

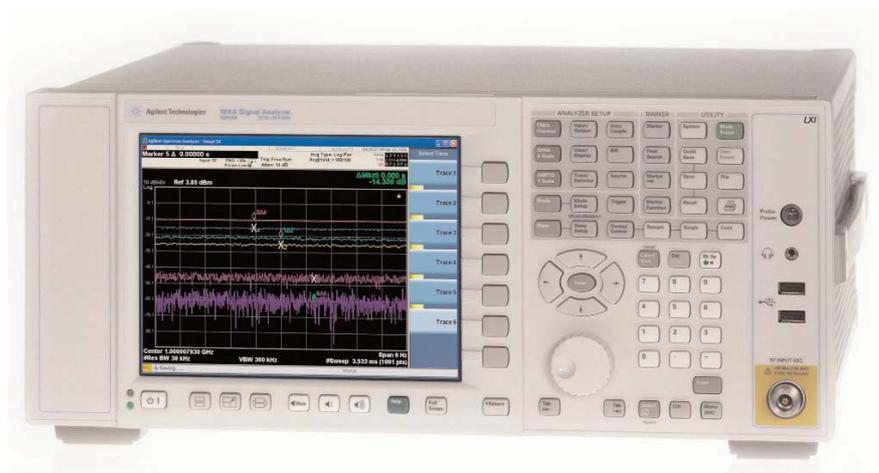
MXAプリセクタ同調機能を使用した マイクロ波スペクトラム解析の振幅精度の向上

Application Note 1586

はじめに

最新のスペクトラム・アナライザでは、RF周波数でこれまで以上に高い精度が得られるようになりましたが、マイクロ波周波数では精度は向上していません。実際には、広帯域デジタル変調などの最新の信号を測定する場合は、高精度測定が難しくなります。しかし、MXAシグナル・アナライザのハードウェアとアルゴリズムを使用すると、特定の種類の入力信号や外部テスト信号を使用しないで高い精度を達成できます。

マイクロ波スペクトラム・アナライザは、性能向上のために、プリセクタを使用して不要なミキサ・イメージや局部発振器（LO）の高調波への応答を除去します。しかし、これらのプリセクタは不安定で、頻繁に同調し直す必要があります。これまでプリセクタの同調には、目的の周波数でCWに近い統計性能の信号が必要でした。新しいMXAシグナル・アナライザではノイズ・ソース同調機能を採用し、この難しい要件がなくなりました。



目次

はじめに	1
ロー・バンド、ハイ・バンド、 プリセクション	2
YIGプリセクタの問題	3
プリセクタ・セントリングの 操作と要件	5
新しいセントリング機能	6
MXAプリセクタ・セントリング 機能の使用	7
まとめ	7



Agilent Technologies

ロー・バンド、ハイ・バンド、プリセレクション

26.5 GHzまで動作する最新のスペクトラム・アナライザには、図1に示すように、「ロー・バンド」信号経路と「ハイ・バンド」信号経路があります。

MXAの「ロー・バンド」は、3.6 GHzまでの周波数をカバーします。ロー・バンドでは、信号は、ハイ IF (5.1225 GHz) にアップコンバートされた後、322.5 MHzのIFまでダウンコンバートされます。このダブル変換方式により、ミキサのイメージ応答が大幅に減少します。

実際には、「ハイ・バンド」周波数レンジをロー・バンドと同じブロック図で構築することはできません。第1 IF増幅器に必要な動作周波数では、増幅器のノイズと歪みが高くなることを避けられないからです。これに代わるブロック図が、図1に示すような、IF周波数へのシングル変換です。このブロック図の第1ミキサのイメージ応答の間隔は、IF周波数のわずか2倍（約600 MHz）です。汎用スペクトラム・アナライザでは、このようなイメージ応答は許容されません。このため、同調可能なプリセレクタ（バンドパス・フィルタ）を使用して、イメージ応答を除去します。

このフィルタは、YIGテクノロジーを使用して作成されています。YIG材料の球の働きにより、磁界で制御された通過帯域周波数で信号がフィルタリングされます。

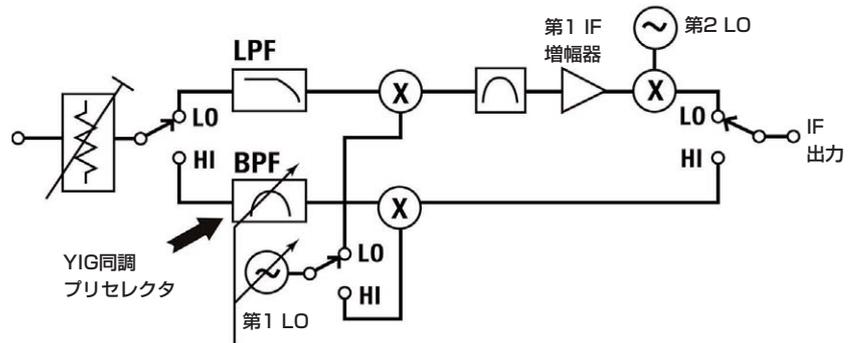


図1：スペクトラム・アナライザのロー・バンド/ハイ・バンド・フロント・エンドのブロック図

YIGプリセレクタの問題

YIGプリセレクタは通常、約40～80 MHzの通過帯域幅を持っています。26.5 GHzまでの周波数で使用する場合は、共振子に必要なQが非常に高くなります。このような高いQには、振幅と周波数の不安定性が伴います。

不安定性の1つの形が、同調後のドリフトです。YIG球の共振周波数への同調に使用される磁石は、選択した周波数が増えると、熱くなるか、冷たくなります。磁石の温度変化が、磁石の寸法に影響を与え、それが磁界の強さ、さらにはフィルタの同調周波数に影響を与えます。

磁石/球構造の機械的な経年変化も同様に作用し、さらに不安定性を引き起こします。

また、同調電流とフィルタの中心周波数の関係を単純な代数関数で完全にモデリングすることはできません。このため、同調の不安定性がない場合でも、同調誤差が存在します。その結果、図2に示すように、周波数同調誤差による振幅誤差が生じます。

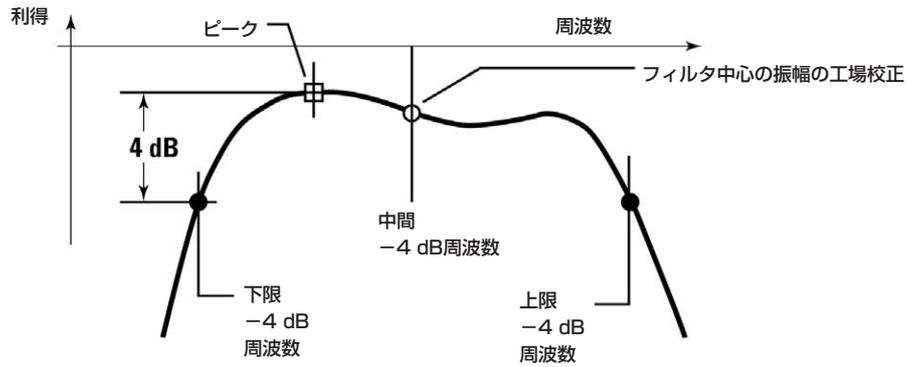


図2A： YIG同調プリセレクタの代表的な通過帯域応答

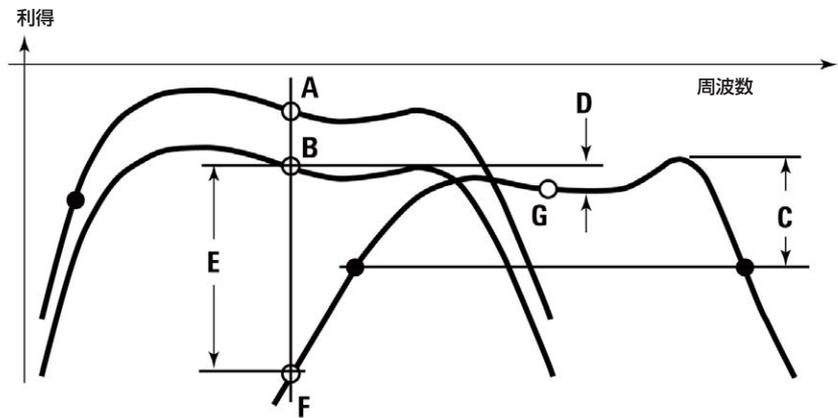


図2B： YIGプリセレクタの通過帯域応答の変化

YIGプリセレクタの問題（続き）

図2Aに、代表的なYIGフィルタの応答を示します。x軸は周波数ですが、周波数はほぼ同調電流に比例するので、x軸を同調電流と考えることもできます。この例では、小さな同調電流誤差が、動作点での通過帯域形状の傾きに比例した振幅誤差になります。このデザインでは、動作点は、 -4 dBポイントの中間になり、同調誤差に関して非常に堅牢なデザインになっています。

最新のスペクトラム・アナライザは、YIGフィルタを調整することができます。調整は、動作電流を直接調整するか、「プリセレクタ・センタリング」操作を行います。「センタリング」操作（手動、または自動プリセレクタ・センタリング・キーを使用）を行うと、プリセレクタの通過帯域がセンタリングされ、誤差に対する堅牢性が向上します。YIGフィルタの調整は、センタリングの堅牢性と、センタリング・キーが利用できる便利さから、ピーキングではなくセンタリングが使用されています。振幅応答の工場校正でも、センタリングが使用されています。そのため、ピーキングの場合には、振幅確度が低下します。

MXAシグナル・アナライザでは、このセンタリング操作（および得られる振幅確度）がさらに向上し、本書の「新しいセンタリング機能」で後から

説明するように、新しいハードウェアとアルゴリズムが用いられています。

図2Bに、センタリングの重要性を示します。この図で、ポイントAは、周波数応答の工場校正に使用される応答を示しています。このポイントは、室温での新しいアナライザの応答曲線上に存在します。水平位置は、 -4 dB（ピークを基準）の中間ポイントです。

ポイントBは、周囲温度が変化したときに予測される全システム応答の変化を垂直方向の変位で示しています。さらに周囲温度の変化に同調後のドリフトと経年変化の影響を加えると、ポイントFになった場合振幅誤差がかなり大きくなります。この誤差は、長さEで表され、応答ポイントBとFの差になります。

振幅確度を向上させるために、アナライザをセンタリングし直します。大きさCは、新しい同調曲線のピークを基準にした -4 dBポイントの位置を示しています。再センタリングにより、ポイントGで示された応答が得られます。新しい誤差は距離Dで、距離Eよりもはるかに小さくなります。

プリセクタ・センタリングの動作と要件

「プリセクタ・センタリング」アルゴリズムは、同調を最適化するためにフィルタ応答を測定します。アルゴリズムは、CWに似た入力信号を仮定し、同調電流が掃引されたときの相対応答をモニタします。この相対応答曲線で-4 dBポイントを探し、同調をこれらのポイントの中心に合わせます。

センタリング動作の掃引部分の実行中は、入力信号の振幅の安定性が求められます。振幅変化が誤って通過帯域形状の変化として扱われないようにするために、1 dBよりも十分小さな安定度が必要です。また、同様の理由から、信号の周波数変調も最小限でなければなりません。幅が1 MHzより十分に小さな変調は許容されますが、広帯域デジタル変調は同調誤差を発生させる可能性があります。最後に、信号には優れたS/N比も必要です。

入力信号に対するこれらの制約が実際の測定アプリケーションで問題となり、測定の振幅確度の大幅な低下につながる可能性があります。例えばロー・レベルの高調波を測定する場合は、センタリングが行えません。センタリングは、スポット・ノイズ密度の測定に使用することができません。OFDM、W-CDMA、TDMAなどの一般的なデジタル通信信号で使用することができません。また、ほとんどのレーダ信号でも使用することができません。

このように、振幅確度の仕様はプリセクタ・センタリングの後にのみ適用されますが、追加のセンタリング・アルゴリズムとハードウェアを組み込まないと、このような操作が実用的でないこともよくあります。

新しいセンタリング機能

アナライザにプリセクタ・センタリング用のフル・レンジCW信号発生器があれば、ユーザが適切な信号を提供する必要はありません。しかし、このような機能を安価に実現することはできません。ただし、ブロードバンド・ノイズ・ジェネレータと新しいセンタリング・アルゴリズムを使用すると、厳しい信号要件のないセンタリングを経済的に実現することができます。図3に、MXAシグナル・アナライザで用いられているこの新しい方法のブロック図を示します。

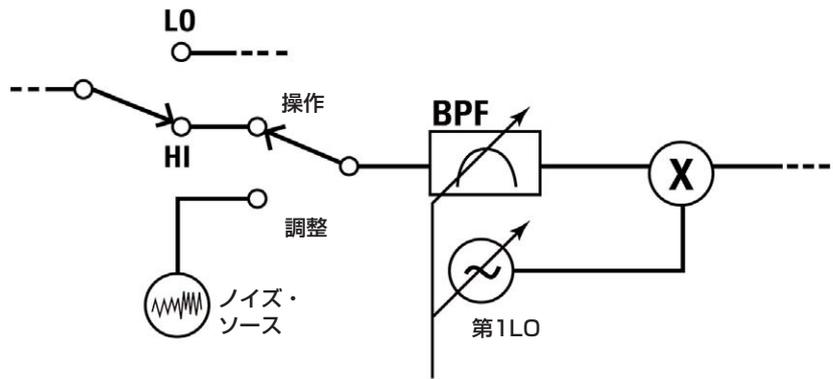


図3：ノイズ・ソースを追加

一見すると、ノイズ・ソースは同調に役立っていないように見えます。フィルタから来るノイズの量は、同調電流とほぼ独立しています。ただし、ノイズの周波数分布が変化します。IFに達するノイズの量は、同調電流とともに変化します。図4を参照してください。

図4の曲線を解析することにより、プリセクタ・センタリング・アルゴリズムは、ノイズ・ソースだけを使用して通過帯域をセンタリングすることができます。

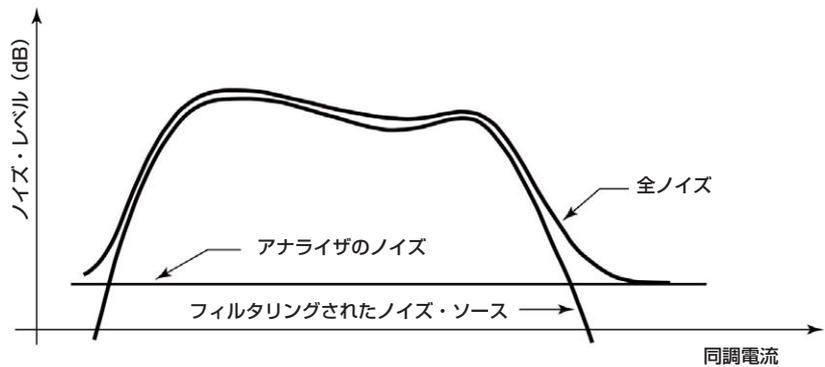


図4：IFのノイズは、アナライザのノイズ・フロアとフィルタ同調に依存

センタリングは、すべての周波数で使用できます。ノイズ・ソースを内蔵することにより、同調曲線全体の工場校正をアナライザに実装でき、設備の整った施設へ返送した場合だけではなく、いつでも工場校正を再実行できるようになります。ときどき「プリセクタの特性評価」操作を実行することにより、経年変化と（はるかに低い有意なレベルまでの）周囲温度の変化の影響を除去することができます。十分に特性評価されたプリセクタを使用

すると、センタリングの必要性がほとんどなくなり、さらに便利になります。

プリセレクタ・センタリングは、MXAのハイ・バンド、すなわち3.6 GHzを超える周波数で信号の（仕様）振幅確度を向上したい場合に、手動で使用します。

従来型のセンタリング操作では、目的の周波数で、レベルがアナライザの基準レベルの約30 dB内にある信号が必要です。信号を識別するために、この信号にアナライザのマーカを配置し、“Presel Center” ソフトキーを押して、センタリング・アルゴリズムを呼び出します。CW信号でない場合は、別の方法として、“Presel Adjust” 操作（および同じ名前のソフトキー）を使用することができます。この場合は、プリセレクタは、自動センタリング・アルゴリズムを使用しないで手動で調整されます。この調整は通常、「ピーキング」振幅応答により行われ、前述のように、振幅確度の点ではプリセレクタ・センタリングより劣ります。

MXAの場合は、センタリング操作はほぼ同じですが、外部信号が必要ない点と、入力信号の切り替えや測定対象の信号源のケーブルの切断/再接続の必要がない点が異なります。目的の周波数は通常、アナライザの中心周波数なので、マーカをアクティブにして目的の信号まで移動する必要はありません。“Presel Center” ソフトキーを押すだけです。

MXAでは、手動“Presel Adjust” 機能も使用でき、他のスペクトラム・アナライザの場合と同様に動作しますが、調整中に信号を供給する必要はありません。

プリセレクタが信号経路に存在する（調整が有効である）のは、アナライザが約3.6 GHzを超える周波数で動作している場合のみです。アナライザがこれより低い周波数を測定中の場合は、プリセレクタのセンタリング・ソフトキーと調整ソフトキーは、非アクティブになります。

Agilent MXAシグナル・アナライザは、ノイズ・ソースと新しい同調アルゴリズムが追加され、CWに近い高い振幅の信号だけでなく、どの信号タイプの測定でもマイクロ波振幅確度の仕様に適合するようになります。例えば、40 MHz帯域幅のデジタル変調信号を6 GHzの周波数で測定する場合、有効なプリセレクタ・センタリングを使用しないと測定確度が保証されなくなり、-10 dBより悪くなる可能性があります。適切なセンタリングを使用すると、数値が±1.5 dBの保証された仕様値まで向上します。

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、製品の測定精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
(042-656-7832)

FAX ■■■ 0120-421-678
(042-656-7840)

Email contact_japan@agilent.com

電子計測ホームページ
www.agilent.co.jp

- 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

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・インダストリー・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。

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 Direct

www.agilent.co.jp/find/agilentdirect

測定器ソリューションを迅速に選択して、使用できます。

 Agilent Technologies

November 24, 2006
5989-4946JAJP
0000-00DEP