

89400シリーズ ベクトル・シグナル・アナライザによる 位相雑音測定

Product Note 89440A-2

位相雑音の特性試験が現代の通信システムでは、ますます重要になってきています。これまで、位相雑音の特性試験は、非常に難しく時間のかかる測定でした。89400シリーズ ベクトル・シグナル・アナライザを使用すれば、システム設計者は、位相雑音の特性試験測定を簡単に実現することができます。89400シリーズ ベクトル・シグナル・アナライザの機能の特長は、どのようなドメインでも、位相雑音測定を非常に高速かつ直接的に行うことができることにあります。例えば、送信機の設計者は、搬送波周辺の実際のスペクトル密度、あるいは隣接チャンネルの統合バンド・パワーに関心があるかもしれません。あるいは、デジタル変調された情報の復元に関心のあるユーザは、復元ベクトルのピーク位相偏移あるいはRMS位相偏移に注目するかもしれません。89400シリーズ ベクトル・シグナル・アナライザを使えば、これらのどのドメインにおいても高速かつ容易に測定結果を得ることができます。これらの測定器はまた、ロックされていない搬送波やドリフト搬送波に、数学的にロックすることができます。そのような条件下でも、89400シリーズ ベクトル・シグナル・アナライザは、高速かつ正確にアベレージ測定を行なうことができます。この機能は、他のスペクトラム・アナライザにはない非常に優れた機能です。この機能により、ドリフト搬送波に対する隣接位相雑音情報の復元が可能です。

89400シリーズ ベクトル・シグナル・アナライザを使うことにより、これまで数分あるいは数十分かかっていた測定を数秒で完了することができます。10倍から1000倍もの測定スピードの改善が期待できます。

Agilent 89410A (DC-10 MHz) ベクトル・シグナル・アナライザ

Agilent 89410Aは、0-10MHzの入力帯域幅を持ち、ベースバンドの実現により、他のRFスペクトラム・アナライザよりも位相雑音が低く抑えられています。実際には、入力雑音があるため、基本的な位相雑音測定のダイナミック・レンジには制限があります。この入力雑音については後述します。

ユーザは、被試験信号を0-10 MHzの入力帯域幅にダウンコンバートする必要があります。目的の位相雑音帯域幅は、搬送波をDCあるいは10 MHzにどれだけ近づけることができるかを左右します。可能なら、必要の有無に関わらず、測定器を被試験信号にフェーズ・ロックしてください。

Agilent 89441A (DC-2.65GHz) ベクトル・シグナル・アナライザ

ここでは、Agilent 89410Aと89441Aの両方に適用する事項について説明しますが、幾つか違いもあります。Agilent 89441Aは、入力信号を最大2.65 GHzまで直接測定できます。しかし、RFセクションは原則的にはヘテロダイン方式の受信機であるため、その局部発振器の位相雑音によって、位相雑音測定のダイナミック・レンジが、Agilent 89410Aの性能よりも狭くなります。

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

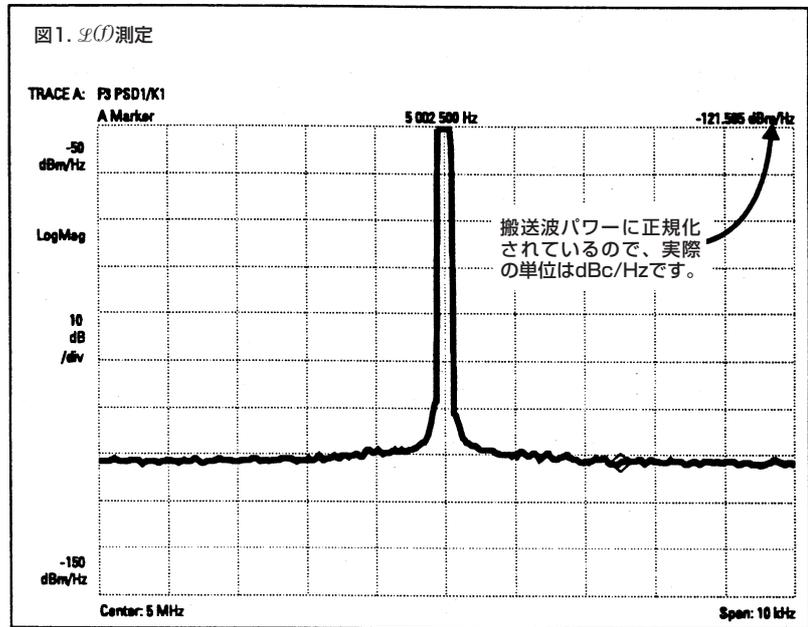
位相雑音性能に関する仕様については、『Agilent 89441A Technical Data Sheet』を参照してください。

ここでは、Agilent 89410Aについて説明します。89410Aと89441Aの違いは前述のとおりですが、ここで説明する事項は、基本的にはAgilent 89441Aにも当てはまります。

$\mathcal{L}(f)$ 直接測定

$\mathcal{L}(f)$ 、(単側位相雑音密度、単位はdBc/Hz)は、一般的な位相雑音測定です。Agilent 89410Aの $\mathcal{L}(f)$ 測定では、トレース演算あるいはIBASICプログラムを利用して雑音密度を搬送波パワーに正規化できます。すべての測定と同様、Agilent 89410Aは、非常に高速にアベレーシングして、高精度の雑音測定を行います。Agilent 89410Aは、アベレーシング機能を用い、従来のスペクトラム・アナライザが複数の雑音マーカーを使って、1個の周波数ポイントの雑音密度を測定するのにかかる時間よりも短い時間で、401周波数ポイント全部のスペクトル結果を生成します。

本測定器の内蔵トレース演算を使って、関数F1=PSD/K1を定義します。ここで、K1=10^{(搬送波パワー (dBm単位)) / 10}です。(I-BASICを使って簡単に自動化できます。)この関数で $\mathcal{L}(f)$ を求めることができます。雑音密度は、AMあるいは入力雑音でなく位相雑音に支配されていると仮定しています。 $\mathcal{L}(f)$ のfは、一般的には搬送波周波数からの周波数オフセット



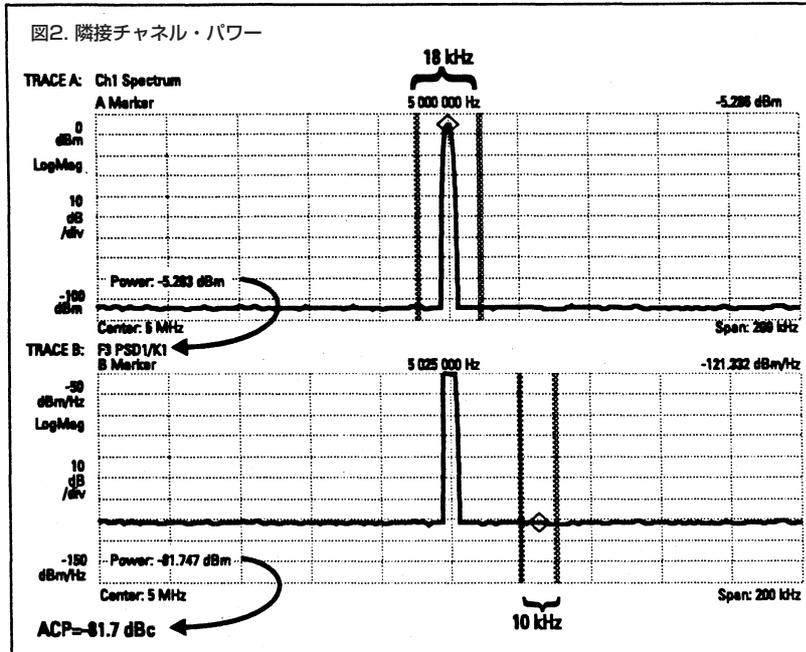
です。図1にこの測定の例を示します。注釈ではdBm/Hz単位を示していますが、搬送波パワーへ正規化されているので実際の単位はdBc/Hzです。

被試験信号がロックされていず、ドリフトが大きい場合アベレーシング測定が正しく行えないと考えられる場合は、代替方法の一つとして、復調および自動キャリア機能を持つAgilent 89410Aを使用する方法があります。後述の「位相の揺らぎ測定」の項を参照してください。

隣接チャンネル・パワーの測定

隣接チャンネル・パワー測定は、位相雑音測定の一つです。Agilent 89410Aには、「C/N0」機能が装備されており、搬送波がシングル・トーンとして識別可能である場合、隣接チャンネル・パワー測定ができます。

搬送波が極度に歪調されているか、ある周波数帯域にわたって規定されている場合は、トレース演算によりその問題を解決できます。再度、F1=PSD/K1とします。ここで、K1=10^{(搬送波パワー (dBm単位)) / 10}です。ただし、この時間搬送波パワーは、バンド・パワー・マーカーを使って測定されます。全測定は、IBASICプログラムを使ってキーを一回押すだけで実行できるようにすることが可能です。図2にこの測定の例を示します。



位相の揺らぎ測定

位相の揺らぎ測定は、位相ジッタ、時間ジッタ、位相偏移、ピーク位相偏移、RMS位相偏移を含みます。これらは、システム内の位相雑音あるいは位相のひずみによる、情報の基準からの位相偏移あるいは時間偏移です。Agilent 89410Aは、その復調およびタイム・ドメイン機能により、これらの測定を簡単に行なうことができます。

測定器モードとして「PM Modulation」を選択します。被試験信号が、Agilent 89410Aにフェーズ・ロックされていない場合は、単に「Auto-Carrier」をオンにします（「Phase and Frequency」PM auto type）。この内蔵機能は、数学的に信号を本測定器にフェーズ・ロックします。これにより、もっとも低い位置にある2つの復調周波数ポイントが、Auto-Carrier機能の位相サーボ

効果により無効になることに注意してください。（ハードウェア・フェーズ・ロック・ループによるフェーズ・ロックでも、同じことが起こりますが、測定ではそれほどあきらかではありません。）可能なら、外部基準入力を使い、信号を本測定器に物理的にフェーズ・ロックし、「PM auto type」を「Phase」に変えます。そうすると、測定自体が全復調周波数スパンにわたって有効となります。

Auto-Carrier機能はまた、アベレージングを使っている場合でさえも、ドリフト搬送波の問題を扱うことができます。唯一の制限は、激しくドリフトする搬送波によって、必要な雑音サイドバンド情報が測定スパンからはずれる可能性があることです。例えば、搬送波が、測定中に指定中心周波数から±5%ドリフトすると、スペクトルの各終端の5%が測定ス

パンの範囲から外れてドリフトし、正しく復調されません。

典型的な測定状況を図3に示します。一番上のトレースは、位相復調パワー・スペクトラム密度（PSD）を示し、一方、一番下のトレースは復調情報の時間波（この場合は雑音）を示します。この測定から多くの情報が得られます。

- 所定の期間中のピーク位相偏移が時間トレースから直接読めます
- RMS位相偏移はバンド・パワー・マーカを時間トレースに適用することによって得られます
- RMS位相偏移の周波数選択の決定は、バンド・パワー・マーカをPSDトレースに適用することによって得られます
- 測定変動はPSDトレースをアベレージングすることによって減少できます
- 測定は任意の工学単位で表記できます。例えば、degreesあるいはdegrees²、radiansあるいはradians²、normalized per Hzあるいはroot Hz。
- タイム・ゲーティングを、時間トレースに適用して、時間選択の周波数スペクトルを作ることができます。これが可能となる場合は、復調情報が必ずしも定常でない場合です。

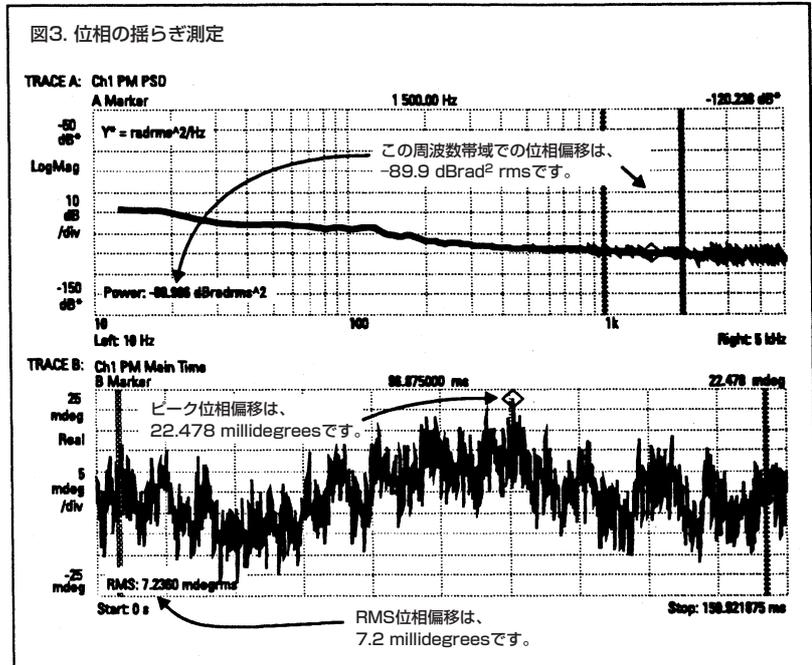
さらに、測定はいつでも一時停止することができ、上記機能はすべて測定後にデータ・レコードに対し適用することができます。Agilent 89410A および89441Aの機能は、これまでにない測定スピードと使い勝手のよさを提供します。

$\mathcal{L}(f)$ と位相ドメイン間の変換

雑音変調が「狭帯域FM」と仮定した場合、 $\mathcal{L}(f)$ と位相復調PSD間に簡単な関係があります。具体的には次のとおりです。

$$\mathcal{L}(f) (\text{dBc/Hz}) = \{ \text{位相復調PSD} (\text{dBrad}^2_{\text{rms}}/\text{Hz}) \} - 3 \text{dB}$$

ここで、 $\mathcal{L}(f) < -30 - 10 * \text{Log}_{10}(f) (\text{dBc/Hz})$ 。



ダイナミック・レンジの改善

測定におけるダイナミック・レンジは、Agilent 89410Aの入力雑音によって制限を受けます。したがって、ダイナミック・レンジを最大にするには、ADCオーバーロードを起こさないようにして、できるだけ低くなるように本測定器のレンジを合わせてください。この結果、通常は、 -120 dBc/Hz 、あるいは近似的に $57 \text{ microdegrees}_{\text{rms}} / \sqrt{\text{Hz}}$ よりも良いダイナミック・レンジになります。

しかも、Agilent 89410Aの入力雑音は、位相雑音測定にとって必要な部分ではありません。位相雑音密度測定から、測定した入力雑音密度を引くだけで、 10 dB 以上ダイナミック・レンジを広げることが可能です。

改善された $\mathcal{L}(f)$ ダイナミック・レンジを得るには、 $F2=F1-D1$ とします。ここで、 $D1$ は 50Ω 終端で測定した $F1$ のトレースです。これも、IBASICプログラムで自動化できます。このプログラムは入力パスを内部終端に切り換えるために内部リレーを使います。図4に、入力雑音の引き算によってダイナミック・レンジを改善した場合と改善しない場合の低位相雑音源の測定 $\mathcal{L}(f)$ の比較を示します。

位相の揺らぎ測定のダイナミック・レンジを改善するには、 $\mathcal{L}(f)$ と位相復調PSDとの関係を使います。再度、入力雑音をVectorモードで測定し、 $D1$ に記憶します。次に、Agilent 89410AのDemodulationモードを選択し、 $F2=PSD-D1/K2$ と定義します。ここで、 $K2=20$ で、これは両ドメイン間の変換を表します。IBASICを使ってこの測定をキーを一回押すだけで実現することも可能です。

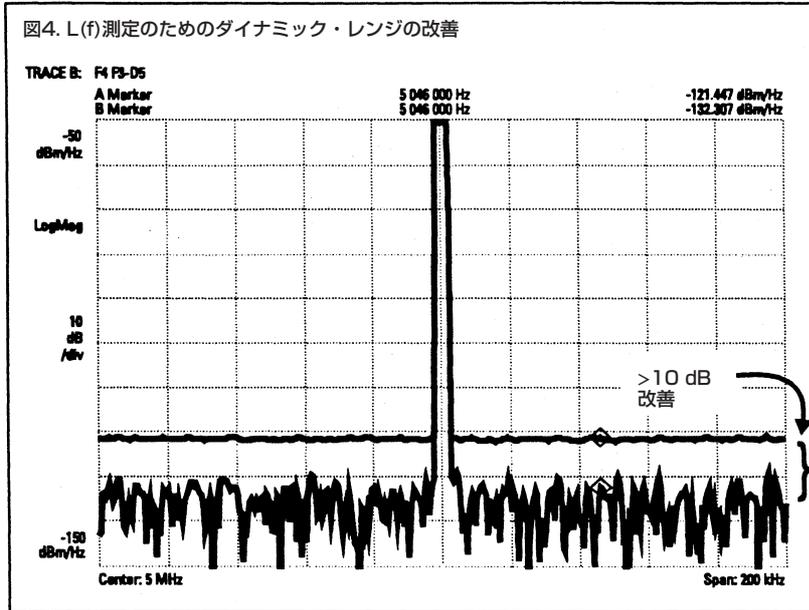


図5にダイナミック・レンジを改善した場合としない場合の低位相雑音源の測定と比較を示します。

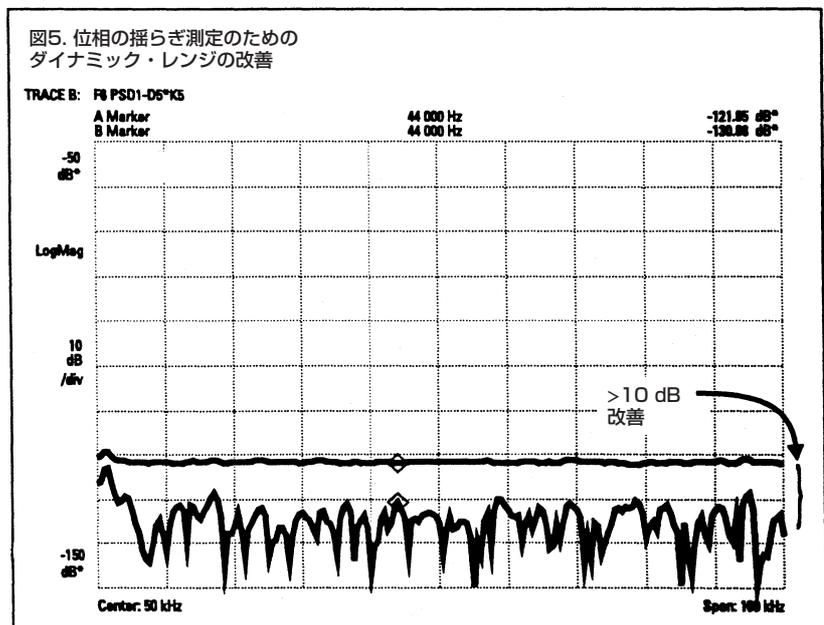
-130 $\text{dBrad}_{\text{rms}}^2/\text{Hz}$ あるいは

20 $\text{microdegrees}_{\text{rms}}/\sqrt{\text{Hz}}$

よりも良いダイナミック・レンジがこの方法で達成できます。しかし、この改善方法が適用できるのはスペクトル結果に対してだけで、時間トレースには適用できません。

最新の位相雑音測定

89400シリーズ ベクトル・シグナル・アナライザは、もっとも厳しい位相雑音要件を除き、すべての要件に対応した機能を備え、スピードおよび使いやすさにおいては、最も優れた機能を提供します。



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



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。
ご注文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

5091-7193J
100000001-DEP