システムの信号経路の校正

ベクトルおよびスカラ補正法による測定精度の向上

Application Note 1465-19

RFテスト・システムでは、被試験デバイス（DUT）に対する高確度の測定器ポートを実現することが、測定の確度と再現性を向上させます。しかし、測定器とDUT間の経路を構成するケーブル、コンポーネント、スイッチは理想的ではないため、測定確度が低下することがあります。このような確度の低下を評価して、補正するには一般にベクトル校正やスカラ校正が必要です。

適切な校正方法は、測定と信号経路の両方に依存します。例えば、利得と位相の測定は複素数値のベクトル校正が必要で、これは一般にネットワーク・アナライザを使用して行います。また、パワー・レベルと周波数成分の測定には、変調信号のベクトル測定（正確な位相情報が必須）や、連続波（CW）信号のスカラ測定があります。このような場合、ベクトル測定はネットワーク・アナライザを使用して行い、スカラ測定は一般に信号発生器とパワー・メータまたはスペクトラム・アナライザを使用して行います。

このアプリケーション・ノートでは、RF信号経路を校正して、正確で再現性の高い測定を実現するための、3種類の方法について概説します。しかし、これらの校正は、システム内の個々の測定器の校正に代わるものではなく、それらを補完するものです。

目次

ベクトル校正とスカラ校正　2
　簡単な復習：Sパラメータとは？　2
　2つの方法の比較　3
　基準ポイントの定義　3
ネットワーク・アナライザ経路のベクトル校正　4
　エンベディングによるアダプタ除去　4
非ネットワーク・アナライザ経路のベクトル校正　5
　ディエンベディングによるアダプタ除去　5
　その他の効果　5
非ネットワーク・アナライザ経路のスカラ校正　6
　DUT入力経路の特性評価　6
　DUT出力経路の特性評価　7
　アダプタ測定　7
今後のテスト・システム開発をサポート　7
関連カタログ　8
付録：性能と校正を向上させるためのヒント　9

Agilent Technologies

ベクトル校正とスカラ校正

どのようなテスト・システムでも、フィクスチャ、スイッチ、ケーブルなどの要素によりオフセットや誤差が生じ、測定の確度に影響します。これらの誤差を測定し、補正するための校正方法が、ベクトル校正とスカラ校正です。

ベクトル校正

この方法では、RF経路の振幅と位相の両方の特性を測定することが必要です。そのためには、DUTの入出力ポートでネットワーク・アナライザ校正を行うか、校正されたネットワーク・アナライザを使用してRF経路のSパラメータを測定（コラムを参照）します。

スカラ校正

この方法ではRF経路の振幅のみを評価します。ベクトル校正における伝送係数S_{21}の振幅部分のみの測定と同じです。一般的な方法として、経路の一端を信号発生器でドライブし、他端で信号をパワー・メータで測定します。経路の応答の振幅部分は、信号源のパワー・レベル設定（dBm）を測定されたパワー・レベル（同じくdBm）から減算することにより求められます。これを、さまざまな周波数で繰り返すことにより、振幅特性を評価します。

スカラ校正は、高品質のコンポーネント、アダプタ、ケーブルをシステムを使用している限り、きわめて良好な結果が得られます。これにより、測定の不確かさが最小になり、再現性を向上させることができます。しかし、フル・ベクトル校正に比べると、スカラ校正は信号経路でのインピーダンス整合の変化を見つけにくくなります。

Sパラメータの復習

Sパラメータは、デバイス、コンポーネント、経路が、印加された信号をどのように変化させるかを記述するために用いられます。計算されたSパラメータの係数は、デバイス・ポートにおける印加信号と測定信号との比です。

Sパラメータの表記では、デバイス・ポートを表すのに添字を使用します。最初の数字は測定されたポートを、2番目の数字は信号が印加されたポートを示します。例えばS_{21}なら、ポート2で測定した信号とポート1に印加した信号の比を表します。2ポート・デバイスの場合には4個のSパラメータが存在し、それぞれが印加信号の反射または伝送を表します。

- **S_{11}、反射係数：**ポート1で測定した反射信号とポート1に印加した信号との比
- **S_{21}、伝送係数：**ポート2で測定した伝送信号とポート1に印加した信号との比
- **S_{22}、逆方向反射係数：**ポート2で測定した反射信号とポート2に印加した信号との比
- **S_{12}、逆方向伝送係数：**ポート1で測定した伝送信号とポート2に印加した信号との比

詳細は、Application Note1287-3"ネットワーク・アナライザ測定に対する誤差補正の適用（"カタログ番号5965-7709J）と、Application Note1364-1 "ベクトル・ネットワーク・アナライザを使用したSパラメータ・ネットワークのディエンベディングおよびエンベディング（"カタログ番号5980-2784JA）を参照してください。

図1. RF信号経路を2ポート・デバイスとしてモデル化して、校正と補正に必要なSパラメータを計算

2つの方法の比較

どの校正方法が最適かは、テスト仕様とその測定／確度要件、測定器内部の不正確さ、ネットワーク・アナライザの利用可能性、などの要素に依存します。各方法の長所と短所を表1にまとめています。

基準ポイントの定義

本書では、多くのシステムに存在する代表的なRF信号経路を対象にして、ベクトル／スカラ校正を説明します。基準ポイントとして図2に示す基本システム図を使用して、RF経路の特性評価に用いられる3種類の方法を説明します。

- ネットワーク・アナライザ経路のベクトル校正
- 非ネットワーク・アナライザ経路のベクトル校正
- 非ネットワーク・アナライザ経路のスカラ校正

表1. ベクトル／スカラ校正の長所と短所の比較

校正のタイプ	長所	短所
ベクトル	● 経路の完全な特性評価が可能で、より正確な測定を実現 ● アダプタのエンベディング／ディエンベディングが可能 ● 経路の品質に高い信頼性を置くことが可能	● ネットワーク・アナライザが必要なので、スカラ校正よりもコストが高い ● 経路に接続した測定器内部の不正確さが考慮されない
スカラ	● 低コストの方法（ネットワーク・アナライザが必要でない） ● 経路に接続した測定器内部の不正確さを補正できるので、全体的な確度が向上	● 経路を完全に特性評価しない（振幅のみ） ● アダプタのエンベディング／ディエンベディングが不可 ● 経路の品質にベクトル校正ほどの高い信頼性を置けない

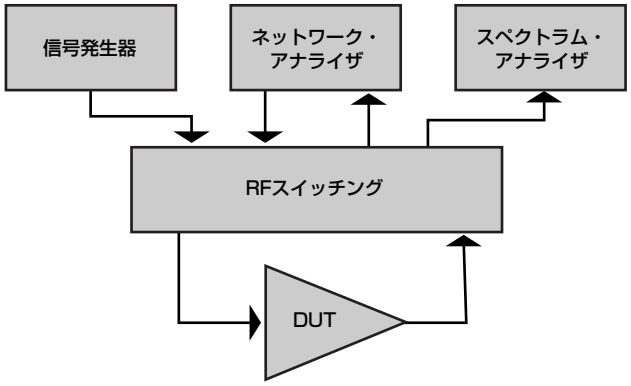

図2. 簡略化したRF/マイクロ波テスト・システムの基本要素

ネットワーク・アナライザ経路のベクトル校正

ネットワーク・アナライザ経路とは、ネットワーク・アナライザとDUTとを結ぶ経路です。ベクトル校正により、ネットワーク・アナライザを使用して、複素数のSパラメータを正確に測定できます。DUTのSパラメータ測定は、ネットワーク・アナライザの掃引連続波(CW)信号を使用して行います(図3)。

ネットワーク・アナライザとDUTとの間にあるケーブルやRFコンポーネントに対する補正を行うルーチンが、ネットワーク・アナライザに内蔵されています。DUTを既知のメカニカル／電子標準(ショート、オープン、スルー)に置き換えて応答を測定することにより、ネットワーク・アナライザは誤差項を計算／保存し、必要に応じて呼び出してDUTの測定を補正します。経路データは誤差項セットとしてアナライザのメモリに保存されています。

ネットワーク・アナライザ経路を校正する際は、DUTを測定する場合と同じ条件で行うことが大切です。スイッチの設定、パワー・レベル、周波数レンジなどをすべて同じにする必要があります。DUTが線形と非線形の動作モードを持つアクティブ・デバイスの場合は、特に重要です。

エンベディングによるアダプタ除去

DUTの代わりにメカニカル標準や電子校正モジュールを接続する際に、アダプタが必要な場合が多くあります。このようなアダプタを追加することにより、インピーダンスの不整合、反射、遅延などの誤差が生じます。

このような影響は、「アダプタのエンベディング」というプロセスを用いて除去できます。この方法では、校正面をネットワーク・アナライザの方向へ移動させて(図4)、必要な信号経路だけを評価します。この例では、校正済みの基準面を標準を接続しているアダプタの端から、DUTケーブルの端へ移動させています。

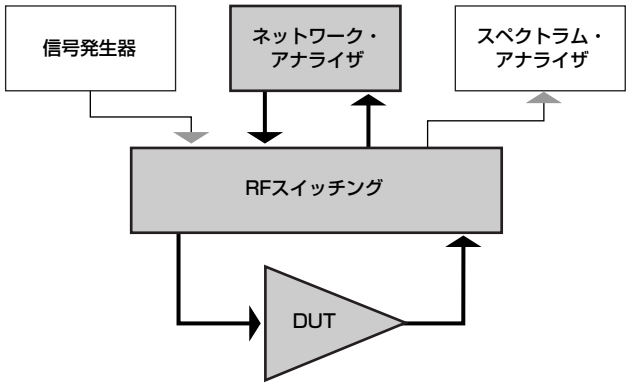

図3. DUTとの間のネットワーク・アナライザ経路

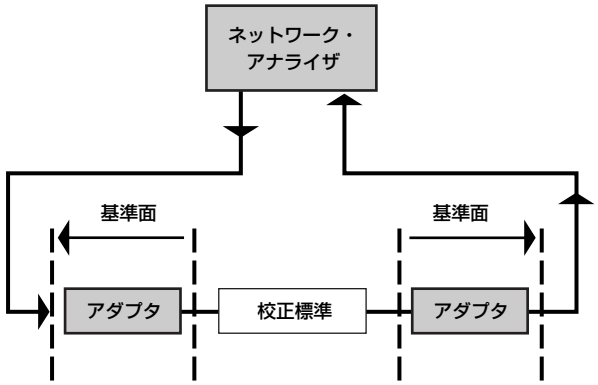

図4. アダプタのエンベディングにより、基準面をネットワーク・アナライザの方向へ移動させて、必要な信号経路だけを評価

非ネットワーク・アナライザ経路のベクトル校正

非ネットワーク・アナライザ経路とは、ネットワーク・アナライザ以外の信号発生器、スペクトラム・アナライザ、パワー・メータなどの測定器がDUTに接続されている経路です。測定する信号は変調信号かCWです。

これらの経路をベクトル校正するには、校正済みのネットワーク・アナライザを経路に接続して、Sパラメータを測定します。RF経路を測定する前に、特別な校正ケーブルを使用して、スタンドアローン構成でネットワーク・アナライザの校正を行います。これらのデータは、後で使用するためシステム・コントローラ内に保存します。

ディエンベディングによるアダプタ除去

校正プロセス中に、ネットワーク・アナライザを各システム経路に接続するためにアダプタが必要な場合があります。高品質のアダプタを使用すると、これらのアダプタによる影響は、一般にきわめて小さくなります。影響が大きい場合は、「アダプタのディエンベディング」というプロセスを用いて除去できます。この方法では、校正面をネットワーク・アナライザから離れる方向へ移動させて（図5）、必要な信号経路だけを評価します。この例では、基準面を（ネットワーク・アナライザ校正中に校正標準を接続している）校正ケーブルの端から、アダプタの端へ移動させています。

その他の効果

ネットワーク・アナライザを使用して行う利点は、高確度を得られることの他にも以下の2つがあります。1つは、経路のリターン・ロス（S_{11}とS_{22}）などの特性を簡単に測定できるようになり、経路品質への信頼性が増すことです。これにより、システムの包括的なセルフテストが可能になり、入出力の不整合に起因する不確かさを減らすことができます。

注目すべきもう1つの点は、システム校正を実行した後で経路データを修正できる点です。これにより、DUTとテスト・フィクスチャや回路ボードなど、個別に特性評価したアダプタを考慮することができます。既存の経路データにこれらの要素を結合するには、アダプタと経路に関するすべてのSパラメータが分かっている必要があります。

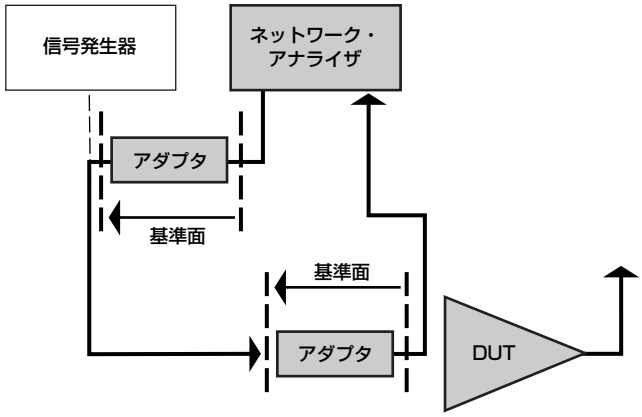

図5. 信号発生器-DUT入力間などの経路を校正する場合に、アダプタのディエンベディングにより、基準面をネットワーク・アナライザから離れる方向へ移動させて、必要な信号経路だけを評価します。

非ネットワーク・アナライザ経路のスカラ校正

ベクトル校正で使用する主な測定器がネットワーク・アナライザであるのに対して、スカラ校正ではパワー・メータを使用します。パワー・メータは絶対パワーを測定するための、最も正確な方法です。スカラ校正には信号発生器も必要で、これを使用して既知の周波数／パワーの信号を供給します。スカラ校正では一般に2つのプロセスが必要で、最初にDUT入力経路を評価し、次にDUT出力経路を評価します。

DUT入力経路の特性評価

まず最初に、信号発生器の出力からDUTの入力までの経路を測定します(図6)。DUTケーブルの端に(DUT入力の代わりに)パワー・メータを使用して、経路の損失を評価します。

信号発生器は、DUTをテストするときに使用する周波数／パワー・レベルの信号レンジを供給するように設定します。パワー・メータで各周波数とパワー・レベルのパワー出力を測定し、オフセットを計算してシステム・コントローラに保存します。計算したオフセットは、経路損失とともに、信号発生器内部の不確かさも考慮されています。

スカラ測定では、位相情報がなく、振幅を計算するだけです。振幅応答が比較的フラットで位相応答がリニアである限り、DUTに入力される信号の絶対位相は重要ではなく、スカラ測定でも大きな問題は発生しません。

仮定：この方法の正確さは、DUTの入力インピーダンスとパワー・メータの入力インピーダンスの不整合の少なさに依存しています。不整合が大きいと大きな測定誤差につながるため、これらのインピーダンスを調べることが重要です。

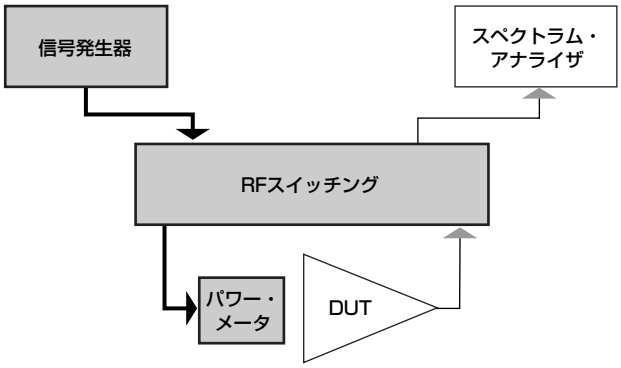

図6. DUT入力でパワー・メータに置き換えて、入力経路での損失を測定

DUT出力経路の特性評価

次に、DUT出力からスペクトラム・アナライザまでの信号経路を測定します（図7）。この経路の損失を評価するには、既知の信号を印加し、スペクトラム・アナライザでパワー・レベルを測定して、DUT入力までの経路（前項を参照）を減算します。

これは、以下のように行います。

（1）フィードスルーを使用してDUT入力ケーブルとDUT出力ケーブルを直接接続する。
（2）必要な周波数とパワー・レベルのレンジを出力するように信号発生器を設定する。
（3）スペクトラム・アナライザでパワー測定を行う。

スペクトラム・アナライザの設定は、DUTをテストするときとまったく同じにします。特に、入力アッテネータの設定については注意してください。この設定により、スペクトラム・アナライザの入力インピーダンスが大きく変化します。計算結果のオフセットは、経路損失とともに、スペクトラム・アナライザ内部の不確かさも考慮されています。

仮定：この校正の正確さは、DUT出力ケーブルのインピーダンスとパワー・メータの入力インピーダンスの不整合の少なさに依存しています。不整合が大きいと大きな測定誤差につながるので、これらのインピーダンスを調べることが重要です。

アダプタ測定

一般にスカラ校正に必要なアダプタの影響は、アダプタによる損失を測定した後、オフセットを計算するときにそれらの損失を考慮することにより行います。しかしこの方法は、ベクトル校正の項で説明したアダプタのエンベディング／ディエンベディングに比べるとかなり不正確になります。

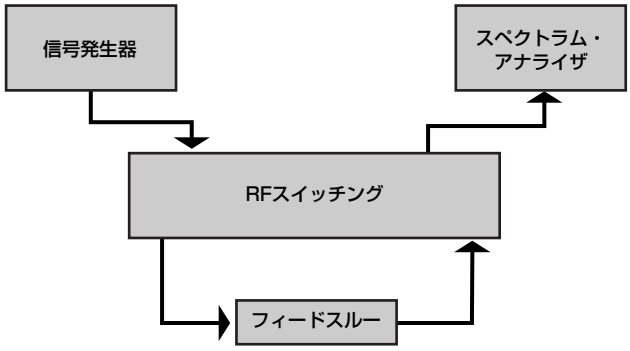

図7. DUTをフィードスルーに置き換えて、DUT出力からスペクトラム・アナライザまでの損失を測定

今後のテスト・システム開発をサポート

ベクトル／スカラ校正はRF信号経路に起因する誤差を補正して、測定確度を向上させます。しかし全体の確度は、システムでどのような測定器、I/O、ソフトウェアを選択するかにも依存しています。Agilentはシステムレディ測定器、PC標準のI/O、オープン・ソフトウェア環境を通じて、さまざまな支援を行っています。また補完的なシステムや、LANなどの標準のサポートを通して、現在および将来にわたって、ユーザのシステムの確度と性能を最適化、最大化するための支援も行っています。

システム開発の加速、システム・インテグレーションの簡素化、オープン・コネクティビティに関しては、Agilent Open Webサイト（**www.agilent.co.jp/find/open**）をご覧ください。このサイトで登録していただければ、本シリーズのアプリケーション・ノートも迅速に入手できます。

関連カタログ

1465シリーズ・アプリケーション・ノートは、テスト・システムでLAN、WLAN、USBを効果的に使用するための情報を提供しています。

- テスト・システムでのLANの使用：基礎、AN 1465-9
（カタログ番号5989-1412JA）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-1412JA.pdf
- テスト・システムでのLANの使用：ネットワークの設定、AN 1465-10
（カタログ番号5989-1413JA）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-1413JA.pdf
- テスト・システムでのLANの使用：PCの設定、AN 1465-11
（カタログ番号5989-1415JA）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-1415JA.pdf
- 計測環境でのUSB使用、AN 1465-12
（カタログ番号5989-1417JA）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-1417JA.pdf
- SCPI＋ダイレクトI/O、ドライバの使用法、AN 1465-13
（カタログ番号5989-1414JAJP）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-1414JAJP.pdf
- テスト・システムにおけるLANの使用法：アプリケーション、AN 1465-14
（カタログ番号5989-1416JAJP）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-1416JAJP.pdf
- テスト・システムでのLANの使用：システムI/Oのセットアップ、AN 1465-15
（カタログ番号5989-2409JAJP）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-2409JAJP.pdf
- LXIによる次世代テスト・システム、AN 1465-16
（カタログ番号5989-2802JAJP）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-2802JAJP.pdf
- RF/マイクロ波テスト・システムの構成要素の最適化、AN 1465-17
（カタログ番号5989-3321JAJP）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-3321JAJP.pdf
- RF/マイクロ波テストシステムのテスト品質向上のための6ヒント：性能、スピード、再現性の考慮、AN 1465-18
（カタログ番号5989-3322JAJP）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-3322JAJP.pdf

初期の1465シリーズでは、効果的な低周波テスト・システムを構築するためのヒントを提供しています。

- テスト・システム設計入門、AN 1465-1
（カタログ番号5988-9747JA）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-9747JA.pdf
- コンピュータI/Oについて、AN 1465-2
（カタログ番号5988-9818JA）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-9818JA.pdf
- ドライバおよびダイレクトI/Oについて、AN 1465-3
（カタログ番号5989-0110JA）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-0110JA.pdf
- テスト・システムのソフトウェア・アーキテクチャ、AN 1465-4
（カタログ番号5988-9819JA）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-9819JA.pdf
- システムのハードウェア・アーキテクチャと測定器の選択、AN 1465-5
（カタログ番号5988-9820JA）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-9820JA.pdf
- ラックとシステム・インターコネクトの影響について、AN 1465-6
（カタログ番号5988-9821JA）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-9821JA.pdf
- システム・スループットの最大化とシステム設置の最適化、AN 1465-7
（カタログ番号5988-9822JA）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-9822JA.pdf
- テスト・システム開発ガイド：運用保守、AN 1465-8
（カタログ番号5988-9823JA）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-9823JA.pdf

誤差補正、ディエンベディング／エンベディングについては、下記のアプリケーション・ノートを参照してください。

- ネットワーク・アナライザ測定に対する誤差補正の適用、AN 1287-3
（カタログ番号5965-7709J）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5965-7709J.pdf
- ベクトル・ネットワーク・アナライザを使用したSパラメータ・ネットワークのディエンベディングおよびエンベディング、AN 1364-1
（カタログ番号5980-2784JA）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5980-2784JA.pdf

付録：性能と校正を向上させるためのヒント

高品質なコンポーネントを使用

RFシステム・コンポーネントの場合、低価格の製品は品質が悪く、高価な製品は品質が良い傾向にあります。コンポーネントのインピーダンス特性は、その寸法、許容値に大きく依存します。高品質のコンポーネントはこれらの特性を厳しく管理して製造され、また時間に対する安定性が得られるデザインが行われています。インピーダンス整合は、測定の不確かさを左右する、きわめて重要な要素です。

ソフトウェアのベスト事例の適用

オブジェクト指向ソフトウェアを使用することで、機能の区分化、プログラムの再利用と柔軟性が高まり、システムの変更にもすぐに対応できるようになります。さらに、新しいテスト・システムや追加のテスト・システムの開発やデザインにかかる時間も短縮されます。例えば、経路データを測定、保存、呼び出すための標準化された方法を開発しておけば、一貫した校正方法をすぐに使用できます。

校正スケジュールの設定と適用

システムを長く使用していると、以下の主な4つの項目がRF信号経路の特性に影響を与えます。

- アクティブ・コンポーネントのドリフト
- コネクタの摩耗と劣化
- ケーブルの移動
- 材質の劣化、特に誘電体

これらの要素の変化率が分かっていたり、予想できれば、システム経路の校正頻度が分かります。システムを構築したら経路校正を定期的に行って、各校正のデータをシステム・コントローラに蓄積します。このデータを時間経過に対して解析すると校正の頻度を決定でき、校正スケジュールの設定に役立ちます。

ヒント：使用頻度の高いポートには、消耗部品のRFコネクタを使用します。また、これらのコネクタの交換スケジュールを決めて、RFコンポーネントを交換した後には必ずシステムの再校正を行います。

より高度なベクトル機能を使用

Agilentが提供するベクトル信号発生器（VSG）とベクトル・シグナル・アナライザ（VSA）は、振幅と位相の誤差を測定、補正するための校正ルーチンを内蔵しています。例えば、多くのAgilent VSGに付属する波形作成ソフトウェアでは、出力信号のプリディストーションを行って、VSGおよび接続された信号経路の両方の誤差を補正することができます。また89600 VSA用のソフトウェアには、VSGとともに動作する「拡張校正」という機能があります。これを使用すると、VSAは、既知の信号をVSGで作成し、出力信号を測定して、ベクトル補正を適用することにより、必要な出力が得られます。VSGのプリディストーション機能と同様に、この方法もVSGと信号経路の誤差を補正します。

Agilentの専門技術をシステム・デザインで活用

Agilentはこれまで、さまざまなRF/マイクロ波アプリケーション用のカスタムのテスト・システムを開発してきました。例えば、Agilent GS-9200マルチキャリア・パワーアンプ（MCPA）テスト・システムは、主にその優れた校正により、正確で再現性の高い測定を行います。このシステムは、アダプタのエンベディング／ディエンベディングのための標準ルーチンを装備し、また経路データの保存と呼び出しも行います。このシステムの柔軟なソフトウェア構造により、さまざまなRF/マイクロ波DUTのテストにGS-9200のコア機能を活用することができます。

サポート、サービス、およびアシスタンス

アジレント・テクノロジーが、サービスおよびサポートにおいてお約束できることは明確です。リスクを最小限に抑え、さまざまな問題の解決を図りながら、お客様の利益を最大限に高めることにあります。アジレント・テクノロジーは、お客様が納得できる計測機能の提供、お客様のニーズに応じたサポート体制の確立に努めています。アジレント・テクノロジーの多種多様なサポート・リソースとサービスを利用すれば、用途に合ったアジレント・テクノロジーの製品を選択し、製品を十分に活用することができます。アジレント・テクノロジーのすべての測定器およびシステムには、グローバル保証が付いています。アジレント・テクノロジーのサポート政策全体を貫く2つの理念が、「アジレント・テクノロジーのプロミス」と「お客様のアドバンテージ」です。

アジレント・テクノロジーのプロミス

お客様が新たに製品の購入をお考えの時、アジレント・テクノロジーの経験豊富なテスト・エンジニアが現実的な性能や実用的な製品の推奨を含む製品情報をお届けします。お客様がアジレント・テクノロジーの製品をお使いになる時、アジレント・テクノロジーは製品が約束どおりの性能を発揮することを保証します。それらは以下のようなことです。

- 機器が正しく動作するか動作確認を行います。
- 機器操作のサポートを行います。
- データシートに載っている基本的な測定に係わるアシストを提供します。
- セルフヘルプ・ツールの提供。
- 世界中のアジレント・テクノロジー・サービス・センタでサービスが受けられるグローバル保証。

お客様のアドバンテージ

お客様は、アジレント・テクノロジーが提供する多様な専門的テストおよび測定サービスを利用することができます。こうしたサービスは、お客様それぞれの技術的ニーズおよびビジネス・ニーズに応じて購入することが可能です。お客様は、設計、システム統合、プロジェクト管理、その他の専門的なサービスのほか、校正、追加料金によるアップグレード、保証期間終了後の修理、オンサイトの教育およびトレーニングなどのサービスを購入することにより、問題を効率良く解決して、市場のきびしい競争に勝ち抜くことができます。世界各地の経験豊富なアジレント・テクノロジーのエンジニアが、お客様の生産性の向上、設備投資の回収率の最大化、製品の測定確度の維持をお手伝いします。

アジレント・テクノロジー株式会社

本社〒192-8510 東京都八王子市高倉町9-1

計測お客様窓口

受付時間 9:00-19:00（土・日・祭日を除く）

FAX、E-mail、Webは24時間受け付けています。

TEL ■■ 0120-421-345
(0426-56-7832)

FAX ■■ 0120-421-678
(0426-56-7840)

Email contact_japan@agilent.com

電子計測ホームページ
www.agilent.co.jp/find/tm

- 記載事項は変更になる場合があります。
  ご発注の際はご確認ください。

Copyright 2006
アジレント・テクノロジー株式会社

電子計測UPDATE

www.agilent.co.jp/find/emailupdates-Japan

Agilentからの最新情報を記載した電子メールを無料でお送りします。

Agilent Open

www.agilent.co.jp/find/open

Agilentは、テスト・システムの接続とプログラミングのプロセスを簡素化することにより、電子製品の設計、検証、製造に携わるエンジニアを支援します。Agilentの広範囲のシステム対応測定器、オープン・インダストリ・ソフトウェア、PC標準I/O、ワールドワイドのサポートは、テスト・システムの開発を加速します。

Agilent Technologies

January 19, 2006
5989-3323JAJP
0000-00DEP