

Проведение спектральных измерений с помощью анализаторов цепей компании Rohde & Schwarz

Указания по применению

Изделия:

R&S® ZVA	R&S® ZVT
R&S® ZVB	R&S® ZNB

В данных указаниях по применению описывается конфигурирование анализатора цепей Rohde & Schwarz при выполнении спектральных измерений непосредственно на испытуемом устройстве.

Содержание

1	Введение	3
2	Установка для проведения измерений	3
3	Предотвращение паразитных явлений.....	4
4	Программно-реализованный преселектор.....	7
5	Оптимизация числа точек и полосы частот	8
6	Пример измерений.....	9
7	Измерение негармонических сигналов.....	11
8	Заключение	12

1 Введение

Анализаторы цепей позволяют изучать «неизвестные» приборы с помощью известного сигнала. То есть анализаторы цепей используются для измерения параметров отражения или передачи и вычисления S-параметров прибора.

Для определения характеристик прибора анализатор цепей проводит измерения в частотной области (развертка по частоте). Однако результатом является отношение мощностей для получения относительных результатов измерений коэффициентов отражения/передачи прибора.

Спектральные анализаторы выполняют измерения в частотной области, но измеряют мощность напрямую. Они позволяют проводить развертку для поиска неизвестных сигналов, например помех или гармоник.

Также можно использовать приемники анализатора цепей для того, чтобы отобразить сигнал с помощью абсолютной волновой величины "Wave Quantity". Это абсолютная мощность, детектированная любым из отдельных приемников анализатора цепей.

В данном документе для описания контрольно-измерительного оборудования R&S® используются следующие сокращения:

- Векторный анализатор цепей R&S® ZVA обозначается как ZVA.
- Векторный анализатор цепей R&S® ZVB обозначается как ZVB.
- Векторный анализатор цепей R&S® ZNB обозначается как ZNB.
- Векторный анализатор цепей R&S® ZVT обозначается как ZVT.

2 Установка для проведения измерений

Для понимания того, как необходимо настроить прибор при проведении спектральных измерений, необходимо понимать концепцию ВЧ-измерений с помощью анализаторов цепей Rohde & Schwarz.

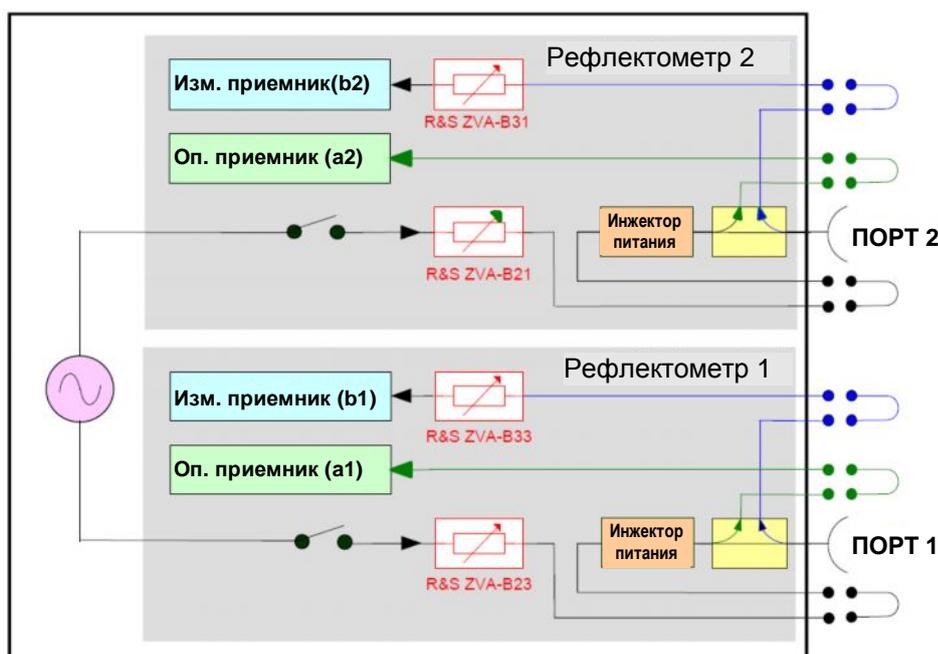


Рисунок 1 – Проведение ВЧ-измерений в ZVA с опцией B16

На рисунке 1 показана ВЧ-часть измерительной установки для ZVA, включая опцию прямого доступа ZVA-B16. Схемы, используемые для приборов R&S ZVB, ZVT и ZNB, очень похожи. Основное, на что необходимо обратить внимание: сигнал поступает напрямую на Порт 2, а затем с помощью измерительного "MEAS" приемника могут быть проведены измерения абсолютной мощности "b2" (или "b1", если используется Порт 1). Пользовательский интерфейс анализатора цепей позволяет отображать подобные измерения путем выбора измерения волновых величин "Wave Quantities".

Следует подчеркнуть некоторые различия измерений с помощью анализатора спектра и анализатора цепей:

Анализатор спектра

- Связанные функции
 - Связь полосы ПЧ с точками измерений (внутренними)
 - Количество точек измерений отличается от количества отображаемых точек
 - Отображаемые точки соответствуют определенному математическому значению группы измеренных точек
- Избирательность входного каскада
 - Подавление частоты зеркального канала благодаря повышающему преобразованию
 - Периодическое использование аппаратного преселектора
 - Отлично подходит для гармонического анализа благодаря подавлению основной частоты

Анализатор цепей

- Количество точек не зависит от полосы ПЧ (выбирается пользователем)
- Измеряются только отображаемые точки
- Частично-селективный входной каскад
 - Понижающее преобразование на ПЧ (около 20 МГц)
 - Зеркальное окно передачи 40 МГц ($=2 \cdot \text{ПЧ}$)

Одним из основных отличий является частичная селективность входного каскада анализатора цепей. Это связано с отсутствием специализированного преселектора для удаления нежелательных зеркальных частот. Зеркальными частотами являются нежелательные частоты, которые в системе гетеродинного приемника могут способствовать образованию одинаковых ПЧ.

Выше было указано, что зеркальное окно анализатора цепей составляет 40 МГц. Это следует исходя из того, что в гетеродинном приемнике ПЧ могут быть получены как $\text{ПЧ} = \text{ВЧ}_1 - \text{ЧГ}$ или $\text{ПЧ} = \text{ЧГ} - \text{ВЧ}_2$. Сигналы ВЧ_1 и ВЧ_2 проходят понижающее преобразование с тем же самым гетеродином до той же ПЧ. Поэтому мы имеем $\text{ВЧ}_1 = \text{ЧГ} + \text{ПЧ}$ ($\text{ВЧ} > \text{ЧГ}$) дающие желаемую частоту и $\text{ВЧ}_2 = \text{ЧГ} - \text{ПЧ}$ ($\text{ВЧ} < \text{ЧГ}$) дающие нежелательную зеркальную частоту. Таким образом, $\text{ВЧ}_1 - \text{ВЧ}_2 = 2 \cdot \text{ПЧ}$, получаемые частоты разделены на $2 \cdot \text{ПЧ}$.

3 Предотвращение паразитных явлений

Так как зеркальное окно передачи приемника составляет около 40 МГц, измеренный сигнал отображается дважды, на исходной частоте и на зеркальной частоте. Для анализатора цепей Rohde & Schwarz можно изменить частоту гетеродина, чтобы выбрать положение зеркальной частоты относительно ВЧ-сигнала.

На двух следующих рисунках показана зависимость нежелательного зеркального сигнала от выбора частоты гетеродина (ЧГ).

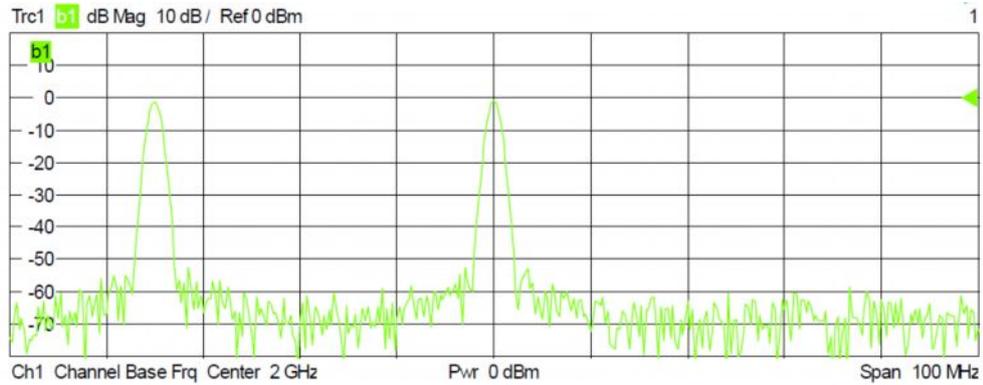


Рисунок 2 – ЧГ > ВЧ (режим LO > RF)

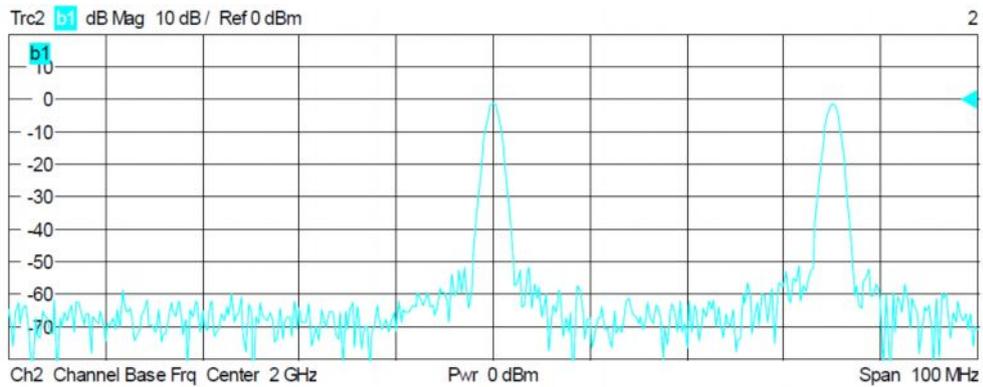
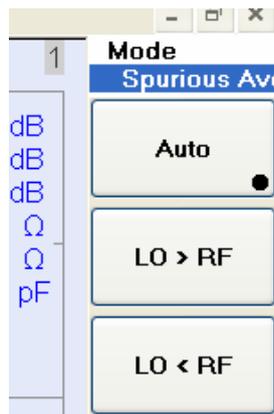


Рисунок 3 – ЧГ < ВЧ (режим LO < RF)

В меню MODE пользователь может выбрать режим Spurious Avoidance (предотвращение паразитных явлений). Он позволяет изменить положение частоты гетеродина. Переключение между двумя клавишами сдвигает зеркальное окно приемника на 4*ПЧ.



Также рассматриваются и другие окна приемника. На рисунке ниже показаны ВЧ, ЧГ и результирующая ПЧ во временной (t) и частотной (f) областях. В связи с процессом смешивания в гетеродинном приемнике анализатора цепей, промежуточная частота ПЧ является результатом перемножения ВЧ и ЧГ во временной области. Спектр ВЧ-сигнала сдвигается на частоту гетеродина ЧГ. Прямоугольный сигнал гетеродина имеет спектр с несколькими несущими, содержащий наибольшую частоту гетеродина и остальные несущие на нечетных гармониках.

При этом генерируются ПЧ-сигналы $\text{ЧГ} \pm \text{ВЧ}$ и $n \cdot \text{ЧГ} \pm \text{ВЧ}$, где n – коэффициент (нечетное число 1, 3, 5 и т.д.). В связи с этим окна приемника могут быть расположены не только в окрестности ПЧ, но также и в окрестности ПЧ плюс нечетные гармоники ЧГ.

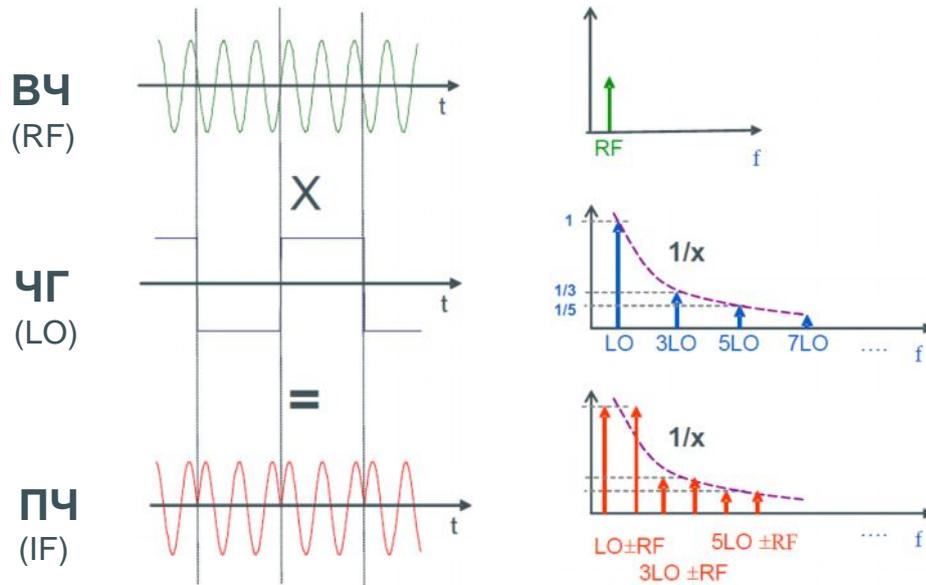


Рисунок 4 – Иллюстрация зеркальных окон приемника

Данный сигнал можно увидеть при наблюдении немодулированного сигнала с частотой 3 ГГц с большим количеством точек:

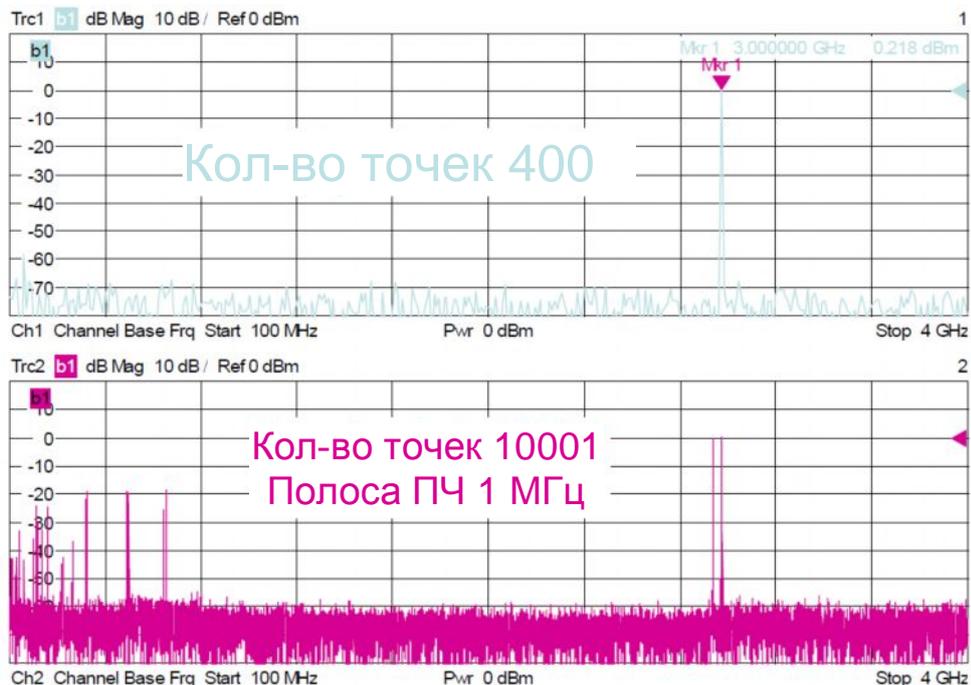


Рисунок 5 – На снимке экрана перемножение сигналов на входе приемника

4 Программно-реализованный преселектор

Поскольку положение паразитных составляющих при выборе различных частот гетеродина изменяется, а полезный сигнал всегда статичен, можно применить программно-реализованный преселектор математически. Это может быть сделано с помощью пользовательского интерфейса анализатора цепей за счет использования математической обработки кривой.

Ниже показан снимок экрана анализатора цепей при работе с фиксированным сигналом на частоте 3 ГГц при изменении частоты гетеродина приемника для волновых величин b1. Создаются два независимых канала и, соответственно, две кривые [Trc1] и [Trc2]. [Trc1] сконфигурирована таким образом, что ЧГ > ПЧ, а для [Trc2] ЧГ < ПЧ, что выбирается в меню предотвращения паразитных явлений. Понятно, что мы должны видеть только одну частотную составляющую на частоте 3 ГГц. Остальные составляющие являются паразитными сигналами, и можно заметить, что они перемещаются.

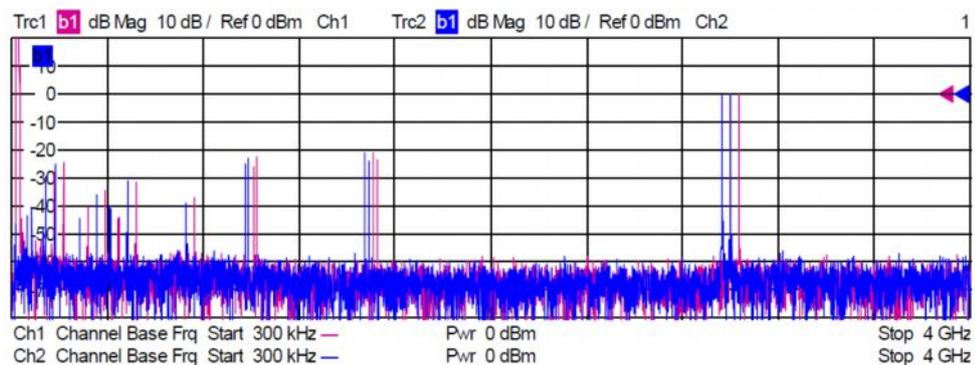


Рисунок 6 – Две развертки независимых каналов с различными настройками частоты гетеродина

При использовании минимального значения для каждой частоты каждого канала, с помощью формулы Min (Trc1, Trc2), удаляются все нежелательные сигналы за исключением одного, который является статическим и одинаковым для обоих каналов. Остается истинный сигнал на частоте 3 ГГц.

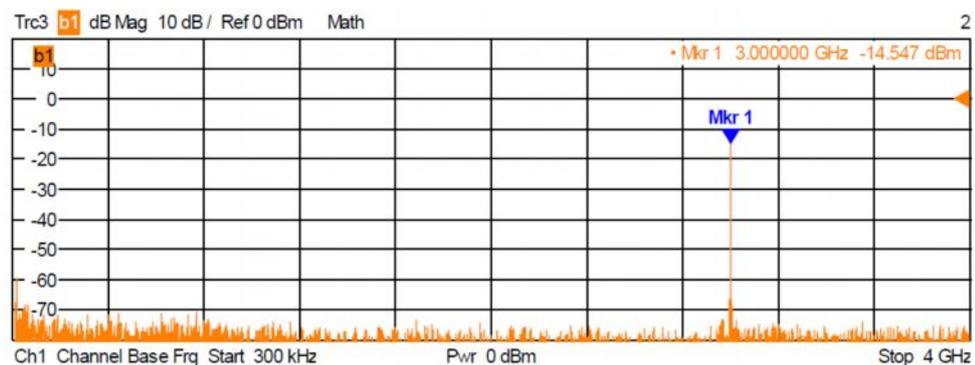


Рисунок 7 – Результирующая развертка спектра кривой с включенным математическим преселектором

Данная функция может быть сконфигурирована с помощью функции [User Defined Math], которая находится в меню [Trace Funct] , показанном ниже.

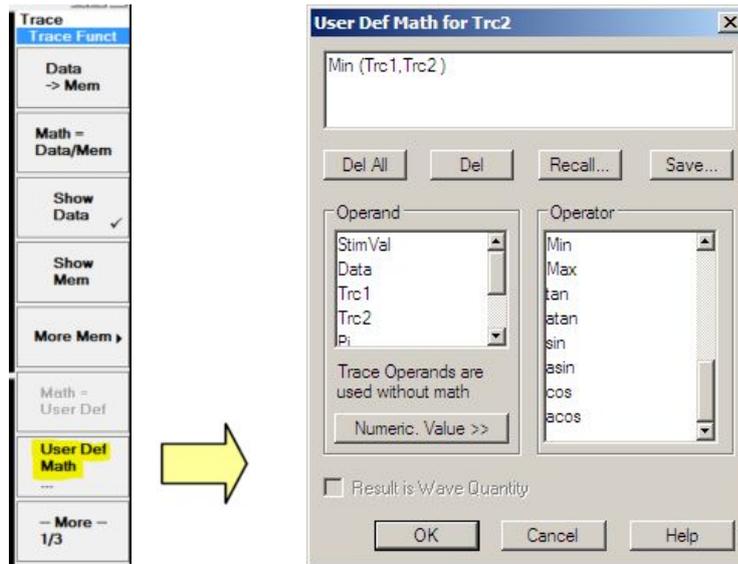


Рисунок 8 – Математический редактор конфигурации кривой

5 Оптимизация числа точек и полосы частот

Современные анализаторы цепей не выполняют непрерывную линейную развертку в диапазоне от начальной до конечной частоты, как это делается в анализаторах спектра. В анализаторах цепей производятся пошаговые измерения для выбранных частотных точек, на основании выбранного количества точек развертки. Поэтому в зависимости от шага частоты и выбранной полосы измерения, в развертке могут получиться "пробелы", из-за которых может быть утеряна нужная информация.

Следует убедиться, что выбранные шаг частоты и полоса частот измерений обеспечивают достаточное перекрытие для захвата информации в частотном диапазоне развертки.

Рассмотрим следующий пример:

Возьмем диапазон частот 4 ГГц, начиная с 8 ГГц и заканчивая 12 ГГц, содержащий 801 точку измерений, в таком случае результирующий шаг частоты составит 5 МГц. Если выбрать полосу измерений 10 кГц, то видно, что в измерениях приемника имеются разрывы, из-за которых сигналы могут быть пропущены.

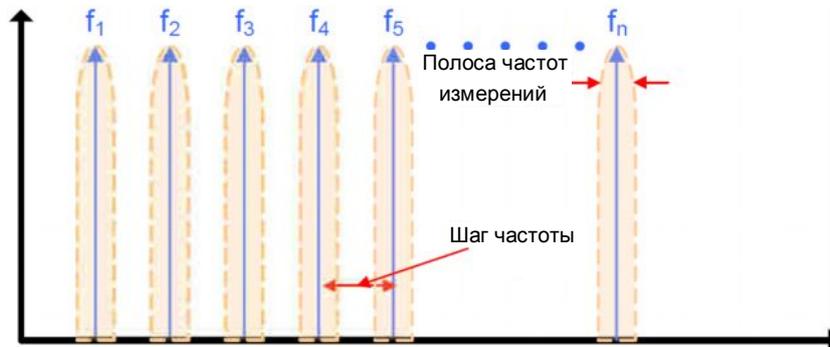


Рисунок 9 - Иллюстрация пошаговой частотной развертки

Для достижения хорошего перекрытия точек измерений, шаг частоты должен быть выбран меньшим, чем используемая полоса частот измерений.

Желательно выбрать наиболее широкую полосу частот измерений, чтобы обеспечить требуемый уровень шума измерений. При этом сохраняется минимальное время развертки и увеличивается ширина окна приемника, в результате чего необходимо меньшее количество точек данных.

Шаг частоты может быть рассчитан следующим образом:

$$\text{Шаг частоты} = \frac{(f_{\text{нач}} - f_{\text{кон}})}{\text{Кол-во точек} - 1}$$

Исходя из этого, может быть рассчитано оптимальное количество точек для обеспечения подходящего шага в пределах требуемой полосы частот измерений. Шаг частоты может быть считан и задан напрямую с помощью пользовательского интерфейса анализатора цепей в меню [Channel Sweep]:

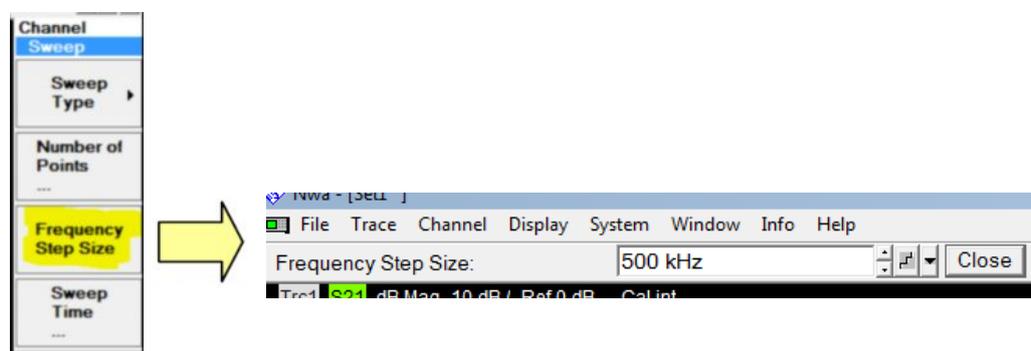


Рисунок 10 – Раздел меню для определения шага частоты

Эмпирическое правило: шаг частоты должен составлять примерно половину полосы частот измерений. В таком случае невозможно пропустить полезную информацию или ошибку в АЧХ. Отображаемая полоса частот измерений анализатора цепей задает полосу частот измерительного фильтра по уровню -3 дБ, так что, если размер шага близок к полосе частот измерений, может иметь место погрешность до 3 дБ.

При максимальном количестве точек данных 60001 и полосе измерений 5 МГц, максимальный диапазон измеряемых частот составляет:

$$2,5 \text{ МГц} * 60000 = 150 \text{ ГГц}$$

6 Пример измерений

Рассмотрим пример измерений с помощью анализатора цепей ZVA и проведем спектральные измерения сигнала в диапазоне от 7 ГГц до 12 ГГц. Необходимо выявить паразитный сигнал в заданном диапазоне частот и сообщить об ошибке, если будет обнаружен сигнал выше уровня -60 дБмВт.

После настройки соответствующих каналов и расчетной кривой, описанной выше, начнем с полосы частот измерений 1 МГц. Такая полоса гарантирует наименьшее время развертки. Шум системы может быть определен при отсутствии сигнала на порте 2 анализатора цепей.

В данном случае, для анализатора цепей ZVA он составляет около -90 дБмВт; это более чем достаточно для данного применения. Улучшение уровня шума может быть достигнуто при уменьшении полосы частот за счет времени развертки.

Дополнительное улучшение примерно на 10 дБ может быть получено при использовании входов приемника прямого доступа из опции V16. Однако для этого требуется калибровка мощности для компенсации потерь в ответвителе порта.

Далее следует определить правильное количество точек, чтобы обеспечить непрерывное покрытие частот. Для полосы обзора 5 ГГц, 10001 точка обеспечат шаг частоты 500 кГц. При этом остается достаточное перекрытие полосы частот измерений 1 МГц. При уменьшении полосы частот измерений потребуется большее количество точек данных, чтобы обеспечить непрерывное покрытие частот.

Теперь настройки оптимизированы и анализатор цепей готов к выполнению измерений. Процесс идентификации паразитных сигналов можно упростить, если использовать предельную линию, устанавливаемую на пороговое значение -60 дБмВт. Для автоматизации также могут быть использованы пиковые маркеры для установки и идентификации значений любых паразитных составляющих. Данный процесс показан ниже на рисунке 11.

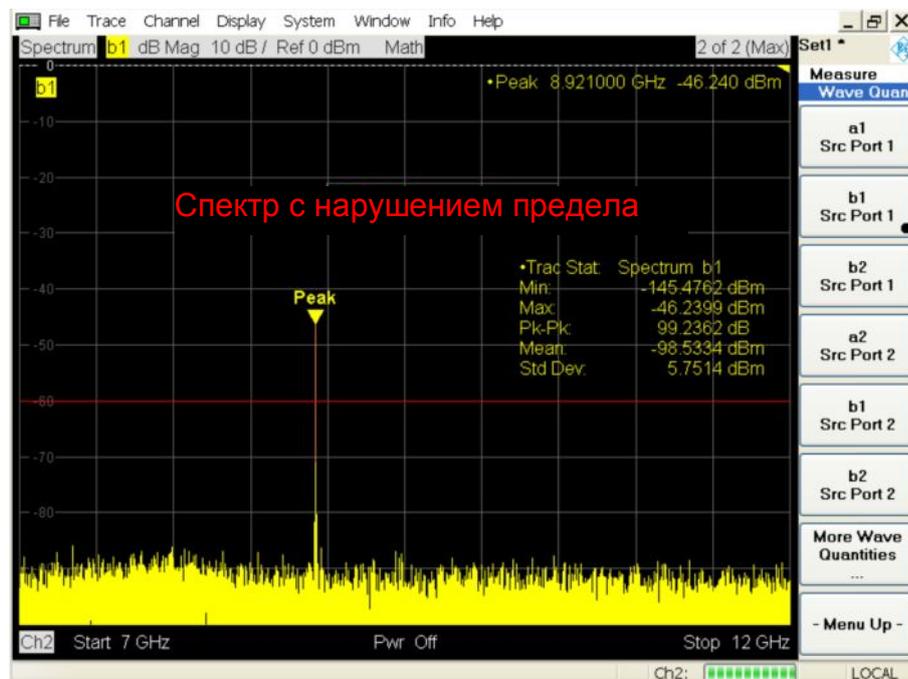


Рисунок 11 – Пример спектральных измерений для идентификации паразитных сигналов

Измерения выше выполнены менее чем за 800 мс, включая развертку для обоих каналов (ЧГ>ПЧ и ЧГ<ПЧ).

7 Измерение негармонических сигналов

Анализатор цепей обычно оптимизируется таким образом, что его приемник измеряет собственный немодулированный сигнал воздействия. Это нормальный ('Normal') режим, который может быть отображен в настройках детектора "Detector" диалогового окна [More Wave Quantities] (рисунок 12). Таким образом, анализатор цепей выполняет одно измерение для каждой точки данных и переходит к следующему измерению, как только это возможно. Процесс сравним с использованием детектора отсчетов 'Sample' для спектрального анализатора.

Часто требуется проанализировать непериодические или модулированные сигналы. Для анализа таких сигналов и сохранности анализатора спектра должны быть выбраны соответствующие настройки детектора. Для всего семейства анализаторов цепей Rohde & Schwarz доступны одинаковые типы детекторов.

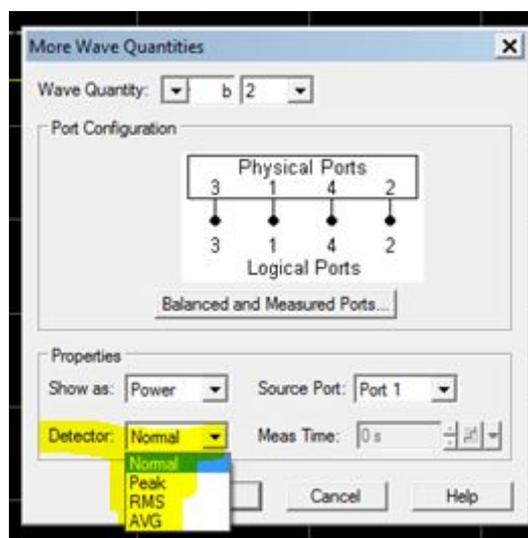


Рисунок 12 – Настройки детектора в диалоговом окне Wave Quantities

Если выбраны детектор 'Peak' (пиковый), 'RMS' (среднеквадратический) или 'AVG' (среднего значения), то алгоритм, используемый для вычисления отображаемых точек кривых, изменяется, чтобы включить в себя время наблюдения. Время наблюдения может быть определено в диалоговом окне 'Meas Time'. Это можно представить как заполнение ячейки данными непрерывных измерений для определенного периода времени. В зависимости от выбранного детектора, требуемые данные вычисляются на основе этой ячейки и используются для отображения точки измерений следующими способами:

Peak – поиск среди всех действительных отсчетов, находящихся в ячейке измерений, и выбор результирующего значения с максимальной амплитудой (максимальной мощностью) для отображения пикового значения измерений.

RMS – вычисление среднеквадратического значения (СКЗ) линейной амплитуды всех действительных отсчетов, собранных в ячейке измерений, и отображение результата в виде СКЗ мощности.

AVG – вычисление комплексного арифметического среднего значения всех действительных отсчетов, собранных в ячейке измерений и отображение результата в виде значения средней мощности. При усреднении, как правило, устраняются статистические флуктуации (например, вклад шума) измеренного сигнала.

8 Заключение

В данном документе показаны базовые настройки анализаторов цепей компании Rohde & Schwarz для проведения основных спектральных измерений. Анализатор цепей не может рассматриваться как полная замена анализатора спектра, поскольку имеется множество отличающихся функций. Однако, использование метода программно-реализованного преселектора для спектральных измерений, описанного в данных указаниях по применению, может оказаться подходящим способом выполнения базовых спектральных измерений, если анализатор цепей уже используется для получения S-параметров испытуемого устройства. В общем случае, анализатор спектра позволяет быстрее выполнить измерения, а также имеет лучшую чувствительность входного каскада, позволяющую детектировать малые сигналы.

Но кроме удобства использования имеется еще и одно преимущество. 2-портовый анализатор цепей Rohde & Schwarz имеет четыре отдельных приемника, а 4-х портовые версии имеют восемь приемников, тогда как обычный анализатор спектра имеет только один приемник. Это обеспечивает большую гибкость и скорость при работе с несколькими устройствами, измерения для которых необходимо провести одновременно или если испытуемое устройство имеет несколько портов, которые необходимо контролировать одновременно. Уникальная архитектура анализаторов цепей Rohde & Schwarz позволяет параллельно захватывать данные со всех приемников. При такой архитектуре нет необходимости затрачивать дополнительное время на многократные измерения входов приемника по сравнению с одним входом.

Повышенная точность измерения абсолютной мощности может быть достигнута для измерений приемника путем комбинирования калибровки мощности приемника и измеренной волновой величины. Для получения более подробной информации об этой функции обратитесь к оперативной справочной системе прибора.

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

Европа, Африка, Ближний Восток / +49 89 4129 12345
customersupport@rohde-schwarz.com

Северная Америка / 1-888-TEST-RSA (1-888-837-8772)
customer.support@rsa.rohde-schwarz.com

Латинская Америка / +1-410-910-7988
customersupport.la@rohde-schwarz.com

Азия/Тихий океан / +65 65 13 04 88
customersupport.asia@rohde-schwarz.com

Китай / +86-800-810-8228 /+86-400-650-5896
customersupport.china@rohde-schwarz.com

Представительство в Москве

115093 Москва, ул. Павловская, 7, стр.1, этаж 5
тел. +7 (495) 981 35 60
факс +7 (495) 981 35 65
info.russia@rohde-schwarz.com

Данный документ и поставляемые программы могут применяться только при соблюдении условий, изложенных в области загрузки веб-сайта 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

Mühlhofstraße 15 | D - 81671 München

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

www.rohde-schwarz.com