

# Анализ скорости измерения уровня паразитного излучения с помощью анализаторов спектра

## Указания по применению

### Изделия:

- | R&S®FSU
- | R&S®FSV
- | R&S®FSW

Скорость измерения при измерении паразитных сигналов в основном определяется скоростью развертки анализатора спектра. При использовании обычных сканирующих анализаторов спектра и узких пределов паразитного излучения измерение может выполняться часами или даже весь день. В настоящем документе описаны отличия в скорости развертки классических сканирующих анализаторов спектра и современных анализаторов спектра с широкополосной БПФ-обработкой сигнала, а также влияние такой обработки на скорость проведения общих измерений паразитного излучения.

# Содержание

<b>1</b>	<b>Введение .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Общие сведения.....</b>	<b>3</b>
2.1	Собственный тепловой шум .....	3
2.2	Влияние детектора .....	4
<b>3</b>	<b>Сравнение архитектур.....</b>	<b>5</b>
3.1	Архитектура сканирующего анализатора спектра.....	5
3.2	Широкополосный анализатор спектра и сигналов .....	7
<b>4</b>	<b>Измерение паразитного излучения: скорость измерения.....</b>	<b>9</b>
4.1	Скорость сканирующего анализатора спектра .....	10
4.2	Скорость анализаторов спектра, использующих БПФ .....	11
<b>5</b>	<b>Заключение .....</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>Информация для заказа.....</b>	<b>15</b>

# 1 Введение

Паразитные излучения испытуемого устройства (ИУ) могут быть вызваны нежелательными эффектами, такими как гармонические излучения, побочные излучения, интермодуляционные составляющие и паразитные составляющие при преобразовании частоты. Измерение низкоуровневого паразитного излучения передатчика требует наибольших затрат времени, так как для проведения измерения необходимо добиваться крайне низкого уровня собственных тепловых шумов. Чтобы исключить собственный шум анализатора спектра, требуется малая полоса разрешения. Чем уже полоса разрешения, тем больше время измерения и меньше скорость развертки. На скорость выполнения измерения паразитного излучения сильно влияет архитектура анализатора спектра.

В данном документе приводится сравнение архитектуры сканирующего (развертывающего) анализатора спектра и современного широкополосного анализатора спектра с применением БПФ-обработки и описано ее влияние на скорость развертки. Также в данном документе приведена теоретическая информация по скорости развертки и практические результаты измерения паразитного излучения.

## 2 Общие сведения

Для проведения общих измерений паразитного излучения требуется низкий уровень собственных шумов в широком частотном диапазоне. У нижней границы диапазона этот уровень является главным ограничивающим фактором. Обычно уровень шумов должен быть на 10 дБ ниже пределов паразитного излучения для наилучшего соотношения сигнал-шум. Пока уровень собственного шума определяется структурой анализатора спектра, доступный диапазон измерения также ограничен разрешением по частоте и используемым детектором. Если полосу частот уменьшить в 10 раз, то уровень шума понизится на 10 дБ. Но при понижении уровня шума катастрофически возрастает время измерения. Потому очень важно выбрать полосу частот так, чтобы она соответствовала требованиям измерения паразитного излучения, но при этом время измерения было приемлемым.

### 2.1 Собственный тепловой шум

Для измерения основных параметров паразитного излучения полосовой фильтр, определяющий разрешение по частоте, может быть настроен на уменьшение собственного шума анализатора спектра до значений ниже требований измерения. Тепловой шум анализатора спектра определяется средним уровнем собственных шумов (DANL) при заданном частотном разрешении (например, полосе разрешения  $RBW = 1$  Гц). Типичное значение для высокопроизводительного анализатора спектра составляет около  $-155$  дБмВт для полосы частот 1 Гц. Измерения собственного шума вместе с паразитным излучением зависят от требуемой полосы частот и могут определяться значением DANL. Когда разрешение не задано в требованиях на проведение испытаний, можно рассчитать требуемое значение по заданному максимальному уровню шума.

Для коррекции собственного шума из-за полосы разрешения применяется следующая формула:

$$\text{DANL (RBW)} = \text{DANL (1 Hz)} + 10 \cdot \log \left[ \frac{\text{RBW / Hz}}{1 \text{ Hz}} \right], \quad (1)$$

где:

DANL (RBW) – средний уровень собственных шумов в выбранной полосе разрешения RBW;

DANL (1 Hz) – средний уровень собственных шумов в полосе частот 1 Гц;

RBW / Hz – выбранная полоса частот разрешения.

Например, при полосе разрешения 1 кГц средний уровень собственных шумов необходимо поправить на 30 дБ.

## 2.2 Влияние детектора

Современный анализатор спектра выводит на ЖК-экран спектр, используя растровую развертку. Особенностью такого отображения является то, что количество пикселей по частотной оси ограничено. Когда выполняется измерение в широких частотных диапазонах при узкой полосе частот разрешения (ширина пикселя больше, чем RBW), например, измерение паразитного сигнала, информация об уровне в каждой точке по частотной оси должна быть сжата в соответствии с имеющимися пикселями экрана. Анализаторы спектра для выполнения такой задачи используют ряд детекторных функций. Наиболее часто используются функции пиковых, отсчетных и среднеквадратических значений.

Детектор отсчетов формирует одно измеренное значение уровня для одного пикселя по оси X. Такой метод может быть причиной существенной потери информации о сигнале, особенно, если разрешение по частоте (RBW) мало по сравнению с размером пикселя. Тем не менее, детектор отсчетов обычно используется для описания собственного шума анализатора.

Для измерения средней мощности большинство анализаторов содержит детектор среднеквадратических значений (RMS-детектор). С помощью RMS-детектора огибающая измеряется с высокой частотой дискретизации, и для вычисления средней мощности используются все отсчеты. Измерение паразитных излучений часто требует измерения средней мощности, особенно, когда должны быть измерены широкополосные или шумоподобные сигналы. Средний уровень собственных шумов, указанный в технической документации, измерен с помощью детектора отсчетов с применением усреднения видеосигнала или усреднения по кривой. Благодаря логарифмическому масштабу кривой и процессу усреднения параметр DANL на 2,51 дБ ниже мощности шума. Следовательно, чтобы получить мощность шума, заданное значение DANL должно быть скорректировано на 2,51 дБ.

В случае импульсных систем типа радиолокационных передатчиков измерение паразитного излучения выполняется с помощью пикового детектора.

Преимуществом пикового детектора является то, что отсутствуют потери сигналов, и измерение проводится по худшему случаю. Пиковый детектор захватывает все значения уровня, попадающие при развертке в диапазон частот пикселя, а каждый пиксель отображает измеренное пиковое значение частотного диапазона, охватываемого этим пикселем. Частотное разрешение кривой ограничено значением полосы обзора, деленного на количество точек развертки. Для улучшения частотного разрешения результирующей кривой измерения паразитного излучения необходимо увеличить количество точек развертки.

Собственные шумы при измерении с использованием пикового детектора намного выше, чем при измерении с детектором отсчетов или RMS-детектором, т.к. пиковый детектор всегда захватывает самые большие пики сигнала. Пиковое значение собственного шума зависит от времени измерения каждого пикселя. Так как собственный шум анализатора спектра можно считать белым гауссовским шумом, то наихудшим случаем для разности между пиковой и средней мощностью является коэффициент амплитуды, равный приблизительно 12 дБ. Данное значение учитывается в настройках полосы разрешения RBW для получения собственного шума ниже границы тестирования.

Для сравнения архитектуры анализаторов спектра и скорости их работы необходимо создать сходные условия. Правила измерения зависимости уровня шума от значения RBW, так же, как и от детектора, похожи для всех типов анализаторов спектра и могут быть исключены из сравнения. Параметр DANL (средний уровень собственных шумов) анализатора спектра является одним из изучаемых критических значений. Важно заметить, что из всех значений, определяющих сходные условия испытаний, наиболее важна полоса частот, которая варьируется в зависимости от производителя. В следующем разделе сравниваются высокопроизводительные анализаторы спектра. Они используют очень похожие входные ВЧ-каскады, а потому их уровень собственных шумов в широком диапазоне частот сходен. Для проведения сравнения принимается низкочастотный предел измерения. Данный предел может быть достигнут в обоих случаях с достаточным запасом при выборе одинакового разрешения по частоте.

## 3 Сравнение архитектур

В предыдущей главе представлена зависимость собственного шума от полосы разрешения и типа использованного детектора. В следующей главе сравнивается практическое исполнение полосового разрешающего фильтра в традиционных анализаторах спектра и анализаторах, использующих БПФ.

Скорость развертки анализатора спектра зависит не только от выбранной полосы разрешения, но и от типа используемого фильтра, выбранной полосы обзора частот, метода обработки данных и выполнения частотной развертки. Данная глава будет посвящена основным отличиям в достижимых скоростях разверток анализаторов спектра с разной архитектурой.

### 3.1 Архитектура сканирующего анализатора спектра

На приведенной ниже блок-схеме показан базовый принцип построения традиционного аналогового анализатора спектра. В схему включены только важные для выполнения развертки компоненты, полная схема каскадов преобразования частоты не показана.

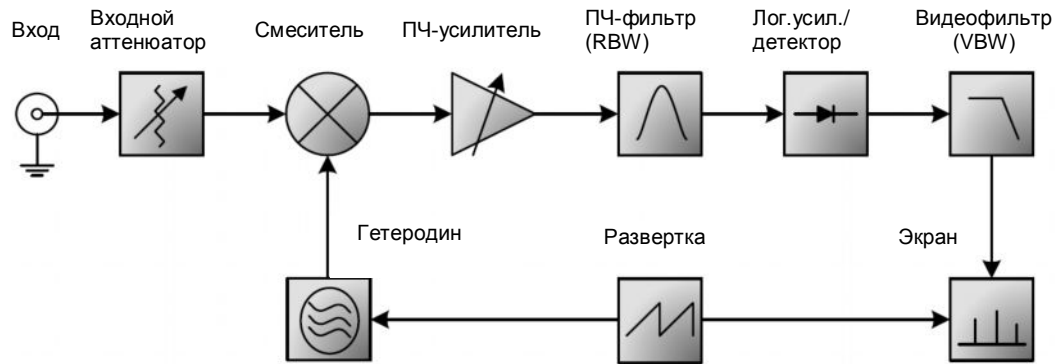


Рисунок 1 – Упрощенная блок-схема аналогового анализатора спектра. Схема, в принципе, применима и для анализаторов спектра с узкополосными цифровыми выходными каскадами (например, R&S FSU).

В сканирующем анализаторе спектра широкополосный входной частотный диапазон преобразуется в смесительных каскадах в промежуточную частоту ПЧ. Гетеродин перестраивается в заданном частотном диапазоне (полосе обзора), вместе с чем результаты измерения уровня выводятся на экран. За время развертки принимается время охвата всего частотного диапазона. При обработке сигнала на промежуточной частоте используются аналоговые гауссовские фильтры для формирования полосы разрешения, которая определяет способность различать близко расположенные на частотной оси сигналы. Полоса разрешения определяет не только частотное разрешение и собственные шумы, но и является основным ограничителем скорости развертки. Выходной сигнал фильтра разрешения (RBW-фильтра) проходит через детектор на видеофильтр. Задача видеофильтра – снизить уровень шума отображаемого сигнала. При измерении паразитного излучения цель состоит в измерении уровня наибольших пиков сигнала. В таком случае видеофильтр обычно связан с RBW-фильтром и не влияет на время настройки фильтра и время развертки. Для правильного измерения уровня на каждой частоте аналоговому фильтру требуется достаточное время, чтобы отследить изменение уровня входного сигнала. В традиционных аналоговых сканирующих анализаторах время развертки рассчитывается как

$$SWT = k * \left[ \frac{\text{Span} / \text{Hz}}{(\text{RBW} / \text{Hz})^2} \right], \quad (2)$$

где:

SWT – время развертки в секундах;

Span / Hz – полоса обзора частот в Гц;

RBW / Hz – полоса разрешения в Гц;

k – поправочный коэффициент для настройки разрешающего фильтра, обычно имеет значение от 1 до 3.

Поправочный коэффициент в приведенной выше формуле влияет на погрешность уровня измерения, так как он оказывает влияние на время достижения входного уровня сигнала RBW-фильтром. В большинстве аналоговых анализаторов спектра принимается остаточная погрешность измерения уровня в 1%, то есть значение коэффициента k составляет 2,5.

Все цифровые ПЧ-секции в таких современных анализаторах спектра, как R&S FSV или R&S FSW, используют цифровую реализацию сканирующего RWB-фильтра. В этих анализаторах время настройки ПЧ-фильтра заранее математически рассчитывается, и время развертки уменьшается (с учетом ограниченной величины погрешности уровня для обработки сигнала в фильтре). Данная погрешность компенсируется программным обеспечением, поскольку поведение фильтра заранее известно. Подобное усовершенствование позволяет снизить значение коэффициента  $k$  до 1 и, таким образом, увеличить точность измерения.

Пример: полоса обзора Span = 1 ГГц, полоса разрешения RBW = 1 кГц:

$$SWT (s) = 1 \cdot \left[ \frac{10^9 \text{ Hz}}{1 \text{ kHz}^2} \right] \quad (2a)$$

Для заданных полосы обзора и полосы разрешения время развертки составляет 1000 секунд. Для других полос время развертки рассчитывается аналогично.

Общее время измерения для одного цикла развертки включает в себя не только время развертки. Анализатор спектра также обрабатывает все результаты развертки, отображает измеренные кривые или отправляет отчет на удаленный контроллер. В случае узкополосного развертывающего измерения дополнительное время обработки не вносит существенный вклад в общее время измерения. Общее затрачиваемое время для узкополосных разрешающих фильтров в сканирующем анализаторе спектра делает такой подход непривлекательным. Поэтому, в анализаторах спектра сканирующее (развертывающее) измерение заменяется цифровым решением на базе БПФ, что приводит к увеличению быстродействия.

## 3.2 Широкополосный анализатор спектра и сигналов

На приведенной ниже блок-схеме показан базовый принцип построения анализатора спектра и сигналов на основе БПФ. Отображены только основные компоненты, необходимые для понимания различия между анализаторами.

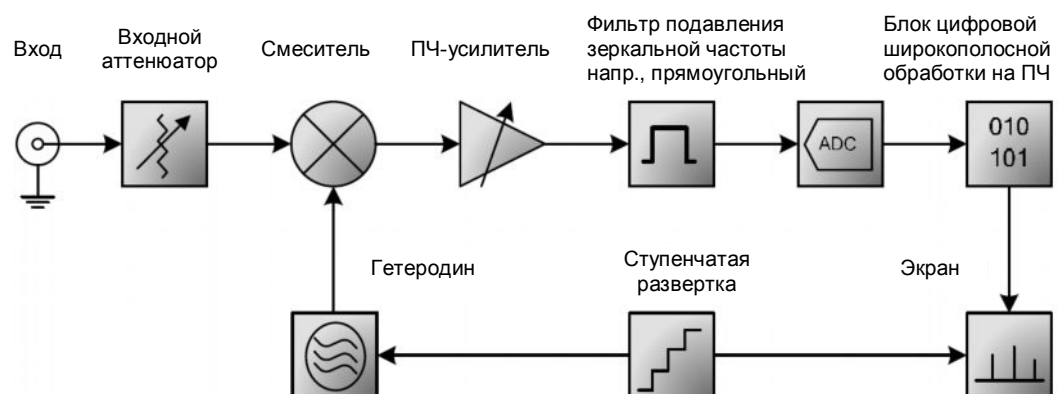


Рисунок 2 – Упрощенная блок-схема спектрально анализатора с цифровым выходным каскадом (например, R&S FSW)



Важное отличие заключается в ПЧ-фильтре и последующей обработке сигнала. В то время как в аналоговых спектральных анализаторах частотный диапазон сканируют аналоговые и узкополосные RBW-фильтры, в современных анализаторах спектра и сигналов с целью реализации RBW-фильтра выполняется БПФ. Следовательно, оставшиеся фильтры в ПЧ-секции таких анализаторов предназначены, в основном, для подавления зеркальной частоты или для ограничения сигналов, выходящих за пределы полосы пропускания, перед АЦП. Обычно, широкополосные анализаторы спектра и сигналов перед АЦП имеют два или три аналоговых фильтра с различными полосами частот. Оцифрованный ПЧ-сигнал затем обрабатывается блоком БПФ, а затем детекторами и видеофильтрами. Развертка по полосе обзора частот выполняется не как линейная развертка, а заменяется набором БПФ на дискретных частотах генераторов в преобразователе с понижением частоты.

**Примечание** – На блок-схемах в настоящем документе показан широкополосный цифровой анализатор спектра с аналоговым ПЧ-фильтром с прямоугольной АЧХ. На самом деле, это не совсем точно, а такая форма АЧХ была выбрана для визуализации разницы с гауссовской формой RBW-фильтра. Главным показателем, с точки зрения влияния на скорость развертки, является не форма АЧХ фильтра, а его полоса пропускания и, таким образом, доступный диапазон частот охвата. Многие годы БПФ-обработка использовалась только для очень маленьких RBW-фильтров и полос обзора. В современных спектральных анализаторах с широкополосными АЦП частотный охват каждого БПФ может составлять 100 МГц и более.

Время развертки в таких анализаторах спектра складывается из трех основных составляющих:

- время захвата отсчетов, используемых для БПФ
- время вычисления БПФ
- количество перестроек частоты в преобразователе с понижением частоты

Время захвата для БПФ обратно пропорционально выбранной полосе разрешения.

$$AQT(s) = \left[ \frac{k}{RBW / \text{Hz}} \right], \quad (3)$$

где:

AQT (s) – время захвата отсчетов для БПФ в секундах;

RBW / Hz – полоса разрешения в Гц;

k – поправочный коэффициент взвешивающего БПФ-фильтра, обычно от 2 до 4.

Поправочный коэффициент k в приведенной выше формуле зависит от взвешивающего фильтра, используемого для БПФ, то есть от его конструкции. Многие анализаторы спектра используют фильтры с плоской вершиной для наилучшей точности измерения уровня, и для них данный параметр имеет значение от 2 до 4. При полосе разрешения 1 кГц время захвата составит менее 4 мс на одно БПФ. Время захвата данных обратно пропорционально полосе RBW. В этом состоит главное отличие от сканирующего анализатора, в котором время обратно пропорционально квадрату полосы RBW, и потому влияние малых значений полосы разрешения выражено сильнее. После захвата сигнала производится вычисление БПФ. Время вычисления БПФ зависит от архитектуры вычислителя и оказывает огромное влияние на общую скорость измерения. Другим важным фактором влияния на общее время измерения является доступная полоса частот захвата. Эта полоса определяется конструкцией анализатора и влияет на количество перестроек частоты (шагов по частоте) для охвата представляющего интерес диапазона частот. Это особенно важно для широкого частотного диапазона: чем шире полоса захвата, тем меньшее количество перестроек частоты требуется.

Общая скорость развертки для анализатора спектра, использующего БПФ, труднопредсказуема, так как точно известен только один из трех параметров. Два других параметра определяются архитектурой и в большинстве случаев не указываются. В следующей главе для лучшей наглядности сравнивается общая скорость для ряда стандартных типов измерений.



## 4 Измерение паразитного излучения: скорость измерения

В предыдущей главе описана разница между архитектурами типичных анализаторов спектра и то, как время развертки зависит от RBW-фильтра. В данной главе будут сравниваться результаты измерений паразитного излучения для различных архитектур и типов приборов. Для сравнения архитектур анализаторов спектра важно соблюсти сходные условия, особенно по среднему уровню шумов. Это позволит использовать одинаковые полосы частот, что сделает возможным прямое сравнение скоростей развертки. Высокопроизводительные анализаторы спектра, использованные для сравнения, обладают очень похожими входными ВЧ-каскадами, а, значит, практически одинаковым уровнем собственных шумов.

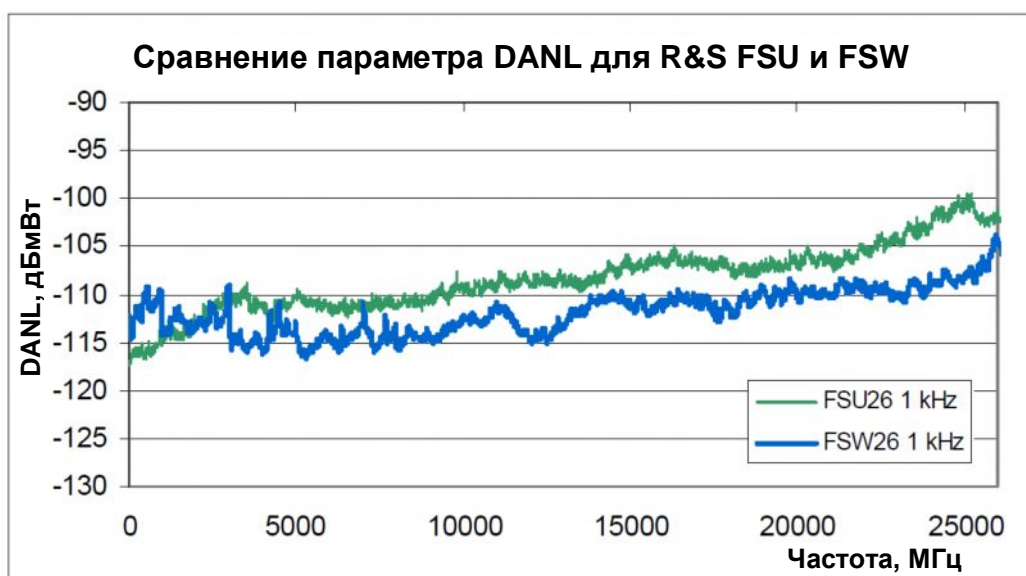


Рисунок 3 – Сравнение пикового уровня шума R&S FSU (сканирующий спектральный анализатор) и R&S FSW (широкополосный анализатор с использованием БПФ) при одинаковом значении полосы разрешения RBW (1 кГц)

На рисунке 3 приведено сравнение собственного шума анализаторов R&S FSU и R&S FSW. Обе модели приборов являются высокопроизводительными анализаторами спектра различных поколений. R&S FSU разработан как сканирующий анализатор спектра и использует цифровой RBW-фильтр ( $k=1$ ). Кроме того, FSU может выполнять БПФ-анализ для ограниченного диапазона разрешения по частоте до 30 кГц. Прибор R&S FSW разработан как широкополосный анализатор сигналов, он автоматически выбирает БПФ-фильтрацию всякий раз, когда появляется возможность уменьшить время развертки. Оба типа приборов характеризуются одинаковым уровнем шума в частотном диапазоне до 26,5 ГГц. Поэтому для осуществления прямого сравнения скорости выбирается одинаковая полоса разрешения 1 кГц.

Для традиционного анализатора спектра со сканирующими RBW-фильтрами время развертки легко посчитать. Результат данного вычисления составит 26500 с. Эта величина находится за пределами возможностей большинства анализаторов, так как максимальное время развертки обычно ограничено значением 10000 с. Так как время развертки пропорционально полосе обзора, то последующие измерения при сравнении выполнялись для сегментов полосы обзора по 1 ГГц, и результаты измерения времени развертки показаны из расчета на 1 ГГц.

## 4.1 Скорость сканирующего анализатора спектра

Скорость измерения сканирующим анализатором спектра измерена для прибора R&S FSU. Установлена полоса разрешения 1 кГц, чтобы снизить пиковый уровень собственного шума примерно до -110 дБмВт. Полоса частот видеофильтра связана с полосой разрешения и, следовательно, не влияет на скорость развертки. Измерение выполняется в диапазоне от 10 МГц до 26 ГГц с полосой обзора для каждого сегмента в 1 ГГц, чтобы поддерживать связанное время развертки в допустимом диапазоне. Измерением управляют с удаленного контроллера, чтобы отследить реальное общее время измерения, включая время вычислений, передачу данных и т.д.

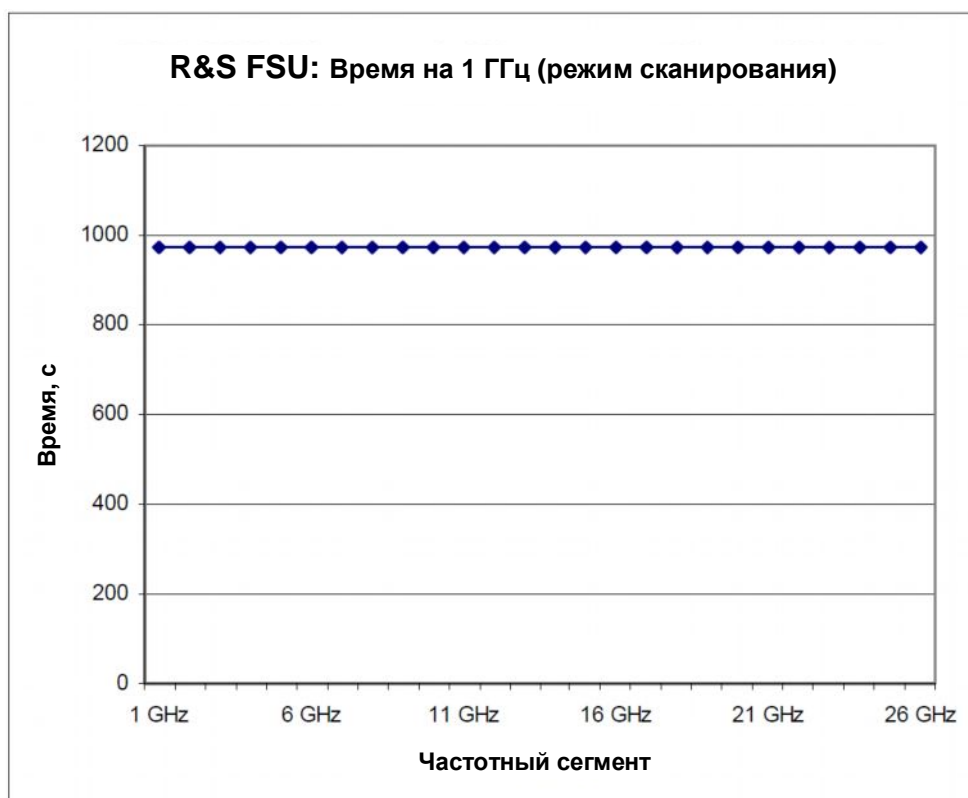


Рисунок 4 – Общее время измерения в полосе обзора 1 ГГц для анализатора спектра R&S FSU (полоса разрешения RBW = 1 кГц)

Как описывалось ранее, общее время измерения около 1000 секунд на сегмент диапазона частотной развертки 1 ГГц. Практическое измерение паразитного излучения займет огромное время, особенно при необходимости достичь низких пределов уровня. Среднее время развертки составит:

- RBW 1 кГц: 1000 с / ГГц пиковый уровень шума на 10 ГГц: - 100 дБмВт
- RBW 10 кГц: 10 с / ГГц пиковый уровень шума на 10 ГГц: - 90 дБмВт

Уровень шума и время развертки соответствует правилам вычислений, приведенным ранее в данном документе, ожидаемый уровень шума и время развертки могут быть посчитаны для интересующих настроек. Совершенно ясно, что измерения паразитных излучений с узкими пределами займут очень много времени на традиционном сканирующем анализаторе спектра.

В следующей главе будут даны некоторые рекомендации по увеличению скорости измерения. Анализатор спектра R&S FSU может выполнить такое измерение с помощью разрешающих фильтров на базе БПФ. Использование таких фильтров увеличит скорость измерения для полос до 10 кГц, так как процесс захвата сигнала и обработка БПФ-фильтром происходят намного быстрее традиционной развертки.

## 4.2 Скорость анализаторов спектра, использующих БПФ

Скорость выполнения измерений с помощью БПФ сравнивается между анализаторами R&S FSU и R&S FSW. Установлена полоса разрешения 1 кГц для прямого сравнения со сканирующим анализатором. Полоса частот видеофильтра связана с полосой разрешения и, следовательно, не влияет на скорость развертки. Измерение выполняется в диапазоне от 10 МГц до 26 ГГц с полосой обзора для каждого сегмента в 1 ГГц. Измерением управляют с удаленного контроллера, чтобы отследить реальное общее время измерения. В случае измерения с использованием БПФ на общее время сильно влияет время вычислений. Многие анализаторы спектра выполняют оценку времени обработки, но не дают точную информацию для сравнения.

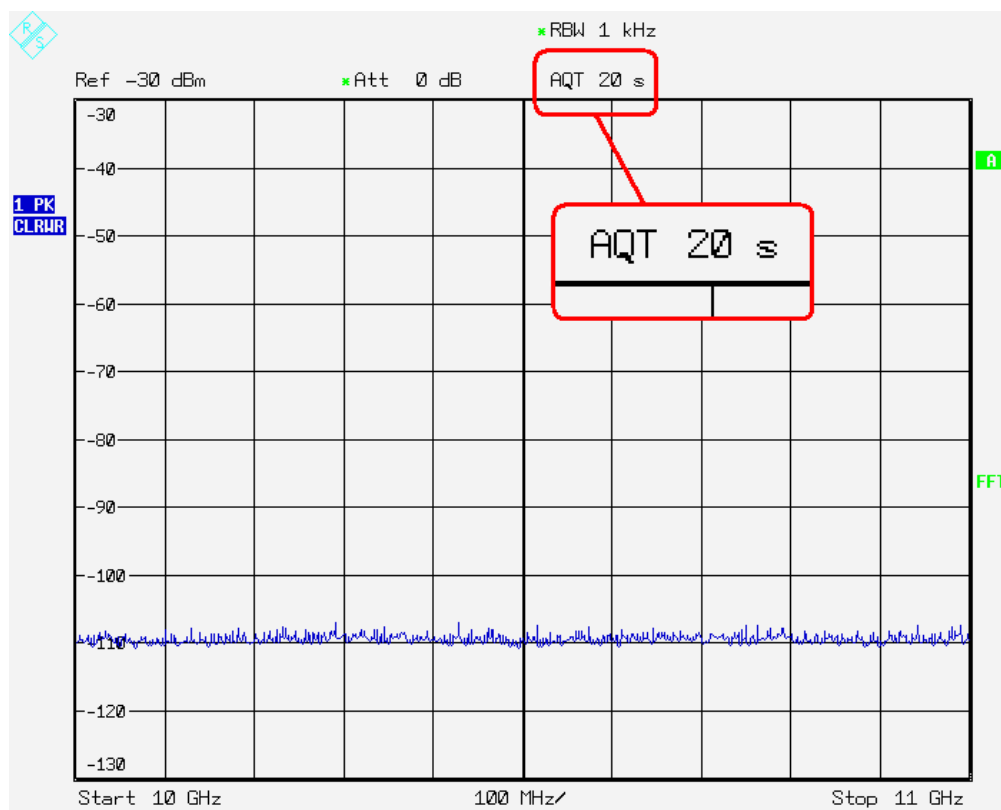


Рисунок 5 – Отображение времени развертки на анализаторе R&S FSU в режиме БПФ (полоса обзора 1 ГГц, полоса разрешения 1 кГц)

Снимок экрана на рисунке 5 показывает результаты измерения на анализаторе R&S FSU для одного из сегментов. Обратите внимание на информацию о времени AQT (время захвата) в заголовке над спектром. Значение AQT (20 с) относится к общему времени, затраченному на захват входного сигнала.

Этот параметр является важной информацией, поскольку он напрямую относится ко времени измерения без обработки. Это время очень важно в случаях, когда тестовый сигнал может быть модулированным или даже импульсным. В таких случаях ключевым фактором является то, что анализатор затрачивает существенное время на каждую частотную точку при захвате сигнала. Время захвата (AQT) не позволяет напрямую вычислить общее время развертки, которое включает в себя и время всех процессов обработки. Большую часть общего времени измерения занимает время расчета БПФ.

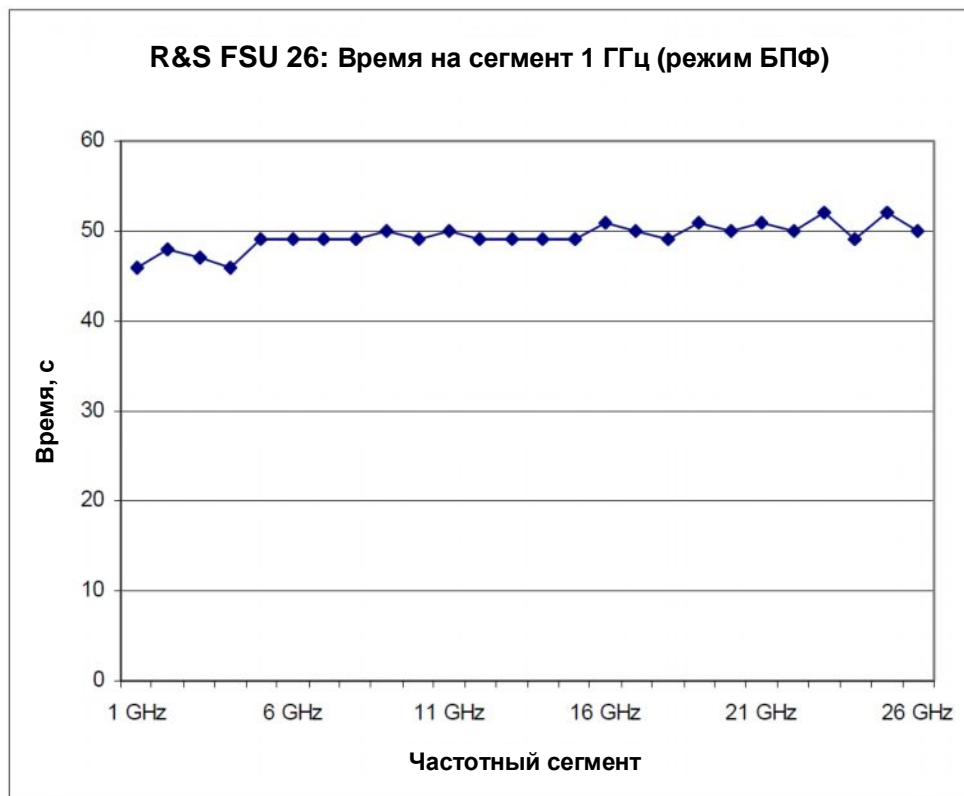


Рисунок 6 – Время измерения на полосу обзора 1 ГГц для анализатора спектра R&S FSU (полоса разрешения RBW = 1 кГц)

На рисунке 6 показан результат измерения паразитного излучения, проведенного прибором R&S FSU в режиме БПФ. Все настройки соответствуют настройкам измерения в сканирующем режиме. Анализатор R&S FSU выполняет БПФ обработку с ограниченной полосой захвата с помощью аналогового RBW-фильтра перед АЦП. Из-за ограниченной полосы частот необходимо выполнять множество БПФ, которые сильно влияют на общее время обработки. Время захвата данных для данного измерения, как показано на снимке экрана, составляет 20 секунд, общее время БПФ-развертки в диапазоне от 10 МГц до 26 ГГц составляет 27 минут. Это огромное улучшение по сравнению с измерением с использованием сканирующего RBW-фильтра, которое при тех же настройках может занимать более 7 часов.

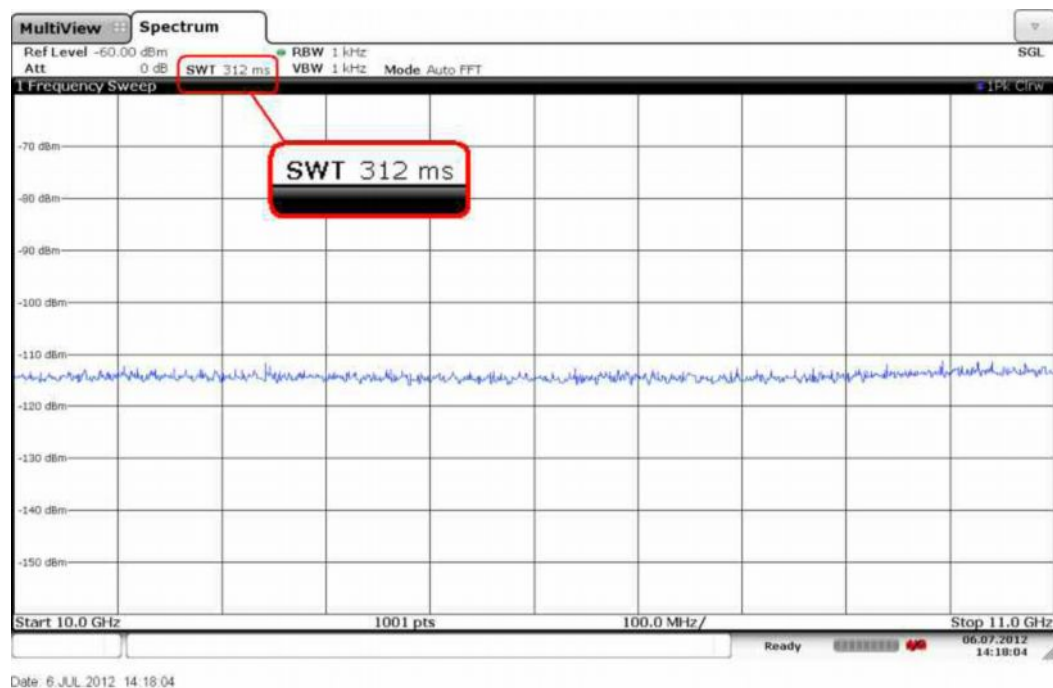
- Span 26 ГГц, RBW 1 кГц, сканирующий фильтр: 433 мин (~ 17 мин / ГГц)
- Span 26 ГГц, RBW 1 кГц, БПФ фильтр: 23 мин (~ 1 мин / ГГц)

Улучшение: на том же приборе измерение более чем в 15 раз быстрее

Дальнейшее улучшение времени измерения возможно с помощью современных широкополосных анализаторов спектра и сигналов.

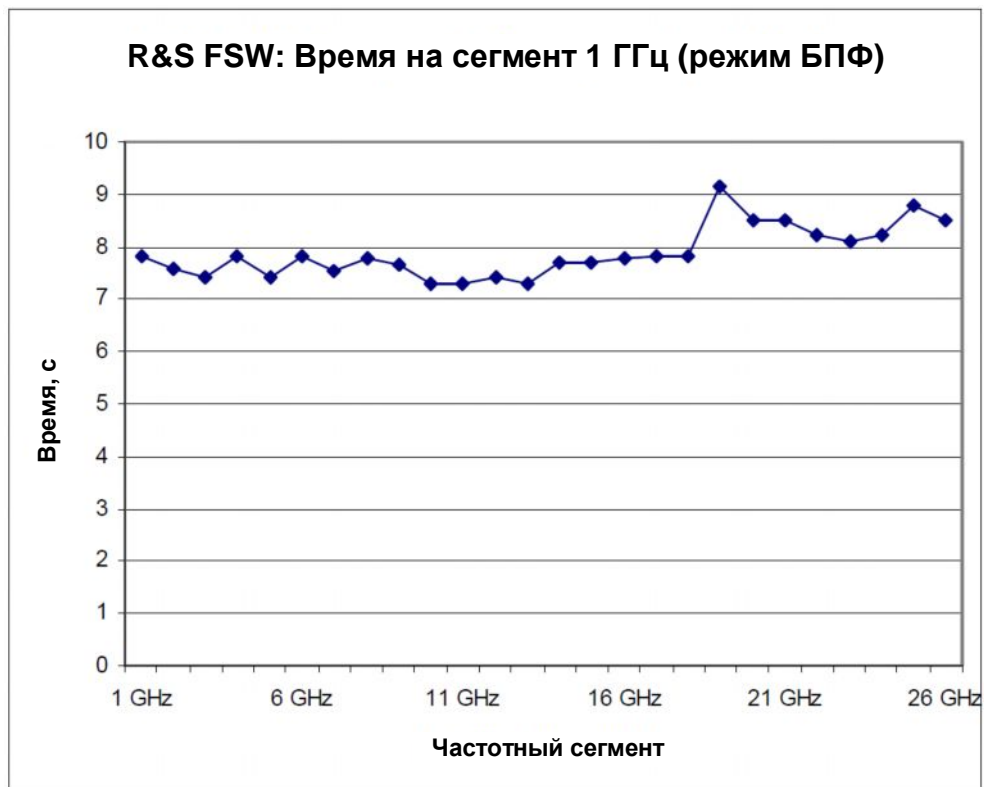
Анализатор R&S FSW выполняет БПФ с использованием широких полос захвата частот и, таким образом, ограничивает количество БПФ, необходимых для покрытия той же полосы обзора, что и ранее. В то время как наибольшая полоса захвата анализатора R&S FSU составляет около 2 МГц, полоса анализатора R&S FSW для одного БПФ-захвата достигает 80 МГц. Преимущество широкой полосы захвата частот состоит в меньшем числе выполняемых БПФ и меньшем количестве перестроек частоты.

Вследствие более широкого диапазона захвата для БПФ, каждое одиночное БПФ будет содержать большее число обрабатываемых отсчетов. Анализатор R&S FSW оснащен высокоскоростным контроллером для уменьшения времени обработки сигнала разрешающим фильтром до значений, сравнимых с R&S FSU.



**Рисунок 7 – Время развертки для R&S FSW в режиме БПФ (полоса обзора 1 ГГц, полоса разрешения 1 кГц)**

Снимок экрана на рисунке 7 показывает результаты измерения на анализаторе R&S FSW для одного из 1 ГГц сегментов развертки. Общее время захвата для всех БПФ в данном частотном диапазоне составляет приблизительно 300 мс (по сравнению с 20 секундами R&S FSU), что является важным фактором улучшения скорости измерения. На следующем графике показан результат измерения скорости развертки, в которую входят время обработки и время передачи данных в контроллер.



**Рисунок 8 – Общее время измерения в полосе обзора 1 ГГц для анализатора спектра R&S FSW (полоса разрешения RBW = 1 кГц)**

На рисунке 8 показаны результаты измерения, выполненного анализатором R&S FSW в режиме БПФ. Все остальные настройки эквивалентны настройкам для измерения, сделанного анализатором R&S FSU. Анализатор R&S FSW выполняет БПФ над значительно более широкой полосой захвата частот, используя ширококанальный фильтр перед АЦП. Время захвата данных для такого измерения составляет около 300 мс и, как показано на снимке экрана, общее время для каждой БПФ-развертки в полосе 1 ГГц составляет около 8 с. Небольшое возрастание общего времени измерения на частоте выше 18 ГГц в каждом сегменте обусловлено применяемым в анализаторе R&S FSW принципом преобразования с понижением частоты. Первая гармоника дублируется для частот выше 18 ГГц. Из-за пошаговой развертки и дублирования требуется дополнительное БПФ для измерения в полосе 1 ГГц, заданной при настройке. Так как каждое БПФ требует 300 мс на захват данных плюс время обработки, время измерения для сегмента немного возрастает.

Общее время измерения для частотного диапазона до 26 ГГц составляет всего 3,5 минуты.

- R&S FSU: полоса обзора 26 ГГц, RBW 1кГц, БПФ-фильтр: 27 мин (60 с / ГГц)
- R&S FSW: полоса обзора 26 ГГц, RBW 1кГц, БПФ-фильтр: 3,5 мин (8 с / ГГц)

Улучшение: анализатор R&S FSW быстрее анализатора R&S FSU примерно в 8 раз.

## 5 Заключение

Быстрое проведение измерений важно для многих приложений. Особенно это относится к измерениям паразитного излучения с очень низкими пределами уровня шума, для проведения которых в прошлом требовались большие затраты времени. В современных широкополосных анализаторах спектра и сигналов значительно улучшена скорость измерения низкоуровневого паразитного излучения. Полная цифровая обработка на промежуточной частоте совместно с БПФ-анализом обеспечивает серьезное улучшение скорости измерения по сравнению с цифровым сканированием на промежуточной частоте. Значительно сэкономить время на проведение измерений помогает, главным образом, архитектура с широкой полосой захвата частот и мощная система обработки сигналов (такая, как в анализаторе R&S FSW).

По сравнению с предыдущими поколениями цифровых анализаторов спектра, анализатор R&S FSW способен выполнять измерения с малым значением полосы разрешения в сотни раз быстрее.

## 6 Информация для заказа

R&S FSU3	Анализатор спектра от 20 Гц до 3,6 ГГц	1313.9000.03
R&S FSU8	Анализатор спектра от 20 Гц до 8 ГГц	1313.9000.08
R&S FSU26	Анализатор спектра от 20 Гц до 26,5 ГГц	1313.9000.26
R&S FSU43	Анализатор спектра от 20 Гц до 43 ГГц	1313.9000.43
R&S FSU50	Анализатор спектра от 20 Гц до 50 ГГц	1313.9000.50
R&S FSU67	Анализатор спектра от 20 Гц до 67 ГГц	1313.9000.67
R&S FSV3	Анализатор спектра и сигналов от 10 Гц до 3,6 ГГц	1307.9002.03
R&S FSV7	Анализатор спектра и сигналов от 10 Гц до 7 ГГц	1307.9002.07
R&S FSV13	Анализатор спектра и сигналов от 10 Гц до 13,6 ГГц	1307.9002.13
R&S FSV30	Анализатор спектра и сигналов от 10 Гц до 30 ГГц	1307.9002.30
R&S FSV40	Анализатор спектра и сигналов от 10 Гц до 40 ГГц	1307.9002.40
R&S FSW8	Анализатор спектра и сигналов от 2 Гц до 8 ГГц	1312.8000.08
R&S FSW13	Анализатор спектра и сигналов от 2 Гц до 13,6 ГГц	1312.8000.13
R&S FSW26	Анализатор спектра и сигналов от 2 Гц до 26,5 ГГц	1312.8000.26



## О компании Rohde & Schwarz

Rohde & Schwarz представляет собой независимую группу компаний, специализирующуюся на производстве электронного оборудования. Rohde & Schwarz является ведущим поставщиком контрольно-измерительных систем и приборов, оборудования для теле- и радиовещания, систем радиомониторинга и радиопеленгации, а также систем профессиональной радиосвязи специального назначения. Rohde & Schwarz успешно работает уже 75 лет, представительства и сервисные центры компании находятся в более чем 70 странах. Головной офис компании расположен в Мюнхене, Германия.

## Обязательства по охране окружающей среды

- Энергосберегающие изделия
- Постоянное улучшение экологической устойчивости
- Сертифицированная система экологического менеджмента ISO 14001



## Контакты в регионах

США & Канада

США: 1-888-TEST-RSA (1-888-837-8772) извне

США: +1 410 910 7800

[CustomerSupport@rohde-schwarz.com](mailto:CustomerSupport@rohde-schwarz.com)

Восточная Азия

+65 65 13 04 88

[CustomerSupport@rohde-schwarz.com](mailto:CustomerSupport@rohde-schwarz.com)

Другие регионы

+49 89 4129 137 74

[CustomerSupport@rohde-schwarz.com](mailto:CustomerSupport@rohde-schwarz.com)

Данный документ и поставляемые программы могут применяться только при соблюдении условий, изложенных в области загрузки на веб-сайте Rohde & Schwarz.

R&S® является зарегистрированным товарным знаком компании Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG. Товарные знаки и торговые марки принадлежат соответствующим владельцам.

**Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG**

Mühl Dorfstraße 15 | D - 81671 München

Тел. + 49 89 4129 - 0 | Факс + 49 89 4129 - 13777

[www.rohde-schwarz.com](http://www.rohde-schwarz.com)