

Измерения в диапазоне миллиметровых волн с использованием преобразователей семейства R&S®ZVA



Оборудование: R&S®ZVA-Z110, R&S®ZVA24, R&S®ZVA40, R&S®ZVT20, R&S®SMF100A

Измерения в диапазоне миллиметровых волн с использованием преобразователей семейства R&S®ZVA

Руководство по применению 1EZ55

Преобразователи, предлагаемые для векторных анализаторов цепей семейства R&S®ZVA, расширяют диапазон частот прибора до диапазона миллиметровых волн (диапазон сверхвысоких частот EHF). В руководстве описаны преобразователи R&S®ZVA-Z110. Они перекрывают W - диапазон частот (от 75 ГГц до 110 ГГц). Представлены несколько примеров измерений, детально объясняющих порядок конфигурации преобразователя совместно с векторным анализатором цепей.



Subject to change - Michael Hiebel, 09.2007 - 1EZ55_0E

Перевод. Просыпкина С.Е. (495)-740-66-04 и Новикова Ю.Н

Содержание

Содержание	2
1. Особенности.....	3
2. Основные характеристики	4
3. Общие требования и принцип работы	5
4. Примеры измерений	6
4.1 Измерения S-параметров фильтра	7
4.2 Измерение ВЧ согласования гармонического смесителя	11
4.3 Измерение усилителя (от 75 ГГц до 100 ГГц)	14
5. Приложение	17
5.1 Основная информация	17
5.2 Диапазоны частот волноводов	18
6. Список литературы	18
7. Информация для заказа	19

1. Особенности

Преобразователи R&S®ZVA-Z110 компании Rohde & Schwarz обладают следующими свойствами:

- В преобразователи встроен аттенюатор (регулируемый винт мощности), при помощи которого можно вручную отрегулировать выходную мощность в волноводном тестовом порте.
- Используя подходящий волноводный датчик мощности, вы можете выполнять калибровку мощности опорного и измерительного приемников анализатора цепей. Затем вы можете выполнять калиброванные измерения параметров волны посредством этих приемников. По сравнению с прямым измерением с использованием измерителя мощности измерение, выполненное анализатором, обеспечивает более широкий динамический диапазон и более высокую скорость измерений.
- Используя два вышеупомянутых свойства, вы можете точно установить мощность выходного сигнала волноводного порта вручную.
- Преобразователи имеют конфигурацию с легкодоступными соединениями фланцев.
- Преобразователи поставляются с двумя сменными переходниками тестового порта, которые совместимы с различными типами волноводов.
- В зависимости от требований, преобразователи могут быть установлены на четыре или три опоры, или без опор вообще. Использование трех опор значительно облегчает совмещение фланцев тестовых портов.
- Компактная конструкция преобразователей облегчает их использование в установках зондового контроля полупроводниковых пластин и в других практических применениях, где размеры имеют первостепенное значение.
- Преобразователи охлаждаются пассивно, т.е. без использования вентилятора. Это важно при работе в чистой среде, кроме того, это обеспечивает бесшумную работу.
- Преобразователи поставляются в защитной упаковке, чтобы предохранить их от внешних воздействий в промежутках между использованием.
- Доступны специальные программные опции для управления преобразователями R&S®ZVA и R&S®ZVT20, обеспечивающие быструю и легкую конфигурацию для типичных измерительных задач. После выбора типа и схемы подсоединения преобразователей, устройство автоматически выполняет установку всех остальных параметров, включая все коэффициенты частотных преобразований, выбор типа тестового порта (например, WR10) и калибровочного набора.
- Преобразователи могут работать на частотах и ниже их заданной минимальной частоты, т.е. их рабочая частота может располагаться в границах соседнего частотного диапазона. Другими словами, преобразователи R&S®ZVA-Z110 могут выполнять измерения вне действующего диапазона на частотах от 60 ГГц и выше. В этом случае не обеспечиваются заявленные технические характеристики преобразователей, это применяется в частности во время работы волновода вблизи его нижней граничной частоты.
- Преобразователи поставляются в комплекте с адаптером переменного тока с универсальным входом, в комплекте с четырьмя различными вилками для сетей переменного тока, подходящих почти для всех стандартных сетевых розеток.
- Концепция совместного использования внешних преобразователей и анализатора цепей также дает возможность проводить многопортовые измерения, включающие в себя более двух преобразователей (подробности см. на ссылке [5]).

2. Основные характеристики

Основные характеристики преобразователей R&S®ZVA-Z110:

Диапазон частот	От 75 ГГц до 110 ГГц
Выходная мощность тестового порта	2 дБм при 7 дБм на входе умножителя (RF IN)
Точность установки выходной мощности	< 4 дБ (при установке 0 дБ на ручном аттенюаторе)
Ручное ослабление мощности	0 дБ до 25 дБ
Динамический диапазон	95 дБ (типично 110 дБ)
Входная мощность на ВЧ входе (RF IN), входе гетеродина (LO IN)	От +5 дБм до +10 дБм (идеально +7 дБм)
Подключаемые источники питания	100 В ... 240 В, 47 Гц ... 63 Гц

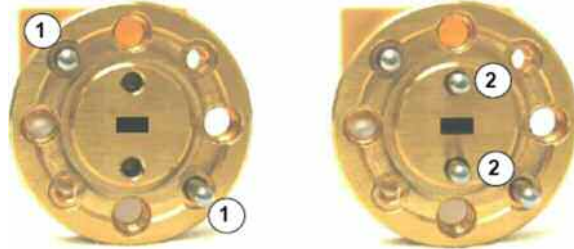


Рис. 2.1 Прецизионный фланец (фланец с антиперекосом) UG-387 без и с направляющими штифтами

Наиболее часто для волноводов свыше 50 ГГц используется фланец UG-387. Преобразователи совместимы с этим фланцем. В соответствии с техническими требованиями (MIL) фланец UG-387 используется с центровочными штифтами (Рис. 2.1 (1)) диаметром 1.565 мм (0.0615 дюйма) [2]. Этот диаметр поддерживается многочисленными производителями (например, Aerowave Inc., Custom Microwave Inc., M/A-COM/Tyco Electronics Ltd., and Flann Microwave Ltd.). Также на практике используются центровочные штифты с другими диаметрами, важным производителем является компания Agilent Technologies Inc., предлагающая штифты с диаметрами 1.605 мм (0.0630 дюйма). Чтобы обеспечить совместимость с этой разновидностью фланца UG-387, преобразователи поставляются с двумя различными вариантами переходников тестового порта. (Рис. 2.2). Один из переходников предназначен для использования с 1.565 мм центровочными штифтами. Это обеспечивает высокую точность соединения даже без использования дополнительных направляющих штифтов (Рис. 2.1 (2)). Второй переходник предназначен для использования с центровочными штифтами обоих диаметров 1.565 мм и 1.605 мм. Для достижения наилучшего соединения целесообразно использовать дополнительные направляющие штифты. Направляющие штифты применимы для обоих типов переходников (прецизионных фланцев). У переходников тестового порта есть внешний ободок, который спроектирован для предотвращения перекоса фланцев друг относительно друга (фланцы с антиперекосом). Возможно подключение испытуемого устройства (ТУ) (DUT - Device under test) со стандартными фланцами (т.е. фланцами, не обеспечивающими защиту от перекоса или выше упомянутых точностных характеристик) к переходникам тестового порта.



Рис. 2.2: Рекомендуемая конфигурация для подключения ТУ к преобразователю

¹ Для уточнения технических характеристик обратитесь к последней версии спецификации [1].

3. Общие требования и принцип работы

Иллюстрация, приведенная ниже – это разрез преобразователя R&S®ZVA-Z110. Он имеет следующие главные функциональные блоки:

1. Умножитель сигнала источника, который производит сигнал на выходе волноводного тестового порта путем умножения
2. Волноводный аттенуатор с регулировочным винтом
3. Два гармонических смесителя для преобразования сигналов измерительного и опорного каналов на фиксированную промежуточную частоту
4. Направленный ответвитель для разделения падающей и отраженной волн

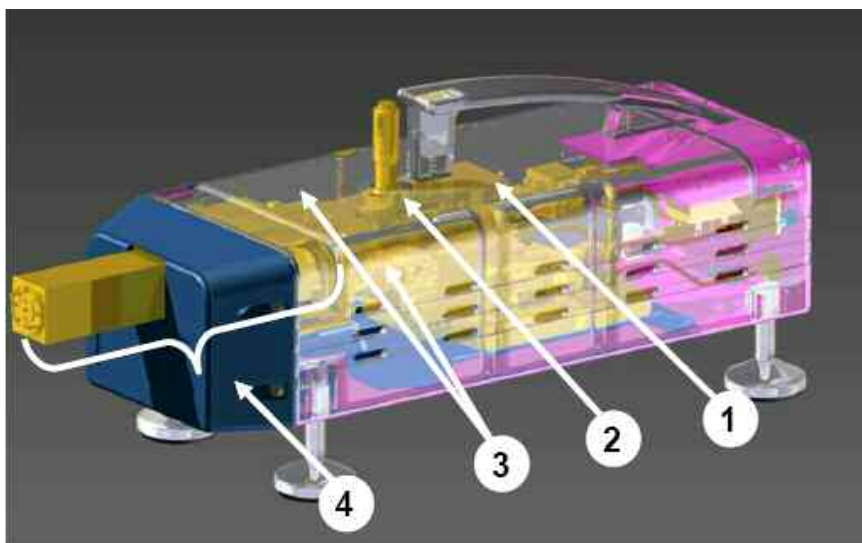


Рис. 3. Разрез преобразователя без переходника тестового порта

В данном руководстве предполагается, что используются анализаторы цепей R&S®ZVA или R&S®ZVT с соответствующей верхней рабочей частотой по крайней мере 20 ГГц (например, R&S®ZVA24, R&S®ZVA40, или R&S®ZVT20). Будут рассмотрены две стандартные конфигурации:

- Использование преобразователей без внешних генераторов
- Использование преобразователей с внешним генератором (LO – local oscillator) в качестве гетеродина

Для обеих конфигураций подразумевается наличие следующих опций в анализаторе цепей:

- R&S®ZVA-B16 или R&S®ZVT-B16 прямой доступ к генераторам/приемникам;
- программное обеспечение для управления преобразователями R&S®ZVA-K8.

Могут понадобиться дополнительные опции для управления внешним генератором или измерителем мощности в зависимости от конфигурации измерительной установки.

4. Примеры измерений

Конфигурируя измерительную установку диапазона миллиметровых волн, необходимо соблюдать некоторые основные правила. Для подробной информации обратитесь к разделу 5.1 приложения. В данной инструкции рассмотрены одно- и двух- портовые измерения посредством преобразователей R&S®ZVA-Z110. Также в другой инструкции [5] рассмотрены многопортовые измерения (т.е. измерения с тремя или более волноводными тестовыми портами).

Краткий обзор примеров измерений:

Далее приведено краткое описание примеров измерений, включенных в эту инструкцию, чтобы читатель мог легко выбрать соответствующий пример:

Пример измерения, раздел 4.1:

- Обычное двухпортовое ТУ с волноводными фланцами WR-10;
- Компактная контрольная установка, содержащая четырехпортовый анализатор цепей R&S®ZVA и два преобразователя R&S®ZVA-Z110;
- Типичная последовательность шагов, необходимых для измерения пассивного ТУ;
- Типичные измерения параметров фильтра.

Пример измерения, раздел 4.2:

- Измерение коэффициента отражения однопортового ТУ с волноводным фланцем WR-10;
- В отличие от раздела 4.1, необходим только один преобразователь, т.к. выполняются только однопортовые измерения
- Использование четырехпортового анализатора цепей. Альтернативно может использоваться двухпортовый анализатор цепей с внешним генератором сигнала (см. измерительный пример в разделе 4.3).
- В примере в качестве ТУ используется дополнительное оборудование: анализатор спектра R&S®FSU с внешним смесителем R&S®FS-Z110.
- Установка выходной мощности волноводного тестового порта (регулируемый винт мощности)
- Калибровка с использованием *скользящей поглощающей нагрузки*.

Пример измерения, раздел 4.3:

- Измерение активного ТУ с волноводным фланцем WR-10;
- Альтернативная измерительная установка описана в разделе 4.1;
- Использование двухпортового анализатора цепей R&S®ZVA, внешнего генератора сигналов и двух преобразователей;
- Конфигурация и управление внешним генератором сигналов посредством анализатора цепей.

Какую измерительную установку предпочтительно использовать?

Используете ли Вы измерительную установку совместно или без внешнего генератора сигналов - будет во многих случаях зависеть от имеющегося испытательного оборудования. Кроме того, должны быть приняты во внимание преимущества контрольной установки без внешнего генератора сигналов, такие как:

- Более быстрая частота перестройки;
- Более простая конфигурация и настройка;
- Компактность.

4.1 Измерение S-параметров фильтра

Задача измерения:

Необходимо измерить полосовой фильтр с центральной полосой 90 ГГц. Также необходимо определить параметры передачи S_{21} и отражения S_{11} . Для S_{21} следует измерить граничные частоты и групповую задержку.

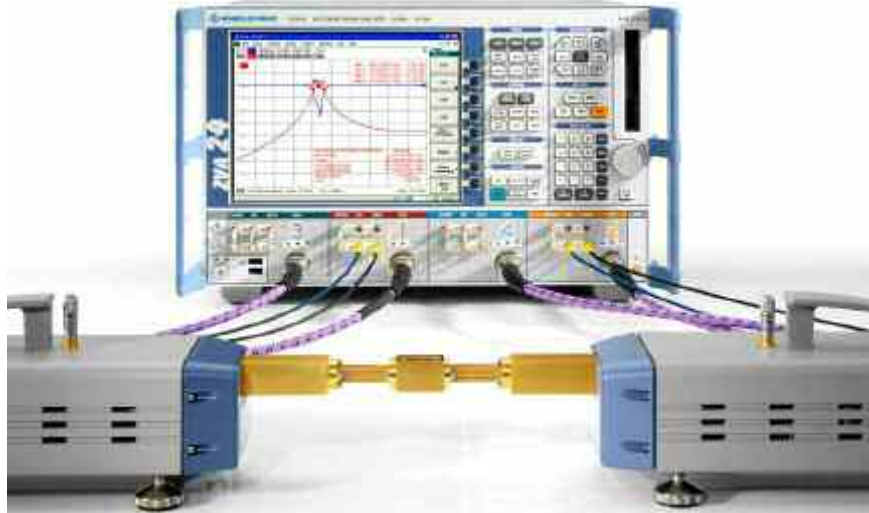


Рис. 4.1: Измерительная установка с ТУ

Шаг 1: Конфигурирование преобразователей

Выберите тип преобразователя (в данном случае ZVA-Z110) и схему подсоединения (внутренний источник ВЧ сигнала (RF intern) и сигнала гетеродина (LO intern)). Активизируйте установку, нажав клавишу *применить* (Apply) и завершите диалог клавишей *закреть* (Close).

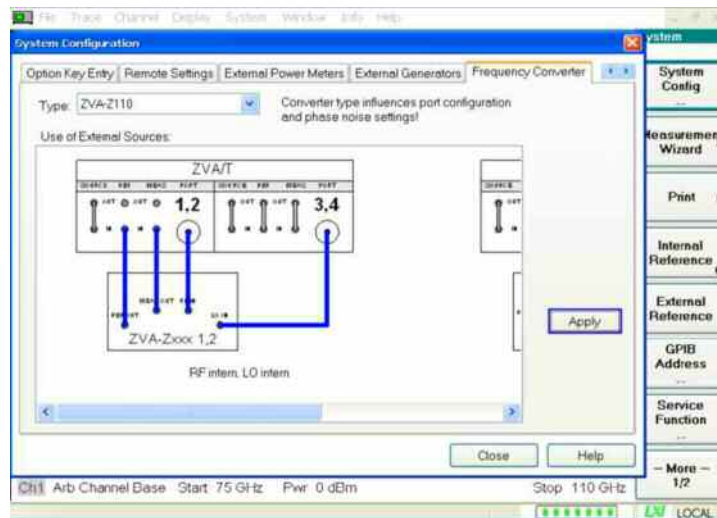


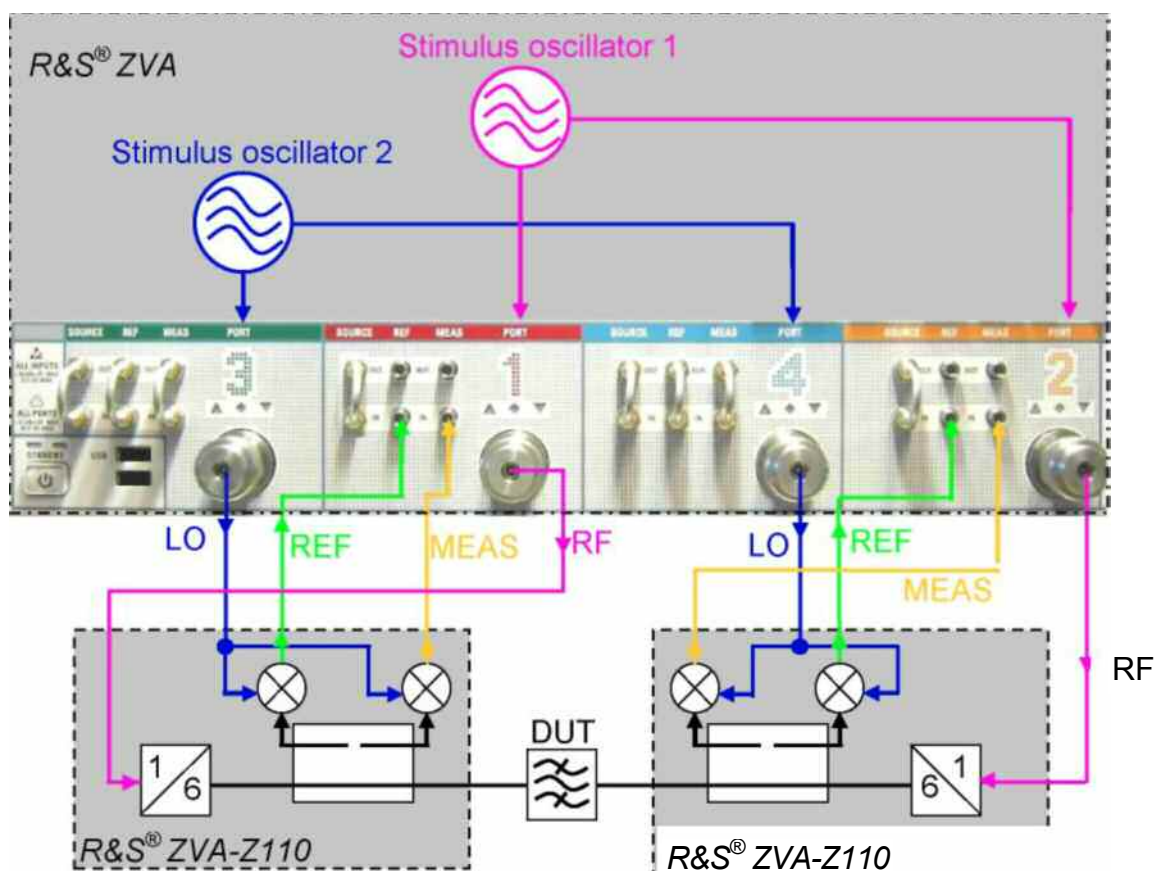
Рис. 4.2 Конфигурирование преобразователей на R&S®ZVA

Теперь анализатор цепей сконфигурирован для операций с преобразователями. Это становится очевидным, во-первых, когда оцифровка оси частот сигнала тестового порта внизу рис. 4.2, меняется на диапазон от 75 ГГц до 110 ГГц. Другие настройки также изменяются, например, тип тестового порта (что важно для калибровки). Созданная таким образом базовая конфигурация, будет восстановлена после выполнения команды сброса. Некоторые параметры необходимо изменить для выполнения измерительной задачи следующим образом:

- Полоса пропускания (BW): 100 Гц;
- Число точек: 801;
- Назначить Trc1 в качестве графика зависимости параметра S_{21} ;
- Назначить Trc2 в качестве графика зависимости параметра S_{11} .

Шаг 2: Подключение преобразователей

Подключите преобразователи к анализатору цепей в соответствии с выбранной схемой подсоединения (см. также рис. 4.3). Анализатор R&S®ZVA содержит два внутренних генератора, которые выдают сигналы, необходимые для работы преобразователей. Эти генераторы выдают сигнал последовательно на порты 1 и 2, и порты 3 и 4, соответственно. После завершения шага 1, анализатор цепей настроен так, что генератор 1 обеспечивает входной ВЧ сигнал для преобразователей, а генератор 2 – сигнал гетеродина. Опорный (REF) и измерительный (MEAS) сигналы промежуточной частоты подаются к R&S®ZVA через разъемы прямого доступа портов 1 и 2. Поэтому анализатор цепей обслуживает волноводные тестовые порты преобразователей как коаксиальные порты 1 и 2. Следовательно, параметр S_{21} выражает передачу от внешнего преобразователя 1 к внешнему преобразователю 2, например.



Преобразователь 1

Преобразователь 2

Рис. 4.3: Схема соединения двух преобразователей и четырехпортового R&S®ZVA

Измерения в диапазоне миллиметровых волн с использованием преобразователей семейства R&S® ZVA

Установите регулировочные винты мощности преобразователей для минимального затухания. Минимальное затухание будет получено для всех параметров настройки микрометрического винта > 2 мм.



Рис. 4.4: Регулировочный винт мощности

Мы рекомендуем использовать переходник тестового порта (рис. 2.2) во всех измерениях, которые Вы делаете. Это эффективно предохранит фланец преобразователя от загрязнения, износа, оцарапывания или других подобных повреждений.

Шаг 3: Калибровка

Чтобы гарантировать устранение системных погрешностей во время измерения S-параметров, измерительная установка должна быть откалибрована. Это может быть выполнено посредством калибровочного набора R&S® ZV-WR10. В данном примере используется калибровочная методика TOSM (T – through, O – open, S – short, M – match). Выберите калибровочный набор R&S® ZV-WR10¹. Преобразователи спроектированы таким образом, чтобы фланцевые соединения были легкодоступны от всех сторон.



Рис. 4.5: Соединение волноводного фланца к другому, например, к TУ

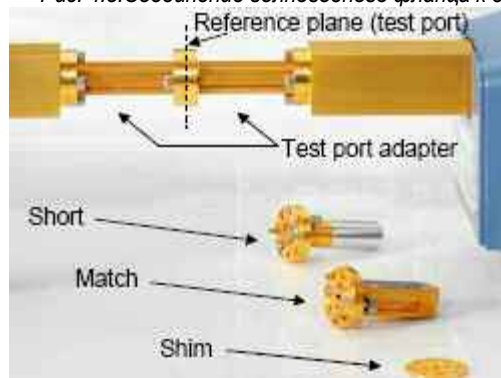


Рис. 4.6: Прямое соединение фланцев (Through) и другие калибровочные стандарты

Подсоедините калибровочные стандарты, показанные на рис 4.6, к тестовым портам 1 и 2 по одному и каждый раз запустите соответствующую процедуру калибровки.

¹ Мы рекомендуем Вам использовать калибровочный набор R&S® ZV-WR10. Вы можете также сформировать собственный волноводный калибровочный комплект. Чтобы это сделать - обратитесь к диалоговой функции помощи R&S® ZVA.

Измерения в диапазоне миллиметровых волн с использованием преобразователей семейства R&S®ZVA

Однопортовые стандарты: *короткое замыкание Short*, *смещенное короткое замыкание Offset Short* (составленное из *короткого замыкания* и *прокладки*¹) и фиксированная поглощающая нагрузка *Fixed Match*. Подсоединяя калибровочные стандарты, удостоверьтесь, что каждый винт в волновом фланце равномерно затянут. Стандарт *Through* (*перемычка*) моделируется прямой стыковкой двух волноводных тестовых портов, как показано на рисунке. 4.6.

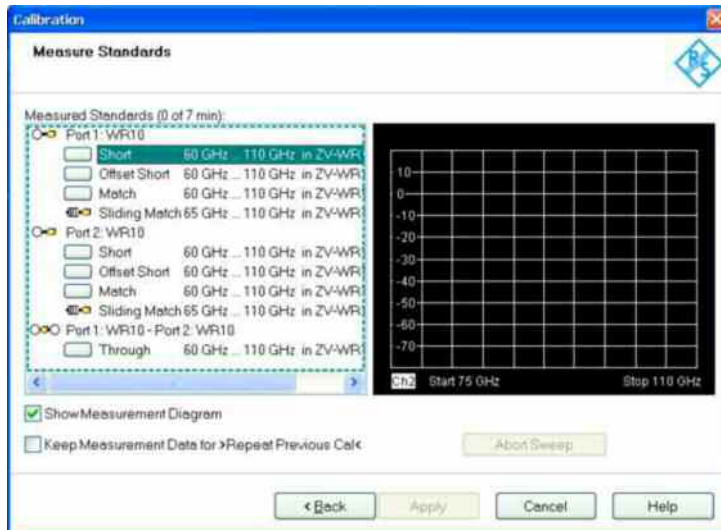


Рис. 4.7 Диалог калибровки: калибровка TOSM с использованием калибровочного набора R&S®ZV-WR10

С калибровочным набором R&S®ZV-WR10 опционально возможна поставка скользящей согласованной нагрузки *Sliding Match*. Ее использование описано в примере 4.2.

Шаг 4: Подключение ТУ

Смонтируйте ТУ между волноводными тестовыми портами. Теперь создание измерительной установки (рис.4.1) закончено. Используя функцию маркера для измерения полосы пропускания *Bandwidth Marker*, Вы можете получить 3 дБ полосу пропускания фильтра и центральную частоту прямо на графике зависимости.

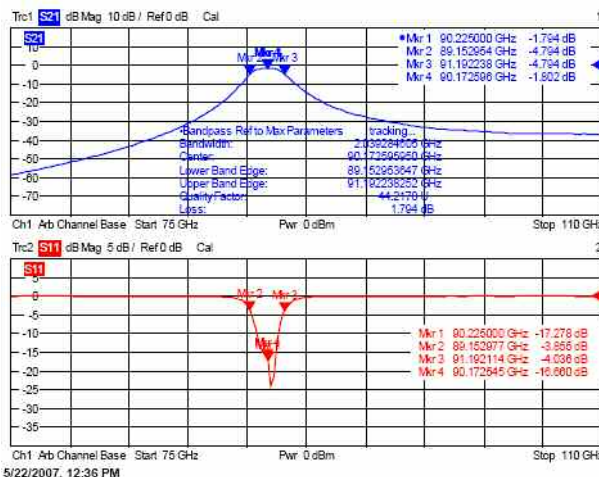


Рис. 4.8: Результаты измерения полосового фильтра

¹ Стандарт XX не может быть использован в волноводной технике из-за потерь на излучение, появляющихся в открытом конце волновода. Чтобы получить дополнительный стандарт отражения, используется *короткое замыкание*, которое соответственно преобразовано посредством небольшой волноводной секции называемой *прокладкой*.

² Для дальнейшего увеличения точности, Вы можете использовать дополнительные центрирующие штифты (см. рис. 2.1.2), чтобы точнее установить стандарты калибровочного набора R&S®ZV-WR10.

Шаг 5: Измерение групповой задержки

Вместо параметра S_{11} нижняя зависимость (рис. 4.9) изображает параметр S_{21} в терминах фазы и групповой задержки. Анализатор цепей определяет время групповой задержки посредством расчета. Для этого необходимо выбрать соответствующую апертуру. Выбранная апертура влияет на расчетную характеристику групповой задержки. Значение апертуры, которое является слишком большими вызывает потери в деталях (сглаживание зависимости групповой задержки). С другой стороны, слишком малое значение чрезмерно подчеркнет влияние шума. В этом случае величина апертурности по умолчанию Aperture Steps = 10 является хорошим компромиссом. Используйте статистическую функцию Trace Statistic function, чтобы вычислить размах колебаний групповой задержки в пределах 3 дБ ширины полосы ТУ. Размах колебаний - качественный критерий, обычно используемый для фильтров.

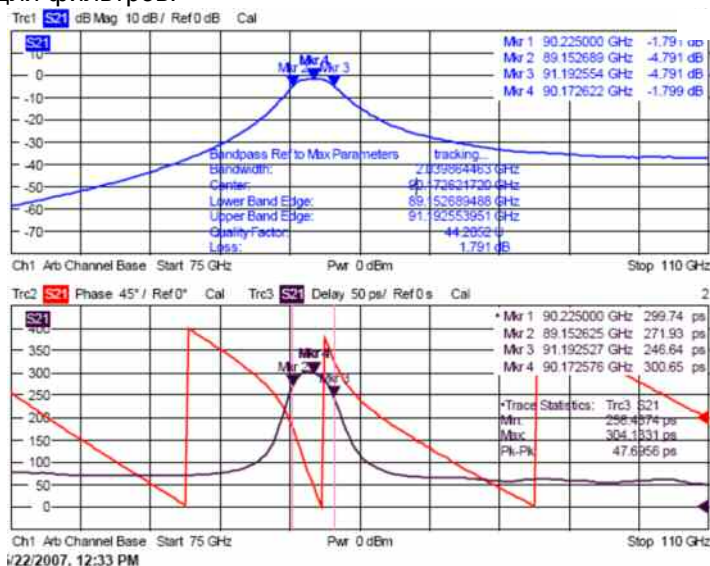


Рис. 4.9: Результаты измерения полосового фильтра

4.2 Измерение ВЧ согласования смесителя на гармониках

Задача измерений:

Должен быть испытан смеситель на гармониках (от 75 ГГц до 110 ГГц). Такой смеситель доступен как опция (R&S®FS-Z110), например, для анализатора спектра R&S®FSU. В конфигурации, которая показана на рис. 4.10, R&S®FSU обеспечивает гетеродинный сигнал для смесителя и принимает сигнал промежуточной частоты, возвращаемый смесителем. Эта конфигурация и режим работы - типичное использование смесителя на гармониках в спектральном анализе. Чтобы имитировать эксплуатационные условия для ТУ, мощность сигнала на выходе тестового порта должна быть приблизительно -15 дБм. В данном примере выполняется только измерение отражения, поэтому второй преобразователь не требуется.

■ Шаг 1: Создание измерительной установки

- Сконфигурируйте и подключите преобразователь аналогично разделу 4.1.
- Установите следующие параметры R&S®ZVA:
 - Полоса пропускания 100 Гц;
 - Параметр S_{11} ;
 - Единица измерения - дБ (*dB Mag*).

- Сконфигурируйте смеситель на анализаторе спектра и соедините его с анализатором спектра. Подробности см. в руководстве по эксплуатации для опции R&S®FS-Z110.

Измерения в диапазоне миллиметровых волн с использованием преобразователей семейства R&S®ZVA

- Синхронизируйте R&S®ZVA с анализатором спектра посредством опорного сигнала 10 МГц.

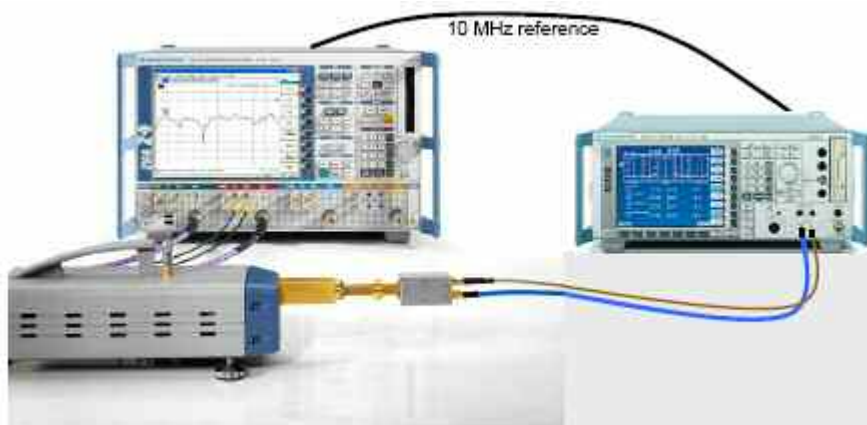


Рис. 4.10: Измерительная установка для измерения РЧ согласования смесителя R&S®FS-Z110

Шаг 2: Установка мощности

При повороте регулировочного винта мощности (рис. 4.4) в направлении 0 мм (по часовой стрелке), будет уменьшаться выходная мощность тестового порта. Вследствие внутренних особенностей прибора, заметное затухание не будет достигнуто, пока не будет установлено значение, менее 2 мм. Невозможно использовать масштаб дБм на регулировочном винте мощности для указания мощности на выходе, т.к. мощность на выходе зависит от множества факторов (условий окружающей среды, используемых кабелей, и т.д). Однако выходная мощность тестового порта может быть установлена при помощи соответствующего волноводного датчика мощности и измерителя мощности. Если измеритель мощности подходящий, то его можно соединить с R&S®ZVA через опцию R&S®ZVAB-B44 (переходник USB-to-IEC/GPIB), и его результаты могут быть отображены напротив частоты тестового сигнала. В этом примере был применен данный подход, для того чтобы установить выходную мощность тестового порта приблизительно минус 15 дБм.

Шаг 3: Калибровка при помощи скользящей нагрузки

ВЧ согласование смесителя устанавливается посредством однопортового измерения. Калибровка выполняется посредством методики OSM. Существует также вариант калибровочного набора R&S®ZV-WR10, который содержит *скользящую согласованную нагрузку Sliding Match* в дополнение к стандартам, описанным выше. В особенности, этот вариант рекомендуется для выполнения точных измерений отражения. В данном примере *скользящая согласованная нагрузка* используется как калибровочный стандарт вместо *фиксированной нагрузки*. Таким образом, *фиксированная нагрузка* не используется для калибровки и может быть применена как проверочный стандарт verification standard. Стандарты *короткое замыкание* и *смещенное короткое замыкание* используются как в примере 4.1, шаг 3.



Рис. 4.11: Скользящее согласование волновода калибровочным набором R&S®ZV-WR10 к 0.35 мм

Скользкая волноводная поглощающая нагрузка функционирует по принципу поглотителя,двигающегося в высокоточном волноводе вдоль его продольной оси. Во время калибровки коэффициент отражения *скользящей нагрузки* измеряется при различных позициях поглотителя. Точность *скользящей нагрузки* определяется в основном не качеством поглотителя, а физическими свойствами волновода (точностью изготовления), который является частью *нагрузки*. Чтобы вычислить опорное значение, соответствующее $S_{11} = 0$ из коэффициентов отражения, измеренных при движении поглотителя, установлены шесть позиций поглотителя, и измерения выполняются в каждой позиции. Чтобы обеспечить однозначность расчета, необходимы следующие положения поглотителя¹:

- Положение шкалы 0 мм;
- Положение шкалы 0.35 мм;
- Положение шкалы 0.8 мм;
- Положение шкалы 1.4 мм;
- Положение шкалы 2.1 мм;
- Положение шкалы 4.2 мм.

Завершите калибровку кнопкой *применить Apply*. Затем, проверьте калибровку при помощи из калибровочного набора. Сравните измеренные значения параметров *фиксированной нагрузки* с его значениями, указанными в свидетельстве о калибровке. Любое отклонение измеренных значений от указанных значений - показатель возможных погрешностей калибровки.

Шаг 4: Подключение ТУ

Подключите смеситель (ТУ) к волноводному тестовому порту. Монтаж измерительной установки (см. рис. 4.10) закончен. На диаграмме, показанной ниже, используется функция маркера - *поиск максимума Max Search* для определения частоты, в которой смеситель показывает самое большое рассогласование. Анализ показаний маркера показывает, что возвратные потери смесителя не хуже 16 дБ. Аналогичные смесители других производителей имеют обычно значительно худшие возвратные потери.



Рис. 4.12 Измерение возвратных потерь (коэффициента отражения) на ВЧ входе смесителя R&S®FS-Z110

¹ Отметим, что указанные выше положения поглотителя являются рекомендуемыми. Однозначный результат также может быть получен, используя другие подходящие положения. Не обязательно перемещать поглотитель точно в установленные позиции. Однако важно соблюдать определенный минимальный интервал между измерительными позициями в каждом случае. Кроме того, необходимо использовать неравные интервалы между позициями. Предложенные позиции оптимальны для волноводного диапазона 75 ГГц до 110 ГГц. Другие полосы требуют других позиций.

4.3 Измерение усилителя (от 75 ГГц до 100 ГГц)

Измерительная задача:

Эта измерительная задача подобна задаче, рассмотренной в разделе 4.1. Как альтернатива обсуждаемой далее измерительной установке может быть использована измерительная установка, описанная в разделе 4.1. В примере, который мы собираемся обсудить, будет представлена измерительная установка с двухпортовым анализатором цепей и внешним генератором R&S®SMF100A с опцией высокой выходной мощности R&S®SMF-B31 и опцией R&S®SMF-B122. **Важно:** не подключайте преобразователи, пока Вы не завершили шаг 2.

Шаг 1: Синхронизация и дистанционное управление внешним генератором

Синхронизируйте R&S®ZVA24, подключив вход его опорного генератора к выходу 10 МГц опорного генератора R&S®SMF100A. Так как частота сигнала гетеродина для преобразователей должна изменяться синхронно с входной частотой во время измерения, требуется дистанционное управление анализатором цепей частотой генератора. В этом примере дистанционное подключение установлено через шину IEC универсальная интерфейсная шина, используя опции R&S®ZVAB-B44 (переходник USB-to-IEC/GPIB) и R&S®SMF-B83 (дополнительный съемный GPIB интерфейс)¹. После подключения Вы можете обнаружить генератор в меню анализатора цепей (*System | System Config | External Generators*) путем обновления таблицы внешних генераторов (*Refresh Tables*) и добавления его в список конфигурированных генераторов (*Configured*), выполнив команду Add.

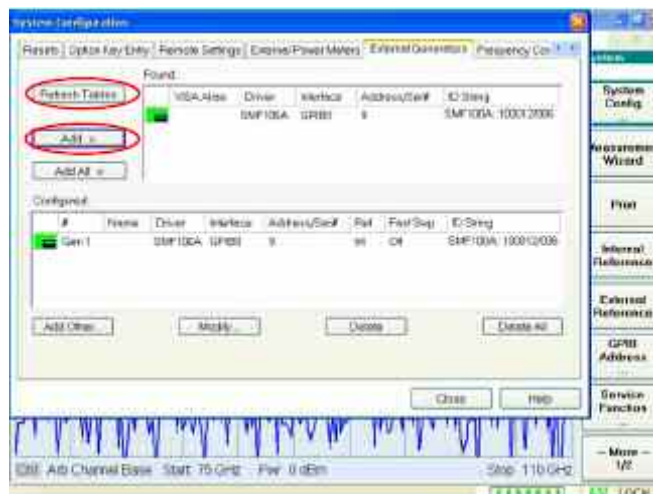


Рис. 4.13: Обнаружение и добавление внешнего генератора

Шаг 2: Конфигурирование преобразователей

Преобразователи конфигурируются в диалоге *System Config*, используя вкладку *Frequency Converter Tab* (для сравнения страница 7, рис. 4.2). Выберите тип преобразователя (в данном случае ZVA-Z110) и затем схему его соединения (внутренний входной сигнал, внешний гетеродинный сигнал (*RF intern*, *LO extern*)). Подтвердите установку нажав - *Apply*.

¹ Вместо подключения IEC универсальной интерфейсной шины, может использоваться LAN подключение, для соединения генератора с анализатором цепей. В данном случае опции R&S®ZVAB-B44 и R&S®SMF-B83 не потребуются. Управление внешним генератором занимает больше времени, чем управление внутренним генератором анализатора цепей. Чтобы ускорить перестройку генератора во время развертки частоты, TRIGGER и BLANK сигналы генератора могут быть поданы к USER CONTROL порту R&S®ZVA в дополнение к существующему подключению дистанционного управления. Это позволяет использовать функцию перестройки по списку LIST генератора при выполнении свипирования. Когда эта функция используется – анализатор цепей передает все частотные значения генератору через дистанционное подключение (универсальная интерфейсная шина GPIB или LAN) до начала перестройки. Во время перестройки частоты (или повторных перестройках частоты) сигналы TRIGGER и BLANK используются исключительно, чтобы перейти к следующей частотной точке.

Шаг 3: Соединение преобразователей

Генератор подает опорный сигнал, который разветвляется на два преобразователя через делитель мощности. Тестовые порты 1 и 2 анализатора цепей выдают входной РЧ сигнал для преобразователей. Входной РЧ сигнал подается на преобразователи поочередно, то есть только на один преобразователь за один раз, в зависимости от направления измерений (S_{12} или S_{21}). Сигналы промежуточной частоты опорного и измерительного каналов подаются в анализатор через разъемы прямого доступа.

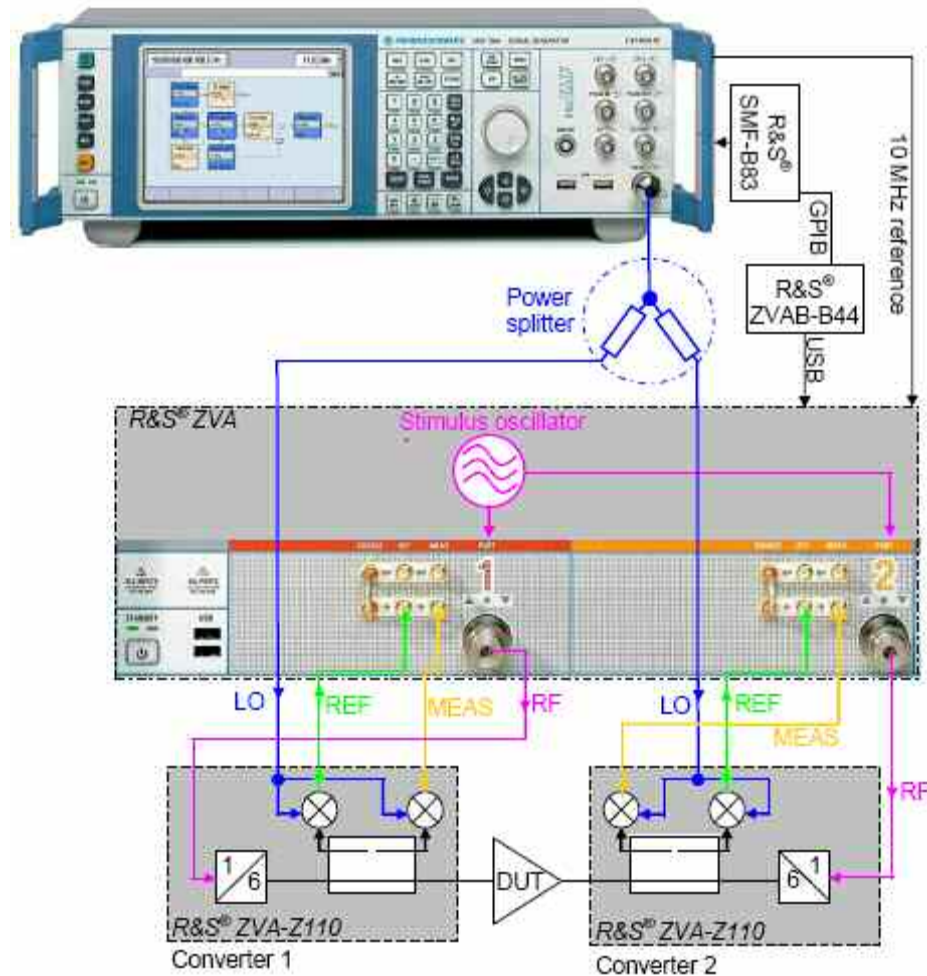


Рис. 4.14: Измерительная установка с внешним LO генератором

Оптимальной входной мощностью гетеродинного сигнала для преобразователя R&S®ZVA-Z110 является 7 дБм. Также возможна измерительная установка, включающая только один преобразователь - и поэтому без делителя, мощность на выходе генератора автоматически устанавливается на значение 7 дБм на шаге 2. Однако, в конфигурации с двумя преобразователями - вносимое затухание для делителя мощности должно быть принято равным 6 дБ.

Измерения в диапазоне миллиметровых волн с использованием преобразователей семейства R&S®ZVA

Это означает, что выходная мощность генератора в данном примере должна быть увеличена. Значение, автоматически установленное в шаге 2, может быть изменено в меню Mode/Port Config на R&S®ZVA. Для конфигурации, обсуждаемой здесь, значение должно быть увеличено следующим образом: 7 дБм + 6 дБ = 13 дБм. Рекомендуемая полоса пропускания составляет 1 кГц или 100 Гц. Графики для каждого элемента матрицы S-параметров могут быть созданы, используя функцию Add Trace.

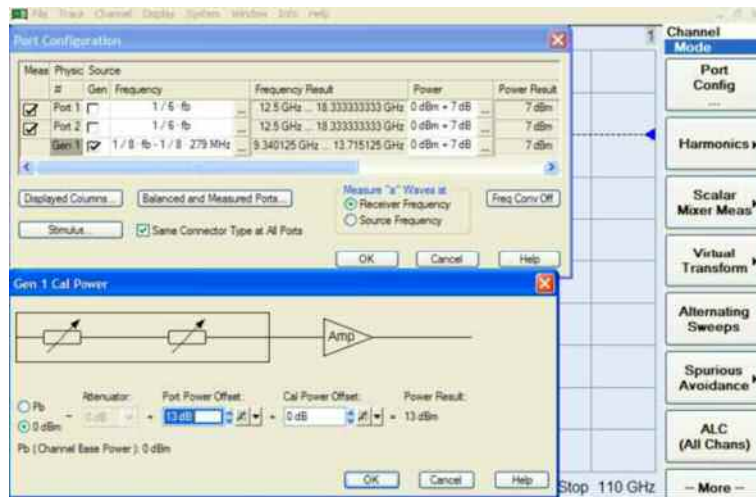


Рис. 4.15: Изменение выходной мощности генератора

Шаг 4: Установка мощности

Необходимая мощность для измерения приблизительно равна +1 дБм. Это соответствует номинальной выходной мощности преобразователя R&S®ZVA-Z110. Регулировочный винт мощности (см. рис. 4.4) установлен к минимальному затуханию со всеми параметрами настройки выше, чем 2 мм. Поэтому не требуется дополнительный измеритель мощности для установки ее значения.

Шаг 5: Калибровка

Калибровка может быть выполнена, например, методикой TOSM (см. раздел 4.1, шаг 3). В этом случае, методика TOM была выбрана, потому что она требует только установки стандартов *Through*, *Offset Short* (составленное из короткого замыкания и прокладки) и *Fixed Match*. Кроме того, метод калибровки TOM подразумевает неявный контроль ошибок калибровки.

Шаг 5: Измерение

Смонтируйте ТУ (усилитель IAF MDMAW01BM) между тестовыми портами преобразователей и подайте напряжение питания к ТУ.



Рис. 4.16: Усилитель, установленный между двумя преобразователями R&S®ZVA-Z110 (ТУ предоставлено Фраунгоферовским Институтом Прикладной Физики твердого тела, Фрайбург/Германии)

Диаграмма, изображенная ниже, иллюстрирует графики зависимостей, полученные для четырех S-параметров усилителя.



Рис. 4.17 Результаты измерений параметров усилителя

Рис. 4.17 показывает, что ТУ имеет прямой коэффициент передачи (S_{21}) приблизительно от 10 дБ до 13 дБ и обратный коэффициент передачи (S_{12}) по крайней мере минус 50 дБ.

5. Приложение

5.1 Общая информация

Приведенная информация предназначена, чтобы помочь Вам воспроизвести обсуждаемые измерительные примеры настолько точно насколько возможно и избежать ошибок. Это не означает, что следует заменить соответствующую техническую документацию.

- Волноводные фланцы - высокоточные механические изделия, которые могут быть повреждены неправильным обращением, например наклоном фланцев друг относительно друга. Поэтому удостоверьтесь, что измерительное оборудование установлено на твердой и устойчивой поверхности. Фланцы должны быть должным образом выровнены друг относительно друга прежде, чем они будут соединены.
- Не эксплуатируйте преобразователи выше их максимально допустимой входной мощности иначе, они могут быть повреждены. Поэтому, перед подключением входного и гетеродинного сигнала к преобразователю, удостоверьтесь, что не превышена их указанная максимальная входная мощность. До соединения преобразователей Вы всегда должны выбрать корректный тип преобразователя и схему его соединения в диалоге конфигурации *Frequency Converter* (см. рис. 4.2), и активизировать установки кнопкой Apply.
- Преобразователи функционируют по принципу умножения частоты. Наряду с входной частотой и частотой гетеродинного сигнала, любые погрешности фазы этих сигналов будут также умножены. Погрешности фазы могут возникать, например, от использования неподходящих кабелей для подключения входного и гетеродинного сигналов. В отличие от них, сигналы промежуточной частоты, частота которых приблизительно 300 МГц, могут считаться не критическими в этом отношении.
- Другая устранимая причина погрешностей фазы - неправильная установка коаксиальных разъемов. Поэтому при затяжке коаксиальных соединителей должен использоваться соответствующий ключ с ограничением по крутящему моменту.
- Колебания температуры неизбежно приводят к отклонению фазы вследствие продольного расширения коаксиальных кабелей и волноводных узлов. Поэтому высокая температурная стабильность - необходимое условие для выполнения высокоточных измерений в миллиметровом диапазоне.

5.2 Волноводные диапазоны частот

Следующая таблица, которая взята из справочной информации [4], перечисляет типичные поперечные сечения прямоугольных волноводов. Для каждой полосы в таблице представлен обычно используемый рабочий диапазон частот, нижняя граничная частота (то есть частота, выше которой возможно распространение волн в волноводе), и внутренние размерности. Для поперечных сечений, меньших, чем WR-3 буквенное обозначение еще не стандартизовано, это также относится к буквенным кодам Y, J, и H.

Operating frequency in GHz	Waveguide band	Cutoff frequency in GHz	Designation		Internal dimensions in mm (in inches)
			EIA (US)	RCSR (UK)	
50 – 75	V	39.8616	WR-15	WG 24	3.7592 × 1.8796 (0.148 × 0.074)
80 – 90	E	48.3567	WR-12	WG 25	3.0988 × 1.5494 (0.122 × 0.061)
75 – 110	W	58.9951	WR-10	WG 27	2.5400 × 1.2700 (0.100 × 0.050)
90 – 140	F	73.7439	WR-8	WG 28	2.0320 × 1.0160 (0.080 × 0.040)
110 – 170	D	90.7617	WR-7	WG 29	1.6510 × 0.8255 (0.065 × 0.0325)
140 – 220	G	115.6767	WR-5	WG 30	1.2954 × 0.6477 (0.051 × 0.0255)
170 – 260	(Y)	137.1980	WR-4	WG 31	1.0922 × 0.5461 (0.043 × 0.0215)
220 – 325	J(H)	173.5151	WR-3	WG 32	0.8836 × 0.4318 (0.034 × 0.017)
325 – 500	Y	268.1596	WR-2.2	-/-	0.5588 × 0.2794 (0.0220 × 0.0110)
500 – 750		393.3008	WR-1.5	-/-	0.3810 × 0.1910 (0.0150 × 0.0075)
750 – 1000		589.9512	WR-1	-/-	0.2540 × 0.1270 (0.0100 × 0.0050)

Таблица 5.1: Поперечные сечения прямоугольных волноводов согласно EIA и RCSR

6. Список литературы

- [1] "R&S® ZVA-Z110 Converter WR10 Specifications", Rev. 01.00, Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG, June 2007
- [2] Kerr, A. R., Wollack, E., and Horner, N.: "ALMA Memo No. 278: Waveguide Flanges for ALMA Instrumentation"; ALMA/National Radio Astronomy Observatory, Nov. 1999
- [3] "Quick Start Guide: R&S® ZVA-Z110 Converter WR10", Rev. 1.0, Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG, June 2007
- [4] Hiebel, Michael: "Fundamentals of Vector Network Analysis", Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG, 2nd Edition, 2007, ISBN 978-3-939837-06-0
- [5] Hiebel, Michael: "Application Note 1EZ56: Multiport Millimeter-Wave Measurements Using Converters of the R&S® ZVA Family", Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG, 2007

7. Информация для заказа

Измерительный пример, раздел 4.1

2	Преобразователя WR10	R&S®ZVA-Z110	75 ГГц до 110 ГГц	1307.7000.02
4	Кабели изм.вх., 965 мм, 3.5 мм (f)/3.5 мм (m)	R&S®ZV-Z193	0 Гц до 26.5 ГГц	1306.4520.36
1	Воновод.калибр.набор WR10	R&S®ZV-WR10	без скользящ .нагр.	1307.7100.10
1	Вект. анализатор цепей, 24 ГГц, 4 порта	R&S®ZVA24	10 МГц до 24 ГГц	1145.1110.26
1	Прямой доступ к ген./приемн. (опция)	R&S®ZVA24-B16		1164.0209.26
1	Прогр.обесп.управл.преобр. (опция)	R&S®ZVA-K8		1307.7022.02

Измерительный пример, раздел 4.2

2	Преобразователя WR10	R&S®ZVA-Z110	75 ГГц до 110 ГГц 0	1307.7000.02
4	Кабели изм.вх., 965 мм, 3.5 мм (f)/3.5 мм (m)	R&S®ZV-Z193	Гц до 26.5 ГГц без	1306.4520.36
1	Воновод.калибр.набор WR10	R&S®ZV-WR10	скользящ .нагр.	1307.7100.11
1	Вект. анализатор цепей, 24 ГГц, 4 порта	R&S®ZVA24	10 МГц до 24 ГГц	1145.1110.26
1	Прямой доступ к ген./приемн. (опция)	R&S®ZVA24-B16		1164.0209.26
1	Прогр.обесп.управл.преобр. (опция)	R&S®ZVA-K8		1307.7022.02

Для ТУ: R&S®FS-Z110 внешний смеситель и анализатор спектра R&S®FSU3 с опцией R&S®FSU-B21

Измерительный пример, раздел 4.3

2	Преобразователя WR10	R&S®ZVA-Z110	75 ГГц до 110 ГГц	1307.7000.02
4	Кабели изм.вх., 965 мм, 3.5 мм (f)/3.5 мм (m)	R&S®ZV-Z193	0 Гц до 26.5 ГГц без	1306.4520.36
1	Воновод.калибр.набор WR10	R&S®ZV-WR10	скольз.согласован.	1307.7100.10
1	Вект. анализатор цепей, 24 ГГц, 2 порта	R&S®ZVA24	10 МГц до 24 ГГц	1145.1110.24
1	Прямой доступ к ген./приемн. (опция)	R&S®ZVA24-B16		1164.0209.24
1	Прогр.обесп.управл.преобр. (опция)	R&S®ZVA-K8		1307.7022.02
1	USB-to-IEC/GPIB переходник (опция)	R&S®ZVAB-B44		1302.5544.02
1	Генератор Микроволнового сигнала	R&S®SMF100A		1167.0000.02
1	Частотный диапазон 1 ГГц до 22 ГГц (опция)	R&S®SMF-B122	1 ГГц до 22 ГГц	1167.7004.02
1	Высок.вых.мощность 1 ГГц до 22 ГГц (опция)	R&S®SMF-B31	1ГГц до 22 ГГц	1167.7404.02
1	Съемный GPIB (опция)	R&S®SMF-B83		1167.6408.02

Необходимое дополнительное оборудование: делитель мощности, SMA 3.5 мм (например, модель 1579 Weinschel/Aeroflex, или модель 1534 Weinschel/Aeroflex, или подобный продукт)..

Для всей информации для заказа - обратите внимание: кабели с усиленными соединителями (например, R&S®ZV93, 1301.7595), не могут использоваться для подключения преобразователей R&S®ZVA и R&S®ZVA-Z110 из-за больших размеров этих соединителей.

Измерения в диапазоне миллиметровых волн с использованием преобразователей
семейства R&S®ZVA



ROHDE&SCHWARZ

ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG • Mühlendorfstraße 15 • D-81671 München • P.O.B 80 14 69 • D-81614 München •
Телефон +49 89 4129 -0 • Fax +49 89 4129 - 13777 • Интернет: <http://www.rohde-schwarz.com>

Перевод. Просыпкина С.Е. (495)-740-66-04 и Новикова Ю.Н

*Данное руководство и дополнительные программы могут использоваться только в соответствии с условиями
использования, сформулированными на сайте Rohde & Schwarz.*