

Измерение параметров фазового шума R&S®FSW K-40

Руководство пользователя



1173.9286.02 — 09

В данном руководстве описываются следующие модели прибора R&S® FSW с версией встроенного ПО 1.70 и выше:

- R&S® FSW8 (1312.8000K08)
- R&S® FSW13 (1312.8000K13)
- R&S® FSW26 (1312.8000K26)
- R&S® FSW43 (1312.8000K43)
- R&S® FSW50 (1312.8000K50)

Описаны следующие опции встроенного ПО:

- R&S FSW-K40 (1313.1397.02)

© 2013 Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG
Mühlhofstr. 15, 81671 München, Germany
Телефон: +49 89 41 29 - 0
Факс: +49 89 41 29 12 164
E-mail: info@rohde-schwarz.com
Интернет-адрес: www.rohde-schwarz.com

Напечатано в Германии – Возможны изменения без уведомления – Данные без допусков не влекут за собой обязательств.
R&S® является зарегистрированным торговым знаком компании Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG.
Фирменные названия являются торговыми знаками компаний.

В данном руководстве используются следующие сокращения: для прибора R&S® FSW используется сокращение R&S FSW.

Содержание

1	Введение	5
1.1	Сведения о данном руководстве.....	5
1.2	Описание документации	6
1.3	Условные обозначения, применяемые в документации	7
2	Знакомство с приложением для измерения фазового шума.....	9
2.1	Запуск приложения.....	9
2.2	Описание информации на экране.....	10
3	Виды измерений и отображение результатов.....	14
4	Основы измерений	21
4.1	Спурсы и их удаление.....	21
4.2	Остаточные эффекты	22
4.3	Диапазон измерений параметров фазового шума	23
4.4	Режимы развертки	24
4.5	Усреднение кривой	24
4.6	Определение частоты	26
4.7	Определение уровня	28
4.8	Ослабление сигнала	29
4.9	Использование предельных линий	30
4.10	Анализ нескольких кривых: режим кривой.....	32
4.11	Использование маркеров	33
5	Конфигурация	35
5.1	Обзор конфигурации	35
5.2	Стандартные настройки для измерения параметров фазового шума	36
5.3	Настройка входного каскада	37
5.4	Управление измерением	38
5.5	Настройка диапазона измерений.....	41
5.6	Выполнение измерений	44
5.7	Автоматическая настройка измерений	46

6	Анализ.....	48
6.1	Настройка графического отображения результатов	48
6.2	Настройка числового отображения результатов	53
6.3	Использование предельных линий	56
6.4	Использование маркеров	62
7	Конфигурирование измерений фазового шума	65
7.1	Выполнение базового измерения фазового шума	65
7.2	Настройка диапазона измерений.....	65

1 Введение

1.1 Сведения о данном руководстве

Данное руководство пользователя содержит всю информацию, **относящуюся к данному приложению**. Все основные функции прибора и настройки, общие для всех приложений и режимов работы, описаны в основном руководстве пользователя R&S FSW.

Основное внимание в настоящем руководстве уделено результатам измерения и измерительным задачам, обеспечивающим их получение. В руководство включены следующие темы:

- **Знакомство с приложением для измерения фазового шума**
Введение и знакомство с приложением
- **Типичные применения**
Пример измерительного сценария, в котором чаще всего используется данное приложение.
- **Виды измерений и отображение результатов**
Подробная информация о поддерживаемых измерениях и типах результатов
- **Основы измерения параметров фазового шума**
Справочная информация об основных терминах и принципах в контексте данного измерения
- **Конфигурация и анализ измерения фазового шума**
Полное описание всех функций и настроек, доступных для конфигурирования измерений и анализа результатов с помощью соответствующих команд дистанционного управления
- **Порядок выполнения измерений с помощью приложения для измерения фазового шума**
Базовая процедура для выполнения каждого измерения и пошаговые инструкции для более сложных задач, а также альтернативные методы измерений
- **Примеры измерений**
Подробные примеры измерений, поясняющие типичные измерительные сценарии и позволяющие мгновенно начать работу с приложением
- **Оптимизация и устранение проблем при измерении**
Подсказки и советы по устранению ошибок и оптимизации схемы измерения
- **Команды дистанционного управления для измерения параметров фазового шума**
Команды дистанционного управления, необходимые для удаленного конфигурирования и проведения измерений параметров фазового шума, отсортированные по выполняемым измерительным задачам
(Команды для настройки режима управления или для выполнения общих задач на приборе, приведены в основном руководстве пользователя R&S FSW)
В примерах программирования демонстрируется использование многих команд, которые, как правило, могут быть использованы непосредственно для измерительных целей
- **Приложение**
Справочные материалы
- **Список команд дистанционного управления**
Алфавитный список команд дистанционного управления, описанных в данном руководстве
- **Предметный указатель**

1.2 Описание документации

Пользовательская документация на прибор R&S FSW состоит из следующих частей:

- Печатное руководство Getting Started (Краткое руководство по эксплуатации)
- Система интерактивной справки в приборе
- Компакт-диск с документацией:
 - Краткое руководство по эксплуатации
 - Руководства пользователя на базовый прибор и на опции
 - Руководство по техническому обслуживанию
 - Примечания к выпуску ПО
 - Технические данные и брошюры с описанием прибора

Оперативно-доступная справочная система

Интерактивная справочная система встроена в приборное ПО. Она предлагает быстрый, чувствительный к контексту доступ ко всей информации, необходимой для работы и программирования. Доступ к справочной системе осуществляется с помощью значка на панели инструментов прибора R&S FSW.

Первые шаги

Данное руководство поставляется вместе с прибором в печатном виде и в виде PDF-файла на компакт-диске. В руководстве содержится вся необходимая информация по подготовке прибора к работе и началу его эксплуатации. Описываются основные приемы работы и обращение с прибором. Включены также инструкции по безопасности.

Краткая инструкция по эксплуатации на разных языках также доступна для загрузки с веб-сайта компании Rohde & Schwarz на странице изделия R&S FSW по адресу <http://www2.rohde-schwarz.com/product/FSW.html>.

Руководства пользователя

Руководства пользователя имеются для базового прибора и для каждой дополнительной (программной) опции.

Эти руководства пользователя доступны на компакт-диске с документацией, поставляемом вместе с прибором, в формате PDF, в готовом к печати виде. В руководствах пользователя подробно описываются все функции прибора. Кроме этого, в них дается полное описание команд дистанционного управления с примерами программирования.

Руководство пользователя для базового блока содержит основную информацию по работе с прибором в целом, и, в частности, в программном режиме Spectrum. Кроме этого, здесь описываются программные функции, которые расширяют базовые функции для различных приложений. Дается введение в дистанционное управление, а также информация по техническому обслуживанию, интерфейсам прибора и устранению проблем.

В отдельных руководствах по приложениям подробно описываются конкретные функции прибора для данного приложения. Дополнительная информация о стандартных настройках и параметрах приведена в технических данных прибора. Базовая информация по работе с прибором R&S FSW в руководства по приложениям не включена.

Все виды руководств пользователя также доступны для загрузки с веб-сайта компании Rohde & Schwarz, на странице изделия R&S FSW по адресу <http://www2.rohde-schwarz.com/product/FSW.html>.

Руководство по техническому обслуживанию

Данное руководство доступно в формате PDF на компакт-диске, который поставляется вместе с прибором. В руководстве по техническому обслуживанию дана информация о проверке прибора на соответствие номинальным характеристикам, о функционировании прибора, о ремонте, о выявлении и устранении ошибок. В руководстве содержится вся необходимая для проведения ремонта прибора R&S FSW путем замены модулей информация.

Примечания к выпуску ПО

Примечания к выпуску ПО описывают процедуру установки встроенного ПО, новые и модифицированные функции, устраненные проблемы и последние изменения в документации. Соответствующая версия встроенного ПО указывается на титульном листе примечаний.

Самые последние версии ПО также доступны для загрузки с веб-сайта компании Rohde & Schwarz, на странице изделия R&S FSW по адресу <http://www2.rohde-schwarz.com/product/FSW.html> > Downloads > Firmware.

1.3 Условные обозначения, применяемые в документации

1.3.1 Печатные обозначения

В данном руководстве используются следующие условные обозначения:

Обозначение	Описание
"Элементы графического интерфейса пользователя"	Все названия таких элементов графического интерфейса пользователя на экране, как диалоговые окна, меню, пункты выбора, кнопки и функциональные клавиши заключаются в кавычки.
КЛАВИШИ	Названия (аппаратных) клавиш записываются прописными буквами.
Имена файлов, команды, программный код	Имена файлов, команды, примеры программного кода и выводимая на экран информация отличаются от основного текста шрифтом.
<i>Значение ввода</i>	Значение ввода, которое должен ввести пользователь, отображается курсивом.
Ссылки	Ссылки, по которым после щелчка можно перейти в соответствующую часть документа, отображаются синим шрифтом.
"Ссылки"	Ссылки на другие части документа заключаются в кавычки.

1.3.2 Условные обозначения для описания процедур работы с прибором

При работе с прибором для выполнения одной и той же задачи могут применяться несколько альтернативных методов. В этом случае сначала описывается процедура с использованием сенсорного экрана. На любых элементах, которые могут быть активированы касанием, можно щелкнуть с помощью дополнительно подключаемой мыши. Альтернативные процедуры, в которых используются аппаратные клавиши устройства или экранная клавиатура, описываются только в случае отличающихся от стандартных процедур работы.

Условные обозначения, применяемые в документации

Понятие "выбрать" может относиться к любым из описанных методов, т.е. к использованию пальца на сенсорном экране, указателя мыши на дисплее, аппаратной клавиши на приборе или клавиши на клавиатуре.

2 Знакомство с приложением для измерения фазового шума

Опция R&S FSW-K40 представляет собой прикладное встроенное ПО, обеспечивающее функции измерения характеристик фазового шума испытуемого устройства (ИУ) с помощью анализатора сигналов R&S FSW.

Настоящее руководство пользователя содержит описание функций, обеспечиваемых данным приложением, включая работу с командами дистанционного управления.

Все функции, не упомянутые в данном руководстве, аналогичны функциям базового блока, описанным в руководстве пользователя R&S FSW. Последняя версия руководства доступна для загрузки на веб-странице изделия (<http://www2.rohde-schwarz.com/product/FSW.html>).

Установка

Подробные инструкции по установке см. в кратком руководстве "Getting Started" или в примечаниях к выпуску ПО для прибора R&S FSW.

- [Запуск приложения](#) 9
- [Описание информации на экране](#)..... 10

2.1 Запуск приложения

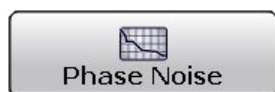
Приложение для измерения параметров фазового шума добавляет новый тип измерений в приборе R&S FSW.

Активация приложения для измерения фазового шума

1. Нажать клавишу MODE на передней панели анализатора R&S FSW.

Откроется диалоговое окно, в котором представлены все режимы работы и приложения, доступные для анализатора R&S FSW.

2. Выбрать пункт "Phase Noise".



Анализатор R&S FSW создаст новый измерительный канал для приложения измерения фазового шума Phase Noise.

Все настройки, относящиеся измерениям фазового шума, имеют стандартные значения.

Создание нескольких измерительных каналов и функция выполнения последовательности измерений Sequencer

При активации какого-либо приложения создается новый канал измерений, в котором определяются настройки измерений для этого приложения. Одно и то же приложение может многократно активироваться с различными настройками измерения путем создания нескольких каналов для одного приложения.

Количество одновременно конфигурируемых каналов зависит от доступного объема памяти прибора.

Одновременно может выполняться только одно измерение, а именно, измерение в текущем активном канале. Тем не менее, для выполнения последовательности сконфигурированных измерений может быть использована функция выполнения последовательности измерений "Sequencer".

Если функция включена, то измерения, сконфигурированные в активных каналах, будут выполняться одно за другим в порядке расположения вкладок. Активное в данный момент измерение обозначается соответствующим символом  в названии вкладки. Отображаемые результаты отдельных каналов обновляются во вкладках (включая вкладку "MultiView") по мере выполнения измерений. Операция выполнения последовательности измерений не зависит от текущей *отображаемой* вкладки.

Подробнее о функции Sequencer см. руководство пользователя R&S FSW.

2.2 Описание информации на экране

На приведенном ниже рисунке показан вид экрана в режиме измерения параметров фазового шума. Каждая информационная область имеет свое обозначение. Более подробно они рассмотрены в следующих разделах.



Рис. 2-1 – Вид экрана приложения для измерения параметров фазового шума

- 1 = Панель инструментов
- 2 = Панель каналов
- 3 = Заголовок диаграммы
- 4 = Окно результатов
- 5 = Панель функциональных клавиш
- 6 = Состояние измерения
- 7 = Строка состояния

Описание элементов, не указанных ниже, см. в кратком руководстве "Getting Started" прибора R&S FSW.

Состояние измерения

Приложение отображает ход выполнения измерения с помощью последовательности зеленых полосок в нижней части области диаграммы. Для каждой полудекады измерения добавляется одна полоска, охватывающая диапазон частот соответствующей полудекады.

Данный индикатор имеет несколько функций.

- К Число на фоне зеленой полосы отображает ход выполнения измерения(ий) в полудекаде, в которой приложение работает в данный момент. Первое число - это текущее измерение, второе число - общее число измерений для данной полудекады. Последнее число представляет собой время, которое требуется на выполнение измерения.
- Двойной щелчок на индикаторе выполнения открывает поле ввода количества усреднений для данной полудекады.
- Правый щелчок на индикаторе выполнения открывает контекстное меню.



Контекстное меню обеспечивает быстрый доступ к различным параметрам (полоса разрешения, режим развертки и т.д.), которые определяют характеристики измерения для данной полудекады. Значения в скобках являются выбранными в данный момент значениями. Более подробную информацию о доступных параметрах см. в разделе "[Half Decades Configuration Table](#)" на стр. 44.

Информация в панели канала

Панель канала содержит информацию о текущих настройках измерения, ходе его выполнения и получающихся результатах.

Phase Noise					
Frequency	3.900000025 GHz	Meas Level	9.63 dBm	Meas Frequency	3.900000025 GHz
Ref Level & Att	10.20 dBm, Att 11.00 dB	Initial Delta	0.10 dB	Initial Delta	-24.22 Hz / -0.01 ppm
Meas Range	3 kHz to 100 MHz	Drift	-0.02 dB	Drift	-448.38 mHz / 0 ppm

Рис. 2-2 – Панель канала приложения для измерения фазового шума

Frequency	Частота, на которую настроен прибор R&S FSW. Частота входного каскада - это ожидаемая частота несущей. При включенной функции отслеживания частоты или ее проверки, приложение может подстраивать частоту входного каскада.
Ref Level & Att	Опорный уровень (первое значение) и ослабление (второе значение) в приборе R&S FSW. При включенной функции отслеживания уровня или его проверки, приложение может подстраивать уровень входного каскада.
Measurement	Полный диапазон измерения фазового шума. Более подробную информацию см. в главе 4.3 "Диапазон измерений параметров фазового шума" на стр. 23.
Measured Level	Фактически измеренное значение уровня ИУ. Измеренный уровень может отличаться от уровня входного каскада, например, при использовании функции проверки уровня.
Initial Delta	Разность между номинальным и первым измеренными значениями уровня.
Drift	Разность между первым и последним измеренными значениями уровня. В режиме непрерывной развертки дрейф представляет собой разность между первым и последним измеренными значениями уровня.
Measured Frequency	Фактически измеренное значение частоты ИУ. Измеренная частота может отличаться от частоты входного каскада, например, при использовании функции проверки частоты.

Initial Delta	Разность между номинальным и первым измеренными значениями частоты.
Drift	Разность между первым и последним измеренными значениями частоты. В режиме непрерывной развертки дрейф представляет собой разность между первым и последним измеренными значениями частоты.
SGL [##]	Режим развертки (однократный или непрерывный). При использовании усреднения кривой здесь также отображается текущий номер измерения из общего числа измерений.

На двух следующих рисунках показаны соотношения между погрешностями частоты и уровня.

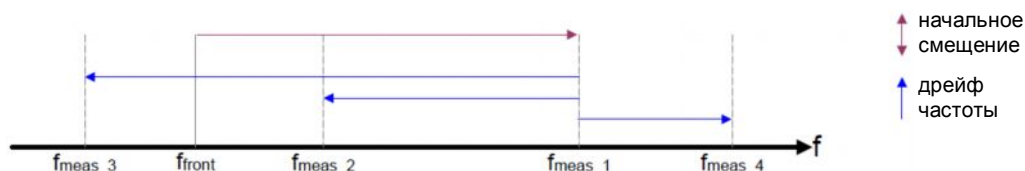


Рис. 2-3 – Погрешности частоты

f_{front} = исходная частота, установленная во входном каскаде

f_{meas_x} = фактическая измеренная частота

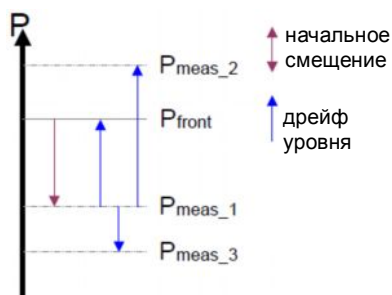


Рис. 2-4 – Погрешности уровня

P_{front} = опорный уровень при выключенной функции слежения

P_{front} = исходный опорный уровень при включенной функции слежения

P_{meas_1} = становится опорным уровнем после первой развертки при включенной функции слежения

P_{meas_2} = становится опорным уровнем после второй развертки при включенной функции слежения

P_{meas_3} = становится опорным уровнем после третьей развертки при включенной функции слежения

Информация в строке заголовка окна

Для каждой диаграммы заголовок содержит следующую информацию:



Рис. 2-5 – Строка заголовка окна приложения для измерения фазового шума

1 = Номер окна

2 = Тип окна

3 = Цвет и номер кривой

4 = Режим кривой

5 = Состояние и степень сглаживания

Информация в строке состояния

Глобальные настройки устройства, его состояние и любые нарушения работы индицируются в строке состояния под диаграммой. Более того, в строке состояния отображается ход выполнения текущей операции.

3 Виды измерений и отображение результатов

Опция R&S FSW-K40 измеряет фазовый шум одной боковой полосы несущей (однополосный фазовый шум).

Опция содержит несколько функций отображения результатов. Виды отображения результатов являются различными видами представления результатов измерений. Они могут быть диаграммами, на которых результаты показаны графическим способом, или таблицами, в которых выведены числовые результаты измерений.

- Выбрать значок  на панели инструментов или нажать клавишу MEAS.

Приложение перейдет в режим конфигурирования SmartGrid.

Более подробную информацию о функциях SmartGrid см. в кратком руководстве к прибору R&S FSW.

В стандартном состоянии приложения активным является только графическое отображение результатов измерений фазового шума.

Диаграмма фазового шума (Phase Noise Diagram).....	14
Остаточный шум (Residual Noise).....	15
Точечный шум (Spot Noise).....	16
Список спуров (Spur List)	17
Список результатов развертки	17
Контроль спектра (Spectrum Monitor)	18
Дрейф частоты (Frequency Drift).....	19
Опорное измерение (Reference Measurement).....	20

Диаграмма фазового шума (Phase Noise Diagram)

На диаграмме фазового шума показывается уровень мощности фазового шума в зависимости от отстройки (смещения) от несущей частоты.

Диапазон измерений

Единицы измерения по обеим осям диаграммы фиксированы. На оси X отображаются частоты отстройки относительно несущей частоты в логарифмическом масштабе в Гц. Ось всегда имеет логарифмический масштаб для равноценного представления отстроек вблизи и вдали от несущей. Диапазон отстроек, отображаемых по оси X, может меняться и зависит от заданного пользователем диапазона измерений и установленной области обзора по оси X.

Более подробную информацию о диапазоне измерения см. в [главе 4.3 "Диапазон измерений параметров фазового шума"](#) на стр. 23.

Если необходим установленный диапазон измерений, но требуется получить лучшее разрешение результатов, можно ограничить отображаемые результаты путем изменения области обзора по оси X. Функция изменения области обзора аналогична функции масштабирования для получения лучшего представления кривой в различных ее точках. Она не запускает нового измерения и никак не влияет на текущие результаты измерения.

По оси Y всегда отображается уровень мощности фазового шума, который содержится в полосе 1 Гц относительно уровня несущей. Единицы измерения для этих значений дБн/Гц и также являются фиксированными.

Масштаб оси Y

Масштаб оси Y может меняться. Как правило, лучше всего использовать функцию автоматического масштабирования, обеспечиваемую приложением, поскольку при этом гарантируется видимость всей кривой. Тем не менее, пользователь также

может настроить диапазон отображения, минимальное и максимальное значения по оси Y, путем изменения масштаба оси Y.

Результаты измерений отображаются в виде кривых в области диаграммы. Одновременно могут отображаться до шести активных кривых. Каждая из них может иметь свои настройки и отображать различные аспекты результатов измерений.

По умолчанию в приложении отображается две кривые: желтая и синяя. Обе получены из одного набора измеренных данных, но подверглись различным процедурам обработки. К первой кривой применена функция сглаживания, а вторая кривая отображает необработанные данные.

Более подробную информацию о сглаживании кривых см. в [главе 4.5 "Усреднение кривых"](#) на стр. 24.

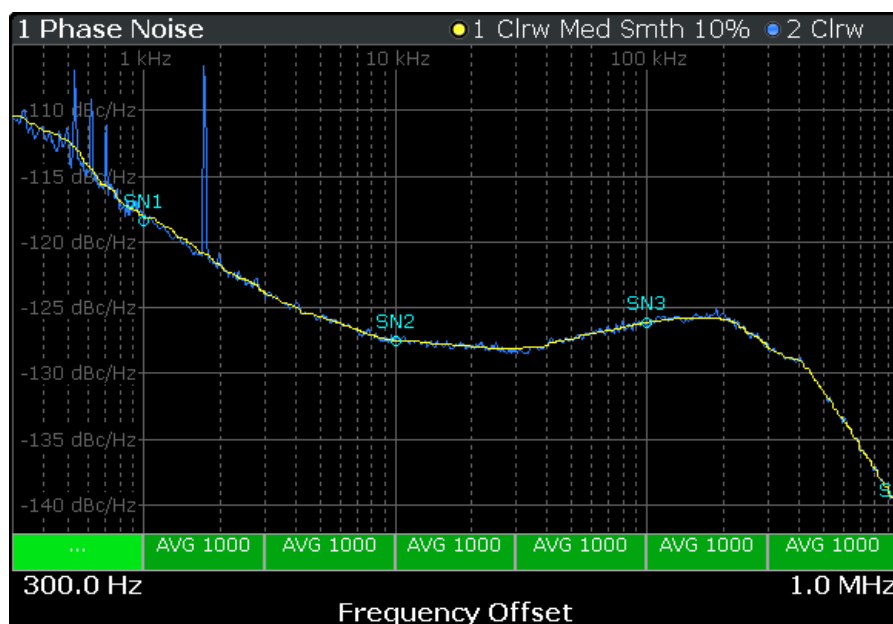


Рис. 3-1 – Вид окна результатов измерения фазового шума

На приведенном выше рисунке показана типичная кривая фазового шума. При отстройках частоты вблизи несущей как правило наблюдаются более высокие уровни фазового шума, чем при отстройках на большем расстоянии от несущей. Кривая спадает до достижения уровня теплового шума ИУ. После этой точки кривая представляет собой более или менее прямую горизонтальную линию.

Команда дистанционного управления:

[TRACe\[:DATA\]?](#)

Остаточный шум (Residual Noise)

Отображение остаточного шума представляет собой сводку результатов измерения остаточного шума в виде таблицы.

Более подробную информацию о результатах измерения остаточного шума см. в [главе 4.2 "Остаточные эффекты"](#) на стр. 22.

Таблица состоит из четырех строк, в каждой из которых отображается свой интервал интегрирования. Каждая строка, в основном, содержит одну и ту же информацию, за исключением первой строки, в которой всегда отображаются результаты для первой кривой, а в остальных строках показаны результаты пользовательских диапазонов интегрирования для любой другой кривой.

1 Residual Noise					
Type	Start	Stop	PM	FM	Jitter
Full, T2	100.00 Hz	3.00 MHz	0.06 °	320.1...	87.43 fs
User 1, T1	100.00 Hz	1.00 kHz	0.05 °	0.42 Hz	69.16 fs
User 2, T2	2.51 kHz	12.03 kHz	0.01 °	1.15 Hz	18.61 fs
User 3, T2	20.00 kHz	200.00 kHz	0.02 °	34.62 ...	22.19 fs

Информация об остаточном шуме составлена из нескольких значений.

Type	Исходный интервал интегрирования. Возможные значения: - Full для интегрирования кривой 1 во всем диапазоне измерения. - Eval для интегрирования кривой 1 в заданном диапазоне измерения. - User [x] для интегрирования любой кривой в заданном диапазоне измерения. Информация после запятой обозначает интегрируемую кривую (T[x]).
Start / Stop	Начальная и конечная отстройка интервала интегрирования.
PM	Отображение результата измерения остаточной ФМ в градусах и радианах.
FM	Отображение результата измерения остаточной ЧМ в Гц.
Jitter	Отображение джиттера в секундах.

Более подробную информацию о результатах измерения остаточного шума см. в [главе 4.2 "Остаточные эффекты"](#) на стр. 22.

Команда дистанционного управления:

Запрос остаточной ФМ:

`FETCh:PN0ise<t>:RPM?`

Запрос остаточной ЧМ:

`FETCh:PN0ise<t>:RFM?`

Запрос джиттера:

`FETCh:PN0ise<t>:RMS?`

Запрос пользовательских диапазонов:

`FETCh:PN0ise<t>:USER<range>:RFM?`

`FETCh:PN0ise<t>:USER<range>:RMS?`

`FETCh:PN0ise<t>:USER<range>:RPM?`

Точечный шум (Spot Noise)

Точечный шум - это фазовый шум при конкретной отстройке частоты (или в точке), которая является частью диапазона измерения. Таким образом, это похоже на фиксированный маркер.

Единицы измерения точечного шума дБн/Гц. Приложение выводит результаты в таблицу.

2 Spot Noise		
Type	Offset Frequency [T1]	Phase Noise [T1]
User 1	1.00 kHz	-115.33 dBc/Hz
User 2	10.00 kHz	-124.42 dBc/Hz
User 3	100.00 kHz	-122.67 dBc/Hz
User 4	1.00 MHz	-132.82 dBc/Hz
User 5	10.00 MHz	---

Таблица состоит из переменного числа частот 10х (в зависимости от диапазона измерений), и не более чем из пяти пользовательских частот, причем каждый ряд содержит информацию о точечном шуме для конкретной отстройки частоты.

Информация о точечном шуме составлена из нескольких значений.

Type	Отображение положения частоты отстройки точечного шума. По умолчанию, приложение оценивает точечный шум только для первой частоты отстройки декады (10х Гц, начиная с 1 кГц). Тем не менее, можно добавить до пяти пользовательских частот отстроек, для которых требуется узнать уровень фазового шума. При необходимости использования большего числа отстроек можно добавить еще одну таблицу измерения точечного шума. Метка "User" указывает на пользовательскую частоту отстройки.
Offset Frequency	Отображение частоты отстройки, для которой оценивается значение точечного шума. Можно добавить любую отстройку, которая является частью диапазона измерений. Номер в скобках (Т<х>) обозначает кривую, к которой относятся результаты измерений.
Phase Noise	Отображение фазового шума для соответствующей частоты отстройки. Номер в скобках (Т<х>) обозначает кривую, к которой относятся результаты измерений.

Команда дистанционного управления:

Запрос результатов измерений точечного шума на частотах отстройки 10х:

[CALCulate<n>:SNOise:DECades:X?](#)

[CALCulate<n>:SNOise:DECades:Y?](#)

Запрос пользовательских результатов измерения точечного шума:

[CALCulate<n>:SNOise<m>:Y?](#)

Список спуров (Spur List)

Спуры (выбросы) представляют собой пиковые уровни на одной или нескольких частотах отстройки, которые вызваны, в основном, помеховыми сигналами.

Приложение отображает позиции всех обнаруженных спуров в таблице.

4 Spur List		
Number	Offset Frequency	Power
1	20.00 kHz	-60.94 dBc
2	40.00 kHz	-70.04 dBc
3	60.00 kHz	-79.74 dBc

Таблица состоит из переменного числа строк. Для каждого обнаруженного спура в таблице отображается несколько результатов.

Number	Отображение номера спура. Спуры отсортированы по частоте, начало ведется от спура с самой низкой частотой.
Offset Frequency	Отображение позиции (частоты отстройки) спура.
Power	Отображение уровня мощности спура в дБн.

Более подробную информацию см. в [главе 4.1 "Спуры и их удаление"](#) на стр. 21.

Команда дистанционного управления:

[FETCh:PNOise:SPURS?](#)

Список результатов развертки (Sweep Result List)

В список результатов развертки сведены результаты измерений фазового шума.

3 Sweep Result List						
Start	Stop	Sampling Rate	AVG	Freq Drift	Level Drift	Max Freq Drift
300.00 Hz	1.00 kHz	2.50 kHz	134	3.32 Hz	0.08 dB	35.94 mHz
1.00 kHz	3.00 kHz	7.50 kHz	1000	3.33 Hz	0.08 dB	82.92 mHz
3.00 kHz	10.00 kHz	25.00 kHz	1000	3.33 Hz	0.08 dB	219.37 mHz
10.00 kHz	30.00 kHz	75.00 kHz	1000	3.32 Hz	0.08 dB	553.48 mHz
30.00 kHz	100.00 kHz	250.00 kHz	1000	3.33 Hz	0.08 dB	2.17 Hz
100.00 kHz	300.00 kHz	750.00 kHz	1000	3.33 Hz	0.08 dB	11.45 Hz
300.00 kHz	1.00 MHz	2.50 MHz	1000	3.33 Hz	0.08 dB	105.11 Hz

Таблица состоит из нескольких строк, каждая из которых представляет полудекаду. Количество строк зависит от количества полудекад, проанализированных за время выполнения измерения.

Результаты развертки составлены из нескольких значений.

- Результаты, выводимые красным шрифтом, указывают на то, что дрейф частоты настолько велик, что частота сместилась в диапазон более высокой полудекады. Поэтому такой результат считается недостоверным.
- Результаты, выводимые зеленым шрифтом, указывают полудекаду, измеряемую в данный момент.

Start / Stop	Отображение начальной и конечной отстроек полудекады.
Sampling Rate	Отображение частоты дискретизации, используемой в соответствующей полудекаде.
AVG	Отображение количества измерений, выполняемых в полудекаде для расчета среднего (окончательного) результата.
Freq Drift	Отображение разницы с исходным (номинальным) значением частоты, измеренным в полудекаде. При выполнении более одного измерения (усреднениях) в полудекаде это значение обновляется с каждым единичным измерением. Последнее измеренное в полудекаде значение будет оставлено в таблице.
Level Drift	Отображение разницы с исходным (номинальным) значением уровня, измеренным в полудекаде. При выполнении более одного измерения (усреднениях) в полудекаде это значение обновляется с каждым единичным измерением. Последнее измеренное в полудекаде значение будет оставлено в таблице.
Max Freq Drift	Отображение наибольшей разницы с исходным (номинальным) значением частоты, измеренным в полудекаде.

Контроль спектра (Spectrum Monitor)

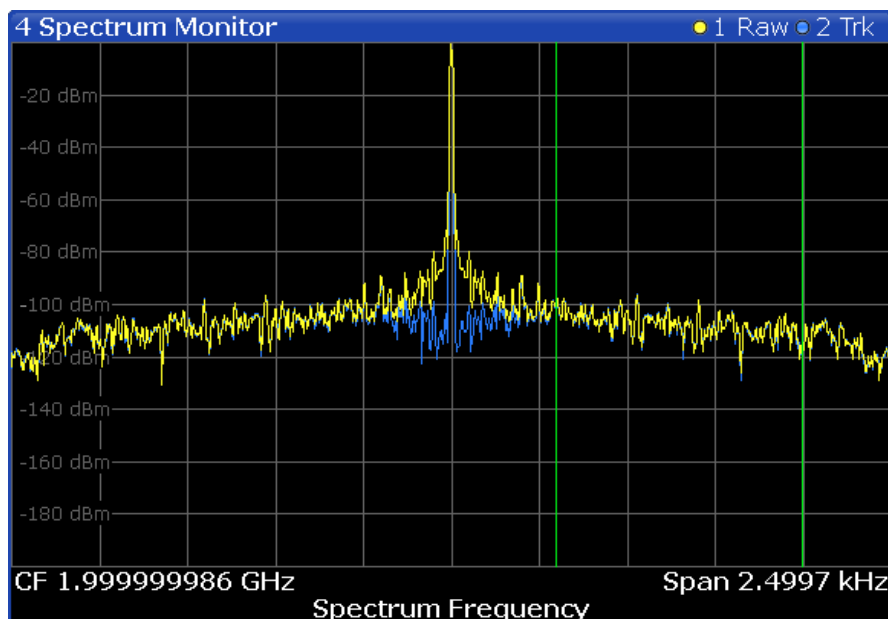
В окне контроля спектра отображается спектр для измеряемой в данный момент полудекады.

Полоса обзора

Полоса обзора по оси X задается значениями начальной и конечной частот измеряемой в данный момент полудекады.

Масштаб оси Y

Масштаб оси Y определяется автоматически в соответствии с характеристиками сигнала.



В режиме I/Q-анализатора, окно результатов содержит две кривые.

- Желтая кривая ("необработанная кривая") отображает текущий сигнал с фактически измеряемой в данный момент центральной частотой.
- Синяя кривая ("кривая слежения") выравнивает сигналы с дрейфующей частотой и поэтому представляет собой стабильный вариант сигнала с предполагаемой центральной частотой.

При необходимости можно включать и выключать эти кривые. Подробности см. в разделе ["Spectrum Monitor: Raw Trace / Trk Trace \(On Off\)"](#) на стр. 53.

Зеленые вертикальные линии обозначают частоты отстройки от отображаемой центральной частоты, на которых измеряется фазовый шум. Положение двух зеленых линий зависит от измеряемой в данный момент полудекады и выбранной частоты дискретизации.

Команда дистанционного управления:

[TRACe\[:DATA\]?](#)

Дрейф частоты (Frequency Drift)

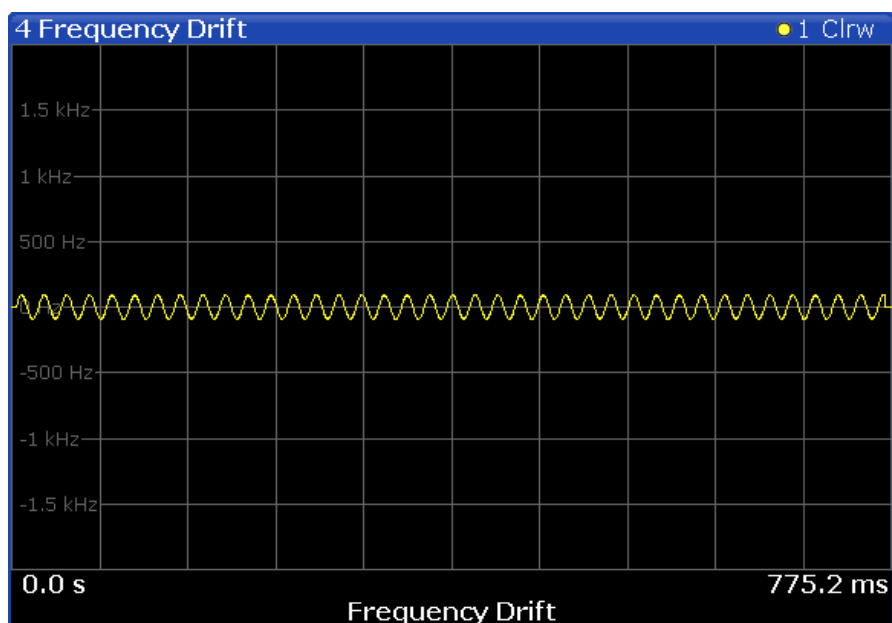
В окне дрейфа частоты отображается зависимость мгновенного значения частоты от времени для измеряемой в данный момент полудекады.

Временной диапазон

Отображаемый по оси X временной диапазон задается временем, необходимым на выполнение измерения в полудекаде, измеряемой в данный момент. Если время измерения для отдельной полудекады очень велико (несколько секунд), приложение, вероятнее всего, будет обновлять отображаемый результат несколько раз. В этом случае приложение разобьет измерение на несколько "субизмерений".

Масштаб оси Y

Масштаб оси Y определяется автоматически в соответствии с частотой дискретизации. Для получения лучшего разрешения по оси времени следует использовать функцию масштабирования.



При необходимости кривую можно включать и выключать. Подробности см. в разделе ["Frequency Drift: Trace 1 \(On Off\)"](#) на стр. 53.

Опорное измерение (Reference Measurement)

Опорное измерение служит для измерения собственного фазового шума прибора R&S FSW.

Для определения собственного шума приложение выполняет измерение без сигнала на входе. Получившаяся кривая отображает собственный шум прибора R&S FSW. При вычитании этого шума из измеренного фазового шума с помощью математических операций над кривыми можно получить кривую, отображающую только фазовый шум ИУ.

Команда дистанционного управления:

[CONFigure:REFMeas ONCE](#)

4 Основы измерений

В данном разделе содержатся основные сведения о терминологии и принципах проведения измерений параметров фазового шума.

В целом, измерения фазового шума определяют характеристики однополосного фазового шума испытываемого устройства (ИУ).

• Спурсы и их удаление.....	21
• Остаточные эффекты	22
• Диапазон измерений параметров фазового шума.....	23
• Режимы развертки	24
• Усреднение кривой.....	24
• Определение частоты	26
• Определение уровня.....	28
• Ослабление сигнала	29
• Использование предельных линий.....	30
• Анализ нескольких кривых: режим кривой	32
• Использование маркеров.....	33

4.1 Спурсы и их удаление

Большинство результатов измерений фазового шума содержат спурсы. Спурсы (выбросы) представляют собой пиковые уровни на одной или нескольких частотах отстройки, которые вызваны, в основном, помеховыми сигналами. В некоторых приложениях может потребоваться, в частности, обнаружить положение спуров. Однако для некоторых приложений спурсы не играют особой роли при анализе результатов, поэтому они могут быть удалены из кривой с целью получения "гладкой" кривой фазового шума.

Удаление спуров

Программное приложение позволяет (визуально) удалять спурсы из кривой. Удаление спуров базируется на алгоритме, который обнаруживает и полностью устраняет спурсы из кривой, заполняя промежутки математически определенными данными.

Функция удаления спуров отделяет фактическую мощность спура от нижележащего фазового шума и отображает последний в два этапа. Первый этап, этап обнаружения спуров, основан на разложении сигнала по собственным значениям в процессе его обработки.

Порог спура

На втором этапе, для удаления обнаруженного спура приложение использует статистические методы. Спур обнаруживается, если уровень сигнала лежит выше конкретного порогового значения. Порог спура задается относительно воображаемой медианной кривой, которая рассчитывается приложением.

Если части сигнала идентифицированы как спурсы, приложение удаляет все части сигнала, лежащие выше этого уровня, и заменяет их значениями медианной кривой.

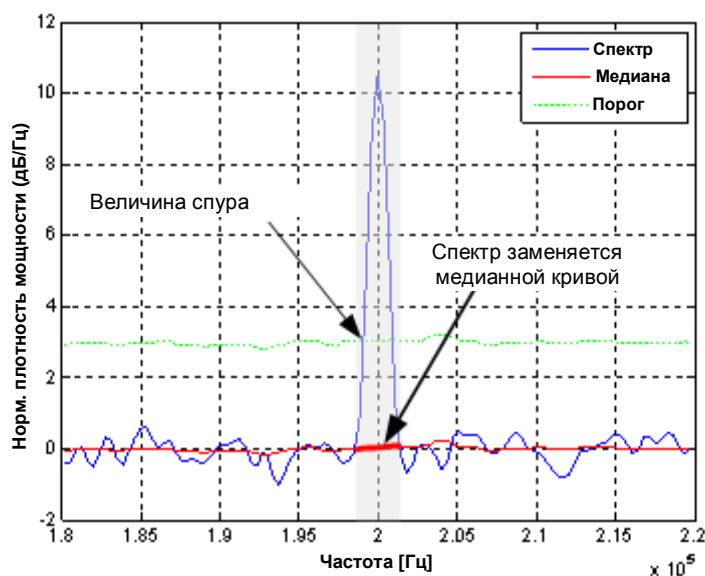


Рис. 4-1 – Обнаружение спада и принцип его удаления

4.2 Остаточные эффекты

Остаточные шумовые эффекты представляют собой продукты модуляции, которые образуются непосредственно из фазового шума. Имеется возможность их математического вывода из фазового шума ИУ.

Приложение вычисляет три величины остаточных шумовых эффектов. Все вычисления основаны на интегрировании фазового шума в конкретном диапазоне частот отстройки.

Остаточная ФМ (Residual PM)

Остаточная фазовая модуляция представляет собой фазовую модуляцию, которая порождена фазовым шумом.

$$\text{Residual PM} = \sqrt{\int_{f_{\text{start}}}^{f_{\text{stop}}} L(f_m) df_m} \text{ [rad]}$$

где $L(f)$ = однополосный фазовый шум [дБн/Гц]

Остаточная ЧМ (Residual FM)

Остаточная частотная модуляция представляет собой шум, который возникает из-за флуктуаций частоты сигнала. Единицами измерения являются Гц.

$$\text{Residual FM} = \sqrt{\int_{f_{\text{start}}}^{f_{\text{stop}}} f_m^2 L(f_m) df_m} \text{ [Hz]}$$

где $L(f_m)$ = однополосный фазовый шум [дБн/Гц]

f_m = частота [Гц]

Диапазон измерений параметров фазового шума

Джиттер (фазовое дрожание)

Джиттер (фазовое дрожание) представляет собой шум, который возникает из-за временных флуктуаций сигнала. Единицами измерения являются секунды.

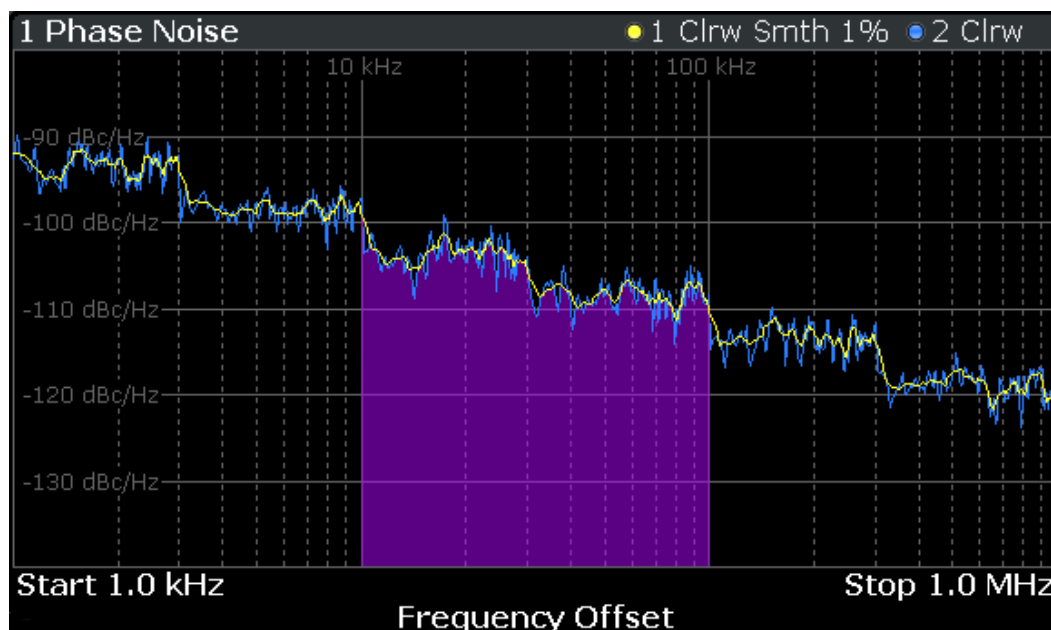


Рис. 4-2 – Остаточный шум по результатам интегрирования в диапазоне отстроек от 10 до 100 кГц

4.3 Диапазон измерений параметров фазового шума

Измерение фазового шума определяет фазовый шум ИУ в конкретном диапазоне измерений. Этот **диапазон измерений** задается двумя частотами отстройки. Сами **частоты отстройки** задаются относительно номинальной частоты ИУ.

Диапазон измерений вновь делится на несколько (логарифмических) декад, или, для целей конфигурации, на **полудекады**.



Рис. 4-3 – Диапазон измерений и полудекады

Такое разбиение на несколько полудеклад сделано для повышения скорости выполнения измерений. В таблице "Half Decade Configuration Table" (Таблица настройки полудеклад) можно настроить каждую полудекладу отдельно. Для быстрых, стандартизованных измерений приложение поддерживает несколько

предварительно заданных типов развертки или позволяет пользователю настроить каждую полудекаду вручную, но, при этом, в глобальном масштабе.

В контексте этого, основным вопросом является **полоса разрешения** (RBW) и ее влияние на время измерения. Как правило, для получения наиболее точных результатов измерений лучше всего использовать наименьшую возможную полосу разрешения. Однако, высокая точность достигается за счет скорости измерений.

Чтобы избежать длительного времени измерения приложение содержит только конкретные диапазоны полос RBW, которые доступны для каждой полудекады.

4.4 Режимы развертки

Режимы развертки определяют способ обработки данных.

Swept (Развертка по частоте)

В приложении выполняется развертка спектра по частоте.

I/Q FFT (БПФ I/Q-данных)

В приложении выполняется анализ собранных I/Q-данных и расчет кривой на их основе.

4.5 Усреднение кривой

В приложении поддерживается несколько режимов усреднения кривой, которые могут быть использованы по отдельности или в любой комбинации.

Порядок выполнения усреднения состоит в следующем. Более подробное описание каждого из режимов усреднения см. ниже.

1. Усреднение в полудекаде.
В приложении каждая полудекада измеряется определенное количество раз перед переходом к измерению следующей.
2. Количество разверток.
☐ в приложении весь диапазон измерений измеряется определенное количество раз. Сюда вновь включено заданное выше усреднение в полудекаде.
По завершении выполнения заданного количества разверток в приложении отобразятся результаты усреднения.
3. Сглаживание кривой.
Вычисление скользящего среднего для текущей кривой.

4.5.1 Усреднение в полудекаде

Задать количество измерений, которые будут выполнены в приложении для каждой полудекады перед отображением результатов усреднения и измерением в следующей полудекаде.

Вместе с полосой разрешения RBW оно будет главным фактором, влияющим на время выполнения измерений. Обычно используют небольшое количество усреднений для малых полос RBW, поскольку малые полосы RBW уже обеспечивают точные результаты, а большое количество усреднений позволит получить более сбалансированные результаты.

4.5.2 Количество разверток

Количество разверток определяет число разверток, которое будет выполнено в приложении в процессе полностью завершённых измерений (полных измерений).

Развертка, в этом смысле, представляет собой однократное измерение во всем измерительном диапазоне (включая усреднение в полудекадах). Однако полное измерение может содержать более одной развертки. В этом случае измерения в приложении производятся до тех пор, пока не будет выполнено заданное количество разверток. Конфигурация измерения все это время остается неизменной.

В комбинации с режимом усреднения кривой и усреднением в полудекаде, усреднение по количеству разверток осуществляет еще более сильное усреднение кривой.

4.5.3 Сглаживание кривой

Сглаживание - это способ визуального устранения аномалий кривой (например, спуров), который может привести к искажению результатов. Процесс сглаживания основан на выполнении операции скользящего усреднения во всем диапазоне измерений. Количество отсчетов, участвующих в процессе усреднения (размер апертуры), может меняться; оно задается в виде процента от всех отсчетов, из которых состоит кривая.

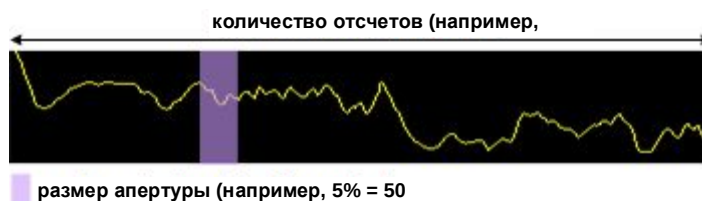


Рис. 4-4 – Размер выборки, участвующей в сглаживании кривой

В приложении кривая сглаживается только после завершения измерения, анализа данных и записи их в кривую. Таким образом, сглаживание, на самом деле, представляет собой просто улучшение режима отображения кривой, а не самих данных. Это также означает, что сглаживание всегда применяется после завершения усреднения всех других кривых, так как они выполняются во время самого измерения. Можно включать и выключать сглаживание кривой для всех кривых индивидуально и сравнивать, например, необработанную и сглаженную кривую.

Линейное и логарифмическое сглаживание основаны на следующих алгоритмах.

$$y'(s) = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{x=s-\frac{n-1}{2}}^{x=s+\frac{n-1}{2}} 10^{\left(\frac{y(x)}{10}\right)} \right)$$

Логарифмическое сглаживание кривой (4 - 1)

$$y'(s) = \frac{1}{n} \sum_{x=s-\frac{n-1}{2}}^{x=s+\frac{n-1}{2}} y(x)$$

Линейное сглаживание кривой (4 - 2)

где

s = номер отсчета

$y(s)$ = логарифмический уровень фазового шума

x = смещение отсчета от s

n = размер апертуры

4.6 Определение частоты

Номинальная частота

Номинальная частота является выходной или центральной частотой ИУ. Для получения правильных и достоверных результатов измерений приложение должно знать реальную частоту ИУ.



Непроверенные сигналы

Прибор R&S FSW пытается запустить измерение сразу после входа в приложение для измерения фазового шума. Если он не сможет проверить сигнал, то будет пытаться запустить измерение снова и снова.

Чтобы остановить повторяющуюся (и возможно неудачную) проверку сигнала, следует остановить измерение при первой неудачной проверке.

Доступный (номинальный) диапазон частот зависит от используемой аппаратной части. Более подробную информацию см. в технических данных прибора R&S FSW.

Если нет уверенности в номинальной частоте, следует задать диапазон допустимых отклонений при проверке частоты. Для измерений ИУ с нестабильными или дрейфующими характеристиками используются функции отслеживания частоты.

Проверка частоты

При использовании функции проверки частоты приложение инициирует измерение, которое проверяет, что частота ИУ находится в определенном диапазоне номинальной частоты. Это измерение выполняется перед фактическим измерением фазового шума. Его целью является обнаружение сильных сигналов в диапазоне допустимых отклонений частоты и, в случае успеха, настройка номинальной частоты и захват этой новой частоты. Значение допустимого отклонения частоты может меняться. Его можно задать в абсолютных или относительных величинах.

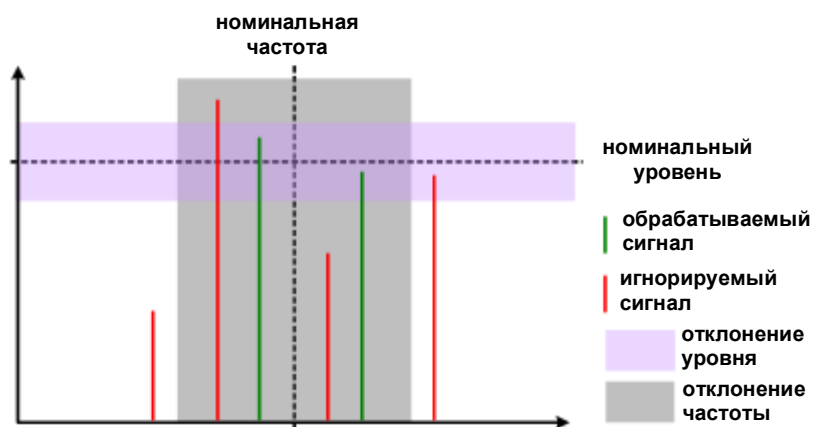


Рис. 4-5 – Допустимые отклонения частоты и уровня

Можно задавать как абсолютные так и относительные значения допустимых отклонений. В этом случае в приложении используется более высокий диапазон допустимых отклонений для определения частоты.

Если в диапазоне допустимых отклонений сигнал отсутствует, приложение прерывает измерение фазового шума.

Среди числовых результатов, в приложении всегда показывается частота измерения, которое выполняется в данный момент. Если измеренная частота не совпадает с номинальной, в числовых результатах также будет показано отклонение от номинальной частоты.

Отслеживание частоты

При использовании слежения за частотой приложение отслеживает дрейфующие частоты нестабильных ИУ. Оно выполняет внутреннюю подстройку и удержание захвата номинальной частоты ИУ.

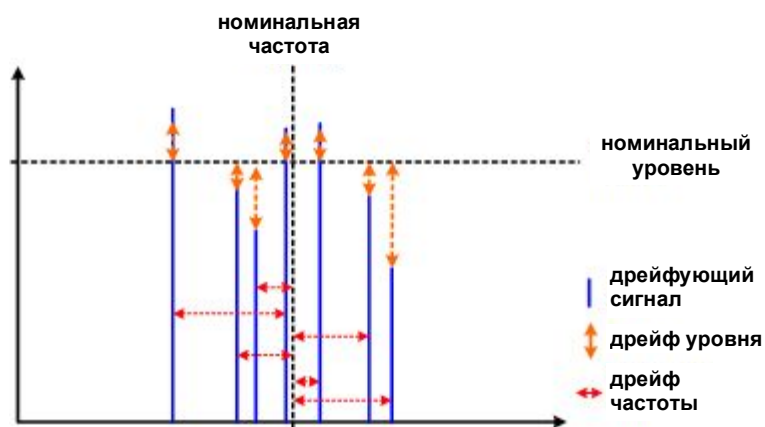


Рис. 4-6 – Слежение за частотой и уровнем

Полоса слежения

Полоса слежения определяет ширину полосы частот, внутри которой приложение осуществляет отслеживание частоты.

В обычном режиме приложение подстраивает частоту дискретизации к текущей измеряемой полудекаде. Для полудекад, расположенных рядом с несущей, частота дискретизации невелика. Для полудекад, расположенных далеко от несущей, используется более высокая частота дискретизации. Однако в случае дрейфующих сигналов этот метод может привести к потере данных, поскольку стандартная полоса частот для полудекады может оказаться слишком малой для фактического дрейфа частоты. В этом случае можно задать полосу слежения, которая, при необходимости, увеличивает частоту дискретизации и, тем самым, вероятность захвата сигнала.

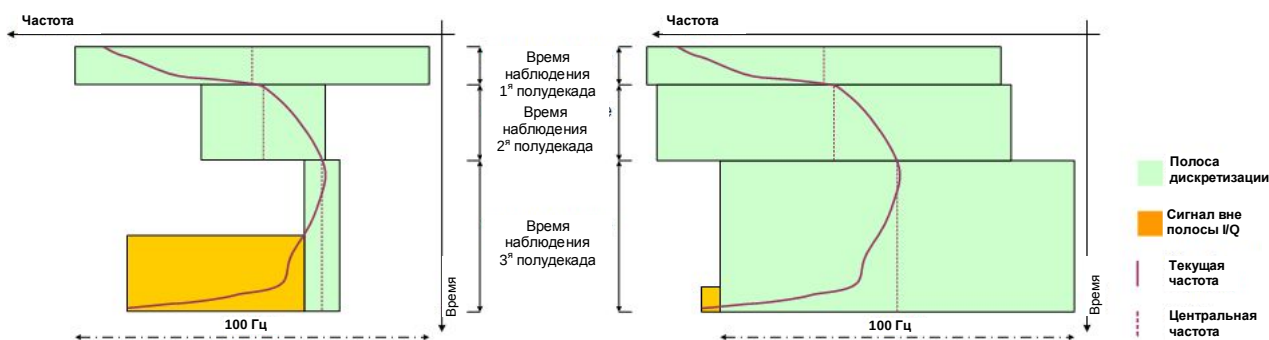


Рис. 4-7 – Отслеживание частоты при выключенной полосе слежения (слева) и полосе слежения 100 Гц (справа)

4.7 Определение уровня

Номинальный уровень

Номинальный уровень, другим словами, является опорным уровнем прибора R&S FSW. Это уровень сигнала, который ожидается анализатором на ВЧ-входе.

Доступный диапазон уровней зависит от аппаратной части. Более подробную информацию см. в технических данных прибора R&S FSW.

Чтобы получить наилучший динамический диапазон для измерения, следует задать уровень близким к уровню ИУ. В то же время уровень сигнала не должен превышать опорный уровень, чтобы не допустить перегрузки АЦП и тем самым вызвать ухудшение результатов измерения.

Если нет уверенности в уровне мощности ИУ, но при этом хотелось бы использовать наилучший динамический диапазон и получать результаты с максимально возможной точностью, можно использовать функцию проверки или отслеживания уровня.

Проверка уровня

При использовании функции проверки уровня приложение инициирует измерение, которое проверяет уровень ИУ. Если уровень ИУ лежит в пределах определенного диапазона допустимых отклонений, оно подстроит номинальный уровень к уровню ИУ. В противном случае, оно прервет измерение параметров фазового шума.

Допустимое отклонение уровня задается относительно текущего номинального уровня. Диапазон допустимых отклонений действует для уровней ИУ, находящихся выше или ниже текущего номинального уровня.

Отслеживания уровня

Для тестирования ИУ с изменяемым уровнем следует использовать функцию отслеживания уровня. Если функция включена, приложение отслеживает уровень ИУ при проведении измерений фазового шума и соответствующим образом подстраивает номинальный уровень прибора.

Графическое представление о функциях проверки и отслеживания уровня см. на рисунках в [главе 4.6 "Определение частоты"](#) на стр. 26.

4.8 Ослабление сигнала

Если необходимо снизить мощность подаваемого сигнала, может потребоваться осуществить ослабление сигнала. Снижение мощности необходимо, например, для предотвращения перегрузки входного смесителя. Перегрузка входного смесителя может привести к получению неверных результатов измерений или повреждению аппаратной части в случае слишком большой мощности сигнала.

В состоянии со стандартными настройками приложение автоматически определяет ослабление в соответствии с опорным уровнем. При необходимости, уровень ослабления можно также задать вручную.

При ослаблении сигнала приложение соответствующим образом подстраивает графические и числовые результаты измерений.

Поскольку опорный уровень и ослабление взаимосвязаны, изменение ослабления вручную может также вызвать перестройку опорного уровня.

ВЧ-аттенюатор

ВЧ-ослабление доступно в любых случаях. Оно представляет собой комбинацию механического и ПЧ-ослабления.

Механический аттенюатор расположен сразу после ВЧ-входа прибора R&S FSW. Шаг его перестройки составляет 5 дБ. ПЧ-ослабление применяется после понижения частоты сигнала. Шаг его перестройки составляет 1 дБ.

Таким образом, размер шага для ВЧ-ослабления в целом составляет 1 дБ. По возможности используется механическое ослабление (с уровнями ослабления, кратными 5). ПЧ-ослабление работает только с шагом 1 дБ.

Пример:

Если устанавливается уровень ослабления 18 дБ, то 15 дБ приходится на механическое ослабление и 3 дБ - на ПЧ-ослабление.

Если устанавливается уровень ослабления 6 дБ, то 5 дБ приходится на механическое ослабление и 1 дБ - на ПЧ-ослабление.

Электронное ослабление

Возможность электронного ослабления становится доступной при установке опции R&S FSW-B25. Ее можно использовать в дополнение к механическому ослаблению. Шаг электронного ослабления составляет 1 дБ для уровней ослабления, не кратных 5, и вновь устанавливаемых ПЧ-аттенюатором. По сравнению с ВЧ-ослаблением можно свободно задать соотношение между механическим и электронным ослаблением.

4.9 Использование предельных линий

Предельные линии обеспечивают удобный способ проверки нахождения результатов измерений в необходимых пределах. Как только будет включена предельная линия, приложение покажет, находится ли отображаемая кривая фазового шума в пределах этой линии или она нарушает ее границы.

Приложение поддерживает два вида предельных линий. 'Обычные' предельные линии, известные по приложению для измерения спектра, и специальные термальные предельные линии для удобной проверки результатов измерения теплового шума.

Предельные линии фазового шума

Предельные линии фазового шума предназначены исключительно для измерений параметров фазового шума. Их форма основана на уровне собственного теплового шума ИУ и типичном ходе кривой фазового шума.

Типичный наклон кривой фазового шума зависит от отстройки от частоты ИУ. В диапазоне белого шума (уровень собственных шумов), вдали от несущей, наклон составляет приблизительно 0 дБ на декаду частоты. В окрашенном шумовом сегменте наклон превышает 0 дБ. Однако наклон в таком сегменте не постоянен, но вновь является типичным для сегментов (или диапазонов) с разными значениями отстройки от несущей частоты.

Приложение поддерживает определение до пяти диапазонов, каждый из которых имеет разный наклон. Сами диапазоны определяются угловыми частотами. Угловые частоты отмечают границы типичных наклонов кривых. При использовании всех пяти диапазонов результатом будет предельная линия из шести сегментов.

Все сегменты, по умолчанию, имеют наклон 10 дБ на декаду (f^{-1}).

В большинстве случаев этих специальных предельных линий оказывается достаточно для проведения измерений фазового шума, так как они отображают типичную форму кривой фазового шума.

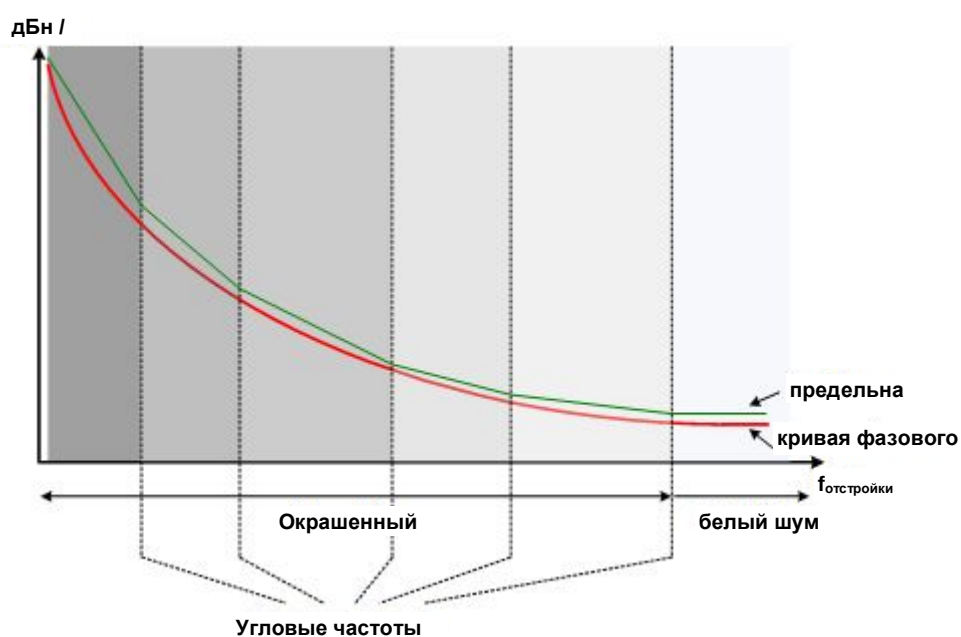


Рис. 4-8 – Типичный вид специальной предельной линии

Обычные предельные линии

Обычные предельные линии, с другой стороны, могут принимать любую форму и содержать до 200 точек данных. Одновременно можно включить до 8 обычных линий. Каждая из этих предельных линий может использоваться для тестирования одной или нескольких кривых.

Тем не менее, если их планируется использовать для измерений фазового шума, предельные линии должны быть промасштабированы в дБн/Гц, а по горизонтальной оси должна использоваться логарифмическая шкала.

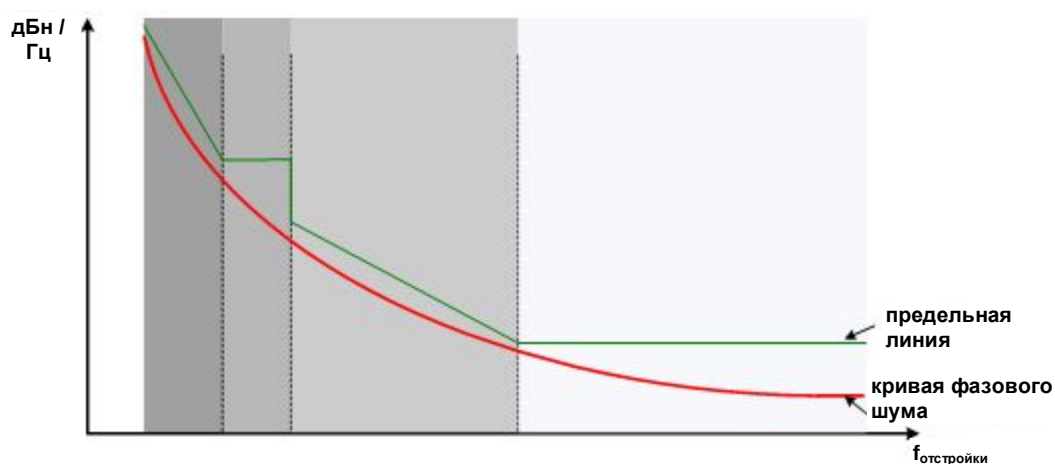


Рис. 4-9 – Возможный вид обычной предельной линии

4.10 Анализ нескольких кривых: режим кривой

Если выполняется несколько последовательных разверток или используется непрерывная развертка, режим кривой определяет способ обработки данных для последующих кривых. После каждой развертки режим кривой определяет возможные действия с данными:

- данные фиксируются (режим просмотра View)
- данные скрываются (режим гашения Blank)
- данные заменяются новыми значениями (режим перезаписи Clear Write)
- данные заменяются выборочно (режимы Max Hold, Min Hold, Average)



Каждый раз, когда меняется режим кривой, область памяти выбранной кривой очищается.

В приборе R&S FSW обеспечиваются следующие режимы отображения кривой:

Таблица 4-1 – Обзор доступных режимов отображения кривой

Режим кривой	Описание
Blank (Гашение)	Скрытие выбранной кривой.
Clear Write (Очистить Записать)	Режим перезаписи: кривая перезаписывается с каждой разверткой. Это стандартная настройка.
Max Hold (удержание максимума)	Определяется и отображается максимальное значение по нескольким разверткам. Прибор R&S FSW сохраняет результат развертки в области памяти кривых только если новое значение превышает предыдущее.
Min Hold (удержание минимума)	Определяется и отображается минимальное значение по нескольким разверткам. Прибор R&S FSW сохраняет результат развертки в области памяти кривых, только если новое значение ниже предыдущего.
Average (среднее значение)	Среднее значение формируется по нескольким разверткам. Количество разверток определяет количество процедур усреднения.
View (просмотр)	Текущее содержимое области памяти кривых фиксируется и выводится на экран.



Если кривая зафиксирована (режим "View"), то настройки прибора, за исключением диапазона уровней и опорного уровня, могут быть изменены без оказания влияния на отображаемую кривую. Факт несоответствия кривой текущим настройкам прибора индицируется с помощью значка на метке вкладки.

При изменении диапазона уровней или опорного уровня прибор R&S FSW автоматически подстраивает измеренные данные кривой под измененный диапазон отображения. Таким образом, обеспечивается возможность масштабирования по амплитуде после выполнения измерения с целью просмотра отдельных деталей кривой.

Алгоритм усреднения кривой

В режиме усреднения кривой "Average" количество разверток определяет количество усредняемых кривых. Чем больше кривых усредняется, тем более гладкой будет становиться кривая.

Алгоритм усреднения кривых зависит от режима и количества разверток.

- количество разверток = 0 (по умолчанию)

В режиме непрерывной развертки производится непрерывное усреднение для 10 разверток в соответствии со следующей формулой:

$$Trace = \frac{9 * Trace_{old} + MeasValue}{10}$$

Рис. 4-10 – Уравнение 1

Из-за весовой разницы между текущей и усредненной кривыми, предыдущие значения практически не влияют на отображаемую кривую примерно после десяти разверток. С помощью этой настройки шум сигнала эффективно снижается без необходимости перезапуска процесса усреднения после измерения сигнала.

- количество разверток = 1
Текущая измеренная кривая отображается и сохраняется в области памяти кривых. Усреднение не выполняется.
- количество разверток > 1
Для обоих режимов - однократной "Single Sweep" и непрерывной "Continuous Sweep" развертки - усреднение выполняется по выбранному числу разверток. В этом случае отображаемая кривая определяется в процессе усреднения согласно следующей формуле:

$$Trace_n = \frac{1}{n} \cdot \left[\sum_{i=1}^{n-1} (T_i) + MeasValue_n \right]$$

Рис. 4-11 – Уравнение 2

где n - число текущих разверток (n = 2 ... количество разверток).

Для первой развертки усреднение не выполняется, а измеренное значение сохраняется в области памяти кривой. При увеличении n сглаженность отображаемой кривой возрастает, так как усредняется все больше отдельных разверток.

После выбранного числа разверток усредненная кривая сохраняется в области памяти кривых. До тех пор, пока не будет достигнуто это число разверток, отображается предварительное усредненное значение. Если достигается длина усреднения, заданная параметром количества разверток "Sweep Count", усреднение продолжается в непрерывном режиме развертки или для режима продолжения однократной развертки "Continue Single Sweep" согласно следующей формуле:

$$Trace = \frac{(N - 1) * Trace_{old} + MeasValue}{N}$$

где N - количество разверток.

4.11 Использование маркеров

Маркеры используются для отmarkания точек на кривых, для считывания результатов измерений и для быстрого выбора области отображения. Приложение поддерживает работу с 4 маркерами.

По умолчанию, приложение помещает маркер на самый нижний уровень кривой. Изменить позицию маркера можно несколькими способами.

- Ввести конкретную частоту отстройки в поле ввода, которое открывается при активации маркера.

- Переместить маркер с помощью поворотной ручки или курсорных клавиш.
- Перенести маркер с помощью сенсорного экрана.

4.11.1 Типы маркеров

Все маркеры могут использоваться либо как обычные, либо как дельта-маркеры. Обычные маркеры отображают абсолютный уровень сигнала в заданной позиции на диаграмме. Дельта-маркеры отображают значение относительно указанного опорного маркера (по умолчанию, маркера 1).

Кроме того, отдельным маркерам могут быть назначены специальные функции. Доступность специальных маркерных функций зависит от области проведения измерений – частотной или временной.

4.11.2 Активация маркеров

На диаграмме и в таблице маркеров отображаются только активные маркеры. Активные маркеры обозначаются с помощью подсвеченной функциональной клавиши.

По умолчанию активен маркер 1, который помещен на максимальное значение (пик) кривой 1 в качестве обычного маркера. Если отображается несколько кривых, маркер устанавливается на максимальное значение кривой с наименьшим номером и не фиксированную (в режиме просмотра View). Следующий активируемый маркер устанавливается на частоту следующего более низкого уровня (следующий пик) в качестве дельта-маркера; его значение индицируется в виде смещения относительно маркера 1.

Маркер может быть активирован только при наличии не менее одной видимой кривой в соответствующем окне. При выключении кривой соответствующие ей маркеры и маркерные функции также выключаются. При повторном включении кривой, маркеры и связанные с ними функции восстанавливают свое исходное положение, если они не были использованы для другой кривой.

5 Конфигурация

Проведение измерений фазового шума прибором R&S FSW требует использования специального приложения, которое может быть активировано с помощью клавиши MODE (режим) на передней панели прибора.

При включении измерительного канала в приложении для измерения фазового шума измерение для входного сигнала будет запущено автоматически со стандартными настройками. Отображаемое меню "Phase Noise" предоставляет доступ к наиболее важным функциям конфигурирования.



Автоматическое обновление информации областей предпросмотра и визуализации диалоговых окон при изменении параметров конфигурации

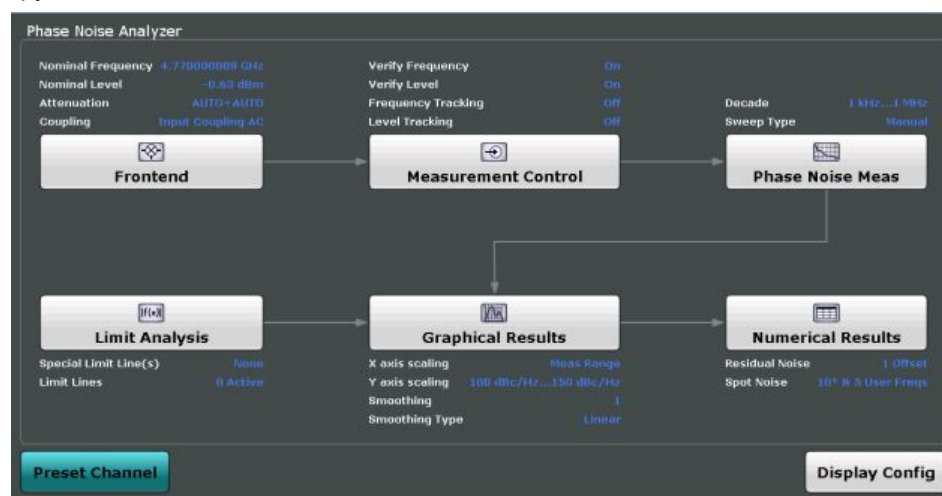
Анализатор R&S FSW позволяет оперативно и легко задавать корректные настройки измерения – после каждого изменения настроек, выполненного в диалоговых окнах, информация областей предварительного просмотра и отображения мгновенно и автоматически обновляется, отражая внесенные изменения. Следовательно, корректность настроек может быть оценена перед их применением.

• Обзор конфигурации	35
• Стандартные настройки для измерения параметров фазового шума	36
• Настройка входного каскада	37
• Управление измерением	38
• Настройка диапазона измерений	41
• Выполнение измерений	44
• Автоматическая настройка измерений	46

5.1 Обзор конфигурации



Обзор наиболее важных параметров текущей конфигурации измерительного канала представлен в окне "Overview" (обзор). Окно "Overview" отображается при выборе пиктограммы "Overview" (обзор), доступной в нижней части любого меню функциональных клавиш.



Стандартные настройки для измерения параметров фазового шума

В дополнение к основным настройкам измерения окно "Overview" обеспечивает быстрый доступ к диалоговым окнам основных настроек. Отдельные этапы конфигурации отображены в направлении потока данных. Это обеспечивает возможность конфигурирования всего измерительного канала, начиная с входа и заканчивая выходом, и проведения анализа путем перемещения по соответствующим диалоговым окнам, доступным в окне "Overview".

В частности, окно "Overview" предоставляет быстрый доступ к следующим диалоговым окнам конфигурации (перечислены в рекомендуемом порядке работы):

1. Frontend (Входной каскад)
См. главу 5.3 "Настройка входного каскада" на стр. 37.
2. Управление измерением
См. главу 5.4 "Управление измерением" на стр. 38.
3. Измерение фазового шума
См. главу 5.5 "Настройка диапазона измерений" на стр. 41.
4. Анализ с помощью пределов
См. главу 6.3 "Использование предельных линий" на стр. 56.
5. Графическое отображение результатов
См. главу 6.1 "Настройка графического отображения результатов" на стр. 48.
6. Числовое отображение результатов
См. главу 6.2 "Настройка числового отображения результатов" на стр. 53.

Конфигурирование настроек

- Выбрать любую кнопку в окне "Overview" для вызова соответствующего диалогового окна.
Выбрать настройку в панели канала (в верхней части таблицы измерительного канала) для внесения требуемых изменений.

Preset Channel

Нажать кнопку "Preset Channel", расположенную в нижнем левом углу окна "Overview", для восстановления всех настроек измерения **для текущего канала** на стандартные значения.

Следует иметь в виду, что клавиша PRESET на передней панели восстанавливает стандартные значения для всех измерений **во всех измерительных каналах** прибора R&S FSW!

Подробнее см. главу 5.2 "Стандартные настройки для измерения параметров фазового шума" на стр. 36.

Команда дистанционного управления:
`SYSTem:PRESet:CHANnel[:EXECute]`

5.2 Стандартные настройки для измерения параметров фазового шума

При первоначальном входе в приложение для измерения фазового шума ряд параметров переносится из активного в данный момент приложения:

- номинальная или центральная частота
- номинальный или опорный уровень
- связь по входу

По окончании начальной установки выполняется сохранение параметров измерительного канала при выходе и их восстановление при повторном входе. Благодаря этому обеспечивается возможность оперативного и простого переключения между приложениями.

В дополнение к этим настройкам выполняется применение следующих стандартных настроек при установке измерительного канала в режим измерения фазового шума или после выполнения операции предустановки канала:

Таблица 5-1 – Стандартные настройки для каналов измерения параметров фазового шума

Параметр	Значение
Attenuation (ослабление)	Auto (0 дБ)
Verify frequency & level (проверка частоты и уровня)	Включена (On)
Frequency & level tracking (отслеживание частоты и уровня)	Выключен (Off)
Measurement range (диапазон измерений)	1 кГц ... 1 МГц
Sweep type (тип развертки)	Normal
X axis scaling (масштаб оси X)	Measurement range (диапазон измерений)
Y axis scaling (масштаб оси Y)	20 ... 120 дБн/Гц
Smoothing (сглаживание)	1%
Smoothing type (тип сглаживания)	Linear (линейное)

5.3 Настройка входного каскада

Вкладка "Frontend" (входной каскад) диалогового окна "Measurement Settings" (настройки измерения) содержит все необходимые функции для настройки входного каскада аппаратной части для измерения ВЧ-сигнала.

Доступ к этому диалоговому окну можно получить либо из диалогового окна "Phase Noise Analyzer", либо из меню "Measurement Configuration".



Nominal Frequency (Номинальная частота).....	38
Nominal Level (Номинальный уровень).....	38
Mechanical Attenuator / Value (Механический аттенюатор / Значение).....	38
Coupling (Связь).....	38

Nominal Frequency (Номинальная частота)

Определение номинальной частоты измерения.

Более подробную информацию см. в [главе 4.6 "Определение частоты"](#) на стр. 26.

Команда дистанционного управления:

[\[SENSe:\]FREQuency:CENTer](#)

Nominal Level (Номинальный уровень)

Определение номинального уровня прибора R&S FSW.

Более подробную информацию см. в [главе 4.7 "Определение уровня"](#) на стр. 28

Команда дистанционного управления:

[\[SENSe:\]PWEr:RLEVeL](#)

Mechanical Attenuator / Value (Механический аттенюатор / Значение)

Включение и выключение механического ослабления.

Если ослабление включено, можно задавать уровень ослабления с шагом 5 дБ.

Более подробную информацию см. в [главе 4.8 "Ослабление сигнала"](#) на стр. 29.

Команда дистанционного управления:

Включение и выключение ручного ослабления:

[INPut:ATTenuation:AUTO](#)

Определение уровня ослабления:

[INPut:ATTenuation](#)

Coupling (Связь)

Выбор метода связи на ВЧ-входе.

Связь по переменному току блокирует любое постоянное напряжение входного сигнала. Связь по постоянному току позволяет проходить постоянному напряжению.

Подробности см. в технических данных.

Команда дистанционного управления:

[INPut:COUPling](#)

5.4 Управление измерением

Вкладка "Control" (управление) диалогового окна "Measurement Settings" (настройки измерения) содержит все необходимые функции для управления последовательностью измерений параметров фазового шума.

Доступ к этому диалоговому окну можно получить либо из диалогового окна "Phase Noise Analyzer", либо из меню "Measurement Configuration".

Verify Frequency (Проверка частоты).....	39
Verify Level (Проверка уровня).....	39
On Verify Failed (при неудачной проверке).....	40
Frequency Tracking (Отслеживание частоты).....	40
Level Tracking (Отслеживания уровня).....	40
AM Rejection (подавление AM).....	40
Max Freq Drift (макс. дрейф частоты).....	41
Digital PLL (цифровая ФАПЧ).....	41

Verify Frequency (Проверка частоты)

Включение и выключение проверки частоты.

При включенной функции проверки частоты прибор R&S FSW инициирует измерение фазового шума, только если частота ИУ лежит в пределах конкретного диапазона допустимых отклонений частоты. Диапазон допустимых отклонений задается либо в виде диапазона процентов от номинальной частоты, либо в виде абсолютного отклонения от номинальной частоты.

Если задать абсолютные и относительные допустимые отклонения, приложение будет использовать наивысший уровень допустимых отклонений.

Более подробную информацию см. в [главе 4.6 "Определение частоты"](#) на стр. 26.

Команда дистанционного управления:

Проверка частоты:

`[SENSe:]FREQuency:VERify[:STATe]`

Относительный допуск:

`[SENSe:]FREQuency:VERify:TOLerance:RELative`

Абсолютный допуск:

`[SENSe:]FREQuency:VERify:TOLerance:ABSolute`

Verify Level (Проверка уровня)

Включение и выключение проверки уровня.

При включенной функции проверки уровня прибор R&S FSW инициирует измерение фазового шума, только если уровень ИУ лежит в пределах конкретного диапазона допустимых отклонений уровня. Диапазон допустимых отклонений представляет собой диапазон уровней относительно номинального уровня.

Более подробную информацию см. в [главе 4.7 "Определение уровня"](#) на стр. 28.

Команда дистанционного управления:

Проверка уровня:

`[SENSe:]POWer:RLEVel:VERify[:STATe]`

Допуск уровня:

`[SENSe:]POWer:RLEVel:VERify:TOLerance`

On Verify Failed (при неудачной проверке)

Выбор способа реагирования приложения при неудачной проверке сигнала.

Действие распространяется как на проверку частоты, так и на проверку уровня.

"Restart" Перезапуск измерения при неудачной проверке.

"Stop" Остановка измерения при неудачной проверке.

"Run Auto All" Запуск процедуры автоматического определения частоты и уровня при неудачной проверке. После установке новых значений частоты и уровня измерение перезапускается. Более подробную информацию см. в [главе 5.7 "Автоматическая настройка измерения"](#) на стр. 46.

Команда дистанционного управления:

`[SENSe:]SWEEP:SVFailed`

Frequency Tracking (Отслеживание частоты)

Включение и выключение отслеживания частоты.

Если функция включена, приложение отслеживает частоту ИУ при проведении измерений фазового шума и соответствующим образом подстраивает номинальную частоту. Приложение регулирует частоту после каждого измерения в полудекаде.

Более подробную информацию см. в [главе 4.6 "Определение частоты"](#) на стр. 26.

Команда дистанционного управления:

`[SENSe:]FREQuency:TRACk`

Level Tracking (Отслеживания уровня)

Включение и выключение отслеживания уровня.

Если функция включена, прибор R&S FSW отслеживает уровень ИУ при проведении измерений фазового шума и соответствующим образом подстраивает номинальный уровень. Приложение регулирует уровень после каждого измерения в полудекаде.

Более подробную информацию см. в [главе 4.7 "Определение уровня"](#) на стр. 28.

Команда дистанционного управления:

`[SENSe:]POWer:TRACk`

AM Rejection (подавление АМ)

Включение и выключение подавления АМ-шума.

Если функция включена, приложение подавляет АМ-шум, содержащийся в сигнале, для отображения фазового шума с максимально возможной чистотой.

АМ-подавление доступно для режима I/Q-развертки.

Команда дистанционного управления:

`[SENSe:]REJect:AM`

Max Freq Drift (макс. дрейф частоты)

Определение минимальной полосы частот или частоты дискретизации, используемой при обработке сигнала для увеличения вероятности захвата дрейфующих сигналов.

Полоса слежения действительна для всех полудекад, измеряемых в режиме I/Q.

Команда дистанционного управления:

[SENSe:]IQ:TBW

Digital PLL (цифровая ФАПЧ)

Включение и выключение дополнительной частотной коррекции, основанной на I/Q-данных.

Если функция включена, приложение способно отслеживать изменения частоты при захвате I/Q-данных, которые в противном случае попали бы в полосу полудекадного измерения (см. [Max Freq Drift](#)).

Цифровая ФАПЧ действует для всех полудекад, измеряемых в режиме I/Q.

Команда дистанционного управления:

[SENSe:]IQ:DPLL

5.5 Настройка диапазона измерений

Вкладка "Phase Noise" (фазовый шум) диалогового окна "Measurement Settings" (Настройки измерения) содержит все необходимые функции для настройки диапазона измерений фазового шума, включая отдельные настройки диапазона.

Доступ к этому диалоговому окну можно получить либо из диалогового окна "Phase Noise Analyzer", либо из меню "Measurement Configuration".



Range Start / Stop (начало/конец диапазона)	42
Sweep Forward (прямая развертка)	42
Presets (предустановки)	42
Global RBW (глобальная полоса разрешения)	42
Global Average Count (глобальное количество усреднений)	43
Multiplier (множитель)	43
Global Sweep Mode (глобальный режим развертки)	43
Global I/Q Window (глобальное I/Q-окно)	43
Half Decades Configuration Table (таблица конфигурации полудекад)	44

Range Start / Stop (начало/конец диапазона)

Определение частотных отстроек (смещений), формирующих диапазон измерений.

Следует иметь в виду, что максимальная отстройка, которую можно выбрать, зависит от используемого аппаратного обеспечения.

Команда дистанционного управления:

Начало диапазона измерения

[SENSe:]FREQuency:START

Конец диапазона измерения

[SENSe:]FREQuency:STOP

Sweep Forward (прямая развертка)

Выбор направления развертки. Доступны прямое и обратное направления развертки.

Прямое направление развертки соответствует измерению, которое начинается с наименьшей заданной отстройки частоты. Измерение заканчивается после достижения наибольшей отстройки.

Обратное направление развертки соответствует измерению, которое начинается с наибольшей заданной отстройки частоты. Измерение заканчивается после достижения наименьшей отстройки. Обратная развертка является направлением развертки по умолчанию, поскольку в этом случае приложение способно захватывать дрейфующую несущую частоту.

Команда дистанционного управления:

[SENSe:]SWEEP:FORWARD

Presets (предустановки)

Выбор предварительно заданных настроек измерения для каждой отдельной полудекады, используемой для измерения.

Если настройки измерения отличаются от настроек предустановленного состояния, приложение отображает на метке символ (★).

"Fast"	В режиме быстрых измерений выполняется одно измерение в каждой полудекаде. Усреднение при этом не выполняется.
"Normal"	Обычные измерения используют усреднение для некоторых полудекад, но с учетом скорости измерений.
"Average"	В режиме усреднения измерений используется усреднение для всех полудекад. Но при этом следует быть готовым к низкой скорости измерений.
"Manual"	Ручная настройка диапазона измерений.

Команда дистанционного управления:

[SENSe:]SWEEP:MODE

Global RBW (глобальная полоса разрешения)

Определение полосы разрешения для всех полудекад в глобальном масштабе.

Итоговая полоса разрешения RBW выражается в процентах от начальной частоты соответствующей полудекады.

Если итоговая полоса недоступна, приложение округляет ее значение до следующей доступной полосы частот.

Команда дистанционного управления:

[SENSe:]LIST:BWIDth[:RESolution]:RATio

Global Average Count (глобальное количество усреднений)

Определение числа измерений, которые используются в приложении для расчета усредненных результатов в каждой полудекаде.

Диапазон значений составляет от 1 до 10000.

Команда дистанционного управления:

`[SENSe:]LIST:SWEEP:COUNT`

Multiplier (множитель)

Включение и выключение множителя, который изменяет количество усреднений в каждой полудекаде.

Если функция включена, можно задать значение, на которое умножается заданное в данный момент количество усреднений для каждой полудекады.

Если функция выключена, восстанавливается и заново используется исходное количество усреднений.

Пример:

Имеется три полудекады:

- Количество усреднений 1-й полудекады 1
- Количество усреднений 2-й полудекады 3
- Количество усреднений 3-й полудекады 5

Если включить множитель и задать его значение равным 5, то количество усреднений изменится следующим образом:

- Количество усреднений 1-й полудекады 5
- Количество усреднений 2-й полудекады 15
- Количество усреднений 3-й полудекады 25

Команда дистанционного управления:

`[SENSe:]LIST:SWEEP:COUNT:MULTIPLIER`

`[SENSe:]LIST:SWEEP:COUNT:MULTIPLIER:STATE`

Global Sweep Mode (глобальный режим развертки)

Выбор режима анализа для всех полудекад. Режим развертки определяет способ обработки данных в приложении.

Более подробную информацию см. в [главе 4.4 "Режимы развертки"](#) на стр. 24.

"Normal" Использование для анализа данных анализатора спектра.

"I/Q / FFT" Использование для анализа I/Q-данных.

Команда дистанционного управления:

`[SENSe:]LIST:BWIDTh:RESolution:TYPE`

Global I/Q Window (глобальное I/Q-окно)

Выбор оконной функции для всех полудекад.

Оконная функция доступна в режиме I/Q-анализа.

"Blackman Harris" Окно Блэкмана-Харриса.

"Chebyshev" Окно Чебышева.

"Gaussian" Гауссовское окно.

"Rectangular" Прямоугольное окно.

Команда дистанционного управления:

`[SENSe:]LIST:IQWindow:TYPE`

Half Decades Configuration Table (таблица конфигурации полудекад)

Содержит все функциональные возможности для настройки диапазона измерений фазового шума.

"Start"	Отображение частоты отстройки, с которой начинается полудекада.
"Stop"	Отображение частоты отстройки, на которой заканчивается полудекада.
"RBW"	Выбор полосы разрешения для полудекады. Во избежание ошибочных измерений и длительного времени измерений доступность имеющихся полос RBW для каждой полудекады ограничена.
"Sweep Mode"	Выбор режима измерений. Режим измерений определяет способ анализа данных в приложении. • Swept • I/Q / FFT Более подробную информацию см. в главе 4.4 "Режимы развертки" на стр. 24.
"AVG"	Определение количества усреднений, которое выполняется в приложении перед отображением результатов измерений для полудекады.
"Window"	Выбор типа окна для полудекады. Оконные функции доступны для I/Q-измерений.
"Meas Time"	Отображение приблизительного времени измерения полудекады.

Команда дистанционного управления:

Полоса RBW:

`[SENSe:]LIST:RANGe<range>:BWIDth[:RESolution]`

Режим развертки

`[SENSe:]LIST:RANGe<range>:FILTer:TYPE`

Кол-во усреднений:

`[SENSe:]LIST:RANGe<range>:SWEep:COUNT`

Окно:

`[SENSe:]LIST:RANGe<range>:IQWindow:TYPE`

5.6 Выполнение измерений

Меню "Sweep" (Развертка) содержит все необходимые функции для управления и выполнения измерений параметров фазового шума.

Доступ к меню "Sweep" можно получить с помощью клавиши SWEEP.

Continuous Sweep/RUN CONT (Непрерывная развертка)	45
Single Sweep/ RUN SINGLE (Однократная развертка)	45
Continue Single Sweep (Продолжение однократной развертки)	45
Sweep/Average Count (Количество усреднений/разверток)	46

Continuous Sweep/RUN CONT (Непрерывная развертка)

После включения, выполняется запуск развертки и ее непрерывное повторение до момента остановки. Это стандартная настройка.

При выполняющемся измерении подсвечиваются функциональная клавиша "Continuous Sweep" (Непрерывная развертка) и клавиша RUN CONT (Запуск непрерывной развертки). Выполняющееся измерение может быть прервано повторным выбором подсвеченной функциональной или аппаратной клавиши. Результаты измерений не удаляются до начала нового измерения.

Примечание – Функция Sequencer. Если включена функция Sequencer, функциональная клавиша "Continuous Sweep" служит только для управления режимом развертки текущего выбранного канала; тем не менее, режим развертки будет действовать только при следующей активации этого канала функцией Sequencer, и только для последовательности измерений, заданной для этого канала. В этом случае для канала в режиме непрерывной развертки выполняется повторяющаяся развертка.

Более того, клавиша RUN CONT на передней панели прибора управляет функцией Sequencer, а не отдельными развертками. Клавиша RUN CONT запускает функцию управления последовательностью измерений Sequencer в непрерывном режиме.

Подробнее о функции Sequencer см. руководство пользователя R&S FSW.

Команда дистанционного управления:

INITiate:CONTinuous

Single Sweep/ RUN SINGLE (Однократная развертка)

При выполняющемся измерении подсвечиваются функциональная клавиша "Single Sweep" (Однократная развертка) и клавиша RUN SINGLE (Запуск однократной развертки). Выполняющееся измерение может быть прервано повторным выбором подсвеченной функциональной или аппаратной клавиши.

Примечание – Функция Sequencer. Если включена функция Sequencer, функциональная клавиша "Single Sweep" служит только для управления режимом развертки текущего выбранного канала; тем не менее, режим развертки будет действовать только при следующей активации этого канала функцией Sequencer, и только для последовательности измерений, заданной для этого канала. В этом случае для канала в режиме однократной развертки выполняется только одна развертка.

Более того, клавиша RUN SINGLE на передней панели прибора управляет функцией Sequencer, а не отдельными развертками. Клавиша RUN SINGLE запускает функцию управления последовательностью измерений Sequencer в однократном режиме.

Если функция Sequencer выключена, обновляются только результаты анализа для текущего отображаемого канала измерений.

Команда дистанционного управления:

INITiate[:IMMediate]

Continue Single Sweep (Продолжение однократной развертки)

После запуска повторно выполняется количество разверток, установленное в параметре "Sweep Count", без удаления кривой из предыдущего измерения.

При выполняющемся измерении подсвечиваются функциональная клавиша "Continue Single Sweep" (Продолжение однократной развертки) и клавиша RUN SINGLE (Запуск однократной развертки). Выполняющееся измерение может быть прервано повторным выбором подсвеченной функциональной или аппаратной клавиши.

Команда дистанционного управления:

INITiate:CONMeas

Sweep/Average Count (Количество усреднений/разверток)

Определение количества разверток, которое должно быть выполнено в режиме однократной развертки. Допускаются значения от 0 до 200000. При установке значений 0 или 1 выполняется одна развертка. Количество разверток применяется для всех кривых на всех диаграммах.

Если установлена конфигурация кривой "Average", "Max Hold" или "Min Hold", значение количества разверток также определяет количество процедур усреднения или поиска максимума.

В режиме непрерывной развертки, если количество разверток = 0 (по умолчанию), усреднение выполняется по 10 разверткам. Если количество разверток = 1, то операции усреднения, удержания максимума или минимума не выполняются.

Команда дистанционного управления:

[SENSe:]SWEEp: COUNT

5.7 Автоматическая настройка измерений

Меню "Auto Set" (Автонастройка) содержит все необходимые функции для автоматического определения параметров.

Доступ к меню "Auto Set" можно получить с помощью клавиши AUTO SET.

Adjusting all Determinable Settings Automatically (Auto All) (Автоматическая подстройка всех задаваемых настроек)	46
Adjusting the Center Frequency Automatically (Auto Freq) (Автоматическая подстройка центральной частоты)	46
Setting the Reference Level Automatically (Auto Level) (Автоматическая установка опорного уровня)	46

Adjusting all Determinable Settings Automatically (Auto All) (Автоматическая подстройка всех задаваемых настроек)

Включение всех функций автоматической подстройки для текущих настроек измерений.

Сюда входят функции:

- Auto Frequency
- Auto Level

Команда дистанционного управления:

[SENSe:]ADJust: ALL

Adjusting the Center Frequency Automatically (Auto Freq) (Автоматическая подстройка центральной частоты)

Функция автоматически подстраивает центральную частоту.

Оптимальное значение центральной частота может быть определено по наивысшему уровню частоты в полосе обзора частот. Так как данная функция использует функцию частотомера, она предназначена для работы с синусоидальными сигналами.

Команда дистанционного управления:

[SENSe:]ADJust: FREQuency

Setting the Reference Level Automatically (Auto Level) (Автоматическая установка опорного уровня)

Автоматическое определение оптимального опорного уровня для текущих входных данных. Одновременно с этим производится подстройка внутренних аттенуаторов и предусилителя (для входа аналоговых сигналов модуляции: уровень полной

Автоматическая настройка измерений

шкалы) для обеспечения оптимального отношения сигнал-шум и минимизации нелинейных искажений, ограничения или перегрузки сигнала.

В этих целях выполняется измерение уровня сигнала для определения оптимального значения опорного уровня.

Команда дистанционного управления:

`[SENSe:]ADJust:LEVel`

6 Анализ

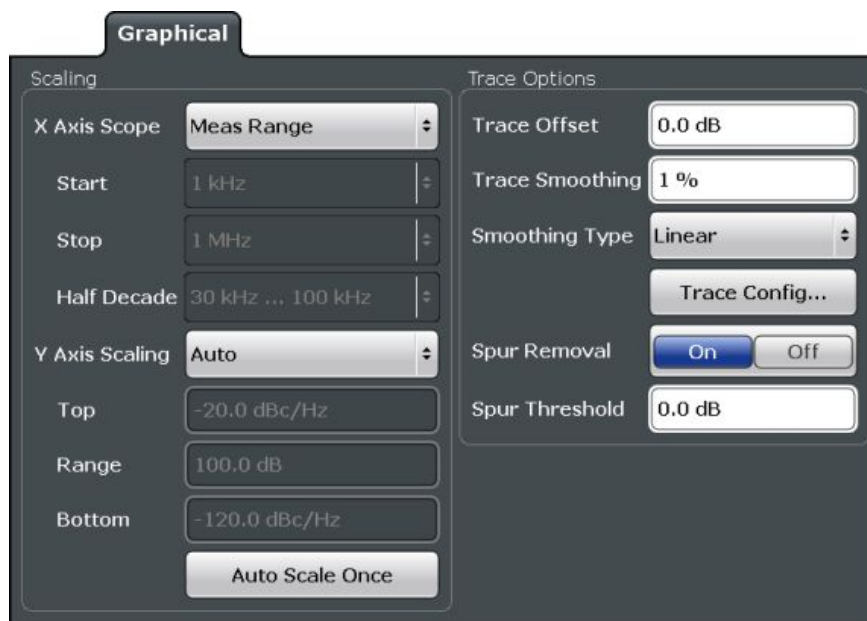
В приложении имеются различные средства и методы для анализа и оценки результатов измерений.

- [Настройка графического отображения результатов](#) 48
- [Настройка числового отображения результатов](#) 53
- [Использование предельных линий](#) 56
- [Использование маркеров](#) 62

6.1 Настройка графического отображения результатов

Вкладка "Graphical" (Графика) диалогового окна "Results" (Результаты) и меню "Trace" (Кривая) содержат все необходимые функции для установки и конфигурирования графического отображения результатов измерения фазового шума.

Доступ к этому диалоговому окну можно получить либо из диалогового окна "Phase Noise Analyzer", либо из меню "Measurement Configuration". Доступ к меню "Trace" можно получить с помощью клавиши TRACE.



6.1.1 Масштаб диаграммы

- [X-Axis Scope \(Диапазон оси X\)](#) 49
- [X-Axis Start / Stop \(Начало / конец оси X\)](#) 49
- [Half Decade \(Полудекада\)](#) 49
- [Y axis scaling \(Масштаб оси Y\)](#) 49
- [Top / Range / Bottom \(Верх / диапазон / низ\)](#) 49
- [Auto Scale Once \(однократное масштабирование\)](#) 50

Настройка графического отображения результатов

X-Axis Scope (Диапазон оси X)

Выбор способа масштабирования горизонтальной оси в приложении.

"Half Decade" На горизонтальной оси показывается выбранная полудекада.

"Manual" На горизонтальной оси показывается участок свободно заданного диапазона измерений.

"Meas Range" На горизонтальной оси показывает весь диапазон измерений.

Команда дистанционного управления:

`DISPlay[:WINDow]:TRACe:X[:SCALe]:SCOPE`

X-Axis Start / Stop (Начало / конец оси X)

Определение начальной и конечной частот горизонтальной оси.

Следует иметь в виду, что отображаемый частотный диапазон является частью диапазона измерений. Независимо от отображаемого частотного диапазона, приложение продолжает выполнять все измерения по заданному диапазону измерений.

Диапазон зависит от диапазона измерений, а возможное приращение соответствует полудекадам.

Доступно для ручного режима "X Axis Scope".

Команда дистанционного управления:

Начало оси X:

`DISPlay[:WINDow]:TRACe:X[:SCALe]:START`

Конец оси X:

`DISPlay[:WINDow]:TRACe:X[:SCALe]:STOP`

Half Decade (Полудекада)

Выбор отображаемой полудекады.

Функция доступна, если выбрана полудекада "X Axis Scope".

Команда дистанционного управления:

`DISPlay[:WINDow]:TRACe:X[:SCALe]:HDECade`

Y axis scaling (масштаб оси Y)

Выбор типа масштабирования вертикальной оси.

"Auto" Автоматическая установка масштаба вертикальной оси.

"Top & Bottom" Установка верхнего и нижнего значений вертикальной оси.

"Top & Range" Установка верхнего значения вертикальной оси и ее диапазона.

"Bottom & Range" Установка нижнего значения вертикальной оси и ее диапазона.

Команда дистанционного управления:

Автомасштаб:

`DISPlay[:WINDow]:TRACe:Y[:SCALe]:AUTO`

Ручной масштаб:

`DISPlay[:WINDow]:TRACe:Y[:SCALe]:MANual`

Top / Range / Bottom (Верх / диапазон / низ)

Определение верхнего и нижнего значений или всего диапазона вертикальной оси.

Настройка графического отображения результатов

Параметр "Top"(верх) определяет верхние значения вертикальной оси. Единицы измерения: дБмВт/Гц.

Параметр "Bottom" (низ) определяет нижнее значение вертикальной оси. Единицы измерения: дБмВт/Гц.

Параметр "Range" (диапазон) определяет диапазон вертикальной оси. Единицы измерения: дБ.

Доступность описанных трех полей зависит от выбранного вручную типа параметра "Y Axis Scaling".

Команда дистанционного управления:

Верх:

`DISPlay[:WINDow]:TRACe:Y[:SCALE]:RLEVel`

Диапазон:

`DISPlay[:WINDow]:TRACe:Y[:SCALE]`

Низ:

`DISPlay[:WINDow]:TRACe:Y[:SCALE]:RLEVel:LOWer`

Auto Scale Once (однократное масштабирование)

Автоматическая установка масштаба вертикальной оси для идеального просмотра.

6.1.2 Настройка кривых

Trace Offset (смещение кривой).....	50
Trace Smoothing (сглаживание кривой)	50
Smoothing Type (тип сглаживания)	51
Trace Config (конфигурация кривой).....	51
L Traces (кривые).....	51
L Quick Config (быстрая настройка)	51
L Trace Export (экспорт кривой).....	52
L Copy Trace (копировать кривую).....	52
L Trace Math (матоперации с кривой)	53
Spur Removal / Spur Threshold (Удаление спаура / порог спаура).....	53
Frequency Drift (дрейф частоты): Trace 1 (On Off) (кривая 1: вкл/выкл)	53
Spectrum Monitor: Raw Trace / Trk Trace (On Off) (контроль спектра)	53

Trace Offset (смещение кривой)

Определение смещения кривой в дБ.

Смещение кривой перемещает кривую по вертикали на заданный уровень.

Диапазон настройки составляет от -200 до 200 дБ.

Команда дистанционного управления:

`DISPlay[:WINDow]:TRACe:Y[:SCALE]:RLEVel:OFFSet`

Trace Smoothing (сглаживание кривой)

Определение модуля (или апертуры) сглаживания кривой в процентах.

Диапазон значений составляет от 1 до 20%. Апертура действует на все кривые, которые подвергаются сглаживанию.

Более подробную информацию см. в главе 4.5.3 "Сглаживание кривой" на стр. 25.

Команда дистанционного управления:

`DISPlay[:WINDow]:TRACe<t>:SMOothing:APERTure`

Настройка графического отображения результатов

Smoothing Type (тип сглаживания)

Выбор метода, который используется в приложении для сглаживания кривой.

Более подробную информацию см. в [главе 4.5.3 "Сглаживание кривой"](#) на стр. 25.

"Linear"	Преобразование данных в линейные значения перед сглаживанием кривой.
"Logarithmic"	Сглаживание (исходных) логарифмических данных.
"Median"	Сглаживание кривой на основе среднего (медианного) значения выборки.

Команда дистанционного управления:

`DISPlay[:WINDow]:TRACe<t>:SMOothing:TYPE`

Trace Config (настройка кривых)

Открытие диалогового окна для настройки кривых.

8 приложений поддерживается до 6 кривых с различными настройками. На диаграмме каждая кривая имеет свой цвет.

Заголовок диаграммы окна измерения содержит информацию о кривой, в том числе цветовую карту, режим кривой и процент сглаживания.

Следует иметь в виду, что настройку кривой также можно сделать в меню функциональной клавиши "Trace" (Кривая), доступном с помощью клавиши TRACE.

Traces (кривые) ← Trace Config (настройка кривых)

На вкладке "Traces" содержатся функции для конфигурирования кривой.

"Trace Selection"	Кнопки "Trace 1" ... "Trace 6" служат для выбора кривых 1...6. Если кривая выбрана, кнопка подсвечивается оранжевым цветом. Следует иметь в виду, что кривую нельзя выбрать, если она находится в режиме гашения "Blank".
"Trace Mode"	Выбор режима отображения кривой для соответствующей кривой. Более подробную информацию см. в главе 4.10 "Анализ нескольких кривых: режим кривой" на стр. 32.
"Smoothing"	Включение и выключение сглаживания для соответствующей кривой. Для каждой кривой приложение позволяет выбрать тип и процент сглаживания. Более подробную информацию см. в главе 4.5.3 "Сглаживание кривой" на стр. 25.

Команда дистанционного управления:

Режим кривой:

`DISPlay[:WINDow]:TRACe<t>:MODE`

Сглаживание кривой:

`DISPlay[:WINDow]:TRACe<t>:SMOothing[:STATe]`

Quick Config (быстрая настройка) ← Trace Config (настройка кривых)

Наиболее востребованные настройки кривой заданы предварительно и могут очень быстро применяться путем выбора подходящей кнопки.

Настройка графического отображения результатов

Preset All Traces (Предустановить все кривые)	Сброс всех кривых в свой стандартный режим. Режим кривых 1 - 2 = Clear Write (перезапись); Режим кривых 3 - 6 = Blank (гашение) Сглаживание кривой 1= вкл, сглаживание кривых 2 - 6 = выкл
Set Trace Mode(установить режим кривой)	Режим кривой 1: Max Hold (удержание максимума) Режим кривой 2: Average (среднее значение)
Max Avg Min	Режим кривой 3: Min Hold (удержание минимума)
Set Trace Mode(установить режим кривой)	Режим кривой 1: Max Hold (удержание максимума) Режим кривой 2: Clear Write (перезапись)
Max ClrWrite Min	Режим кривой 3: Min Hold (удержание минимума)

Trace Export (экспорт кривой) ← Trace Config (настройки кривой)

На вкладке "Trace Export" содержатся функции для экспорта данных кривой.

"Export all traces and all table results"	Включение и выключение экспорта всех результатов измерений (кривые и числовые результаты). Если функция включена, выбор отдельной кривой для экспорта в выпадающем меню "Trace to Export" недоступен.
"Include Instrument Measurement Settings"	Включение или исключение конфигурации измерений, показанной в панели канала, из операции экспорта.
"Trace to Export"	Выбор кривой, экспортируемой в файл.
"Decimal Separator"	Выбор десятичного разделителя для чисел с плавающей запятой для экспорта кривой в формат ASCII. Различные языковые версии программ анализа могут иметь разные требования к обработке десятичного разделителя.
"Export Trace to ASCII File"	Открытие диалогового окна выбора файла и сохранение выбранной кривой в формате ASCII в указанный файл и каталог.

Команда дистанционного управления:

Десятичный разделитель:

FORMat:DEXPort:DSEParator

Экспорт кривой в файл ASCII:

MMEMorY:STORe<n>:TRACe

Выбор кривой:

FORMat:DEXPort:TRACes

Экспорт заголовка:

FORMat:DEXPort:HEADer

Copy Trace (копировать кривую) ← Trace Config (настройки кривой)

Функциональная клавиша "Copy Trace" (копировать кривую) открывает вкладку "Copy Trace" (копировать кривую) диалогового окна "Trace Configuration" (настройки кривой).

На вкладке "Copy Trace" содержатся функции для копирования данных кривой в другую кривую.

Настройка числового отображения результатов

Первая группа кнопок (с метками "Trace 1" ... "Trace 6") служит для выбора исходной кривой. Вторая группа кнопок (с метками "Copy to Trace 1" ... "Copy to Trace 6") служит для выбора целевой кривой.

Команда дистанционного управления:

`TRACe<n>:COPY`

Trace Math (матоперации с кривой) ← Trace Config (настройки кривой)

На вкладке "Trace Math" содержатся функции для управления математическими операциями с кривой.

"State" Включение и выключение математических операций с кривыми.

"Expression" Выбор математической операции.

Команда дистанционного управления:

Состояние:

`CALCulate<n>:MATH:STATe`

Выражение:

`CALCulate<n>:MATH[:EXPression][:DEFine]`

Spur Removal / Spur Threshold (Удаление спаура / порог спаура)

Включение и выключение удаления спаура и определение порога для его удаления.

Более подробную информацию см. в [главе 4.1 "Спауры и их удаление"](#) на стр. 21.

Команда дистанционного управления:

Включение и выключение подавления спаура:

`[SENSe:]SPURs:SUPPReSSion`

Установка порога:

`[SENSe:]SPURs:THReShold`

Frequency Drift (дрейф частоты): Trace 1 (On Off) (кривая 1: вкл/выкл)

Включение и выключение кривой, отображаемой в окне результатов измерений дрейфа частоты.

Spectrum Monitor: Raw Trace / Trk Trace (On Off) (контроль спектра)

Включение и выключение кривых, отображаемых в окне результатов контроля спектра.

Функциональная клавиша "Raw Trace (On Off)" служит для управления желтой кривой.

Функциональная клавиша "Trk Trace (On Off)" служит для управления синей кривой.

6.2 Настройка числового отображения результатов

На вкладке "Numerical" диалогового окна "Results" содержатся все необходимые функции для настройки и конфигурирования отображения числовых результатов измерения фазового шума.

Доступ к этому диалоговому окну можно получить либо из диалогового окна "Phase Noise Analyzer", либо из меню "Measurement Configuration".

Настройка числового отображения результатов

The screenshot shows the 'Numerical' settings window. It is divided into two main sections: 'Residual Noise' and 'Spot Noise'.

Residual Noise Section:

- Range:** Has two buttons, 'Meas' (selected) and 'Manual'. To the right are two input fields, both containing '1.0 kHz' and '1.0 MHz'.
- User Ranges:** There are three rows. Each row starts with a dropdown menu set to 'None', followed by two input fields containing '1.0 kHz' and '1.0 MHz'.

Spot Noise Section:

- Sort by Frequency:** Has two buttons, 'On' (selected) and 'Off'.
- On all Decade Edges:** Has two buttons, 'On' and 'Off'.
- On User Defined Offsets:** Has two buttons, 'On' (selected) and 'Off'. To the right of these buttons is a list of five frequency values, each preceded by a checked checkbox: '1.0 kHz', '10.0 kHz', '100.0 kHz', '1.0 MHz', and '10.0 MHz'.

6.2.1 Настройка измерений остаточного шума

Meas Range (диапазон измерений)	54
User Range (пользовательский диапазон)	55

Meas Range (диапазон измерений)

Включение и выключение интегрирования всего диапазона измерений для расчета остаточного шума.

Заданный здесь диапазон применяется ко всем кривым.

"On"	Приложение вычисляет остаточный шум во всем диапазоне измерений.
"Off"	Приложение вычисляет остаточный шум в заданном диапазоне измерений. Поля ввода рядом с кнопками управления "On/Off" становятся доступными для определения заданного диапазона интегрирования.

Команда дистанционного управления:

Включение и выключение заданного диапазона:

`CALCulate<n>:EVALuation[:STATE]`

Определение начальной точки заданного диапазона:

`CALCulate<n>:EVALuation:START`

Определение конечной точки заданного диапазона:

`CALCulate<n>:EVALuation:STOP`

Настройка числового отображения результатов

User Range (пользовательский диапазон)

Определение заданного диапазона для расчета остаточного шума. Необходимо присвоить пользовательский диапазон конкретной кривой.

В стандартном состоянии пользовательские диапазоны неактивны. В выпадающих меню выбраны значения "None".

Если назначить пользовательский диапазон кривой путем выбора одной из кривых из выпадающего меню, поля ввода рядом с полями выбора кривой станут активными. В этих полях можно задать начальную и конечную частоты отстройки.

Команда дистанционного управления:

Выбор кривой:

`CALCulate<n>:EVALuation:USER<range>:TRACe`

Определение начальной частоты пользовательского диапазона:

`CALCulate<n>:EVALuation:USER<range>:START`

Определение конечной частоты пользовательского диапазона:

`CALCulate<n>:EVALuation:USER<range>:STOP`

6.2.2 Настройка измерений остаточного шума

<code>On All Decade Edges</code> (по всем краям декад).....	55
<code>On User Defined Offsets / Offset Frequency</code> (по пользовательским частотам).....	55

On All Decade Edges (по всем краям декад)

Включение и выключение расчета точечного шума по всем 10х частотам отстройки.

Команда дистанционного управления:

Включение и выключение расчета точечного шума по всем 10х частотам отстройки:

`CALCulate<n>:SNOise:DECades[:STATE]`

Запрос результатов измерения точечного шума по 10х частотам отстройки:

`CALCulate<n>:SNOise:DECades:X?`

`CALCulate<n>:SNOise:DECades:Y?`

On User Defined Offsets / Offset Frequency (по пользовательским частотам)

Включение и выключение пользовательских частот измерения точечного шума.

Если функция включена, становятся доступными поля ввода "Offset Frequency" (частота отстройки). Можно измерять точечный шум на пяти пользовательских частотах отстройки. Если функция включена, приложение добавляет эти точки в таблицу результатов измерения точечного шума.

Команда дистанционного управления:

Включение и выключение маркера точечного шума:

`CALCulate<n>:SNOise<m>:STATE`

`CALCulate<n>:SNOise:AOFF`

Размещение маркеров точечного шума:

`CALCulate<n>:SNOise<m>:X`

Запрос пользовательских результатов измерения точечного шума:

`CALCulate<n>:SNOise<m>:Y?`

6.3 Использование предельных линий

На вкладке "Limits" диалогового окна "Results" содержатся все необходимые функции для настройки и конфигурирования предельных линий.

Доступ к этому диалоговому окну можно получить либо из диалогового окна "Phase Noise Analyzer", либо из меню "Measurement Configuration", либо с помощью клавиши LINES.

6.3.1 Использование предельных линий фазового шума

Phase Noise Limit Line (предельная линия фазового шума)	56
Selected Traces (выбранные кривые)	57
Noise Floor (пороговый шум)	57
Range x - Range y (Диапазон x - Диапазон y)	57
Copy to User Limit Line (копирование в пользовательскую предельную линию)	57

Phase Noise Limit Line (предельная линия фазового шума)

Выбор формы предельной линии фазового шума.

См. главу 4.9 "Использование предельных линий" на стр. 30.

"None" Предельная линия не используется.

"Noise floor and x Ranges" Предельная линия задается пороговым уровнем шума и x угловыми частотами и наклонами. В приложении поддерживается до 5 диапазонов.

Команда дистанционного управления:

CALCulate:PNLimit:TYPE

Selected Traces (выбранные кривые)

Выбор кривой(ых) для назначения ей предельной линии фазового шума.

Подробнее см. главу 4.9 "Использование предельных линий" на стр. 30.

Команда дистанционного управления:

`CALCulate:PNLimit:TRACe`

Noise Floor (пороговый шум)

Определение порогового уровня шума ИУ в дБмВт/Гц.

Подробнее см. главу 4.9 "Использование предельных линий" на стр. 30.

Команда дистанционного управления:

`CALCulate:PNLimit:NOISe`

Range x - Range y (Диапазон x - Диапазон y)

Определение угловых частот и наклона для конкретных сегментов предельных линий фазового шума.

Наклон определяет наклон сегмента предельной линии слева от угловой частоты.

Подробнее см. главу 4.9 "Использование предельных линий" на стр. 30.

Команда дистанционного управления:

Угловые частоты:

`CALCulate:PNLimit:FC5`

Наклон:

`CALCulate:PNLimit:SLOPe<segment>`

Copy to User Limit Line (копирование в пользовательскую предельную линию)

Создание новой пользовательской предельной линии по данным предельной линии фазового шума.

Файл сохраняется в стандартный каталог для пользовательских предельных линий. Можно загружать и редактировать предельные линии посредством диалогового окна "Select Limit Line"(Выбор предельной линии). Подробнее см. раздел "Select Limit Line"(Выбор предельной линии) на стр. 58.

Команда дистанционного управления:

`CALCulate:PNLimit:COpy<k>`

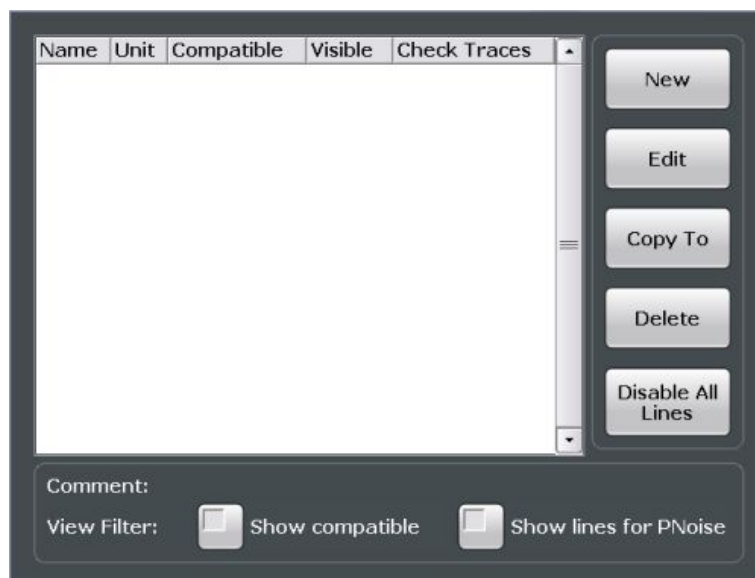
6.3.2 Выбор стандартных предельных линий

Select Limit Line (выбор предельной линии).....	58
L Name (имя).....	58
L Unit (единицы измерения).....	58
L Compatible (совместимость).....	58
L Visible (видимость).....	58
L Check Traces (проверка кривых).....	59
L Comment (комментарий).....	59
L View Filter (фильтр просмотра).....	59
L New / Edit / Copy To (создать/редактировать/копировать).....	59
L Delete (удалить).....	59
L Disable All Lines (отключить все линии).....	59

Select Limit Line (выбор предельной линии)

Диалоговое окно "Select Limit Line" содержит функции для включения в измерение стандартных предельных линий.

Диалоговое окно содержит таблицу, в которой показаны все доступные предельные линии со своими характеристиками и несколько кнопок для управления отдельными предельными линиями.

**Name (имя) ← Select Limit Line**

Отображение названия предельной линии.

Unit (единицы измерения) ← Select Limit Line

Отображение единиц измерения предельной линии.

Compatible (совместимость) ← Select Limit Line

Отображение совместимости предельной линии с текущей схемой измерений.

"Yes" Предельную линию можно использовать, поскольку она совместима с текущей схемой измерений.

"No" Предельную линию нельзя использовать, поскольку она несовместима с текущей схемой измерений.

Visible (видимость) ← Select Limit Line

Отображение предельной линии в области диаграммы.

Одновременно можно включить до восьми предельных линий.

Команда дистанционного управления:

Отображение предельной линии:

Нижний предел: `CALCulate:LIMit<k>:LOWer:STATE`

Верхний предел: `CALCulate:LIMit<k>:UPPer:STATE`

Запрос всех отображаемых предельных линий:

`CALCulate:LIMit:ACTive?`

Check Traces (проверка кривых) ← Select Limit Line

Включение и выключение проверки пределов для конкретной кривой.

Команда дистанционного управления:

Назначение предельной линии конкретной кривой:

`CALCulate:LIMit<k>:TRACe`

Включение проверки пределов:

`CALCulate:LIMit<k>:STATe`

Запрос результатов проверки пределов:

`CALCulate:LIMit<k>:FAIL`

Comment (комментарий) ← Select Limit Line

Отображение комментария для выбранной предельной линии. Если для предельной линии комментарий отсутствует, это поле остается пустым.

View Filter (фильтр просмотра) ← Select Limit Line

Включение и выключение фильтра для просмотра списка предельных линий.

По умолчанию список содержит все предельные линии, хранящиеся на приборе R&S FSW.

"Show Compatible" Фильтрация списка предельных линий по совместимости. Если функция включена, список содержит только те предельные линии, которые совместимы с текущей схемой измерений.

"Show Lines For PNoise" Фильтрация списка предельных линий по совместимости с измерениями фазового шума. Если функция включена, список содержит только те предельные линии, которые совместимы с измерениями фазового шума.

New / Edit / Copy To (создать/редактировать/копировать) ← Select Limit Line

Все три кнопки открывают диалоговое окно "Edit Limit Line" (Редактирование предельной линии) для создания или редактирования предельных линий.

При использовании кнопки "New" (создать) диалоговое окно не содержит данных.

При использовании кнопки "Edit" (редактировать) диалоговое окно содержит данные ранее выбранной предельной линии.

При использовании кнопки "Copy To" (копировать) диалоговое окно также содержит копию данных ранее выбранной предельной линии.

Команда дистанционного управления:

Создать:

`CALCulate:LIMit<k>:NAME`

Копировать:

`CALCulate:LIMit<k>:COPY`

Delete (удалить) ← Select Limit Line

Удаление выбранной предельной линии.

Команда дистанционного управления:

`CALCulate:LIMit<k>:DELeTe`

Disable All Lines (отключить все линии) ← Select Limit Line

Выключить все активные предельные линии.

6.3.3 Создание и редактирование стандартных предельных линий

Edit Limit Line (редактирование предельной линии)	60
L Name (имя)	60
L Comment (комментарий)	60
L X-Axis (ось X)	61
L Y-Axis (ось Y)	61
L Data Points (точки данных)	61
Insert Value (вставить значение)	61
L Delete Value (удалить значение)	61
L Shift X (сдвиг по оси X)	61
L Shift Y (сдвиг по оси Y)	62
L Save (сохранить)	62

Edit Limit Line (редактирование предельной линии)

Диалоговое окно "Edit Limit Line" содержит функции для описания формы предельной линии.

Поскольку предельные линии для выполнения измерений фазового шума должны удовлетворять определенным условиям, доступное число параметров ограничено.

Name (имя) ← Edit Limit Line

Определение имени предельной линии.

Команда дистанционного управления:

`CALCulate:LIMit<k>:NAME`

Comment (комментарий) ← Edit Limit Line

Задание комментария для предельной линии.

Комментарий не является обязательным.

Команда дистанционного управления:

`CALCulate:LIMit:COMMENT`

X-Axis (ось X) ← Edit Limit Line

Определение характеристик горизонтальной оси.

К характеристикам оси относятся: единицы измерения, масштаб и тип значений.

В приложении для измерения фазового шума единицами измерения для горизонтальной оси всегда являются герцы (Гц). Масштаб оси может быть логарифмическим или линейным

"Unit"	В приложении для измерения фазового шума единицами измерения всегда являются герцы (Гц).
"Scaling"	В приложении для измерения фазового шума для горизонтальной оси всегда используется логарифмический масштаб.
"Type of Values"	По типу значения могут быть абсолютными или относительными (относительно номинальной частоты).

Команда дистанционного управления:

Тип значений:

`CALCulate:LIMit<k>:LOWer:MODE`

`CALCulate:LIMit<k>:UPPer:MODE`

Y-Axis (ось Y) ← Edit Limit Line

Определение характеристик вертикальной оси.

К характеристикам оси относятся: единицы измерения, тип значений и использование линии.

"Unit"	В приложении для измерения фазового шума единицами измерения всегда являются дБн/Гц.
"Type of Values"	В приложении для измерения фазового шума всегда используются абсолютные значения.
"Line usage"	Выбор типа используемой предельной линии: верхней или нижней.

Data Points (точка данных) ← Edit Limit Line

Точки данных определяют форму предельной линии. Предельная линия состоит не менее чем из 2 и не более чем из 200 точек данных.

Точка данных задается своей позицией по горизонтальной (столбец "Position") и вертикальной (столбец "Value") осям. Позиции точек данных должны быть заданы в порядке возрастания.

Команда дистанционного управления:

Данные по горизонтали (позиция):

`CALCulate:LIMit<k>:CONTrol[:DATA]`

Данные по вертикали (значение):

Нижний предел: `CALCulate:LIMit<k>:LOWer[:DATA]`

Верхний предел: `CALCulate:LIMit<k>:UPPer[:DATA]`

Insert Value (вставить значение) ← Edit Limit Line

Вставить новую точку данных предельной линии ниже выбранной точки данных.

Delete Value (удалить значение) ← Edit Limit Line

Удаление выбранной точки данных предельной линии.

Shift X ← Edit Limit Line

Сдвиг каждой точки данных по горизонтали на указанную величину.

Команда дистанционного управления:

`CALCulate:LIMit<k>:CONTrol:SHIFT`

Shift Y (сдвиг по оси Y) ← Edit Limit Line

Сдвиг каждой точки данных по вертикали на указанную величину.

Команда дистанционного управления:

Нижний предел: **CALCulate:LIMit<k>:LOWer:SHIFt**

Верхний предел: **CALCulate:LIMit<k>:UPPer:SHIFt**

Save (сохранить) ← Edit Limit Line

Сохранение предельной линии или изменений, сделанных в предельной линии.

6.4 Использование маркеров

Диалоговое окно "Marker Configuration" (настройки маркеров) и меню "Marker" содержат все необходимые функции для управления маркерами.

Доступ к меню "Marker" осуществляется с помощью клавиши MKR, а к диалоговому окну "Marker Configuration" с помощью функциональной клавиши "Marker Config".

Диалоговое окно "Marker Configuration" содержит две вкладки.

На вкладке "Markers" содержатся функции для задания характеристик каждого маркера.



На вкладке "Marker Settings" содержатся общие функции для работы с маркерами.



Использование маркеров

Marker 1 ... Marker x (маркер 1 ... маркер x).....	63
Marker Type (тип маркера)	63
Reference Marker (опорный маркер)	63
Assigning the Marker to a Trace (назначение маркера кривой)	63
Marker Zoom (маркерное масштабирование)	64
All Markers Off (выкл все маркеры)	64
Marker Table Display (таблица маркеров)	64

Marker 1 ... Marker x (маркер 1 ... маркер x)

Выбор и включение/выключение соответствующего маркера.

Включение маркера также открывает поле ввода для задания горизонтального положения маркера.

В диалоговом окне "Marker Configuration" можно также задать горизонтальное положение каждого маркера ("x-value").

По умолчанию первый включенный маркер является обычным маркером, все остальные - дельта-маркерами.

Marker Type (тип маркера)

Переключение типа маркера.

Тип маркера 1 всегда "Normal"(обычный), тип дельта-маркера 1 всегда "Delta"(дельта-маркер). Эти типы изменить нельзя.

Примечание – Если обычный маркер 1 является активным маркером, включение "Mkr Type" активирует дополнительный дельта-маркер 1. Для любых других маркеров включение типа маркера не вызывает активации дополнительного маркера, оно лишь переключает тип выбранного маркера.

"Normal"	Обычный маркер отображает абсолютное значение в заданной позиции на диаграмме.
"Delta"	Дельта-маркер отображает значение относительно указанного опорного маркера (по умолчанию, маркера 1).

Команда дистанционного управления:

`CALCulate<n>:MARKer<m>[:STATe]`

`CALCulate<n>:DELTamarker<m>[:STATe]`

Reference Marker (опорный маркер)

Определение маркера в качестве опорного маркера, который используется для определения относительных результатов анализа (значений дельта-маркера).

Команда дистанционного управления:

`CALCulate<n>:DELTamarker<m>:MREF`

Assigning the Marker to a Trace (назначение маркера кривой)

Настройка "Trace" (кривая) назначает выбранный маркер активной кривой. Кривая определяет, какое значение отображает маркер в позиции маркера. Если маркер был ранее назначен другой кривой, он остается в предыдущей позиции по частоте или времени, но отображает значение новой кривой.

Маркер также может быть назначен текущей активной кривой с помощью функциональной клавиши "Marker to Trace" в меню "Marker".

При выключении кривой назначенные ей маркеры и маркерные функции также выключаются.

Команда дистанционного управления:

`CALCulate<n>:MARKer<m>:TRACe`

Marker Zoom (маркерное масштабирование)

Включение и выключение масштабирования (увеличения) с помощью маркера.

Функция маркерного масштабирования увеличивает область диаграммы вокруг маркера 1 на заданный коэффициент.

Включение масштабирования также открывает поле для ввода коэффициента увеличения.

Команда дистанционного управления:

Включение масштабирования.

`DISPlay[:WINDow:]ZOOM[:STATe]`

Определение коэффициента увеличения:

`CALCulate:MARKer:FUNCTion:ZOOM`

All Markers Off (выкл все маркеры)

Отключение всех маркеров за один шаг.

Команда дистанционного управления:

`CALCulate<n>:MARKer<m>:AOFF`

Marker Table Display (таблица маркеров)

Определение способа отображения информации о маркерах.

"On"	Отображение информации о маркерах в таблице в отдельной области под диаграммой.
"Off"	Отображение информации о маркерах в пределах области диаграммы.
"Auto"	(По умолчанию) в области диаграммы отображается до двух маркеров. Если включено больше маркеров, автоматически отображается таблица маркеров.

Команда дистанционного управления:

`DISPlay:MTABle`

7 Конфигурирование измерений фазового шума

7.1 Выполнение базового измерения фазового шума

1. В приложении для измерения спектра задать центральную частоту ИУ.
2. Войти в приложение для измерения фазового шума "Phase Noise".

Приложение R&S FSW-K40 запустить измерение со стандартной конфигурацией. В стандартной конфигурации большинство настроек задается автоматически.
При необходимости задания какой-либо пользовательской конфигурации, задать требуемые настройки после входа в приложение для измерения фазового шума.
3. Расположить экранные элементы в требуемой конфигурации с помощью функции SmartGrid.
4. Открыть диалоговое окно "Overview" для настройки измерения.
5. Настроить входной каскад (частоту, уровень и т.д.) из диалогового окна "Frontend".
6. Задать диапазон измерений из диалогового окна "Phase Noise".
7. Включить отслеживание частоты и уровня из диалогового окна "Control".
8. Запустить однократную развертку.
9. Включить маркер и считать результаты измерений.
10. Считать значение остаточного шума в диапазоне измерений.
11. Настроить диапазон остаточного шума и считать результаты его измерения.
12. Зафиксировать кривые 1 и 2 (режим кривой: View (просмотр)).
13. Включить кривые 3 и 4 (режим кривой: Clear/Write (перезапись)).
14. Включить режим измерений "IQ FFT" в диалоговом окне "Phase Noise".
15. Повторить измерение.

7.2 Настройка диапазона измерений

В приложении имеется несколько способов настройки. Каждый метод характеризуется разным уровнем детализации, который можно задать.

1. Открыть настройки режима "Phase Noise" из диалогового окна "Overview" или меню функциональных клавиш "Meas Config".
2. Задать диапазон отстроек частоты, который требуется измерить, в соответствующих полях.

3. Выбрать тип развертки "Sweep Type".
 - а) Выбрать типы развертки "Fast", "Normal" или "Averaged" для конфигурирования автоматических измерений.

Для пользовательских конфигураций настроить каждый параметр измерения по отдельности.

4. Задать полосу разрешения "RBW", количество усреднений "Averages", режим развертки "Mode" и оконную функцию "I/Q Window".
 - а) Задать параметры в глобальном масштабе для всех (полу) декад, охватываемых диапазоном измерений.
 - б) Задать параметры для каждой отдельной (полу) декады, охватываемой диапазоном измерений в таблице настройки полудекад "Half Decade Configuration Table".