

スペクトラム・アナライザによるスプリアス・レベル測定速度に関する検討事項 アプリケーションノート

製品：

- | R&S®FSU
- | R&S®FSV
- | R&S®FSW

スプリアス信号の測定速度は、主にスペクトラム・アナライザの掃引速度によって決まります。従来の掃引式スペクトラム・アナライザでスプリアス放射制限が厳しい場合、測定には数時間を要し、場合によっては1日かかってしまうこともあります。このアプリケーションノートでは、従来の掃引式スペクトラム・アナライザと、広帯域FFT処理機能を備えた最新式のスペクトラム・アナライザの掃引速度の違いを示し、一般的なスプリアス測定速度がいかに向上するかということの説明します。

目次

1	はじめに.....	3
2	概要.....	4
2.1	内部ノイズ・フロア.....	4
2.2	検波器の影響.....	5
3	アーキテクチャの比較.....	6
3.1	掃引式スペクトラム・アナライザのアーキテクチャ.....	6
3.2	広帯域シグナル／スペクトラム・アナライザ.....	8
4	スプリアス測定：速度結果.....	10
4.1	掃引式スペクトラム・アナライザの速度結果.....	11
4.2	FFTベース・スペクトラム・アナライザの速度結果.....	12
5	まとめ.....	16
6	オーダー情報.....	17

1 はじめに

被試験体のスプリアス放射は、高調波放射、寄生放射、相互変調成分、周波数変換成分などの望ましくない影響によって生じます。低レベルのスプリアス放射の測定は、送信機において最も時間のかかる測定の 1 つですが、これはノイズ・フロアを非常に低くしなければならぬためです。スペクトラム・アナライザのノイズ・フロアを抑えるには、分解能帯域幅を狭くする必要があります。帯域幅を狭くすると測定時間が長くなり、掃引速度も低下します。スペクトラム・アナライザのアーキテクチャは、スプリアス放射測定に大きく影響します。

このアプリケーションノートでは、掃引式スペクトラム・アナライザ方式と、広帯域 FFT ベースの最新式シグナル／スペクトラム・アナライザのアーキテクチャの違いを比較し、それが掃引速度に及ぼす影響について述べます。以下では、まず掃引速度の理論的背景について説明し、次いで実際のスプリアス測定結果を示します。

2 概要

一般的なスプリアス放射測定では、広い周波数範囲にわたってノイズ・フロアを抑えることが求められます。ダイナミックレンジの下端では、スペクトラム・アナライザの内部ノイズ・フロアが最も重要な制限要因となります。通常、S/N 比を許容可能なレベルに保つには、この値をスプリアス放射の制限値より 10 dB 低くする必要があります。内部ノイズ・フロアはスペクトラム・アナライザの設計によって決まりますが、使用可能な測定範囲は、選択した分解能帯域幅と使用する検波器によっても制限されます。帯域幅を 1/10 にすれば、測定ノイズ・フロアは 10 dB 低下します。ただし、ノイズ・フロアを低下させると測定時間が大幅に長くなります。したがって、全体としての測定時間を許容範囲にとどめるには、スプリアス・レベル要件に合った帯域幅を選ぶことが重要です。

2.1 内部ノイズ・フロア

一般的なスプリアス測定では、分解能帯域幅フィルタの設定を調整して、スペクトラム・アナライザのノイズ・フロアを試験要件より低くします。スペクトラム・アナライザの内部ノイズ・フロアは、指定された分解能帯域幅（すなわち RBW 1 Hz）における表示平均ノイズ・レベル（Displayed Average Noise Level : DANL）として仕様化されます。高性能スペクトラム・アナライザにおける標準的な値は、1 Hz 帯域幅で -155 dBm 程度です。スプリアス測定におけるノイズ・フロアは必要帯域幅によって異なり、DANL を基に決定することができます。分解能帯域幅が試験要件に定められていない場合は、与えられた最大ノイズ・レベルから適切な分解能帯域幅を計算することができます。

分解能帯域幅に合わせたノイズ・フロアの補正には、次の式を使用します。

$$\text{DANL (RBW)} = \text{DANL (1 Hz)} + 10 \cdot \log \left[\frac{\text{RBW / Hz}}{1 \text{ Hz}} \right] \quad (1)$$

ここで、
 DANL (RBW) = 選択した RBW の表示平均ノイズ・レベル
 DANL (1 Hz) = 1 Hz 帯域幅の表示平均ノイズ・レベル
 RBW / Hz = 選択した分解能帯域幅

たとえば 1 kHz の分解能帯域幅では、表示平均ノイズ・フロアを 30 dB 補正する必要があります。

2.2 検波器の影響

最新式のスペクトラム・アナライザは、ラスタ・スキャンを使用して液晶ディスプレイ上にスペクトラムを表示します。液晶ディスプレイは、周波数軸のピクセル数が限られています。したがってスプリアス信号測定のように、広い周波数範囲を狭い分解能帯域幅（RBW よりも広いピクセル幅）で測定するときは、各周波数ポイントのレベル情報を、使用可能な表示ピクセル数まで圧縮する必要があります。スペクトラム・アナライザは一連の検波器機能を使用してこの作業を行います。ピーク、サンプル、RMS といったタイプの検波器機能が最も頻繁に使われます。

サンプル検波器は、x 軸上のピクセル 1 個につき 1 つのレベル測定値を生成します。当然この場合は信号情報がすべて失われる可能性があり、1 個のピクセルがカバーする周波数範囲に比べて RBW が小さい場合は、特にその傾向が強くなります。一般的に、スペクトラム・アナライザのノイズ・フロアの記述にはサンプル検波器が使われます。

ほとんどのアナライザは、平均電力測定用の RMS 検波を備えています。RMS 検波器の場合、高いサンプリング・レートでレベル・エンベロープがサンプリングされ、平均電力の計算にはこれらのサンプルがすべて使われます。スプリアス放射測定（特にノイズに似た信号や広帯域変調信号を測定する場合）では、平均電力を測定することが求められます。データシートに示される表示平均ノイズ・フロアは、ビデオ・アベレージングまたはトレース・アベレージングを使用し、サンプル検波器によって測定されます。DANL は、トレースの対数スケールとアベレージング・プロセスによって、ノイズ電力より 2.51 dB 低くなります。したがって、ノイズ電力を得るには、DANL を 2.51 dB 補正する必要があります。

レーダー送信機のようなパルス化されたシステムのスプリアス放射測定は、一般的にピーク検波器を使って行われます。ピーク検波器の利点は、信号が失われる心配がなく、測定結果が最悪値であることです。ピーク検波器はすべてのレベル結果を収集しますが、スペクトラム・アナライザは 1 つのピクセルの周波数範囲を掃引し、各ピクセルは、そのピクセルがカバーする周波数範囲のピーク結果を示します。トレースの周波数分解能は、そのスパンを掃引点数で除した値に制限されます。したがって、掃引点数を増やせば、スプリアス測定結果の周波数分解能を向上させることができます。

ピーク検波器による測定のノイズ・フロアは、サンプル検波器または RMS 検波器の場合よりもはるかに高くなります。これは、検波器が常に最大ピーク値を取り込むためです。ノイズ・フロアのピーク値は、各ピクセルの観測時間によって異なります。スペクトラム・アナライザのノイズ・フロアは白色ガウス・ノイズと見なすことができるので、ピーク電力と平均電力の差に関する最悪値、すなわちクレスト・ファクタは約 12 dB です。ノイズ・フロアが試験限界値より低くなるように RBW を設定するには、この値を考慮に入れる必要があります。

スペクトラム・アナライザのアーキテクチャとその速度性能を比較するには、比較可能な条件を用いる必要があります。ノイズ・レベルが RBW 値や検波器に依存する際の原則は、どのタイプのスペクトラム・アナライザでも同じなので、比較にあたってはこれを無視することができます。スペクトラム・アナライザの DANL（平均ノイズ・レベル）は、非常に重要な検討対象の 1 つです。各値が同様の条件下で指定されていることを検証するのは重要なことですが、中でも帯域幅はメーカーによって異なるので、この値は最も重要です。以下の項では、高性能スペクトラム・アナライザの比較を行います。ノイズ・フロアに関しては、どのアナライザも非常によく似た RF フロントエンド・アーキテクチャを採用しているので、ノイズ・フロアも広い周波数範囲にわたってよく似たものとなっています。比較のため、ここでは試験限界値のレベルが低いものと仮定します。試験の限界値に関しては、どちらのアナライザにおいても同様の分解能帯域幅を選択することによって、その値に達するまでに十分な余裕を取るものとします。

3 アーキテクチャの比較

前の項では、分解能帯域幅と使用検波器に対するノイズ・フロアの依存性について述べました。以下の項では、従来型のスペクトラム・アナライザと FFT ベースの最新式シグナル・アナライザにおける、分解能帯域幅フィルタの現実的な実装方法を比較します。スペクトラム・アナライザの掃引速度は、選択した分解能帯域幅だけではなく、このフィルタの実装方法、選択した周波数スパン、およびデータを処理して周波数掃引を行うためのオーバーヘッドにも依存します。ここでは、掃引式スペクトラム・アナライザで実現できる掃引速度と、最新式の広帯域シグナル・アナライザやスペクトラム・アナライザで実現できる掃引速度の主な差が、この実装にあることを明らかにします。

3.1 掃引式スペクトラム・アナライザのアーキテクチャ

下のブロック図は、従来のアナログ・スペクトラム・アナライザの基本概念を示したものです。このブロック図に含まれているのは、掃引動作を説明する上で重要なコンポーネントだけで、RF 変換段の完全な図が示されているわけではありません。

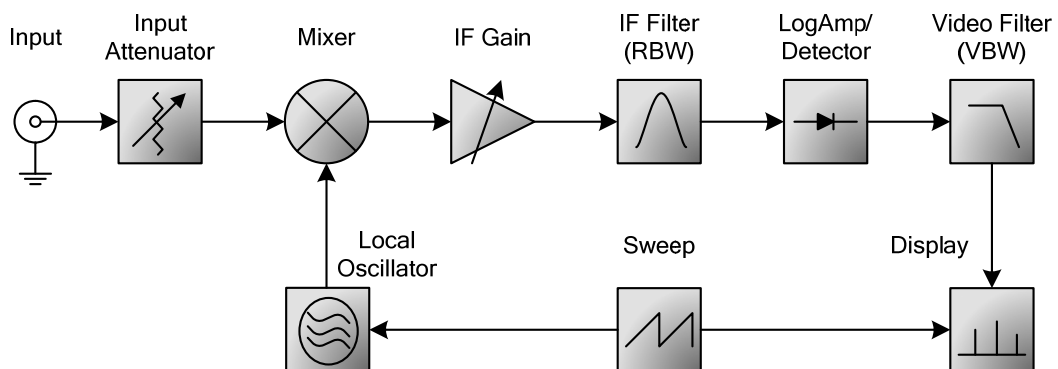


図 1：掃引式アナログ・スペクトラム・アナライザの簡易ブロック図。この図は基本的に、R&S FSU のように狭帯域デジタル・バックエンドを備えたスペクトラム・アナライザにもあてはまる

掃引式スペクトラム・アナライザでは、ミキサ段において広帯域入力周波数範囲が最終的な IF 周波数に変換され、ローカル発振器が定められた周波数範囲（＝スパン）を掃引し、そのレベル測定結果がディスプレイ上にプロットされます。周波数スパン全体にわたって掃引を行うための時間が掃引時間です。IF 信号処理では、ガウス形状に近いアナログ・フィルタを使用して分解能帯域幅を形成しますが、これが、周波数軸に密に並んだ信号を分離識別する能力を決定します。分解能帯域幅は、周波数分解能とノイズ・フロアを決定するだけではなく、掃引速度を制限する主要因でもあります。RBW フィルタの出力信号は、検波器を通じてビデオ帯域幅に処理されます。ビデオ・フィルタの目的は、トレースのノイズを減らすことです。スプリアス放射測定の場合は、存在する最大のピーク・レベルを測定することです。この場合、通常、ビデオ・フィルタは分解能帯域幅フィルタと等しく設定されるので、設定時間と掃引時間には影響しません。すべての周波数でレベルを正しく測定するには、アナログ・フィルタが入力信号のレベル変化に追従できるだけの十分な時間が必要です。したがって、従来の掃引式アナログ・アナライザの場合、掃引時間は次式で計算されます。

$$SWT = k * \left[\frac{\text{Span} / \text{Hz}}{(\text{RBW} / \text{Hz})^2} \right] \quad (2)$$

ここで、
 SWT = 掃引時間 (秒)
 Span / Hz = 周波数スパン (Hz)
 RBW / Hz = 分解能帯域幅 (Hz)
 k = 分解能フィルタ・セトリングのための補正係数、標準値は 1~3

上の式の補正係数は、分解能帯域幅フィルタが入力信号レベルに達するまでの時間に影響を与えるので、測定のレベル精度にも影響します。ほとんどのアナログ・スペクトラム・アナライザでは 1% の残留レベル誤差が許容されますが、これは $k=2.5$ に相当します。

R&S FSV や R&S FSW のような完全デジタル式の IF セクションを持つ最新式スペクトラム・アナライザは、デジタル実装された掃引式分解能帯域幅フィルタを採用しています。これらのアナライザでは、IF フィルタのセトリングを数学的に予想することによって掃引時間が短縮しており、フィルタのセトリング・プロセスについて一定量のレベル誤差が許容されています。フィルタの挙動は予測可能なので、これらの誤差はソフトウェアで補正されます。この改善によって k ファクタの値を約 1 に減らしても正確な測定が可能になっています。

例：1 GHz スパン、1 kHz RBW：

$$SWT (s) = 1 \cdot \left[\frac{10^9 \text{ Hz}}{1 \text{ kHz}^2} \right] \quad (2a)$$

この場合の所定のスパンと帯域幅に対する掃引時間は 1000 秒です。他の範囲に対する掃引時間も同様に計算することができます。

掃引測定による合計測定時間は、掃引時間だけで構成されているわけではありません。スペクトラム・アナライザは、すべての掃引結果の処理やトレースの表示を行うほか、リモート・コントローラヘデータを送ることもあります。ただし、狭帯域掃引測定の場合、その追加処理にかかる時間は長くない、合計測定時間に対して無視できる程度に止まります。掃引式スペクトラム・アナライザの狭帯域分解能フィルタは処理に要する合計時間が長いため、あまり魅力的な方法とは言えません。したがって、スペクトラム・アナライザでは掃引速度を向上させるため掃引方式による測定からデジタル FFT ベースのソリューションに置き換えられています。

3.2 広帯域シグナル／スペクトラム・アナライザ

下のブロック図は FFT ベースのシグナル／スペクトラム・アナライザの基本概念を示したものです。掃引式スペクトラム・アナライザとの違いを理解する上で重要な主要コンポーネントだけが示されています。

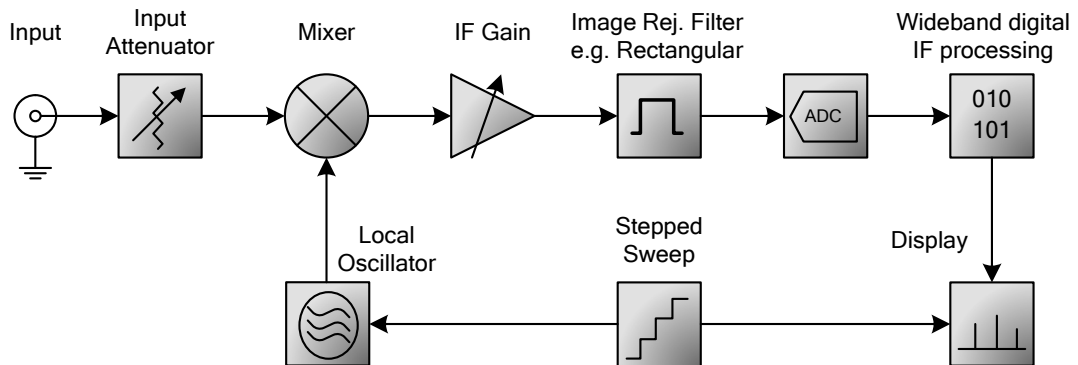


図2：デジタル・バックエンドを持つスペクトラム・アナライザの簡易ブロック図

重要な違いは、IF フィルタとその後の信号処理です。アナログ式のスペクトラム・アナライザでは、アナログ RBW フィルタと狭帯域デジタル RBW フィルタを周波数範囲全体にわたって掃引しますが、最新式のシグナル／スペクトラム・アナライザは FFT を行って分解能帯域幅フィルタを実装します。したがって、これらのアナライザの IF セクションにある他のフィルタは、主にイメージを除去するため、または A/D コンバータ前段の帯域外信号を制限するために設計されています。通常、広帯域シグナル／スペクトラム・アナライザには、A/D コンバータの前段に 2 個から 3 個のアナログ・フィルタが異なる帯域幅で実装されています。デジタル化された IF 信号は、さらに FFT とその後の検波器およびビデオ・フィルタによって処理されます。周波数スパン全域にわたる掃引は線形掃引としては行われず、ダウンコンバータ・セクションにある発振器の離散周波数設定における FFT セットに置き換えられます。

注：このアプリケーションノートのブロック図は、四角形で示されたアナログ IF フィルタを持つ広帯域デジタル・スペクトラム・アナライザを示したものです。もちろん、これは構造を正確に示すものではありませんが、ガウス形状 RBW フィルタとの違いを図示しています。掃引レートに及ぼす影響という点で重要なのはフィルタ形状ではなく、フィルタ帯域幅であり、その帯域幅に基づく使用可能範囲です。FFT 処理は、長年にわたり、ごく小さい RBW フィルタやスパンに使われてきました。最新式のスペクトラム・アナライザとその広帯域 A/D コンバータ・アーキテクチャの場合、各 FFT の周波数範囲は 100 MHz 以上です。

これらの FFT ベースのスペクトラム・アナライザの掃引時間は、3 つの主要部分からなっています。

- FFT で使用するサンプルの収集時間
- FFT の処理時間
- ダウンコンバータの周波数ステップ

FFT のサンプル収集時間は、選択した分解能帯域幅に逆比例します。

$$AQT(s) = \left[\frac{k}{RBW / \text{Hz}} \right] \quad (3)$$

ここで、
AQT (s) = FFT のサンプル収集時間 (秒)
RBW / Hz = 分解能帯域幅 (Hz)
k = FFT 重み付けフィルタの補正係数、標準値は 2~4

上の式の補正係数 k は FFT に使用する重み付けフィルタに依存しており、結果的にフィルタの設計に依存しています。多くのスペクトラム・アナライザは、レベル精度を上げるためにフラットトップ・フィルタを使用しているため、係数は 2~4 を採用しています。1 kHz RBW の場合、収集時間は FFT に対して 4 ms 未満です。収集時間は RBW に逆比例します。これは掃引式アナライザとの主な違いの 1 つで、掃引式の場合は RBW の二乗に逆比例するので、帯域幅が狭いことによる影響がより大きくなります。信号の収集が終了すると FFT が計算されます。FFT のデータ処理時間はアーキテクチャによって異なり、全体的な測定速度に大きく影響します。合計測定時間にとって重要なもう 1 つの要因は、使用可能なキャプチャ帯域幅です。この帯域幅はアナライザの設計によって決まり、対象となる周波数範囲をカバーするための周波数ステップ数に影響を与えます。これは、周波数範囲が広い場合に重要なことです。キャプチャ帯域幅が広がるほど、必要な周波数ステップの数は少なくなります。少なくとも 3 つある要因のうち、その値を正確に知ることができるのは 1 つだけなので、FFT ベースのスペクトラム・アナライザの合計掃引速度を予測することは困難です。速度に影響するこれら 3 つの要因のうち、他の 2 つのパラメータはアーキテクチャによって異なり、ほとんどの場合は仕様化されていません。次の項では、アナライザについての理解を深めるために、いくつかの標準的な測定における合計速度を比較します。

4 スプリアス測定：速度結果

前項では、標準的なスペクトラム・アナライザ・アーキテクチャの違いを紹介し、RBW フィルタが掃引時間にどのような影響を及ぼすのかを説明しました。この項では、さまざまなアーキテクチャの測定器を使用して得たスプリアス放射の測定結果を比較します。スペクトラム・アナライザ・アーキテクチャの比較においては同様の条件を整えることが重要ですが、平均ノイズ・レベルは特に重要です。これによって同じ帯域幅を使用することが可能になり、さらに、各種アーキテクチャの掃引速度を直接比較することが可能になります。この比較に使用した高性能スペクトラム・アナライザの RF フロントエンド・アーキテクチャは非常によく似ているため、ノイズ・フロアもよく似たものとなっています。

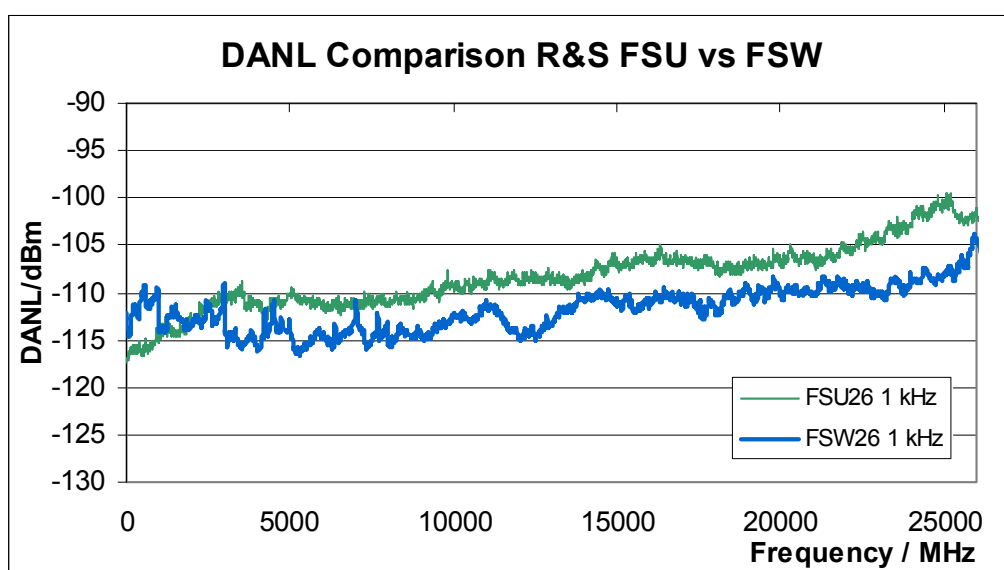


図 3：同じ RBW 設定 (1 kHz) を使用した場合の R&S FSU (掃引式スペクトラム・アナライザ) と R&S FSW (FFT 使用の広帯域デジタル・バックエンド) におけるピーク・ノイズ・レベルの比較

R&S FSU と R&S FSW のノイズ・フロアの比較を図 3 に示します。世代は異なりますが、どちらのモデルも高性能のスペクトラム・アナライザです。R&S FSU は基本的に掃引式スペクトラム・アナライザとして設計されたもので、デジタル式の分解能帯域幅フィルタ (k=1) を使用しています。さらに、30 kHz までの限定的な分解能帯域幅範囲で FFT 解析を行うことができます。R&S FSW は広帯域シグナル・アナライザとして設計されており、FFT フィルタリングによって掃引時間を短縮できる場合は、自動的に FFT フィルタリングを選択します。どちらのタイプも、26.5 GHz までの周波数範囲で同様のノイズ・フロアを実現します。したがって速度比較の際には、直接比較を行うことができるように、1 kHz の同じ分解能帯域幅を選択します。

掃引式の分解能帯域幅フィルタを使用する従来型のスペクトラム・アナライザの場合は、掃引時間を簡単に計算することができます。この計算の結果得られる掃引時間は 26,500 秒です。通常は最大掃引時間が 10,000 秒に制限されているので、これはほとんどのスペクトラム・アナライザの能力を超える値です。掃引時間はスパンに比例するので、この比較における以後の測定は 1 GHz スパンのセグメント内で行い、掃引時間について得られた結果を GHz ごとに示します。

4.1 掃引式スペクトラム・アナライザの速度結果

掃引式スペクトラム・アナライザの速度性能は、R&S FSU を使用して測定します。ピーク・ノイズ・フロアを約-110 dBmに減らすために、分解能帯域幅は 1 kHz に設定します。ビデオ帯域幅は分解能帯域幅と等しく設定されるので、掃引速度には影響しません。測定は、掃引時間を許容範囲内に抑えるために、10 MHz から 26 GHz まで 1 GHz スパンで実施します。測定は、処理オーバーヘッドやデータ転送などを含む実際の合計測定時間を見るために、リモート・コントローラから制御します。

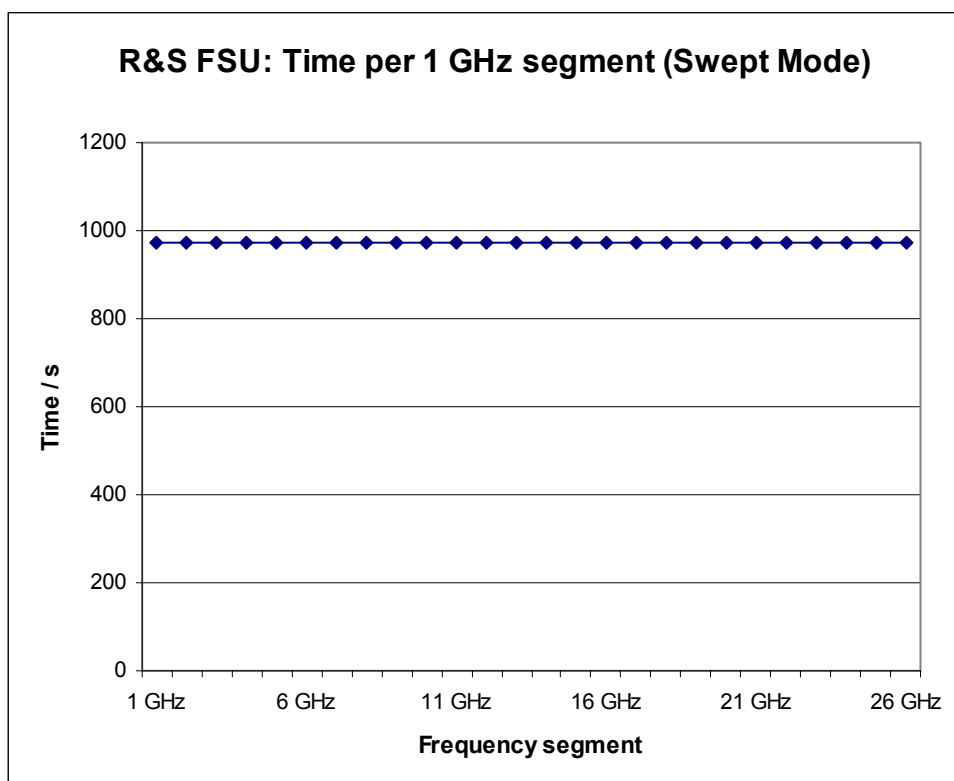


図4：R&S FSU スペクトラム・アナライザの1 GHz スパンあたりの合計測定時間 (RBW = 1 kHz)

すでに説明したように、周波数掃引範囲の 1 GHz セグメントあたりの合計測定時間は約 1,000 秒です。実際のスプリアス測定には非常に長い時間がかかり、下限値まで測定を行わなければならない場合、測定時間は特に長くなります。平均掃引時間は次の通りです。

- RBW 1 kHz : 1000 s / GHz 10 GHz でのピーク・ノイズ・レベル : -100 dBm
- RBW 10 kHz : 10 s / GHz 10 GHz でのピーク・ノイズ・レベル : -90 dBm

ノイズ・レベルと掃引時間はこのアプリケーションノートの最初に示した計算規則に従うので、他の測定対象設定に関する予想ノイズ・レベルと掃引時間を計算することができます。厳しいスプリアス放射制限を伴う測定を従来の掃引式スペクトラム・アナライザで行う場合、非常に長い時間がかかることは明らかです。

次項では、より迅速に結果を得るための改善の可能性について示します。R&S FSU スペクトラム・アナライザは、FFT ベースの分解能帯域幅フィルタを使用して同じ測定を行うことができます。このアナライザを使用すれば、信号収集プロセスと FFT フィルタ処理を従来の掃引よりもはるかに高速に行うことができるので、10 kHz 未満の帯域幅での測定速度を向上させることができます。

4.2 FFTベース・スペクトラム・アナライザの速度結果

R&S FSU と R&S FSW の間で、FFT ベースのスペクトラム・アナライザの速度性能を比較します。掃引式アナライザによる測定結果と直接比較するために、分解能帯域幅は 1 kHz に設定します。ビデオ帯域幅は分解能帯域幅と同じに設定されるので、掃引速度には影響しません。測定は、10 MHz から 26 GHz まで 1 GHz スパンでセグメントごとに実施します。測定は、実際の合計測定時間を見るために、リモート・コントローラから制御します。FFT ベースの測定の場合は処理オーバーヘッドが合計時間の主要部分を占めるので、これは重要なことです。多くのスペクトラム・アナライザがこの処理時間の予測値を表示しますが、誤差が大きく、速度比較には使えません。

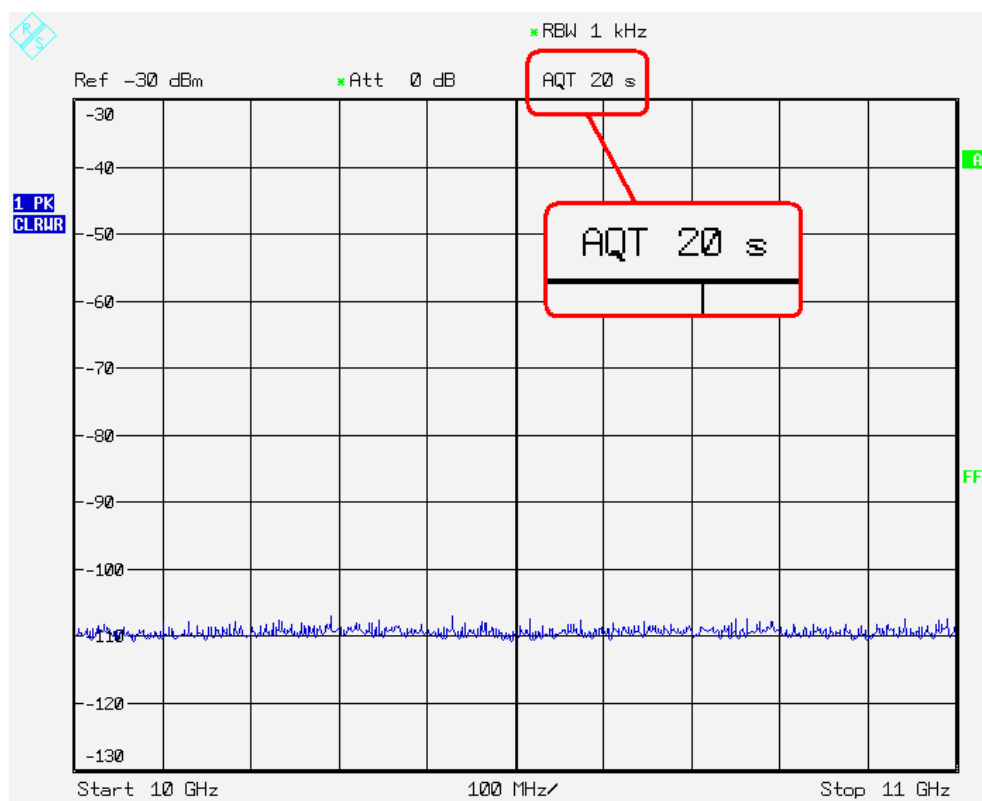


図5：FFT モードにおける R&S FSU の掃引時間表示 (スパン 1 GHz、RBW 1 kHz)

図 5 に示したスクリーン・ショットは、1 つのセグメントに対する R&S FSU での測定結果を示したものです。スペクトラムの測定結果の上にあるヘッダ部分には、AQT (=データ収集時間) 情報が示されています。「AQT 20 s」というのは、入力信号のキャプチャに要する合計時間を示しています。

これは補正などを加えていない生の測定時間に直接関係しているので重要な情報であり、試験信号が変調されたりパルス化されたりする可能性のあるケースでは特に重要です。これらのケースでは、それぞれの周波数ポイントで信号をキャプチャする際に十分な時間をかけることが重要です。すべての処理時間も含めた合計掃引時間を、AQT から直接計算することはできません。それは FFT の処理時間が合計測定時間の大きな部分を占めるためです。

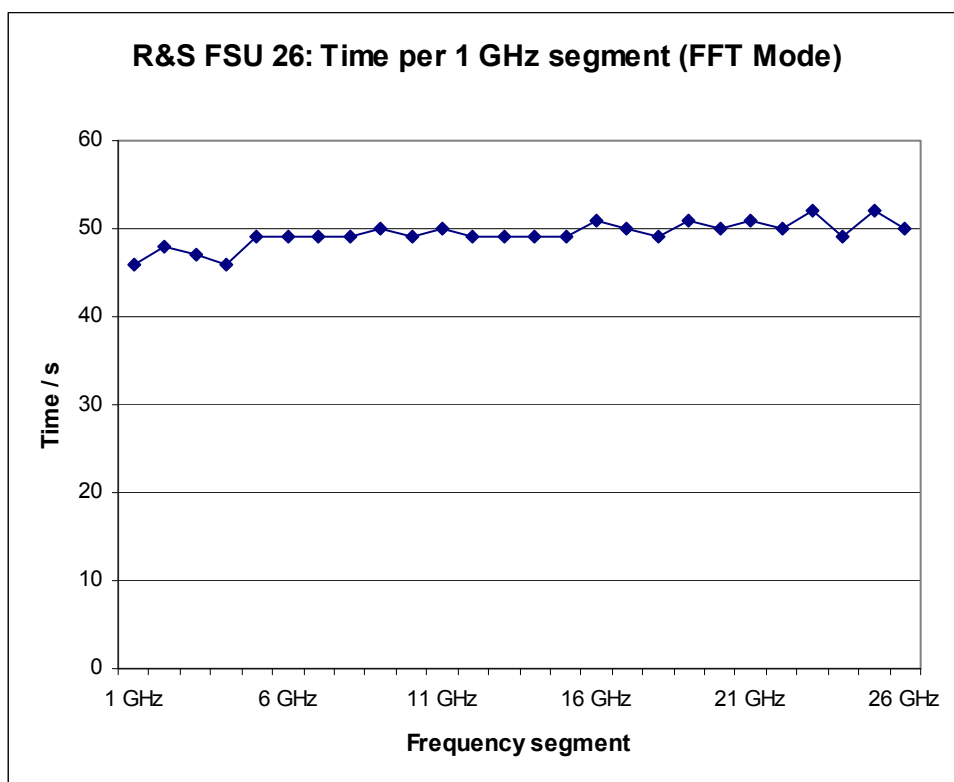


図6：R&S FSU スペクトラム・アナライザの1 GHz スパンあたりの測定時間 (RBW = 1 kHz)

図6は、R&S FSU を FFT モードで使用して行ったスプリアス放射測定の結果を示したものです。他のすべての設定は、掃引モードによる測定の設定と同じです。R&S FSU は、A/D コンバータ前段にあるアナログ分解能帯域幅フィルタを使用し、限られたキャプチャ帯域幅の中で FFT 処理を実行します。帯域幅能力が限られているので数多くの FFT を実行しなければならず、これが合計処理時間に大きく影響する結果となります。スクリーン・ショットに示すように、この測定の実行時間は20秒で、10 MHz から 26 GHz までの FFT 掃引に要する合計測定時間は約 27 分です。これに対し、掃引式の分解能帯域幅フィルタを使用して測定を行うと、同じ設定で7時間以上かかるので、測定時間は大幅に短縮されています。

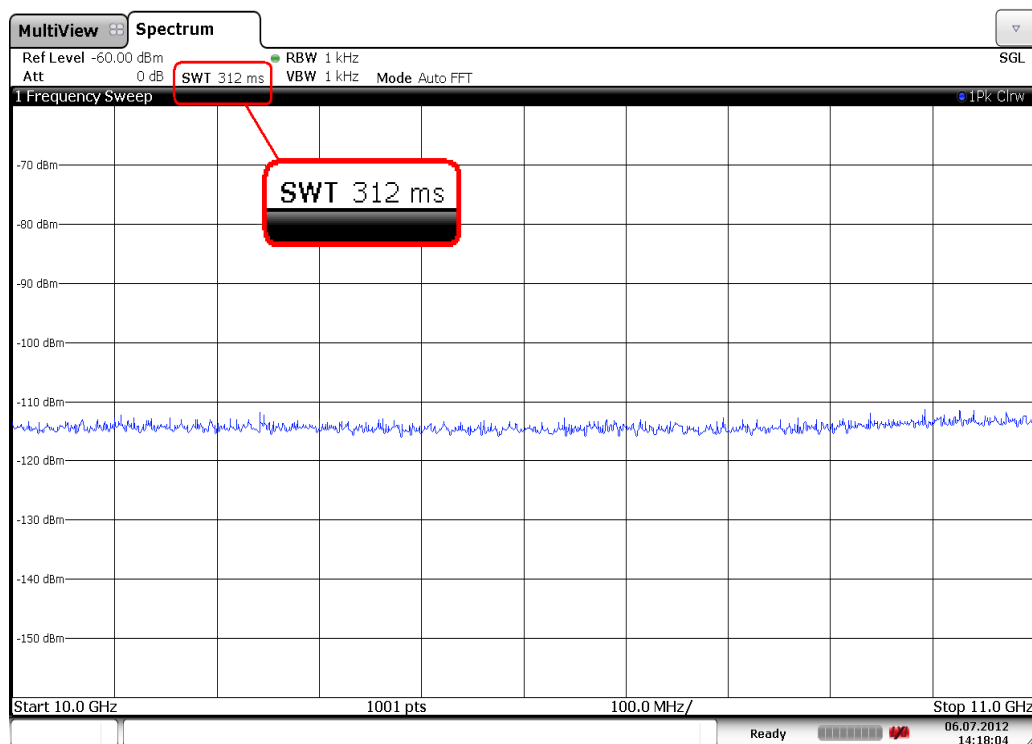
- スパン 26 GHz、RBW 1 kHz、掃引フィルタ：433 分（1 GHz あたり約 17 分）
- スパン 26 GHz、RBW 1 kHz、FFT フィルタ：23 分（1 GHz あたり約 1 分）

改善： 同じ測定器で 15 倍以上高速

この測定に最新式の広帯域シグナル・スペクトラム・アナライザを使用すれば、さらに測定時間を短縮できます。

R&S FSW は広いキャプチャ帯域幅で FFT を実行するので、同じスパンをカバーするために必要とされる FFT の数が以前より少なくて済みます。R&S FSU の最大キャプチャ帯域幅が約 2 MHz であるのに対し、R&S FSW は、FFT による 1 回のデータ取得で最大 80 MHz の帯域幅をキャプチャします。つまり、キャプチャ範囲が広いので FFT 処理の回数が少なくて済み、実行する周波数ステップも少なくできることが利点です。

FFT キャプチャ範囲が広いので、1 回の FFT で処理できるサンプルの数ははるかに多くなります。R&S FSW には、分解能フィルタ信号処理の時間を R&S FSU に比べて大幅に短縮するために高速コントローラが組み込まれています。



Date: 6.JUL.2012 14:18:04

図7：FFT モードにおける R&S FSW の掃引時間表示（スパン 1 GHz、RBW 1 kHz）

図 7 に示したスクリーン・ショットは、1 GHz 掃引セグメントの 1 つに対する R&S FSW での測定結果を示したものです。この周波数範囲におけるすべての FFT に対する合計データ収集時間は、約 300 ミリ秒です（R&S FSU では 20 秒）。これは、試験速度改善の重要な要素です。次に示すプロットは、処理時間とコントローラへのデータ転送時間を含む掃引速度試験の結果です。

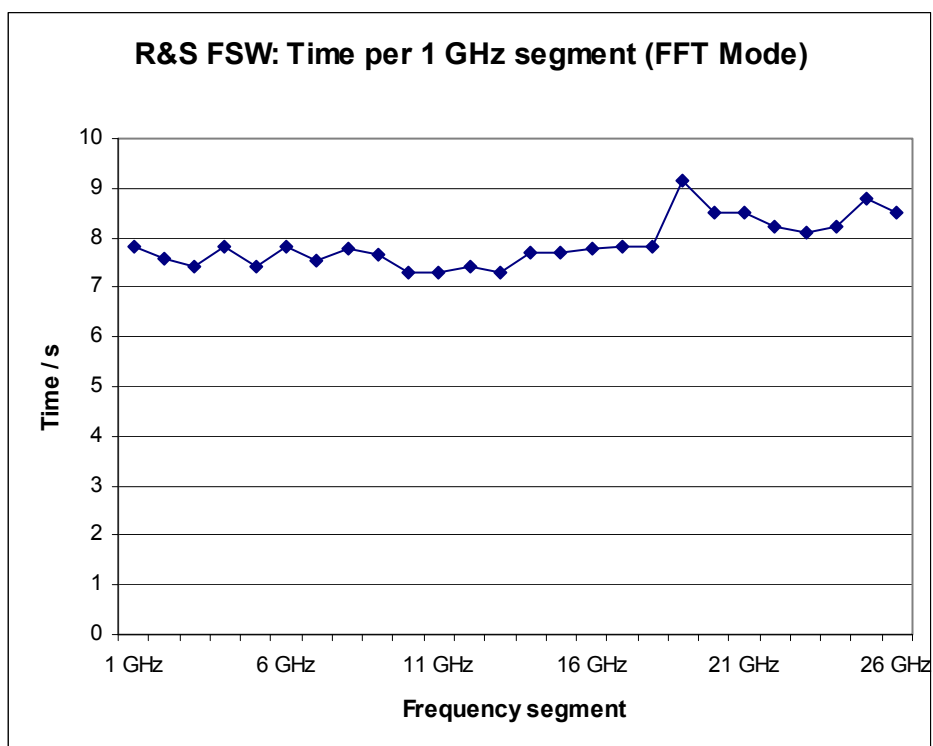


図 8：R&S FSW スペクトラム・アナライザの 1 GHz スパンあたりの合計測定時間 (RBW = 1 kHz)

図 8 は、R&S FSW を FFT モードで使用して行った測定結果を示したものです。他のすべての設定は、R&S FSU による測定の設定と同じです。R&S FSW は、A/D コンバータ前段にあるワイド・チャンネル・フィルタを使用し、はるかに広いキャプチャ帯域幅で FFT 処理を実行します。この測定におけるデータ取得時間はスクリーン・ショットに示すように約 300 ミリ秒で、1 GHz スパンで行うそれぞれの FFT 掃引に要する合計時間は約 8 秒です。18 GHz よりも上の各セグメントにおける合計測定時間がわずかに増えるのは、R&S FSW が採用するダウンコンバータの概念によるものです。18 GHz を超える周波数では、初段のローカル発振器が 2 倍されます。ステップ・掃引とこの 2 倍プロセスに伴い、セットアップで使われている 1 GHz スパンを実現するためには、追加的な FFT 処理を行う必要があります。それぞれの FFT には約 300 ミリ秒のデータ取得時間と処理時間が必要なので、そのセグメントに要する時間が少し増える結果となります。

26 GHz までの全周波数範囲に対する合計時間は、わずか 3.5 分です。

- R&S FSU：スパン 26 GHz、RBW 1 kHz、FFT フィルタ 27 分 (1 GHz あたり 60 秒)
- R&S FSW：スパン 26 GHz、RBW 1 kHz、FFT フィルタ 3.5 分 (1 GHz あたり 8 秒)

改善： R&S FSW は R&S FSU より約 8 倍高速

5 まとめ

高速な測定は、多くのアプリケーションにとって重要です。特に、リミット値が非常に低いスプリアス測定は、極めて時間のかかる作業でした。最新式の広帯域シグナル・スペクトラム・アナライザでは、低レベル・スプリアス放射の測定速度が大幅に向上しており、完全デジタル式の IF 処理と高速フーリエ変換 (FFT) 解析の組み合わせによって、IF 掃引のデジタル実装と比較して速度が大幅に改善されています。特に、広いキャプチャ帯域幅と強力な信号処理機能を兼ね備えた R&S FSW のようなアーキテクチャを利用すれば、測定時間を大幅に短縮することができます。

R&S FSW は、これまでのデジタル・スペクトラム・アナライザに比べて速度が大幅に向上しており、RBW が狭いときには、100 倍以上の速度で測定を行うことが可能です。

6 オーダー情報

R&S FSU3	スペクトラム・アナライザ、20 Hz~3.6 GHz	1313.9000.03
R&S FSU8	スペクトラム・アナライザ、20 Hz~8 GHz	1313.9000.08
R&S FSU26	スペクトラム・アナライザ、20 Hz~26.5 GHz	1313.9000.26
R&S FSU43	スペクトラム・アナライザ、20 Hz~43 GHz	1313.9000.43
R&S FSU50	スペクトラム・アナライザ、20 Hz~50 GHz	1313.9000.50
R&S FSU67	スペクトラム・アナライザ、20 Hz~67 GHz	1313.9000.67
R&S FSV3	シグナル・アナライザ、10 Hz~3.6 GHz	1307.9002.03
R&S FSV7	シグナル・アナライザ、10 Hz~7 GHz	1307.9002.07
R&S FSV13	シグナル・アナライザ、10 Hz~13.6 GHz	1307.9002.13
R&S FSV30	シグナル・アナライザ、10 Hz~30 GHz	1307.9002.30
R&S FSV40	シグナル・アナライザ、10 Hz~40 GHz	1307.9002.40
R&S FSW8	シグナル・スペクトラム・アナライザ、2 Hz~8 GHz	1312.8000.08
R&S FSW13	シグナル・スペクトラム・アナライザ、2 Hz~13.6 GHz	1312.8000.13
R&S FSW26	シグナル・スペクトラム・アナライザ、2 Hz~26.5 GHz	1312.8000.26

ローデ・シュワルツについて

ローデ・シュワルツ・グループ（本社：ドイツ・ミュンヘン）は、エレクトロニクス分野に特化し、電子計測、放送、無線通信の監視・探知および高品質な通信システムなどで世界をリードしています。

75年以上前に創業し、世界70カ国以上で販売と保守・修理を展開している会社です。

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 7-20-1

住友不動産西新宿ビル 27 階

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 2-8-12

Attend on Tower 16 階

TEL:045-477-3570 (代) 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 (代) FAX:06-6330-9651

サービスセンター

〒330-0075 埼玉県さいたま市浦和区針ヶ谷 4-2-11

さくら浦和ビル 4 階

TEL:048-829-8061 FAX:048-822-3156

E-mail: info.rsjp@rohde-schwarz.com

<http://www.rohde-schwarz.co.jp/>

Certified Quality System

ISO 9001

DQS REG. NO 1954 QM

Certified Environmental System

ISO 14001

DQS REG. NO 1954 UM

このアプリケーションノートと付属のプログラムは、ローデ・シュワルツ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。

掲載されている記事・図表などの無断転載を禁止します。

おことわりなしに掲載内容の一部を変更させていただくことがあります。あらかじめご了承ください。

ローデ・シュワルツ・ジャパン株式会社

〒160-0023 東京都新宿区西新宿 7-20-1 住友不動産西新宿ビル 27 階

TEL:03-5925-1288/1287 FAX:03-5925-1290/1285

www.rohde-schwarz.co.jp