

Многопортовые измерения в миллиметровом диапазоне длин волн с использованием преобразователей семейства R&S®ZVA



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

Многопортовые измерения в миллиметровом
диапазоне длин волн с использованием
преобразователей семейства R&S®ZVA

Инструкция 1EZ56

Преобразователи R&S®ZVA-Z110, предлагаемые для анализаторов цепей семейства R&S®ZVA, позволяют анализировать электрические цепи в W - диапазоне частот (от 75 ГГц до 110 ГГц). В данном руководстве будут обсуждаться измерения с тремя или четырьмя преобразователями. Подобные измерительные системы использовались ранее только в коаксиальных трактах до частот приблизительно 40 ГГц. Термин "многопортовые измерения" был создан именно для такого типа измерений.



Subject to change - Michael Hiebel, 09.2007 - 1EZ56_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 Измерение направленности от 75ГГц до 110ГГц	7
4.2 Измерение S-параметров T-моста	14
5. Приложения	21
5.1 Основная информация	21
5.2 Типовые секции волновода	22
6. Список литературы	23
7. Информация для заказа	23

1. Особенности

Векторные анализаторы цепей R&S®ZVA и R&S®ZVT20 идеальны для совместного использования с внешними преобразователями R&S®ZVA-Z110. Прибор R&S®ZVT20 позволяет пользователю выполнять шестипортовые измерения в миллиметровом диапазоне. При использовании совместно с анализаторами преобразователь имеет следующие особенности:

- В преобразователе встроен аттенуатор (регулируемый винт мощности) при помощи которого можно вручную отрегулировать выходную мощность волноводного тестового порта.
- 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 работы волновода вблизи его частоты отсечки.
- 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.

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 аттенуаторе)
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

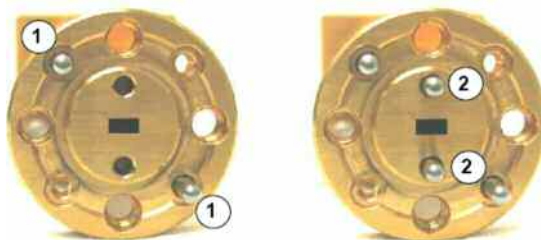


Рис. 2.1 Прецизионный фланец (фланец с антиперекосом) UG-387 без и с направляющими штифтами

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

В данном руководстве по применению предполагается использование анализатора цепей R&S®ZVA или R&S®ZVT с соответствующей верхней граничной частотой, по крайней мере - 20 ГГц. Должна быть установлена опция прямого доступа к генераторам/приемникам (R&S®ZVA-B16 или R&S®ZVT-B16) и опция управления преобразователем (R&S®ZVA-K8).

Правая часть рис. 3.1 иллюстрирует конструкцию преобразователя R&S®ZVA-Z110. Она имеет следующие основные функциональные блоки:

- 1) **Умножитель частоты**, который путем умножения входного сигнала на RF IN производит выходной зондирующий сигнал с частотами от 75 ГГц до 110 ГГц;
- 2) **Волноводный аттенуатор** с винтом для регулировки мощности на выходе волноводного тестового порта;
- 3) **Направленный ответвитель** для разделения измерительного и опорного каналов;
- 4) Два **гармонических смесителя** для того, чтобы преобразовать сигналы измерительного и опорного каналов к фиксированной ПЧ 279 МГц. Два гармонических смесителя используют восьмую гармонику входного гетеродинного сигнала LO IN.

Чтобы легче идентифицировать сигналы цветная маркировка, используемая ниже на рисунке. 3.1 для сигналов LO IN, MEAS OUT, REF OUT и RF IN, будет использоваться и на других рисунках.

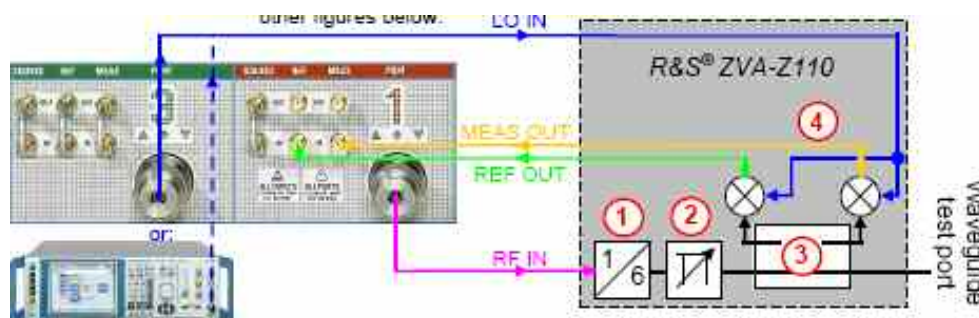


Рис. 3.1: Блок-схема преобразователя R&S®ZVA-Z110

Левая часть рис. 3.1 иллюстрирует подключение преобразователя к анализатору цепей. Каждый преобразователь подключен к тестовому порту анализатора цепей, который запитывает преобразователь RF IN сигналом и, в свою очередь, принимает сигналы промежуточной частоты MEAS OUT и REF OUT от преобразователя через разъемы прямого доступа к приемникам. Таким образом, внешний преобразователь является частью измерительной схемы анализатора цепей на данном порте (например, измерения S_{11} в волноводном тестовом порте показано на рис. 3.1). Волноводный тестовый порт преобразователя занимает место тестового порта анализатора, и измеряемые характеристики приписываются к этому тестовому порту (порту 1 в этом случае). Другой тестовый порт (порт 3 в данном случае) необходим, чтобы снабдить преобразователь гетеродинным сигналом LO IN. Сигналы REF IN и MEAS IN имеют фиксированную частотную взаимосвязь по отношению друг к другу. В то время как RF IN сигнал включается и выключается в зависимости от направления измерений, гетеродинный сигнал LO IN должен быть постоянно включен. Поэтому тестовый порт (порт 3) поставляющий сигнал гетеродина не доступен для других целей. Внешний генератор сигналов может использоваться как альтернатива тестовому порту 3 как источник гетеродинного сигнала. Все преобразователи, включенные в измерительную установку, должны быть снабжены сигналом гетеродина от одного и того же генератора. Делитель мощности используется с внешним генератором сигналов, чтобы разделить гетеродинный сигнал. Если гетеродинный сигнал берется с анализатора цепей, то, как правило, доступны два тестовых порта, которые генерируют гетеродинный сигнал от одного внутреннего генератора в анализаторе цепей. Если не достаточно двух тестовых портов, то каждый вход может быть расширен, путем подключения внешнего делителя Вилкинсона.

4. Примеры измерений

При конфигурировании измерительной установки миллиметрового диапазона должны соблюдаться некоторые основные правила. Для более подробной информации, обратитесь к приложению 5.1. В этом разделе обсуждается использование трех или четырех преобразователей, поэтому конфигурация измерительной установки является достаточно сложной. Для первоначального знакомства с данной темой см. [5], где рассмотрены одно- и двухпортовые измерения с использованием преобразователей R&S® ZVA-Z110.

Краткий обзор измерительных примеров:

Пример измерения, раздел 4.1:

- Измерительная установка без внешнего генератора;
- Измерение S-параметров с тремя (четырьмя) волноводными тестовыми портами;
- Типичное применение калибровки UOSM с волноводами;
- Расчет направленности тестируемого устройства (ТУ) (в данном случае – направленного ответвителя - тройника)

Пример измерения, раздел 4.2:

- Измерительная установка с внешним генератором гетеродинного сигнала;
- Конфигурирование и управление внешним генератором сигналов от анализатора цепей;
- Измерение S-параметров с четырьмя волноводными тестовыми портами;
- Калибруя волноводные тестовые порты, обратите внимание на направление поляризации;
- Отображение балансных S-параметров как элементов матрицы смешанных S-параметров.

Какая измерительная установка должна предпочтительно использоваться?

Используете ли вы измерительную установку совместно или без внешнего генератора будет во многих случаях зависеть от имеющегося у вас измерительного оборудования. Кроме этого, должны быть приняты во внимание преимущества, предлагаемые измерительной установкой без внешнего генератора сигналов, т.е.:

- Более высокая скорость перестройки частоты;
- Компактность измерительной установки.

Другие применения

Возможно создать измерительную установку с количеством преобразователей R&S® ZVA-Z110 вплоть до шести. Это может быть осуществлено при использовании шестипортового анализатора цепей R&S® ZVT20 совместно с внешним генератором сигналов и подходящей схемой распределения сигнала гетеродина.

Другие применения шестипортового анализатора цепей R&S® ZVT20 совместно с преобразователями - измерение волноводных преобразователей частоты. В измерительном примере раздел 4.1, рис. 4.4., входные RF IN сигналы для волноводных тестовых портов 1 и 3 генерируются различными внутренними генераторами R&S® ZVT20. Таким образом, можно легко подать входные сигналы на волноводные тестовые порты с частотным смещением.

4.1 Измерение направленности от 75 ГГц до 110 ГГц

Задача измерения:

Должна быть создана и сконфигурирована измерительная установка для измерения волноводных направленных ответвителей. Все важные S-параметры в том числе направленность должны быть измерены за один измерительный цикл. Тестируемое устройство (ТУ) является трехпортовым направленным ответвителем, т.е. один из четырех входов направленного ответвителя нагружен на согласованную нагрузку. В качестве анализатора цепей используется шестипортовый R&S® ZVT20. В данном случае используются три преобразователя для получения трех волноводных тестовых портов. Измерительная установка может быть легко дополнена четвертым преобразователем, к примеру, для выполнения полного измерения четырехпортового направленного ответвителя посредством четырех тестовых портов за один измерительный цикл.

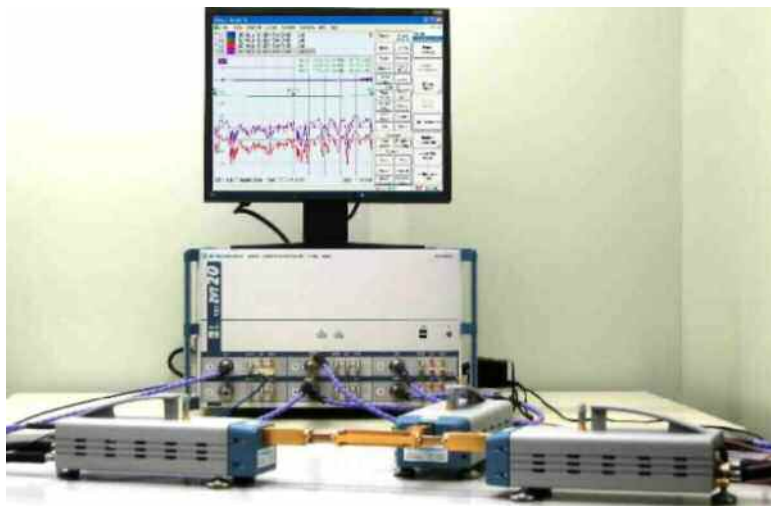


Рис. 4.1: Измерительная установка с ТУ

Шаг 1: Конфигурирование преобразователей

Выберите тип преобразователя (в данном случае ZVA-Z110) и схему подключения кабелей (внутренний PC сигнал *RF intern*, внутренний сигнал гетеродина *LO intern*). Активизируйте установки кнопкой *Apply* и завершите диалог кнопкой *Close*.

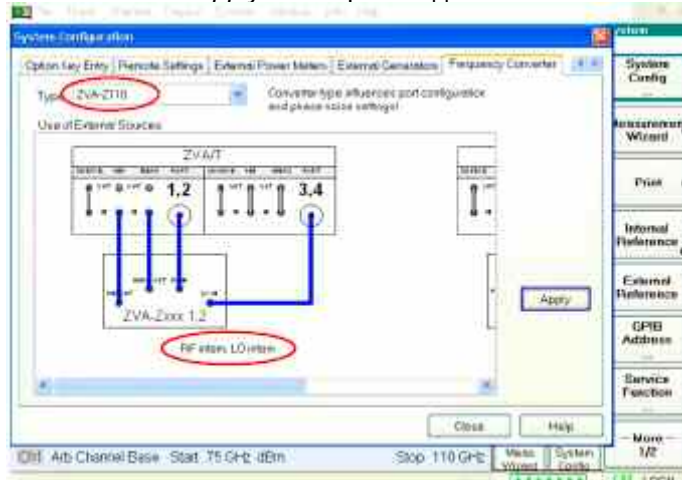


Рис. 4.2: Конфигурирование преобразователей на R&S® ZVT20

Многопортовые измерения в миллиметровом диапазоне длин волн с использованием преобразователей семейства R&S® ZVA

Теперь анализатор цепей в основном сконфигурирован для работы с преобразователями. Это подтверждается изменением оцифровки частотной оси (рис. 4.2) в нижней части экрана от 75 ГГц до 110 ГГц. Другие параметры настройки, например тип тестового порта, также изменяются (важно для калибровки). Шесть тестовых портов R&S® ZVT20 позволяют реализовать множество схем подсоединения внешних преобразователей. Кроме того, анализатор цепей R&S® ZVT20 доступен в различных конфигурациях: от двух до шести тестовых портов. Например, конфигурация преобразователя, которая показана на рис. 4.2, относится к модели R&S® ZVT20 с четырьмя портами. Поэтому для измерения, описанного далее, должно быть изменено назначение тестовых портов. Изменение конфигурации тестовых портов может быть осуществлено через меню Mode/Port Config векторного анализатора. Рис. 4.3 иллюстрирует измененные параметры настройки.

Тестовые порты 1 - 4 R&S® ZVT20 (ряд 1 - 4 из таблицы *Port Configuration table*) сконфигурированы как порты для генерирования стимулирующего сигнала RF IN. Диапазон основной частоты f_b соответствует частотам от 75 ГГц до 110 ГГц и генерируется преобразователем посредством шестикратного перемножения. Поэтому частота внутренних генераторов анализатора R&S® ZVT20 определяется как $f_b/6$ (см. рис. 4.3). Частота принимаемого сигнала промежуточной частоты для опорного и измерительного каналов (т.е. частота, на которой эти сигналы должны быть приняты анализатором) устанавливается постоянной 279 МГц (см. рис. 4.3).

Тестовые порты 5 и 6 генерируют гетеродинный сигнал, частота которого получена следующим образом: $(f_b - 279 \text{ МГц})/8$ (см. рис. 4.33).

Оптимальное значение мощности для входного радиочастотного сигнала и сигнала гетеродина для внешнего преобразователя равняется +7 дБм. Соответственно устанавливаются значения в столбце *Power* (рис. 4.3). Сигнал с тестового порта 5 разветвляется посредством внешнего делителя Wilkinson так, чтобы он обеспечивал два внешних преобразователя сигналом гетеродина (см. рис. 4.4 на следующей странице). Потери, вносимые делителем Вилкинсона, равняются 3 дБ, поэтому выходная мощность для этого тестового порта должна быть 10 дБм.

Пометки в столбце генератора *Gen* (рис. 4.3) указывают на то, что тестовые порты 5 и 6 постоянно являются активными и генерируют гетеродинный сигнал, независимо от направления измерений.

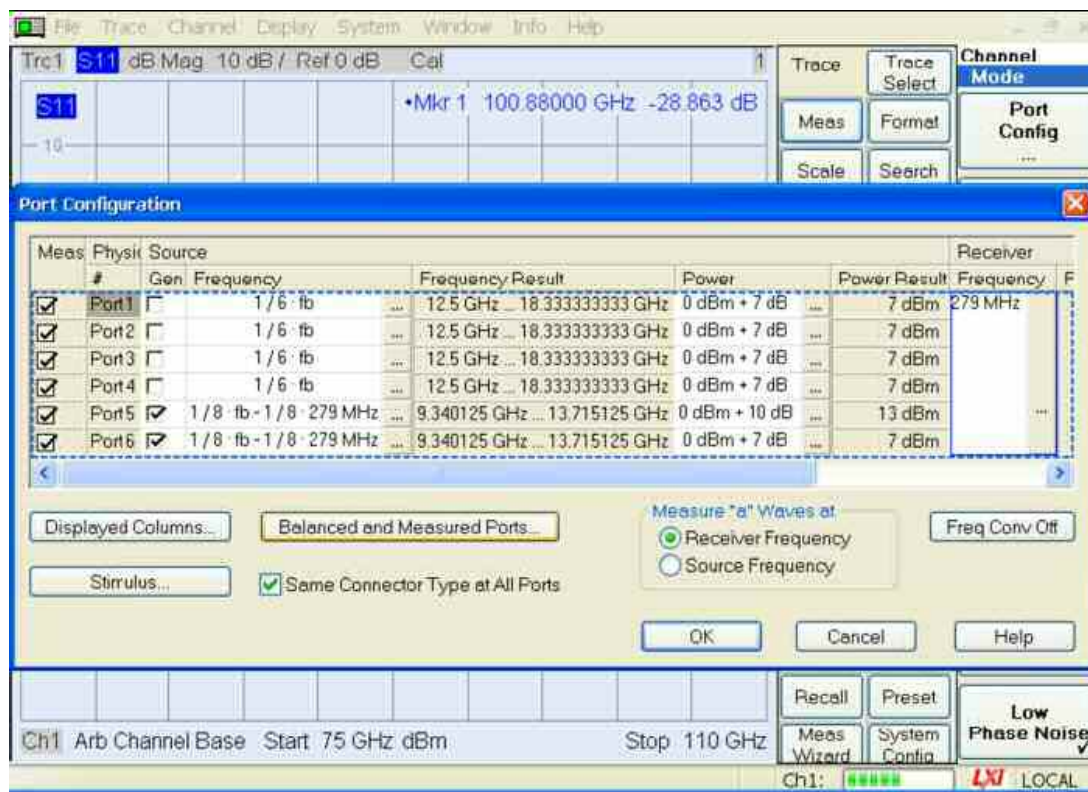


Рис. 4.3: Изменение конфигурации тестовых портов R&S® ZVT20

Многопортовые измерения в миллиметровом диапазоне длин волн с использованием преобразователей семейства R&S® ZVA

Шаг 2: Соединение преобразователей

Ниже рис. 4.4 подробно изображает схему подсоединения преобразователей и разводку сигналов внутренних генераторов R&S® ZVT20. Гетеродинный сигнал (синий цвет) генерируется обычным генератором (генератором 3) и распределяется соответственно. Тем самым обеспечивается, что сигналы промежуточной частоты (MEAS, REF) когерентны по фазе по отношению друг к другу. Это необходимо, чтобы получить фазовую однозначность комплексных S-параметров.¹

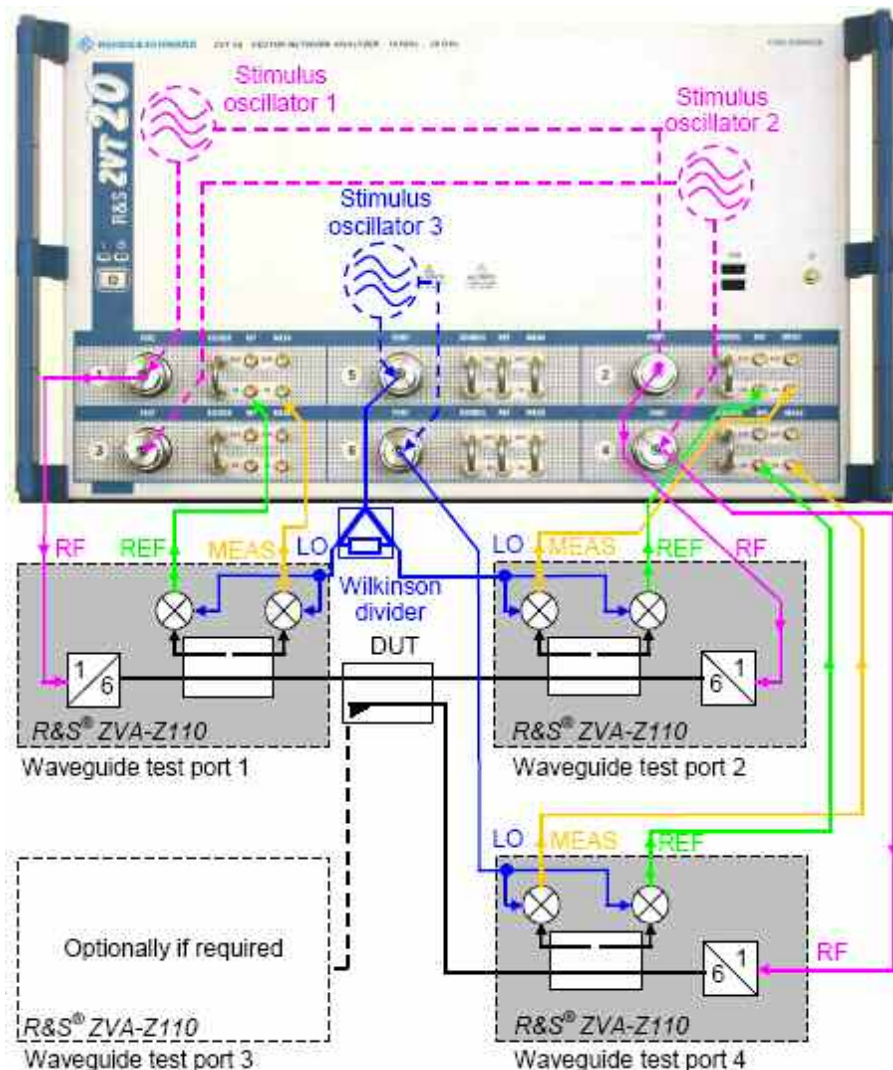


Рис. 4.4 Схема подсоединения трех (четырёх) преобразователей к шестипортовому анализатору R&S® ZVT без использования внешнего генератора

Шаг 3: Подготовительные операции для волноводных измерений

В нашем примере на R&S® ZVT20 должна быть установлена полоса пропускания 1 кГц. Преобразователи R&S® ZVA-Z110 содержат регулировочный винт для того, чтобы изменять мощность на выходе тестового порта (см. рис. 4.5). Так как нелинейные эффекты несвойственны для пассивного компонента, измеряемого здесь, будет использоваться максимальная мощность на выходе тестового порта. Максимальная мощность на выходе порта получается для всех показаний шкалы регулировочного винта >2мм. Настройте все три преобразователя на максимальную выходную мощность.

¹ При измерении ТУ преобразующих частоту, информация о фазе часто не нужна. В таких случаях может быть

Многопортовые измерения в миллиметровом диапазоне длин волн с использованием преобразователей семейства R&S® ZVA

уместно использование различных генераторов гетеродинного сигнала, которые могут функционировать на различных частотах.

Исправление системных ошибок - важное условие для того, чтобы получить корректные результаты. Немедленно после выполнения калибровки (шаг 4) R&S® ZVT20 автоматически выполняет системное исправление ошибок. Желательно уже перед калибровкой определить соответствующую геометрическую ориентацию тестовых портов. Любое существенное изменение ориентации тестового порта после калибровки может вызвать потерю точности, которую желательно избежать. Оптимальная ориентация тестового порта может быть определена, например, с помощью испытательной установки, включающей ТУ, как показано на рис. 4.5. Особенно при многопортовых измерениях полезно попробовать различные конфигурации испытательных установок и оценить их согласно следующим критериям:

- доступность крепежных винтов волноводных фланцев;
- возможность использования коротких кабелей для передачи радиочастотных и гетеродинных сигналов;
- механическая стабильность радиочастотных и гетеродинных кабелей.

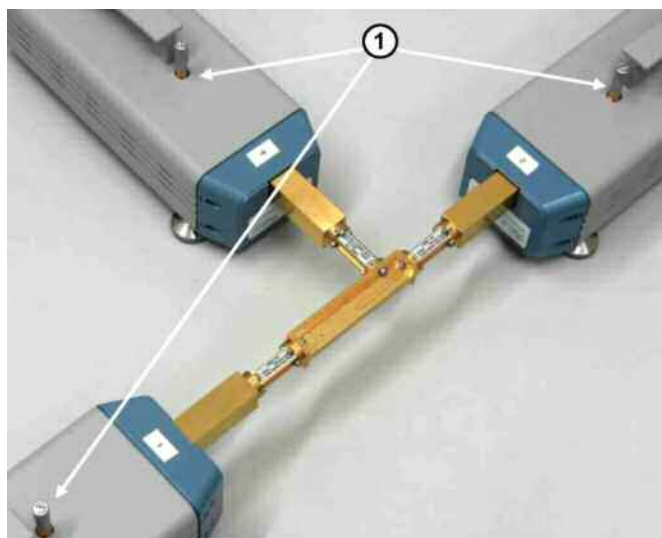


Рис. 4.5: Испытательная установка для измерения направленности

Учитывая конструкцию стандартов Trough (отрезки линий), ориентация тестовых портов относительно друг друга более или менее predetermined. Поэтому метод калибровки UOSM (*Unknown Trough – неизвестный отрезок линии, Open – холостой ход, Short – короткое замыкание, Match – согласованная нагрузка*) будет предпочтительнее. Этот метод калибровки напоминает метод TOSM (*Trough – известный отрезок линии, Open – холостой ход, Short – короткое замыкание, Match – согласованная нагрузка*). В отличие от известного отрезка линии Trough неизвестный отрезок линии Unknown Trough должен удовлетворять только одному требованию – требованию взаимности. Поэтому стандарт Unknown Trough должен иметь хорошее согласование и низкие потери. Даже дешевые волноводные секции со стандартными фланцами удовлетворяют требованиям взаимности и поэтому могут использоваться как Unknown Trough. Такие волноводные секции могут иметь различную форму (см. раздел 5.2, таблица 5.1, левый столбец). Они могут быть подобраны по размерам, чтобы не менять существенно положение преобразователей при калибровке.

Шаг 4: Калибровка

Выберите диалог *Cal | Start Cal | Other* во встроенном программном обеспечении анализатора цепей. Анализатор автоматически предлагает тип волноводного порта WR10. Анализатор также предлагает калибровочный набор (в данном случае R&S® ZV-WR10), и всё что Вы должны сделать – это проверить, тот ли набор используется.¹

Многопортовые измерения в миллиметровом диапазоне длин волн с использованием преобразователей семейства R&S® ZVA

В диалоге, показанном ниже, Вы можете подробно сконфигурировать процесс калибровки. Только в данном случае тестовые порты 1, 2, и 4 R&S® ZVT20 будут использоваться как волноводные тестовые порты. Следовательно, Вы должны выбрать и сконфигурировать только эти тестовые порты и задать метод UOSM для этих портов (см.рис.4.6).

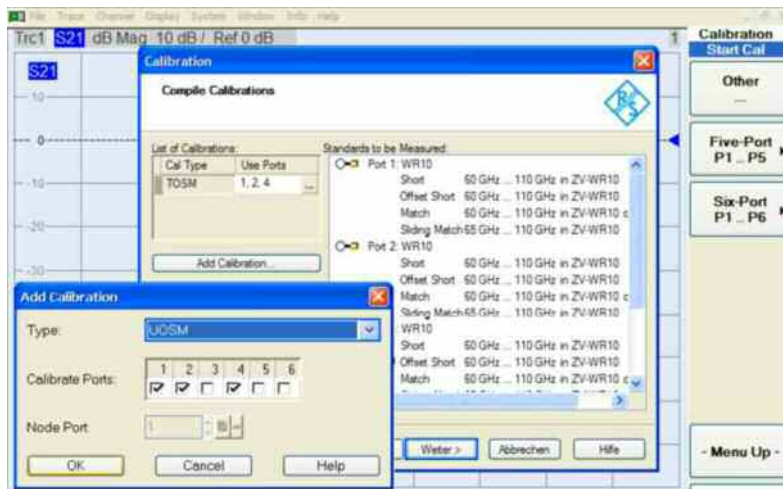


Рис. 4.6 Выбор тестовых портов 1, 2 и 4 для калибровки UOSM

Подключите однопортовые калибровочные стандарты, показанные на рисунке 4.7, к каждому из трех тестовых портов по очереди и проведите измерения их параметров. Однопортовые стандарты включают *Short*, смещенное короткое замыкание *Offset Short* (составленное из *Short* и волноводной вставки *Shim*²), и фиксированную нагрузку *Fixed Match*. Подсоединяя калибровочные стандарты, удостоверьтесь, что волноводные фланцы закреплены без перекоса.³

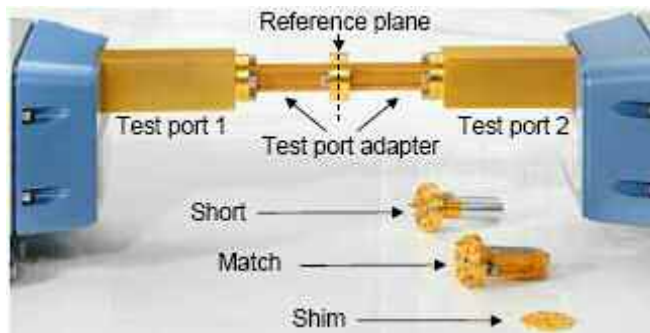


Рис. 4.7: Непосредственное соединение волноводных фланцев (Trough) тестовых портов 1 и 2 и однопортовые калибровочные стандарты

В качестве стандарта *Trough* используется непосредственное соединение портов 1 и 2 (см. выше рис. 4.7). *Trough* стандарты между волноводными тестовыми портами 1 и 4, и 2 и 4, реализованы с использованием изгиба в плоскости Н, чтобы не менять требуемую для измерений параметров волноводного ответвителя ориентацию тестовых портов (см. шаг 3).

¹ Мы рекомендуем использовать калибровочный набор R&S® ZV-WR10. Вы можете также использовать собственный волноводный калибровочный набор. Чтобы сделать это, обратитесь к функции интерактивной справки Help R&S® ZVT / R&S® ZVA.¹

² Стандарт холостого хода не может быть реализован в волноводной технике из-за потерь на излучение, имеющее место на открытом конце волновода. Чтобы получить дополнительный однопортовый стандарт, используется стандарт короткого замыкания, который преобразуется в стандарт холостого хода посредством небольшой волноводной секции (вставки), называемой *Shim*.²

³ Для дальнейшего увеличения точности, Вы можете использовать дополнительные стопорные штифты (см. рис. 2.1.2) при установке стандартов калибровочного набора R&S® ZV-WR10.³

Многопортовые измерения в миллиметровом диапазоне длин волн с использованием преобразователей семейства R&S® ZVA

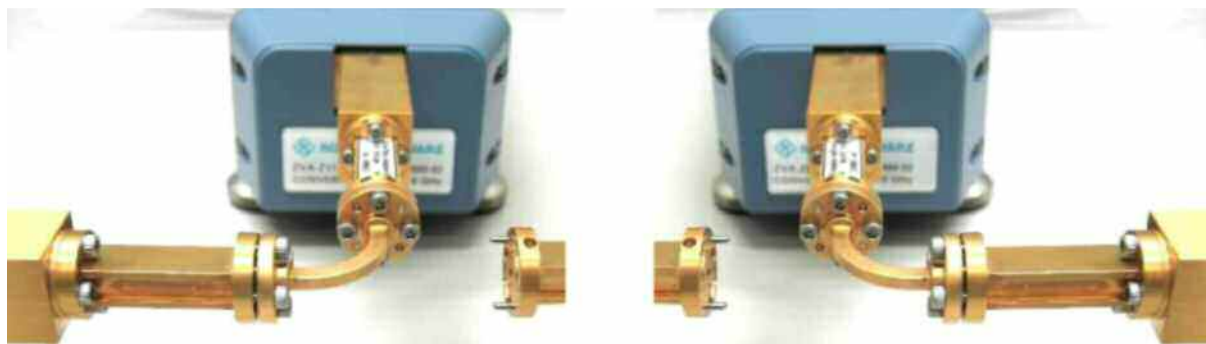


Рис. 4.8а Линия неизвестной длины *Unknown Trough* между волноводными тестовыми портами 1 и 4

Рис. 4.8б Линия неизвестной длины *Unknown Trough* между волноводными тестовыми портами 2 и 4

В методе UOSM имеется собственная 180° фазовая неоднозначность. Для обычных коаксиальных *Trough* стандартов, фазовый набег 0° будет получен на частоте 0 Гц. Для таких стандартов анализатор цепей автоматически экстраполирует результаты калибровочного измерения на частоту 0 Гц удаляя таким образом неоднозначность фазы. В отличие от этого, в системах линий с потерями, таких как волноводы, неоднозначность фазы не может быть удалена автоматически. Поэтому, Вы должны активизировать *Dispersive* в меню *Unknown Trough* (см. рис. 4.9), которое появляется после того, как все калибровочные измерения будут закончены.

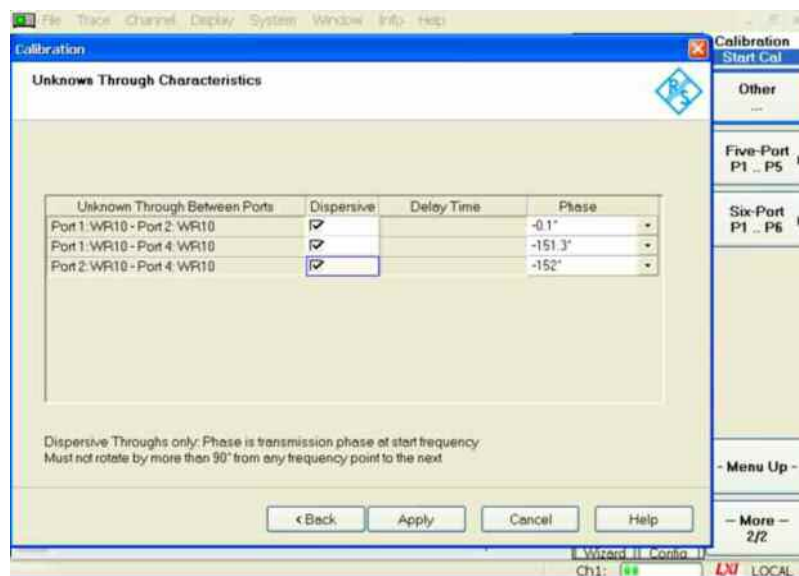


Рис. 4.9 Диалог *Unknown Trough Characteristic*

Значения фазового набега, предлагаемые для *Unknown Trough* стандартов, могут быть изменены на 180° (анализатор цепей предлагает два аппроксимированных значения фазового набега для каждого стандарта). В предварительном измерении значение фазы -151.5° было измерено на 75 ГГц при изгибе в плоскости H. Для непосредственного соединения фланцев, показанного на рисунке 4.7, может быть принято значение фазового набега 0° . В диалоге на рис. 4.9 были соответственно выбраны значения фазы.

Многопортовые измерения в миллиметровом диапазоне длин волн с использованием преобразователей семейства R&S® ZVA

Шаг 5: Подключение ТУ и выполнение измерения

Подключите ТУ как показано на рисунке. 4.5. Важным измерительным параметром является коэффициент отражения (возвратные потери) в каждом из волноводных портов ТУ. Результаты, полученные для возвратных потерь, отображены на R&S® ZVT20 посредством трех графиков зависимостей (S_{11} , S_{22} , и S_{44} , см. рис. 4.10). Результаты могут автоматически сравниваться с граничными линиями Limit Lines (в данном случае красная линия на уровне на минус 26 дБ).



Рис. 4.10 Автоматическая проверка соответствия возвратных потерь всех портов направленного ответвителя заданным граничным условиям

Следующими параметрами, которые должны быть измерены, являются вносимое затухание, коэффициент связи и изоляция направленного ответвителя. Вносимое затухание (S_{21}) выражает потери, имеющие место при прямом прохождении сигналов через направленный ответвитель (рис. 4.11 1), а коэффициент связи (S_{41}) выражает потери ответвляемой мощности (рис. 4.11 2). Вдобавок к (требуемому) ответвленному сигналу есть также нежелательные перекрестные помехи (рис. 4.11 3), которые описываются параметром S_{42} . На пути перекрестных помех изоляция должна быть настолько высокой насколько возможно.

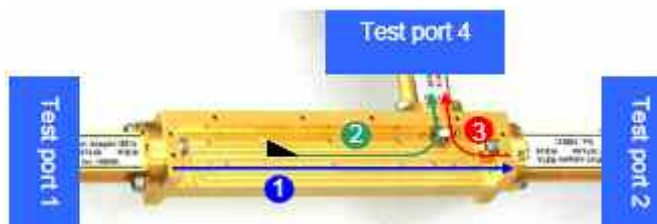


Рис. 4.11: Пути прохождения сигналов направленного ответвителя

Чтобы сделать более наглядное сравнение характеристик изоляции направленных ответвителей с коэффициентом связи, была введена такая характеристика как направленность (D). Она выражает отношение (нежелательных) уровня перекрестных помех (S_{42}) к (требуемому) коэффициенту связи (S_{41}). Используя функцию математической обработки, это отношение может быть вычислено из графиков зависимостей Tr3 и Trc2, которые показаны на рисунке. 4.12. На данной диаграмме не использовались предельные линии, чтобы избежать информационной переполненности графика. Эффект связи в направленном ответвителе (рис. 4.11 2) фактически является узкополосным. Чтобы расширить этот эффект на весь диапазон частот волновода, необходима специальная конструкция направленного ответвителя. Это было осуществлено в ТУ, где эффект связи имеет место во всем диапазоне частот волновода с изменением менее 1 дБ (см. значения маркеров на рисунке. 4.12).

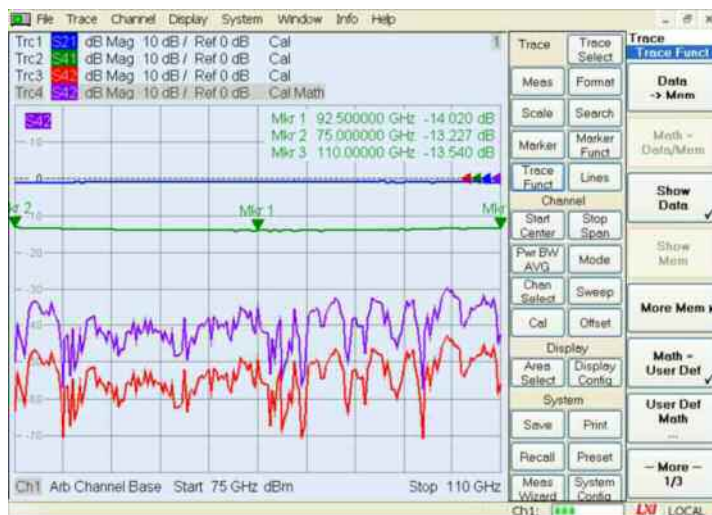


Рис. 4.12: Вносимые потери, коэффициент связи, изоляция и направленность ТУ

4.2 Измерение S-параметров двойного волноводного тройника (Т-образного моста)

Задача измерения:

Для второй измерительной задачи используются: четырехпортовый анализатор цепей R&S®ZVA24, генератор сигналов R&S®SMF100A и четыре преобразователя R&S®ZVA-Z110 (см. изображение на обложке данного руководства). В качестве альтернативы для этого измерения может быть использована измерительная установка, описанная в разделе 4.1. Тестируемое устройство – двойной волноводный тройник с четырьмя портами. Он работает в диапазоне частот от 75 ГГц до 95 ГГц и может использоваться, например, как сумматор. Его принцип работы может быть объяснен при рассмотрении электрического E-поля:

- Если E-поле приложено к физическим портам 2 и 4 с равной фазой (рис. 4.13а), то векторы E-поля синфазно складываются в волноводном соединении порта 3, т.е. максимальная мощность сигнала присутствует на выходе 3 порта. С другой стороны, на выходе порта 1 получается вектор разности, сформированный двумя векторами E-поля. Предполагая, что мощность сигналов на входах 2 и 4 равна, два вектора взаимно компенсируют друг друга, т.е. мощность на выходе порта 1 отсутствует.
- Если E-поле приложено к физическим портам 2 и 4 в противофазе и с равной мощностью (рис. 4.13б), то векторы E-поля противофазно накладываются друг на друга, т.е. нет выходного сигнала на выходе порта 3, и максимально возможный сигнал получается на выходе порта 1.
- Из-за этих характеристик порты 1 и 3 также упоминаются как Δ или Σ соответственно.

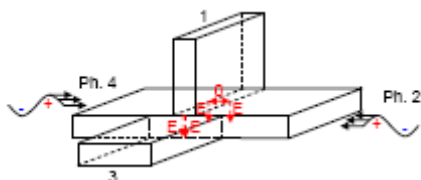


Рис. 4.13а Двойной волноводный тройник с возбуждением синфазным сигналом

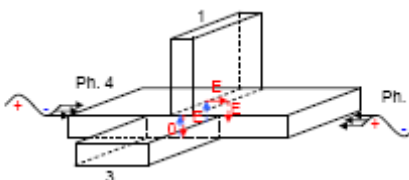


Рис. 4.13б Двойной волноводный тройник с возбуждением дифференциальным сигналом

Если мы представим что физические порты 2 и 4 объединены и образуют симметричный (балансный) порт, то синфазная составляющая сигнала портов 2 и 4 присутствует в порте 1, а дифференциальная составляющая сигнала присутствует в порте 3. Описанное поведение двойного волноводного тройника должно быть проверено посредством данного измерения.

Многопортовые измерения в миллиметровом диапазоне длин волн с использованием преобразователей семейства R&S®ZVA

Шаг 1: Синхронизация и дистанционное управление внешним генератором

Синхронизируйте R&S®ZVA24 опорным сигналом 10 МГц от генератора R&S®SMF100A. Так как частота сигнала гетеродина должна меняться во время измерения, то необходимо дистанционное управление генератором (обеспечивающим частоту сигнала гетеродина для преобразователей) от анализатора цепей. В данном примере дистанционное управление осуществляется через шину IEC/GPIB, используя опции R&S®ZVAB-B44 (переходник USB-IEC/GPIB) и R&S®SMF-B83 (съемный блок интерфейса GPIB).¹ После подключения Вы можете обнаружить генератор на анализаторе цепей в меню *System | System Config | External Generators* посредством операции обновления списка *Refresh Table*, и добавить его в список конфигурированных генераторов (Configured) посредством функции *Add v*.

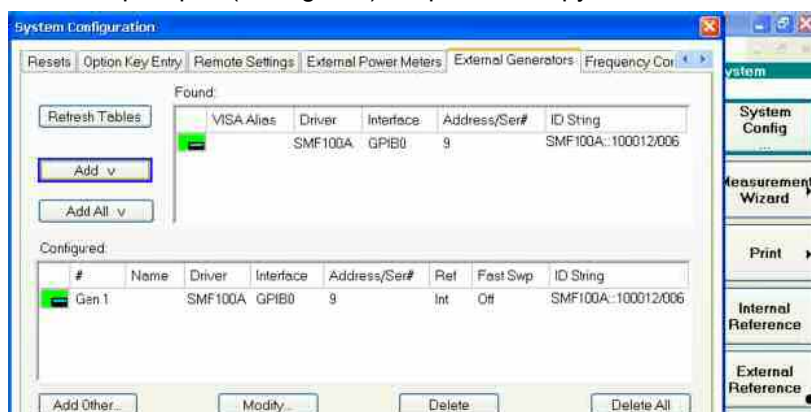


Рис. 4.14: Обнаружение и добавление внешнего генератора

Шаг 2: Конфигурирование преобразователей

Преобразователи конфигурируются в меню *System | System Config | Frequency Converter* (рис. 4.15). Выберите тип преобразователя (в данном случае ZVA-Z110) и схему соединения (RF intern, LO extern). Активизируйте функцию *Apply* и завершите диалог *Close*.

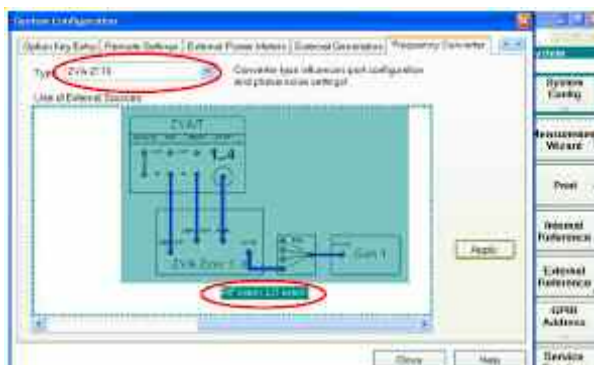


Рис. 4.15 Конфигурирование преобразователей на R&S®ZVA

¹ Вместо подключения IEC/GPIB, чтобы соединить генератор с анализатором цепей, может использоваться подключение через локальную сеть. В этом случае опции R&S®ZVAB-B44 и R&S®SMF-B83 не понадобятся. Управление внешним генератором занимает больше времени, чем управление внутренним генератором анализатора цепей. Чтобы ускорить скорость управления генератором во время перестройки частоты, сигналы готовности генератора *TRIGGER* и *BLANK* могут быть поданы на соответствующие шины разъема *USER CONTROL* R&S®ZVA в дополнение к существующему подключению дистанционного управления. Это позволяет использовать функцию списка генератора *List*, чтобы выполнить перестройку. Когда эта функция используется, анализатор цепей передает все частотные точки генератору через удаленное подключение (GPIB или LAN) до начала развертки. Во время перестройки частоты (или повторных перестройках) сигналы готовности используются исключительно, чтобы переключиться на следующую частоту перестройки.

Многопортовые измерения в миллиметровом диапазоне длин волн с использованием преобразователей семейства R&S® ZVA

Шаг 3: Соединение преобразователей

Генератор сигнал гетеродина, который подается на все преобразователи как входной гетеродинный сигнал *LO IN* посредством четырехканального делителя мощности. Тестовые порты 1 - 4 анализатора цепей обеспечивают преобразователи входным радиочастотным сигналом, таким образом, что входной РЧ сигнал подается на преобразователи поочередно в зависимости от направления измерений. Сигналы промежуточной частоты от преобразователей подаются на восемь разъемов прямого доступа к приемникам R&S® ZVA24 (4 сигнала на опорные приемники и 4 сигнала на измерительные приемники).

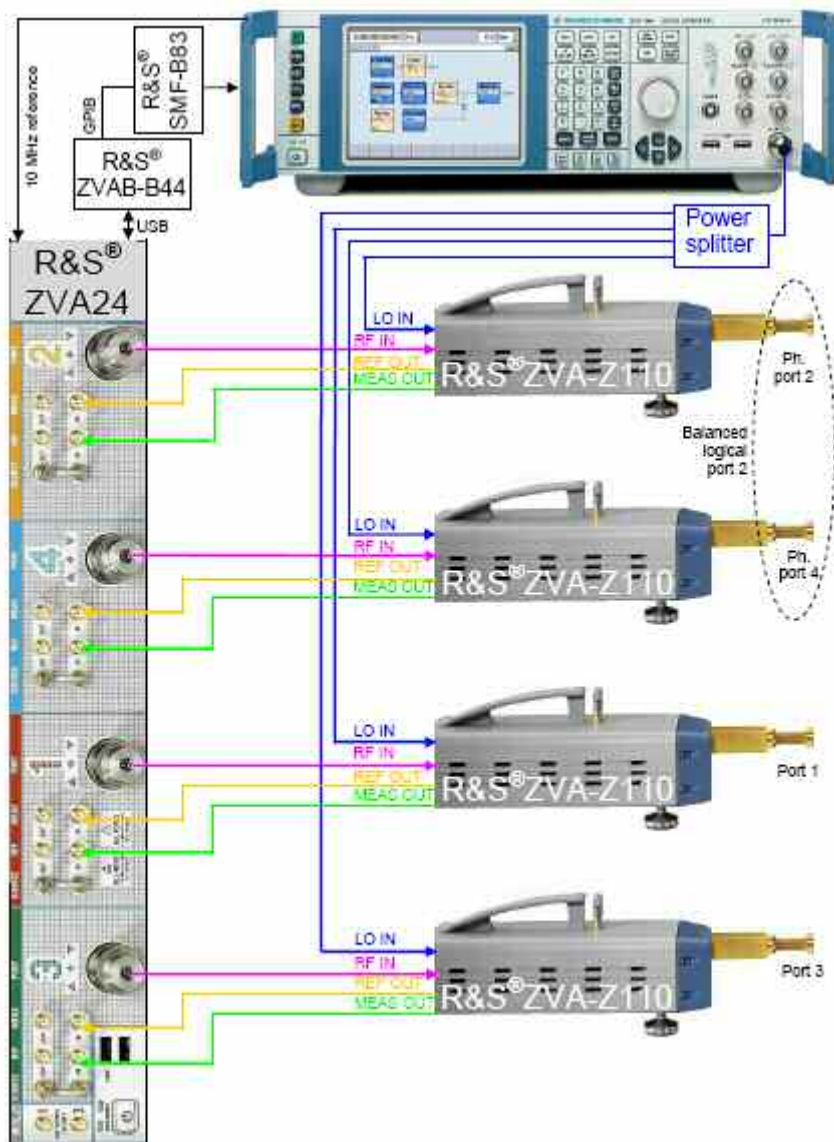


Рис. 4.16: Схема соединения R&S®ZVA24 с четырьмя преобразователями R&S®ZVA-Z F10

Многопортовые измерения в миллиметровом диапазоне длин волн с использованием преобразователей семейства R&S® ZVA

Шаг 4: Настройка параметров мощности

Оптимальная мощность на гетеродинном входе преобразователя R&S® ZVA-Z110 7 дБм. Для измерительных установок, включающих только один преобразователь (следовательно, без делителя мощности) возможно автоматически установить мощность на выходе 7 дБм в шаге 2. Однако, в конфигурации с четырьмя преобразователями, обсуждаемой здесь, вносимое затухание для четырехканального делителя мощности должно быть принято 12 дБ. Это означает, что выходная мощность генератора должна быть увеличена до 19 дБм. Это может быть осуществлено в меню *Mode | Port Config* на R&S® ZVA.¹

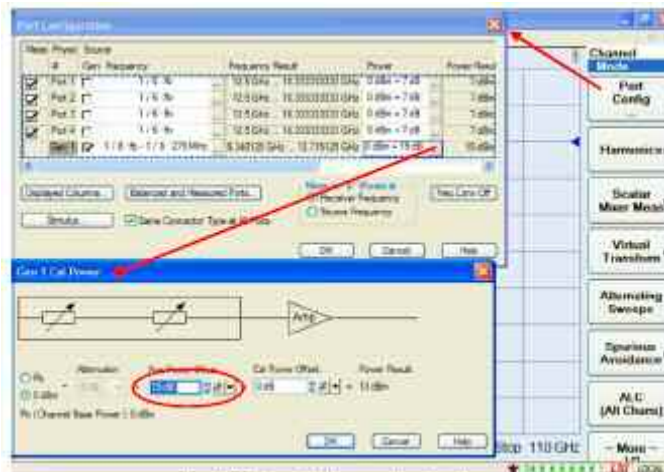


Рис. 4.17: Изменение выходной мощности генератора

В дополнение к выходной мощности генератора должна быть установлена выходная мощность волноводных тестовых портов (на преобразователях). Это производится посредством регулировочного винта мощности, предусмотренного на каждом преобразователе (рис. 4.18). Так как нелинейные эффекты несвойственны для пассивного компонента, измеряемого здесь, будет использоваться максимальная мощность на выходе тестового порта. Максимальная мощность на выходе порта получается для всех показаний шкалы регулировочного винта >2мм. Установите максимальную выходную мощность для всех четырех преобразователей.



Рис. 4.18: Регулировочный винт мощности

Выберите полосу пропускания 1 кГц или 100 Гц на анализаторе R&S® ZVA24.

Шаг 5: Конфигурирование тестовых портов для измерений смешанных S-параметров

После выполнения конфигурации, четыре волноводных измерительных порта будут рассматриваться как несимметричные порты (небалансные порты). Чтобы объединить физические порты 2 и 4 в симметричный логический порт, обратитесь к диалогу *Balanced and Measured Ports* (рис. 4.19). Это может быть достигнуто следующим образом: *Meas | More S-Params | Balanced and Measured Ports*.

¹ Выходная мощность генератора может быть увеличена до большего значения, только если используется делитель мощности с установленным вносимым затуханием. Если делитель мощности Вилкинсона, который имеет более низкое вносимое затухание, используется для того, чтобы разделить гетеродинный сигнал генератора, то должно быть выбрано более низкое значение мощности, чтобы избежать повреждения преобразователей, вызванное высокой входной мощностью.¹

Многопортовые измерения в миллиметровом диапазоне длин волн с использованием преобразователей семейства R&S® ZVA

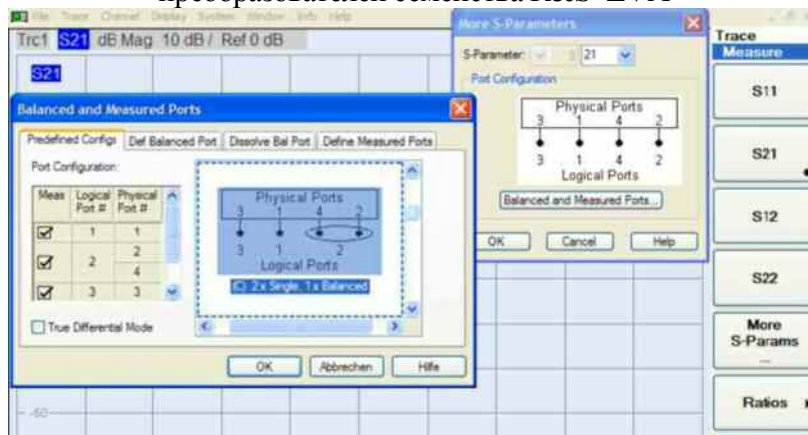


Рис. 4. 19 Конфигурирование физических портов 2 и 4 в качестве симметричного логического порта 2

В меню *Predefined Config*, выберите конфигурацию, изображенную на рисунке. 4.19. Измерения выполняются в виртуальном дифференциальном режиме. В данном режиме анализатор цепей фактически выполняет несимметричные измерения S-параметров. Полезно выполнять калибровку (шаг 6), используя хорошо известные волноводные калибровочные стандарты. Измеренные несимметричные S-параметры преобразуются к балансным параметрам только для демонстрации. Выберите S-параметры S_{sd12} , S_{sc12} , S_{sd32} , и S_{sc32} как измеренные величины. В случае необходимости, создайте графики зависимостей для данных параметров посредством меню *Trace Select | Add Trace*.

Шаг 6: Калибровка

Чтобы гарантировать устранение системных погрешностей при измерении S-параметров, убедитесь, что измерительная установка откалибрована. Она выполняется калибровочным набором R&S®ZV-WR10. Откройте диалог, показанный на рисунке. 4.6 (страница 11). В меню *Calibrate Ports* выберите тестовые порты 1 - 4. Выберите метод калибровки UOSM – причины этого выбора изложены в разделе 4.1, шаг 3 (страница 10, последний параграф). Подсоедините однопортовые калибровочные стандарты, которые показаны на рисунке. 4.7, к каждому из этих четырех тестовых портов поочередно и проведите измерения. Однопортовые стандарты включают *Short*, смещенное короткое замыкание *Offset Short* (составленное из *Short* и волноводной вставки *Shim*²), и фиксированную нагрузку *Fixed Match*.

В качестве стандарта *Trough* используется непосредственное соединение портов 1 и 2 (см. выше рис. 4.7). *Trough* стандарты между волноводными тестовыми портами 4 и 3, 3 и 2 реализованы с использованием изгиба в плоскости H, подобного показанному на рисунке 4.8a/b.

Trough стандарты между волноводными тестовыми портами 4 и 1, 2 и 1, реализованы с использованием изгиба в плоскости E. Анализируя направления красных стрелок на рис. 4.20a и 4.20б можно заметить, что два стандарта *Trough* не эквивалентны. Изгиб в плоскости E вызывает вращение поляризации E-поля на +90° и -90° соответственно. Поэтому направления поляризации, полученные в тестовом порту 1 будут отличаться на 180°. Кроме того, в дополнение к фиксированной опорной плоскости, которая должна быть одной для всех стандартов в измерительной установке, волноводные калибровочные стандарты также должны удовлетворять требованиям однородности поляризационной направленности.¹

¹ К примеру: Коаксиальные калибровочные стандарты, полностью удовлетворяют требование однородности поляризационной направленности из-за их внутренних радиально симметричных полей. Поэтому эта потребность отсутствует у коаксиальных стандартов.

Многопортовые измерения в миллиметровом диапазоне длин волн с использованием преобразователей семейства R&S® ZVA

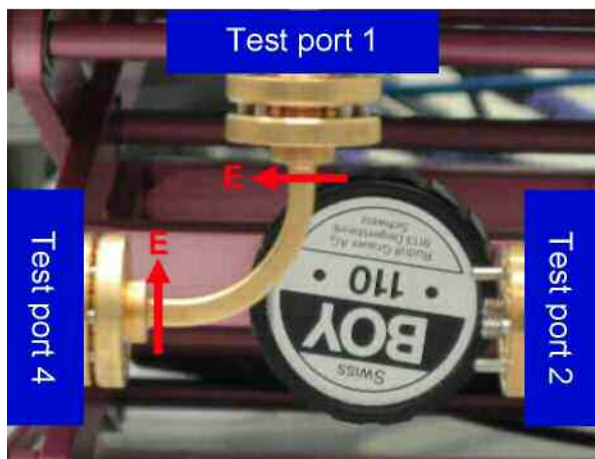


Рис. 4.20а Trough стандарт между портами 1 и 4

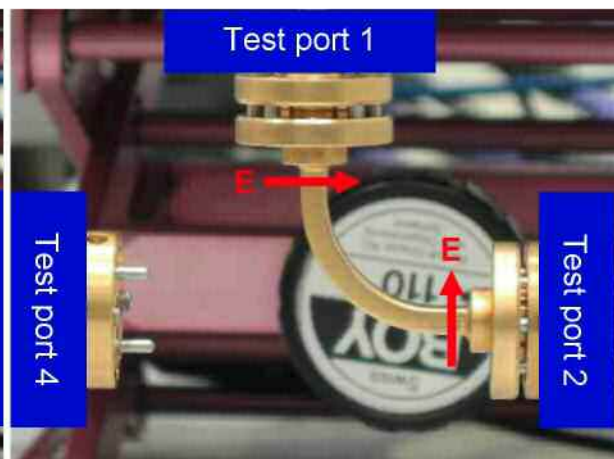


Рис. 4.20б Trough стандарт между портами 1 и 2

Trough стандарты, показанные на рис.4.20а и 4.20б, нарушают требование однородности направления поляризации. Чтобы исправить это, есть три основных метода:

- Поворот тестового порта 2 на 180 ° так, чтобы верхняя часть соответствующего преобразователя R&S®ZVA-Z110 была расположена внизу;
- Подсоединение Trough стандарта на рисунке. 4.20б с поворотом на 180°;
- Учет вращения плоскости поляризации как частотно-независимое 180° смещение фазы при расчете системных ошибок после калибровочных измерений.

Первые два метода не будут работать по механическим причинам (требование неизменности положения преобразователей на этапах калибровки и измерений). Использование методики UOSM при волноводной калибровке вызывает внутренние 180 ° неоднозначности фазы, как было отмечено в разделе 4.1, шаг 4. Поэтому Вы должны активизировать режим *Dispersive* для всех Trough стандартов, перечисленных в диалоге на рис. 4.21 (см. текст сопровождающий рис. 4.9, страница 12). Диалог появляется после того, как были закончены все калибровочные измерения.

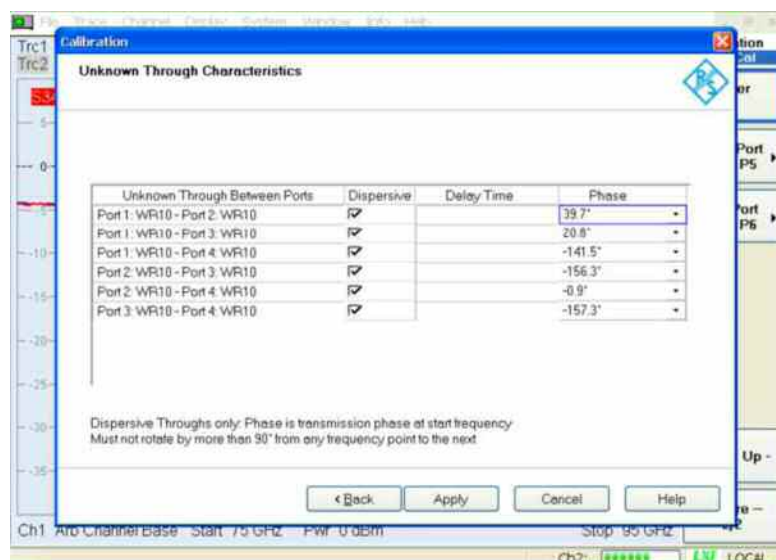


Рис. 4.21 Диалог Unknown Trough Characteristic

Для каждого *Unknown Trough* выберите соответствующее значение фазы из двух предлагаемых значений. В предварительном измерении были получены следующие значения фазовых сдвигов для Trough на 75 ГГц: 20 ° для пути 1-3, минус 140 ° для пути 1-4, и 157 ° для пути 2-3.

Многопортовые измерения в миллиметровом диапазоне длин волн с использованием преобразователей семейства R&S® ZVA

Некоторые значения фазовых сдвигов могут быть проверены посредством логических умозаключений: для прямого соединения портов 2 и 4 (рис. 4.7), например, значение фазового набега должно равняться 0° . Разность фазовых сдвигов для путей между портами 1 и 4, 1 и 2 должна быть в 180° из-за эффекта вращения плоскости поляризации, рассмотренного выше. Для путей между портами 2 и 3, 3 и 4 должны быть получены идентичные значения фазы.

Шаг 7: Подключение ТУ

Смонтируйте двойной волноводный тройник между конфигурированными и калиброванными тестовыми портами как показано на рис. 4.22.

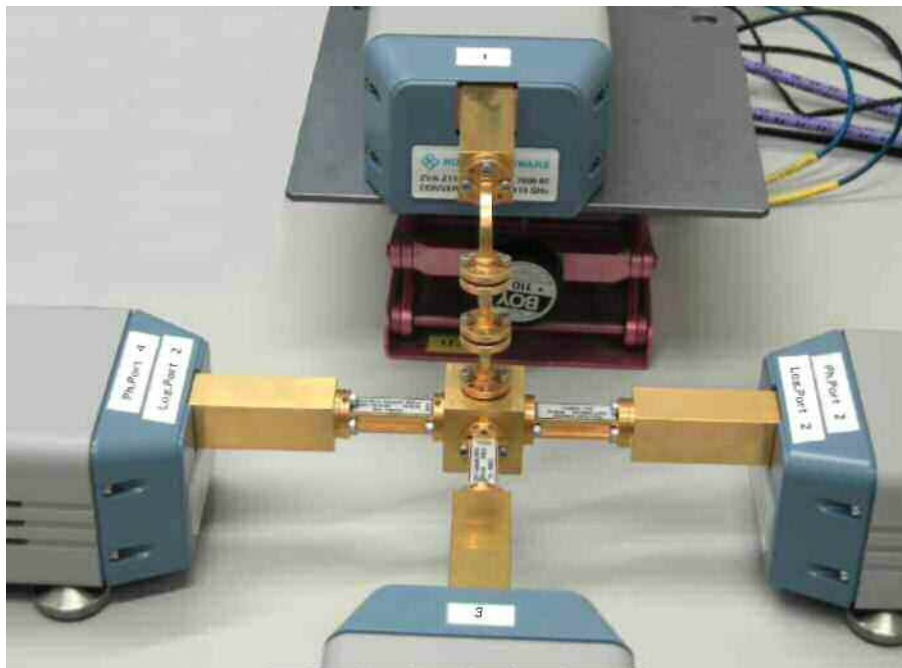


Рис. 4.22 Измерительная установка с установленным ТУ

Результаты, полученные для смешанных S-параметров S_{sd12} , S_{sc12} , S_{sd32} , и S_{sc32} в значительной степени, доказывают ожидаемое поведение.

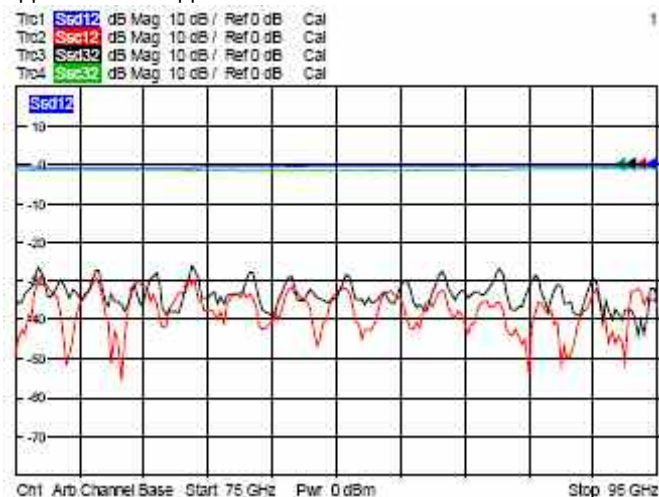


Рис. 4.23 Результаты, полученные для смешанных S-параметров S_{sd12} , S_{sc12} , S_{sd32} , и S_{sc32}

Многопортовые измерения в миллиметровом диапазоне длин волн с использованием преобразователей семейства R&S® ZVA

Становится очевидным, что двойной волноводный тройник не может быть изготовлен на 100 % без потерь (потеря =1 дБ получена для S_{sd12} и S_{sc32}), и что (нежелательно) параметры S_{sd32} и S_{sc32} , полученные после волнового преобразования, могут быть лишь ограниченно подавлены. В дополнение к параметрам смешанного режима, также представляют интерес несимметричные S-параметры, например изоляция между портами 1 и 3, или возвратные потери на каждом из несимметричных портов 1 и 3.

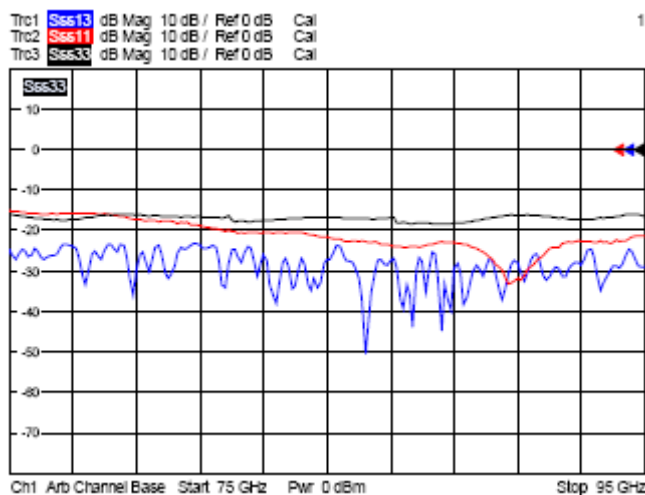


Рис. 4.24 Результаты измерений: изоляция между портами 1 и 3 и согласование портов 1 и 3

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 Типичные волноводные секции

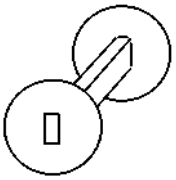
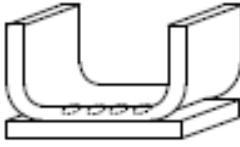
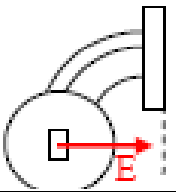
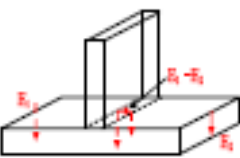
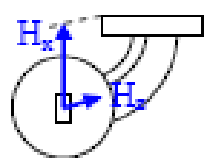
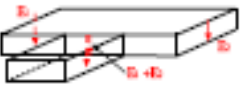
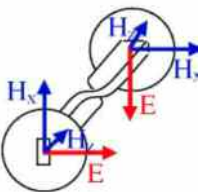
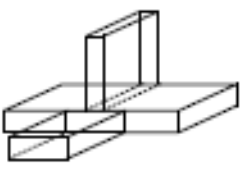
В следующей таблице приведены некоторые типичные волноводные секции и		Многопортовые	
Схема	Объяснение	Схема	Объяснение
<p>Прямая секция</p> 	<p>Типичный длина в целочисленных значениях дюйма, например 1 в (25.4 мм), 2 в (50.8 мм), и т.д</p>	<p>Направленный ответвитель</p> 	<p>В волноводной технике направленные ответвители могут быть, например, выполнены как ответвители с множественными отверстиями связи. Другие виды, например, ответвители на крестообразных волноводах, также находят применение в волноводной технике</p>
<p>Изгиб на 90° в плоскости E</p> 	<p>Изгиб в плоскости E изогнут вдоль его широкой стороны.</p>	<p>Тройник в E-плоскости</p> 	<p>У тройника в E-плоскости сигнал ответвляется на широкой стороне волновода.</p>
<p>Изгиб на 90° в плоскости H</p> 	<p>Изгиб в плоскости H изогнут вдоль его узкой стороны.</p>	<p>Тройник в H-плоскости</p> 	<p>У тройника в H-плоскости сигнал ответвляется на узкой стороне волновода</p>
<p>Скрученная на 90°</p> 	<p>Скрученная секция представляет собой волноводного поперечного сечения, например на 90°. Наряду с поперечным сечением, вращаются компоненты электромагнитного поля в волноводе.</p>	<p>T-образный мост</p> 	<p>Двойной волноводный тройник - комбинация тройника в H-плоскости и тройника в E-плоскости (см. также измерительный пример в разделе 4.2).</p>

Таблица 5.1: Типичные волноводные секции

Обозначение "Изгиб в плоскости E/ E - тройник" и "Изгиб в плоскости H/ H - тройник" основано на ориентации электрического поля (E-поле) или магнитного поля (H-поле) внутри волновода. Для пояснения некоторые векторы выбранных электрических и магнитных полей, были обозначены на рисунках как стрелки. Эти линии служат только в качестве примеров, т.к. E- и H-поля изменяются как функции местоположения и времени. Кроме того, предполагается, что волноводы функционируют в соответствующих диапазонах частот. Характеристики E- и H-тройников могут быть рассмотрены, основываясь на E-поле. Таким образом, тройник в E-плоскости соответствует последовательному подключению, а тройник в H-плоскости параллельному подключению. Поэтому тройник в E-плоскости, тройник H-плоскости и двойной волноводный тройник, показанные в таблице, будут обычно показывать рассогласование на их портах. Рассогласование может быть уменьшено при использовании модифицированной конструкции волновода.

6. Список литературы

- [1] "Спецификация WR10 преобразователя R&S®ZVA-Z110 ", Rev. 01.00, Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG, Июнь 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 1EZ55: Millimeter-Wave Measurements Using Converters of the R&S®ZVA Family", Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG, 2007

7. Информация для заказа

Пример измерения, раздел 4.1

3	Преобразователя WR10	R&S®ZVA-Z110	75 ГГц до 110 ГГц	1307.7000.02
6	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	Волн. Калибр. набор WR10	R&S®ZVA-WR10	скользящего	1307.7100.10
1	Векторный анализатор цепей, 20 ГГц, 2 порта	R&S®ZVT20	согласования	1300.0000.20
1	Доп. порт 3 для R&S®ZVT20 (опция)	R&S®ZVT20-B63		1300.1606.03
1	Доп. порт 4 для R&S®ZVT20 (опция)	R&S®ZVT20-B64		1300.1606.04
1	Доп. порт 5 для R&S®ZVT20 (опция)	R&S®ZVT20-B65		1300.1606.05
1	Доп. порт 6 для R&S®ZVT20 (опция)	R&S®ZVT20-B66		1300.1606.06
1	Прямой доступ к ген./прм. для порта 1 (опция)	R&S®ZVT20-B16		1300.1635.11
1	Прямой доступ к ген./прм. для порта 2 (опция)	R&S®ZVT20-B16		1300.1635.12
1	Прямой доступ к ген./прм. для порта 3 (опция)	R&S®ZVT20-B16		1300.1635.13
1	Прямой доступ к ген./прм. для порта 4 (опция)	R&S®ZVT20-B16		1300.1635.14
1	Прогр. управления преобразователем (опция)	R&S®ZVA-K8		1307.7022.02

Необходимое дополнительное оборудование:

Делитель Вилкинсона, SMA/3,5 мм, частотный диапазон 9 ГГц - 14 ГГц (например, модель MECA Electronics 802 - 2 - 10.500 - M01, или модель MECA Electronics 802 - 2 - 11.500 - M01, или подобный продукт)

Пример измерения, раздел 4.2

4	Преобразователя WR10	R&S®ZVA-Z110	75 ГГц до 110 ГГц	1307.7000.02
8	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	Волн. Калибр. набор WR10	R&S®ZVA-WR10	без скользящей	1307.7100.10
1	Векторный анализатор цепей, 24 ГГц, 4 входа	R&S®ZVA24	нагрузки	1145.1110.26
1	Direct Generator/Receiver Access (option)	R&S®ZVA24-B16	10 МГц до 24 ГГц	1164.0209.26
1	Прогр. управления преобразователем (опция)	R&S®ZVA-K8		1307.7022.02
1	USB-to-IEC/GPIB переходник (опция)	R&S®ZVAB-B44		1302.5544.02
1	Микроволновый генератор сигнала	R&S®SMF100A		1167.0000.02
1	Частотный диапазон 1 ГГц к 22 ГГц (опция)	R&S®SMF-B122	1 ГГц до 22 ГГц	1167.7004.02
1	Высокая выходная мощность 1 ГГц к 22 ГГц (опция)	R&S®SMF-B31	1 ГГц до 22 ГГц	1167.7404.02
1	Съемный интерфейс GPIB (опция)	R&S®SMF-B83		1167.6408.02

Необходимое дополнительное оборудование:

Четырехканальный делитель мощности, SMA/3,5 мм (например, модель 1594A Weinschel/Aeroflex) или, альтернативно, три делителя мощности с двумя выходами (например, модель 1579 Weinschel/Aeroflex), которые должны быть соединены каскадно так, чтобы два выхода первого делителя мощности были соединены со входами двух других делителя мощности.

Примечание: Касается всей информации для заказа:

Кабели с усиленными соединителями (например, R&S®ZV93, 1301.7595) не могут использоваться для подключения преобразователей R&S®ZVA с R&S®ZVA-Z110 из-за больших размеров этих соединителей.

Многопортовые измерения в миллиметровом диапазоне длин волн с использованием преобразователей семейства R&S® ZVA



ROHDE&SCHWARZ

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

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

Эта инструкция и снабженные программы могут использоваться только в соответствии с условиями использования, сформулированного в участке загрузки вебсайта Rohde & Schwarz.