



製品： R&S®ZVA-Z110、R&S®ZVA24、R&S®ZVA40、R&S®ZVT20、R&S®SMF100A

R&S®ZVA 系列のコンバータによる

ミリ波測定

アプリケーション・ノート 1E255

R&S®ZVA 系列で使用可能なコンバータによって、ベクトル・ネットワーク・アナライザの周波数範囲を拡大し、ミリ波の範囲（EHF 帯域）を含めることができます。このアプリケーション・ノートでは、R&S®ZVA-Z110 コンバータを説明します。これらのコンバータはWバンド（75GHz ~ 110GHz）で使用することができます。いくつかの測定例を紹介し、コンバータを使用したベクトル・ネットワーク・アナライザ・システムの設定方法を詳細に説明します。



2007年9月 - 本書の内容は変更されることがあります。

目次

目次	2
1. 特徴	3
2. 主要な仕様	4
3. 基本的な必要条件と操作の概要	5
4. 測定例	6
4.1 フィルタに対する S パラメータ測定	7
4.2 高調波ミキサの RF マッチング測定	11
4.3 アンプの測定 (75GHz ~ 100 GHz)	14
5. 参考資料	17
5.1 測定例を正確に再現するために	17
5.2 導波管の周波数範囲	18
6. 参考文献	18
7. オーダー情報	19

1. 特徴

ローデ・シュワルツの R&S®ZVA-Z110 コンバータには次の特徴があります。

- このコンバータは内蔵のアッテネータ（パワー調整ネジ）を特徴とし、導波管のテスト・ポートの出力パワーをマニュアルでコントロールすることができます。
- 適切な導波管パワー・センサを使用すれば、アナライザの基準レシーバと測定レシーバのパワー・キャリブレーションを行うことができます。そのあと、これらのレシーバによって、校正された状態で波形測定値を求めることができます。アナライザによって測定を行うと、パワー・メータを使用して直接測定する場合と比較して、ダイナミック・レンジが広くなり、測定速度も上がります。
- 上記の2つの機能を組み合わせることによって、マニュアル・コントロールで信号のパワーを正確に設定することができます。
- コンバータは、ネジで接続するフランジのジョイントが簡単に扱えるような形状になっています。
- コンバータには付属品として交換可能なテスト・ポート・アダプタが2つついており、各種の導波管に適合させることができます。
- コンバータは、必要に応じて4本または3本のスタンドを使用するか、あるいはまったくスタンドを使わずに設置することができます。3本のスタンドを使用すれば、テスト・ポートのフランジの位置が非常に合わせやすくなります。
- コンバータはコンパクト・サイズで、ウエハ検査装置やその他スペースに限りがある用途でも使いやすいように設計されています。
- コンバータは、ファンを使用せずに自然に冷却されます。そのため、ちりやほこりが大敵な環境では特にメリットがあり、また、動作も非常に静かです。
- コンバータには、使用しないときに保護するため、保管用のケースがついています。
- R&S®ZVA と R&S®ZVT20 には特別なコンバータ制御用ソフトウェアのオプションがあり、標準的な測定作業を短時間で簡単に設定することができます。コンバータの型式とケーブル接続方法を選択すると、周波数変換の全比率、およびテスト・ポートのタイプ（例：WR10）やキャリブレーション・キットの選択も含め、その他の設定がすべて自動的に実行されます。
- コンバータは、最小周波数の仕様値未満でも操作することができます。つまり、コンバータの動作範囲を隣接する低周波の帯域にまで拡張することができます。言葉を変えると、R&S®ZVA-Z110 コンバータは60GHz以上の周波数に対しても動作し、Wバンド以外でも測定を行うことができるということです。この場合には、データ仕様値との適合性は完全には保証できません。このことは、特に、導波管がカットオフ周波数の近くで操作されている場合に当てはまります。
- コンバータには、付属品として、従来の電源コネクタほぼすべてに対応する4種類のACプラグを含む汎用入力ACアダプタがついています。
- コンバータおよび関連するネットワーク・アナライザのコンセプトでは、3つ以上のコンバータを含むマルチポート測定も特徴になっています。（詳細については参考文献 [5] 参照）

2. 主要な仕様

R&S ZVA-Z110 コンバータの主な仕様は次のとおりです。¹⁾

周波数範囲	75GHz ~ 110GHz
テスト・ポートの出力パワー	+2dBm (RF INから +7dBm の場合)
出力パワーの確度	<4dB (パワー・アッテネーション 0dB の場合)
パワー・アッテネーション (マニュアル)	0dB ~ 25dB
ダイナミック・レンジ	95dB (typ. 110dB)
RF IN、LO INからの入力パワー	+5dBm ~ +10dBm (理想値 +7dBm)
プラグイン電源	100V ~ 240V、47Hz ~ 63Hz

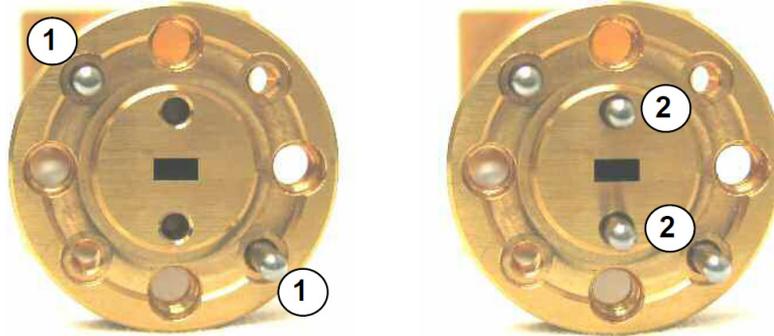


図 2.1 高精度曲がり防止フランジ UG-387 (位置決めピンがない場合とある場合)

50GHz 以上の導波管の場合には、UG-387 のフランジが最も一般的に使用されています。コンバータは、このフランジに適合しています。UG-387 のフランジは、MIL 仕様に従って、直径 1.565mm (0.0615 インチ) の位置合わせピン (図 2.1 ①) とともに使用します。[2] この直径は、非常に多くのメーカーでサポートされています。(例: Aerowave 社、Custom Microwave 社、M/A-COM/Tyco Electronics 社、および Flann Microwave 社) そのほかの直径の位置合わせピンも一般的に使用されています。主要なメーカーは Agilent Technologies 社で、直径 1.605mm (0.0630 インチ) のピンを提供しています。この UG-387 フランジの変種とも適合するように、コンバータには 2 種類のテスト・ポート・アダプタがついています。(図 2.2) アダプタの 1 つは、1.565 mm の位置合わせピンと使用するように設計されています。このアダプタの場合には、さらに位置決めピンまで使わなくても、非常に正確に接触させることができます。(図 2.1 ②) もう 1 つのアダプタは、直径 1.565mm と 1.605mm の両方の位置合わせピンで使用できるように設計されています。できるだけ正確に接触させることができるように、このほかに位置決めピンも使用するようお勧めします。位置決めピンは、両方のテスト・ポート・アダプタ (高精度フランジ) に使用することができます。テスト・ポート・アダプタの外側には、フランジが互いの方向に曲がらないようにするために設計された縁がついています。(曲がり防止フランジ) また、標準的なフランジ (曲がり防止仕様になっていないフランジや上記で説明した高精度特性を備えていないフランジ) の被測定物 (DUT) をテスト・ポート・アダプタに接続することもできます。

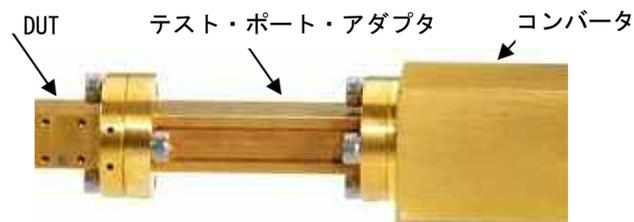


図 2.2 被測定物とコンバータを接続するときの推奨構成

1) データ・シートにまとめられた現行の仕様については参考文献[1]の最新版を参照してください。

3. 基本的な必要条件と操作の概要

次の図は、CAD によって内部まで見えるように R&S®ZVA-Z110 コンバータを表したものです。この図には、次のように主要な機能ブロックが示されています。

- ① 信号源のてい倍回路で、ジェネレータの信号をてい倍して出力します。
- ② パワー調整ネジのついた導波管アッテネータ
- ③ 測定値と基準チャネルを固定の IF 信号に変換するための 2 つの高調波ミキサ
- ④ 入射波と反射波を分離するための指向性カプラ

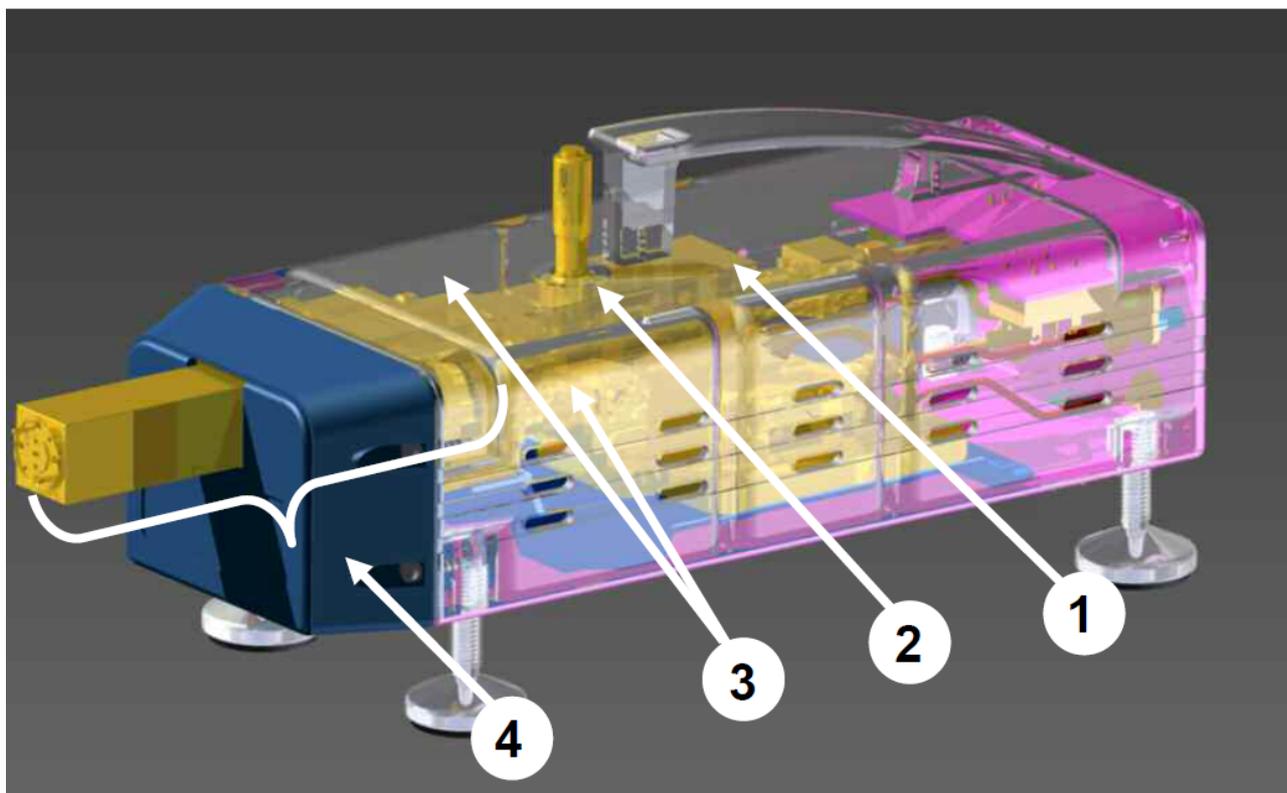


図 3.1 テスト・ポート・アダプタを取り外した状態で CAD によって内部まで表現されたコンバータの構造

このアプリケーション・ノートの前提として、少なくとも 20GHz の適切な周波数の上限のネットワーク・アナライザ R&S®ZVA または R&S®ZVT (例: R&S®ZVA24、R&S®ZVA40、または R&S®ZVT20) が使用されるものとします。標準的な 2 つの構成を説明します。

- 外部ジェネレータを使用しない場合のコンバータの構成
- 外部 L0 ジェネレータを使用する場合のコンバータの構成

どちらの構成の場合にも、次のネットワーク・アナライザのオプションを使用するものとします。

- ダイレクト・ジェネレータ/レシーバ・アクセス R&S®ZVA-B16 または R&S®ZVT-B16
- コンバータ制御用ソフトウェア R&S®ZVA-K8

試験システムによっては、外部 L0 ジェネレータまたはパワー・メータを制御するためにその他のオプションが必要になる場合があります。

4. 測定例

ミリ波の試験システムを構成するときには、守らなければならない基本的なルールがいくつかあります。詳細については参考資料の 5.1 の項を参照してください。このアプリケーション・ノートでは、R&S®ZVA-Z110 コンバータによる 1 ポート測定と 2 ポート測定を説明します。マルチポート測定（導波管のテスト・ポート 3 つ以上による測定）については、別のアプリケーション・ノート [5] で説明します。

測定例の概要：

読者が適切な例を簡単に選択することができるように、以下にこのアプリケーション・ノートに含まれている測定例の概要を説明します。

4.1 の項の測定例：

- WR-10 の導波管技術を使用している標準的な 2 ポートの被測定物（DUT）
- R&S®ZVA の 4 ポートのネットワーク・アナライザと 2 つの R&S®ZVA-Z110 コンバータを含むコンパクトな試験システム
- パッシブ DUT を測定するときに必要とされる標準的な手順
- フィルタの標準的な測定値

4.2 の項の測定例：

- WR-10 の導波管技術を使用している 1 ポートの被測定物（DUT）に対する反射測定
- 4.1 の項の場合とは異なり、1 ポート測定だけが行われるため、必要なコンバータは 1 つだけです。
- 4 ポートのネットワーク・アナライザを使用します。代わりに、外部シグナル・ジェネレータが接続された 2 ポート・ネットワーク・アナライザを使用することもできます。（4.3 の項の測定例参照）
- 測定例には、さらに R&S®FSU や R&S®FS-Z110 など、そのほかの機器も含まれています。通常、この機器を被測定物（DUT）に代えます。
- 導波管のテスト・ポートの出力パワーの設定（パワー調整ネジ）
- *Sliding Match*によるキャリブレーション

4.3 の項の測定例：

- WR-10 の導波管技術を使用している能動部品の測定
- 4.1 の項に説明されている試験システムとどちらかを選択
- R&S®ZVA の 2 ポート・ネットワーク・アナライザ、外部シグナル・ジェネレータ、および 2 つのコンバータを使用
- ネットワーク・アナライザによる外部シグナル・ジェネレータの設定と制御

外部ジェネレータを使用しない試験システムのメリット

試験システムに外部シグナル・ジェネレータを使用するかどうかは、多くの場合、ユーザが持ち合わせている計測器によって決まります。ただし、外部シグナル・ジェネレータを使用しない試験システムの場合には、次のような有利な条件があることを理解しておく必要があります。

- 掃引速度が上がること
- 設定が簡単になること
- 試験システムが非常にコンパクトになること

4.1 フィルタに対する S パラメータ測定

測定作業：

90GHz のバンドパス・フィルタを測定します。伝送特性 S_{21} と反射特性 S_{11} を測定します。 S_{21} については、カットオフ周波数と群遅延を測定します。

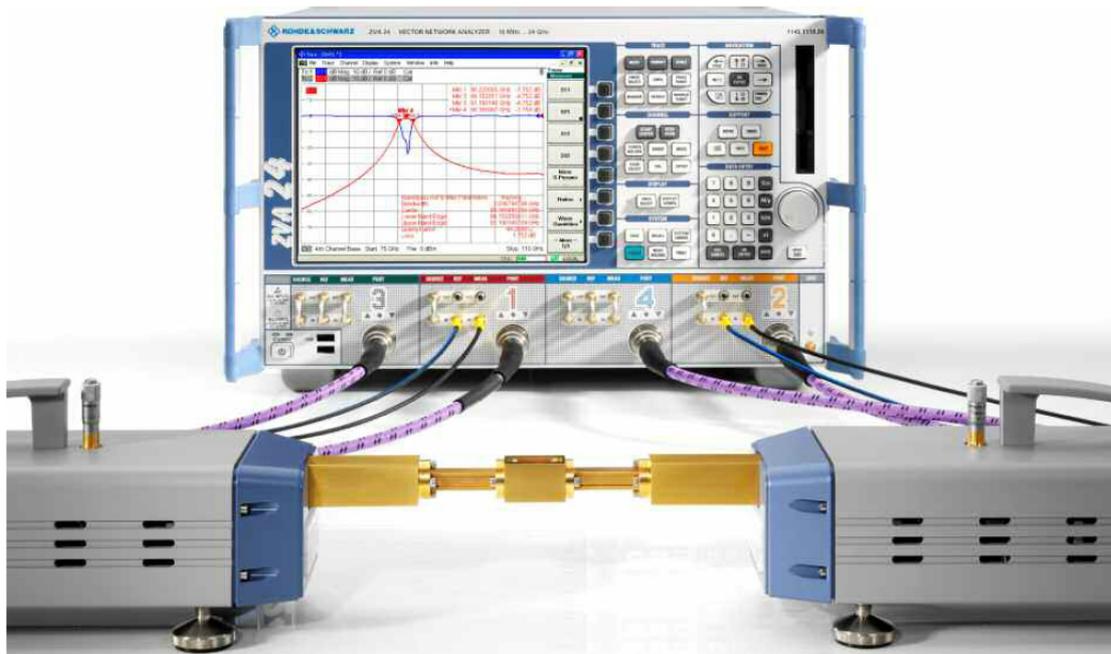


図 4.1 被測定物 (DUT) が接続された試験システム

ステップ1: コンバータの設定

コンバータの型式 (この場合には ZVA-Z110) とケーブル接続方法 (この場合には内部 RF と内部 LO (*RF intern*, *LO intern*)) を選択します。Apply を押して設定を起動し、Close を押してダイアログを終了します。

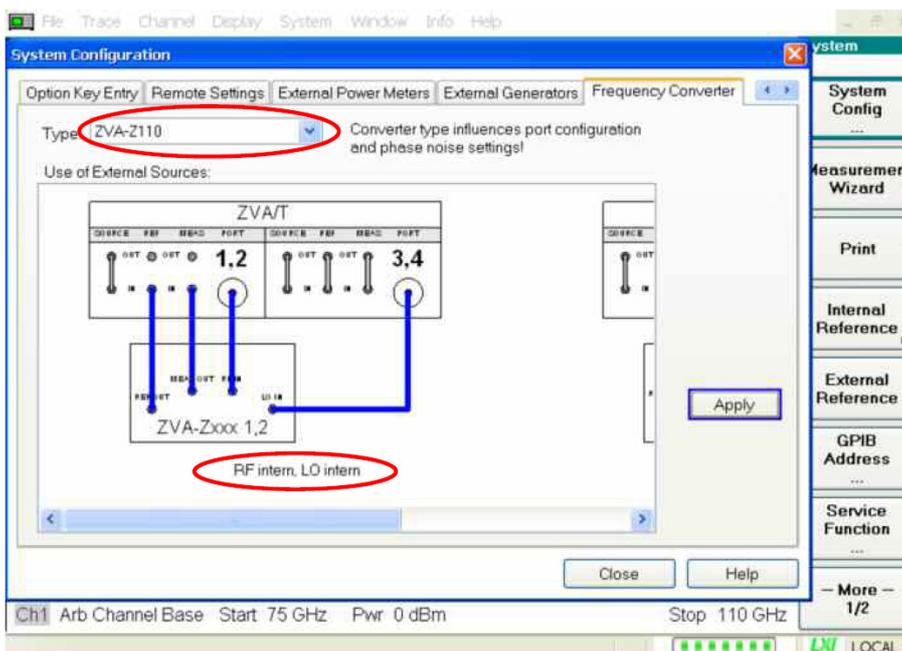


図 4.2 R&S ZVA に対するコンバータの設定

これでコンバータが接続されたネットワーク・アナライザの動作が設定されました。このように設定されたことは、まず、図 4.2 の一番下の信号軸の範囲が 75GHz ~ 110GHz に変わったことで明らかになります。その他の設定、たとえばキャリブレーションに重要なテスト・ポートのタイプにも影響が現れます。このようにして作成された基本的な設定は、プリセットのあと復元されます。実行する測定作業に応じて、次のようにパラメータを変更する必要があります。

- 測定帯域幅 : 100Hz
- テスト・ポイント数 : 801
- パラメータ S_{21} 用の Trc1 トレース
- パラメータ S_{11} 用の Trc2 トレース

ステップ 2: コンバータの接続

選択したケーブル接続方法に従って、コンバータとネットワーク・アナライザを接続します。(図 4.3 もあわせて参照のこと) R&S® ZVA には、コンバータに必要な信号を出力する 2 つの内部信号源が含まれています。これらの発振器は、それぞれ、1 と 2 のポートおよび 3 と 4 のポートに固定して対応づけられています。ステップ 1 が終了すると、信号源 1 がコンバータに対して RF ソース信号を出力し、信号源 2 がコンバータに対して LO 信号を出力するように、ネットワーク・アナライザが設定されます。REF 信号と MEAS IF 信号は、ポート 1 とポート 2 の外部レシーバ入力を經由して R&S® ZVA に送られます。このため、ネットワーク・アナライザは、コンバータの導波管のテスト・ポートをポート 1 とポート 2 として扱います。したがって、たとえば、 S_{21} のパラメータはコンバータ 1 からコンバータ 2 への伝送を表します。

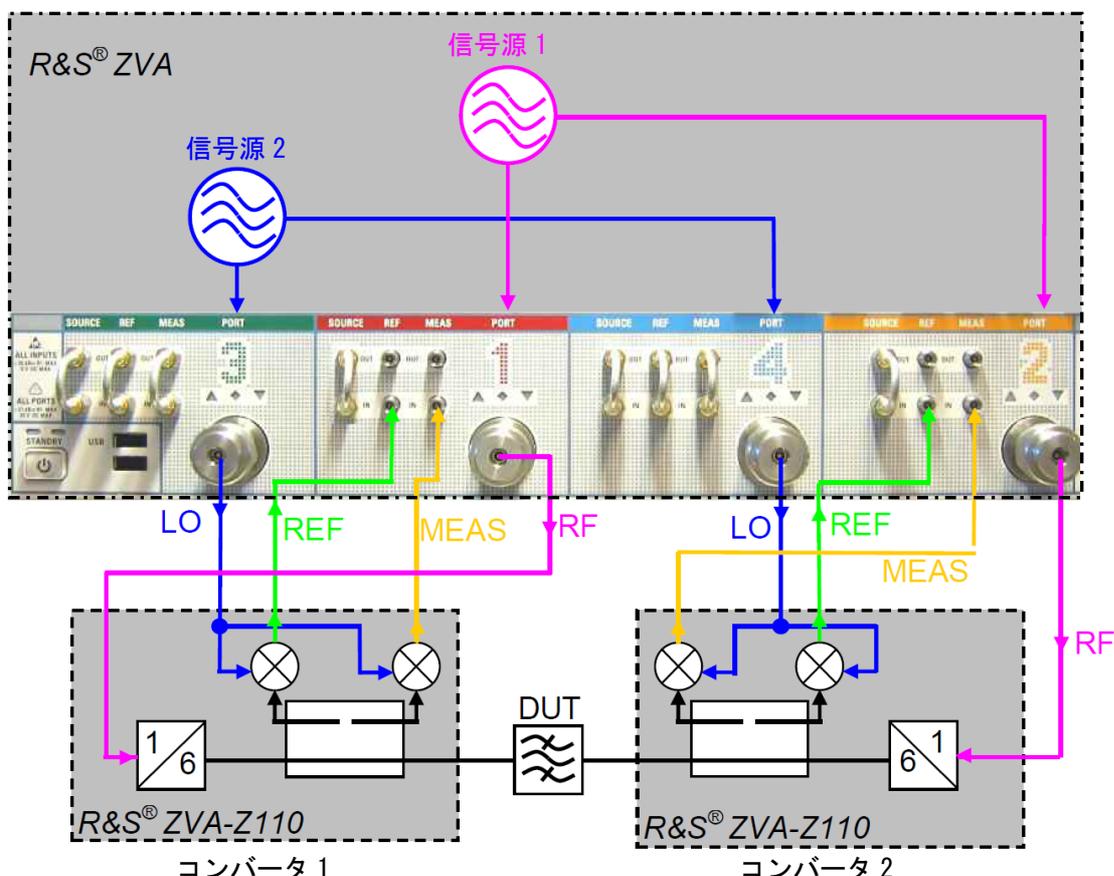


図 4.3 外部ジェネレータを使用しない場合の 2 つのコンバータと 4 ポートの R&S® ZVA のケーブル接続方法

コンバータの上部にあるパワー調整ネジを、アッテネーションが最小になるように設定します。全設定を >2 mm にすると、アッテネーションが最小になります。



図 4.4 パワー調整ネジ

すべての測定にテスト・ポート・アダプタ (図 2.2) を使用するようお勧めします。コンバータのフランジを汚れ、消耗、傷などの損傷から効果的に保護することができます。

ステップ3: 校正 (キャリブレーション)

Sパラメータ測定を実行するときに確実にシステム・エラーを避けるために、試験システムは校正しなければなりません。校正には、キャリブレーション・キット R&S ZV-WR10 を使用します。この例では、TOSM の校正技術が使用されます。キャリブレーション・キット R&S ZV-WR10 を選択します。¹⁾ コンバータは、フランジのどの方向からでも簡単にフランジのジョイントが扱いやすいように設計されています。



図 4.5 ネジによる導波管のフランジと被測定物などの接続

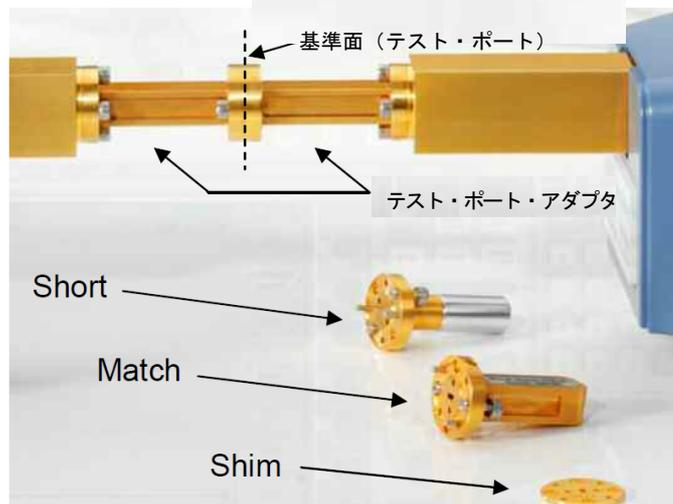


図 4.6 (Direct) Through とその他のキャリブレーション・スタンダード

図 4.6 に示されている 1 ポート・キャリブレーション・スタンダードを一度に 1 つずつテスト・ポートの 1 と 2 に取りつけ、毎回キャリブレーション測定を起動します。

1) キャリブレーション・キット R&S ZV-WR10 を使用するようお勧めします。また、ユーザ独自の導波管キャリブレーション・キットを定義することもできます。その場合には、R&S ZVA の対話形式のヘルプ機能を参照してください。

1 ポート・スタンダードは、*Short*、*Offset Short* (*Short* と *Shim*¹⁾) で構成、および *Fixed Match* です。キャリブレーション・スタンダードを取りつけるときには、必ず、導波管のフランジのネジを均等に締めてください。²⁾ *Through* スタンダードの場合には、図 4.6 に示されているように、導波管の 2 つのテスト・ポート同士を直接ネジで止めます。

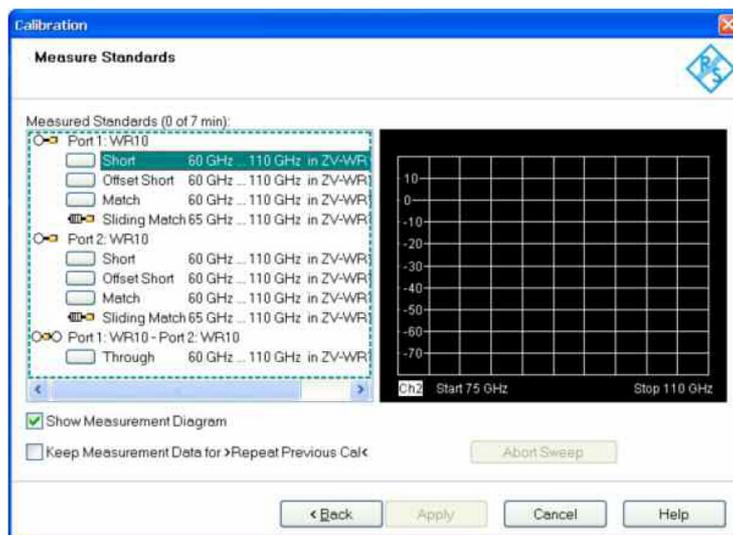


図 4.7 キャリブレーション・キット R&S ZV-WR10 による TOSM キャリブレーションの Calibration ダイアログ

キャリブレーション・キット R&S ZV-WR10 では、オプションで *Sliding Match* を使用することができます。使用法については測定例 4.2 に説明してあります。

ステップ 4: 被測定物 (DUT) の接続

導波管のテスト・ポートの間に被測定物を取りつけます。これで、図 4.1 に示されている試験システムができていきます。*Bandwidth Marker* 機能を使用してトレースから直接、フィルタの 3dB 帯域幅と中心周波数を読み取ることができます。

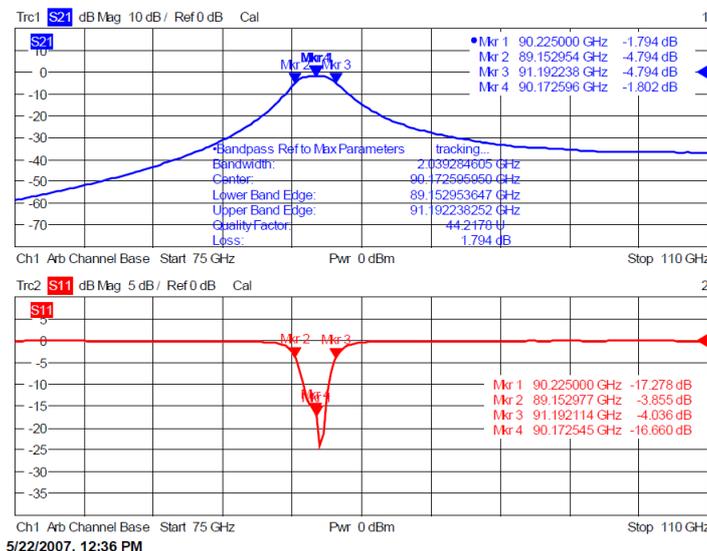


図 4.8 バンドパス・フィルタの測定結果

- 1) 導波管技術をベースにした構成では *Open* スタンダードを実装することはできません。導波管の解放端 (オープン・エンド) で放射損が発生するためです。さらに反射スタンダードを加えるときには、*Shim* と呼ばれる導波管の小さな区画によって適切に変形された *Short* が使用されます。
- 2) さらに精度を上げるときには、位置決めピン (図 2.1 ②参照) も使用してキャリブレーション・キット R&S ZV-WR10 のスタンダードを固定することができます。

ステップ 5： 群遅延の測定

3dB カットオフ周波数をベースに測定を行うとき（図 4.8 の上のトレースのマーカ参照）には、まったく変更することなく、このトレースがそのまま使用されます。図 4.9 の下のトレースのダイアグラムには、 S_{11} の代わりに、 S_{21} のパラメータの位相と群遅延の両方が示されています。ネットワーク・アナライザでは、群遅延は計算によって求められます。このため、適切なアパーチャを選択しなければなりません。選択したアパーチャは、群遅延の波形の計算に関係します。あまり大きな値を選択すると、詳細が失われてしまいます。一方、あまり小さな値を選択すると、雑音の影響がやたらに強調される結果となります。この例の場合には、デフォルト値の *Aperture Steps* = 10 が手頃な値です。被測定物 (DUT) の 3dB 帯域幅内の群遅延のトレースのピーク・ピーク値を計算するときには、*Trace Statistics* の機能を使用します。ピーク・ピーク値は、フィルタの品質の判断によく使用されます。

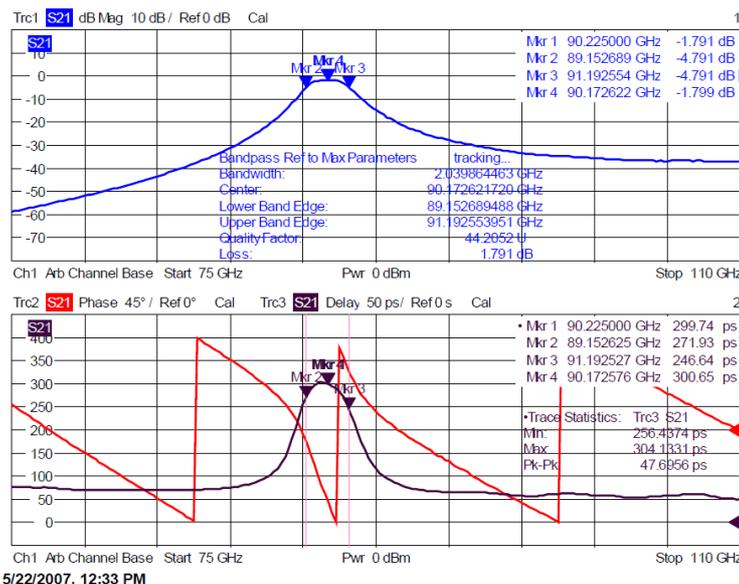


図 4.9 バンドパス・フィルタの測定結果

4.2 高調波ミキサの RF マッチング測定

測定作業：

高調波ミキサ (75GHz ~ 110GHz) を試験します。一例として、スペクトラム・アナライザ R&S®FSU のオプションである R&S®FS-Z110 を使用します。図 4.10 に示されている構成では、R&S®FSU からミキサに対して LO 信号が出力され、ミキサから戻される IF 信号が記録されます。この構成と動作モードは、スペクトル解析での高調波ミキサの標準的な使用法です。被測定物 (DUT) の動作条件をできるだけ現実に近づけてシミュレートするために、およそ -15dBm の RF パワーを入力します。この例では、反射測定だけを行います。したがって、もう 1 つのコンバータは必要ありません。

ステップ 1： 試験システムの作成

- 4.1 の項と同様にコンバータを設定し、接続します。
- R&S®ZVA にその他のパラメータを設定します。
 - 測定帯域幅： 100Hz
 - パラメータ S_{11}
 - dB 値 (dB Mag) の形式
- スペクトラム・アナライザでミキサを設定し、ミキサをスペクトラム・アナライザに接続します。詳細についてはオプション R&S®FS-Z110 の取扱説明書を参照してください。

- 10MHz の基準信号によって R&S®ZVA をスペクトラム・アナライザと同期させます。



図 4.10 R&S®S-Z110 ミキサの RF マッチング測定の実験システム

ステップ 2： パワーの設定

パワー調整ネジ（図 4.4）を 0mm に向かって右に回すと、テスト・ポートの出力パワーが下がります。デバイス特有の理由で、2mm 未満の値が設定されるまで、アッテネーションは確認できません。パワー調整ネジの dBm スケールを使用して出力パワーを示すことはできません。その理由は、出力パワーは、環境条件、使用されるケーブルなど、さまざまな要因によって変わるからです。しかし、テスト・ポートの出力パワーは、適切な導波管パワー・センサやパワー・メータによって直接設定することができます。パワー・メータが適切であれば、オプション R&S®ZVAB-B44（USB - IEC/GPIB アダプタ）によって R&S®ZVA に接続し、信号の周波数に対応して測定結果を表示させることができます。この例ではこの方法を使用して、テスト・ポートの出力パワーがほぼ -15dBm に設定されました。

ステップ 3： Sliding Match の校正

ミキサの RF マッチングは、1 ポート測定によって求められます。校正は OSM 技術を使用して実行されます。キャリブレーション・キット R&S®ZV-WR10 には、上記で説明したスタンダードのほかに *Sliding Match* を含む特別な種類もあります。特に非常に高精度の反射測定を行う場合には、この特別な種類をお勧めします。この例では、キャリブレーション・スタンダードとして、*Fixed Match* の代わりに *Sliding Match* が使用されます。したがって、校正に使用されていない *Fixed Match* の場合は、検証用スタンダードとして使用することができます。*Short* と *Offset Short* のスタンダードは、例 4.1 のステップ 3 と同様に使用されます。



図 4.11 0.35 mm に設定された R&S®ZV-WR10 キャリブレーション・キットの導波管の *Sliding Match*

導波管の *Sliding Match* は、高精度導波管の内部で縦軸に沿って移動する吸収体の原理に従って動作します。校正の間に、吸収体のさまざまな位置で *Sliding Match* の反射係数が測定されます。*Sliding Match* の確度は、基本的に、吸収体の品質ではなく、*Sliding Match* の一部である導波管の物理特性（精度）によって決まります。*Sliding Match* で測定された反射係数から $S_{11}=0$ の基準値が計算できるように、吸収体の位置が 6 箇所設定され、各位置で測定が行われます。計算結果は明確でなければなりません。このため、次の位置をお勧めします。¹⁾

- スケールの位置 0mm
- スケールの位置 0.35mm
- スケールの位置 0.8mm
- スケールの位置 1.4mm
- スケールの位置 2.1mm
- スケールの位置 4.2mm

Apply を押して校正を終了します。次に、キャリブレーション・キットの *Fixed Match* を被測定物 (DUT) として使用することによって、校正を検証します。*Fixed Match* の測定値と仕様値を比較します。測定値と仕様値が一致していない場合には、校正誤差の可能性のあることを示しています。

ステップ 4: 被測定物 (DUT) の接続

ミキサ (DUT) を導波管のテスト・ポートに接続します。これで、図 4.10 に示されている試験システムは完成です。次に示されているトレース・ダイアグラムでは、*Max Search* のマーカ機能を使用して、ミキサが最大の不整合による誤差を示す周波数が測定されています。対応する電力値は、ミキサに少なくとも 16dB のリターン・ロス (反射減衰量) があることを示しています。通常、他のメーカーの同等のミキサのリターン・ロスは、これよりずっと悪い値です。



図 4.12 R&S FS-Z110 ミキサの RF ポートのリターン・ロスの測定

1) 上記のスケールの位置は単なる提案です。他の適切な位置を使用して明確な測定結果を得ることもできます。したがって、必ずしも上記の位置に正確に合わせて吸収体を移動させる必要はありません。ただし、どのような場合でも、測定位置間で最小限必要な特定の距離を守ることが重要です。さらに、各位置間で異なる距離を使用する必要があります。上記に提案した位置は、75GHz ~ 110GHz の導波管の帯域に最適です。他の帯域には別の位置が必要です。

4.3 アンプの測定 (75GHz ~ 100GHz)

測定作業：

この測定作業は、4.1の項で説明した作業と類似しています。次に示されている試験システムの代わりに、4.1の項で説明されている試験システムを使用して測定を行うこともできます。これから説明する例では、2ポートのネットワーク・アナライザと外付けのL0ジェネレータが組み込まれた試験システムを紹介します。ジェネレータとしては、高出力パワーのオプション R&S[®]SMF-B31 と R&S[®]SMF-B122 のオプションが組み込まれた R&S[®]SMF100A を使用します。**重要事項：** ステップ2の手順が終了するまで、コンバータを接続しないでください。

ステップ1： 外部ジェネレータの同期とリモート・コントロール

R&S[®]ZVA24 を R&S[®]SMF100A ジェネレータの 10MHz の基準信号と同期させます。測定時にコンバータの L0 周波数を追跡調査する必要があるため、ジェネレータとネットワーク・アナライザとの間にリモート接続が必要です。この例では、オプションの R&S[®]ZVAB-B44 (USB-IEC/GPIB アダプタ) と R&S[®]SMF-B83 (交換可能 GPIB) を使用し、IEC/GPIB バスによってリモート接続が確立されます。¹⁾ 接続が終了したら、*Refresh Tables*によって、*System / System Config / External Generators*でネットワーク・アナライザのジェネレータを検出し、*Add v*によって、設定済みのジェネレータのリスト (*Configured:*) に加えることができます。

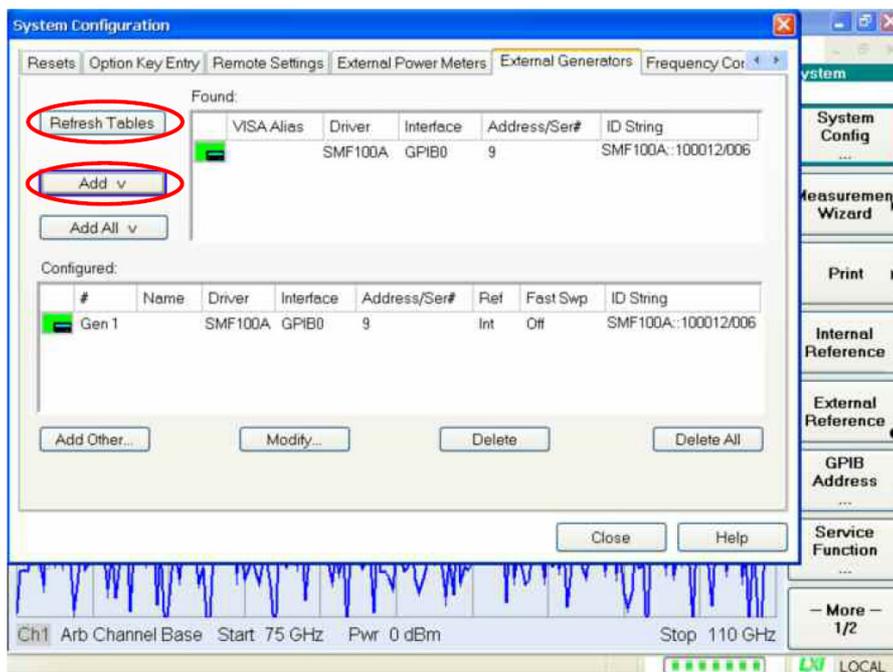


図 4.13 外部ジェネレータの検出と追加

ステップ2： コンバータの設定

コンバータは、*Frequency Converter* のタブ (ページ7の図 4.2 参照) を使用し、*System Config* ダイアログで設定します。コンバータの型式 (この例では ZVA-Z110)、次にケーブルの接続方法 (この例では内蔵の RF と外付けの L0 (*RF intern*, *L0 extern*)) を選択します。*Apply* を押して設定を実行確認します。

1) ジェネレータとネットワーク・アナライザを接続するときに、IEC/GPIB 接続の代わりに、LAN 接続を使用することができます。この場合には、R&S[®]ZVAB-B44 と R&S[®]SMF-B83 は必要ありません。外部ジェネレータをコントロールする場合には、ネットワーク・アナライザ内蔵のジェネレータの場合より時間がかかります。周波数掃引時のジェネレータのトラッキング時間を短縮するために、既存のリモート・コントロール接続に加えて、ジェネレータの *TRIGGER* と *BLANK* のハンドシェイク信号を R&S[®]ZVA USER CONTROL のポートに入力することができます。その結果、掃引実行時に *L1/S1* 機能を使用することができます。この機能を使用すると、掃引開始の前にリモート接続 (GPIB または LAN) を経由して、ネットワーク・アナライザからジェネレータに対してすべての周波数ポイントが転送されます。周波数掃引 (または周波数掃引の繰返し) 時には、ハンドシェイク信号は次の周波数ポイントへの切換え専用で使用されます。

ステップ 3: コンバータの接続

ジェネレータは LO 信号を出力し、この信号はパワー・スプリッタによって 2 つのコンバータに分散されます。ネットワーク・アナライザのテスト・ポートの 1 と 2 は、コンバータに対して RF 信号を出力します。RF 信号は、コンバータに交互に入力されます。言い換えると、測定方向に従って、一度に 1 つのコンバータにだけ入力されます。コンバータからの IF 信号は、アナライザのダイレクト・レシーバ入力の REF IN と MEAS IN から出力されます。

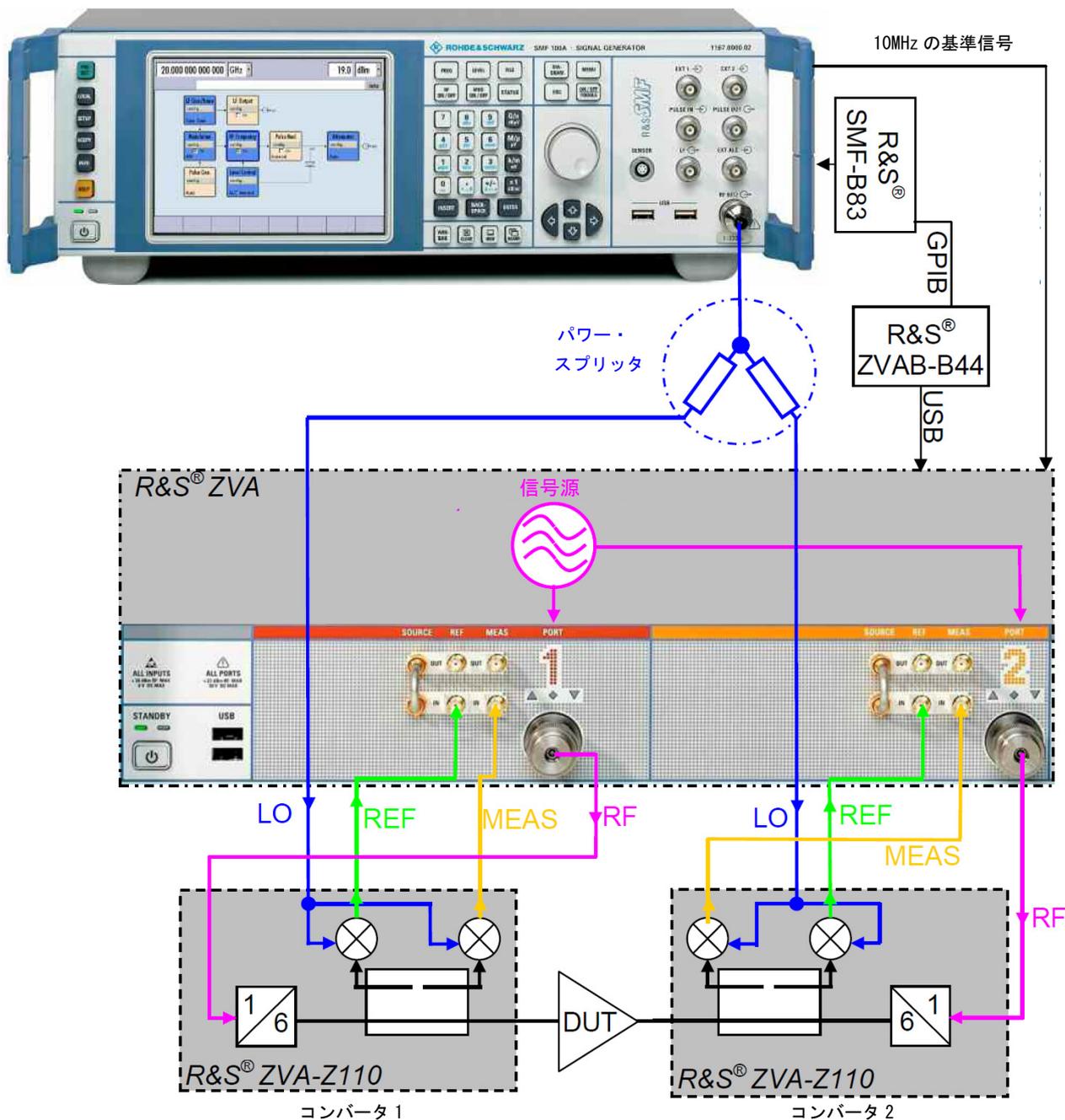


図 4.14 外部 LO ジェネレータを使用した試験システム

R&S ZVA-Z110 コンバータの最適な LO 入力パワーは 7dBm です。コンバータが 1 つだけで、したがってパワー・スプリッタのない試験システムを構成することもできるため、ジェネレータの出力パワーはステップ 2 で自動的に 7dBm に設定されます。ただし、2 つのコンバータを使用して構成する場合には、パワー・スプリッタについて 6dB の挿入損を考慮する必要があります。ここで紹介している例では、ジェネレータの出力パワーを上げなければなりません。ステップ 2 で自動的に設定された値は、R&S ZVA の Mode/Port Config で変更することができます。ここで説明している設定については、

値を 13dBm ($7\text{dBm} + 6\text{dB} = 13\text{dBm}$) に上げる必要があります。測定帯域幅の推奨値は 1 kHz または 100Hz です。2 ポート構成の試験の 4 つの S パラメータそれぞれに対応して、トレースを作成 (Add Trc) します。

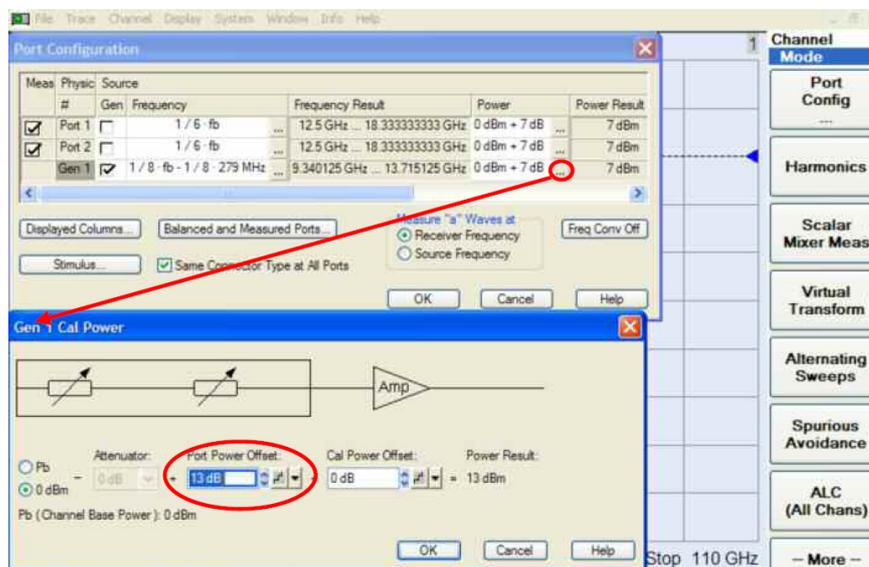


図 4.15 ジェネレータの出力パワーの変更

ステップ 4: パワーの設定

測定にはおよそ +1dBm のパワーが必要です。この値は、電力低下がまったくない場合の R&S ZVA-Z110 コンバータの公称出力パワーです。パワー調整ネジ (図 4.4) は、すべての設定が 2mm より大きく、アッテネーションの最小値に設定されています。したがって、パワー設定のためにほかのパワー・メータを追加する必要はありません。

ステップ 5: 校正 (キャリブレーション)

校正は、たとえば TOSM 技術 (4.1 のステップ 3 参照) で行うことができます。この例では TOM 技術が選択されています。Through、Offset Short (Short と Shim の構成)、および Fixed Match のスタンダードだけを装着すればよいだけです。さらに、TOM 技術は TOSM をカバーしたエラー・コントロールを特徴としているためです。

ステップ 6: 測定

コンバータのテスト・ポートの間に被測定物 (IAF MDMAW01BM アンプ) を取りつけ、被測定物に電源電圧を印加します。



図 4.16 2 つの R&S ZVA-Z110 コンバータ間に装着されたアンプ
(フラウンホーファ応用固体物理学研究所提供の被測定物)

次のダイアグラムは、アンプの 4 つの S パラメータについて測定されたトレースを示しています。



図 4.17 IAF MDMAW01BM アンプについて収集された測定結果

図 4.17 は、被測定物におよそ 10dB ~ 13dB の順方向の伝送係数 (S_{21}) と少なくとも 50dB の逆方向の伝送係数 (S_{12}) があることを示しています。

5. 参考資料

5.1 測定例を正確に再現するために

以下の内容は、ここで紹介した測定例をユーザができるだけ正確に再現できるように、またエラーを発生させないようにバックアップするものです。本機に関連する他の文書に代わるものではありません。

- 導波管のフランジは、たとえばフランジ同士を合わせるために曲げるなど、不適切に扱えば損傷する可能性のある高精度の機構部品です。したがって、必ず、試験装置は平らで安定した面にセットアップしてください。フランジは、取りつける前に、互いに適切な位置に合わせておかなければなりません。
- コンバータは、入力パワーが最大許容値を超える状態で操作しないでください。コンバータが損傷する可能性があります。したがって、RF と LO をコンバータに接続する前に、最大入力電力の仕様値を超えていないか確認してください。コンバータを接続する前に、“Frequency Converter” の設定用ダイアログ (図 4.2 参照) で、必ず、正確なコンバータの型式とケーブル接続方法を選択し、“Apply” でその設定を起動しておく必要があります。
- コンバータは、周波数で倍の原理に基づいて動作します。RF 信号と LF 信号の周波数のほかに、これらの信号の位相誤差もすべて倍されます。位相誤差は、たとえば、RF 接続や LO 接続に不適切なケーブルが使用された結果発生することがあります。対照的に、約 300MHz の周波数の IF 信号は、この点ではそれほど重要ではないと考えることができます。
- そのほか避けることができる位相誤差の原因としては、同軸コネクタの取付けが適切でない場合があげられます。したがって、コネクタの装着には適切なトルク・レンチを使用してください。
- 温度が不安定な場合には同軸ケーブル (RF、LO) と導波管素子の長さが膨張するため、どうしても位相に変動が生じます。したがって、高精度のミリ波測定を行うときには、徹底して温度を安定させることが重要です。

5.2 導波管の周波数範囲

次の表は参考文献 [4] から参照したもので、標準的な方形導波管の断面がリストされ

ています。表には、各帯域について、一般的に使用される動作周波数範囲、カットオフ周波数（導波管の中で波形の伝播が可能になる周波数）、および内のり寸法が示されています。WR-3 より小さい断面については、決まった名称はまだ定義されていません。これは、Y、J、およびHの文字符号の場合も同じです。

動作周波数 GHz	導波管帯域	カットオフ 周波数 GHz	名 称		内のり寸法 mm (インチ)
			EIA (US)	RCSR (UK)	
50 – 75	V	39.8616	WR-15	WG 24	3.7592 × 1.8796 (0.148 × 0.074)
60 - 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	0.8636 × 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)

表 5.1 EIA および RCSR に基づく方形導波管の断面

6. 参考文献

- [1] “R&S ZVA-Z110 Converter WR10 Specifications” (R&S ZVA-Z110 コンバータ WR10 の仕様書) Rev. 01.00 Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG、2007 年 6 月発行
- [2] “ALMA Memo No. 278 : Waveguide Flanges for ALMA instrumentation” (ALMA メモ No. 278 : ALMA 計測用の導波管フランジ) Kerr, A. R.、Wollack, E.、および Horn, N. 著、ALMA/National Radio Astronomy Observatory、1999 年 11 月発行
- [3] “Quick Start Guide: R&S ZVA-Z110 Converter WR10” (クイック・スタート・ガイド : R&S ZVA-Z110 コンバータ WR10) Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG、2007 年 6 月発行
- [4] “Fundamentals of Vector Network Analysis” (ベクトル・ネットワーク解析の基礎知識) Hiebel, Michael、Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG、第 2 版、2007 年発行、ISBN 978-3-939837-06-0
- [5] “Application Note 1EZ56: Multiport Millimeter-Wave Measurements Using Converters of R&S ZVA Family” (アプリケーション・ノート 1EZ56 : R&S ZVA 系列のコンバータによるミリ波のマルチポート測定) Hiebel, Michael、Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG、2007 年発行

7 オーダー情報

4.1 の測定例

2	コンバータ WR10	R&S ZVA-Z110	75GHz ~ 110GHz	1307.7000.02
4	テスト・ポート・ケーブル 965mm、3.5mm (f) / 3.5mm (m)	R&S ZV-Z193	0Hz ~ 26.5GHz	1306.4520.36
1	導波管キャリブレーション・キット WR10	R&S ZV-WR10	Sliding Match なし	1307.7100.10
1	ベクトル・ネットワーク・アナライザ 24GHz、4ポート	R&S ZVA24	10MHz ~ 24GHz	1145.1110.26
1	ダイレクト・ジェネレータ/レシーバ・ アクセス (オプション)	R&S ZVA24-B16		1164.0209.26
1	コンバータ制御用ソフトウェア (オプション)	R&S ZVA-K8		1307.7022.02

4.2 の測定例

1	コンバータ WR10	R&S ZVA-Z110	75GHz ~ 110GHz	1307.7000.02
2	テスト・ポート・ケーブル 965mm、3.5mm (f) / 3.5mm (m)	R&S ZV-Z193	0Hz ~ 26.5GHz	1306.4520.36
1	導波管キャリブレーション・キット WR10	R&S ZV-WR10	Sliding Match 付	1307.7100.11
1	ベクトル・ネットワーク・アナライザ 24GHz、4ポート	R&S ZVA24	10MHz ~ 24GHz	1145.1110.26
1	ダイレクト・ジェネレータ/レシーバ・ アクセス (オプション)	R&S ZVA24-B16		1164.0209.26
1	コンバータ制御用ソフトウェア (オプション)	R&S ZVA-K8		1307.7022.02

被測定物 (DUT) : 外部ミキサ R&S FS-Z110 およびオプション R&S FSU-B21 が装着されたスペクトラム・アナライザ R&S FSU3

4.3 の測定例

2	コンバータ WR10	R&S ZVA-Z110	75GHz ~ 110GHz	1307.7000.02
4	テスト・ポート・ケーブル 965mm、3.5mm (f) / 3.5mm (m)	R&S ZV-Z193	0Hz ~ 26.5GHz	1306.4520.36
1	導波管キャリブレーション・キット WR10	R&S ZV-WR10	Sliding Match なし	1307.7100.10
1	ベクトル・ネットワーク・アナライザ 24GHz、2ポート	R&S ZVA24	10MHz ~ 24GHz	1145.1110.24
1	ダイレクト・ジェネレータ/レシーバ・ アクセス (オプション)	R&S ZVA24-B16		1164.0209.24
1	コンバータ制御用ソフトウェア (オプション)	R&S ZVA-K8		1307.7022.02
1	USB-IEC/GPIB アダプタ (オプション)	R&S ZVAB-B44		1302.5544.02
1	マイクロ波シグナル・ジェネレータ	R&S SMF100A		1167.0000.02
1	RF 出力 : 1GHz ~ 22GHz (オプション)	R&S SMF-B122	1GHz ~ 22GHz	1167.7004.02
1	高出力パワー 1 GHz ~ 22GHz (オプション)	R&S SMF-B31	1GHz ~ 22GHz	1167.7404.02
1	取外し式 GPIB (オプション)	R&S SMF-B83		1167.6408.02

そのほかに必要な機器

パワー・スプリッタ、SMA/3.5 mm

(例 : Weinschel/Aeroflex model 1579、または Weinschel/Aeroflex model 1534、または同様の製品)

オーダー情報に関する注意

補強されたコネクタのついたケーブル (例 : R&S ZV93、1301.7595) の場合にはコネクタのサイズが大きいため、R&S ZVA と R&S ZVA-Z110 コンバータの接続には使用できません。



ROHDE & SCHWARZ

ローデ・シュワルツ・ジャパン株式会社

本社/東京オフィス 〒160-0023 東京都新宿区西新宿 7-11-18 711 ビルディング

Tel: 03-5925-1288/1287 Fax: 03-5925-1290/1285

神奈川オフィス 〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜 2-13-13 KM 第一ビルディング 8 階

Tel: 045-477-3570 Fax: 045-471-7678

大阪オフィス 〒564-0063 大阪府吹田市江坂町 1-23-20 TEK 第 2 ビル 8 階

Tel: 06-6310-9651 Fax: 06-6330-9651

www.rohde-schwarz.co.jp

このアプリケーション・ノートと付属のプログラムは、Rohde & Schwarz 社のウェブサイトのダウンロード・エリアに記載されている
諸条件に従ってのみ使用することができます。