

Серия RSA6100A
Анализаторы спектра в реальном масштабе времени
Примеры применения
Руководство по эксплуатации и справочная информация



071-2636-00

Tektronix

Серия RSA6100A

Анализаторы спектра в реальном масштабе времени

Примеры применения

Руководство по эксплуатации и справочная информация

Copyright © Tektronix. Все права защищены. Лицензированные программные продукты являются собственностью компании Tektronix, ее филиалов или ее поставщиков и защищены национальным законодательством по авторскому праву и международными соглашениями.

Изделия корпорации Tektronix защищены патентами и патентными заявками в США и других странах. Приведенные в данном руководстве сведения заменяют любые ранее опубликованные. Права на изменение спецификаций и цен сохранены.

TEKTRONIX и ТЕК являются зарегистрированными товарными знаками Tektronix, Inc.

Сведения по технике безопасности при работе с используемым анализатором спектра см. в соответствующем руководстве по эксплуатации.

Как связаться с корпорацией Tektronix

Tektronix, Inc.
14200 SW Karl Braun Drive
P.O. Box 500
Beaverton, OR 97077
USA

Сведения о продуктах, продажах, услугах и технической поддержке.

- В странах Северной Америки по телефону 1-800-833-9200.
- В других странах мира — см. сведения о контактах для соответствующих регионов на веб-узле www.tektronix.com.

Оглавление

Предисловие	ii
Применение 1. Измерение стандартного спектра	1
Применение 2. Измерение мощности в канале и мощности в смежном канале	6
Применение 3. Анализ модуляции	10
Применение 4. Проведение временного и частотного анализа	18
Применение 5. Захват нестационарных сигналов	27
Применение 6. Проведение импульсных измерений	37

Предисловие

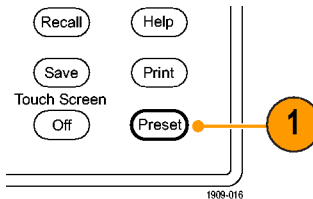
В настоящем руководстве по эксплуатации содержатся обучающие примеры использования анализаторов спектра в реальном масштабе времени серии RSA6100A для измерений в различных прикладных областях. Проработать эти примеры на своем приборе вы можете, либо используя находящиеся на жестком диске типовые файлы данных, либо принимая реальный сигнал – по своему усмотрению. В случае использования собственного сигнала необходимо перезапустить прибор, чтобы его конфигурация соответствовала параметрам принимаемого сигнала.

ПРИМЕЧАНИЕ. Для выполнения всех задач, предлагаемых в настоящем руководстве по эксплуатации, можно использовать мышь, клавиатуру и сенсорный экран. Кроме того, для сокращения числа операций при выполнении некоторых задач можно использовать ручки управления и кнопки на передней панели анализатора.

Применение 1. Измерение стандартного спектра

Анализатор спектра в реальном масштабе времени серии RSA6100A можно использовать как стандартный анализатор спектра. В следующем примере демонстрируются основные функции частоты и диапазона частот и показано, как производить измерения амплитуды и частоты с использованием маркеров.

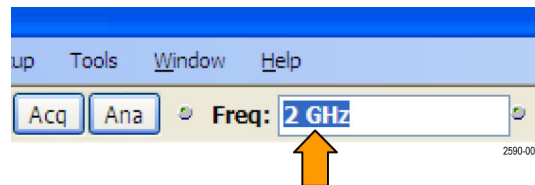
1. Нажмите на передней панели кнопку **Preset** (предварительная установка), чтобы установить в приборе настройки по умолчанию.



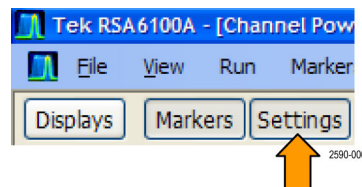
В последующих пунктах производится соответствующая установка параметров измерения для стандартного сигнала.

2. Щелкните **Freq** (частота) в строке меню приложений и введите значение **2 GHz** (2 ГГц).

2 ГГц – это частота записанного сигнала, который нужно будет вызвать в дальнейшем. Введите это значение при помощи вспомогательной клавиатуры передней панели или подключенной через порт USB внешней клавиатуры.



3. Нажмите кнопку **Settings** (настройки) в строке меню приложений.



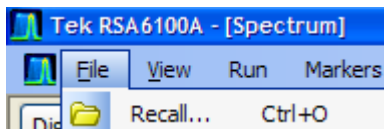
4. Установите диапазон **1 MHz** (1 МГц) в итоговой нижней панели экрана **Spectrum Settings** (настройка спектра).

Чтобы найти элемент экрана **Span** (диапазон), проверьте, выбрана ли вкладка **Freq & Span** (частота & диапазон).



5. Выберите пункты меню **File > Recall** (файл > вызвать).

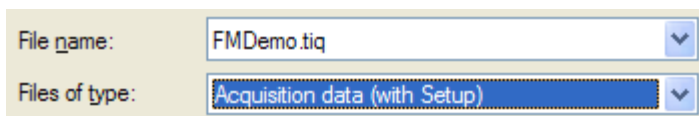
Вызываемый файл – это записанный ранее файл данных. Он имитирует подачу реального сигнала, необходимого для демонстрации данного примера.



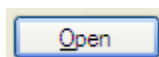
6. Перейдите к: c:/RSA6100A Files/SampleDataRecords.

Выберите пункт **Acquisition data** (данные регистрации) в поле **Files of type** (тип файлов).

Выберите файл **FMDemo.tiq** в поле **File name** (имя файла).



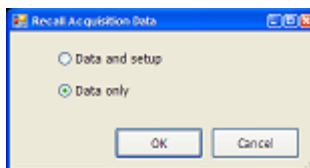
Нажмите кнопку **Open** (открыть).



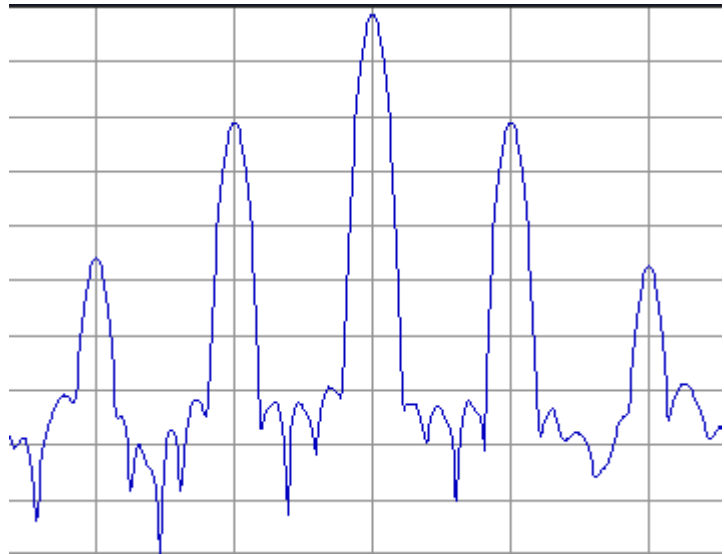
ПРИМЕЧАНИЕ. Вместо стандартного файла данных можно использовать выбранный на свое усмотрение реальный сигнал; следует перезапустить прибор, чтобы обеспечить соответствие его конфигурации параметрам выбранного сигнала.

7. В диалоговом окне **Recall Acquisition Data** (вызвать данные регистрации) выберите параметр **Data only** (только данные) и нажмите кнопку **OK**.

Если ранее были записаны и настройка, и данные, то можно вызвать одновременно и настройку, и данные, выбрав параметр **Data and setup** (данные и настройка).



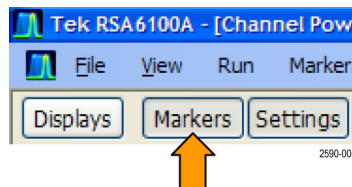
На экране должна появиться стандартная осциллограмма.



ПРИМЕЧАНИЕ. Для измерения таких параметров, как время, частота и мощность, полезно использовать маркеры.

8. Чтобы разместить панель инструментов маркера в нижней части экрана, нажмите кнопку **Markers** (маркеры) в строке приложений.

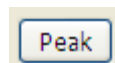
Это можно сделать при помощи мыши, нажатия пальцем на экран или кнопки **Peak** (пик) маркеров передней панели.



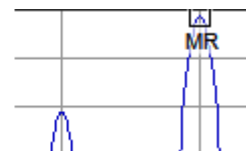
9. Нажмите кнопку **Peak** (пик) на итоговой панели инструментов маркера в нижней части дисплея.

Прибор устанавливает маркер на самом высоком пике спектра. Он отображает результат измерения при помощи маркера в верхней левой части дисплея.

Первому маркеру назначается идентификатор **MR**, указывающий на то, что этот маркер является опорным.



MR: -1.44 dBm	
2 GHz	



10. Нажмите кнопку **Define** (определить) панели маркеров в нижней левой части дисплея.



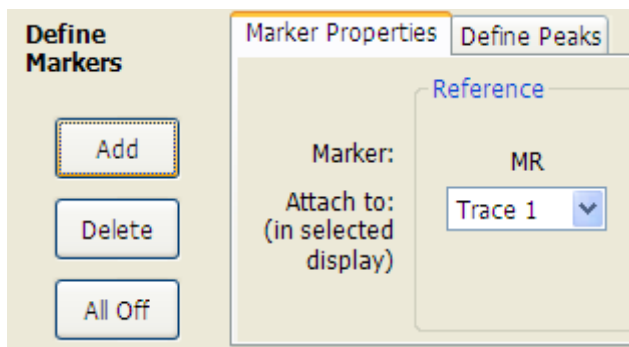
Появится панель управления **Define Markers** (определить маркеры).

11. Нажмите кнопку **Add** (добавить).

Поверх маркера **MR** и на центральной частоте появляется ромбовидный маркер **M1**. Это маркер приращения.

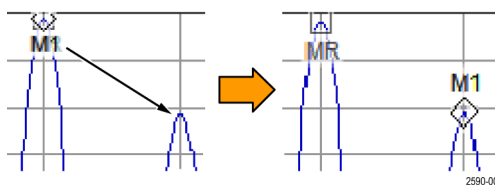
Четыре маркера приращения, **M1**, **M2**, **M3** и **M4**, измеряют амплитуду и частоту по отношению к маркеру **MR**.

Также можно назначить маркеры определенным осциллограммам и подобрать порог для пика.



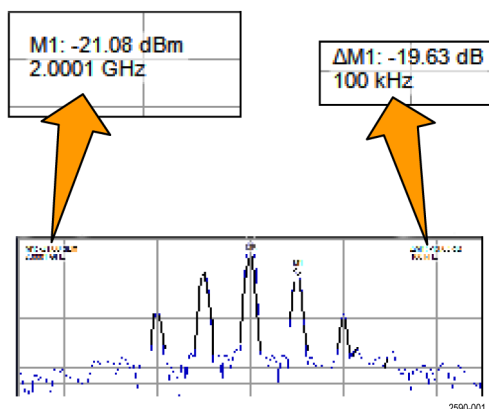
12. При помощи пальца или мыши переместите маркер на следующий пик сигнала.

Также это можно сделать при помощи ручки управления или клавиши со стрелкой на передней панели. Для этого передайте управление маркеру, коснувшись панели инструментов маркера в нижней части экрана.



Показания, отображаемые в верхней правой части экрана, представляют собой разницу между опорным маркером **MR** и маркером приращения **M1** для частоты и амплитуды.

Показания в верхней левой части экрана представляют собой абсолютные значения этих параметров для маркера **M1**.



До сих пор использовались маркеры для измерений в двух точках одной и той же кривой.

Однако можно также использовать маркеры для измерения разницы параметров между другими точками. Это можно делать, используя клавиши со стрелками вверх, вниз, вправо и влево. Маркеры можно также перетаскивать с помощью мыши.

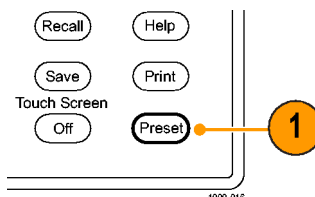


Кроме того, маркеры можно перемещать вращением ручки управления на передней панели или нажатием клавиш со стрелками.

Применение 2. Измерение мощности в канале и мощности в смежном канале

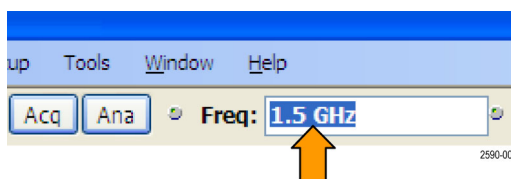
Анализатор спектра в реальном масштабе времени серии RSA6100A может использоваться для измерения мощности в канале, мощности в смежном канале и мощности в многочастотном канале. Настоящее приложение демонстрирует настройки, используемые для измерения мощности канала и мощности смежного канала.

1. Нажмите на передней панели кнопку **Preset** (предварительная установка), чтобы установить в приборе настройки по умолчанию.



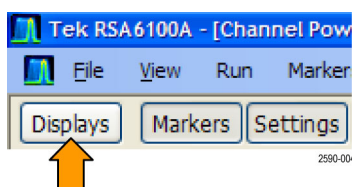
Установите параметры измерения для стандартного сигнала.

2. Задайте параметру **Freq** (частота) значение **1.5 GHz** (1,5 ГГц).

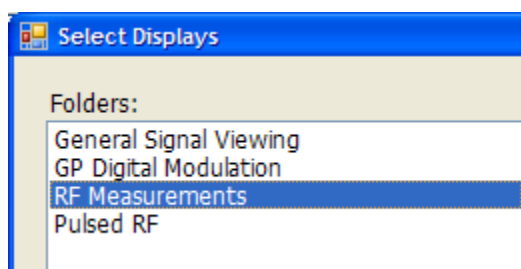


3. Нажмите кнопку **Displays** (экраны) в строке приложений. Это позволит открыть экран Channel Power and ACPR (мощность в канале и помехозащищенность по смежному каналу (ACPR))

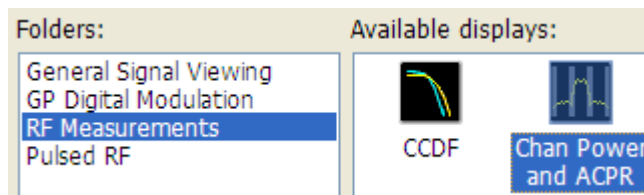
Как вариант нажмите кнопку **Displays** (экраны) на передней панели.



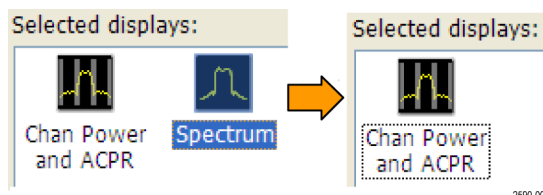
4. Выберите папку **RF Measurements** (РЧ-измерения).



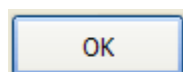
5. Двойным щелчком мыши или, как вариант, перетаскиванием переместите значок **Channel Power and ACPR** (мощность в канале и помехозащищенность по смежному каналу (ACPR)) из области **Available displays** (доступные экраны) в область **Selected displays** (выбранные экраны).



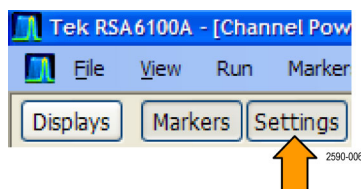
6. Двойным щелчком мыши или перетаскиванием удалите значок **Spectrum** (спектр) из области **Selected displays** (выбранные экраны).



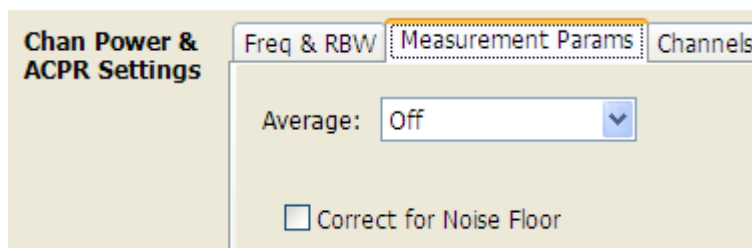
7. Нажмите кнопку **OK**.



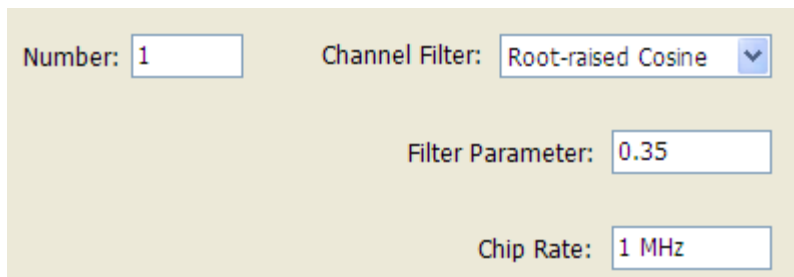
8. Нажмите кнопку **Settings** (настройки) в строке приложений.



9. Щелкните вкладку **Measurement Params** (параметры измерений). Для данного примера применения, использующего вызываемый из памяти сигнал, значение поля **Average** (среднее) можно оставить равным Off (выключено). При использовании реального сигнала и усреднения в поле **Average** (среднее) нужно было бы выбрать значение **Frequency Domain** (диапазон частот). Это стандартная настройка. Флажок **Correct for Noise Floor** (уточнить минимальный уровень шума) не устанавливайте.



10. Установите в поле **Filter Parameter** (параметр фильтра) значение **0,35**.
11. Установите в поле **Chip Rate** (скорость передачи элементов сигнала) значение **1 MHz** (1 МГц).
Скорость передачи элементов сигнала – это полоса пропускания сигнала.

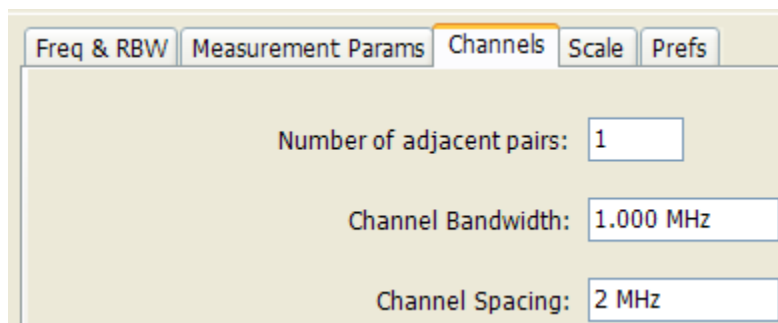


Number: 1 Channel Filter: Root-raised Cosine

Filter Parameter: 0.35

Chip Rate: 1 MHz

12. Щелкните вкладку **Channels** (каналы). Используйте ее для определения каналов, в которых должны проводиться измерения.
13. Убедитесь, что значение поля **Number of adjacent pairs** (количество смежных пар) уже задано равным **1**. Так прибору задается условие проведения измерения в главном канале и в одном смежном канале с каждой стороны от него.
14. Установите в поле **Channel Bandwidth** (полоса пропускания канала) значение **1 MHz** (1 МГц)
15. Установите в поле **Channel Spacing** (интервал между каналами) значение **2 MHz** (2 МГц).



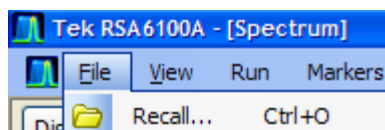
Freq & RBW Measurement Params Channels Scale Prefs

Number of adjacent pairs: 1

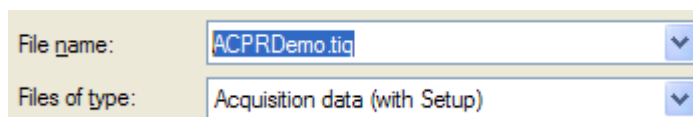
Channel Bandwidth: 1.000 MHz

Channel Spacing: 2 MHz

16. Выберите пункты меню **File > Recall** (файл > вызвать)
Это необходимо для загрузки записанного ранее файла зарегистрированных данных.



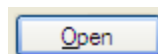
17. Перейдите к: **c:/RSA6100A Files/SampleDataRecords**.
Выберите **Acquisition data** (данные регистрации) как тип искомого файла.
Выберите файл **ACPRDemo.tiq**.



File name: ACPRDemo.tiq

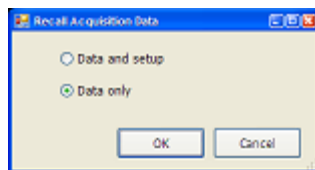
Files of type: Acquisition data (with Setup)

Нажмите кнопку **Open** (открыть).



18. Выберите параметр **Data only** (только данные) и нажмите кнопку **OK**.

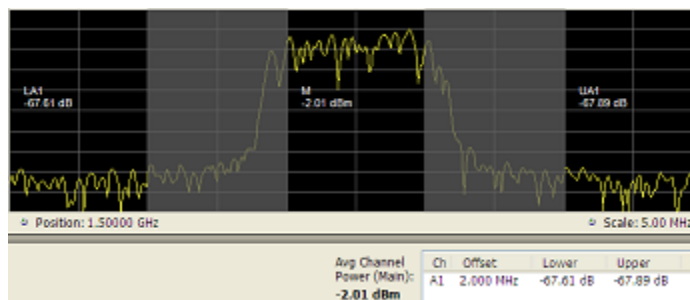
Не выбирайте параметр **Data and setup** (данные и настройка), поскольку при этом будут загружены управляющие значения, сохраненные вместе с зарегистрированными данными. Они заменят собой настройки, введенные вами на предыдущих шагах данного примера работы приложения.



19. Просмотрите результаты.

В средней части графика отображается абсолютное значение мощности в канале. Коэффициент мощности верхнего соседнего канала отображается справа, а нижнего – слева.

Областями серого цвета выделено пространство между каналами. Измерение мощности и помехозащищенности по смежному каналу (ACPR) производится прибором RSA6100A в пределах определенных каналов, представленных областями черного цвета.



Применение 3. Анализ модуляции

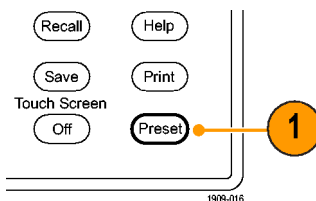
Следующий пример показывает, как использовать анализатор спектра RSA6100A, работающий в реальном масштабе времени, с установленной опцией 21, для демодуляции сигнала QPSK (квадратурная фазовая модуляция), и как анализировать сигнал в нескольких областях. Прибор будет использоваться для:

- демодуляции сигнала QPSK (квадратурная фазовая модуляция) с целью отображения диаграммы в виде «созвездий»;
- измерения величины вектора ошибок (EVM – Error Vector Magnitude) и других основных показателей при помощи экрана качества сигнала (Signal Quality);
- просмотра изменения фазы сигнала во времени;
- демонстрации с помощью маркеров корреляции результатов на экране с таблицей символов, на экране типа «созвездие» и на экране, отображающем зависимость фазы от времени.

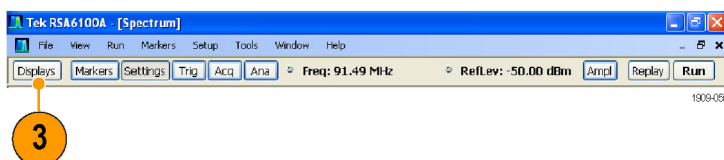
ПРИМЕЧАНИЕ. Следующие примеры основаны на файле с данными выборки QPSK. При необходимости можно загрузить файл данных выборки QPSK (QPSKDemo.tiq), чтобы воссоздать этапы, использованные в этом приложении. Настройки сигнала в следующих примерах основаны на настройках сигнала в файле выборки. При использовании реального сигнала настройки могут отличаться.

Демодулирование сигнала

1. Нажмите на передней панели кнопку Preset (предварительная установка), чтобы установить в приборе настройки по умолчанию.



2. Настройте прибор на частоту 2,13 GHz (2,13 ГГц) и установите интервал 20 MHz (20 МГц). Эти настройки соответствуют сигналу, анализируемому в данном примере.

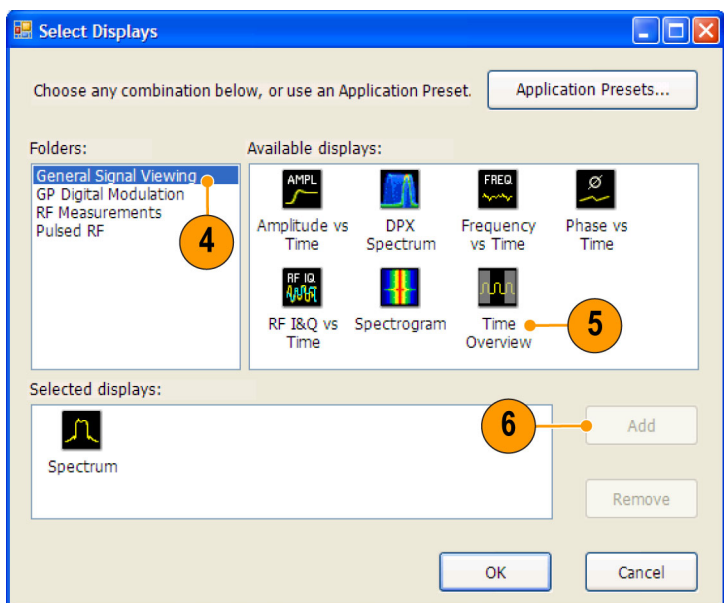


3. Щелкните кнопку **Displays** (экраны), чтобы открыть диалоговое окно Select Displays (выбор экранов).

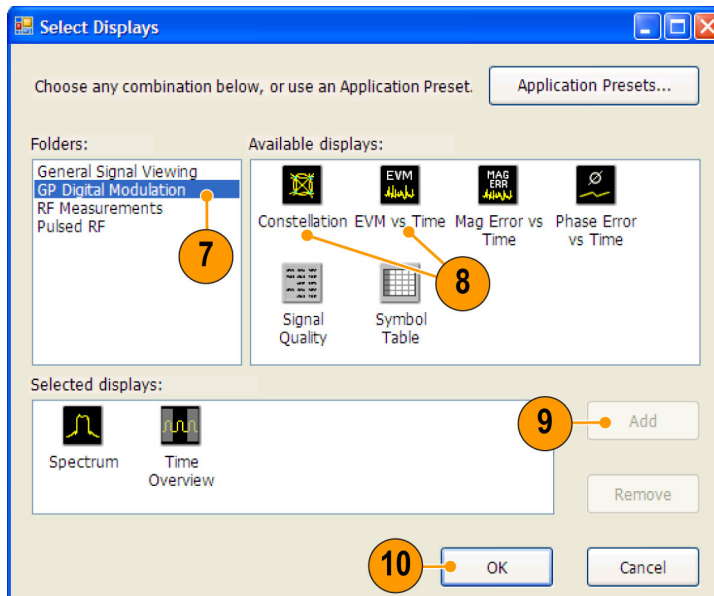
4. Выберите папку General Signal Viewing (общий просмотр сигнала).

5. Выберите значок **Time Overview** (временной обзор).

6. Щелкните кнопку **Add** (добавить), чтобы добавить значок Time Overview (временной обзор) в список Selected Displays (выбранные экраны).

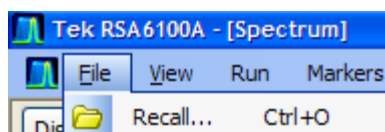


7. Выберите папку **GP Digital Modulation** (универсальная цифровая модуляция).
8. Выберите значок **EVM vs Time** (зависимость величины вектора ошибок от времени).
9. Щелкните кнопку **Add** (добавить), чтобы добавить значок в список **Selected Displays** (выбранные экраны).
10. Повторите шаги 8 и 9 для значка **Constellation** (созвездие), затем закройте диалоговое окно.

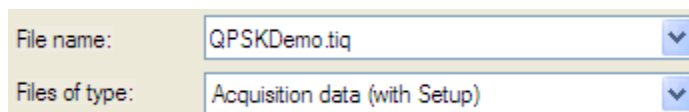


2950-010

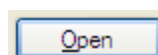
11. Выберите пункты меню **File > Recall** (файл > вызвать).



12. Перейдите к: **c:/RSA6100A Files/SampleDataRecords**.
Выберите пункт **Acquisition data** (данные регистрации) в поле **Files of type** (тип файлов).
Выберите файл **QPSKDemo.tiq** в поле **File name** (имя файла).



Нажмите кнопку **Open** (открыть). В диалоговом окне **Recall Acquisition Data** (вызвать данные регистрации) выберите параметр **Data only** (только данные) и нажмите кнопку **OK**.

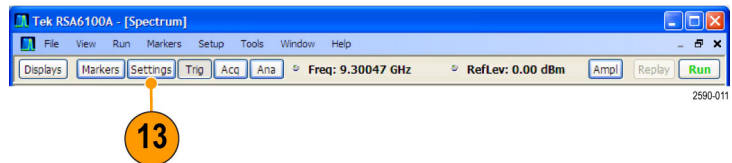


На экране может появиться сообщение *Data acquired from data simulator* (данные поступают от имитатора данных). Это значит, что происходит не регистрация реальных данных, а используется сгенерированный файл данных выборки.

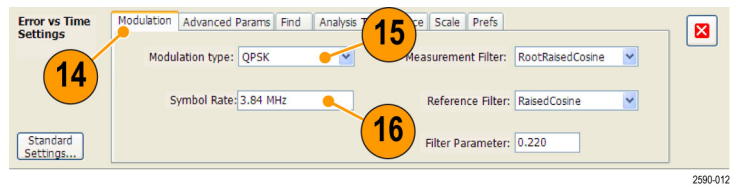
В качестве альтернативы можно использовать реальный сигнал по своему усмотрению, для чего нужно перезапустить прибор, чтобы он соответствовал параметрам регистрируемого сигнала.

На универсальных экранах цифровой демодуляции совместно используются одни и те же виды модуляции и элементы управления дополнительными параметрами. Эти элементы управления доступны на панели управления Settings (настройки) каждого экрана.

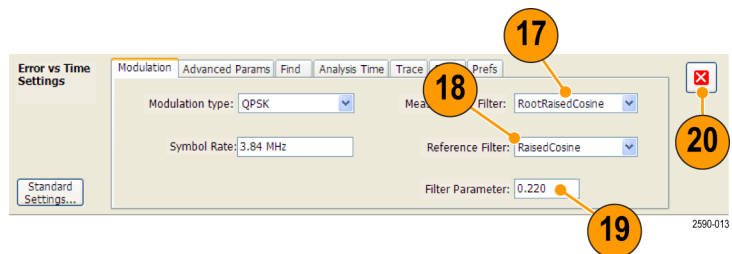
13. Выберите экран EVM vs Time (зависимость величины вектора ошибок от времени), затем нажмите кнопку **Settings** (настройки).



14. Выберите вкладку Modulation (модуляция).
15. Установите в поле Modulation Type (тип модуляции) значение **QPSK** (квадратурная фазовая модуляция).



16. Установите в поле Symbol Rate (скорость передачи символов) значение 3,84 MHz (3,84 МГц).
17. Установите в поле Measurement Filter (измерительный фильтр) значение **RootRaisedCosine**.
18. Установите в поле Reference Filter (опорный фильтр) значение **RaisedCosine**.
19. Установите в поле Filter Parameter (параметр фильтра) значение **0,220**.
20. Закройте панель управления.

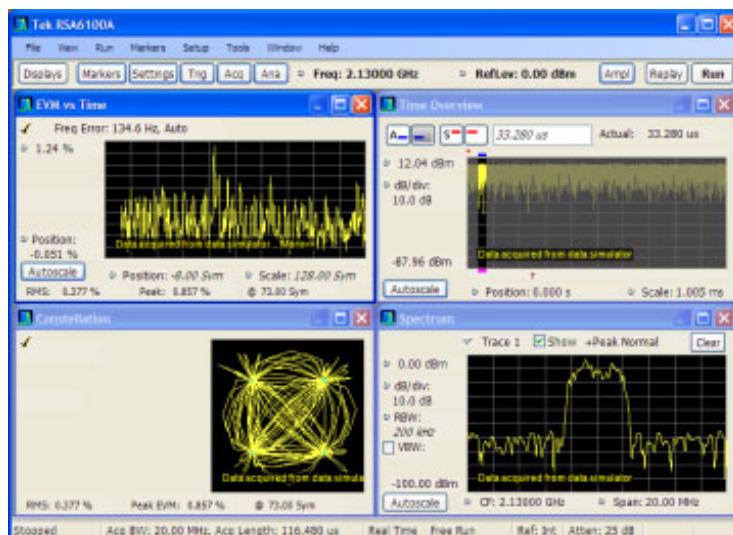


Анализ сигнала

Анализ сигнала можно выполнять, используя как качественные, так и количественные методы.

Экран Constellation («созвездие») должен быть похож на экран, приведенный на рисунке. Для выбора подходящего масштаба отображаемого графика на экране EVM vs Time (зависимость величины вектора ошибок от времени) можно использовать кнопку Autoscale (автоматический выбор масштаба). Для сигнала, использующего квадратурную фазовую модуляцию (QPSK), точки должны располагаться в четырех компактных кластерах. Если это не так, проверьте ваши настройки для частоты, типа модуляции, скорости передачи символов и фильтров.

Посмотрите на осциллограмму на экране EVM vs. Time (зависимость величины вектора ошибок от времени). На графике в зависимости от времени показана величина вектора ошибок в процентах для каждой точки осциллограммы. Среднеквадратичное значение EVM (величина вектора ошибок) в течение всего анализа отображается в нижней части окна экрана наряду со значением пикового значения EVM и временем (или символом), когда оно было зафиксировано.



Ручная настройка длины анализа

На экране Time Overview (временной обзор) отображается полная запись регистрации, показывающая длину и смещение параметров Spectrum Time (время отображения спектра) и Analysis Time (время анализа). Длина спектра – это период времени в записи регистрации, для которого рассчитывается спектр. Длина анализа – это период времени в записи регистрации, в течение которого выполняются другие измерения. Длина анализа может автоматически определяться измеряемыми параметрами, такими как скорость передачи символов, либо ее можно изменить вручную.

ПРИМЕЧАНИЕ. Параметры Spectrum Length (длина спектра) и Spectrum Offset (смещение спектра) не могут быть установлены независимо, если параметру Spectrum Time Mode (режим времени отображения спектра) не задано значение Independent (независимый). Режим Spectrum Time Mode (время отображения спектра) можно изменить на вкладке Analysis > Spectrum Time (анализ > время отображения спектра) панели управления. Красная линия, представляющая настройки Spectrum Time (время отображения спектра) на экране Time Overview (временной обзор), отображается только тогда, когда режиму Spectrum Time Mode задается значение Independent (независимый).

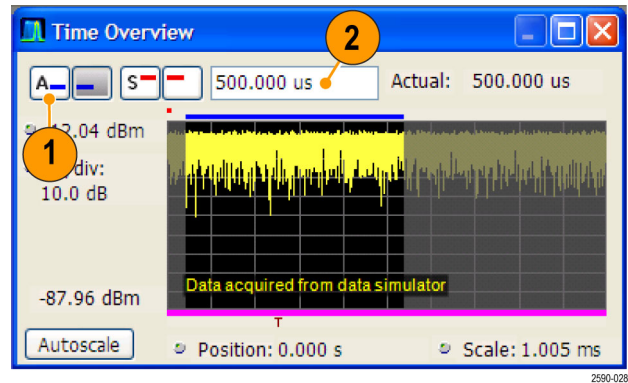
1. На экране Time Overview (временной обзор) нажмите кнопку Analysis Length (длина анализа).

Длина анализа обозначается синей полосой над графиком.

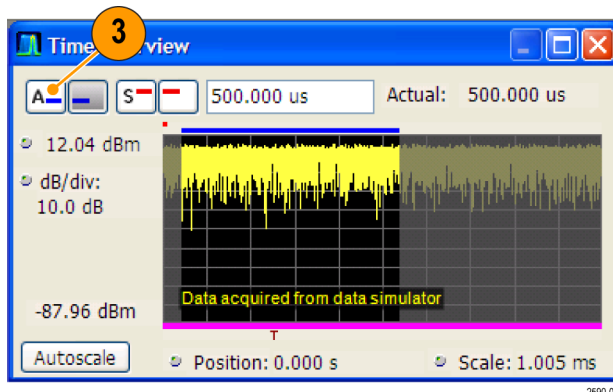
2. Увеличьте длину анализа на 500 мкс. Это можно сделать двумя путями: изменением значения в поле ввода числового значения или перетаскиванием правого края незатененной области. Нажмите кнопку **Replay** (повторное воспроизведение), чтобы перезапустить анализ с новой настройкой Analysis Length (длина анализа).

Изменение значения Analysis Length (длина анализа) изменяет количество данных, используемых при обработке результатов измерений на экранах. Затенение на экране отображает протяженность периода анализа.

Увеличенная длина анализа заставляет прибор автоматически увеличивать значение длины регистрации, чтобы накопить достаточное количество выборок, удовлетворяющее новым настройкам анализа. По умолчанию автоматически определяемая длина регистрации равна или несколько больше длины анализа.



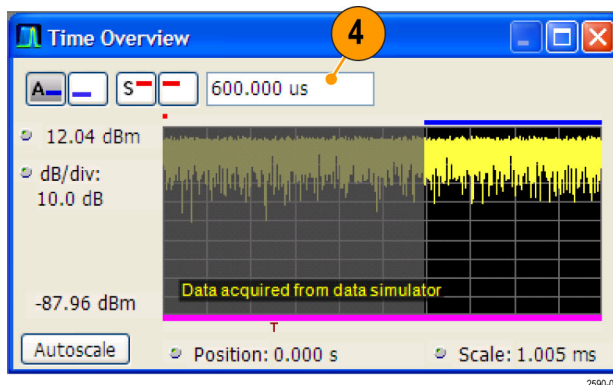
3. Нажмите кнопку Analysis Offset (смещение анализа).



4. Увеличьте значение параметра Analysis Offset (смещение анализа) на **600 μ s** (600 мкс).

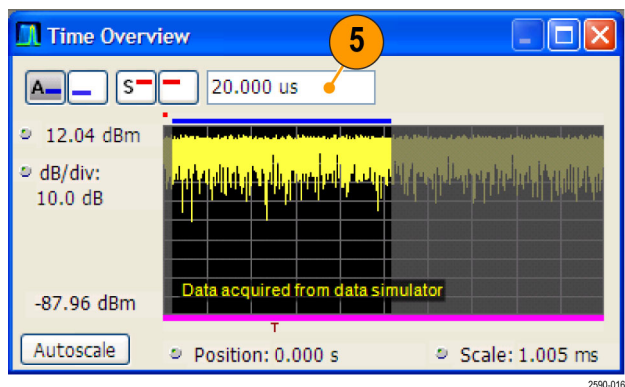
Если значение смещения анализа увеличивается, так чтобы период анализа простирался за конец записи регистрации, то прибор увеличит длину регистрации, чтобы обеспечить получение дополнительных данных.

В случае вызываемого из памяти сигнала при увеличении параметров Analysis Length (длина анализа) или Analysis Offset (смещение анализа) за пределы доступных данных прибор будет анализировать только данные, которые существуют в пределах анализируемого периода. Чтобы сообщить о расхождении прибор добавляет вывод текстовой информации справа от поля с числовым значением *Actual* (фактически): *xx.x us* (xx.x мкс).



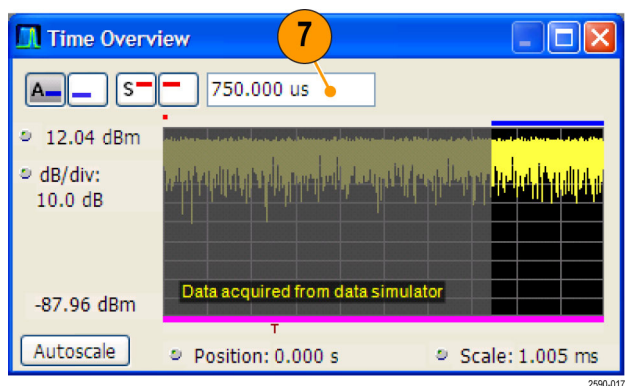
5. Измените значение параметра Analysis Offset (смещение анализа) на **20 μ s** (20 мкс).

6. Нажмите кнопку **Replay** (повторное воспроизведение), чтобы обновить результаты измерений (это необходимо делать при каждом внесении изменений в значения параметров Analysis Offset (смещение анализа) или Analysis Length (длина анализа) во время просмотра вызванных из памяти данных).



7. Снова увеличьте значение смещения анализа.

Поскольку прибор остановлен, он не сможет запустить новую регистрацию, чтобы захватить более длинную запись данных. Когда запрошенный период анализа простирается за конец записи данных, фактическая длина анализа уменьшается.



Применение 4. Проведение временного и частотного анализа

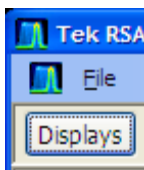
В следующем примере показано использование анализатора спектра в реальном масштабе времени серии RSA6100A для измерения скачкообразных изменений частоты. Прибор будет использоваться для:

- измерения времени перехода;
- измерения разницы между частотами скачков;
- измерения выброса частоты;
- детального просмотра спектрограммы с временной зависимостью частотных переходных режимов.

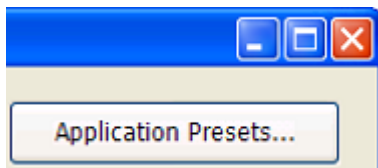
ПРИМЕЧАНИЕ. Следующие примеры основывались на использовании демонстрационного файла данных *TimeFrequency.tiq*. Можно при желании загрузить этот файл, чтобы воссоздать шаги, предпринимаемые в рассматриваемом приложении. Настройки сигнала в следующих примерах основаны на настройках сигнала в демонстрационном файле. При использовании реального сигнала настройки могут отличаться.

1. Нажмите кнопку **Displays** (экраны).

Откроется окно *Select Displays* (выбор экранов).

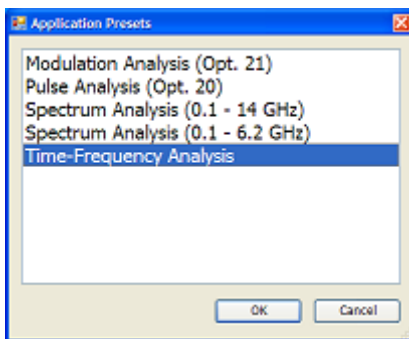


2. Нажмите кнопку **Application Presets...** (предустановки приложения)

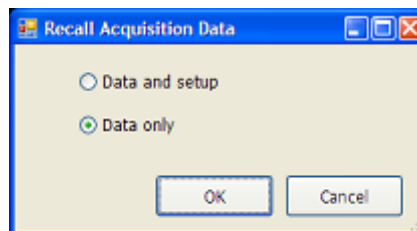
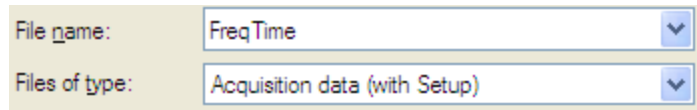
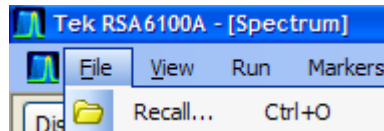


3. В открывшемся окне щелкните пункт **Time-Frequency Analysis** (частотно-временной анализ) и нажмите кнопку **OK**.

Благодаря предустановке приложения прибор автоматически выполняет за пользователя большую часть работы по настройке.



4. Щелкните пункт **File** (файл) и в появившемся ниспадающем меню выберите пункт **Recall...** (вызвать).
Вызов файла данных предотвращает запуск прибором регистрации новых данных, что позволяет анализировать данные, вызванные из памяти.
5. В окне *Open* (открыть) из раскрывающегося списка **Files of type** (тип файлов) выберите соответствующий пункт **Acquisition data (with Setup)** (данные регистрации (с настройкой)).
6. В поле **Look in** (поиск в) пройдите путь до подкаталога *c:\RSA6100A Files\Sample Data Records* и щелкните файл с именем **TimeFrequency.tiq**.
7. Нажмите кнопку **Open** (открыть).
8. В диалоговом окне **Recall Acquisition Data** (вызвать данные регистрации) выберите параметр *Data only* (только данные) и нажмите кнопку **OK**.



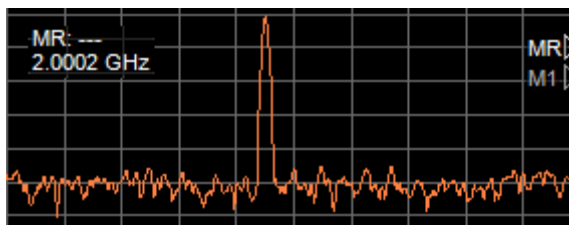
Данное приложение открывает четыре экрана: *Frequency vs. Time* (временная зависимость частоты), *Time Overview* (временной обзор), *Spectrogram* (спектрограмма) и *Spectrum* (спектр).

Эти экраны позволяют представлять скачкообразные сигналы как во временной, так и в частотной областях. Они включают в себя опорный маркер (MR) и маркер приращения (M1), позволяющие производить измерения скачков.

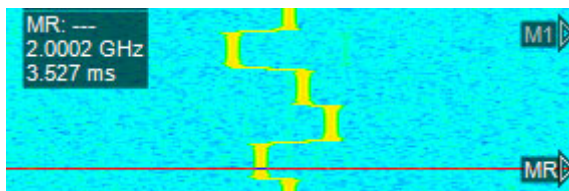
На экране *Frequency vs Time* (временная зависимость частоты) по вертикальной оси откладывается отклонение частоты от среднего значения, а по горизонтальной оси – время.



На экране *Spectrum* (спектр) по вертикальной оси откладывается мощность в логарифмическом масштабе, а по горизонтальной – частота.



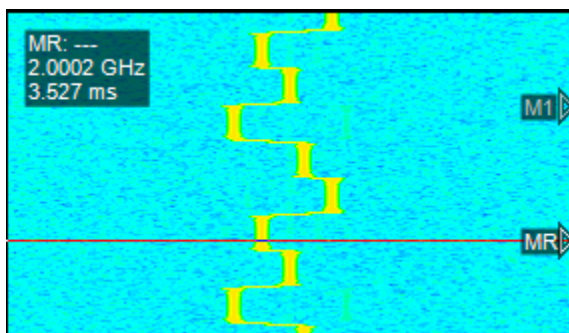
На экране *Spectrogram* (спектрограмма) по вертикальной оси откладывается время, а по горизонтальной – частота. Цвет в каждой точке отражает величину амплитуды при конкретной частоте в конкретный момент времени.



На экране *Time Overview* (временной обзор) по вертикальной оси откладывается мощность в логарифмическом масштабе, а по горизонтальной – время.

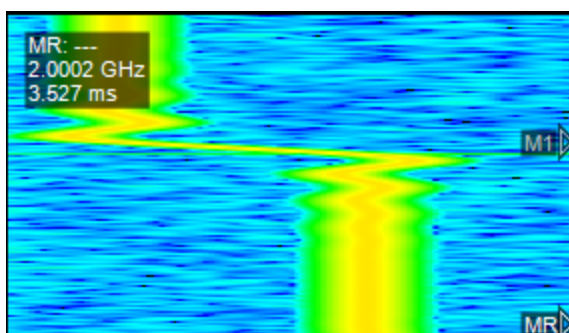


9. Переместите мышью на экран *Spectrogram* (спектрограмма).



10. Щелкните правой кнопкой мыши и выберите пункт **Zoom** (масштабирование) из контекстного меню. Растяните мышью в вертикальном и горизонтальном направлении сигнал спектрограммы, увеличив изображение до размера одного-двух скачков.

Один из способов понять смысл графика спектрограммы – это представить его себе как набор перевернутых спектральных кривых.



11. При помощи мыши переместите маркер MR на экране *Spectrogram* (спектрограмма) в требуемую точку. При перемещении маркера вверх и вниз наблюдайте за соответствующими изменениями его положения на экране *Spectrum* (спектр). Предустановка приложения *Time-Frequency Analysis* (частотно-временной анализ) сконфигурировала экран *Spectrum* (спектр) для отображения выбранной линии спектрограммы.

Продолжая перемещать маркер, следите, чтобы на экране *Time Overview* (временной обзор) мощность оставалась постоянной с течением времени даже при изменении со временем частоты на экране *Frequency vs Time* (временная зависимость частоты).

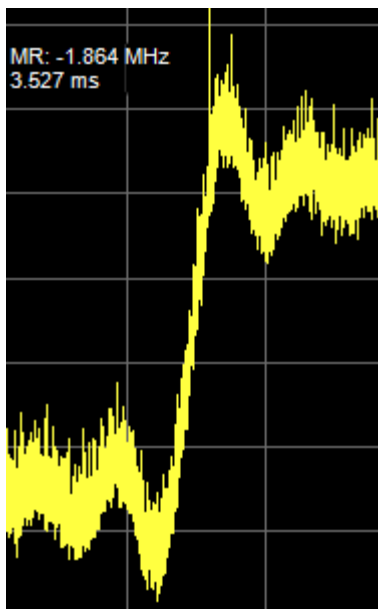
Частота, на которой находится маркер, коррелирует на экранах *Spectrum* (спектр) и *Spectrogram* (спектрограмма). Время, на котором установлен маркер, коррелирует на экранах *Spectrogram* (спектрограмма), *Frequency vs. Time* (временная зависимость частоты) и *Time Overview* (временной обзор).

12. Переведите экран *Frequency vs Time* (временная зависимость частоты) в режим полноэкранного отображения. Это способствует более аккуратному анализу сигнала.

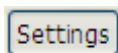


13. Щелкните правой кнопкой мыши и выберите пункт **Zoom** (масштабирование) из контекстного меню. Нажмите левую кнопку мыши и, удерживая ее в нажатом положении, перемещайте курсор, растягивая осциллограмму в горизонтальном и вертикальном направлениях до тех пор, пока на экране не останется один-два изолированных скачка.

Увеличение масштаба поможет рассмотреть сигнал более детально и, таким образом, более точно измерить величину выброса. Теперь, когда сигнал и выброс стали видны лучше, стало также хорошо видно, что сигнал содержит шум, ухудшающий качество измерения выброса. Таким образом, следующим шагом является очистка сигнала от шума. Одним из способов борьбы с шумом является установка минимально возможного диапазона.

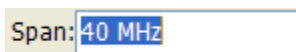


14. Нажмите кнопку **Settings** (настройки) в строке меню.



15. Щелкните в поле **Span** (диапазон) появившейся панели *Frequency vs Time Settings* (настройка временной зависимости частоты).

Этот элемент позволяет регулировать измеряемую полосу пропускания для всех типов измерений из папки *General Signal Viewing* (общий просмотр сигнала), включая измерение временной зависимости частоты. Ее изменение на одном из экранов приведет к соответствующему изменению на других экранах.



16. Нажмите на клавишу со стрелкой вниз – значение настройки уменьшится на 20 МГц.

Уменьшение ширины диапазона приводит к уменьшению измеряемой полосы пропускания. Уменьшение измеряемой полосы пропускания снижает уровень шума на осциллограмме временной зависимости частоты, позволяя получить более высокое разрешение частотных переходов.

Span: 20 MHz

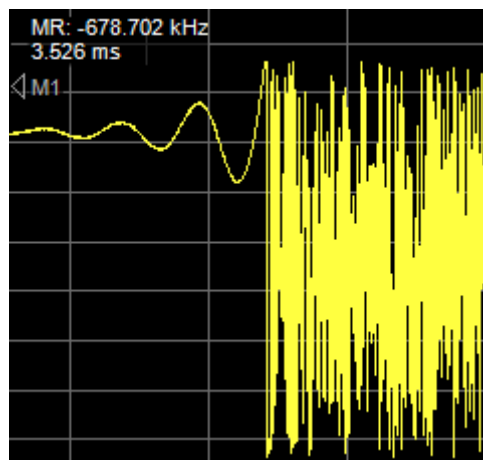
17. Нажмите кнопку **Replay** (повторное воспроизведение).

Щелкая в поле **Span** (диапазон), нажимая клавишу со стрелкой вниз и кнопку **Replay** (повторное воспроизведение), продолжайте далее очищать сигнал от шума до тех пор, пока не произойдет ухудшения вида осциллограммы.

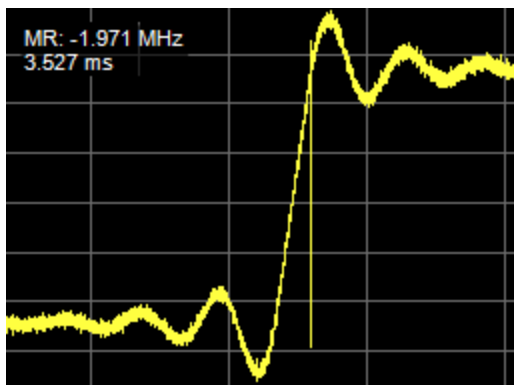
Replay

Измените значение диапазона до 10, 5 и 2 МГц. При значении диапазона, равном 2 МГц, осциллограмма явно нарушается и выглядит некорректно, как показано на рисунке справа. В ней больше нет скачка, который требуется измерить.

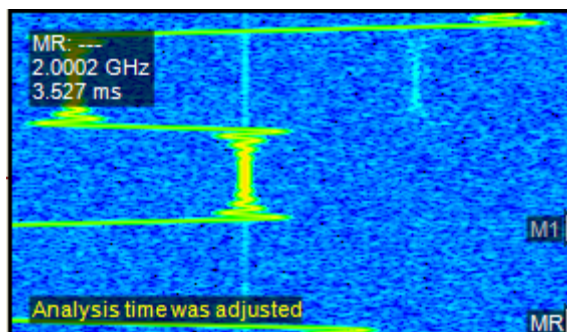
При задании слишком маленького диапазона происходит слишком сильное уменьшение измеряемой полосы пропускания. Результат измерения становится непригодным, поскольку происходит не только устранение нежелательного шума, но и удаление значительной части подлежащего измерению сигнала.



18. Дважды нажмите на клавишу со стрелкой вверх, чтобы вернуть установку диапазона на 10 МГц.
19. Нажмите кнопку **Replay** (повторное воспроизведение), чтобы восстановить оптимальный вид осциллограммы. Требуемый сигнал появится снова, причем, он будет выглядеть намного чище, чем это было при первоначальной настройке в 40 МГц.
Обратите внимание на приведенный справа снимок экрана, из которого видно, что сигнал очищен, и на нем четко виден переходный участок.



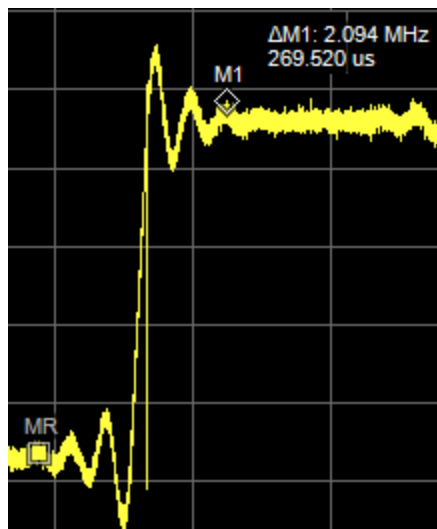
ПРИМЕЧАНИЕ. Чтобы еще лучше оптимизировать измерение, можно вернуться к шагу 9 и воспользоваться функциями **Span Zoom** (масштабирование диапазона) и **CF Pan** (панорамирование CF) вместо функций **Zoom** (масштабирование) и **Pan** (панорамирование) управляемого правой кнопкой мыши контекстного меню экрана Spectrogram (спектрограмма). Затем используйте кнопки **Replay** (повторное воспроизведение) и **Autoscale** (автоматический выбор масштаба). Такой подход позволяет еще сильнее уменьшить значение диапазона и получить более чистый сигнал для измерения.



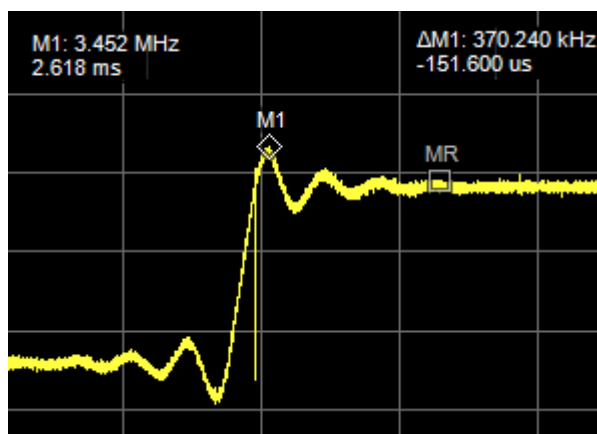
20. Закройте панель *Frequency vs Time Settings* (настройка временной зависимости частоты).



21. Поместите маркеры MR и M1 на панели *Frequency vs Time* (временная зависимость частоты), так чтобы между ними находился только один скачок, и измерьте частоту скачка. На приведенном справа примере перепад частоты составляет 2,094 МГц. Маркер MR характеризует нижнее плато осциллограммы, а маркер M1 – верхнее.



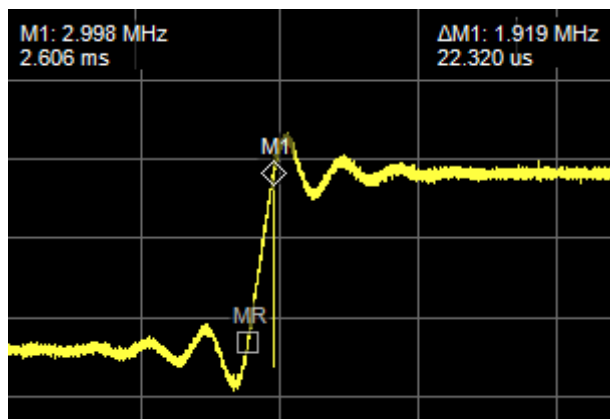
22. Переместите маркеры, чтобы измерить величину выброса. Маркер M1 располагается на пике выброса, а маркер MR – на среднем уровне верхнего плато частоты. При этом величина выброса составляет 370,240 кГц. Выброс происходит за 151,600 мкс до точки, где установлен опорный маркер MR.



23. Переместите маркеры, чтобы измерить время переходного процесса. Если трудно точно установить маркеры, попробуйте использовать регулятор общего назначения.

Как видно из рисунка, отсчет времени переходного процесса начинается вблизи точки начала скачка сигнала, и заканчивается вблизи точки выхода сигнала на новый уровень частоты. Измерение продолжительности переходного процесса может осуществляться и другими методами. Например, запуск измерения может производиться в момент появления какого-либо другого сигнала, а завершение измерения – когда частота фиксируется в пределах некоторого допуска относительно заданного уровня.

В данном случае измеренная продолжительность переходного процесса составляет 22,320 мкс для скачка величиной 1,919 МГц.



Применение 5. Захват нестационарных сигналов

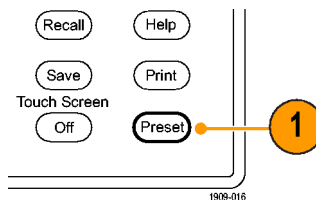
При помощи экрана DPX Spectrum (спектр DPX) анализатор спектра серии RSA6100A может идентифицировать редко встречающиеся нестационарные сигналы и сигналы малой мощности, которые могут перекрываться более сильными сигналами. После обнаружения факта существования этих сигналов можно использовать некоторые из следующих средств для захвата и более подробного исследования сигналов с целью определения причины их возникновения:

- чтобы проверить наличие сигналов, отличающихся от немодулированного сигнала (CW), используйте функцию Max Hold (запоминание максимума);
- для просмотра нестационарных сигналов используйте экран DPX Spectrum (спектр DPX);
- для захвата любого сигнала, который нарушает маску, создайте частотную маску и используйте синхронизацию по частотной маске;
- для просмотра нарушений маски во временной и частотной областях используйте спектрограмму с синхронизацией по частотной маске.

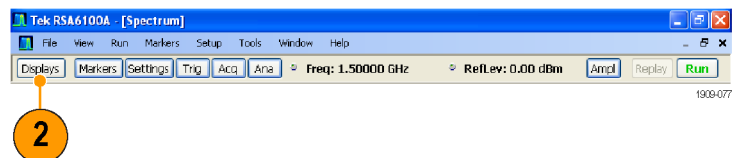
Обнаружение нестационарных сигналов с помощью экрана DPX Spectrum (спектр DPX)

В дополнение к кривым в виде линий для просмотра сигналов на экране DPX Spectrum (спектр DPX) используется изображение в виде точек. Точечные изображения могут представлять многопараметрические сигналы так, чтобы можно было увидеть низкоуровневые и более мощные сигналы, которые появляются на одной и той же частоте, но в разное время.

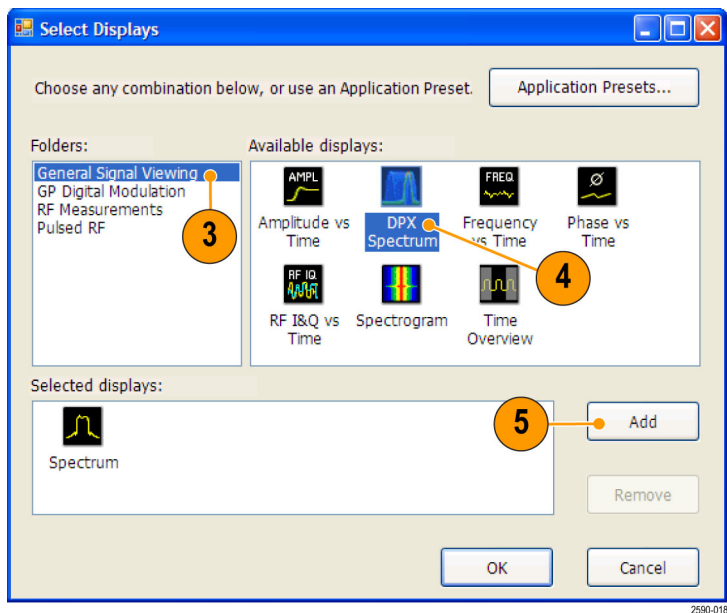
1. Нажмите на передней панели кнопку Preset (предварительная установка), чтобы установить в приборе настройки по умолчанию.



2. Нажмите кнопку Displays (экраны).

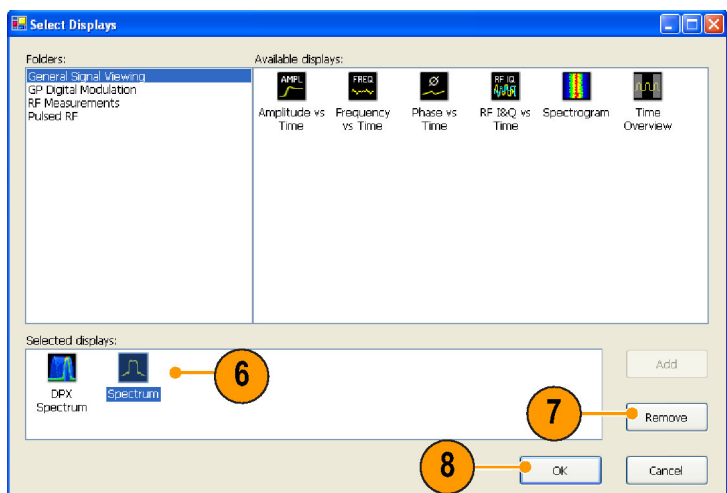


3. Выберите папку General Signal Viewing (общий просмотр сигнала).
4. Выберите значок DPX Spectrum (спектр DPX).
5. Щелкните кнопку **Add** (добавить), чтобы добавить приложение в список Selected Displays (выбранные экраны).



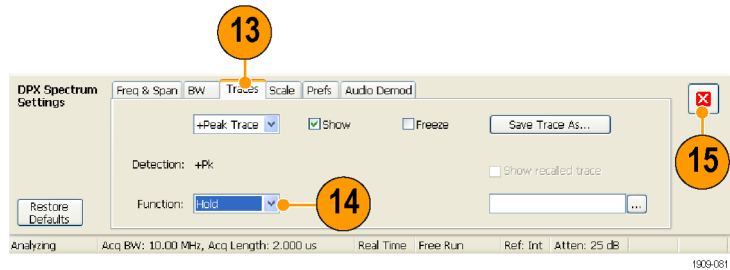
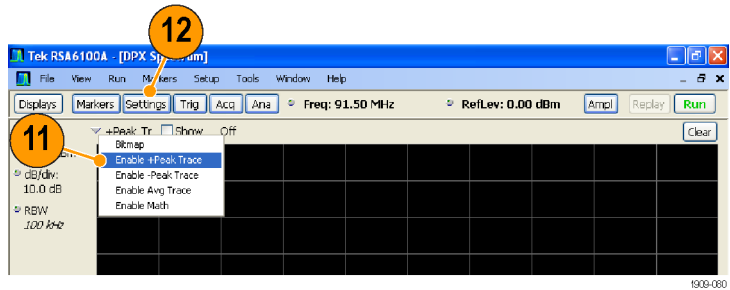
2590-018

6. В списке Selected Displays (выбранные экраны) выделите значок Spectrum (спектр).
7. Щелкните кнопку **Remove** (удалить), чтобы удалить значок из списка.
8. Закройте диалоговое окно.



1909-079

9. Настройте прибор на сигнал.
10. Настройте диапазон.
11. В раскрывающемся меню выберите пункт **Enable +Peak Trace** (включить + кривая пиковых значений). Эта новая кривая обнаруживает самые высокие пики в каждом кадре DPX.
12. Щелкните кнопку **Settings** (настройки), чтобы открыть панель управления DPX Spectrum Settings (параметры спектра DPX).
13. Щелкните вкладку **Traces** (кривые).
14. В списке Function (функция) выберите значение **Hold** (удержание), чтобы сохранять пиковые значения всех регистраций.
15. Закройте панель управления.



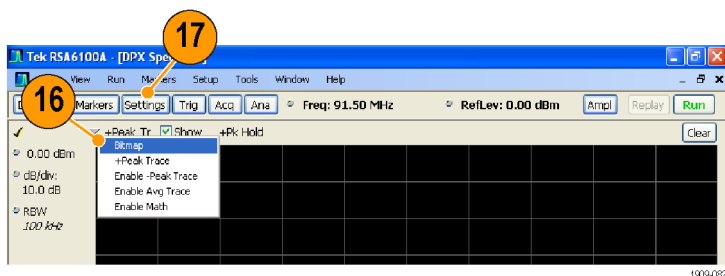
Совет

- Щелкните кнопку **Clear** (очистить), расположенную прямо над графиком справа, чтобы очистить экран и заново начать сбор точек.

Функция Hold (удержание) показывает наивысшие точки, собранные во время обновлений. Кривая Hold (удержание) показывает наивысшие точки, но не показывает сигналы, которые находятся ниже значения максимума на любой частоте. Однако это возможно с помощью кривой точечных изображений DPX.

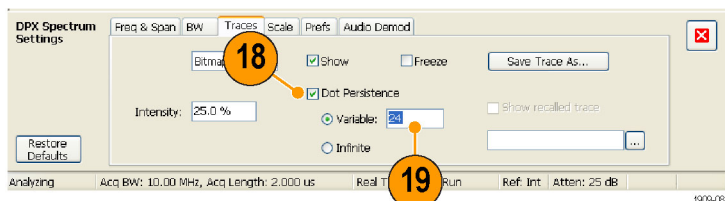
16. Выберите пункт **Bitmap** (точечное изображение) из раскрывающегося списка.

17. Щелкните кнопку **Settings** (настройки), чтобы открыть панель управления DPX Spectrum Settings (параметры спектра DPX).



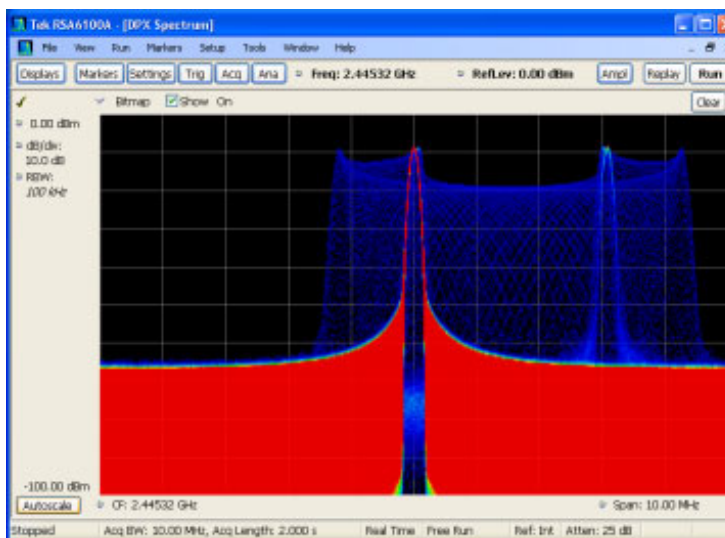
18. Включите функцию **Dot Persistence** (послесвечение точки) – установите ее флажок.

19. Увеличьте значение параметра настройки послесвечения Variable (переменное).



Чем выше значения параметров настройки послесвечения Variable (переменное) и яркости Intensity (яркость), тем быстрее увидите редко повторяющиеся события. В этом примере, сигналы, которые встречаются чаще, отображаются красным цветом; редко повторяющиеся сигналы будут отображаться синим цветом.

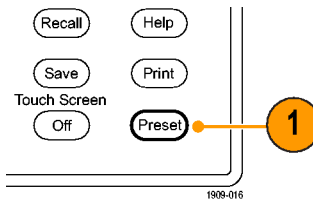
Эти настройки также можно использовать для отображения сигналов ниже максимального уровня сигнала. Например, для отображения сигнала низкого уровня при наличии импульсного сигнала могут потребоваться меньшие значения параметров послесвечения и яркости.



Синхронизация по частотной маске

Если в вашем приборе установлена опция 05, то можно использовать редактор масок, чтобы создавать частотные маски для синхронизации нестационарных сигналов. Чтобы получить хороший визуальный опорный сигнал, который можно будет использовать для создания частотной маски, выполните следующие действия.

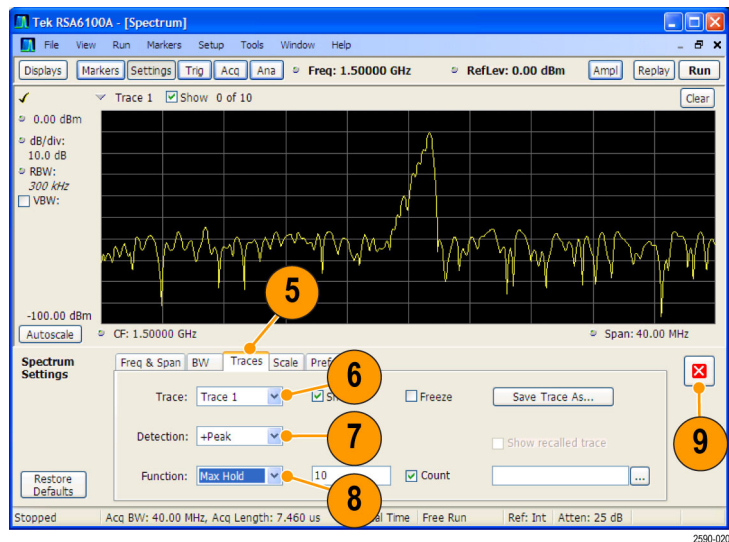
1. Нажмите на передней панели кнопку **Preset** (предварительная установка), чтобы установить в приборе настройки по умолчанию.



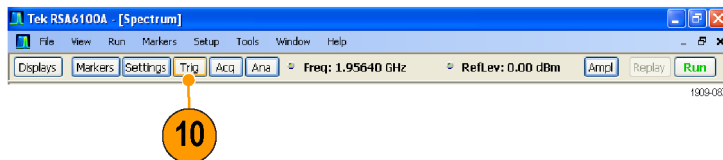
2. Настройте прибор на частоту вашего сигнала.
3. Настройте диапазон.
4. Щелкните кнопку **Settings** (настройки), чтобы открыть панель управления Settings (настройки).



5. Выберите вкладку **Traces** (кривые).
6. Выберите **Trace 1** (кривая 1) (убедитесь, что установлен флажок **Show** (показать)).
7. Установите для параметра **Detection** (обнаружение) значение **+Peak** (+пиковое значение).
8. Установите для параметра **Function** (функция) значение **Max Hold** (запоминание максимума).
9. Закройте панель управления.

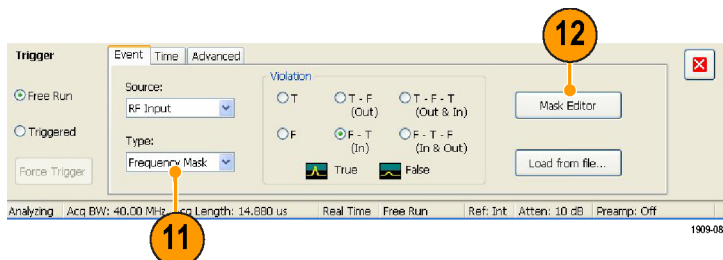


10. Щелкните кнопку **Trig** (запуск), чтобы открыть панель управления Trigger (синхронизация).



11. Установите для параметра Type (тип) значение **Frequency Mask** (частотная маска).

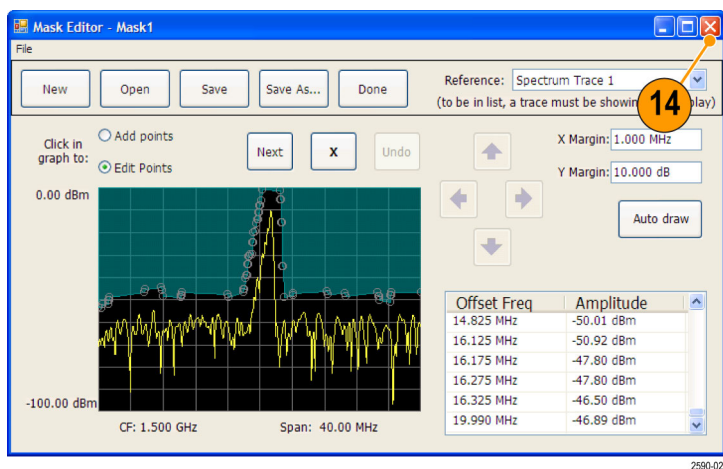
12. Щелкните кнопку **Mask Editor** (редактор масок), чтобы открыть диалоговое окно Mask Editor (редактор масок).



13. Используйте диалоговое окно Mask Editor (редактор масок) для создания маски для вашего сигнала. Начните с использования функции **Auto draw** (автоматическое построение) и при необходимости выполните подгонку.

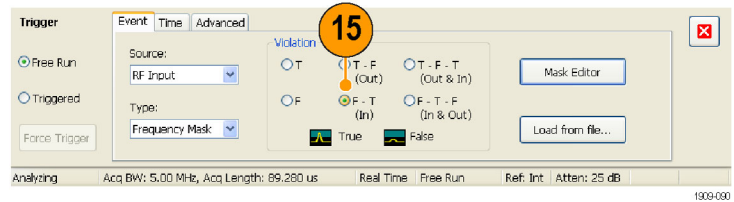
Осциллограммы, выбранные на экране анализатора спектра, используются в редакторе масок в качестве опорных. Доступны все параметры обнаружения и функции кривых.

14. Закройте диалоговое окно Mask Editor (редактор масок).



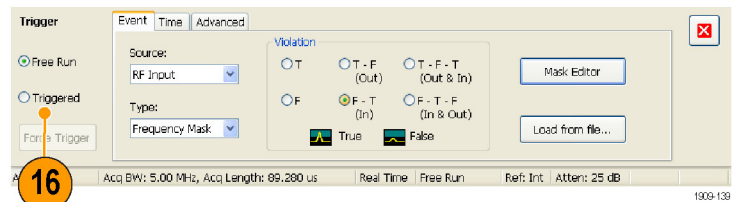
15. Выберите интересующее вас условие.

Например, если вы хотите, чтобы прибор запускался при обнаружении первого нарушения после просмотра, по крайней мере, одной регистрации, не имеющей нарушений, то выберите для параметра Violation (нарушение) переключатель F > T. (Нарушением считается событие, когда какая-либо точка находится внутри затененной области маски.)



16. Задайте параметр **Triggered** (с синхронизацией).

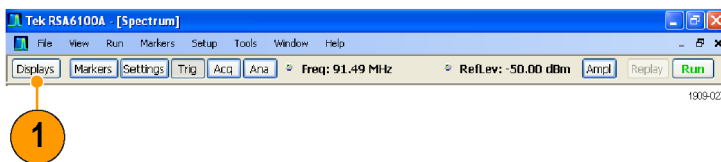
Прибор будет запускаться при появлении нарушения. Если вы опасаетесь, что прибор может запуститься преждевременно (при появлении шума вместо реального нарушения), вы можете настроить маску так, чтобы оставить запас большего размера между маской и сигналом.



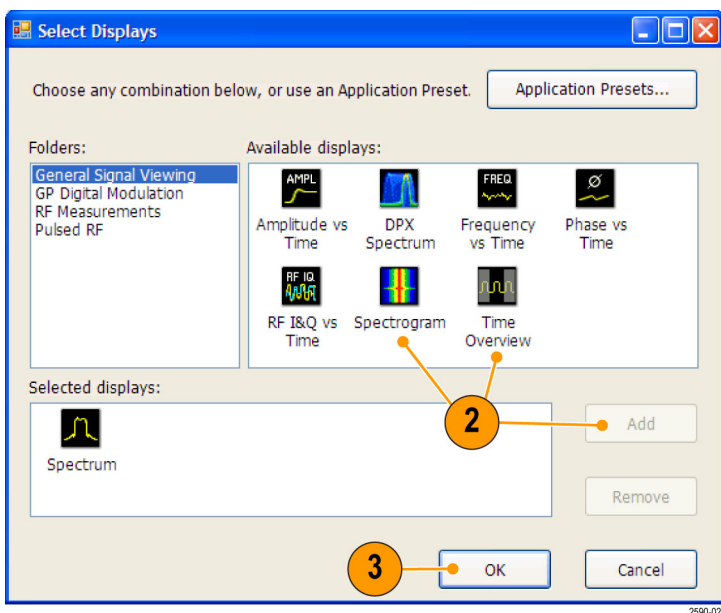
Просмотр нестационарных сигналов во временной и частотной областях

Спектрограммы позволяют просматривать изменение сигналов во времени. Для изучения нестационарных сигналов, нарушающих маску, можно использовать экран Spectrogram (спектрограмма). Объединение экрана Spectrogram (спектрограмма) с функцией синхронизации по частотной маске (Frequency Mask Trigger) позволяет просматривать, как часто происходят нарушения, и находить причину неполадки.

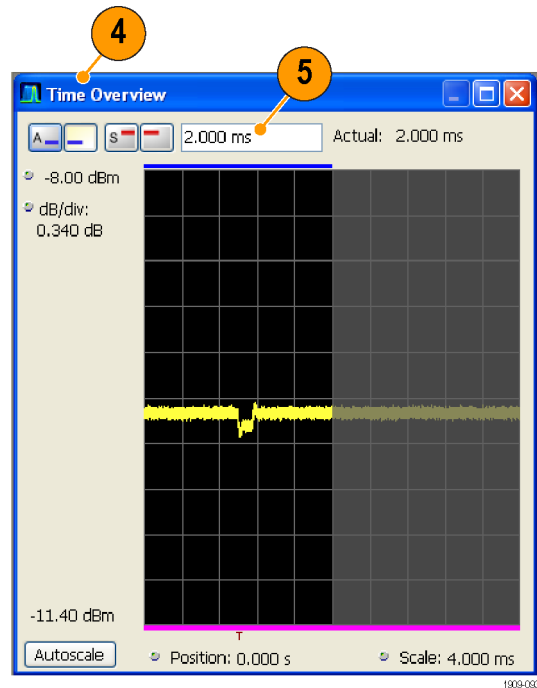
1. Щелкните кнопку **Displays** (экраны), чтобы открыть диалоговое окно Select Displays (выбор экранов).



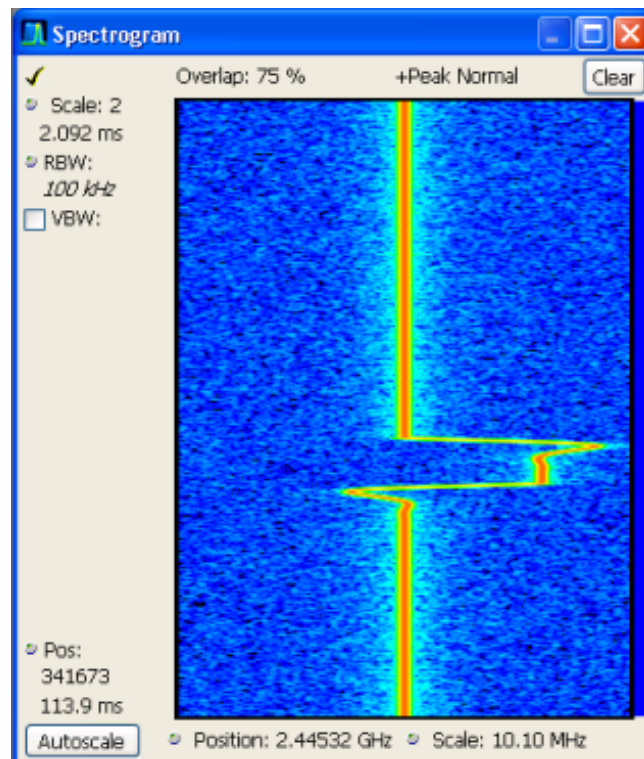
2. Добавьте экраны Spectrogram (спектрограмма) и Time Overview (временной обзор).
3. Закройте диалоговое окно.



4. Выберите экран Time Overview (временной обзор).
5. Увеличивайте значение параметра Analysis Length (длина анализа) до тех пор, пока экран Time Overview (временной обзор) не захватит нестационарный сигнал.

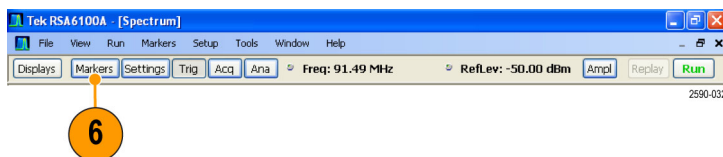


На экране Spectrogram (спектрограмма) показан пример нестационарного сигнала. По мере увеличения значения параметра Analysis Length (длина анализа) количество линий спектрограммы внутри каждой регистрации будет возрастать. Маски вдоль правой стороны экрана Spectrogram (спектрограмма) показывают начало каждой записи регистрации.

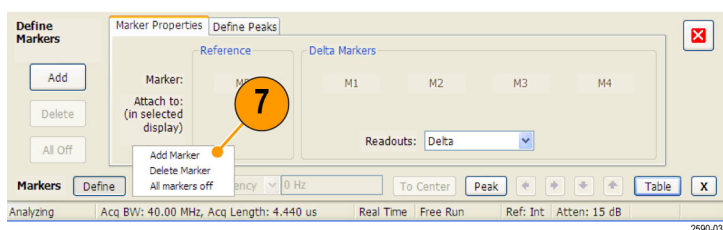


На экране Spectrogram (спектрограмма) одновременно отображаются и временная и частотная области. Вертикальная ось – это ось времени, более новые данные отображаются в нижней части спектрограммы. Горизонтальная ось – это ось частот, перекрывающая тот же диапазон частот, что и на экране Spectrum (спектр).

6. Щелкните кнопку **Markers** (маркеры), чтобы открыть панель инструментов маркеров.

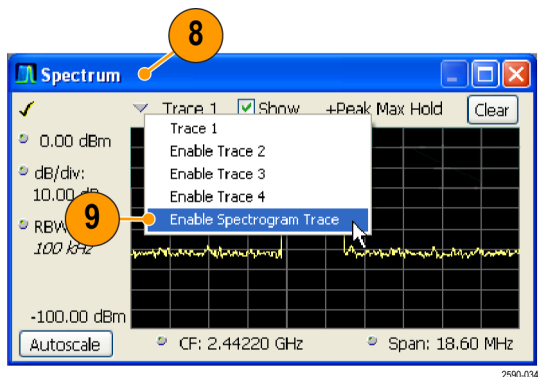


7. Выберите **Add Marker** (добавить маркер), чтобы добавить на экран один маркер.



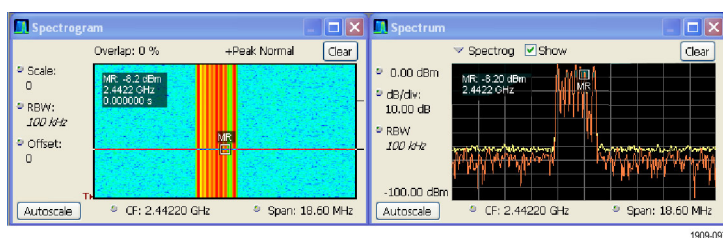
8. Выберите экран Spectrum (спектр), щелкнув строку заголовка.

9. Убедитесь, что на экране Spectrum (спектр) установлен флажок Spectrogram Trace (кривая спектрограммы).



Кривая спектрограммы на экране Spectrum (спектр) соответствует строке, выбранной на экране Spectrogram (спектрограмма) активным маркером.

ПРИМЕЧАНИЕ. Если активный маркер отсутствует, кривая спектрограммы на экране Spectrum (спектр) показывает первую линию периода анализа в записи данных текущей регистрации.



Совет

- Кривые 1, 2, 3 и 4 спектра показывают спектр для параметра *Spectrum Time* (время отображения спектра), выбранного на экране Time Overview (временной обзор) или на вкладке Spectrum Time (время отображения спектра) панели управления анализом. Для сравнения отметим, что спектрограмма охватывает значение параметра *Analysis Time* (время анализа), выбранное на экране Time Overview (временной обзор) или на вкладке Analysis Time (время анализа) панели управления анализом.

Применение 6. Проведение импульсных измерений

Измерения импульсных РЧ-сигналов всегда были трудной задачей. Для выполнения некоторых измерений требовались изготовленные по специальному заказу сложные приборы. Чтобы правильно использовать эти изготовленные по специальному заказу приборы и получать необходимую точность измерений, необходимо было проводить обучение работе на приборах. Анализаторы спектра Tektronix, работающие в реальном масштабе времени, за счет автоматизации измерений упростили процедуру выполнения измерений импульсных сигналов. Анализатор спектра серии RSA6100A, в котором установлена опция 20, может заменить специализированное испытательное оборудование, обычно необходимое для измерений параметров импульсных РЧ-сигналов.

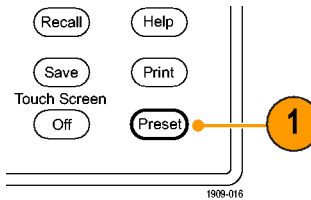
Ниже показан порядок выполнения измерений импульсных радиочастотных сигналов:

- запишите серию радиочастотных импульсов в одной записи регистрации;
- выберите измерения для отображения в таблице импульсов;
- исследуйте форму импульса и измерьте опорные точки с помощью экрана Pulse Trace (форма импульса);
- просмотрите тренд и результаты БПФ-анализа измерений с помощью экрана Pulse Statistics (статистика импульсов).

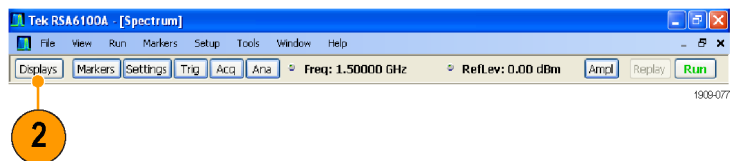
ПРИМЕЧАНИЕ. Чтобы выполнить следующий пример, вам необходим импульсный сигнал или подходящая сохраненная запись данных. В этом примере используется файл *PulseDemo.tiq*, который находится в папке *C:\RSA6100A Files\Sample Data Records*.

Захват импульсов

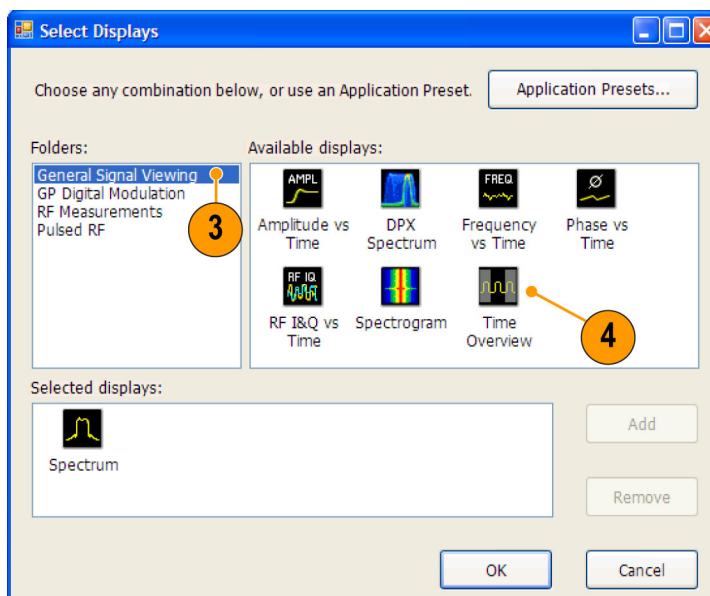
1. Нажмите на передней панели кнопку Preset (предварительная установка), чтобы установить в приборе настройки по умолчанию.



2. Щелкните кнопку **Displays** (экраны), чтобы открыть диалоговое окно Select Displays (выбор экранов).

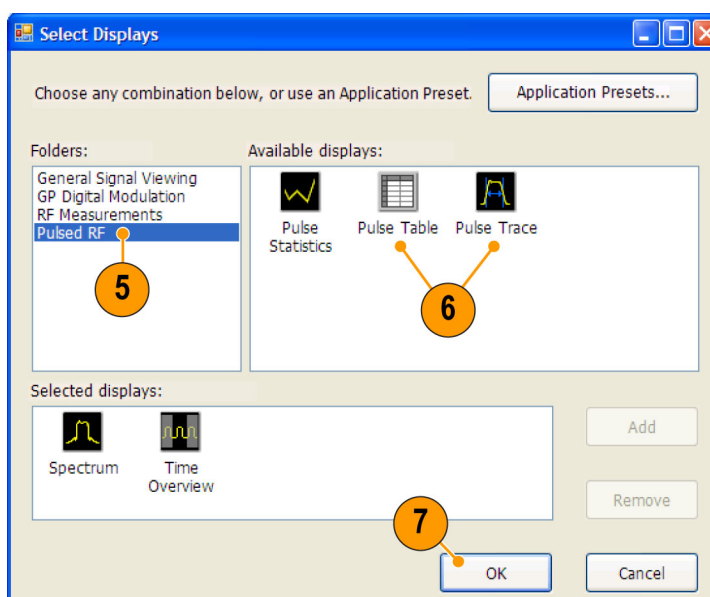


3. Выберите папку General Signal Viewing (общий просмотр сигнала).
4. Выберите значок Time Overview (временной обзор) и добавьте приложение в список Selected Displays (выбранные экраны).



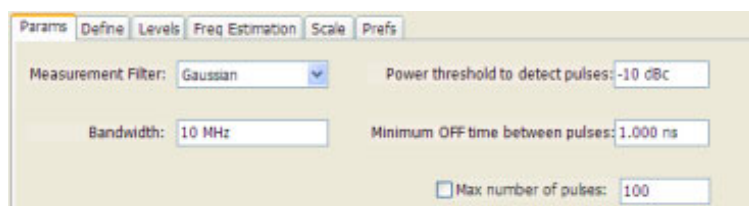
2590-023

5. Выберите папку Pulsed RF (импульсный РЧ-сигнал).
6. Добавьте в список Selected Displays (выбранные экраны) экраны Pulse Table (таблица импульсов) и Pulse Trace (форма импульса).
7. Нажмите кнопку **ОК**, чтобы закрыть диалоговое окно.
8. Установите для параметра Frequency (частота) значение 2,7 ГГц.

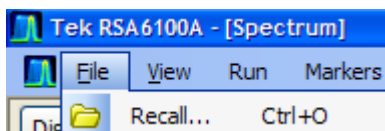


2590-024

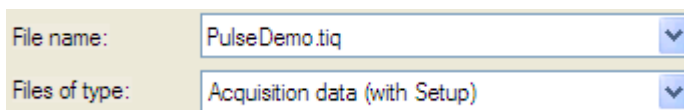
9. Выберите экран **Pulse Trace** (форма импульса) и щелкните кнопку **Settings** (настройки).
10. Задайте параметру **Bandwidth** (полоса пропускания) значение 10 MHz (10 МГц). Закройте панель управления Settings (настройки).



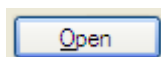
11. Выберите пункты меню **File > Recall** (файл > вызвать).



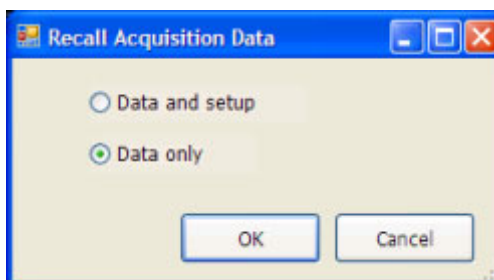
12. Перейдите к: c:/RSA6100A
Files/SampleDataRecords.
Выберите пункт **Acquisition data**
(данные регистрации) в поле **Files of
type** (тип файлов).
Выберите файл **PulseDemo.tiq** в поле
File name (имя файла).



Нажмите кнопку **Open** (открыть).

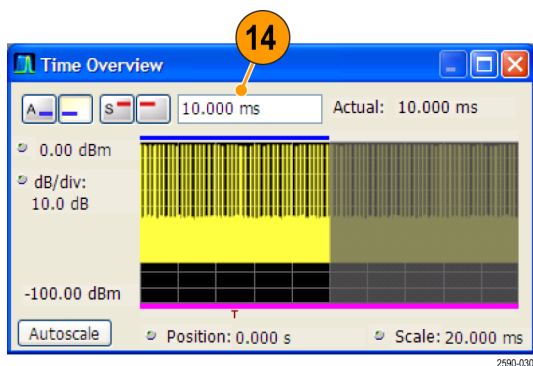


13. При появлении окна **Recall Acquisition
Data** (вызвать данные регистрации)
задайте параметр **Data Only** (только
данные) и нажмите кнопку **OK**.



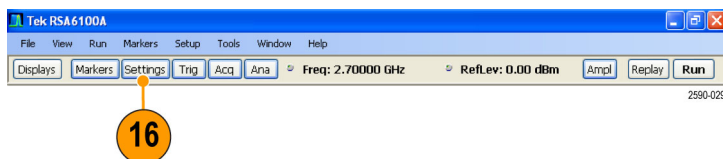
В качестве альтернативы можно
использовать реальный сигнал
по своему усмотрению, для чего
нужно перезапустить прибор, чтобы
он соответствовал параметрам
регистрируемого сигнала.

14. На экране Time Overview (временной обзор) установите значение параметра Analysis Length (длина анализа), чтобы включить несколько импульсов. Уменьшите горизонтальную шкалу примерно до 10 мс, чтобы можно было видеть в деталях первый импульс. Отрегулируйте значение Spectrum Offset (смещение спектра), так чтобы Spectrum Time (время отображения спектра) включало в себя время прихода этого импульса.



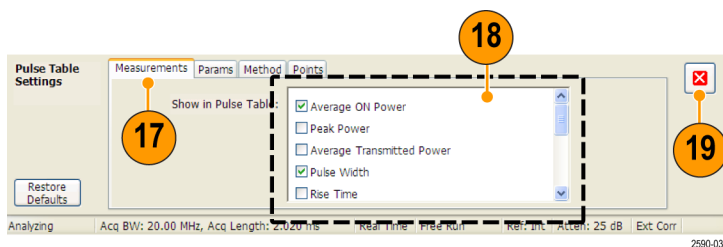
15. Нажмите кнопку Replay (повторное воспроизведение), чтобы запустить измерения в рамках нового периода анализа и нового времени отображения спектра.

16. Выберите экран Pulse Table (таблица импульсов), затем щелкните кнопку **Settings** (настройки).



17. Выберите вкладку **Measurements** (измерения).

18. Выберите представляющие интерес измерения. (В данном примере выберите параметры **Average ON Power** (средняя мощность при включении), **Pulse Width** (длительность импульса) и **Rise Time** (время нарастания).)



19. Закройте панель управления.

20. Когда на экране Pulse Table (таблица импульсов) появятся данные, нажмите кнопку **Replay** (повторное воспроизведение), чтобы переобработать измеренные значения таблицы импульсов.

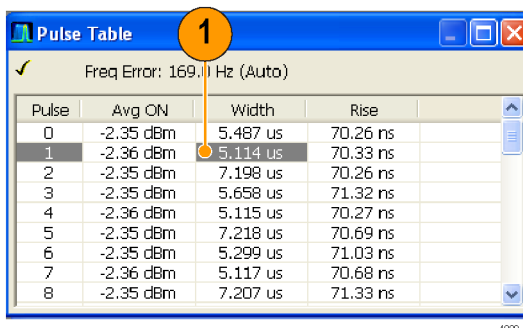
Совет

- Можно выполнять измерения, когда прибор запущен и когда остановлен. На остановленном приборе, возможно, легче считывать результаты измерений из уже захваченных данных.

Измерение параметров захваченных импульсов

После захвата импульсов для детального просмотра конкретных измерений можно воспользоваться экраном Pulse Trace (кривая импульса).

1. Выберите один из результатов измерений на экране Pulse Trace (кривая импульса). Например, щелкните ячейку с измеренным значением Width (длительность) для импульса 1 (Pulse 1).

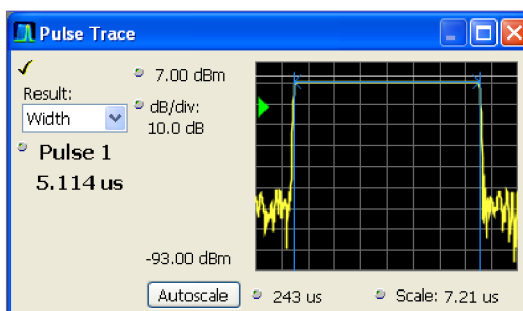


Pulse	Avg ON	Width	Rise
0	-2.35 dBm	5.487 us	70.26 ns
1	-2.36 dBm	5.114 us	70.33 ns
2	-2.35 dBm	7.198 us	70.26 ns
3	-2.35 dBm	5.658 us	71.32 ns
4	-2.36 dBm	5.115 us	70.27 ns
5	-2.35 dBm	7.218 us	70.69 ns
6	-2.35 dBm	5.299 us	71.03 ns
7	-2.36 dBm	5.117 us	70.68 ns
8	-2.35 dBm	7.207 us	71.33 ns

1909-102

На экране Pulse Trace (кривая импульса) показана кривая зависимости амплитуды от времени для выбранного результата на выбранном импульсе. Синие линии и стрелки показывают, как выполнялось измерение.

Зеленая стрелка на экране показывает порог мощности, использованный для определения импульсов. Если этот порог установлен слишком высоким или слишком низким, то импульсы не будут обнаруживаться. Порог мощности устанавливается на вкладке Settings > Params (настройки > параметры).

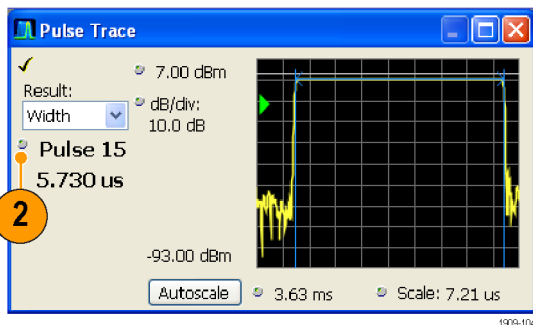


1909-103

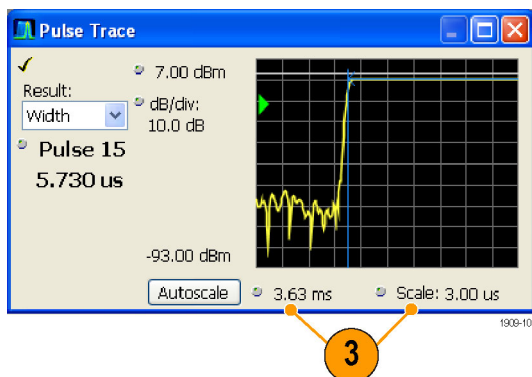
- Щелкните на экране Pulse Trace (кривая импульса) элемент управления Pulse (импульс) и введите другой номер импульса.

Новый импульс появляется на экране Pulse Trace (кривая импульса) и выбирается на экране Pulse Table (таблица импульсов). Для просмотра и анализа результатов измерений импульсов можно использовать экраны Pulse Trace (кривая импульса) и Pulse Table (таблица импульсов) совместно.

Можно выбрать другой результат на экране Pulse Trace (кривая импульса), и он также будет выбран на экране Pulse Table (таблица импульсов).



- Для увеличения деталей выбранного импульса используйте элементы управления Scale (масштаб) и Offset (смещение). Например, можно настроить элементы управления для получения подробного представления результатов измерения времени нарастания импульса, как показано на рисунке.



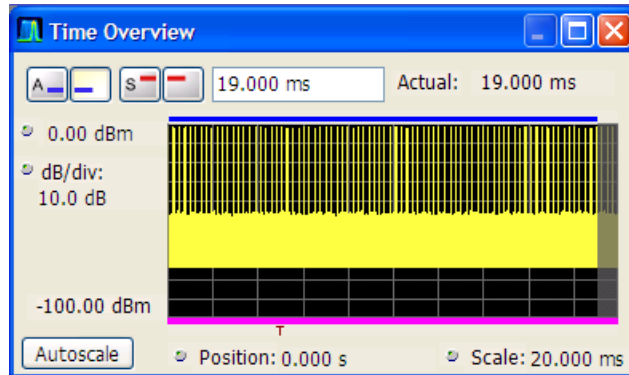
Совет

- Чтобы оптимизировать смещение по вертикали и горизонтали и значения масштаба, щелкните **Autoscale** (автоматический выбор масштаба).
- При использовании масштаба или смещения настройте элемент управления для перемещения области интереса к самой кромке у левой стороны экрана, затем настройте масштаб, чтобы развернуть область интереса. Другой способ изменения масштаба – щелкнуть правой кнопкой мыши по графику и выбрать в раскрывшемся контекстном меню пункты Pan (панорамирование) или Zoom (масштабирование), после чего при помощи мыши или сенсорного экрана растянуть график.

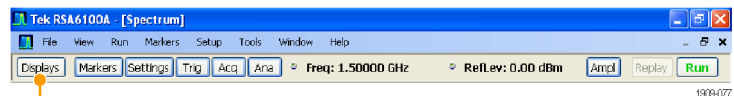
Просмотр статистики измерений для всех измеренных импульсов

Для отображения тренда или результатов БПФ-анализа можно использовать экран Pulse Statistics (статистика импульсов). Чтобы получить наилучшее разрешение по частоте и наилучший динамический диапазон, необходимо включить в период анализа много импульсов.

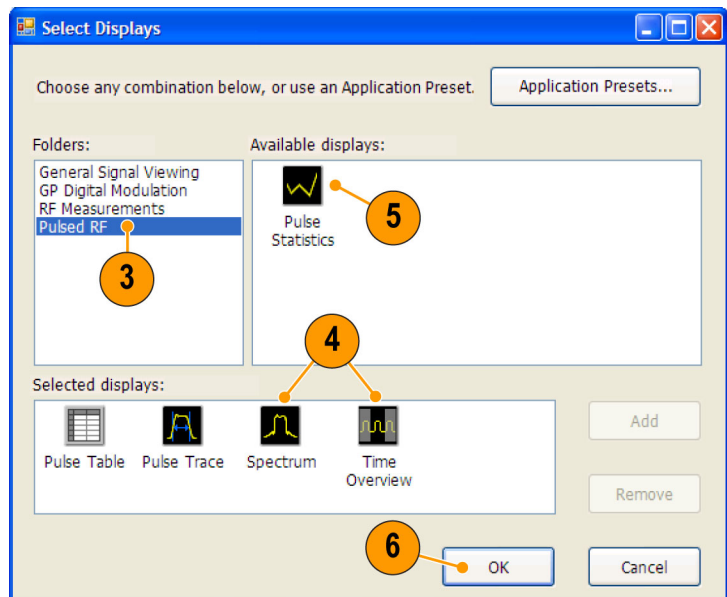
1. Установите значение Analysis Length (длина анализа) на экране Time Overview (временной обзор), равное 19 ms (19 мс).



2. Щелкните кнопку **Displays** (экраны), чтобы открыть диалоговое окно Select Displays (выбор экранов).



3. Выберите папку Pulsed RF (импульсный РЧ-сигнал).
4. Удалите значки Spectrum (спектр) и Time Overview (временной просмотр) из списка Selected Displays (выбранные экраны).
5. Добавьте в список Selected Displays (выбранные экраны) значок Pulse Statistics (статистика импульсов).
6. Закройте диалоговое окно.

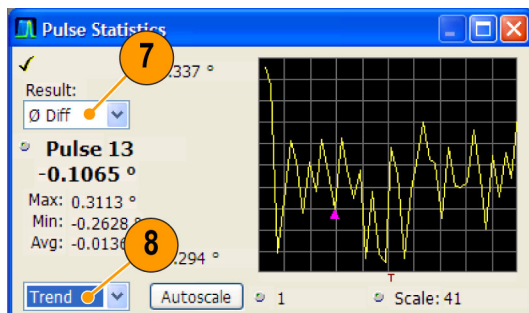


Если выбран параметр Trend (тренд), на экране Pulse Statistics (статистика импульсов) выводится график результатов выбранного измерения для каждого измеренного импульса.

7. Выберите измерения Φ Diff. Результаты измерения фазы для каждого импульса – это хорошие примеры того, как показывать тренд и статистику БПФ.

8. Замените кривую статистики на FFT (БПФ).

БПФ показывает напоминающую спектр кривую зависимости амплитуды (в дБ, относительно наибольшего результата в наборе) от частоты. Это может быть полезным для идентификации помех в импульсном сигнале. Например, если около частоты 60 Гц появляется выброс, он может означать связь с источником переменного тока.



2590-026

