89400シリーズ
ベクトル・シグナル・アナライザによる
送信機過渡特性の測定

Product Note 89400-5

送信機の過渡特性を理解し、コントロールすることが、TDMAシステムとスペクトラム拡散システムを導入する上でますます重要になっています。これらのシステムだけでなく、他のシステムでも、スペクトラムの使用率を最大にするとともに、バッテリのパワーを節約するため、キャリア・パワーを連続的に変化させています。キャリア・パワーと周波数の変化により起こる過渡特性が、他の基地局に対する干渉の原因となることがあります。安定していないキャリアは、高ビット誤り率の原因にもなり得ます。

Agilent 89400シリーズ ベクトル・シグナル・アナライザ(VSA)は、1つの過渡特性をキャプチャし、タイム・ドメイン、周波数ドメインおよび変調ドメインで繰り返し解析することができます。また、位相、周波数および振幅の過渡特性または遷移を直接確認することができます。さらに、スペクトラムを過渡特性ディスプレイと同時に表示し、過渡特性とスペクトラム占有率の関係を見ることもできます。このアナライザ固有の機能の1つであるオーバラップ処理を使用すれば、取り込んだ過渡特性を"スロー・モーション"で再生して容易に解析することができます。

過渡特性のキャプチャ

過渡特性を解析するためには、アナライザのタイム・キャプチャ・バッファ内に過渡特性をキャプチャする必要があります。生データだけがメモリに格納されます。データから測定結果への最終的な処理は、キャプチャ・プロセスの完了後に行われます。生データはいつでも利用可能なため、同じ過渡特性現象に対して様々な種類の解析を実行することができます。実行できる解析には、スペクトラムの計算、瞬時パワー、位相、振幅または周波数偏移対時間などがあります。タイム・キャプチャ・バッファはディスクに格納することもでき、後で解析することができます。

データのキャプチャには3つのステップがあります。最初に中心周波数とスパンを選択します。スパンは、送信機のパワーがすべて測定できると同時に、存在が考えられる他の信号(他の基地局など)からの干渉を受けないような広さでなければなりません。VSAの情報帯域幅(スパン)は、ほぼ無限大の分解能で調整できます。スパンを設定すると解析の帯域が自動的に制限されます。

2番目のステップは、キャプチャ・データ量の選択です。タイム・キャプチャ・バッファの長さは、スパン、入力チャネル数およびアナライザにインストールされているキャプチャ・メモリ量に依存します。標準タイム・キャプチャ・バッファは、最大で65kサンプルまで保持できます。5MHzスパンで1チャネルの場合、約10msのデータをキャプチャできます。スパンを2分の1にするとキャプチャ・バッファの秒単位の長さは2倍になります。オプションAY9では、キャプチャ・メモリの長さが1Mサンプルに増加します。

過渡特性のキャプチャの最後のステップは、トリガのタイプと適切なトリガ遅延量の選択です。IFトリガでは送信機パワー・レベルの変化により測定をトリガできるため、送信機の測定では最も便利です。通常、トリガ遅延は、測定をプリトリガできるように負の数に設定します。プリトリガを用いることで、過渡特性に先行する現象を解析に含めることが可能になり、後で説明するオーバラップ測定にも対応できます。

パワー過渡特性

瞬時パワー測定は、一般的に行われている測定の1つです。この測定の目的は、ディジタル変調信号のピーク・パワーの確認、パワー・アンプに対する信号レベルの設定、または通信標準に規定されている振幅マスクに対する送信機パルスのテストです。

従来、瞬時パワー測定はゼロ・スパン・モードの掃引式スペクトラム・アナライザまたはピーク・パワー・メータを使用して行われていました。

Agilent 89400シリーズVSAで行う測定は、ゼロ・スパン測定とよく似ていますが、これはこのパワー測定が有限帯域幅で行われるためです。掃引アナライザの場合には、選択したRBWフィルタによって帯域が設定されます。一方VSAでは、スパンにより情報帯域幅が決まります。VSAでは、高確度、RMSパワー検出、厳密なノイズ帯域幅を組み合わせることにより、正確なパワー測定値が得られます。

瞬時パワーを時間の関数として表示

ご注意

2002 年 6 月 13 日より、製品のオプション構成が変更されています。
カタログの記載と異なりますので、ご発注の前にご確認をお願いします。

Agilent Technologies
Innovating the HP Way

するには、測定データ・タイプのメイン時間(main time)(ベクトル・モード)を選択して、トレースがログ・マグニチュード(log magnitude)座標で表示されるようにデータ・フォーマットを設定します。様々な工学単位を使用できますが、最もよく使われるのはdBmまたはWです。表示後は、マーカにより瞬時パワーとピーク・パワーを測定できます。オフセット・マーカでは、立上がり時間、オーバシュートおよびセトリングを確認できます。さらに、バンド・パワー・マーカを使用して、データの特定の部分におけるRMSパワーを計算することもできます。

図1は、小型ヘンドヘルドFM送信機で行ったパワー測定の例です。マーカによりピーク・パワーがW単位で表示されています。バンド・パワー・マーカでは、過渡特性の後半部分におけるRMSパワーが表示されています(画面の下に表示されています)。図2と図3の上のトレースもパワー過渡特性を示しています。

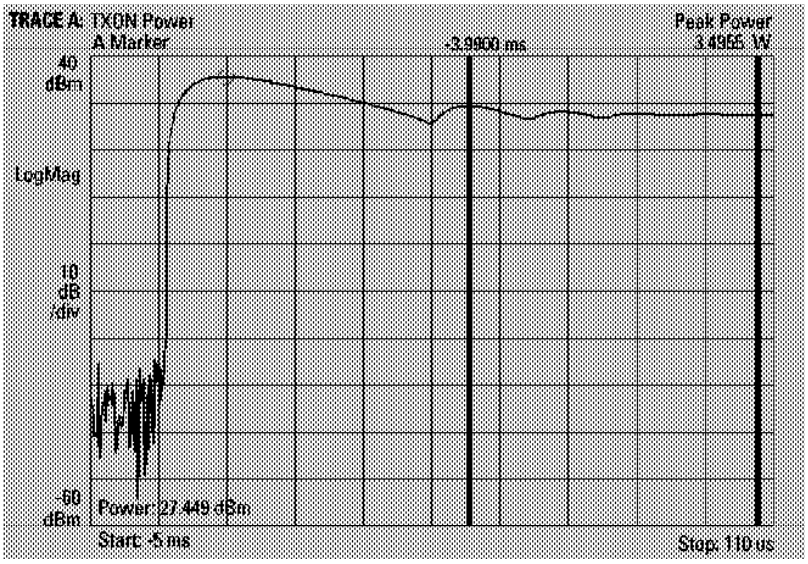

図1. 送信機のターンオン過渡特性中のパワー。マーカはピーク・パワー・レベルを示しています。2つのカーソル間の時間間隔におけるRMSパワーが左下に表示されています。

周波数過渡特性

送信機のパワー・レベルが変化する場合、キャリア周波数は安定していなければなりません。チャネルの変更などのように周波数変化が意図的な場合には、キャリアがオーバシュートせず、最終値に速くセトリングする必要があります。従来から、瞬時周波数対時間の測定はタイム・インターバル・アナライザを使用して行われてきました。

タイム・インターバル・アナライザとAgilent 89400シリーズVSAには3つの大きな違いがあります。1つ目は、タイム・インターバル・アナライザは広帯域測定器であることです。このアナライザは、外部フィルタを追加しないとノイズ・パワーや他の信号による影響がより大きくなります。一方ベクトル・シグナル・アナライザの情報帯域幅はスパンで決まるため、他の信号(隣接チャネルなど)を簡単に測定値から取り除くことができます。また、スパンを狭くすると測定値の総ノイズ・パワー量が減少し、周波数分解能を改善することができます。RF VSAでは帯域を制限した測定が可能で、最大スパンは7MHzです。7MHzより大きい周波数過渡特性の場合は、始めから終わりまで完全に解析することはできませんが、VSAで最終的なセッティングを確認することができます。タイム・インターバル・アナライザでは、7MHzより大きい過渡特性を直接特性評価することができます。

タイム・インターバル・アナライザとVSAの2つ目の大きな違いは、感度です。VSAは感度が高く、アナライザを送信機に直接接続しなくても簡単に測定ができます。感度が良く周波数感度が優れているため、アンテナで受けた過渡特性の測定を非常に簡単に行うことができます。

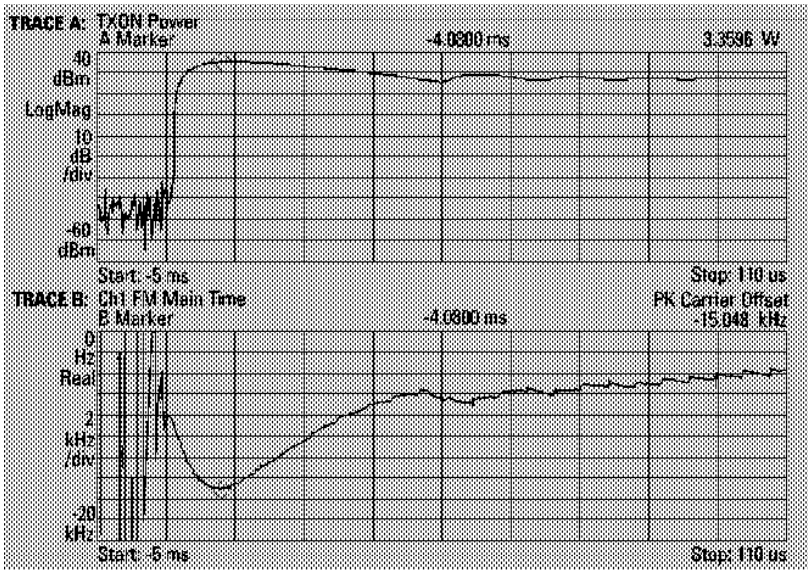

図2. 下のトレースは時間に対するキャリアの周波数偏移を示します。キャリア・パワー(上のトレース)が、キャリア周波数に比べてかなり前から安定していることに注意してください。

3つ目の大きな違いは、信号からの抽出方法です。タイム・インターバル・アナライザでは、測定対象信号のゼロ・クロスの検出をベースとしたカウンタ技術が使用されています。VSAでは、DSPアルゴリズムによるFM復調器が使用されています。このアルゴリズムは、信号にAMが存在していても感知しません。

VSAを使用して周波数過渡特性を測定するには、測定器モードを復調に変更し、FM復調器を選択します。表示される周波数の基準が測定の中心周波数となるように、自動キャリア・ディテクタはディスエーブルにしておく必要があります。データは、キャリア周波数偏移対時間を表します。

VSAでは瞬時パワーと瞬時周波数の関係を見ることが可能で、これは他の測定器ではできません。図2は、データ・レジスタにより前の測定の結果を同時に表示したものです。先に説明したパワー測定と同じ生データに基づく現在の結果を同時に表示したりできます。

パワー測定と同様に、マーカを使用してピーク周波数とRMS周波数、さらに周波数オーバシュートと周波数セトリングを確認することができます。

位相過渡特性

キャリア・パワーが変化した場合、ディジタルデータ伝送を開始する前にキャリア位相は安定した状態になければなりません。従来の位相過渡特性測定方法は比較的簡単ですが、結果が補正されていないため通常は解釈が難しくなります。この測定方法では、ミキサと基準信号源を使用して測定対象の信号をDCに混合し、2つの信号の位相差をオシロスコープで確認します。この方法には、基準信号と測定対象信号が共通の周波数基準を共有していなければならないという制限があります。また測定の設定を適切に行わないと、オシロスコープの表示が解釈しにくくなります。

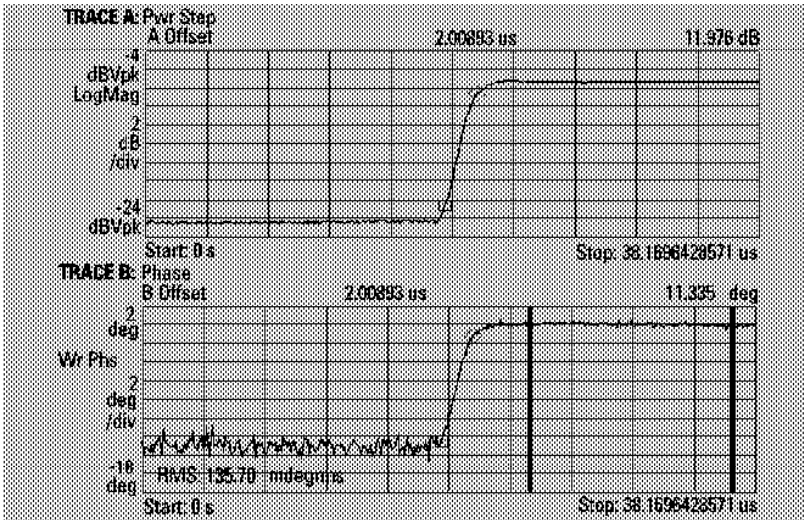

図3. パワー・レベル(下のトレース)が変化しているキャリアの位相セトリング(上のトレース)

VSAは、位相復調器を使用して時間ごとの瞬時位相を測定します。過渡特性測定の場合は、アナライザと測定対象信号が共通の周波数基準を共有していれば最適ですが、これが絶対に必要ということではありません。周波数基準が共有されていれば、測定中心周波数がキャリア周波数と完全に一致し、自動キャリア検出モードが位相のみ(phase-only)に設定されます。

位相測定は、測定器モードを復調に設定し、PM復調器を選択することで行います。測定データはメイン時間(main time)で、データ・フォーマットを実数(real)または位相(phase)(ラップまたはアンラップ)に設定して表示することができます。結果は、度またはラジアン単位対時間で表示されます。

FM復調器と同様に、位相分解能はスパンの関数です。スパンが狭いほど分解能は良くなります。

図3は、パワー・レベルが変化しているキャリアの位相セトリングを示します。上のトレースはキャリア・パワーで、下のトレースは瞬時位相です。パワー・レベルの変化により位相に13度のシフトが生じています。

もう1つの変調測定と同様に、マーカを使用してピーク-位相誤差、位相セトリング時間または指定時間間隔におけるRMS位相を測定することができます。バンド・パワー・マーカは、キャリア・パワー・レベルが0.136度でセトリングした後のRMS位相ノイズを示します。

過渡特性解析のためのオーバラップ処理

多くの場合、特定の送信機過渡特性がキャリアの占有帯域幅にどのように影響するかを設計者が理解しておくことが重要です。言い換えれば、どの過渡特性が隣接チャネルへの干渉を最も起こしやすいかということです。例えば、ターンオン・パワー過渡特性により生じるスペクトル・スプラッタなのか、あるいはデータ伝送の始めに生じる位相過渡特性なのかということです。VSAのオーバラップ処理機能を使用すれば、信号に含まれる様々な過渡特性を観察して、スペクトラムが時間とともにどのように変化するかを確認することができます。これを理解するには、数百(あるいは数千)個のバンドパス・フィルタの並列バンクに同じ信号を加える場合を想定してみると良いでしょう。個々のフィルタの帯域幅は同じですが、中心周波数はわずかに違います。個々のフ

ィルタの出力が検出されてサンプリングされます。時間の各ポイントで、出力サンプルの集合を使用して推定パワー・スペクトラムが作成されます。個々のフィルタは、狭い帯域幅を使用して必要な周波数分解能が得られるように、また優れたインパルス応答を使用して、適切な時間分解能が得られるように設計されています。

この測定は、ゼロ・スパン動作に設定した掃引スペクトラム・アナライザでも行えます。この場合には、それぞれ周波数がわずかに異なる400のゼロ・スパン測定結果をコンパイルして1つの結果にしなくてはなりません。当然のことながら測定対象のデバイスに同じ過渡特性を1つの測定につき1回、合計で400回発生させる必要があります。VSAは、同じ結果を1つの過渡特性を1回測定するだけで作成します。

VSAで測定を行うには、オーバラップ処理を使用したベクトル・モード動作にアナライザを設定します。オーバラップ処理は、タイム・ドメイン・データの重なり合ったブロックを処理するアナライザの機能を指す用語です。通常この測定には、限界の99%に近いオーバラップのパーセンテージを使用します。これは、ディスプレイの更新ごとに99%の古いデータと1%の新しいデータが使用されるということで、このために過渡特性から生成されるスペクトルが多くなり、分解能が向上します。

並列フィルタの例に比べると、様々な測定設定パラメータが結果に影響します。インパルス応答は選択したFFTウィンドウによって決まります。最適なウィンドウは、ガウシアン・トップ・ウィンドウです。インパルス応答の長さは、測定で使用される時間レコードの長さです。これは直接(時間メニューで)設定するか、RBWを設定することで間接的に設定します。測定オーバラップのパーセントは、フィルタの出力がサンプリングされる周波数におおよそ対応します。オーバラップ・パーセンテージが増えると、タイム・キャプチャ・バッファ内の同じ時間データ量に対して計算されるスペクトラムも増えます。

タイム・キャプチャ・バッファのオーバラップ測定により、数百あるいは数千のスペクトラム測定値を生成することができます。Agilent 89400シリーズVSAは、これらの測定値をいろいろな方法で表示できます。最も単純なやり方は、標準スペクトラム・ディスプレイを使用して測定値を1つずつ表示することです。個々の測定値が映画のフレームに相当し、全体の効果としては高速で変化するスペクトラムのスロー・モーション映像のようになります。オプションAYBを使用すれば、複数の測定スペクトラムをウォータフォールまたはスペクトログラム・ディスプレイで1つのグリッドに表示することができます。図4に示すスペクトログラムの個々のピクセル列が1つの測定スペクトラムに相当します。ピクセルの輝度(または色)は、横軸で示される周波数におけるスペクトラムの振幅で決まります。

まとめ

これまで、過渡特性の測定は難しいか、可能でも数種類の測定器が必要でした。Agilent 89400シリーズVSAは、このような測定のすべてを1つの測定器で、簡単に高確度で行うことができます。

Agilent 89400シリーズVSAのタイム・キャプチャ機能を使用すれば、過渡特性をキャプチャして様々な方法で解析することが可能です。測定器が繰り返し信号にアクセスできるように、送信機を特殊なテスト・モードに設定する必要はありません。

優れた感度、選択性、およびDCまでの周波数カバレージにより、ベースバンド変調データから局部発振器、さらには転送された信号のアンテナ受信測定まで、送信機のブロック図のどのポイントでも測定が可能です。

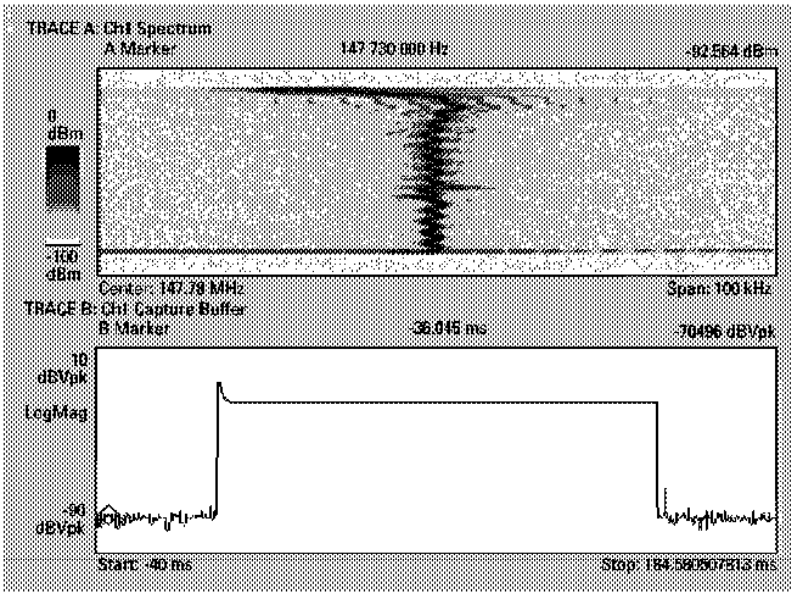

図4. スペクトログラムを使用して数百の重なり合ったスペクトラム測定値を同時に表示することができます。送信機が最初にオンされたときの周波数の不安定さとサイドローブ構造に注意してください(スペクトログラムの上)。また、タイム・キャプチャ・バッファ(下のトレース)でははっきり分からないバースト途中の過渡特性にも注意してください。

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は24時間受付け

TEL 0120-421-345
(0426-56-7832)
FAX 0120-421-678
(0426-56-7840)
E-mail:mac_support@agilent.com

電子計測ホームページ
http://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 2000
アジレント・テクノロジー株式会社

Agilent Technologies
Innovating the HP Way

5962-9493J
100000001-DEP