера выполняются установленные требования к уровню (порогу) и полярности триггера (при наличии таковых). При измерении с использованием БПФ триггер управляет временем сбора данных для БПФ.

Выбор триггера

1. Автозапуск

Кнопка Free Run включает и выключает режим автозапуска. Автозапуск срабатывает сразу после начала свипирования/измерения.

Нажмите **Trigger (Триггер), Free Run (Триггер, Автозапуск)**.

2. Триггеры видеотракта

Условие триггера видеотракта, если он выбран, выполняется, когда уровень видеосигнала (прошедшего фильтрацию, в т. ч. фильтрацию по ПП ФПЧ и ПФФ, и детектированного) превосходит порог триггера видеотракта. Измерения производятся в точке, в которой нарастающий сигнал пересекает горизонтальную зеленую линию триггера видеотракта на дисплее.

Нажмите **Trigger (Триггер), Video (Видео), Video (Видео), Trigger Level (Уровень триггера)**, -30, дБм. (Если триггер видеотракта еще не выбран, нужно нажать Video (Видео) еще раз, чтобы перейти к функции Trigger Level (Порог триггера)).

3. Внешние триггеры

Измерения анализатора можно синхронизировать с фронтом другого события, подключая сигнал триггера к входу Trigger 1 In или Trigger 2 In на задней панели анализатора. Возможно, потребуется отрегулировать порог триггера с помощью регулятора на передней панели или путем ввода числового значения с клавиатуры.

Нажмите **Trigger (Триггер)**, затем **External 1 (Внешний 1)** или **External 2 (Внешний 2)** и **Trigger Level (Порог триггера)** и настройте эти значения по необходимости.

4. Триггер по широкополосным РЧ-импульсам

Запуск от РЧ-импульсов происходит в цепи ПЧ в отличие от запуска по триггеру видеотракта, происходящего в цепи видеодетектора. При использовании триггера видеотракта фильтры детекции ограничены максимальной шириной полосы пропускания фильтров. Чтобы преодолеть это ограничение, используйте режим триггера по РЧ-импульсу.

Нажмите **Trigger, RF Burst (Триггер, РЧ-импульс)**.

5. Триггеры по питанию

При запуске по питанию в качестве триггера выбирается сигнал напряжения. Свипирование и измерения начинаются при каждом очередном цикле напряжения. Нажав эту кнопку, если режим уже выбран, вы перейдете к меню настройки триггера по питанию.

Нажмите **Trigger, Line** (Триггер, По питанию).

6. Запуск по периодическому таймеру

С помощью этой функции можно выбрать в качестве триггера внутренний периодический таймер. Запуск триггера устанавливается с помощью параметра **Periodic Timer** (Периодический таймер), изменить который можно, выбрав **Sync Source** (Источник синхронизации) и **Offset** (Смещение).

Схема запуска по периодическому таймеру показана на [рис. 12-2](#).

Перед рассмотрением схемы объясним, для чего может использоваться периодический таймер.

Он часто применяется для измерения периодических импульсных РЧ-сигналов, если другой источник пускового сигнала недоступен. Так, мы могли бы измерить TDMA-импульсы, которые испускаются каждые 20 мс. Допустим, что период 20 мс выдерживается точно и постоянно. Допустим также, что мы не располагаем внешними источниками триггеров, синхронизированными с этим периодом, а отношение сигнал/шум недостаточно высокое, чтобы обеспечить запуск по РЧ-импульсам на всех анализируемых частотах. Например, мы хотим измерить паразитную передачу со смещением относительно несущей, превышающим ширину полосы пропускания триггера по РЧ-импульсу. В этом случае мы можем установить **Periodic Timer** (Периодический таймер) на период 20,00 мс и настроить его смещение таким образом, чтобы он оказался в нужном нам положении. Если мы обнаружили, что значение периода 20,00 не совсем точно, его можно немного откорректировать для минимизации сдвига между периодическим таймером и измеряемым сигналом.

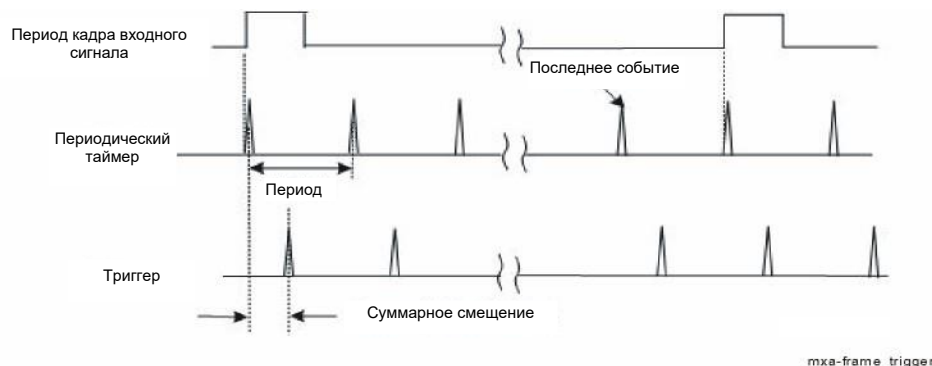
Другой способ применения этой функции — временно использовать **Sync Source** (Источник синхронизации) вместо **Offset** (Смещение). В этом случае можно настроиться на сигнал в узком диапазоне и использовать триггер по РЧ-импульсу (**RF Burst**) для синхронизации периодического таймера. Затем источник синхронизации следует отключить во избежание ошибочного запуска. Ошибочный запуск может произойти, когда настройка производится на таком удалении от порога триггера запуска от РЧ-импульса, что его больше нельзя считать надежным.

Третий способ — синхронизация с сигналом, значение опорного времени которого превосходит задаваемый период. В некоторых CDMA-приложениях целесообразно обратить внимание на сигналы с меньшей периодичностью и синхронизировать эту периодичность с фронтом «таймера четных секунд», который появляется каждые две секунды. Таким образом, можно подключить запуск таймера четных секунд к внешнему входу **Ext1**, а затем использовать этот вход в качестве источника синхронизации для периодического таймера.

Схема ниже иллюстрирует третий способ применения. Верхний график представляет таймер четных секунд. С передним фронтом таймера синхронизируется периодический таймер. Запуск анализатора по триггеру произойдет в момент, соответствующий суммарной задержке от события периодического триггера. Периодический таймер продолжает работать, и запуски продолжают происходить с периодичностью, которая определяется шкалой времени анализатора. Выходной сигнал таймера, обозначенный **late event** (событие с запозданием), будет отклоняться от идеального времени в силу неточного соответствия между шкалой времени

измеряемого сигнала и шкалой времени анализатора, а также вследствие неточной настройки параметра «Период». Но при следующем событии, связанном с таймером четных секунд, синхронизация восстанавливается. (Суммарное смещение описано в разделе «Смещение»).

Рисунок 12-2. Периодический запуск



a. Period (Период)

Задаёт период для внутреннего периодического таймера. Для сигналов цифровой связи обычно устанавливается период кадра входного сигнала. Если источник синхронизации не находится в положении «ВЫКЛ.» и скорость внешнего источника синхронизации по какой-либо причине изменена, периодический таймер синхронизируется с каждым внешним импульсом синхронизации путем сброса внутреннего состояния цепи синхронизации.

Нажмите **Trigger, Periodic Timer** (Триггер, Периодический таймер).

b. Смещение

Задаёт суммарное смещение между событиями периодического таймера и событием триггера. Настройка суммарного смещения отличается от настройки смещения, как объясняется ниже.

Периодический таймер обычно не синхронизирован с внешними событиями. Поскольку время относительно внешних событий (РЧ-сигналов) очень важно для измерений, нужно уметь настраивать это время (выбирать смещение). Но вы не можете непосредственно определить, когда происходят события периодического таймера. Вы можете видеть только время запуска по триггеру. Если вы хотите настроить время запуска по триггеру, вы меняете внутреннее смещение между событиями периодического таймера и событием триггера. Поскольку абсолютное значение этого внутреннего смещения неизвестно, обозначим его как суммарное смещение. При каждом изменении параметра **Offset (Смещение)** вы изменяете это суммарное смещение. Отображаемое смещение можно изменять при помощи функции **Reset Offset Display (Сброс отображаемого смещения)**.

Изменение отображения не меняет значение суммарного смещения, но вы можете дополнительно изменять его отдельно.

Нажмите **Trigger, Periodic Timer** (Триггер, Периодический таймер).

с. Сброс отображаемого смещения

Устанавливает значение 0,0 с для отображаемого смещения периодического запуска по триггеру. Текущее отображаемое положение триггера может включать значение, выбранное нажатием кнопки **Offset** (Смещение). Нажатием этой кнопки можно установить новую точку запуска со смещением 0,0 с на месте текущего отображаемого положения триггера. С помощью кнопки **Offset (Смещение)** можно добавить смещение относительно новой временной шкалы.

Нажмите **Trigger, Periodic Timer** (Триггер, Периодический таймер).

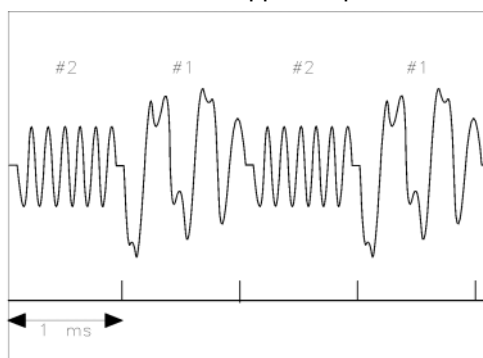
Принципы временного стробирования

Введение: использование временного стробирования на примере упрощенного цифрового радиосигнала

Данный раздел демонстрирует принцип стробирования по времени на примере упрощенного цифрового радиосигнала. В разделе «Измерения с использованием временного стробирования» приводятся примеры временного стробирования.

На **Рисунке 12-3** изображен сигнал от двух источников — «Радио 1» и «Радио 2», совместно использующих канал передачи с одной несущей частотой. Сигнал «Радио 1» передается в течение 1 мс, затем также в течение 1 мс передается сигнал «Радио 1».

Рисунок 12-3. Упрощенный мобильный цифровой радиосигнал во временной области

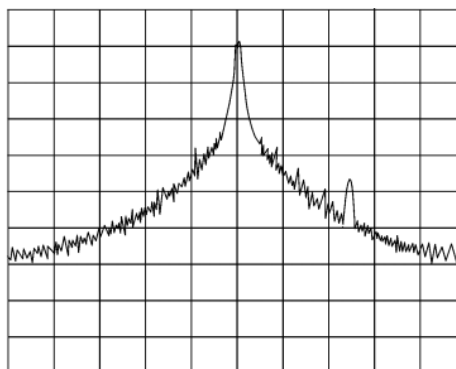


aj154e

Требуется измерить частотные спектры каждого из источников сигнала в отдельности.

Анализатор сигналов, не имеющий функции стробирования по времени, не в состоянии это сделать. За время развертки анализатора сигналов, то есть около 50 мс, источники сигнала сменяют друг друга 25 раз. Поскольку оба источника сигнала имеют одну и ту же несущую частоту, их частотные спектры перекрываются, как показано на **рис. 12-4**. Анализатор отображает суммарный спектр, в котором невозможно определить, какая его часть соответствует каждому из источников сигнала.

Рисунок 12-4. Частотный спектр комбинации радиосигналов



- 146 -

Стробирование по времени позволяет видеть отдельно спектры сигналов «Радио 1» и «Радио 2», и таким образом становится возможным определить источник паразитного сигнала, как показано на рисунках 12-5 и 12-6.

Рисунок 12-5. Спектр стробированного по времени сигнала «Радио 1»

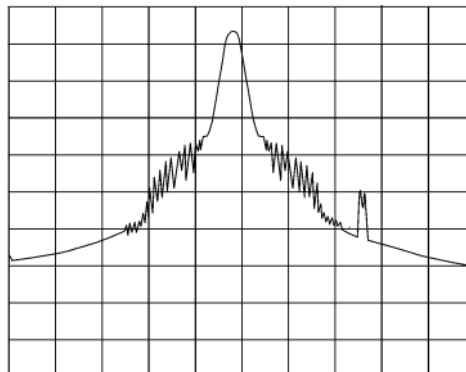
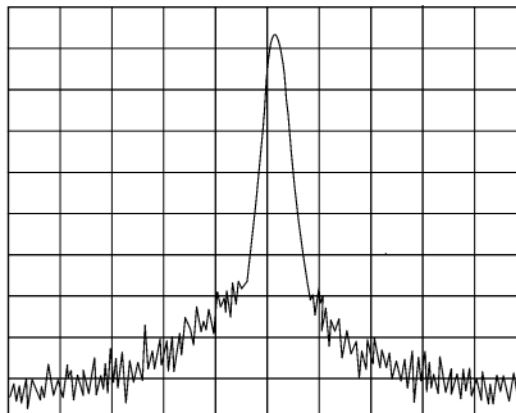


Рисунок 12-6. Спектр стробированного по времени сигнала «Радио 2»



Функция временного стробирования позволяет задавать временной интервал (длительность строба) при проведении измерения. Это позволит выделить подлежащую измерению часть общего сигнала, исключив (или «замаскировав») ненужные его составляющие.

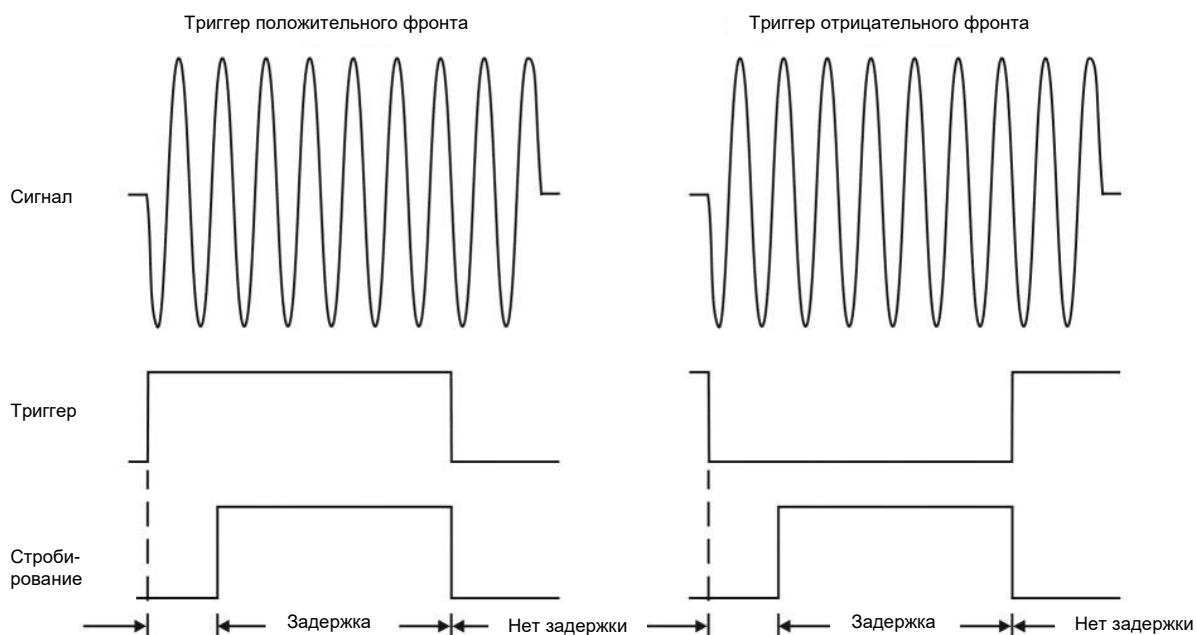
Как работает временное стробирование

Временное стробирование осуществляется путем отбрасывания части измеряемого сигнала, находящейся вне временного строба, как это демонстрируют [рисунки 12-9](#) и [12-8](#). Стробирование определяется в момент захвата анализатором данных измерения. Когда сигнал стробирования имеет активное состояние, которое настраивается в меню стробирования, прибор пропускает сигнал, а в остальное время — блокирует. В идеальной ситуации анализатор измеряет только те сигналы, которые поступают на его вход при активном сигнале стробирования. Все остальные сигналы игнорируются, если настройка анализатора сигналов выполнена правильно.

Возможно стробирование сигнала двух видов: **по фронту импульса** и **по уровню сигнала**.

- **Стробирование по фронту** Стробирование включается по переднему или заднему фронту импульса сигнала триггера. Обычно для этого применяется периодический внешний сигнал ТТЛ, передний и задний фронт которого поступают одновременно с передним и задним фронтом импульсного РЧ-сигнала.
- Для более точной настройки стробирования вы можете указать задержку и длительность стробирования (см. [рисунок 12-7](#)). Строб пропускает сигнал начиная с момента появления фронта сигнала триггера (по истечении времени задержки стробирования) и блокирует его по окончании заданной длительности стробирования.
- При **стробировании по уровню сигнала** строб пропускает измеряемый сигнал в том случае, если уровень сигнала соответствует заданному значению (верхнему или нижнему). Сигнал, уровень которого не удовлетворяет заданным условиям, блокируется стробом (при стробировании по уровню сигнала не учитываются ни задержка, ни длительность).

Рисунок 12-7. Синхронизация по фронту сигнала триггера



В анализаторах сигналов Keysight используются три различных реализации временного стробирования: стробирование по гетеродину, стробирование по видеотракту, стробирование по БПФ.

Принцип стробирования по видеотракту

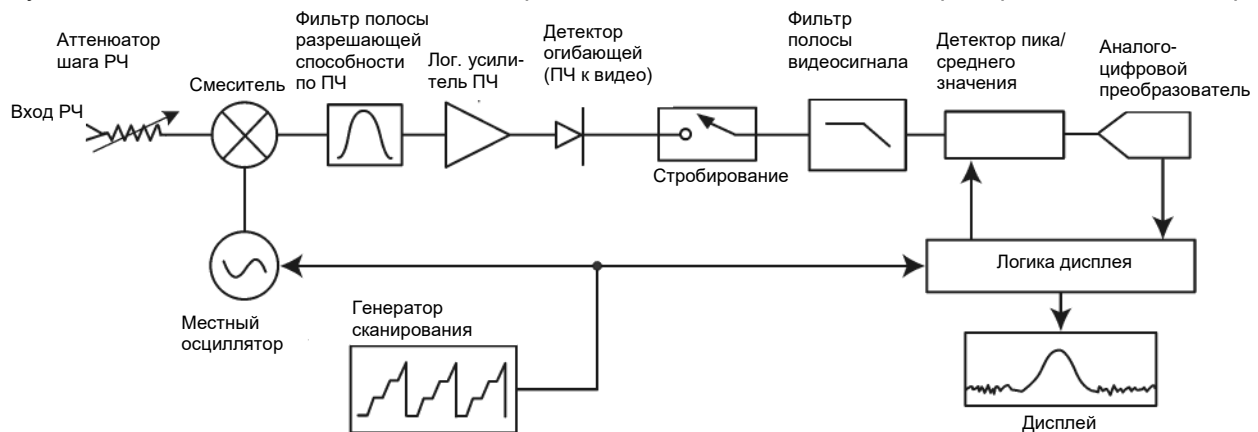
Стробирование по видеотракту можно рассматривать как простой переключатель стробирования, при котором сигнал подается на вход анализатора сигналов. Когда стробирование активно (как настроено в меню стробирования), сигнал передается дальше. Во все остальные периоды строб блокирует сигнал. Анализатор получает входной сигнал только тогда, когда он проходит через строб. На рисунке 12-8 вы можете заметить, что стробирование применяется в тракте промежуточной частоты после детектора огибающей, но до фильтра полосы пропускания видеосигнала.

Стробирование выполняется после контуров РЧ-анализатора сигналов и до обработки видеосигнала. Соответственно, настройки стробирования имеют некоторые ограничения, связанные с временем реагирования на сигналы в пути РЧ-сигнала.

При использовании стробирования видеотракта анализатор постоянно выполняет свипирование, независимо от активности стробирования и продолжительности текущего состояния. Существует минимальное время свипирования (пример расчета времени приводится далее в этом разделе), необходимое для захвата сигнала при активном состоянии стробирования. По этой причине стробирование по видеотракту обычно работает медленнее, чем стробирование по гетеродину или стробирование по БПФ.

Рисунок 12-8.

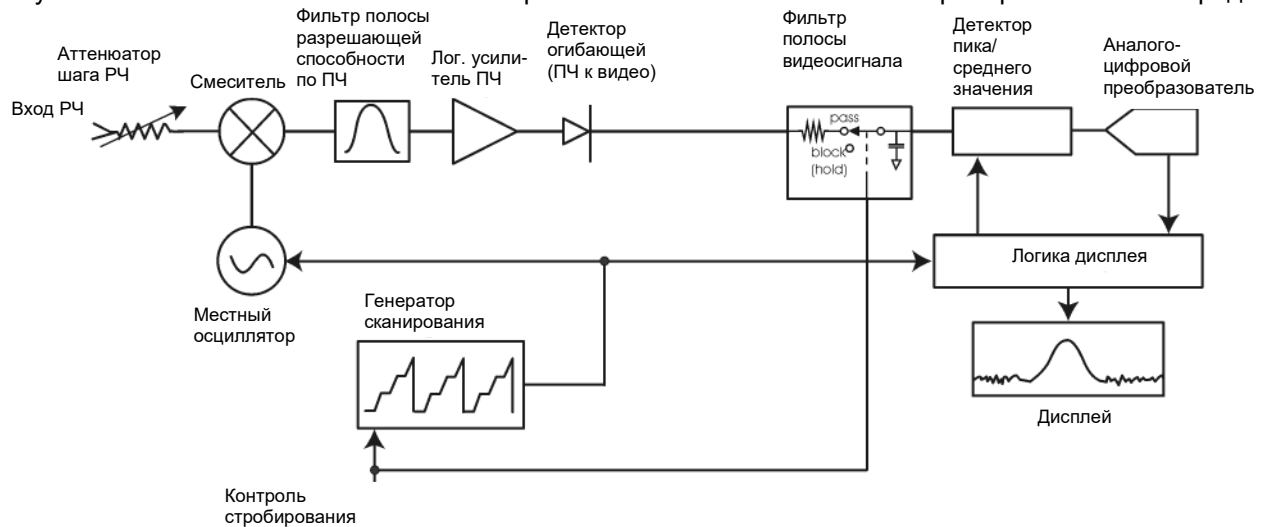
Блок-схема анализатора сигналов с использованием стробирования по видеотракту



Принцип стробирования по гетеродину

Стробирование по гетеродину — это достаточно сложный метод стробирования, при котором свипирование по гетеродину выполняется только при активном состоянии стробирования, то есть когда сигнал пропускается. На рисунке 12-9 представлена упрощенная схема работы при стробировании по гетеродину. Обратите внимание, что сигнал управления стробированием включает и отключает свипирование на генераторе сканирования, а также пропускание сигнала. Благодаря этому анализатор выполняет свипирование только в те периоды, когда строб пропускает сигнал. Стробирование по гетеродину выполняется быстрее, чем стробирование по видеотракту, поскольку при стробировании по видеотракту время свипирования должно быть достаточно существенным, чтобы при каждом проходе регистрировался хотя бы один фронт сигнала. При стробировании по гетеродину в каждой фазе стробирования можно выполнять свипирование по нескольким точкам.

Рисунок 12-9. Блок-схема анализатора сигналов с использованием стробирования по гетеродину



Принцип стробирования по БПФ

Стробирование по БПФ (быстрому преобразованию Фурье) представляет собой измерения с использованием БПФ, которое начинается при срабатывании триггера.

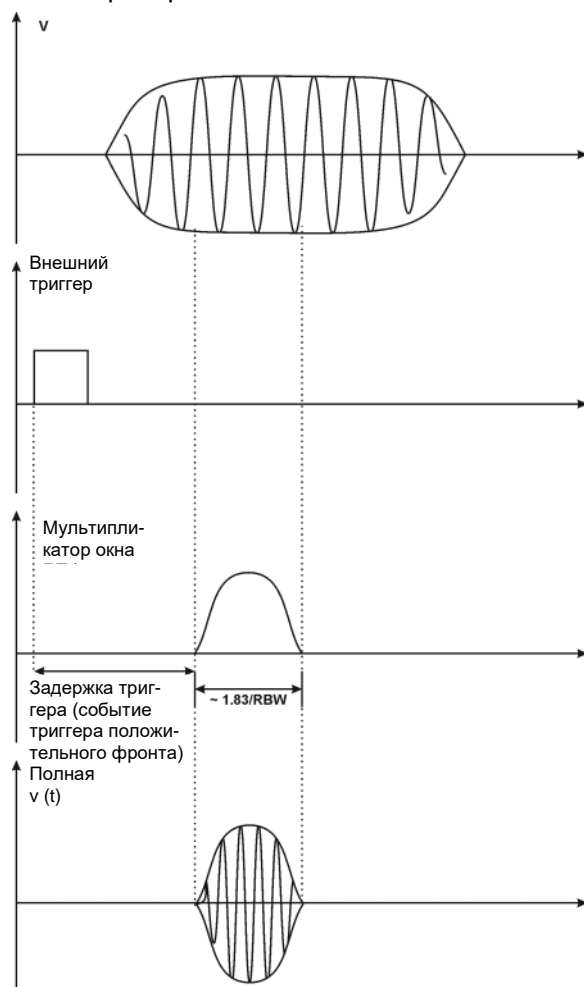
Применение БПФ к измерению спектра естественным образом вносит элемент стробирования, поскольку вычисление спектра выполняется для короткого временного промежутка, как и при обычном анализе со стробированием.

При работе с анализатором в режиме БПФ этот временной промежуток определяется следующим образом:

$$\text{Временной (стробируемый) промежуток БПФ} = 1,83 / \text{ПП ФПЧ}$$

Продолжительность времени находится в пределах допуска около 3 % для полос разрешения вплоть до 1 МГц. В отличие от свипирования со стробированием, временной промежуток для анализа в стробировании по БПФ определяется параметрами ПП ФПЧ, а не сигнала стробирования. Поскольку анализ БПФ выполняется быстрее, чем анализ свипирования (с частотой до 7,99 МГц), измерения со стробированием по БПФ допускают более высокое разрешение по частоте (более узкую ПП ФПЧ) для той же продолжительности анализируемого сигнала.

Рисунок 12-10. Временная схема стробирования по БПФ



Основы временного стробирования (стробирование по гетеродину и стробирование по видеотракту)

Используются следующие параметры стробирования:

- Условие триггера. Обычно для триггера по фронту сигнала используется внешний периодический сигнал ТТЛ (транзисторно-транзисторной логики), а для триггера по уровню — сигнал высокого/низкого уровня ТТЛ.
- Задержка стробирования. Это время, по истечении которого строб становится активным после регистрации сигнала триггера.
- Длительность стробирования. Это длительность пропускаемого фрагмента сигнала.

Чтобы лучше понять принцип временного стробирования, давайте рассмотрим измерения спектра по двум импульсным РЧ-сигналам, находящимся в одном диапазоне частот. В следующем примере представлено временное соотношение трех сигналов:

- Составной сигнал, объединяющий два импульсных РЧ-сигнала.
- Сигнал триггера стробирования (периодический сигнал ТТЛ с разными уровнями).

— Сигнал стробирования. Сигнал ТТЛ имеет низкий уровень, когда стробирование неактивно (сигнал блокируется), и высокий уровень, когда стробирование активно (сигнал пропускается).

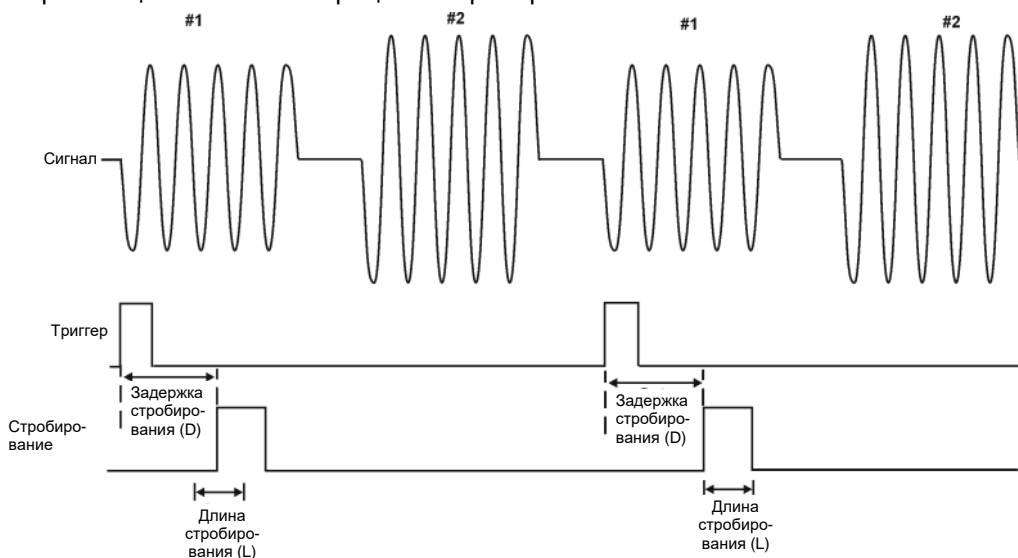
Временное соотношение этих трех сигналов лучше всего наблюдать во временной области (см. [рисунок 12-11](#)).

Основной целью является измерения спектра для сигнала 1 и выявление в нем низкоуровневых модуляций и паразитных составляющих.

Поскольку импульсные колебания сигнала 1 и сигнала 2 имеют почти одинаковую частоту, их спектры перекрываются. Сигнал 2 является доминирующим в частотной области, поскольку его амплитуда выше. Без стробирования спектр сигнала 1 будет незаметен, поскольку он маскируется сигналом 2.

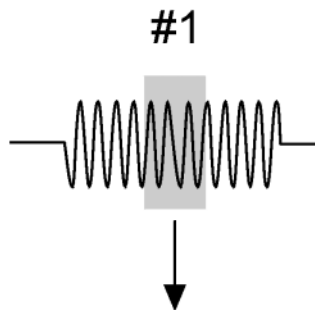
Чтобы измерить сигнал 1, строб должен пропускать общий сигнал только в те периоды, когда проходят импульсы от сигнала 1. В другие периоды стробирование блокирует все остальные сигналы. Чтобы настроить стробирование, установите задержку и длительность, как показано на [рисунке 12-11](#). Теперь стробирование будет активным только в центральной части импульса. Тщательно следите за тем, чтобы стробирование не захватывало передний или задний фронт импульса. Когда стробирование активно, выходной сигнал будет содержать фактическое положение строба во времени, как показано в строке «Стробирование».

Рисунок 12-11. Синхронизация сигналов в процессе стробирования



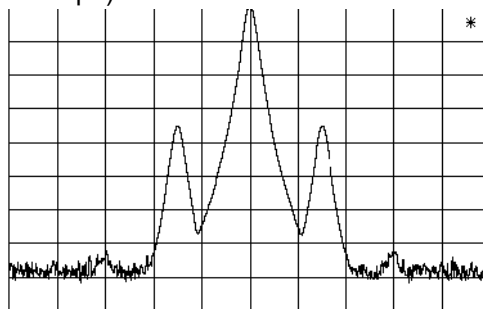
Когда анализатор сигналов будет настроен для измерений в режиме стробирования, отображается только спектр сигнала 1, а спектр сигнала 2 исключается, как показано на [рисунке 12-13](#). Кроме того, при просмотре сигнала 1 вы удаляете еще и спектр, приходящийся на фронты импульса. Таким образом, стробирование позволяет просматривать такие компоненты спектра, которые в других режимах будут скрыты.

Рисунок 12-12. Сигнал в пределах импульса №1 (просмотр во временной области)



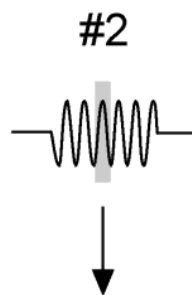
aj159e

Рисунок 12-13. Использование временного стробирования для просмотра сигнала 1 (представление спектра)



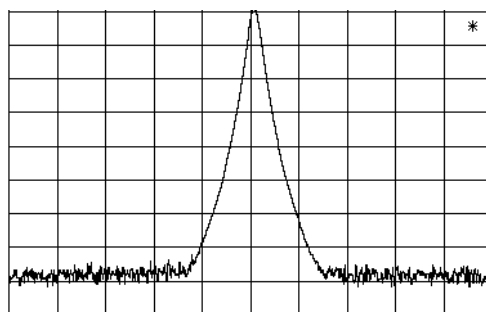
Перемещая строб так, чтобы он приходился на середину сигнала 2, вы получите результат, представленный на [рисунке 12-15](#). Здесь отображается спектр только для импульсов сигнала 2, а сигнал 1 полностью исключается.

Рисунок 12-14. Сигнал в пределах импульса №2 (просмотр во временной области)



aj160e

Рисунок 12-15. Использование временного стробирования для просмотра сигнала 2 (представление спектра)



Измерения сложного/неизвестного сигнала

ПРИМЕЧАНИЕ Следующий процесс позволяет определить правильные настройки анализатора сигналов для временного стробирования. Этот процесс применим для стробирования по гетеродину и стробирования по видеотракту.

Этот пример описывает применение временного стробирования для анализа сигнала со строго определенными характеристиками. В большинстве случаев стробирование применяется для довольно сложных сигналов, и в некоторых случаях для настройки измерения потребуются дополнительные действия.

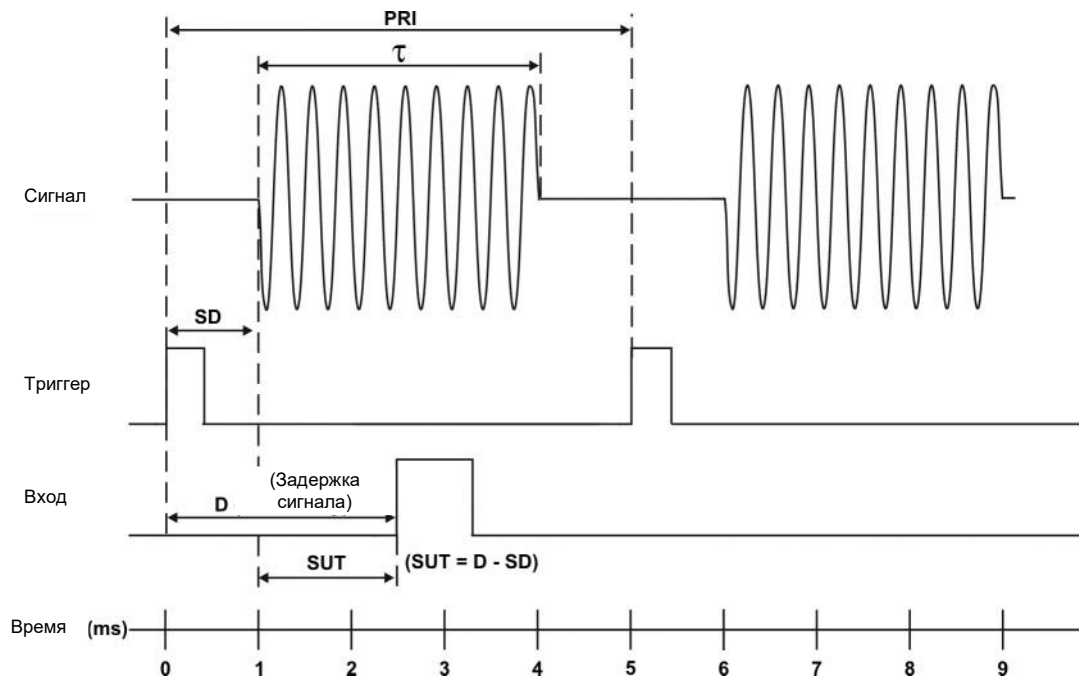
Шаг 1 Определите, как отображается во временной области тестируемый сигнал, и как его можно синхронизировать с сигналом триггера.

Это позволит узнать нужную задержку стробирования относительно сигнала триггера.

Чтобы правильно установить задержку, нужно узнать соотношение во времени между триггером и тестируемым сигналом. Если у вас нет информации о форме сигналов во временной области, изучите их с помощью осциллографа и выясните следующие параметры:

- Тип триггера (по фронту или по уровню)
- Интервал повторения импульсов (PRI), то есть период времени между двумя соседними событиями триггера.
- Длительность импульса (τ) для тестируемого сигнала.
- Задержка сигнала (SD), то есть период времени между наступлением события триггера и появлением стабильного сигнала. Если сигнал триггера поступает одновременно с самим сигналом, задержка триггера имеет нулевое значение.

Рис. 12-16. Параметры временной области



На рисунке 12-16, представлены следующие параметры:

- Интервал повторения импульсов (PRI) = 5 мс.
- Длительность импульса (τ) = 3 мс.
- Задержка сигнала (SD) = 1 мс для триггера по переднему фронту (или 0,6 мс для триггера по заднему фронту).
- Задержка стробирования (D) = 2,5 мс.
- Установочное время (SUT) = 1,5 мс.

Шаг 2. Установите время свипирования для анализатора сигналов.

Стробирование по гетеродину: при стробировании по гетеродину время свипирования не влияет на результаты анализа, если оно не будет слишком коротким. При слишком коротком времени свипирования отображается сообщение Meas Uncal (Невычисляемые измерения). В этом случае попробуйте увеличить время свипирования.

Стробирование по видеотракту: при стробировании по видеотракту время свипирования влияет на результаты анализа. Чтобы получить правильные результаты временного стробирования, это время должно быть установлено правильно. Мы рекомендуем использовать период времени не меньше, чем количество точек свипирования – 1, умноженное на PRI (интервал повторения импульсов). Допустимо выполнять измерения при минимальном времени свипирования: $(\text{кол-во точек} - 1) * (PRI - \tau)$.

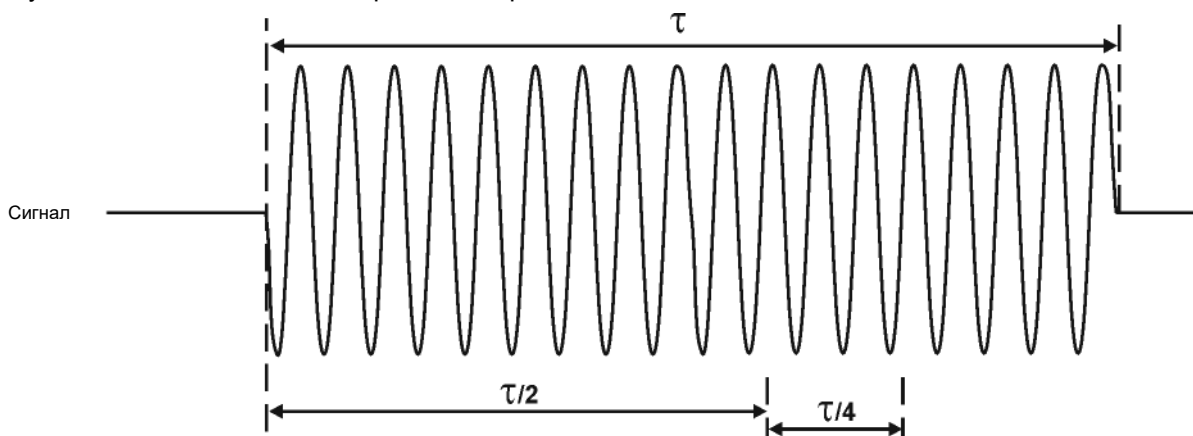
Шаг 3. Выведите на дисплей анализатора сигналов тестируемый сигнал. Установите центральную частоту и диапазон частот так, чтобы просматривать интересующие вас характеристики измерений. Анализатор пока не настроен на правильное применение стробирования, но вам нужно правильно определить приблизительную частоту и диапазон для отображения нужных сигналов. Если сигнал имеет случайный или прерывающийся характер, попробуйте зафиксировать максимальный уровень сигнала с помощью кнопки **Max Hold (Удержание макс. значений)**, которая расположена в меню **Trace/Detector (Трасса/Детекторы)**. Это позволит найти частоту максимальной мощности сигнала.

Чтобы оптимизировать скорость измерений в режиме стробирования по гетеродину, установите достаточно узкий диапазон, чтобы отображались нужные характеристики сигнала. Например, если вы ищете паразитные сигналы в диапазоне 200 кГц, установите диапазон частот чуть выше 200 кГц.

Шаг 4. Определите установочное время и задержку сигнала, чтобы настроить сигнал стробирования. Включите стробирование и измените его параметры, в том числе задержку и продолжительность, как указано ниже.

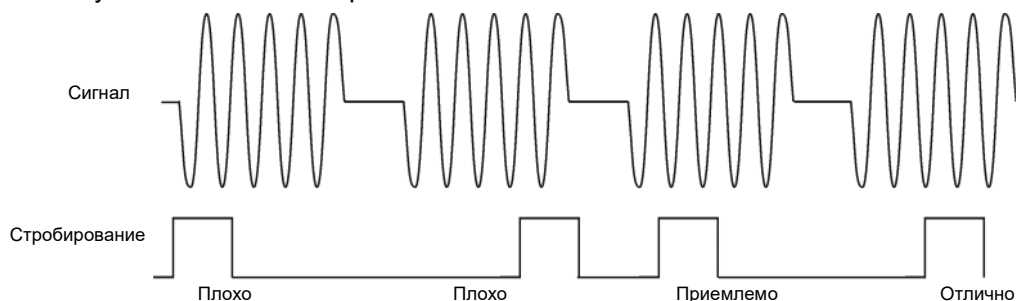
Обычно строб должен размещаться над стабильной частью сигнала, а не над фронтом или другим переходным процессом, который может повлиять на характеристики спектра. Если вы намерены активировать стробирование примерно в центре импульса, установочное время должно составлять около половины длительности импульса. Установочное время описывает продолжительность времени до открытия строба, в течении которого сигнал присутствует и стабилен. Установочное время (SUT) должно быть достаточно долгим, чтобы фильтры ПП ФПЧ стабилизировались после переходных фронтов. Задержка сигнала (SD) обозначает период времени между срабатыванием триггера и появлением стабильной фазы изучаемого сигнала. Если триггер срабатывает одновременно с появлением сигнала, SD имеет нулевое значение, а значение SUT равно задержке стробирования. В противном случае SUT определяется вычитанием SD из задержки стробирования. См. [Рисунок 12-17](#).

Рисунок 12-17. Позиционирование строба



Строб можно располагать в разных позициях, но некоторые из них позволяют более гибко выбирать полосы пропускания фильтра ПЧ. Для первой попытки мы рекомендуем установить строб в промежутке от 20 до 90 % от ширины импульса. Это достаточно универсальный компромисс между установочным временем и длительностью стробирования.

Рисунок 12-18. Лучшее положение строба



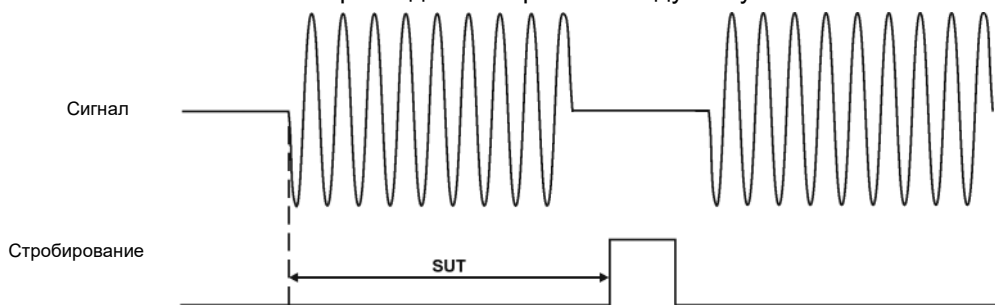
Обычно для достижения оптимальных результатов измерений строб нужно располагать в поздней части измеряемого сигнала, но не задевая заднего фронта или других переходных процессов. Так вы получите максимальное установочное время, то есть предоставите фильтрам полосы пропускания максимально возможный период для стабилизации перед выполнением измерений. «В поздней части» здесь обозначает, что следует предоставить установочное время не менее $3,84/\text{ПП ФПЧ}$ (см. расчет ПП ФПЧ на [шаге 5](#)).

Например, если вы намерены использовать для измерений ПП ФПЧ = 1 кГц, следует обеспечить установочное время не менее 3,84 мс.

Обратите внимание, что сигнал не обязательно должен быть РЧ-импульсом. Можно использовать просто определенный период модуляции, если сигнал постоянно передается на полной мощности, или даже период отсутствия сигнала между импульсами. В зависимости от конкретной задачи следует установить строб так, чтобы обеспечить как можно большее установочное время (но при этом не задевая фронта импульса, переходных процессов или других изменений сигнала), и выбрать задержку и длительность стробирования так, чтобы на дисплее были оптимально отображены интересные вас характеристики сигнала.

Для измерения спектра между импульсами настройте такое же (или даже большее) установочное время после окончания импульса и до активации стробирования. Это позволит фильтрам ПП ФПЧ полностью погасить большой импульс до начала измерений сигнала в области низкой интенсивности между импульсами.

Рисунок 12-19. Установочное время для измерений между импульсами

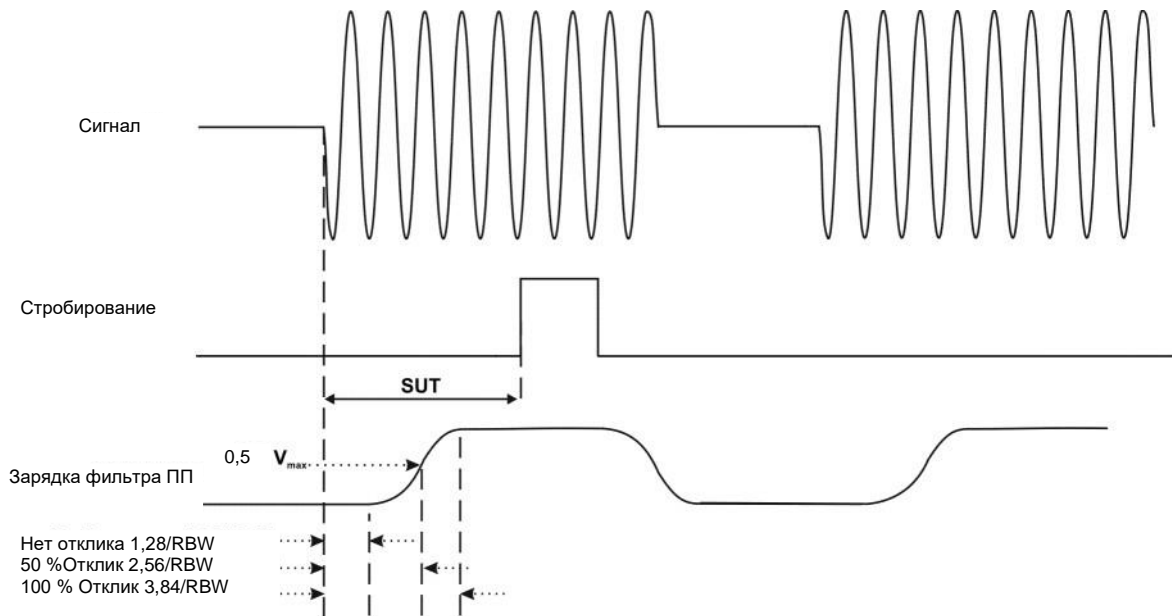


Шаг 5. Полоса разрешения должна быть настроена для стробирования по гетеродину и стробирования по видеотракту. Полоса видеофильтра должна настраиваться только для стробирования по видеотракту.

Полоса пропускания:

Выбор ПП ФПЧ определяется положением строба, так что вы можете пожертвовать длительностью установочного времени ради более узкой полосы разрешения. Этот компромисс связан с тем, что перед активацией стробирования фильтрам полосы пропускания фильтра ПЧ нужно время на полную зарядку. Помните, что установочное время — это продолжительность времени до открытия строба, в течении которого сигнал присутствует и стабилен.

Рисунок 12-20. Эффекты, возникающие при зарядке фильтров ПЧ полосы пропускания



Фильтры ПЧ представляют собой устройства, ограниченные по полосе, поэтому им нужно некоторое конечное время, чтобы отреагировать на смену условий. А именно, фильтрам нужно время на полную зарядку после того, как анализатор обработает импульсный сигнал.

Установочное время должно быть больше, чем время зарядки фильтров, поэтому обеспечьте следующие условия:

$$SU > \frac{3,84}{\text{ПП ФПЧ}}$$

где SUT — то же, что и задержка стробирования в этом примере. В этом примере SUT равно 1,5 мс, ПП ФПЧ больше 2,56 кГц, а значит ПП ФПЧ больше 1333 Гц. Полоса разрешения должна быть настроена на следующее по величине значение — 2,7 кГц.

Полоса видеофильтра:

Для измерений со стробированием по гетеродину полоса видеофильтра отслеживается и удерживается между периодами свипирования. Благодаря этому не нужно заново устанавливать полосу видеофильтра при каждом запуске свипирования.

Шаг 6. Скорректируйте диапазон по мере необходимости и выполните нужные измерения.

Анализатор настраивается на выполнение точных измерений. Зафиксируйте данные трассы, включив однопроходное свипирование или переключив активную трассу в режим просмотра. Используйте маркеры для оценки параметров сигнала, выбранных на шаге 1. При необходимости скорректируйте диапазон, но не уменьшайте полосу пропускания фильтра ПЧ, видеополосу или время свипирования.

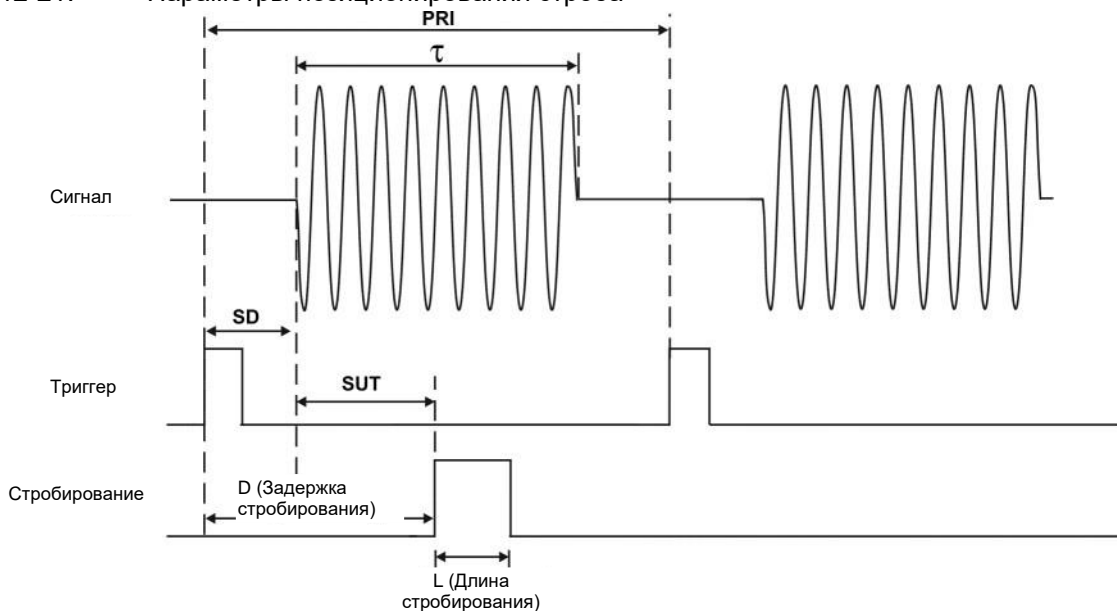
Краткие правила проведения измерений со стробированием

В этом разделе кратко перечисляются все правила, описанные в предыдущих разделах.

Таблица 12-1. Определение настроек анализатора сигналов для измерения импульсного РЧ-сигнала

Функция анализатора сигналов	Настройка анализатора сигналов	Комментарии
Время свипирования (только для стробирования по видеотракту)	Установите время свипирования равным или большим, чем (количество точек свипирования – 1) × интервал повторения импульсов (PRI):	Поскольку строб должен активироваться по меньшей мере один раз для каждой точки трассы, время стробирования для каждой точки не должно быть меньше интервала повторения импульсов.
Задержка стробирования	Задержка стробирования вычисляется как задержка сигнала плюс четверть длительности импульса: Задержка стробирования = Задержка сигнала + $\tau/5$	Задержка стробирования должна быть точно подобрана для захвата импульса. Если задержка стробирования будет слишком малой или слишком большой, строб может не совпасть с импульсом или наложиться на переходные процессы в фильтре ПЧ.
Длительность стробирования	Длительность стробирования должна быть не меньше, чем четверть длительности импульса (но не больше, чем примерно его половина). Длительность стробирования ($0,7 \times \tau/4$)	Если длительность стробирования слишком велика, отображение сигнала будет включать переходные процессы, происходящие на фильтрах анализатора сигналов. Рекомендуется размещать строб между 20 % и 90 % длительности импульса.
Полоса пропускания	Установите ПП ФПЧ: ПП ФПЧ > $19,5/\tau$	Полоса пропускания должна быть достаточно широкой, чтобы время зарядки фильтров полосы пропускания фильтра ПЧ было меньше, чем длительность импульсов в сигнале.

Рисунок 12-21. Параметры позиционирования строба



Почти все параметры управления определяются двумя основными параметрами изучаемого сигнала: интервал повторения импульсов и длительность импульса (τ). Если вы знаете эти параметры, вы можете для начала выбрать стандартные настройки. Таблица 12-2 описывает параметры сигнала, для которого событие триггера формируется одновременно с началом импульса (то есть SD имеет значение 0). Если для вашего сигнала задержка имеет ненулевое значение, добавьте необходимую задержку стробирования.

Таблица 12-2. Рекомендации по начальным настройкам для известной длительности импульса (τ) и нулевой задержки сигнала

Длительность импульса (τ)	Задержка стробирования ($SD + \tau/5$)	Полоса фильтра ПЧ ($>19,5/\tau$)	Длительность стробирования ($0,7 \times \tau/4$)
4 мкс	0,8 мкс	4,875 МГц	0,7 мкс
10 мкс	2 мкс	1,95 МГц	1,753 мкс
50 мкс	10 мкс	390 кГц	8,75 мкс
63,5 мкс	12,7 мкс	307 кГц	11,11 мкс
100 мкс	20 мкс	195 кГц	17,5 мкс
500 мкс	100 мкс	39 кГц	87,5 мкс
1 мс	200 мкс	19,5 кГц	0,175 мкс
5 мс	1 мс	3,9 кГц	0,875 мс
10 мс	2 мс	1,95 кГц	1,75 мс
16,6 мс	3,32 мс	1,175 кГц	2,905 мс
33 мс	6,6 мс	591 Гц	5,775 мс
50 мс	10 мс	390 Гц	8,75 мс

Таблица 12-2. Рекомендации по начальным настройкам для известной длительности импульса (τ) и нулевой задержки сигнала

Длительность импульса (τ)	Задержка стробирования ($SD + \tau/5$)	Полоса фильтра ПЧ ($>19,5/\tau$)	Длительность стробирования ($0,7 \times \tau/4$)
100 мс	20 мс	195 Гц	17,5 мс
≥ 130 мс	26 мс	151 Гц	22,75 мс

Таблица 12-3. Если у вас проблема с измерениями с использованием временного стробирования

Симптомы	Возможные причины	Предлагаемое решение
Нестабильная форма сигнала с выпадениями, которые не удается исключить увеличением времени свипирования; представление выходного сигнала после стробирования на осциллографе непредсказуемо перемещается во временной области.	Задержка стробирования может быть больше, чем интервал повторения триггера.	Снизьте задержку стробирования, пока она не станет меньше интервала триггера. Проверьте Gate View (Режим стробирования) , чтобы убедиться, что задержка стробирования правильно выставлена по времени.
Стробирование не активируется.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Возможно, установлено неправильное напряжение триггера. 2) Возможно, стробирование не включено. 3) Возможно, неправильно выбран источник стробирования. 	<p>При использовании внешнего триггера стробирования: убедитесь, что порог срабатывания триггера находится примерно посередине волны сигнала (отобразите волновой сигнал на осциллографе, настроив высокий входной импеданс, а не 50 Ω).</p> <p>При использовании источника стробирования по РЧ-импульсу: убедитесь, что частота начала и завершения не отличается от центрально частоты несущего сигнала больше, чем на 10 МГц. Убедитесь, что устройства, подключенные к контуру триггера, не понижают напряжение сигнала триггера. Если вы используете осциллограф, проверьте, что на всех входах установлен высокий импеданс, а не 50 Ω.</p>
Отображение спектра не изменяется, когда активируется стробирование.	Недостаточное установочное время.	Увеличьте установочное время для текущей полосы пропускания фильтра ПЧ, либо увеличьте полосу пропускания фильтра ПЧ.
Отображаемый спектр имеет слишком малую амплитуду.	Фильтры ПЧ или полоса видеотракта не заряжаются полностью.	Расширьте полосу ФПЧ или полосу видеофильтра, либо обе эти полосы.

Использование режима фронта и режима уровней для запуска по триггеру

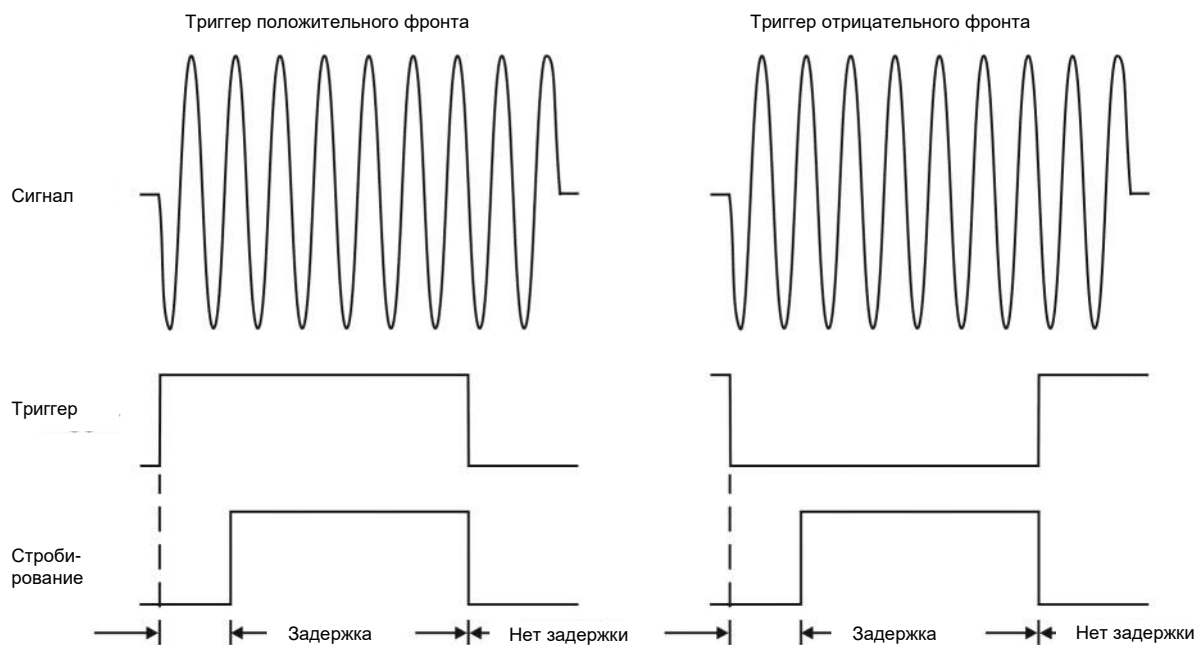
В зависимости от сигнала триггера, с которым вы работаете, вы можете запускать стробирование в одном из двух режимов: по фронту или по уровню. Эта функция триггера стробирования отличается от обычной функции внешнего триггера, которая по внешнему сигналу запускает на анализаторе сигналов стробирование для измерений.

Режим фронта

Режим фронта позволяет указать положение строба относительно переднего или заднего фронта сигнала триггера. На левой схеме **Рисунка 12-22** показан триггер по положительному фронту сигнала, а на правой схеме — триггер по отрицательному фронту.

Для запуска триггера по положительному фронту используйте следующие кнопки: Нажмите **Sweep (Сви́пирование)**, **Gate (Стрób)**, **More (Еще)**, **Polarity (Pos)** (Полярность: положительная).

Рисунок 12-22. Использование триггера по положительному или отрицательному фронту



Режим уровней

В режиме управления триггером по уровням внешний сигнал триггера активирует и отключает стробирование. Стробирование активируется по высокому или низкому уровню ТТЛ в зависимости от настроек **Trig Slope** (Наклон триггера). Задержка стробирования влияет на начало стробирования, но не влияет на его конец. Длительность стробирования применяется для триггера в режиме уровней. Режим уровней полезен в тех случаях, когда сигнал триггера поступает строго одновременно с той частью сигнала, которую вам нужно измерить.

Измерения шумов с помощью временного стробирования

Временное стробирование позволяет измерять сигналы разных типов. Шум и сигналы, близкие к шуму, занимают особое положение в спектральном анализе. Практика измерений с использованием стробирования подсказывает, что этим сигналам нужно уделить особое внимание.

Для измерения сигналов на уровне шумов, лучше всего использовать детектор среднего значения, поскольку он оценивает полную мощность шума на протяжении всего периода измерений. Детектор выборки также хорошо подходит, поскольку не испытывает искажений, характерных для пиковых детекторов с нормальным или отрицательным сигналом.

Если вы используете детектор моментальных или средних значений, измерения плотности шума с помощью маркера шума или маркера плотности в полосе/на интервале можно выполнять без учета стробирования. В этом режиме измерения со стробированием дают точно такой же результат, как и без стробирования. Таким образом, для измерений плотности шума мы рекомендуем использовать детектор среднего значения.

Более старые версии анализаторов позволяют использовать только стробирование по видеотракту, и только с пиковым детектором, поэтому оставшуюся часть этого раздела мы посвятим компромиссам, возникающим при попытке выполнить эти измерения на анализаторе серии X.

В отличие от старых анализаторов, анализаторы серии X позволяют выполнять качественные измерения плотности шума с помощью маркеров шума и любых детекторов, а не только тех, которые хорошо подходят для измерения шума. Это означает, что анализаторы серии X позволяют измерять плотность шума с применением пикового детектора, автоматически компенсируя снижение средней чувствительности анализатора к шуму при использовании пикового детектора. Если сравнивать измерения со стробированием по видеотракту, выполняемые с помощью маркеров шума и пиковых детекторов на анализаторах серии X и более старых версий, то результаты анализатора серии X можно считать приближенно точными, тогда как для старых анализаторов потребуется применить корректирующий коэффициент. Этот коэффициент корректировки обсуждается в Рекомендациях по применению 1303 Keysight Technologies «Измерения и шум для анализатора спектра», в разделе о пиковой детекции шума и измерениях TDMA ACP.

При измерении мощности или плотности в полосе/на интервале анализатор не выполняет компенсацию пиковой детекции. Чтобы добиться оптимальных измерений с помощью маркеров, используйте детектор среднего значения или выборки.

Принципы демодуляции АМ и ЧМ сигналов

Демодуляция АМ сигнала с использованием анализатора как приемника с фиксированной настройкой частоты (во временной области)

Для выявления амплитудно-модулированного сигнала на заданной несущей частоте можно использовать режим работы с нулевой полосой обзора частот.

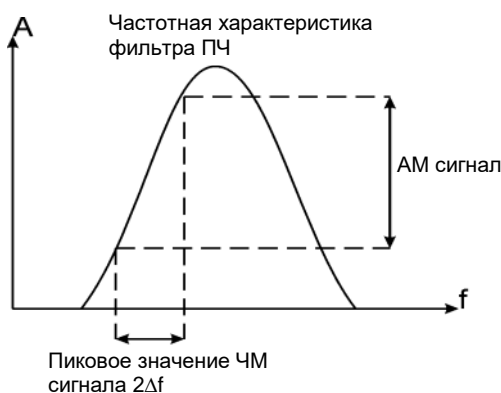
Следующие функции обеспечивают качественное отображение сигнала:

- Использование триггеров стабилизирует график сигнала посредством включения огибающей модуляции. Если модуляция сигнала стабильна, триггер видеотракта синхронизирует развертку с демодулированным сигналом.
- Чтобы избежать искажений от логарифмического усилителя при демодуляции, при измерениях амплитудно-модулированного сигнала следует использовать линейный режим дисплея.
- Время свипирования, соответствующее частоте АМ сигнала.
- Полосы ПП ФПЧ и ПВФ выбираются в зависимости от ширины полосы сигнала.

Демодуляция ЧМ сигнала с использованием анализатора как приемника с фиксированной настройкой частоты (во временной области)

Для получения частотно-модулированного сигнала анализатор спектра может быть использован как приемник с ручной настройкой (с нулевой полосой обзора частот). В отличие от АМ, здесь сигнал настраивается не в центр полосы пропускания, а на один из скатов кривой фильтра, как показано на [рис. 12-23](#).

Рисунок 12-23. Определение параметров ЧМ с использованием преобразования ЧМ-АМ



Здесь изменения частоты в ЧМ сигнале преобразуются в изменения амплитуды (преобразование ЧМ-АМ) с учетом степени наклона ската кривой выбранного фильтра частотного диапазона. Причина, по которой измерению подвергается именно АМ составляющая, заключается в том, что детектор огибающей чувствителен только к изменениям АМ. Амплитуда не будет меняться, если изменения в частоте ЧМ сигнала ограничиваются плоской частью полосы пропускания (ПЧ фильтр). Затем результирующий АМ сигнал воспринимается детектором огибающей и отображается в виде графика во временной области.

Принципы I/Q-анализа

Назначение

Режим IQ Analysis (Basic) (IQ-анализ (базовый)) используется для получения комплексных временных данных о широкополосных РЧ-сигналах. Этот режим суммирует накопленные данные о мгновенных векторных соотношениях времени, частоты, фазы и амплитуды, содержащихся в выбранном частотном диапазоне АЦП или анализируемой полосе частот, к центральной частоте анализатора, для их дальнейшего вывода в качестве данных I/Q. Эти данные могут быть в дальнейшем как использованы локально, так и переданы через интерфейс LAN, USB или GPIB во внешние системы анализа данных. Описание каждого вида измерений содержит перечень данных, доступных для него в удаленном режиме.

В режиме I/Q-анализатора базовая частотная область, временная область и I/Q-измерения доступны в качестве инструментов проверки первоначального сигнала и данных в ходе подготовки к выводу выходных данных I/Q. Это осуществляется путем использования двух способов измерений: Complex Spectrum (Комплексный спектр) и IQ Waveform (I/Q-сигнал). Несмотря на то, что комплексный спектр и I/Q-сигнал определены в базовом режиме I/Q-анализатора как виды измерений, они выступают, прежде всего, в качестве инструментов оценки сигнала и данных, как было сказано выше.

Измерения комплексного спектра

Назначение

Это преобразование основано на БПФ (быстром преобразовании Фурье). Параметры, относящиеся к БПФ, находятся в разделе меню **Advanced** (Дополнительно). Измерения комплексного спектра отображаются в верхнем окне в виде графика зависимости мощности от частоты с указанием текущих (желтый график) и усредненных (голубой график) значений. В нижнем окне показан график зависимости напряжения I/Q-сигнала от времени. Представление I/Q при измерении спектра обладает тем преимуществом, что оно позволяет видеть в комплексе все составляющие одного сигнала, не изменяя при этом ни настройки, ни режимы измерения.

Метод измерения

При измерении используется метод цифровой обработки сигнала (ЦОС) для получения срезов входящего сигнала и их конвертации в значения частоты. Когда прибор настроен на фиксированную центральную частоту, срезы значений оцифровываются с высокой дискретностью, преобразуются в компоненты I и Q с помощью ЦОС и затем программно конвертируются в частотное представление через быстрое преобразование Фурье (БПФ).

Советы по устранению неполадок

Изменения, вносимые пользователем в дополнительные настройки анализа спектра, особенно в настройки диапазона, могут непредвиденным образом привести к некорректным измерениям спектра и появлению сообщений об ошибках. Следует соблюдать осторожность при изменении дополнительных настроек.

Режим измерения IQ-сигналов

Назначение

Режим измерения «IQ Waveform» (I/Q-сигнал) обеспечивает представление огибающей РЧ-сигнала во временной области, показывая временные изменения мощности, либо представление составляющих I и Q в виде графика зависимости напряжения от времени. Представление RF Envelope (Огибающая РЧ-сигнала) служит для отображения зависимости мощности от времени, а вид IQ Waveform — напряжения от времени. Представление I/Q Waveform при измерении сигнала обладает тем преимуществом, что он позволяет видеть в комплексе все составляющие одного сигнала, не изменяя при этом ни настройки, ни режимы измерения.

Измерения I/Q-сигналов можно использовать для получения общих данных по изменению мощности во временной области с очень высокой точностью.

Метод измерений

Измерительный прибор производит многократные замеры мощности на заданной частоте подобно тому, как анализатор сигналов, работающий в режиме свипирования, делает замеры при нулевом частотном диапазоне. Входящий аналоговый сигнал конвертируется в цифровой сигнал, который затем обрабатывается для получения значений волновых характеристик. Измерения базируются на высокой частоте сканирования с целью получения точного временного представления сигнала.

Принципы измерения паразитных составляющих

Назначение

Появление паразитных составляющих может быть обусловлено различными комбинациями сигналов в источнике. Паразитные сигналы источника должны быть минимизированы, чтобы исключить их конфликты с другими частотными каналами в системе. Гармоники — это результаты искажений, вызванных нелинейными процессами в источнике сигнала. Они представляют собой колебания, частота которых равна несущей частоте передаваемого сигнала, умноженной на целое число.

Это измерение определяет, свободен ли требуемый диапазон частот от помех, путем измерения посторонних сигналов, определяемых пользовательской таблицей диапазонов.

Метод измерения

Табличный метод измерений обладает известной гибкостью, давая пользователю возможность задавать такие параметры, как частота, диапазон, полоса пропускания фильтра ПЧ и полоса видеофильтра. Могут быть отображены до 40 помех.

Для каждого заданного и активированного диапазона анализатор сканирует полосу частот, используя данные из таблицы диапазонов. Затем, используя контроль размаха амплитуды пиковых значений (Peak Excursion) и порога пиковых значений (Peak Threshold), он определяет, о каких именно помехах будут представлены данные.

После отработки каждого диапазона частот любой сигнал, превышающий порог пиковых значений и имеющий размах амплитуды больший, чем значение размаха амплитуды пиковых значений, будет добавлен в список помех, отображаемых в нижнем окне результатов. За один измерительный цикл могут быть зарегистрированы до 200 различных помех, с ограничением до 10 помех на один диапазон частот. Для улучшения воспроизводимости результатов можно увеличить количество средних значений.

Данные о тех паразитных сигналах, у которых пиковый уровень амплитуды превышает абсолютный предел (Absolute Limit) для данного частотного диапазона, будут сохранены как ошибочные и помечены символом «F» в столбце Amplitude (Амплитуда). Если помех не выявлено, но измеряемый график сигнала выходит за линию предельных значений любого из диапазонов частот, флаг ошибки будет установлен в состояние ошибки.

Данный вид замеров позволяет одновременно отображать на дисплее два графика, используя разные детекторы. Определение паразитных сигналов и проверка линии предельных значений применимы только к детектору 1, отображаемому желтым цветом. Трасса детектора 2 окрашена голубым.

Если время свипирования для какого-либо диапазона превышает 2 секунды, в области индикации состояния появляется мигающая надпись «Sweeping... Please Wait» («Выполняется свипирование... Подождите»). Она сообщает о том, что время завершения развертки находится в пределах от 2 до 2000 секунд, и служит для того, чтобы пользователь не посчитал процесс измерения зависшим, наблюдая статическое изображение на экране.

Принципы измерения по спектральной маске сигнала

Назначение

Измерения по спектральной маске сигнала охватывают паразитные сигналы, находящиеся как внутри, так вне полосы частот. Это отношение мощности в определенных точках заданного частотного диапазона к общей мощности несущей. Это же значение можно определить, как соотношение плотностей спектрального распределения мощности несущей и мощности смещенного диапазона частот.

Данные измерения по спектральной маске сигнала являются композитными измерениями внеканальных составляющих, сочетающим как внутриполосные, так и внеполосные характеристики. Оно предоставляет практические качественные показатели для искажения спектра и колебаний, возникающих со стороны компонентов и электрических цепей системы, избавляя от необходимости выполнять полный анализ по спектральной маске.

Метод измерений

Анализ по спектральной маске представляет собой измерения уровня до 12 пар различных паразитных сигналов смещенных или внутренних частот и их соотношение с мощностью несущей.

Для получения данных используется метод объединенной полосы частот. Объединенная полоса пропускания (Meas BW) опорного канала анализируется с задаваемой пользователем полосой пропускания фильтра ПЧ (Res BW), которая значительно уже канального диапазона. В рамках этого анализа вычисляется мощность канала или смещенных/внутренних частот посредством заданного числа замеров с автоматической компенсацией полосы пропускания фильтра ПЧ и шумового диапазона.

Пользователю необходимо задать полосу пропускания фильтра ПЧ канала несущей и каждую из смещенных или внутренних частотных пар количеством до 12 (обозначаемых латинскими буквами от A до L). Для каждой из пар может быть определен свой уникальный частотный диапазон измерения. Результаты отображаются и как относительная мощность в дБн, и как абсолютная мощность в дБм.

Принципы измерения занимаемой полосы

Назначение

Занимаемая полоса — это диапазон, содержащий 99,0 % общей передаваемой мощности.

Картина спектра сигнала может давать полезное общее качественное представление о работе источника сигнала. Искажения формы спектра служат индикатором функциональных нарушений в источнике.

Метод измерения

В настоящем приборе используется метод цифровой обработки сигнала (ЦОС) для получения срезов входящего сигнала и их конвертации в значения частоты. Когда прибор настроен на фиксированную центральную частоту, срезы значений оцифровываются с высокой дискретностью с помощью ЦОС и затем программно конвертируются в частотное представление через быстрое преобразование Фурье (БПФ).

Вначале вычисляется полная абсолютная мощность в измеряемых частотных пределах, принимаемая за 100 %. Затем вычисляются верхняя и нижняя частоты, каждая из которых содержит 0,5 % общей мощности, чтобы в результате получить частотный диапазон, составляющий 99,0 %.

Принципы измерения мощности импульса

Назначение

Мощность импульса (мощность передачи) относится к оценке мощности сигнала в канале цифровой системы коммуникации. Мобильные станции и базовые приемопередающие станции должны обеспечить достаточную мощность и хорошую точность модуляции, чтобы поддерживать приемлемое качество звонков без утечки сигналов в соседние частотные каналы или тайм-слоты, выделенные другим пользователям. Динамическое управление мощностью позволяет поддерживать все соединения с минимально необходимым уровнем мощности. Это дает нам два основных преимущества: минимальный уровень интерференции в системе, а для мобильных станций — увеличение срока работы от аккумуляторов.

Измерения мощности импульса (передачи) позволяют определить средний уровень мощности для импульсов РЧ-сигнала, превышающих определенный пороговый уровень. Этот пороговый уровень может быть выражен в абсолютных значениях или в процентах от пикового значения сигнала.

Для базовой приемопередающей станции измерения мощности передачи позволяют оценить мощность сигнала, передаваемого на антенную систему в тестируемом РЧ-канале. Измерения мощности передачи проверяют точность среднего значения мощности передаваемого несущего РЧ-сигнала. Эти измерения можно выполнять для диапазона частот и на каждом уровне мощности.

Метод измерений

Этот анализатор получает сигнал во временной области с помощью метода сбора данных IQ. Затем вычисляется и отображается средний уровень мощности импульсов, превышающих пороговый уровень.

Эти измерения можно выполнять с одним из двух методов вычислений: «Выше порогового уровня» или «Измеренная длительность импульса». Метод «Выше порогового уровня» работает быстрее и позволяет выполнять оценку мощности на относительно более низком уровне мощности. Также он удобен тем, что не требует наличия допустимого кода обучающей последовательности (TSC) в несущем сигнале.

Метод «Выше порогового уровня»

Этот метод использует оценку «мощность выше порогового уровня» вместо оценки «полезная часть импульса», которая определена в стандартах GSM. Сохраняется информация за определенное время, а затем анализатор усредняет значения всех точек в этой записи, мощность которых превысила определенный пользователем уровень. Не выполняется никаких попыток оценить расположение импульса или рассчитать его длительность. Вы можете использовать его для оценки непрерывных сигналов или импульсных сигналов, для которых метод «Измеренная длительность импульса» налагает слишком строгие ограничения. Обратите внимание, что этот метод измерений не предоставляет возможности указать таймслот. Поэтому при наличии нескольких таймслотов нужно установить для каждого из них одинаковый уровень мощности или обеспечить мощность ниже порогового уровня для тех таймслотов, которые нужно исключить из анализа. Если требуется измерить мощность несущего сигнала передачи с использованием метода полезной части импульса, который определен в стандарте GSM, используйте измерения «Мощность во времени» или «Мощность во времени EDGE», которые к тому же оценивают и нарастание мощности импульса.

мощность несущего сигнала передачи с использованием метода полезной части импульса, который определен в стандарте GSM, используйте измерения «Мощность во времени» или «Мощность во времени EDGE», которые к тому же оценивают и нарастание мощности импульса.

Измеренная длительность импульса

Этот метод использует пороговый уровень для расчета середины импульса, а затем усредняет значения всех точек, расположенных в указанном пользователем диапазоне длительности относительно середины импульса. Если метод «Измеренная длительность импульса» применяется в ручном режиме, вы можете ввести фиксированное значение времени в секундах или указать длительность импульса в процентах от ранее измеренной длительности импульса (этот результат отображается в нижнем левом углу экрана). Если вы указываете длительность импульса в процентах, немедленно выполняется расчет времени в секундах, которое отображается на программной кнопке.

Для обоих методов

Аттенюатор анализатора автоматически устанавливается на оптимальное значение, основанное на измеренном уровне мощности несущего сигнала, чтобы получить наилучший динамический диапазон при повторном запуске, если параметр Pre-Adjust for Min Clip (Предварительная настройка для минимизации клиппинга) в меню AMPTD Y Scale (Меню амплитуды по оси Y) имеет любое значение, кроме Off (отключено).

Графики удержания макс./мин. значений используются только в качестве визуальной подсказки, но не влияют на результаты измерений. Результаты измерений вычисляются по последним собранным данным и графику измерений. Максимальные и минимальные значения удерживаются на протяжении цикла расчета среднего значения.

Принципы измерения мощности в канале

Назначение

Измерения мощности в канале часто используются в отрасли беспроводной связи для оценки общей мощности передачи радиоустройства в пределах определенного частотного канала. Эта процедура позволяет измерять общую мощность в пределах определенной полосы частот. Эти измерения применяются для разработки, анализа, оценки и сертификации передатчиков, их компонентов и отдельных устройств.

Метод измерений

Измерения мощности в канале оценивают общую мощность передачи и расчетную спектральную плотность в пределах объединенной полосы частот. Выполняется свипирование, при котором измеряется мощность сигнала в канале.

Для расчета мощности в канале используется традиционный метод, известный как метод объединенной полосы частот («Полоса интеграции»). Эти измерения используют режим свипирования по частоте, а фильтр ПП ФПЧ настраивается на узкую полосу относительно требуемой объединенной полосы частот. Вы можете изменить настройки полосы пропускания фильтра ПЧ и полосы видеофильтра. Здесь очень важно правильно настроить полосу пропускания фильтра ПЧ (ПП ФПЧ) еще до начала измерений, поскольку при слишком узкой ПП ФПЧ для сигнала не будет получено достаточное число измерений, то есть будет учтен не весь сигнал. С другой стороны, слишком широкая ПП ФПЧ снизит точность измерения мощности в канале.

Для улучшения воспроизводимости результатов можно увеличить количество средних значений. Гистограмма мощности в канале отображается в окне графического представления, а абсолютная мощность в канале в дБм и значение спектральной плотности мощности в дБм/Гц отображаются в текстовом окне.

Принципы измерения мощности в соседнем канале (АСР)

Назначение

Мощность в соседнем канале (АСР) — это мощность в отдельном диапазоне частот, определяющем конкретный канал, в соотношении к общей мощности несущего сигнала. Это же значение можно определить, как соотношение плотностей спектрального распределения мощности несущей и мощности смещенного диапазона частот.

АСР является композитным измерением сигналов, выходящих за пределы заданного канала. В нем используются спецификации сигнала внутри и вне полосы частот, на основе которых вычисляются полезные значения «искажения» спектра и излучения, связанных с работой компонентов и контуров. Это позволяет обойтись без сложных измерений ослабления излучения на всем спектре сигнала.

Чтобы поддерживать качество связи без межканальной интерференции, важно правильно измерить и снизить все утечки мощности в соседние каналы, происходящие на мобильном телефоне. Характеристики утечек мощности в соседние каналы определяются в первую очередь конструкцией передатчика, в особенности фильтра низких частот.

Метод измерений

Измерения АСР оценивают общий уровень мощности в пределах заданной полосы частот несущего сигнала, а также с обеих сторон от этого сигнала с заданным смещением частоты. Для выполнения этого измерения пользователь должен указать полосу частот несущего сигнала и все пары смещений частоты. Для каждой из пар может быть определен свой уникальный частотный диапазон измерения.

Если используется метод измерений «Полоса разрешения», то для соответствующей ПП ФПЧ измеряется полная мощность основного канала и боковых полос. Если используется метод измерений «Полоса интеграции», на основе заданной пользователем полосы пропускания фильтра ПЧ для канала вычисляется полоса интеграции, которая намного уже, чем полная полоса частот канала. В рамках этого измерения вычисляется мощность канала посредством заданного числа замеров с автоматической компенсацией полосы пропускания фильтра ПЧ и шумового диапазона.

Если выбран тип измерения **Total Pwr Ref (Опорная полная мощность)**, результаты отображаются в дБн для относительной мощности и дБм для абсолютной мощности. Если выбран тип измерения **PSD Ref (Опорная плотность спектральной мощности)**, результаты отображаются в дБ для относительной мощности и дБм/Гц для абсолютной мощности.

Принципы измерения интегральной функции распределения (CCDF)

Назначение

Многие сигналы с цифровой модуляцией имеют характеристики шума во временной и частотной области. Это означает, что будет полезной статистическая оценка этих сигналов. Кривая интегральной функции распределения (CCDF) предоставляет обобщенную статистику о мощности сигнала с цифровой модуляцией. Эти графики могут быть полезны для вычисления конструктивных параметров для систем цифровой коммуникации.

Статистика о мощности, полученная в результате измерений CCDF, может зависеть от множества факторов. К ним относятся, например, фильтрация и формат модуляции, сочетание нескольких сигналов на разных частотах, количество активных кодов и корреляция между символами разных кодов в системах с распределенным спектром. Все эти факторы связаны с параметрами модуляции и сигнала. Кроме того, на результат измерений влияют внешние факторы, такие как компрессия сигнала и расширение нелинейных компонентов, искажение группового времени задержки при фильтрации и управление мощностью в интервале наблюдений.

Кривые CCDF могут помочь вам во многих ситуациях:

- Чтобы определить требования к габаритам при разработке компонентов.
- Чтобы подтвердить статистику мощности для определенного сигнала или стимула. Кривые CCDF позволят проверить адекватность сигнала стимула, предоставленного другой командой разработчиков. Например, разработчики РЧ-систем с помощью кривых CCDF могут убедиться, что отдел цифровой обработки сигналов предоставляет реалистичные данные о сигнале.
- Чтобы проверить правильность конструкции компонента или устранить неполадки, возникающие в системе или подсистеме, вы можете выполнить измерения CCDF в нескольких точках этой системы. Например, если коэффициент ACLR передатчика слишком высок, вы можете провести измерения CCDF на входе и выходе PA. Если PA сконструирован правильно, эти кривые совпадут. Если PA вносит компрессию сигнала, то PAR для этого сигнала будет ниже на выходе из PA.

Метод измерения

В статистике мощности для кривых CCDF учитывается мгновенное значение мощности огибающей, которая вычисляется следующим уравнением:

$$P = (I^2 + Q^2) / Z_0$$

(где I и Q — квадратурные компоненты напряжения в сигнале, а Z_0 — волновое сопротивление).

Кривая CCDF определяется тем, сколько времени кривая сигнала проводит в диапазоне не ниже заданного уровня мощности. Процентная доля времени, когда сигнал имеет мощность не ниже заданного уровня, определяет вероятность этого конкретного уровня мощности. Чтобы выполнить статистические измерения CCDF, прибор применяет цифровую обработку сигнала для замера входного сигнала в полосе частот канала.

Основные принципы

Принципы измерения интегральной функции распределения (CCDF)

На полупологарифмическом графике отображаются: кривая гауссовского распределения для гауссовского шума в канале в качестве опорной линии CCDF, определяемая пользователем опорная кривая и кривая текущих измерений. Если кривая текущих измерений окажется выше, чем пользовательская опорная кривая, значит во входящем сигнале присутствует более высокое соотношение пиковой мощности к средней мощности.

Принципы измерения искажений третьего порядка (TOI)

Назначение

Измерения двухтональных интермодуляционных искажений третьего порядка — распространенный метод в системах связи и телекоммуникаций. Когда в нелинейной системе присутствует два сигнала, они начинают взаимодействовать и создают расположенные близко к исходным сигналам интермодуляционные искажения третьего порядка. Подобные искажения генерируются такими составными частями системы связи, как усилители или смесители.

Измерения искажений третьего порядка (TOI) обеспечивают одноклавишные измерения искажений третьего порядка двухтонального сигнала. Если базовые тоны разделены частотой Df , интермодуляционные составляющие третьего порядка будут проявляться как сигналы на Df выше более высокого тона и на Df ниже более низкого тона. При увеличении амплитуды двухтонального сигнала амплитуда интермодуляционных составляющих третьего порядка повышается в три раза быстрее.

Перехват составляющих третьего порядка (TOI) — это вычисляемая величина, которая оценивает амплитуду для теоретического случая, при котором амплитуда интермодуляционных составляющих третьего порядка повысится до уровня амплитуды базовых тонов. На реальных устройствах такой уровень мощности никогда не достигается, но измерения TOI стали полезной оценкой для сравнения линейности реальных устройств.

Метод измерения

Измерения искажений третьего порядка (TOI) начинаются со свипирования, для которого используются текущие настройки центральной частоты и диапазона. В процессе свипирования выбираются два самых высоких пика на частоте верхнего и нижнего тона — $F_{\text{ниж}}$ и $F_{\text{верх}}$. Затем вычисляются частоты интермодуляционных составляющих третьего порядка следующим образом:

$$f_{\text{ниж}} = 2F_{\text{ниж}} - F_{\text{верх}} \quad f_{\text{верх}} = 2F_{\text{верх}} - F_{\text{ниж}}$$

Затем измеряется мощность на всех четырех частотах (если обе частоты интермодуляционных составляющих попадают в диапазон измерений).

Точка пересечения третьего порядка определяется следующим образом (все величины выражены в дБм):

$$TOI_{\text{Lower}} = \frac{P_{\text{Upper}}}{2} + P_{\text{Lower}} - \frac{P_{\text{LowerIntermod}}}{2}$$

$$TOI_{\text{Upper}} = \frac{P_{\text{Lower}}}{2} + P_{\text{Upper}} - \frac{P_{\text{UpperIntermod}}}{2}$$

Дельта составляющих третьего порядка определяется следующим образом (все величины выражены в дБм):

$$\Delta_{\text{Lower}} = P_{\text{LowerIntermod}} - \frac{2 \times P_{\text{Lower}} + P_{\text{Upper}}}{3}$$

$$\Delta_{\text{Upper}} = P_{\text{UpperIntermod}} - \frac{2 \times P_{\text{Upper}} + P_{\text{Lower}}}{3}$$

Вычисляются оба значения, а результатом TOI объявляется худшее из двух измерений.

Существует два подхода к сбору измерительных данных. Первый подход представляет собой простой метод с использованием одиночного свипирования. Этот метод обеспечивает самое быстрое приближенное измерение и самую высокую применимость результатов. (Диапазон должен быть достаточно широким, чтобы включать частоты нижней и верхней интермодуляционных составляющих).

Второй подход добавляет измерения в нулевом диапазоне (обычно с более низкой полосой разрешения) для частот интермодуляционных составляющих. Поскольку большую часть времени сборе данных выполняется на основных частотах, этот метод позволяет более точно измерить сигналы интермодуляционных искажений с малой мощностью.

Принципы измерений гармоник

Назначение

Измерения гармоник обеспечивают простые (одноклавишные) измерения гармоник определенной несущей частоты.

В каждом цикле прибор будет производить измерения в нулевом диапазоне на основной частоте и частоте каждой гармоники. На основе этой информации он рассчитает и сообщит данные в дБн для каждой гармоники, а также общее гармоническое искажение.

В большинстве случаев этот подход является достаточным. Если же нужен более специализированный анализ гармонических искажений, например, измерения гармоник усилителя опорной частоты при оценке несущего сигнала, пользователь может отдельно указать параметры для каждого измерения гармоник.

Метод измерений

Первое свипирование

Первое свипирование при измерении гармоник используется для нахождения основной частоты и полосы частот.

Инициация первого свипирования

Первое свипирование не используется, если включена **Range Table (Таблица диапазонов)**, либо если все параметры находятся в ручном режиме. Оно используется только в том случае, если один из следующих параметров находится в режиме считывания:

- Основная частота
- Полоса разрешения

Если один из вышеназванных параметров находится в режиме считывания, первое свипирование происходит в любом из следующих случаев:

- При первом входе в режим измерения
- После сброса настроек
- Когда изменение параметра вызывает повторный старт измерения в режиме непрерывного свипирования
- При запуске свипирования пользователем.

Действие первого свипирования

Если для основной частоты выбран режим считывания, первое свипирование устанавливает для базовой частоты значение максимальной амплитуды сигнала в диапазоне от 10 МГц до середины частотной полосы анализатора спектра. Для получения хороших измерений основной частоты используйте масштабирование диапазона (или счетчик частоты).

Если для полосы пропускания фильтра ПЧ установлен режим считывания, первое свипирование устанавливает для полосы пропускания фильтра ПЧ значение минимальной доступной полосы пропускания фильтра ПЧ, которая в 3,5 раза превышает полосу, занимаемую 99% мощности сигнала, но не менее 30 Гц.

По умолчанию полоса видеофильтра и время свипирования связываются с этими параметрами. Также по умолчанию все

Основные принципы
Принципы измерений гармоник

параметры гармоник связываются с основными параметрами.

Автоматически установленная ПП ФПЧ не может быть меньше 30 Гц, но при этом не забудьте зафиксировать фактически измеренное значение ПП ФПЧ. При умножении ПП ФПЧ для второй и последующих гармоник используйте максимальную из двух величин: расчетное значение и 30 Гц.

Например, предположим, что расчет занимаемой полосы дал для ПП ФПЧ значение 12 Гц. Для основной ПП ФПЧ будет установлено значение 30 Гц, и для ПП ФПЧ второй гармоники — 30 Гц. Если же расчетная ПП ФПЧ для третьей и последующих гармоник будет превышать значение 30 Гц, для измерения этих гармоник нужно использовать именно расчетное значение.

Обычно измеренные сигналы всегда кратны основному сигналу, если используется полоса пропускания, кратная полосе пропускания фильтра ПЧ основного сигнала. Для максимальной скорости и точности все измерения гармоник выполняются в нулевом диапазоне. Чтобы изменить настройки для измерений отдельных гармоник, включите **Range Table (Таблицу диапазонов)** и настройте параметры в этой таблице.

Принципы измерения в режиме свипирования по списку

Назначение

Свипирование по списку является независимым измерением в режиме анализатора спектра.

Это измерение доступно только в удаленном режиме. Оно разработано только для того, чтобы обеспечить максимальную производительность тестирования. Оно обеспечивает пользователям быстрый способ удаленно извлекать значения амплитуды для нескольких детекторов на известной частоте.

Свипирование по списку позволяет программисту настроить анализатор на выполнение определенного списка односточных измерений. Если список создан заранее, анализатор может поочередно выполнить все измерения из этого списка, и вам не придется заново настраивать его для каждого следующего шага. Это снижает нагрузку на входы и выходы, а также устраняет лишний трафик. Все измерения выполняются в нулевой полосе обзора.

Эта функция создана для тех клиентов, которым важно постоянно снижать расходы на тестирование при крупносерийном производстве. Высокая пропускная способность тестирования означает, что при разработке удобство интерфейса было частично принесено в жертву скорости. Количество сообщений об ошибках, сложность команд SCPI и соединение разных компонентов сводятся к минимуму. Предполагается, что пользователи имеют необходимую квалификацию и строго следуют рекомендациям, содержащимся в «Справочной информации для пользователей и программистов».



Данная информация может быть изменена без предварительного уведомления.
© Keysight Technologies 2015–2016
Издание 1, февраль 2016 г.
N9060-90037RURU

www.keysight.com