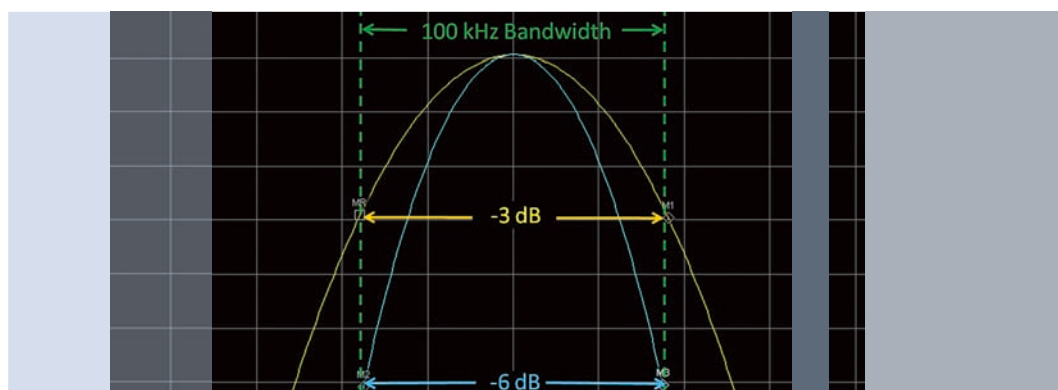




リアルタイム・スペクトラム解析を使用した EMI 検証

概要

このアプリケーション・ノートでは、設計とテストの各段階におけるEMI（電磁妨害）の測定技術とテスト機器について説明します。また、現在規定されている検波方式とフィルタリング方式、および規定測定バンドとそれに関連したフィルタと検波器についても要約して説明し

ます。最後に、ユニークな信号検出用DPX[®]（デジタル・フォスファ・プロセッシング）スペクトラム表示と、信号取込み用周波数マスク・トリガを使用したEMI検証の例を説明します。

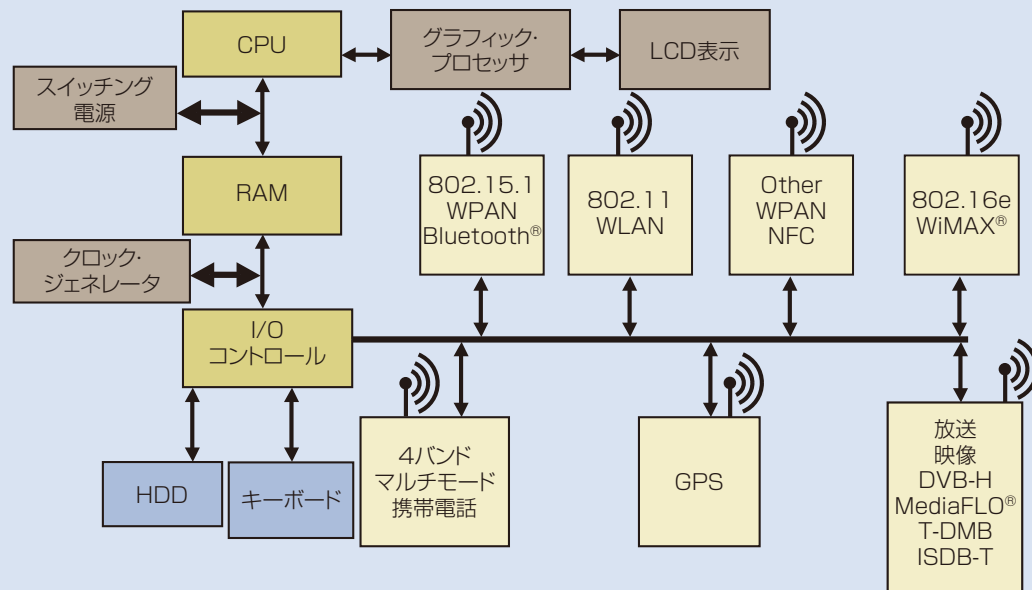
はじめに

無線通信が始まった初期段階から、設計エンジニアにとってEMI（電磁妨害）は大きな課題の一つでした。初期のスパーク・ギャップ式送信機はスペクトラムを規制する機関がなく、2台の送信機が近接していた場合には受信機で干渉が発生していました。この初期の送信機では、1台の送信機は1台の受信機と通信を行う1対1方式で、オン・オフ・キーイング（OOK）を使用したモールス・コードのデジタル形式で通信をしていました。多くの企業が無線通信の分野に参入するにつれて、使用バンドの規則はこれらの競合企業間での交渉によって決められました。これによって、より効率的な変調技術、周波数割り当ておよび選択性に優れた受信機が実現されました。エレクトロニクスが発展するにつれて、音声と映像をアナログ形式で送れるようになり、また1対多数放送が可能になりました。これにより通信事業者が専用使用するために放送バンドを分割する必要性と、またこの通信によって干渉を起こす機器の規制の両方が必要となってきました。再びデジタルに戻ることにありますが、通信は本質的にデジタル方式で行われるため、UWB（ウルトラワイドバンド）システムや、免許不要のISM（工業用、科学用、医療用）バンドを使用したBluetooth、WLANなどの多数のシステムでは、干渉をできるだけ少なくする必要があります。免許が必要な携帯電話、衛星通信、放送などのシステムにおいても、これらのシステムがこのバンドを高度な技術を用いて利用するため、複雑でダイナミックなスペクトラム環境となっています。同じ時期に、コンピュータ、電子、電気機器などのシステムが急激に普及したため、より干渉の可能性が高くなっています。

監督機関では、EMIレベルに制限を設け、コンプライアンス・テストの測定方法を規定しました。この方法は、音声と映像のアナログ放送に適合するように、またテスト方法もその時代で可能な方法で策定され、数十年間行われてきました。

例としては、CISPR（国際無線障害特別委員会）のアベレージング方式や準尖頭値検波器があります。これらの測定技術は、干渉信号を映像や音声で、人間の目で見ると、または聞く際に、許容範囲内に入るようなレベルにするためのものでした。デジタル変調やUWBによる高速デジタル通信の出現により、予期しない干渉発生が増加し、現在のEMIコンプライアンス規格では、今日発生しているさまざまな干渉や通信システムに与える影響については完全には対処できません。たとえば、瞬間的で間欠的な干渉は、瞬時的に振幅が大きくても発生頻度が少なければコンプライアンスに適合してしまいます。このようなパルスは、アナログ無線通信放送に対する影響はほとんどありませんが、デジタル・システムにおける全データ・パケットの喪失や、近接レーダ・システムへの電波妨害の原因になる可能性があります。

間欠的で高周波のショート・バースト干渉は、各種民生機器や通信機器にますます多くなっています。例としては、コンピュータで使用するモード依存のスペクトラム拡散クロックや、組み込みシステム設計におけるハード・ディスク・ドライブの周期的でノイズの多いハード・ドライブ・アクセス・サイクルなどがあります。このような高度なデジタル・デバイスは、高速で周波数が変化するとともに、パケット・ベース・モードで動作する無線通信と組合せて使用することが多くなっています。コピキタス接続に必要な無線通信用送受信機が組み込まれた高度なデジタル・コンピュータや電話機には高速デジタル・システムが必要となりますが、それらを組込んだラップトップ・コンピュータや高性能携帯電話機（図1参照）などはその一例です。図1の表で示されるデバイスや受信バンドを高感度受信機と組み合わせると、意図しない干渉が発生することがあります。



主なクロック・ソース		主なTX/RXシステムと受信帯域		
		RF受信機技術	RFキャリア	Rx帯域
CPU	200+MHz	4バンド携帯電話	800/900/1800/1900/2100MHz	200kHz または 5MHz
メモリ	200+MHz	Bluetooth	2.4GHz	1MHz
I/Oコントローラ	133MHz	WLAN	2.4GHzまたは5~6GHz	20MHz~40MHz
スイッチング電源	400kHz	WiMAX	2.3/2.5/3.5/4.9/5.0GHz	1.25/5/10/20MHz
グラフィック・プロセッサ	200+MHz	放送映像	200/470/700/1400/1600MHz	1.5または6~8MHz
		GPS	1.5GHz	1MHz
		NFC	13MHz	最高2MHz

図1. 今日のシステムは、RF送受信機やその他の干渉を起こす可能性のある発生源が近くに置かれているため、EMC設計や検出が難しいトランジェント干渉を発生し、トラブルシューティングをますます困難にしている

通信システムにおける干渉の形態が変化したため、テスト機器も変える必要がでてきました。従来アナログ回路で動作していた各機能は、現在ではデジタル化された結果、測定スピードが高速化し、より高速に測定結果が得られるようになっています。当社のリア

ルタイム・スペクトラム・アナライザは、バンド内の情報を取りこぼすことなく瞬時に広スパンのスペクトラムを表示できます。これにより、従来の技術では測定困難であったトランジェント・ピーク信号を検出し、取込んで測定できます。



図2. 150kHzから200MHzまでの信号のスクリーン表示。準尖頭値検波器を全スキャンに使用。RSA6100Aシリーズによるスプリアス測定では、各周波数における上限を設定し、アンテナ補正係数を適用することにより、表示信号は傾斜のあるノイズ・フロアになる。ユーザ設定の上限を越えた違反部分は、表の中が赤色で表示される。詳細に観測するには、スクリーン上のメニューで、表示のどの部分でも拡大することが可能

検証、プリコンプライアンスおよびコンプライアンス

EMC (Electromagnetic Compatibility : 電磁環境適合性) 測定には、設計と検証の各段階で、異なる機器と技術が必要とします。開発の初期段階におけるEMCの設計は、EMIの低減と外部および内部からの干渉に対する耐性を実現するための各種検証に基づいて行われます。各種フィルタと検波器を持った汎用スペクトラム・アナライザは、EMC設計における最適化の結果を検証するために使用します。EMC設計の最適化およびシールドの効果を検証するため、回路ボードに直接接触させて使用するブローピングや、電界プローブまたは磁界プローブなどを使用します。当然のことながら、優れたEMC性能を実現するまでは検証に制限はありません。システム構築では、構築システム内の他のデバイスの劣化を起こすことなく、RFサブシステムの性能を要求レベルまで高めるときには、しばしば検証範囲の拡張やトラブルシューティングが必要となります。プリコンプライアンス・テストは、設計上で問題となる部分を検証するため、システム構築後に実行します。プリコンプライアンス・テストは国際規格に適合させるために実行するのではなく、目的としては潜在的な問題を見つけ出し、またコンプライアンス・テスト時に不適合となる可能性を少なくすることで、テスト結果に十分なマージンがある場合には、コンプライアンス適合レシーバよりも精度とダイナミック・レンジが低く、コンプライアンスに適合していない機器でも使用可能です。プリコンプライアンス・テストは、問題の部分を素早く見つけ出すために、認証済みの実験室かあるいは臨時的なサイトで、エンジニアにより高速測定技術を使用して行います。各種フィルタと検波器を持った汎用スペクトラム・アナライザは、既に設計過程で使用した高速測定ツールであり、また追加の費用を必要としないため、しば

しば認証以前に使用されます。この段階で問題が発覚した場合には、より詳細な検証と設計変更が必要となります。RSA6100Aシリーズは、検証機能の他にいくつかのプリコンプライアンス測定機能も装備しています。アンテナ補正表とスプリアス・サーチ機能を使用したCISPR QP検波トレースのプリコンプライアンス・スキャン例を図2に示します。この図は、DUT (被測定デバイス) を接続していない状態で、周囲の信号をスキャンした結果を表示しています。

国際規格に適合したコンプライアンス・テストは、手順書、機器および測定サイトを必要とします。一般的にコンプライアンス・テストは、機器の生産以前に設計認証の一部として行います。コンプライアンス・テストには手間と時間がかかりますが、製品開発段階でのEMC不良は、コスト増となる再設計や製品導入時期の遅れにつながります。

フィルタ、検波器およびアベレーシング

レシーバとスペクトラム・アナライザは、信号レベルを測定できる受信帯域、信号検出機能およびアベレーシング機能を備えています。

商用のEMI測定は、国際標準化機構のIEC (International Electrotechnical Commission、国際電気技術委員会) の技術機関、CISPR (Comite International Special des Perturbations Radioelectriques、国際無線干渉特別委員会) によって規定された測定手法を採用しています。日本のTELECなど他の規格団体や認証団体でも、測定手法および認証技術を持っています。米国防総省は、軍装備品に対して特別な要求項目を持ったMIL-STD 461Eを策定しました。

測定帯域は、レシーバでは帯域の形状、スペクトラム・アナライザの場合にはRBW (分解能帯域幅) フィルタで定義します。測定帯域は、問題となる帯域をカバーする必要があり、また受信周波数によって変わります。CISPRとMIL-STDのフィルタ形状については後述します。

検波器は、信号のある瞬間の一点の値を計算します。検波方法は、正または負のピーク、RMSまたは平均値があります。多くのEMI測定ではQP (準尖頭) 値を用います。QP検波の詳細については後述します。

アベレーシングは、時間とともに変化するような信号に対して実行します。CISPR規格で定義しているアベレーシングでは、応答時間を設定したボルトメータで測定した信号値の結果を再生します。アベレーシングではまた、規定された帯域のビデオ・フィルタを検波出力に適用しています。EMIテストでは、TELEC規格がビデオ・フィルタを規定しています。CISPRアベレーシングとビデオ・フィルタについては後述します。

周波数レンジ	周波数帯域 (6dB)	リファレンス帯域
9~150kHz (バンドA)	100~300Hz	200Hz
0.15~30MHz (バンドB)	8~10kHz	9kHz
30~1000MHz (バンドCとD)	100~500kHz	120kHz
1~18GHz (バンドE)	300kHz~2MHz	1MHz

表1. CISPR 16-1-1で規定された帯域対周波数

フィルタの定義

レシーバまたはスペクトラム・アナライザで測定した不連続な信号のレベルは、使用する測定帯域によって変化します。規格策定機関では、一定した結果を得るために、コンプライアンス測定で使用する帯域とフィルタ特性の形状を定義しています。CISPRの場合には、ピーク、RMSおよびアベレージ検波器の帯域を表1のように定義し、フィルタ特性の形状はCISPR16-1-1 ANSIで定義しています。CISPRとMIL-STD 461Eのフィルタは-6dB帯域で、スペクトラム・アナライザのRBW（分解能帯域幅）は従来の-3dBで定義しています。スペクトラム・アナライザのRBWは、振幅の等しい2つの連続波形信号が、スペクトラム表示上で明らかに識別できる程度に分離していることと従来定義され、-3dB帯域が規定されています。EMIアプリケーション用に特化したスペクトラム・アナライザは、ユーザが選択可能な-6dBフィルタを備えています（図4参照）。-6dB定義のフィルタと-3dB定義のフィルタとでは、その差は非常に大きくなります。RTSAで使用しているシェープ・ファクタ4.1 : 1のガウシアン形状に近いフィルタで、-6dB定義の100kHzフィルタを-3dBポイントで測定したときには71kHz幅しかありません。ランダム・ノイズ電力の違い

周波数レンジ	周波数帯域 (6dB)
10Hz~20kHz	10、100、1000Hz
10~150kHz	1、10kHz
150kHz~30MHz	1、10kHz
30MHz~1GHz	10、100kHz
1~40GHz	0.1、1.0、10MHz

表2. ANSI C63.2によるピーク、アベレージおよびRMS検波器で規定された帯域対周波数

周波数レンジ	周波数帯域 (6dB)
30Hz~1kHz	10Hz
1~10kHz	100Hz
10~150kHz	1kHz
150kHz~30MHz	10kHz
30MHz~1GHz	100kHz
1GHz以上	1MHz

表3. Mil-STD-461Eで規定された帯域対周波数

は、図4に示すように-3dBで定義した従来の100kHzフィルタに比較して $10 \times \log 10$ (71/100)、あるいは-1.49dBとなります。RBWが-3dB定義のスペクトラム・アナライザでは、同じRBW値でもEMI規定のフィルタに比較してランダム・ノイズとインパルス・ノイズが大きくなります。

ANSI (The American National Standards Institute、米国規格協会) とMILSTD 461Eでも、フィルタの帯域を定義しています。選択した帯域は、表2と3で示すように測定周波数によって変化します。

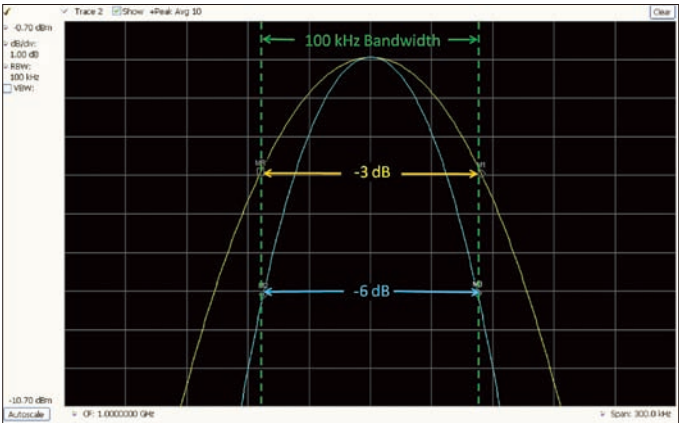


図3. -3dB (RBW) と-6dB定義のフィルタが選択可能なスペクトラム・アナライザ (1 dB/div)

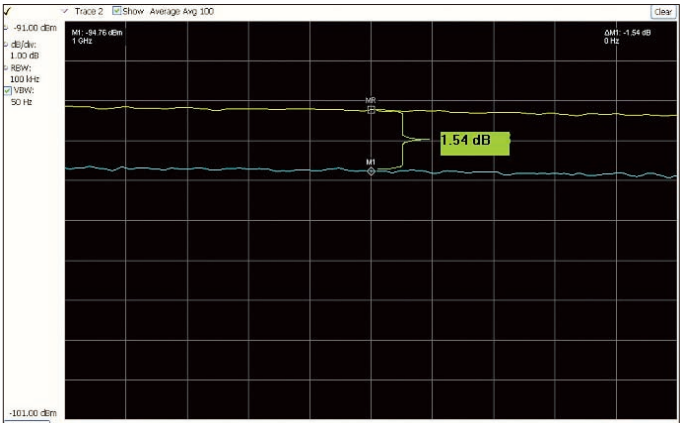


図4. 100kHzフィルタで測定したランダム・ノイズ。黄色は-3dB、100kHz応答、青色は-6dB、100kHz応答。電力差は1.54dBで理論値とほぼ一致

性能	9kHz～150kHz (バンドA)	0.15～30MHz (バンドB)	30～1000MHz (バンドCとD)
周波数帯域 (6dB)	0.2kHz	9kHz	120kHz
検波器充電時間	45ms	1ms	1ms
検波器放電時間	500ms	160ms	550ms
臨界制動メータの時定数	160ms	160ms	100ms

表4. CISPR 16-1-1とANSI C63.2で規定された準尖頭値検波器の応答特性対周波数

検波方式

EMI測定多くの多くは単純なピーク検波器を使用していますが、EMI測定規格では特別な検波方式のQP（準尖頭値）検波器を規定しています。QP検波器は、信号の持続時間と繰り返しレートによって信号を加重して、信号のエンベロープの加重ピーク値（準尖頭値）を検波します。QP検波器は高速な立上り性能とゆっくりした減衰

応答を持ち、表4で定義しているように臨界制動メータの時定数を含みます。より頻繁に発生する信号は、間欠的なインパルス信号に比較してQP測定結果は大きくなります。

準尖頭値検波器は、図5に示すように従来アナログ回路で設計されていました。

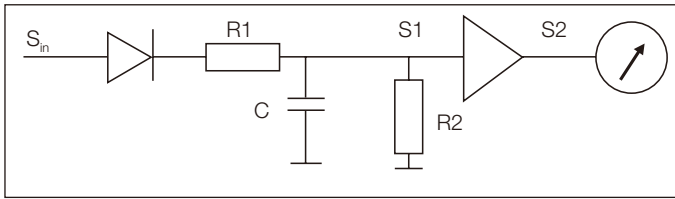


図5. アナログ回路の準尖頭値検波器。QP検波器の高速立上り（充電）時間とゆっくりした減衰（放電）時間は、この回路のRC定数によって決められている。この波形を臨界制動メータで読み取る

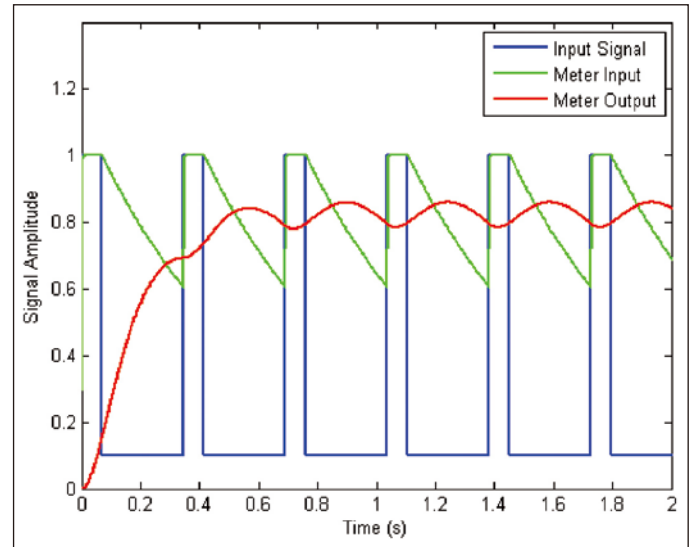


図6. 繰り返し信号に対する準尖頭値応答

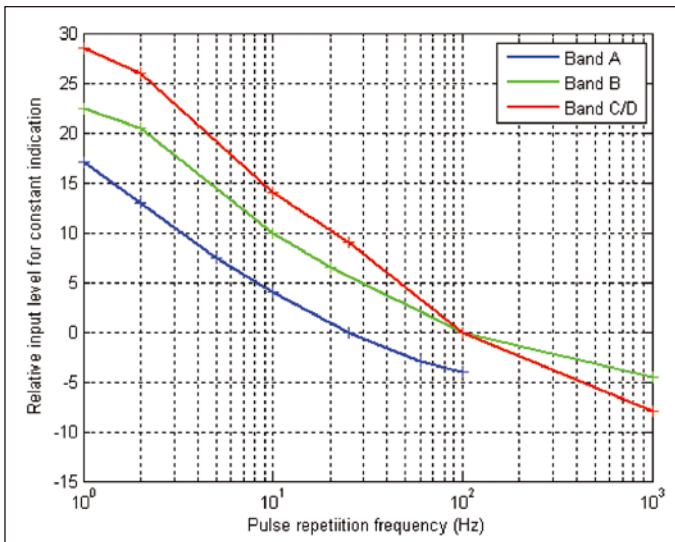


図7. 準尖頭値検波器のパルス応答カーブ

図5において、入力信号 S_{in} のエンベロープが電圧 $S1$ 以上である限りは抵抗 $R1$ を通してコンデンサ C を充電します。入力信号 S_{in} が電圧 $S1$ より小さい場合は、電圧 $S1$ は抵抗 $R2$ を通して放電されます。

図6では、QP検波器とそれに関連したメータとの組合せ応答を表示しています。入力信号の繰り返しパルスを青色で、高速立上りとゆっくりした減衰性能を持ったQP検波器の応答を緑色で、QP検波器とメータの組合せ応答を赤色で表示しています。

QP検波器付きレシーバの定数表示として、CISPR6-1-1規格によ

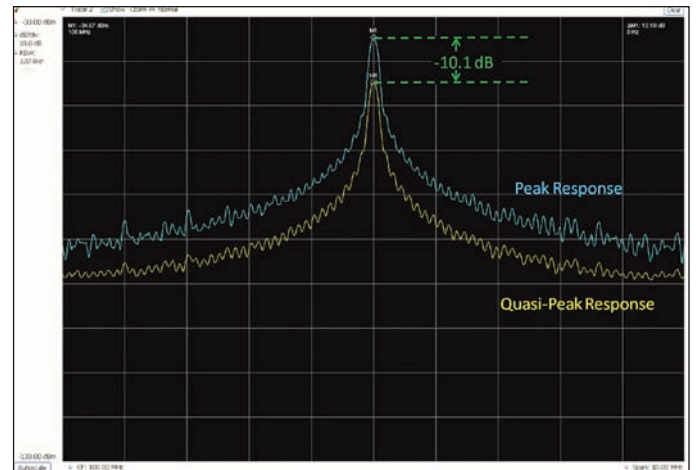


図8. $8\mu s$ パルス幅で10ms繰り返しレートの信号におけるピーク検波と準尖頭値検波の違い。準尖頭値は、ピーク値より10.1 dB小さくなっているのがわかる

る振幅と繰り返し周波数の関係を図7に示します。

ピーク検波とQP検波の例を図8に示します。ここでは、 $8\mu s$ パルス幅で10ms繰り返しレートの信号におけるピーク検波とQP検波の差を比較できます。QP値は、ピーク値より10.1 dB小さくなっています。DUTからのEMIを測定するときは、規定された上限に近づくか越えてしまうような問題部分を見つけ出すため、最初にピーク値を測定するのが一般的です。QP値測定には時間がかかるため、規定上限に近づくか越えるような信号のみを対象に測定を行います。標準的なピーク検波器を備えたスペクトラム・アナライザは、問題部分を素早く見つけ出すためにしばしば使用されます。

規格	VBW性能	アナライザのVBW設定
CISPR	VBW不使用	最大値または無効
TELEC	VBW=RBWまたは VBW≥3×RBW	VBW=RBWまたは無効
MIL	最大値または不使用	最大値または無効

表5. EMI測定用に定義されたビデオ帯域設定

アベレーシングとビデオ・フィルタ

リアルタイム・スペクトラム・アナライザ（RTSA）はQP検波に加えて、CISPR規格で定義しているピークとアベレーシングの検波器もサポートしています。ピーク検波器は信号のエンベロープのピーク値を検波します。アベレーシング検波器はエンベロープの平均値を計算します。RTSAはQP、ピーク値および平均値を同じ入力信号から同時に測定でき、DUTからの信号を詳細に観測できます。

EMI測定ではビデオ・フィルタを規定していますが、本来スペクトラム・アナライザ測定におけるノイズ変動の影響を減少させるための方法でした。ビデオ・フィルタという名前は、スペクトラム・アナライザの検波出力と、CRTのY軸アナログ・ドライブ入力間にローパス・フィルタを挿入したことに由来しています。RTSAや最新のスペクトラム・アナライザでは、信号上のノイズをスムージングするためにデジタル技術を使用しています。

EMI測定のほとんどの場合、ビデオ・フィルタはオフに設定するか、あるいはRBWよりVBW（ビデオ帯域幅）が3倍以上大きいビデオ・フィルタを使用します（表5参照）。

ビデオ・フィルタをオフに設定する理由は（VBWがRBWの3倍以下のとき）、検波信号にビデオ・フィルタの影響を与えないようにするためです。図9は、RBWに対する比が変化したときのビデオ帯域幅（VBW）の影響を示しています。VBW>3×RBWあるいは10×RBW（または無効）のときは、ノイズの標準偏差は5.4dBのままです。TELEC規格のいくつかのセクションでは、VBW=RBWのときのノイズ変化は、約4.7dBまで減少するとしています。

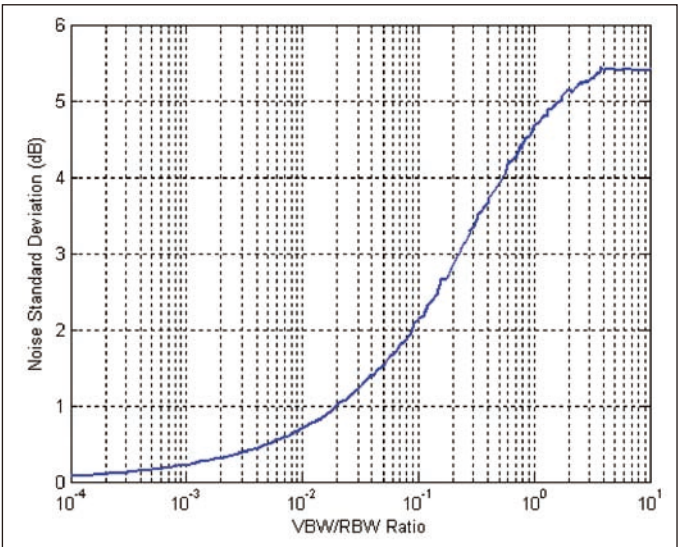


図9. ランダム・ノイズ信号の標準偏差におけるVBW/RBW比の影響。VBWが分解能帯域幅の3倍以上のときは、VBWが信号の標準偏差に与える影響はほとんどない

EMIフィルタ、検波器、アベレーシングのデジタル化

離散フーリエ変換（DFT）技術を使用したスペクトラム・アナライザのフィルタリングは、離散的なアキュイジション・データにウィンドウ関数を適用することによりデジタル的に行っています。アキュイジション・サイズは、使用するフィルタの帯域によって決定します。サンプリング周波数を変えずにより狭いフィルタ帯域を得るには、より多くのサンプル数が必要となります。

EMIフィルタをエミュレートするため、RTSAではカイザ（Kaiser）ウィンドウを使用しています。ウィンドウ関数の周波数応答の振幅は、IFフィルタの形状を決定し、またCISPR 16-1-1で規定しているパスバンド選択の制限を満足しなければなりません。

RTSAのQP検波器は、デジタル・フィルタで構成されています。IIR（無限長インパルス応答）フィルタなどのデジタル・フィルタは、従来のEMIレシーバで使用しているRC充放電回路をエミュレートするために使用します。レベルメータもまた、2次デジタルIIRフィルタとして使用します。メータで表示された最大値は、QP検波器で測定した値となります。

ビデオ・フィルタは、RTSAのアベレーシング技術により実現しています。アベレーシング回数は、ビデオ帯域と測定時に使用するRBWにより決定します。VBWを使用したときの測定解析長は、選択したVBWで決定され、またビデオ・フィルタを使用しない状態のRBWより長くなります。RTSAは、図9のノイズ変動対VBW/RBWカーブで高い相関が得られるように、アベレーシング回数を選択します。

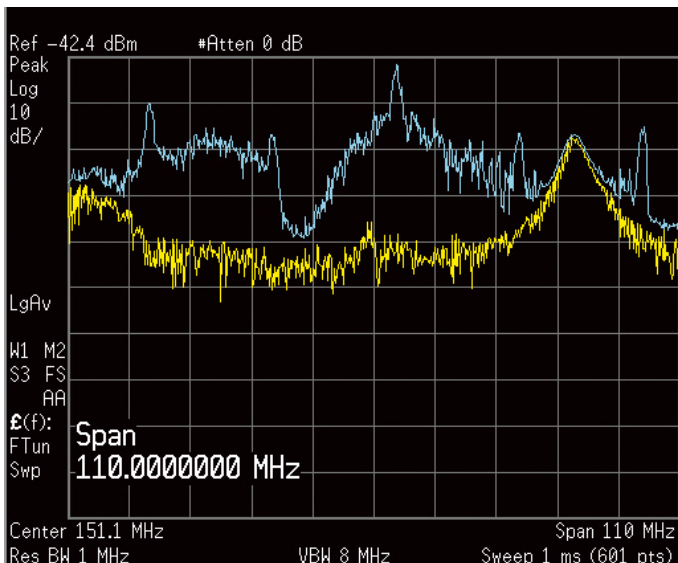


図10. 掃引型スペクトラム・アナライザのピーク・スキャンにより、トランジェントEMIを取込むことができなかった信号表示（黄色のトレース）。DUTのディスク・キャッシュ動作中に1分間のマックスホールド後の表示

測定スピードとリアルタイム・スペクトラム・アナライザ

QPと平均値の測定スピード向上は、レシーバとスペクトラム・アナライザにとって常に課題となってきました。QP検波器とメータの応答時間が遅いため、1回ごとに広い周波数範囲をスキャンするには実用的ではありません。この欠点を補うため、ピーク検波器を使用することによりDUTからのEMI信号の最大ピークを迅速に測定することができます。次にQP検波器により、問題となる領域で単一周波数測定を使用して繰り返し測定を行います。最近のレシーバやRTSAでは、単一周波数測定技術よりも数段高速なQP検波やアベレージングにより、広スパンで取込んだ情報を処理することができるようになっています。スパン内の全周波数ポイントを計算するこの手法は、測定スピードを大幅に向上させ、また掃引型アナライザに比較してより高い捕捉確率でバンド内のトランジェント信号を見つけ出すことができます。これは今日の設計環境において、時間とともに変化する信号に対しては特に重要です。単一周波数測定ではこのようなダイナミックに変化する信号を取込むことはできません。

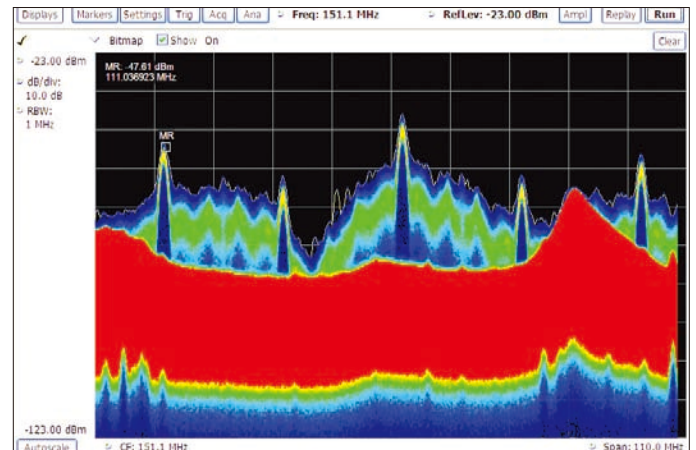


図11. 5秒間のDPX表示で検出した間欠的なトランジェント信号。赤色の領域は頻繁に発生している信号を表し、青色と緑色の部分は間欠的に発生している信号を表す

EMI問題のトラブルシューティング

前述した規格に基づく測定方法が法令コンプライアンスに必要な一方、システムのEMI設計で直面する問題にしばしば対処できず、検出することさえもできていないのが現状です。1930年代のQP検波器は、現在の通信とコンピューティング・システムが使用しているトランジェント、ホッピング、デジタル変調およびUWB信号が、今日のマルチプロセッサを使用した複雑な機器に与える影響を測定するようには考慮されていませんでした。

幸いにも測定技術は、この必要性に対応して発展してきました。このセクションでは、トランジェント信号や隠れたEMI問題を検出し、その信号でトリガをかけて特性を解析するための、リアルタイム・スペクトラム・アナライザの使用方法を検証します。

次の例では、或る動作モード時に発生する1トランジェントが、モードに入ると数秒間継続する一連のトランジェントを発生させています。この例では、デバイスは組み込みシステムで、システムがデータをハード・ディスク・ドライブにキャッシュするときにトランジェントEMIが発生しています。掃引型アナライザのピーク検波器で短時間測定すると、単に連続信号のように見えます（図10の黄色のトレース）。ただしDUTが動作モードを繰り返している間、アナライザを数分間マックスホールドにすると問題が表示されます（青色のトレース）。しかし、ピーク検波モードで高速スキャンを行うと、黄色のトレースが表示され、問題は検出されません。

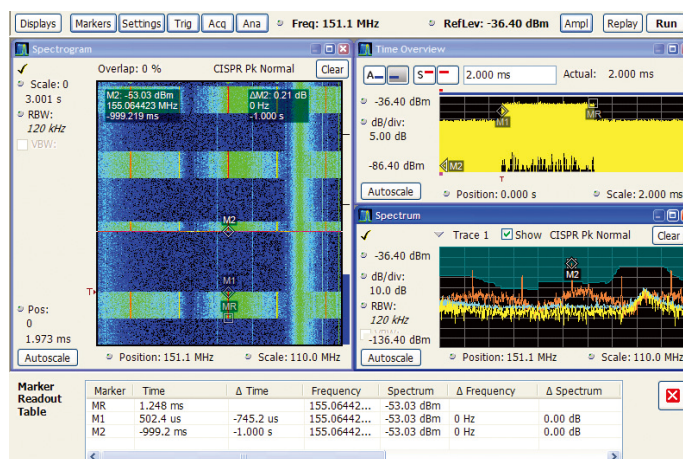


図12. 毎秒1回の繰り返しレートで発生するトランジェントも、周波数マスク・トリガで取込むことが可能

図11に示すように、DPXによりDUTのEMIを測定することで、直ちに問題を発見することができます。当社RTSAのユニークなDPXスペクトラム表示機能は、毎秒48,000回までのスペクトラム測定を処理することができ、また数十 μ s以上であればどんな信号でも瞬時に取込んで表示できます。RTSAのDPXスペクトラム・プロセッサの詳細については、「リアルタイム・スペクトラム・アナライザにおけるデジタル・フォスファ技術の基礎、37Z-19638-x」をご参照ください。表示上のカラー・グレーディングは、信号が発生する頻度を表しています。図11の例では、より頻繁に発生する信号は赤色で、頻度が少ない信号は青色から緑色で表示されています。これにより、どの信号が連続して発生し、どの信号がトランジェントなのかのが即座にわかります。トランジェント信号はまれにしか発生していませんが、連続信号に比較してレベルが40dB以上高くなっています。

DPXによって潜在的な問題を発見した次のステップは、その信号でトリガをかけて取込んだ後、より詳細な解析を行います。これは、連続信号を基本にして周波数マスク・トリガを定義することにより簡単にトリガをかけることができ、スペクトラム表示上で間欠的に発生しているトランジェントを取込むことができます。周波数マスク・スレッシュホールドを越えて規定時間以上持続する信号であれば、その信号でトリガをかけて、プリトリガおよびポストトリガの信号をメモリに保存することができます。トランジェント信号でトリガをかけて4アキュイジション取込んだ結果を、図12の左側のスペクトログラムで表示しています。

または、拡張DPX機能を装備している場合、DPXスペクトラム表示上の対象となる領域で右クリックし、メニューからTrigger On Thisを選択することで簡単にトリガ設定できます。これでこの信号を詳細に解析できます。図12で表示しているマーカは、トランジェントの繰り返しレートが1.0秒であることを示していますが、ただしトランジェント長はいつも同じというわけではなく、この例では、5回取込んだトランジションの長さが、752 μ sから200 μ sまで変化しています。この繰り返し頻度とパルス幅（トランジション長）変化が、回路のトランジェント発生源を特定する重要なヒントとなります。この例ではディスク・キャッシュ動作のとき、DUTが特別な動作状態のときにのみ発生しています。

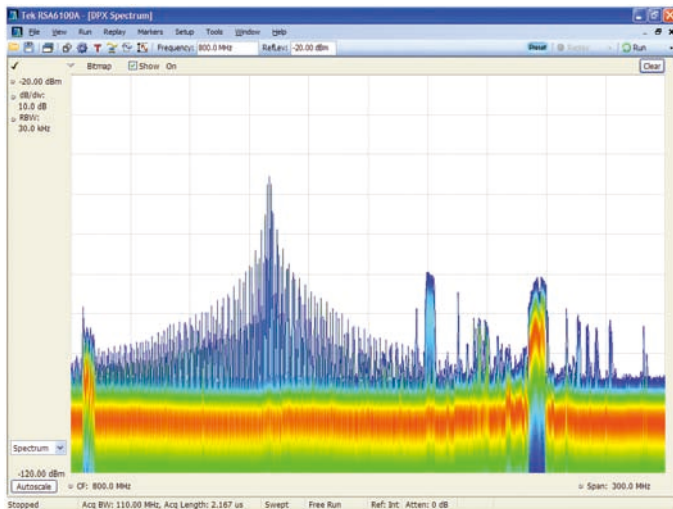


図13. 最高リアルタイム帯域幅以上のスパンでは、分散されたステップでDPXは掃引される。それぞれのステップでDPX掃引をとどめておくように設定することで、確実な取込みが可能になる。この例では、間欠的ではあるが大きなパルスが5秒おきに発生している。ドウェル（滞留）時間を5秒に設定することで、確実に信号を取込みが可能になる

DPX掃引解析によるトラブルシュート

上記の例では、DPXスペクトラム表示はその帯域幅内で実行されています。これは、110MHzスパンのスペクトラムを連続的に処理し、規定された最小滞留時間の信号が表示されることを意味しています。必要とされるスパンが最高リアルタイム帯域幅を超える場合でも、DPXはステップ状に実行されます。例えば、300MHzのスパンが必要な場合、リアルタイム・シグナル・アナライザは必要な帯域幅をいくつかのステップに分け、切り替えて表示を合成します。ステップごとの取込みにおける100% POI（捕捉確率）の概念は適用されますが、各ステップが処理される掃引期間のみとなります。DPX表示は、ステップの解析時間において再発するトランジェント信号を取りこぼすことはありません。

DPX測定のカウエル時間を調整することで、間欠的に発生する信号を取込む確率が高くなります。ドウェル時間の設定は、各ステップにおいて割り当てられた帯域幅にとどまる時間を設定するものであり、50msから100sまで設定できます。シーケンス動作に5秒を要するDUTを例に考えてみます。シーケンス実行時、DUTの放射は変化し、トランジェントは次のシーケンスのみで繰り返し発生します。すべてのトランジションを確実に取込むには、シーケンスよりも長い時間でDPXを滞留させ、各ステップ、最低でも1回のフル・シーケンスで発生させるようにします。例えば、100MHzステップのDPXスペクトラム・アナライザで300MHzスパンを取込む場合、5秒間を3回取込むことにより、シーケンスのすべての信号を確実に取込むことが可能になります。従来のスペクトラム・アナライザでは、すべてのトランジェントを観測することはできません。できたとしても、解析には膨大な時間が必要になります。300MHzをステップ掃引した例を、図13に示します。大きなパルス信号は5秒間隔で1ms持続しており、数百MHzのスペクトラムを占有しています。アナライザの各ステップはリアルタイム帯域幅で5秒間滞留しているため、すべての掃引で細部まで取込みます。

まとめ

EMI規格に準拠した測定を行うには、標準化団体で規定している特殊なフィルタと検波器が必要となります。この特殊なフィルタと検波器は、レシーバ、従来のスペクトラム・アナライザおよび当社のRTSAに装備されています。RTSAやレシーバなどで使用しているDSP技術は、掃引型アナライザの方式に比較して格段に高速な測定ができます。これは110MHzまでの全リアルタイム・スパンを同時に解析できるからです。

リアルタイム解析は、掃引型方式に比較してトランジェント信号の100%捕捉確率を保証する信号最小持続時間を大幅に短縮できます。多様なトランジェント信号が発生するシステムのトラブルシューティングは、どんなトランジェント信号でも取込んで解析できるDPXスペクトラム処理機能を持ったRTSAで簡単に実行できます。これにより測定時間を短縮でき、またDUTの性能をさらに向上できます。

参考文献

CISPR 16-1-1 "Specification for Radio Disturbance and Immunity Measuring Apparatus and Methods - Part 1-1 Radio Disturbance and Immunity Measuring Apparatus - Measuring Apparatus", International Electrotechnical Commission Edition 2.1, 2006-11.

ANSI C63.2 "American National Standard for Electromagnetic Noise and Field Strength Instrumentation, 10Hz to 40 GHz-Specifications", American National Standards Institute, January 1996.

MIL-STD-461E "Requirements for the Control of Electromagnetic Interference Characteristics of Subsystems and Equipment", Department of Defense, U.S., August, 1999.

The History of Military EMC Specifications by Warren Kesselman, IEEE and Herbert Mertel, IEEE.

http://www.ieee.org/organizations/pubs/newsletters/emcs/summer00/emc_stan.htm

The Quasi-Peak Detector by Edwin L. Bronaugh, ANSI ASC C63 Historian.

<http://www.ieee.org/organizations/pubs/newsletters/emcs/summer01/pp.bronaugh.htm>

http://www.ieee.org/organizations/pubs/newsletters/emcs/summer00/emc_stan.htm

The Quasi-Peak Detector By Edwin L. Bronaugh, ANSI ASC C63 Historian.

<http://www.ieee.org/organizations/pubs/newsletters/emcs/summer01/pp.bronaugh.htm>

Tektronix お問い合わせ先：

日本
お客様コールセンター
0120-441-046

地域拠点

米国 1-800-426-2200

中南米 52-55-54247900

東南アジア諸国／豪州 65-6356-3900

中国 86-10-6235-1230

インド 91-80-42922600

欧州／中近東／北アフリカ 41-52-675-3777

他 30 カ国

Updated 9 October 2009

詳細について

当社は、最先端テクノロジーに携わるエンジニアのために、資料を用意しています。当社ホームページ (www.tektronix.com/ja) をご参照ください。



TEKTRONIX および TEK は、Tektronix, Inc. の登録商標です。記載された商品名はすべて各社の商標あるいは登録商標です。

08/12

37Z-22084-1

Tektronix®

〒108-6106 東京都港区港南2-15-2 品川インターシティ B棟6階

デクトロニクス お客様コールセンター TEL: 0120-441-046
電話受付時間／9:00～12:00・13:00～19:00 (土・日・祝・弊社休業日を除く)

www.tektronix.com/ja

■ 記載内容は予告なく変更することがありますので、あらかじめご了承ください。
© Tektronix