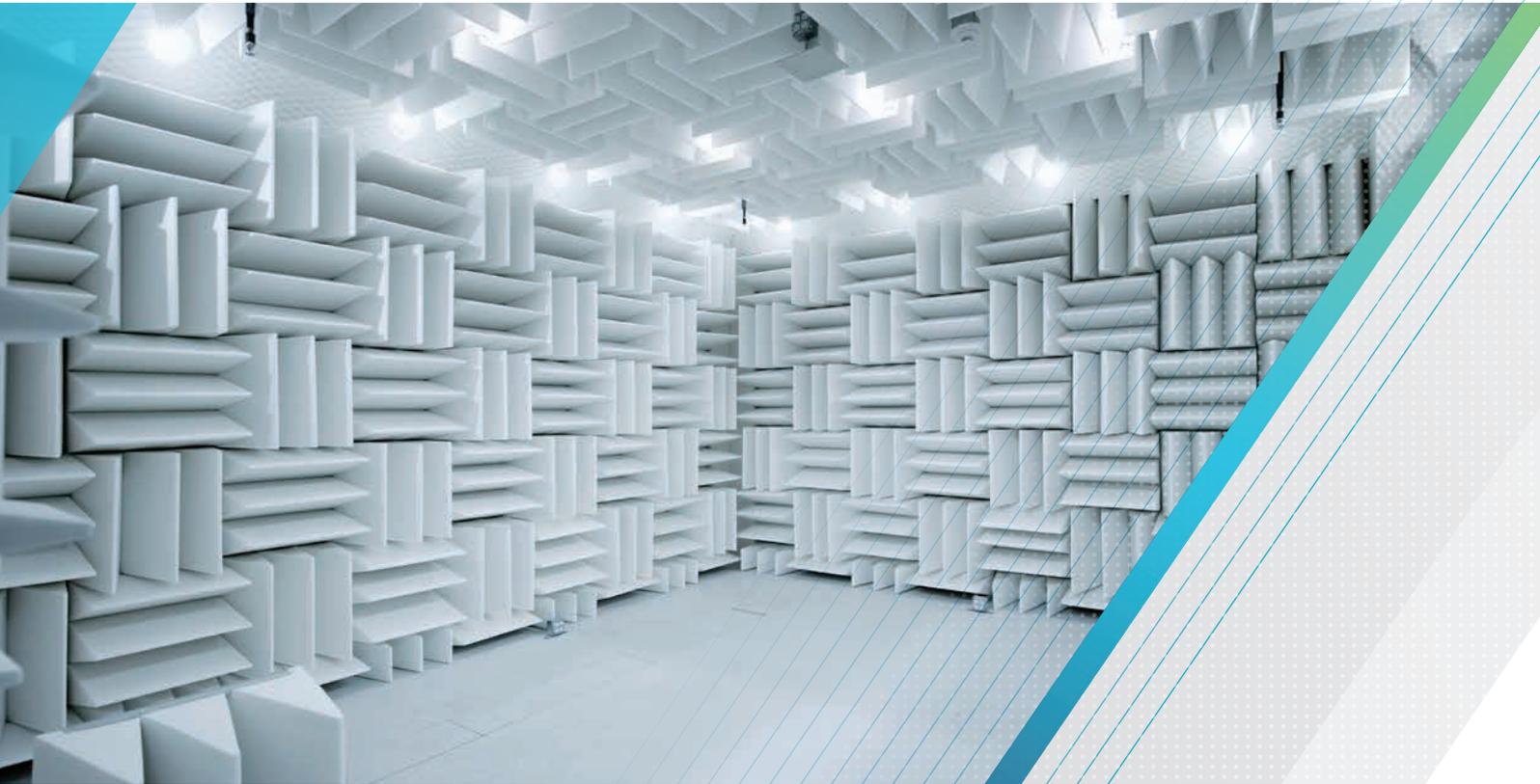


Tektronix®

伝導／放射エミッション・テスト

アプリケーション・ノート



目次

EMCテストの概要	3	トラブルシュート・ツール	17
コンプライアンス・テスト	3	高調波マーカ	17
プリコンプライアンス・テスト	4	検査	18
テスト・セットアップ	5	高調波モード	19
放射エミッション・テスト	5	Discreteモード	20
伝導エミッション・テスト	6	レベル・ターゲット	21
LISN (Line Impedance Stabilization Network、 擬似電源回路網)	6	波形の比較.....	22
規制と規制当局	7	波形の保存	23
EMCの測定パラメータ	8	波形の読み出し	23
分解能帯域幅 (RBW)	8	演算波形	24
検波方式.....	8	パーシスタンス表示.....	25
測定のセットアップ	9	近接界ツールによるデバッグ	26
セットアップ・ウィザード	9	まとめ	26
セットアップのためのタブ	9	付録	27
その他の重要な選択項目	9	レンジ/リミットの設定	27
アクセサリの追加	10	規格からロードする	28
アクセサリの選択	10	レンジの開始/停止周波数の変更	29
アクセサリの影響の編集	10	スポット要件の設定	29
テクトロニクスでサポートされている		リミットの設定	29
アクセサリの設定をロード	11	パス/フェイル・リミット・テストの実行	29
テクトロニクスでサポートされていない		アクセサリ	30
アクセサリの設定をロード	11	アンテナ.....	30
組み合わせられたゲイン/ロスと表示プロット	12	EMI-BICON-ANT型	30
アンテナ以外のアクセサリ	12	EMI-CLP-ANT型	30
アンテナ	12	EMI-TRIPOD型用	31
スキャンの周波数範囲がマッチしない場合の警告	13	プリアンプ.....	31
測定の実行	13	EMI-PREAMP型	31
測定方法の選択.....	13	TBLC08型50 μ H AC-LISN - TEKBOX	32
スキャン/スポット測定セットアップの編集	15		
周囲雑音の測定.....	15		
結果の比較.....	15		
スポットの再測定	15		
レポート	16		

EMCテストの概要

電気／電子機器の信頼性、ユーザの安全性を向上させるため、世界中にEMI規制があります。電磁妨害の影響を与える、またはその影響を受ける可能性のある製品の開発では、製品がEMIの適合性で認可を受ける必要があります。EMI認証を経験したことがあれば、製品設計でEMI放射を最小にするため、さらにEMC認証で不合格になった場合の影響に対して、どれほどの時間と努力が必要かをご理解いただけたらと思います。

規格に適合するため、従来、多くの企業では、EMCプリコンプライアンス・テスト、コンプライアンス・テストを行うために、特殊なテスト施設または認証機関のサービスを受けてきました。しかし、第三者の認証機関を使用すると、プロジェクトにおいて膨大な製品開発コストと時間がかかります。このため企業は、簡単で、自らの作業現場内で利用できるプリコンプライアンス・テスト・ソリューションを探し、調査しています。

規格に適合するための要件を理解し、設計／試作ステージにおいてプリコンプライアンス・テストを自社内で実施できれば、製品をコンプライアンス・テストに出す前にEMI問題を事前に特定し、対処できます。自社内の実験室でテストできれば、問題のエリアを系統的に分離し、個別に修正する時間が持てるため、時間と費用を節約できます。

このアプリケーション・ノートは、EMIテストの概要、テストのセットアップ、測定のセットアップ、測定精度を上げるためのアクセサリ設定の概要、および迅速なデバッグのための測定とトラブルシューティングの実施方法について説明します。また、テクトロニクスの実タイム・スペクトラム・アナライザとSignalVu-PC、EMCVuのソフトウェアを使用した、プリコンプライアンス・テストの手順についても説明します。EMCテストでは、Emission (エミッション) と Susceptibility (感受性) の両方のテストが必要ですが、このアプリケーション・ノートではエミッション・テストについて説明します。この方法でテストすることにより、認証機関による最終のフル・コンプライアンス・テストで不合格になるリスクを軽減できます。

コンプライアンス・テスト

コンプライアンス・テストは、国家規格または国際規格に適合したテスト方法、機器、測定サイトで実施する必要があります。テストでは、デバイスが必要な規格に適合していることが求められます。このテストは、エミッションと感受性のテストに分かれます。国家規格または国際規格に適合するかは、それぞれの国によって異なります。求められる規格は、によって異なることに注意する必要があります。

オープンエア・テスト・サイト (OATS) は、ほとんどの規格における基準サイトです。大型の機器システムのエミッション・テストで特に便利です。しかし、物理的なプロトタイプはRFテストは、室内で、特殊なEMCテスト・チャンバで行います。さまざまな種類のチャンバがあり、無響室、リバーブレーション・チャンバ、ギガヘルツTEMセル (GTEMセル) などがあります。

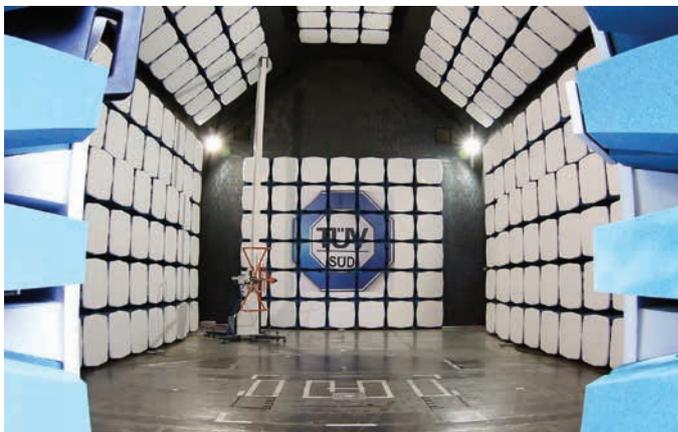


図1. EMCテスト・チャンバの例 (出典 : Microwave Vision Group)

コンプライアンス・テストは、機器の生産を開始する前に実施します。コンプライアンス・テストは、面倒で、時間がかかり、コストがかかります。製品開発の最終段階でEMCコンプライアンス・テストが不合格になると、再設計のために高い費用が発生し、製品の発表が遅れることになります。EMCコンプライアンス・テストには、イミュニティ・テストとエミッション・テストの両方が含まれます。

放射エミッションは、電子デバイスから放射される、意図的および意図的ではない両方の電磁エネルギーを意味します。デバイスが安全に動作することを確認するためには、放射テストを実施して、DUT (Device Under Test、被測定デバイス) またはEUT (Equipment Under Test、被測定機器) から発するエミッションが規定のリミットに適合することを確認します。

伝導エミッションは、電子デバイスで生成される電磁エネルギーが電源ケーブルを伝わることによって発生するメカニズムを意味します。放射エミッションと同様、電子デバイスからの許容される伝導エミッションは、さまざまな規制団体によって管理されています。

テストするデバイス、製品を販売しようとしている国の数により、認証試験サイトで必要になるフル・コンプライアンス・テストの費用は異なりますが、10万円から200万円と高額です。フル・コンプライアンス・テストは時間がかかり、エミッションと感受性の試験には2～6日、テスト・レポートの作成にはさらに3～10日かかります。この日数には、テストが開始されるまでの時間は含まれていないことに注意が必要です。

コンプライアンス・テストを準備するため、多くの企業はフル・コンプライアンス・テストの施設を時間で借りていました。これは非常に高価であり、必要なサービスによって異なりますが、半日でも7万円～100万円の費用がかかることがあります。企業によっては、自社内にフル・コンプライアンス・テストの施設をセットアップすることもあります。この方法の利点は、実際のテストと同じ環境でテストできることです。欠点はコストであり、総額で数千万円から数億円かかることがあります。

プリコンプライアンス・テスト

認証ラボの代わりになり、費用が手頃で便利な方法がプリコンプライアンス・テスト・ソリューションです。プリコンプライアンス・テストは、設計をすばやく安価に検証でき、その後に加えた設計変更の検証も行うことができます。開発の初期段階では、EMCのための設計テクニックと検証作業がノイズの放射レベルを下げ、外部および内部からの干渉に対する耐性を高めます。開発サイクルの後半でプリコンプライアンス・テストを行うことで、早期に問題を発見し、再設計することなくフルEMCコンプライアンスで合格する確率を大幅に上げることが可能になります。

プリコンプライアンス・テストの目標は、許容可能な誤差範囲内でコンプライアンス・テストを模擬することにより、存在的な問題を見つけだし、高額なコンプライアンス・テストで不合格になるリスクを軽減することにあります。プリコンプライアンス・テストでは認証テスト機器は必要なく、一般には以下の機器があれば実行できます。

- 準尖頭値検波機能を備えたスペクトラム・アナライザ
- プリアンプ(オプション)
- 放射エミッション・テスト用の非金属スタンドを持ったアンテナ
- 伝導エミッション・テスト用のLISN (Line Impedance Stabilization Network、擬似電源回路網)
- 伝導エミッション・テスト用のパワー・リミッタ
- 診断用の近接界プローブ(オプション)
- デバッグで使用する、周波数と時間の相関性が測定できるオシロスコープ(オプション)

プリコンプライアンス・テストは、短時間で問題のある箇所を特定するための高速測定と、設計ベンチ上でエンジニアによって実施される簡易テストがあります。

テストを実施する場所を選ぶ場合、外部の信号源の影響がない場所が適しています。郊外、会議室、または地下室などは、測定しようとしているDUTからの放射をマスクしてしまうような信号のレベルが低いために最適です（図2参照）。測定確度でもう一つ注意する点としては、良質なグランド面を確保し、テスト・エリア周囲にある反射物を取り除くことです。

テクトロニクス社のRSA300/500/600シリーズなどの汎用スペクトラム・アナライザには、プリコンプライアンス・テスト、EMI問題のトラブルシューティングで使用される汎用フィルタと検波器が装備されています。

テクトロニクスは、リアルタイム・スペクトラム・アナライザ、オシロスコープの製品ラインアップ、アンテナ、LISN (Line Impedance Stabilization Networks)、プリアンプを含む有効なアクセサリ、または伝導／放射エミッション・テスト用の2種類のアクセサリ・バンドルを用意しています。

テスト・セットアップ

放射／伝導エミッション・テストの概要、プリコンプライアンス・テスト実施のためのセットアップについて説明します。また、分解能帯域幅 (RBW) と検波方式についても説明します。

放射エミッション・テスト

放射コンプライアンス・テストのセットアップについては、規格書で規定されています。この規格を参照して、放射テストが実際のテストと極力同じセットアップになるようにします。

放射エミッション・テストのセットアップでは、注意すべき点はいくつかあります。まず、製品から放射される電磁波はきれいな球形のパターンで放出されるわけではないということです。放射は指向性を持つ傾向があります。これに対応するため、一般的にテスト・ラボでは受信アンテナの高さを1~4mの間で変化させ、ターンテーブル上のEUTも回転させます。受信アンテナは、EUTから直接波とグランド面からの反射波の両方を受信します。もう一つは、測定確度を上げるため、電磁的な反射面 (アルミニウム、鋼板、ワイヤ・メッシュなど) で床の表面を覆い、グランド・プレーンを作ります。測定確度を確保するために、グランド・プレーンは平らにします。EUTは規定の周波数バンドでスキャンし、リミットに近いエミッションを探します。

放射エミッションのプリコンプライアンス・テスト・セットアップには、EUT、グランド面、三脚に取り付けたアンテナ、プリアンプ、スペクトラム・アナライザが含まれます（図2を参照）。EUTからの放射はアンテナで受信し、出力はプリアンプで増幅して感度を上げます。プリアンプからの出力はスペクトラム・アナライザの入力に接続して信号を取込み、ソフトウェア (EMCVu) で解析します。

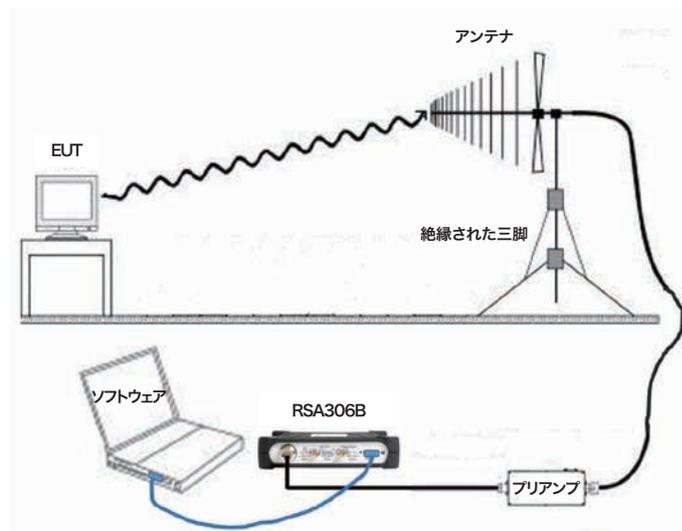


図2. アンテナ、プリアンプ、ケーブルによる放射テストのセットアップ例

伝導エミッション・テスト

伝導エミッション・テストは、デバイスによって生成される電磁エネルギーが電源ケーブルを経由して流れる成分をテストします。デバイスが電源ラインに及ぼす干渉の量を抑えるのが目的です。テスト・ラボではこのエミッション（通常、150kHz～30MHz）を測定し、規定のリミットに対してEUTが適合していることを検証します。

このテストにより、電源ラインがクリーンに保たれてEUTの影響が近くにある別の装置に及ばないことを確認します。伝導エミッション・テストは、一般にAC電源に接続したデバイスで実施します。規格によっては、DC電源で動作するデバイスにもリミットが設定されているものもあります。

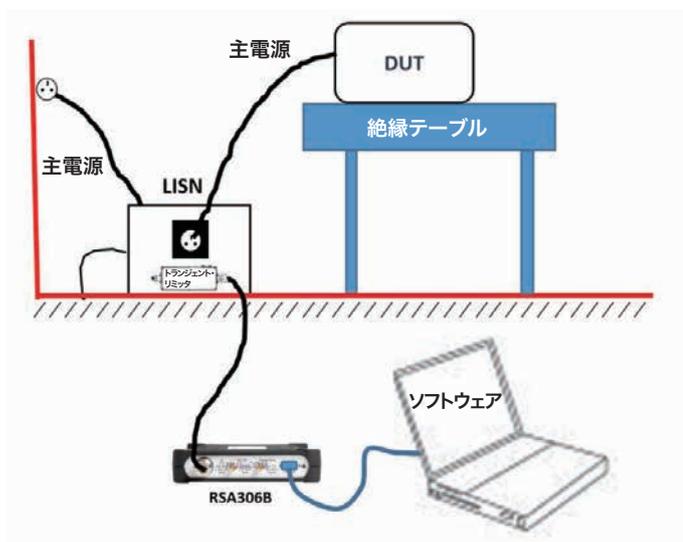


図3. 放射エミッション・テストのセットアップ例

LISN (Line Impedance Stabilization Network、 擬似電源回路網)

伝導エミッション測定では、アンテナの代わりにLISN (Line Impedance Stabilization Network、電源インピーダンス安定化回路網) を使用します。LISN3はACまたはDC電源とDUTの間に置くものであり、DUTに対して一定のインピーダンスを提供し、RFノイズを測定ポートに出力します。また、電源から侵入する不要なRF信号を遮断します。ここでも、プリアンプを入れることでDUTの信号レベルを相対的に上げることができます。図3に、セットアップのブロック図を示します。

注意! スペクトラム・アナライザの入力とLISNとの接続は、電源とLISNとの接続を切る前により前に切り離す必要があります。LISNからの突入電流によって、スペクトラム・アナライザのフロント・エンドが損傷する危険性があります。

50または60Hzの電源を伝導する干渉ノイズが問題になることがあります。ほとんどのEMIテストは、測定周波数を9kHz～1GHzに規定していますが、必要に応じて低い周波数でも測定できると便利な場合があります。RSA5100シリーズ・リアルタイム・スペクトラム・アナライザは1Hz以下の周波数レンジまでカバーできるため、低周波測定に適しています。

最良の伝導EMI測定のためには、2台のLISNを使用し、一台はDUTで規定されているインピーダンスに、もう一台はスペクトラム・アナライザまたはレシーバに接続します。

マーケット・セグメント	機器の種類	規格				
		IEC/CISPR	CENELEC/EN	FCC	MIL-STD	DEF-STAN
ISM	工業、科学、医療機器	CISPR 11	EN 55011	CFR Title 47 Part 18		
医療	医療用電気機器	EN 60601-1-2				
自動車	自動車、船舶、内燃機関	CISPR 12	EN 55012	CFR Title 47 Part 15(*)		
	車載用コンポーネント、モジュール	CISPR 25	EN 55025			
マルチメディア	音声、TV放送受信機	CISPR 13	EN 55013	CFR Title 47 Part 15		
	情報技術と電気通信機器 (ITE)	CISPR 22 (EN55032に取って代わられる)	EN 55022 (EN55032に取って代わられる)			
	プロ用オーディオ/ビデオ/マルチメディア機器	CISPR 32 (replaces CISPR 13 and 22)	EN 55032			
家電	電気デバイス、家電/ツール	CISPR 14-1	EN 55014-1	CFR Title 47 Part 15		
照明器具	蛍光灯と照明器具	CISPR 15	EN 55015	CFR Title 47 Part 15		
防衛	防衛機器/システム				MIL-STD-461G	DEF-STAN 59-411

表1. 規制規格

規制と規制当局

商用のEMI測定要件の多くは、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 (Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques、国際無線干渉特別委員会) によって規定されています。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 461Gを策定しました。マーケット・セグメントごとの関連規格を表1に記します。

各地域もしくは国の運用においては、規制が追加されることがあります。適合性認証が必要な製品を開発する企業は、国の規制に関する情報源を参照して、特定の製品、国の規制に関する詳細な情報入手する必要があります。表2に、主な国の管轄規制機関のリストを示します。

国	規制認証団体
米国	連邦通信委員会、FCC (Federal Communications Commission)
カナダ	カナダ産業省、IC (Industry Canada)
ヨーロッパ	国際電気標準会議 (EN/IEC)
日本	総務省
中国	中華人民共和国工業情報化部、MIIT (Ministry of Industry and Information Technology)

表2. 規制機関の例

EMCの測定パラメータ

分解能帯域幅 (RBW)

測定帯域幅は、レシーバでは帯域フィルタの形状、スペクトラム・アナライザではRBW (分解能帯域幅) フィルタで定義します。帯域幅を設定することにより、スペクトル内で検出された信号を代表した値が表示されます。帯域幅の設定は、受信周波数によって異なります。不連続な信号のレベルをレシーバまたはスペクトラム・アナライザで測定した結果は、測定帯域幅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で定義されているピーク、RMS、アベレージ検波器のフィルタ帯域を、表3に示します。ANSI (American National Standards Institute) とMIL-STD-461Eの帯域は、それぞれ表4、表5に示します。

周波数レンジ	周波数帯域 (6dB)	リファレンス帯域
9kHz~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3. CISPR 16-1-1で規定された帯域対周波数

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4. 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5. Mil-STD-461Eで規定された帯域対周波数

検波方式

検波器は、特定のサンプル間隔における信号を代表する値を計算します。検波方式は、電圧の正または負のピーク、RMSまたは平均値、QP (準尖頭値) を計算します。認証サイトでは、フル・コンプライアンス・テストでQP (準尖頭値) 検波を使用します。EMI部門または外部機関は、規定された上限に近づくか超えるような問題を見つけるため、まずシンプルなピーク検出器を使用してスキャンします。上限に近づくか超えるような信号では、QP検波で測定します。QP検波は、CISPR 16-1-1規格で規定されている特殊な検波方式です。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。より頻繁に発生する、または長く続く信号は、間欠的で短い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。

ピーク検波とQP検波の例を、図4に示します。ここでは、8μs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検波の差が表示されています。QP値は、ピーク値より10.1dB小さくなっています。QP検波の値は常にピーク検波以下であり、決してピーク検波より大きくなることはありません。テクトロニクス社のSignalVu-PCとEMCVuのソフトウェアにはアベレージ検波と準尖頭値検波の機能があるため、EMIのトラブルシュート、診断に使用できます。認証サイトと同じ方法を使用することができ、最初に高速なピーク・スキャンでデバイスを検証して認証サイトのレポートと同じ結果が得られることを確認できます。問題を修正した後は、局所的な準尖頭値検波で修正結果を検証することができます。

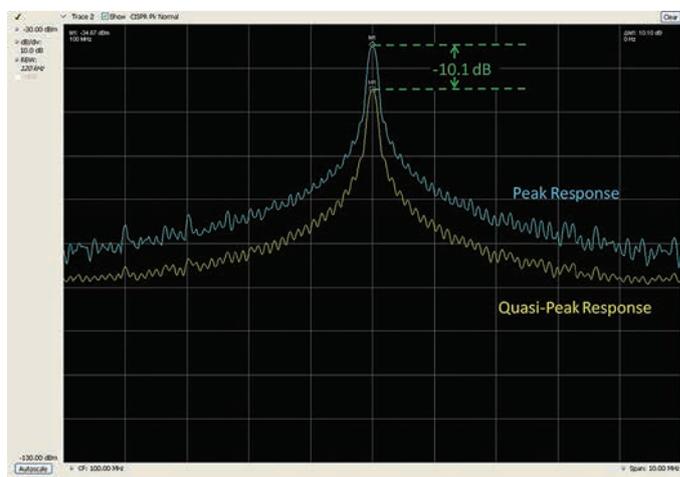


図4. QP測定とピーク測定の例

測定のセットアップ

テクトロニクスのSignalVu-PCとEMCVuのソフトウェアを使用した、機器のプリコンプライアンス・テスト手順を説明します。

ソフトウェアには以下の4つの機能でプリコンプライアンスを実行します。

-
- セットアップ・ウィザード
- 周囲雑音の測定
- スポットの再測定
- レポート

セットアップ・ウィザード

Setup → EMC → Setup Wizardと選択するか、EMCツールバーでSetup Wizardをクリックします。

セットアップ・ウィザードは、あらかじめ定義された手順に従うことによって、EMCプリコンプライアンス・テスト実行のためのテスト・セットアップを完了します。

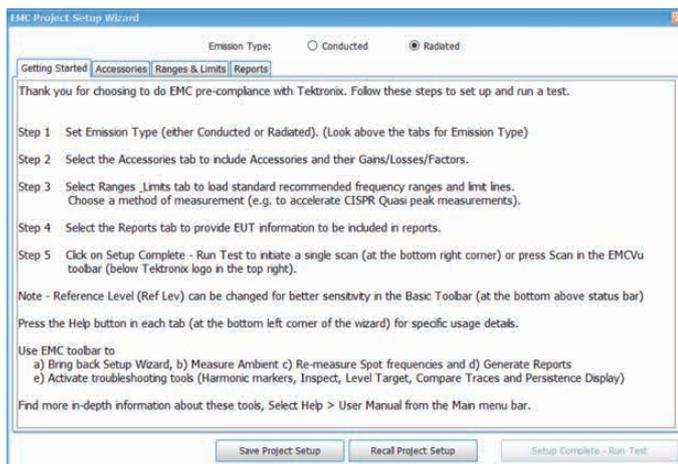


図5. EMCプロジェクト・セットアップ・ウィザード

セットアップのためのタブ

- Getting Started：手順の概要を示します。
- Accessories：使用されるすべてのアクセサリを設定します。
- Ranges & Limits：比較のためのテストとリミットの範囲を設定します。標準の推奨値もロードできます。測定モードを選択します。
- Reports：レポートに含める詳細を指定します。

その他の重要な選択項目

- Emission Type：Conducted（伝導）またはRadiated（放射）のエミッションを選択します。
- Setup Complete - Run Test：このボタンを押すとセットアップが完了し、スキャンを実行します。
- Save Project Setup：ウィザードのすべての設定をEMC Project Setupとして保存します。
- Recall Project Setup：Save Project Setupで保存したすべての設定を呼び出します。

Accessories、Ranges & Limits、Reportのタブの詳細については、次のページ以降で説明します。

アクセサリの追加

アクセサリのセットアップでは、テストで使用するアクセサリの特徴を含めることができます。最終的な測定値は、アクセサリの特徴を補正された結果が表示されます。補正値は、入力されたすべてのアクセサリのゲイン/ロス特性を組み合わせた影響がなくなるように計算されます。

すべてのアクセサリには固有のゲイン/ロス（アンテナの場合はアンテナ係数）があり、これを考慮に入れることで正確なエミッション測定が可能になります。測定の読み値は、このアクセサリのゲイン/ロス/係数の影響を補正する必要があります。

EMCVuソフトウェアは、アクセサリの影響を補正することができます。Setup Wizard – Accessoriesのタブ、またはSettingsコントロールパネルのAccessoriesタブでこの影響を設定します。すべてのアクセサリの組み合わせられた影響は、グラフでも確認できます。

テクトロニクスが提供するアクセサリのゲイン/ロス/係数の代表値は、簡単にロードできます。セットアップ・ウィザードのLoad Tektronix provided Accessories Gains/Lossesを使用するか、Configure Accessories → Edit → Loadの手順を実行して個々のアクセサリ・ファイルをロードします。それぞれのCSVファイルは、C:\SignalVu-PCFiles\EMC Accessoriesにあります。

アクセサリの選択

アクセサリの選択肢は、選択されるエミッションの種類によって異なります。

エミッションの種類	選択可能なアクセサリ
Conducted (伝導)	LISN、ケーブル、リミッタ、アンプ、アッテネータ、フィルタ、その他
Radiated (放射)	アンテナ、近接界プローブ、ケーブル、アンプ、リミッタ、アッテネータ、フィルタ、その他

テスト・セットアップには、最大で6つのアクセサリを含めることができます。



図6. アクセサリはドロップダウン・リストから選択できる

設定	概要
View Plot	View Plotをクリックすると、ゲイン/ロスのプロットが表示されます。サンプルのスナップショットを次ページに表示します。すべてのアクセサリの最終的な影響としての組み合わせられたゲイン/ロスも表示されます。詳細については、「組み合わせられたゲイン/ロス」の章をご参照ください。
Save all Accessories	すべてのアクセサリのセットアップは、ファイルに保存して再利用できます。このボタンをクリックすると、すべてのアクセサリの詳細が保存されます。
Load all Accessories	すべてのアクセサリのセットアップは、保存されたファイルからロードできます。一つ一つロードするよりも短時間にロードできます。

アクセサリの影響の編集

型名、シリアル番号、管理番号、次回校正日など、アクセサリ固有の情報、詳細は、Editオプションで編集できます。以下に示すようなウィンドウが開きます。以下のスクリーン・ショットは、アンプの特性とアンテナの特性（アンテナ係数及び絶対利得(dBi)）を示しています。

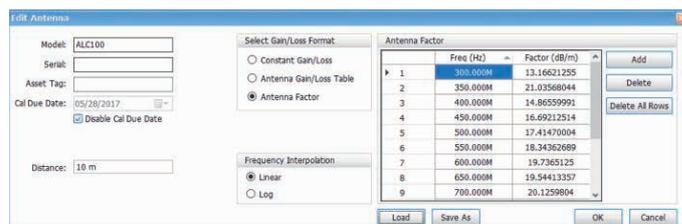
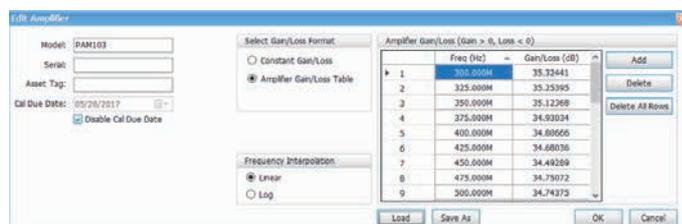


図7. アクセサリ・ゲイン/ロスの総合的な影響

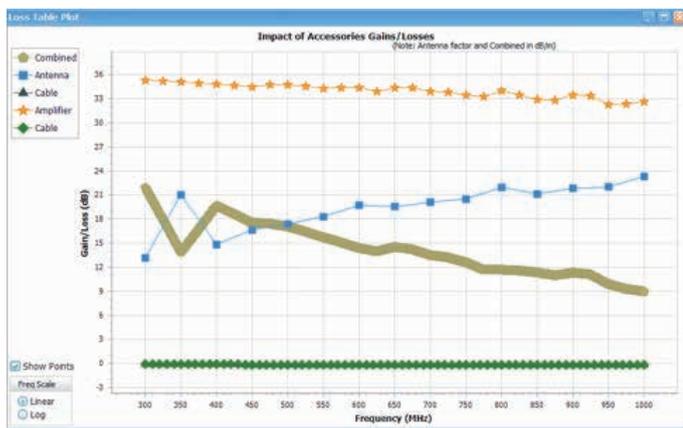
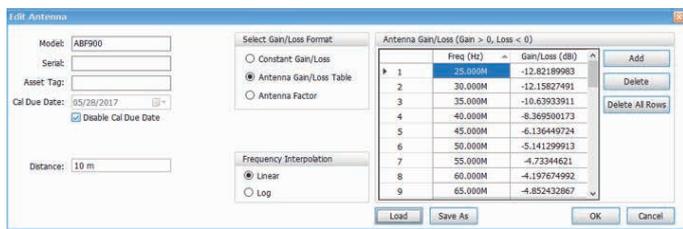


図8. アクセサリごとのアクセサリ固有情報の追加

テクトロニクスでサポートされているアクセサリの設定をロード

アンテナ、アンプ、近接界プローブ、LISNなど、テクトロニクスではいくつかのアクセサリを用意しており、詳細な特性が組み込まれたCSVファイルはソフトウェアの一部として、SignalVu-PC Files\Example Filesに保存されています。

テクトロニクスでサポートされていないアクセサリの設定をロード

テクトロニクスでサポートされていないアクセサリの詳細は、ユーザ設定で用意されたCSVファイルでロードできます。(周波数ごとに行を追加することで、UIを使用して構築することもできます。)

ゲイン／ロス・テーブルの値は、アクセサリのデータ・シートまたはグラフ、および購入時にメーカーから提供されるアクセサリ・サポート文書から得られます。

2つの列(周波数の列とゲイン／ロスの列)を追加するだけで、ヘッダなしでCSVファイルが構築でき、Loadボタンを押すことでこのファイルをUser interfaceにロードできます。CSVファイルを編集することで、周波数の行を追加することもできます。このようなCSVファイルをロードすれば、型名、シリアル番号などの詳細が入力して再度ファイルを保存すれば、追加の詳細情報と共に別のCSVファイルと適切なヘッダが保存できます。

設定	概要
Model	アクセサリの型名／番号を指定します。
Serial	アクセサリのシリアル番号を指定します。
Asset Tag	アクセサリのユーザ指定の資産タグIDを指定します。
Cal Due Date	アクセサリの校正日を設定します。必要ない場合は、チェックボックスのチェックを外します。
Distance	EUTとアンテナ間の距離を設定します(アクセサリがアンテナの場合のみ)。
Select Gain/Loss Format	利用可能なオプションを選択します。A) 一定のゲイン／ロス、B) ゲイン／ロス・テーブル。アンテナの場合、C) アンテナ係数も選択可能になります。
Constant Gain/Loss	周波数範囲全体で一定のロス値を設定します。ゲイン／ロスはdBで入力します。ゲインの値は正のdB値で、ロスは負の値で設定します。
Gain/Loss Table	特定の周波数ポイントにおけるロスの値を設定します。このテーブルのゲイン／ロスの値は、dBで入力します。ゲインの値は正のdB値で、ロスは負のdB値で設定します。周波数ポイント間の値は、周波数補間の選択をもとに、リニア／ログとして周波数で補間されます。 注：アンテナでは、このテーブルは上記のスナップショットで示すようにdBi(絶対利得)で入力されます。
Antenna Factor	アンテナのみで有効。アンテナ係数はdB/mで表わします。通常、この値はメーカーのデータ・シートに記載されています。テクトロニクスから購入した場合は、Example Fileから代表値をロードできます。
Frequency Interpolation	ゲイン／ロスの値、またはアンテナ係数の補間で使用する周波数補間方法を指定します。周波数軸のポイントは、この選択をもとにリニアまたはログの値になります。x軸の設定がリニアかログのいずれでも、それぞれの設定に応じて線形補間が実施されます。
Load	クリックすると、保存されたアクセサリの詳細をファイルからロードします。このウィンドウで表示されるすべてのパラメータを読み込みます。
Save As	クリックすると、アクセサリの詳細をファイルに保存します。(詳細は上記参照)
OK	OKをクリックすると、入力された詳細を確定します。
Cancel	Cancelをクリックすると、編集ウィンドウを無視してキャンセルします。OKが押される前の変更を無視します。

注：ゲイン／ロスのテーブルは、選択されたアクセサリによって異なります。

組み合わせられたゲイン/ロスと表示プロット

アンテナ以外のアクセサリ

組み合わせられたゲイン/ロスは、それぞれのアクセサリの個々のゲイン/ロスを組み合わせて計算します。アンテナ以外では、すべてのアクセサリのゲイン/ロスはdB (ゲイン>0,ロス<0)です。したがって、組み合わせられたゲイン/ロスは、個々のすべての影響を加えることで得られます。プロットは、このような場合でも組み合わせられた影響をdBで示しています。

アクセサリのゲイン/ロスの組み合わせられた影響は、補正係数によって打ち消され、補正係数がそれぞれ表示される前に、実際のスペクトラム・アナライザの読み値に適用されます。

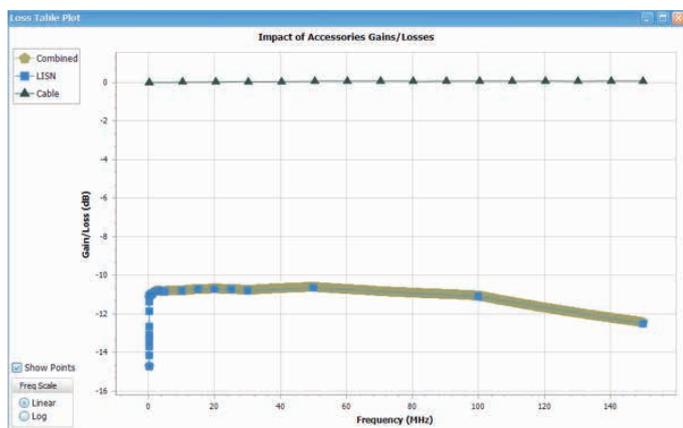


図9. ゲイン/ロスの影響は、LISNとケーブルによって決まる

組み合わせの影響は、共通の周波数範囲で計算されます。異なった周波数範囲のアクセサリがある場合は、組み合わせられたゲイン/ロスの計算では共通の範囲のみが使用されます。この例を以下に示します。ケーブルとアンプのゲイン/ロス情報はより広い周波数範囲で入力されますが、組み合わせられたロスの範囲は近接界プローブの周波数範囲に限定されます。



図10. 組み合わせの影響は、アクセサリの共通の周波数範囲で計算される

すべてのアクセサリの影響が組み合わせられて補正係数が作成され、画面には補正適用後の波形が表示されます。

アンテナ

アンテナの場合、アクセサリによる影響は、絶対利得 (dBi) の値として、またはアンテナ係数 (一般に、どちらもメーカーのデータ・シートから得られます) として入力できます。絶対利得は、他のアクセサリの影響と同様に (ゲイン>0,ロス<0) 入力し、アンテナ係数はデータ・シートに記載されているように dB/m で入力します。



図11. アンテナでは、絶対利得またはアンテナ係数のいずれかを入力する

アンテナ係数は、最終的な読み値を調整するために、以下のように使用されます。

$$\text{補正された読み値 (dBuV/m)} = \text{スペクトラム・アナライザの読み値 (dBuV)} + \text{アンテナ係数 (dB/m)}$$

したがって、アクセサリの一つにアンテナが含まれている場合、結果は電界強度を示す $\text{dB } \mu\text{V/m}$ の単位で表示されます。

注：先のスナップショットには、アンテナ係数と組み合わせの影響は dB/m であると注記されています。

先に説明したように、すべてのアクセサリの組み合わせられた影響は、補正係数で打ち消されます。しかし、データ・シートに記載されているアンテナ係数はそのまま補正に使用されるため、前の例では、すべてのアクセサリのゲイン/ロスの組み合わせられた影響の計算前に、アンテナ係数が差し引かれています。前の図で組み合わせられた影響のグラフがアンテナ係数のグラフと逆になるのは、このためです。

前の例における組み合わせられた影響は、次のようになります。

$$\text{組み合わせられた影響 (dB/m)} = \text{アンプのゲイン (dB)} + \text{ケーブルの影響 (dB)} - \text{アンテナ係数 (dB/m)}$$

(ケーブルの影響はゲイン >0 、ロス <0 として入力します。)

組み合わせられた影響は、次のようになります。

$$\text{補正された読み値 (dBuV/m)} = \text{スペクトラム・アナライザの読み値 (dBuV)} - \text{組み合わせられた影響 (dB/m)}$$

アンテナの影響を絶対利得として入力した場合でも、組み合わせられた影響のプロットに表示される前にアンテナ係数に変換されます。

$$\text{アンテナ係数 (dB/m)} = (20 \times \log_{10}(f \text{ (in MHz)} - 29.7707) - \text{絶対利得})$$

したがって、プロットには常にアンテナ係数の影響が表示され、組み合わせられた影響は先に説明したように計算され、補正係数となって測定の読み値に適用されます。

スキャンの周波数範囲がマッチしない場合の警告

補正係数の周波数レンジ ($-1 \times$ 組み合わせられた影響) がスキャンの周波数レンジより小さい場合、プロットに警告メッセージが表示されます。補正係数の周波数レンジを超えてスキャンが行われた場合、次のような警告メッセージが表示されます。

“Scan range exceeds range of Combined accessories. Reduce scan range”

測定の実行

測定方法の選択

正しいレンジとリミットがロードできると、3種類の測定方法から1つ選んで測定できます。

ほとんどの規格で3種類の測定方法が利用できます。

- Pre-scan + Manual Spot – クイック・プリスキャンの後に、結果の表からスポットを選んで規格で推奨された(または選択された)検波器で再測定します。
- Pre-scan + Auto Spot – プリスキャンの後に、選択したスポット数で自動再測定を行います。
- Complete Scan – 規格で推奨される検波器で完全スキャンを行います。CISPR Quasi PeakまたはCISPR Avgなどの検波器が選ばれた場合は時間がかかることがあります。

スポットは、Ranges and Limitsの表にあるThresholdとExcursionの両方の設定を超えるシングル・ピークです。ThresholdとExcursionの設定は、選択されたレンジに固有のもので、さまざまなレンジで異なる設定を使用する場合は、それぞれのレンジで個別に値を設定する必要があります。Excursionのコントロールは、スポット間で落ち込むレベルをExcursionの値で指定することで、シングル・スポットが複数のナロー・スポットとして認識されることを防ぐために使用されます。Thresholdの値を大きくすることは、少数のレベルの高い信号がスポットとして認識されることを意味します。

検波器とリミット・ラインの組み合わせは、Scan DefinitionとSpot measurementの下に表示されます。これにより、スキャンとスポットの測定でどの検波器が使用され、スキャンまたはスポットの結果がどのリミット・ラインと比較されたものかがわかります。

注：選択された検波器でかかるスキャンの推定時間としてEstimated Analysis Timeが表示されます。推定時間は、選択された検波器と実際のスキャン測定のスパンをもとにし、16G RAMのマシンの理想的な状態で計算されたものです。実際にかかる測定時間は変動することがあります。

大きなスパン・レンジでCISPR Quasi Peakなどの検波器が使用された場合、解析の推定時間は長くなる場合があります。

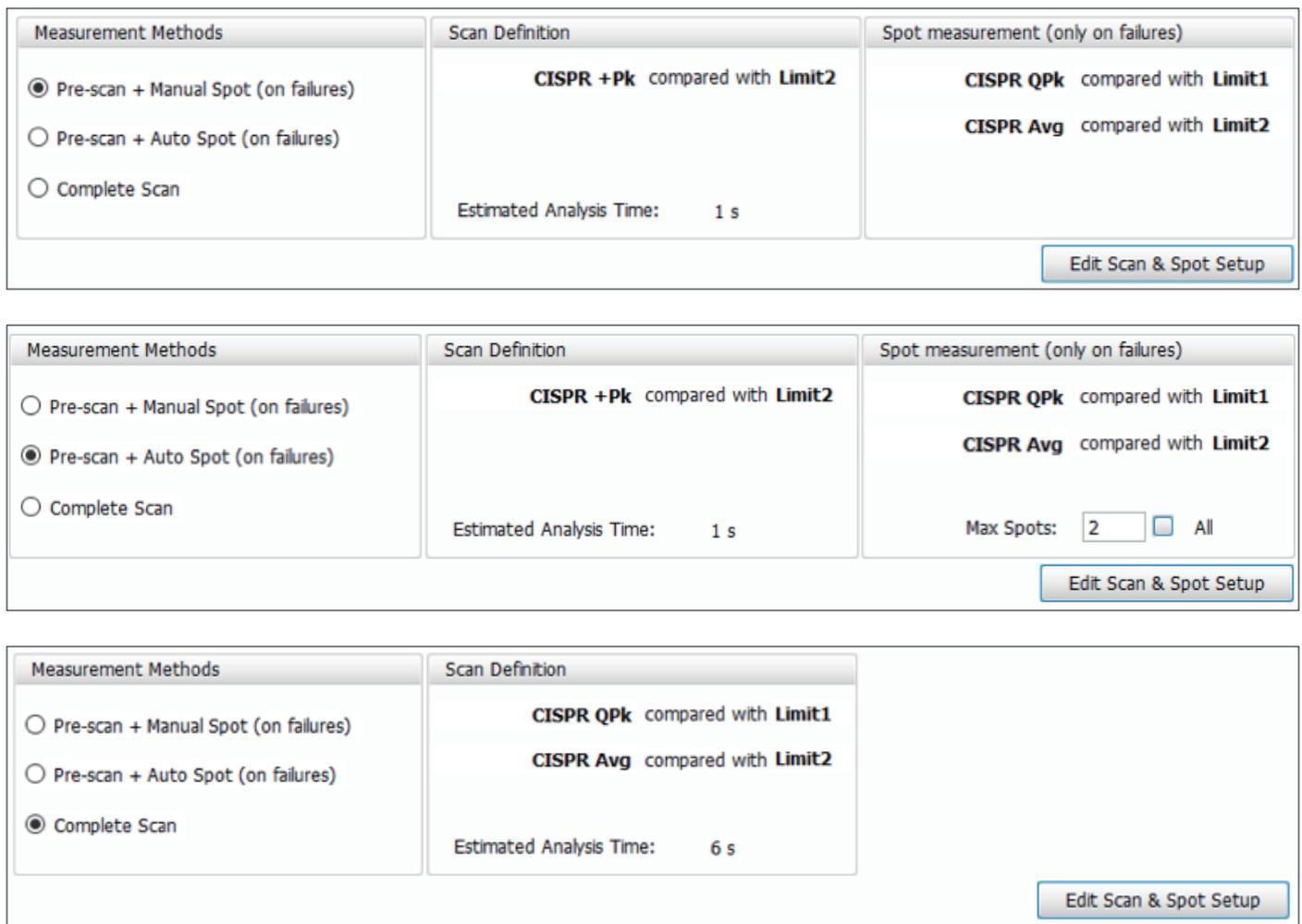


図12. スキャン定義とスポット測定のスナップショット

注：CISPR Quasi Peakなどの検波器が推奨されない場合（例として、Mil/Gov 461G and DEF STAN）、規格によっては3種類の測定方法が表示されないことがあります。これは、スキャン自体はすばやく実行できるCISPR Peak検波器で行うためであり、このような例ではプリスキャンの後のスポット測定が不要なためです。

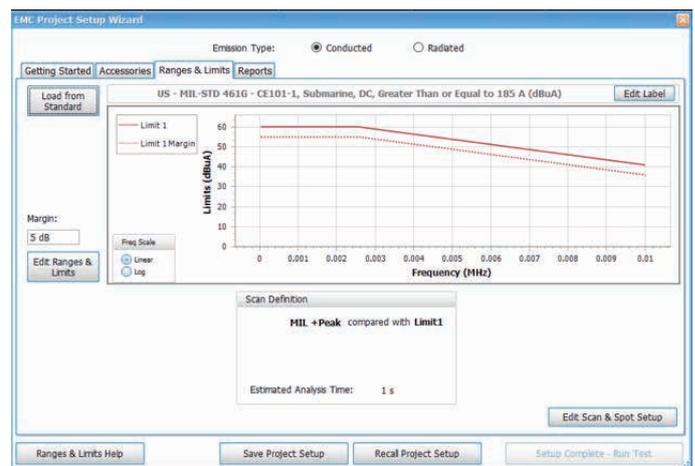


図13. MIL-STD461G-CE101-1のレンジとリミットの例

スキャン／スポット測定セットアップの編集

Scan & Spot Setupを編集することで、検波器の選択または滞留時間(Dwell) 時間が変更できます。また、リミット・マッピングを適切に行うこともできます。

- スキャン／スポットの再測定のための適切な検波器の選択
- 滞留時間の設定
- リミット・ライン・マッピングの選択

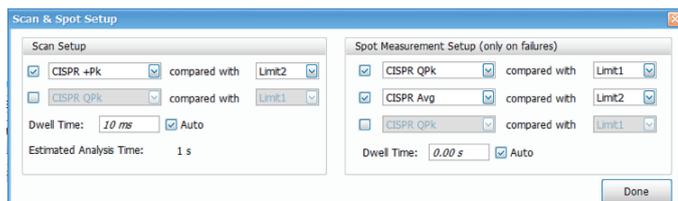


図14. Scan & Spot設定メニュー

デフォルトでは、規格で推奨されているリミット・ラインが適切な検波器にマッピングされています。

周囲雑音の測定

周囲雑音のスキャンは、環境またはスペクトラム・アナライザ機器によるエミッションを取込みます。周囲雑音のスキャンの前には、EUTはオフにするか、セットアップから完全に切り離す必要があります。

周囲雑音のスキャン解析は、得られたスポット(特定の周波数におけるエミッション)が周囲雑音によるものか、または実際の機器によるものかをすばやくチェックします。

- Setupをクリック→EMC→Measure AmbientまたはAmbientの実行のEMC ToolbarでMeasure Ambientをクリックします。
- 機器をオフするようにポップアップが表示されます。

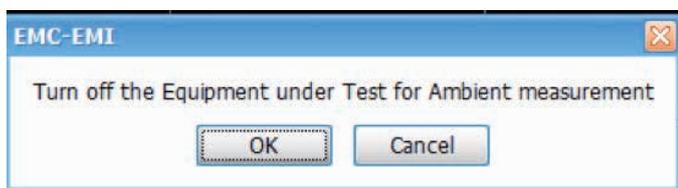


図15. 機器の電源をオフにするよう表示される

- 検波器の種類を変更するか、周囲雑音測定の滞留時間を変更すると、Ambientの制御設定が開きます。
- Ambientの波形がディスプレイに表示されます。

結果の比較

テストする機器の電源をオンにしてスキャンし(以降、EUTオン・スキャンと記します)、結果テーブルにスポット(スレッシュホールドまたはリミット・ラインを超えた周波数)が表示されると、周囲雑音とEUTオン・スキャンの比較が行われます。

- 比較はリミットを超えた周波数でのみ行われ、それぞれのデルタ差分が表示されます。
- 結果の比較は、EUTオン・スキャンと周囲雑音の検波器の種類が同じである場合のみ行われます。

Emission Results							
Enable	Spur #	Range	Freq (Hz)	Scan CISPR +Pk		Ambient CISPR +Pk	
				Ampl	Delta(Limt1)	Ampl	Delta(Scan)
<input type="checkbox"/>	1	C	50.010 MHz	82.09 dBuV	16.09 dBuV	81.58 dBuV	0.51 dBuV
<input type="checkbox"/>	2	C	53.010 MHz	57.86 dBuV	-8.14 dBuV	23.70 dBuV	34.16 dBuV
<input type="checkbox"/>	3	C	35.975 MHz	53.24 dBuV	-12.76 dBuV	52.66 dBuV	0.58 dBuV

図16. 周囲雑音とEUTオン・スキャンのスポット結果が比較できる

- このデルタ差分は、Ambient Settings ControlタブのDeltaスレッシュホールド設定と比較されます。
- EUTオン・スキャンと周囲雑音の差分の絶対値がこのスレッシュホールドよりも小さい場合、結果テーブルのこの周波数の行は色付けされて表示され、このエミッション周波数は周囲雑音が原因であり、EUTが原因でないことを示します。

機器が接続されていないか、プレイバックが選択されていないと、EMCツールバーのMeasure Ambientボタンは有効になりません。

注：詳細な情報については、制御パネル設定のAmbientタブをご参照ください。

スポットの再測定

スポットの再測定は、Emission Resultタブで選択されたスポット(スレッシュホールド／リミット・ラインを外れた周波数)、規格で推奨される検波器または設定された検波器で実行されます。一般的には、ここで使用される検波器はCISPR Quasiピークなどの長い測定／滞留時間が必要な検波器になります。

スポットの再測定は、ピーク検波器で短時間のプリスキャンを行い、次にスレッショルドまたはリミット・ラインの設定でフェイルした周波数でのみ、大きな滞留時間の検波器を適用するのに便利な機能です。スポットの再測定は、測定方法がプリスキャン+マニュアル・スポット、またはプリスキャン+オート・スポットの場合に有効です。

- 波形のスキャンが終わると、フェイルした周波数はEmission Resultsタブにリスト表示され、再測定するスポットを選択できます。
- スポット測定するスポットは、プロットまたはEmission Resultsテーブルから選択できます。
- スポット測定のRBWは、プリスキャンで使用されるものと同じになります。これは、同じRBWにしたときのみ、スキャンとスポット結果が正しく比較できるためです。
- 検波器の選択、比較のためのリミット・ライン、スポット測定のための滞留時間は、Setup Wizardでの設定をもとにしています。
- 検波器は、設定制御パネルのMeasurementタブで変更できます。このスポット解析では、3つまでの検波器が選択できます。
- 比較のためのリミット・ラインと滞留時間も編集できます。
- スポット測定を実行するには、次のようにクリックします。**Setup** → **EMC** → **Re-measure Spot** または EMC ツールバーで **Remeasure Spot** をクリックします。
- スポットの再測定結果は、Emission Resultsタブに表示され、適切なリミット・ラインと比較されます。

Spot ...	Spur #	Range	Freq (Hz)	Scan CISPR +Pk		Spot CISPR QPk		Spot CISPR Avg	
				Ampl	Delta(Limit1)	Ampl	Delta(Limit1)	Ampl	Delta(Limit1)
1	A		99.775 MHz	23.1 dBuV...	3.13 dBuV...	16.6 dBuV...	-3.42 dBu...	9.32 dBuV...	-10.7 dBu...
2	B		560.041 MHz	21.3 dBuV...	1.32 dBuV...	14.2 dBuV...	-5.78 dBu...	9.30 dBuV...	-10.7 dBu...
3	B		922.037 MHz	19.1 dBuV...	-0.899 dB...	5.18 dBuV...	-14.8 dBu...	-2.13 dBu...	-22.1 dBu...
4	B		945.907 MHz	14.0 dBuV...	-6.01 dBu...	14.5 dBuV...	-5.47 dBu...	6.90 dBuV...	-13.1 dBu...
5	B		606.337 MHz	11.0 dBuV...	-8.99 dBu...	- dBuV/m	- dBuV/m	- dBuV/m	- dBuV/m

図17. スポットの再測定結果はEmission Resultsタブに表示され、適切なリミット・ラインと比較される

Pre-scan + Auto SpotでMeasurement方法が選択されると、Re-measure Spot設定が自動的に実行されます。自動再測定で実行する最大スポット数は、Settings制御パネルのMeasurementタブ (Spot測定設定の下) で設定できます。この設定は、測定方法でPre-scan + Auto Spotが選択された場合のみ確認できます。

EMCツールバーのRe-measure Spotボタンは、デバイスが接続されていない場合、再生が選択されていない場合は有効になりません。

レポート

Reportウィザードでは、テスト結果を保存し、参考のためのテスト・レポートを作成します。

Reportウィザードは、複数のテスト結果をまとめてレポートを作成することもできます。

以下の手順を実行してテスト結果を保存します。

1. 次のように選択します。**Setup** → **EMC** → **Report** または EMC ツールバーから **Report** を選択します。
2. Results and ReportsウィザードにSave resultsのタブが表示されます。
3. Measurement heading:の欄に、タイトルを入力します。
4. User Notes:の欄には、その他の情報、テストに関する要点などが記入できます。
5. 必要に応じて、レポートに含めるイメージがあればそれを追加します。ファイルを選択してOKをクリックします。
6. Include Control Settingsのチェックボックスにチェックを入れ、レポートに制御パネルの設定を含めます。
7. Include GraphとInclude Emission Resultsのチェックボックスにチェックを入れ、テスト・レポートにプロットの結果とエミッションの結果を含めます。
8. Include Inspect Freq Resultのチェックボックスにチェックを入れ、テスト・レポートに検査結果を含めます。(Inspect測定が選択された場合にのみ有効になります。)
9. Saveをクリックします。保存が完了するとGenerate Reportタブが表示されます。

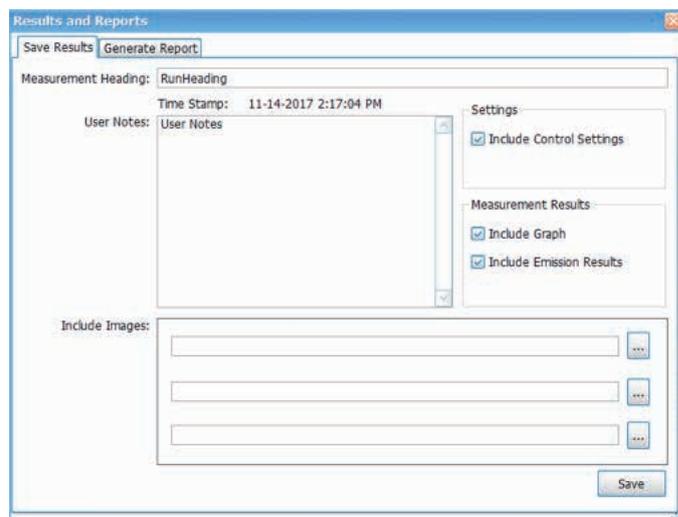


図18. 測定結果の保存メニュー

レポートの作成

1. Results and Reports ウィザードで Generate Report タブを選択します。
2. User Information、Environment information、EUT information のチェックボックスにチェックを入れると、レポートに含める情報が選択できます。Setup ウィザードですでに設定したこれらの項目（ユーザ、周囲、または EUT 情報など）も編集できます。
3. History リストから保存されたテスト結果を選択し、最終レポートに含めます。
4. Generate Report ボタンを選択すると、最終レポートのプレビューが確認できます。
5. 作成されたレポートはさまざまなフォーマット（PDF、RTF、XLSX など）でエクスポートでき、ローカルで保存することもできます。推奨されるファイル・タイプは、PDF と RTF です。
6. インターネットに接続していれば、レポートを電子メールで送ることもできます。

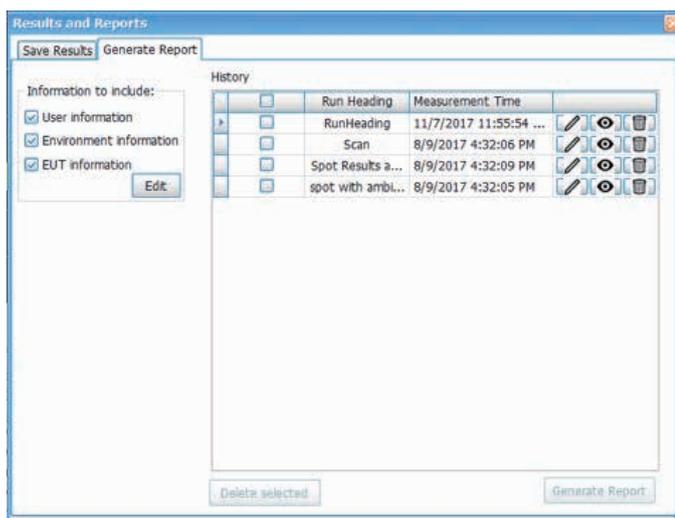


図19. 測定結果のレポート・メニュー

トラブルシュート・ツール

テクトロニクスの EMC テストでは、デバッグに役立つトラブルシュート・ツールを提供しています。

トラブルシュート・ツールには、以下のものが含まれます。

1. 高調波マーカ
2. 検査 Inspect
3. レベル・ターゲット
4. 波形の比較
5. パーシスタンス

トラブルシュート・ツールの追加情報

高調波マーカ

高調波マーカ・ツールでは、選ばれた基本周波数の、選択した係数の高調波にマーカを置くことができます。スキャンによるエミッションが、既知の基本周波数の高調波によるものかを確認できます。

高調波マーカ・ツールバーでは、基本周波数と高調波の係数を設定します。

次のようにクリックすると高調波ツールバーが開き、画面下、マーカ・ツールバーの上に表示されます。Setup → EMC → Harmonic Markers、または EMC ツールバーで Harmonic Markers をクリック。

Harmonic marker ツールバーでは、基本周波数を入力します。これが高調波計算のもとになる基本周波数になります。



図20. Harmonic marker ツールバー

Marker	Frequency	Δ Frequency	Time	Δ Time	Amplitude	Δ Amplitude	Phase	Δ Phase	Distance	Δ Distance	EMC-EMI	Δ EMC-EMI
MR	0.000 Hz		-5.086 ms		106.99 dBm		0.0000 °		0.000 m		---	
M1	0.000 Hz	0.000 Hz	-5.086 ms	0.0000 s	106.99 dBm	0.00 dBm	0.0000 °	0.0000 °	0.000 m	0.000 m	---	---
M2	0.000 Hz	0.000 Hz	-5.086 ms	0.0000 s	106.99 dBm	0.00 dBm	0.0000 °	0.0000 °	0.000 m	0.000 m	---	---
M3	0.000 Hz	0.000 Hz	-5.086 ms	0.0000 s	106.99 dBm	0.00 dBm	0.0000 °	0.0000 °	0.000 m	0.000 m	---	---
M4	0.000 Hz	0.000 Hz	-5.086 ms	0.0000 s	106.99 dBm	0.00 dBm	0.0000 °	0.0000 °	0.000 m	0.000 m	---	---

図21. マーカ・リードアウト・テーブル

高調波の次数は、ドロップ・ダウンから5つのマーカ (MR、M1、M2、M3、M4) を選びます。ドロップ・ダウンの高調波次数は、1/8、1/4、1/2、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10です。

Apply をクリックすると、該当する高調波にマーカが付きます。

Apply をクリックするとマーカ・テーブルも表示され、マーカが付いた周波数に関する情報と振幅値がそれぞれの表示列 (例えば、EMC-EMI、それが表示されている場合) の下に表示されます。

注：高調波マーカは、その他のスペクトラム表示 (スペクトラム、DPX などの振幅対周波数の表示) でも利用できます。EMC-EMI 表示がない場合、View → Harmonic Markers ツールバーでこのツールバーが表示されます。

選択された高調波の次数がスキャン結果の範囲内がない場合、マーカは左または右の端に付き、選択された次数がスキャン範囲の外であることを示します。(例えば、停止周波数が6.2GHzで、基本周波数1GHzの10次高調波にマーカを置こうとすると、マーカは6.2GHzに付きます。)

検査 (Inspect)

Inspect 機能は疑わしい周波数を選んでより詳細に解析するためのトラブルシューティング・ツールです。3つまでの検波器が選択でき、検出結果は可能性の高い周波数ごとに表形式で表示されます。結果は比較レベルと比較でき、すべての結果はレポート出力も可能です。

EMC ツールバー、または Setup → EMC → Inspect で Selecting Inspect を選択すると、結果テーブルと Settings Control が表示されます。

結果テーブルには検査結果が表示されます。結果テーブル上部の Single または Continuous をクリックすると、それがトリガになって測定が始まります。EMC ツールバーの Report ツールでも結果をレポートに取込みます。

Inspect には、Harmonic と Discrete の2種類の測定モードがあります。

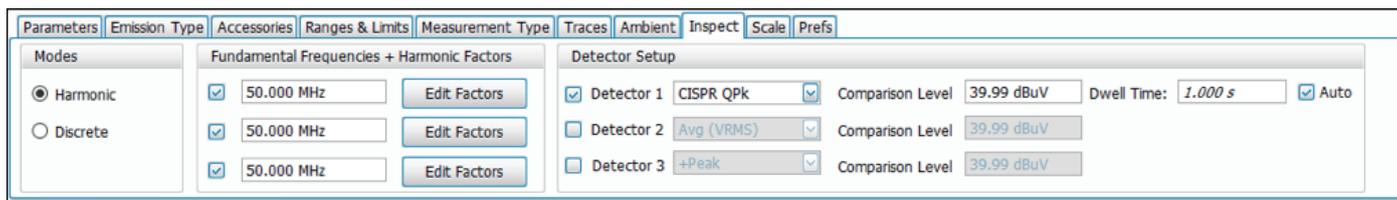


図22. 高調波測定 of Inspect 表示

高調波モード

高調波モードでは、疑わしい周波数は基本周波数の高調波として扱われます。

検波器は、Detectors Setup のドロップ・ダウンから選択できます。最大で3種類の検波器が選択できます。比較レベルも検波器ごとに選択できます。滞留時間も設定できます。

高調波の次数は、Edit Factors をクリックすることで基本周波数ごとに入力できます。最終的な周波数は、基本周波数×高調波の次数で計算されます。Edit Harmonic Factors/RBW の表では、解析する周波数のRBWが編集できます。Auto RBW のフラグは、選択された検波器をもとにしてRBW、最終的にフェイルする周波数バンドが設定されます。

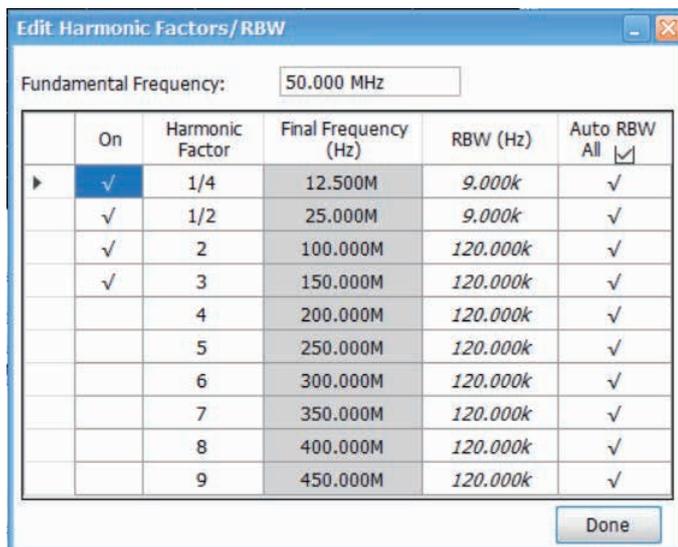


図23. 高調波の次数は基本周波数ごとに入力できる

Inspect Suspect の周波数表示で Single または Continuous をクリックすると、検査の結果が表示され、それぞれの比較レベルと比較されます。不良の場合は赤で表示されます。

Inspect Suspect の周波数は、Single (すべての疑わしい周波数が解析されると停止) または Continuous (停止するまで結果テーブルを更新し続ける) のモードで実行されます。

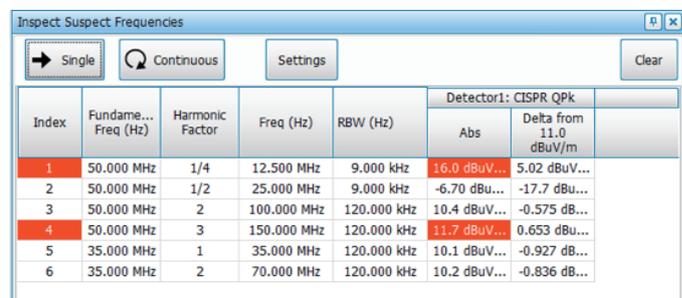


図24. Inspect Suspect Frequencies は Single または Continuous のモードで実行される

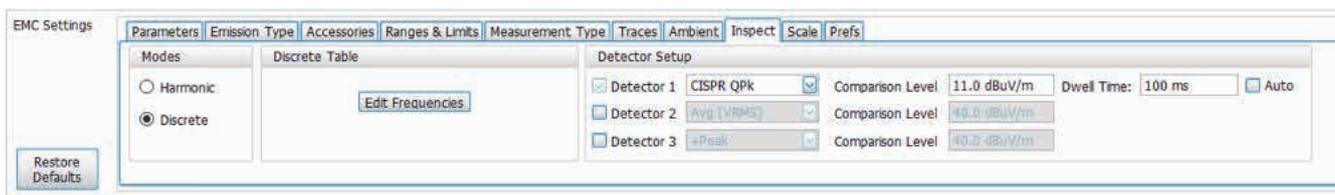


図25. Discreteモードでは疑わしい周波数のリストが表示される

Discreteモード

1. Discreteモードでは、Edit Frequenciesをクリックすることで疑わしい周波数のリストが作成できます。
2. 検波器は、Detectors Setupのドロップ・ダウンから選択できます。最大で3種類の検波器が選択できます。比較レベルも検波器ごとに選択できます。
3. 疑わしい周波数は、Edit Frequenciesボタンをクリックすることで入力できます。
4. 疑わしいリストは、Load from Emission resultsからもロードでき、スキャンで得られたEmission Resultsテーブルに記録されているトップ15のスポットがロードされます。

5. Emission Resultsテーブルにスポットがリストされていない状態でLoad from Emission resultsがクリックされると、以下のような警告メッセージが表示されます。



図27. Emission Resultsテーブルにスポットがリストされていない場合の警告メッセージ

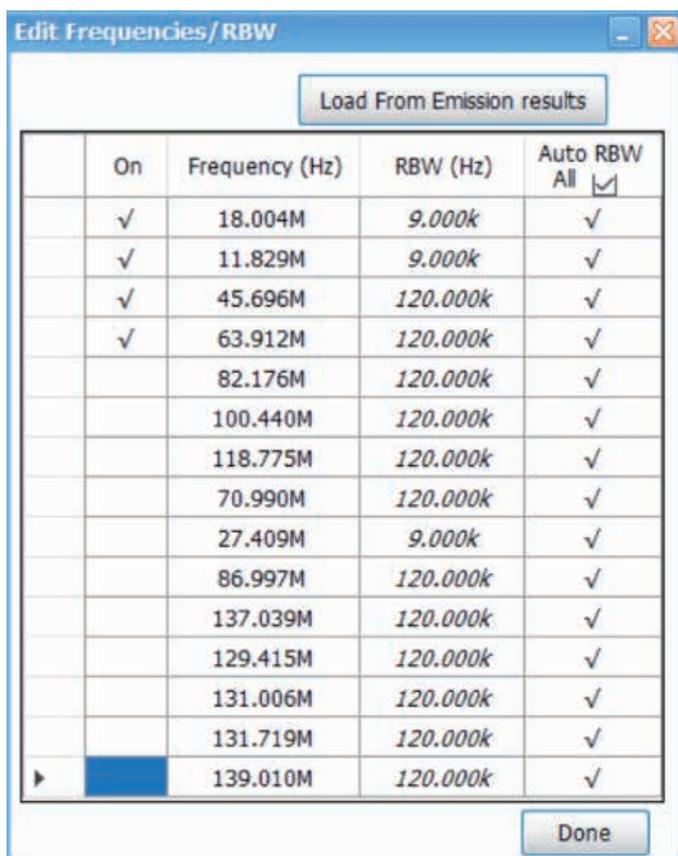


図26. 疑わしいリストはLoad from Emission resultsからロードできる

6. Inspect Suspect Frequencies表示でSingleまたはContinuousをクリックすると、以下のようにDiscreteモードで検査結果が表示されます。結果はそれぞれの比較レベルと比較され、不良は赤で表示されます。

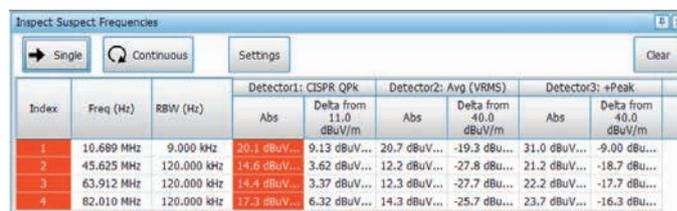


図28. Discreteモードの検査結果はそれぞれの比較レベルと比較される

スキャン結果ではスキャンごとに新たに計算されますが、Inspect Suspect Frequencies表示では、すべての検波器の結果は過去の取込みの最高値が維持されます。Clearをクリックすると、すべての検波器の結果はクリアされます。これにより、CISPR Quasi Peakなどの検波器で短い滞留時間を設定したとしても、高速な解析/更新の繰り返しで安定した結果が得られます。

注：詳細な情報については、制御パネル設定の検査 (Inspect) の項目をご参照ください。

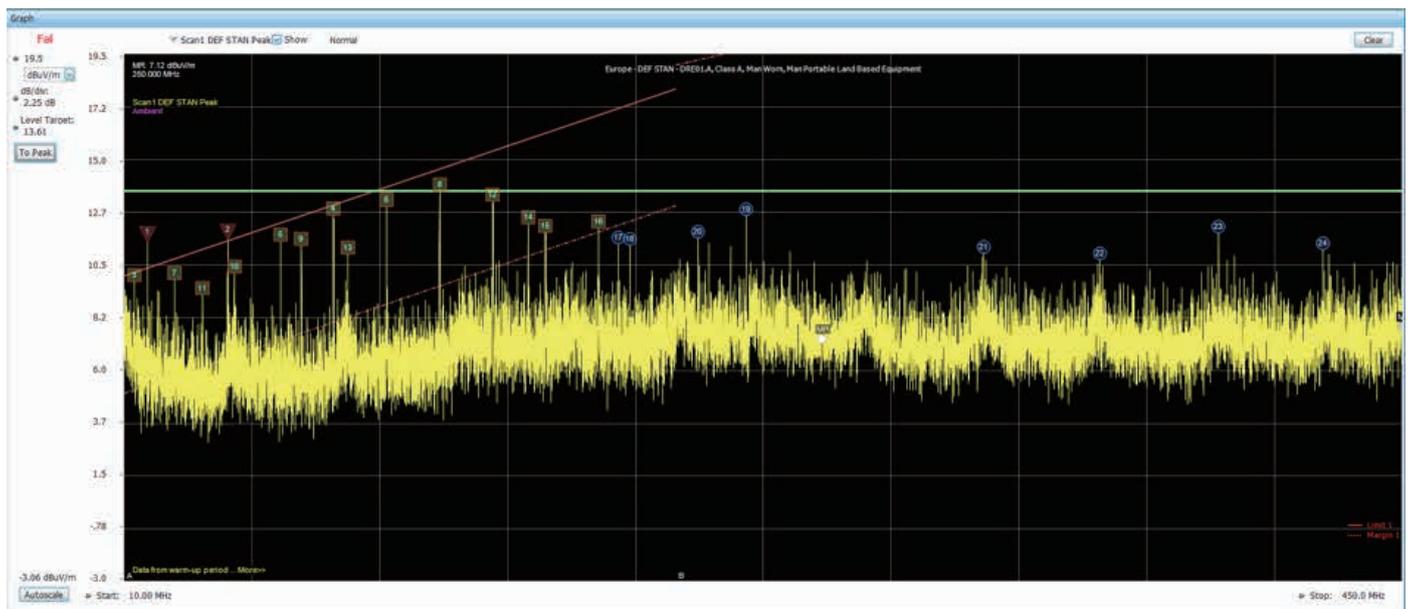


図29. Level Targetを使用してスキャンのピークに割り当て、次のスキャンのための比較レベルを維持する

LEVEL TARGET

Level Targetは、ディスプレイ上で設定可能なインジケータであり、マウスで移動できます。アクティブな波形のピークに設定することもできます。このツールは、4種類の表示 (EMC-EMI、スペクトラム、DPX、スプリアス) で利用できます。アクティブ波形でLevel Targetに変更すると、他の表示でも変更できます。

Level Targetを使用してスキャンのピークに割り当て、次のスキャンのときに前回の結果と新しいスキャンのレベルを比較できます。

1. Setup → EMC → Level Targetと選択するか、EMCツールバーでLevel Targetをクリックします。
スペクトラムが開いていない場合はスペクトラムが開き、Level Targetが表示されます。スペクトラムがすでに開いている場合は、Level TargetをクリックするたびにLevel Targetの表示が切替ります。
2. 垂直軸コントロール部またはPrefs Control PanelのTo Peakをクリックすると、レベル・ターゲットは波形のピークに移動します。
3. 設定パネルのPrefs タブのShow Level Targetのチェックボックスの設定により、Level Targetのインジケータの表示のオン/オフが切り替えられます。

波形の比較

このトラブルシュート・ツールを使用すると、波形が比較できます。最大で2つのライブ・スキャン波形、3つのスポット波形、5つの保存波形、1つの演算波形（任意の2つの波形の引き算）が比較できます。波形の凡例もグラフに表示されます。

スキャン結果とスポット結果は、波形の形式で保存されます。それぞれの結果は異なった波形で保存されます。

このTracesのタブには、保存されたライブ波形、呼び出された波形、演算波形のリスト情報が表示されます。



図30. 波形の比較メニュー

設定	概要
Live Traces	スキャンまたはスポット再測定の最後の測定の波形結果
Selected	リストで選択された波形を指定します。波形をアクティブにする目的でも使用できます（アクティブ波形はグラフの上部からでも選択できます）。アクティブ波形を選択すると、波形は他のグラフの上部に表示されます。複数の波形を同時に表示させる場合に便利です。
Show	選択された波形の表示をオン／オフします。
Trace Name	波形の名称を指定します。ライブ波形では、検波器と測定を追加することで設定されます（スキャンされたか、スポットの再測定かによって Scan または Spot になります）。Scan または Spot の後の番号は、Measurement タブのスキャンとスポット再測定で選択された検波器の数になります。
Function	波形で実行する機能を指定します。Live Traces のスキャン波形でのみ機能します。
Count	Function が Normal (Max Hold、Average など) でない場合、Function の数を指定します。Function が Normal の場合、Count は 1 になり、編集できません。
Quick Save for Compare	このボタンを押すと、選択されたライブ波形はデバイスに自動的に保存され、空いている Recalled Traces の行に読み込まれます。検索は、Recall 1 から Recall 5 まで、この順序で実施されます。比較で利用可能な Recall Trace を示す、時間限定のポップ・メッセージが表示されます。 Recalled Trace に空きがない場合、Quick Save for Compare をクリックすると、デバイスに波形が保存され、Recall 1 として波形が読み込まれます（先に読み込まれた Recall 1 と置き換わります）。しかし、置き換えられたファイルは参照でき、Recall to Selected Trace をクリックして読み込むことができます。Quick Save for Compare で保存されたすべての波形は、SignalVu-PC のファイル・ディレクトリに保存されます。
Save Selected Trace As	後で読み出して解析するよう、選択された波形を保存します。このボタンは、Live Trace が選択され、選択された波形が保存された場合にのみ有効になります。
Recalled Traces	
Selected	選択した波形を指定します（Recalled Trace も有効になり、表示上部に移動します）。選択された Recalled の波形と Limit 1 の比較をもとにしたスポットで Emission Results のテーブルが追加されます。
Show	選択された波形の表示をオン／オフします。
Trace Name	保存した波形の名称を指定します。
Trace File Path	読み込む波形ファイルのパスを指定します。
Recall to Selected Trace	Selected Recalled Traces の行に読み込んで解析する波形を指定します。
Math Trace	
Show	演算波形の表示をオン／オフします。
Freeze	演算波形をフリーズします。
Save Trace As	後で読み出して解析するよう、波形をファイルに保存します。
Show Recalled Trace	ライブ波形ではなく、保存されている波形を表示します。
Trace Selections for Math	引き算で使用する波形を、2つのドロップ・ダウンから選択します。すべての波形ポイントで Trace 1—Trace 2 が実行されます。

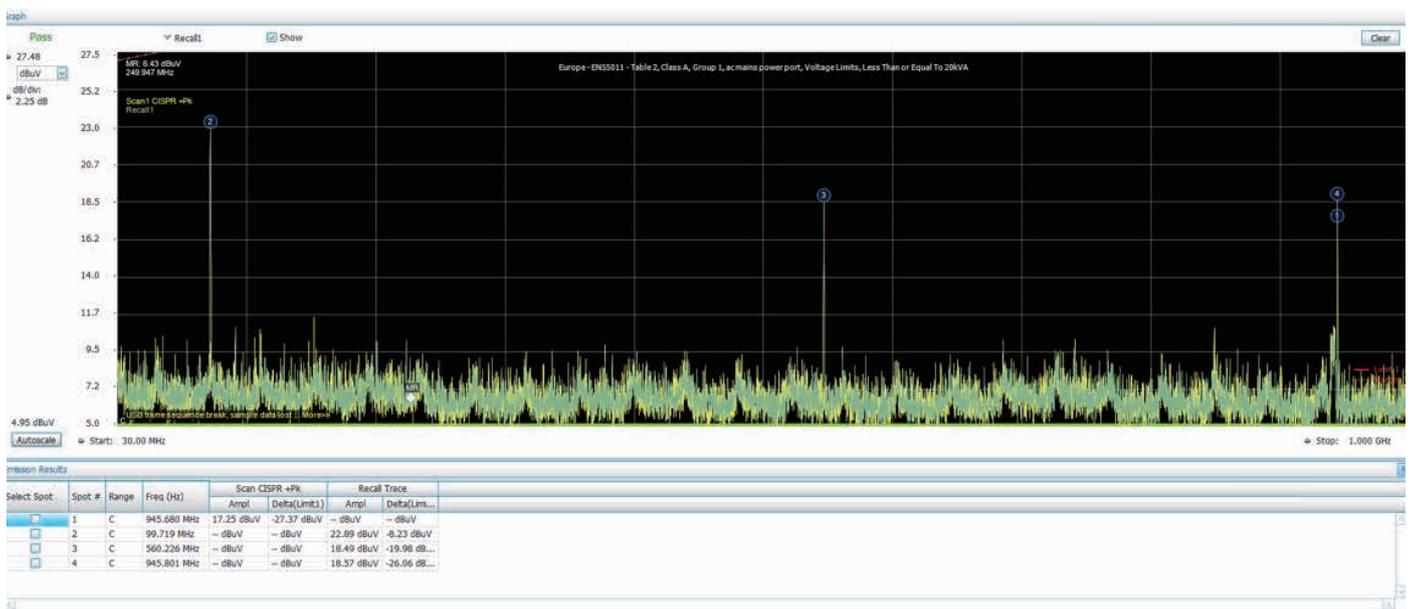


図31. Emission Results テーブル

波形の保存

後から解析するための波形の保存手順を以下に示します。

1. Live Traceを選択します。
2. Save Selected Trace As ボタンを選択します。Save As ダイアログ・ボックスが表示されます。
3. フォルダを指定するか、デフォルトを使用します。
4. 保存する波形の名称を入力してSaveをクリックします。

波形の読み出し

以前保存した波形を読み出し、後から解析したり、ライブ波形と比較することができます。

読み出す波形を選択する手順を以下に示します。

1. 波形を読み込む Recalled Traces の行を選択します。
2. Recall to Selected Trace ボタンを選択します。Open ダイアログ・ボックスが表示されます。
3. フォルダを指定するか、デフォルトを使用します。
4. 開く波形を選択してOpenをクリックします。
5. Recalled Trace がグラフ上にプロットされ、Limit 1と比較され、結果はEmission Results テーブルに表示されます。

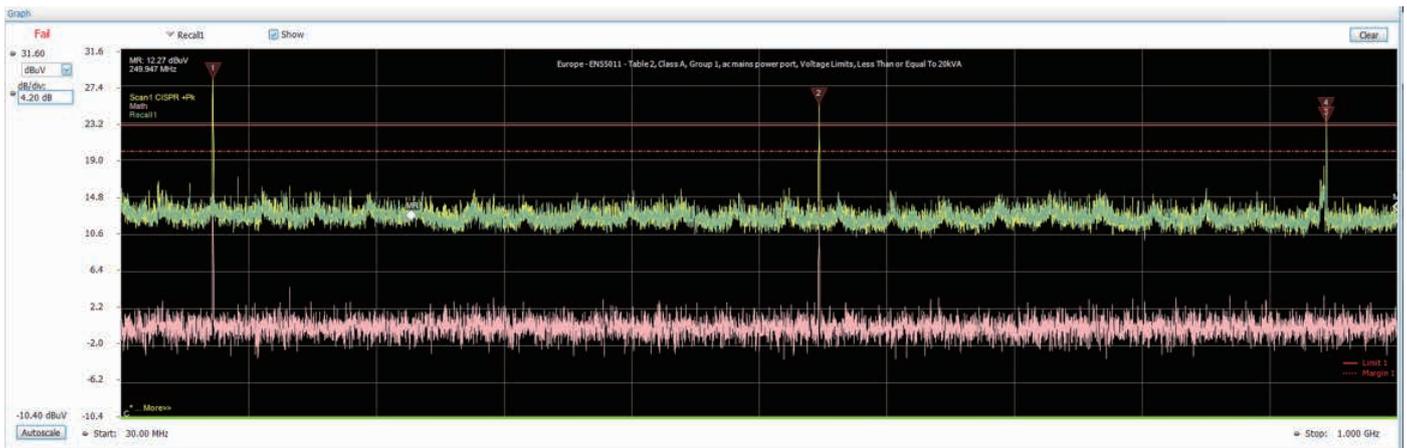


図32. Math 波形は、2つの波形の差が演算されたものになる

演算波形

Math 波形は、2つの波形の差が演算されたものになります。ライブ波形、読み込まれた波形、周囲波形から2つの波形を選んで差を演算します。

- ドロップ・ダウンで表示される波形リストから波形を選択します (Trace1とTrace2)。
- 波形は、ライブ・スキャン波形、5つの読み込まれた波形、または周囲波形から選択できます。
- 2つの波形の差が $\text{Trace1} - \text{Trace2}$ で演算されます。
- 結果波形は、Showのチェックボックスにチェックを入れるとグラフ領域に表示され、Freezeのチェックボックスにチェックを入れることで固定できます。
- 結果波形は、Save Trace Asをクリックすることでファイルに保存できます。
- 保存された波形は、フォルダを指定して読み出して解析できます。Mathの下で波形が読み出されると、Show、Freeze、演算のための波形選択などの機能は無効になります。
- 演算機能は、Ranges & Limitsの設定の各レンジで実行されます。
- レンジのスペンまたは波形ポイントが合わない場合、例えば演算波形では次のようなエラー・メッセージが表示されます。
 - “No Math trace: Unmatched trace X range”
 - “No Math trace: Unmatched trace lengths”
- 演算波形はY軸がログで、差分波形はdB値の引き算で計算されます。

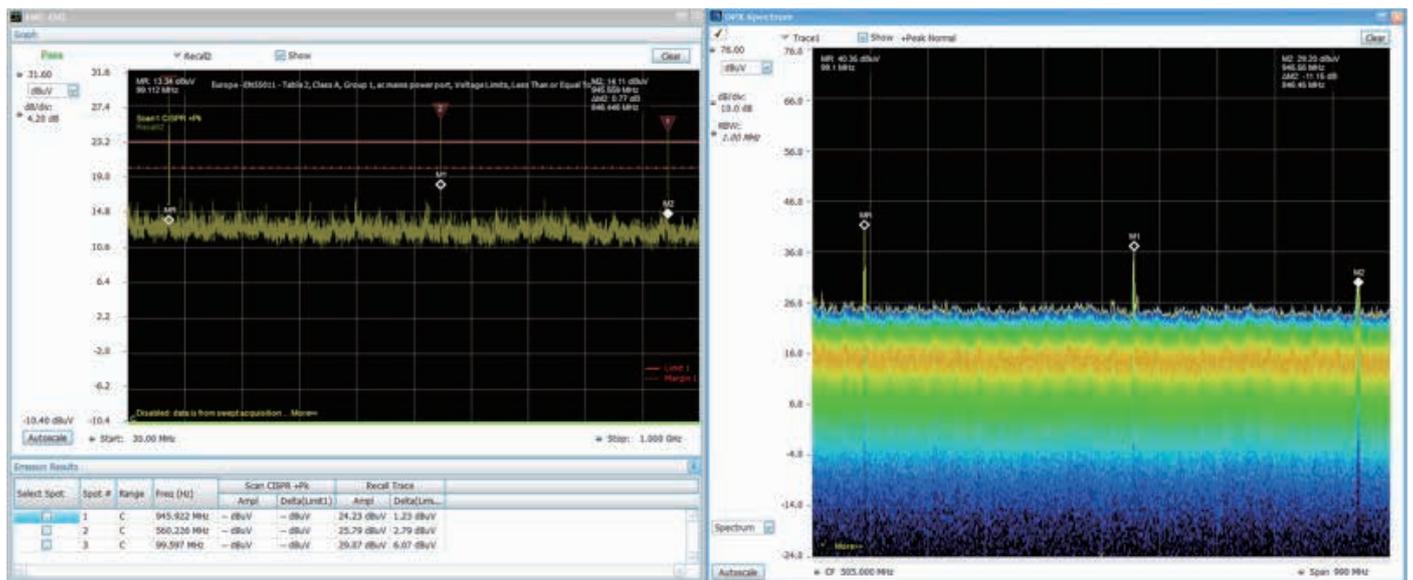


図33. 当社リアルタイム・スペクトラム・アナライザのユニークなDPXスペクトラム表示機能は、数十μs以上であればどんな信号でも瞬時に取込んで表示できる

パーシスタンス表示

トラブルシュート・ツールであるDPX表示は、複数の取込みによるパーシスタンス表示が行えます。DPXは高速であるため、過渡的なエミッションであっても取込むことができます。

当社リアルタイム・スペクトラム・アナライザのユニークなDPXスペクトラム表示機能は、毎秒10,000回までのスペクトラム測定を処理することができ（正確な数は機種によって異なる）、また数十μs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。カラー・グレーディング表示は、

信号の発生頻度を表しています。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。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。

Setupをクリック → EMC → Persistence DisplayまたはEMC ToolbarでPersistence Displayをクリックすると、DPXが開きます。

近接界ツールによるデバッグ

遠方界での試験は、製品の合否を正確に判定することはできませんが、問題点をピンポイントに特定することはできません。遠方界の試験だけでは、金属筐体の開口部から大きなRFエネルギーが漏れているのか、ケーブルから過大なRFエネルギーが放射されているのかなど、特定のコンポーネントまたは位置まで問題点を特定することはできません。このような放射源を特定するには、スペクトラム・アナライザと近接界プローブを使用して近傍界テストを行います。

EMI用の近接界プローブは、特定のエリアの電界 (E) または磁界 (H) を取込むための電磁ピックアップであり、スペクトラム・アナライザで使用します。当社は、大きさ、感度、周波数範囲など、さまざまな組み合わせのプローブ・キット (EMI-NF-PROBE) を提供しており、問題解決に適したサイズのプローブが用意されています。磁界または電界のプローブ選択は、回路内の信号の位置、または信号源の性質 (電圧源または電流源) を元に決定します。例えば、金属シールドのために電界が抑え込まれている場合は、磁界プローブを使用する必要があるかもしれません。近接界プローブは、被測定デバイス近くの信号を拾うのに必要になります。近接界プローブを使用したEMI問題のトラブルシュートの詳細については、当社のアプリケーション・ノートをご覧ください。¹ 当社はまた、電界で使用し、測定値を大きくするための近接界プローブ用アンプ (EMI-NF-AMP) も用意しています。



図34. 近接界プローブを使用すると、不要なRFエミッションの場所を特定できる

まとめ

EMIコンプライアンス・テストで不合格になると、追加のコストが必要になり、製品の開発スケジュールに影響を及ぼすことがあります。しかし、プリコンプライアンス・テストをセットアップすることで、問題となる領域を特定し、認証試験サイトに持ち込む前に直すことができます。テクトロニクスは、低コストのプリコンプライアンス・テスト機能を提供しており、製品がEMI認定されるまでの費用を抑え、スケジュールを短縮することが可能になります。

¹「実践的なEMIトラブルシュート」、jp.tek.com/document/application-viewer/troubleshooting-emi-problems

付録

レンジ／リミットの設定

Range & Limitsのタブを使用すると、EMC-EMI測定のためのパラメータが設定できます。Range & Limitsのタブを選択すると、レンジの開始／停止周波数、スポット (Emission Result テーブルのリスト用) を定義するパラメータ、リミット・テストのためのパス／フェイルのパラメータが設定できます。

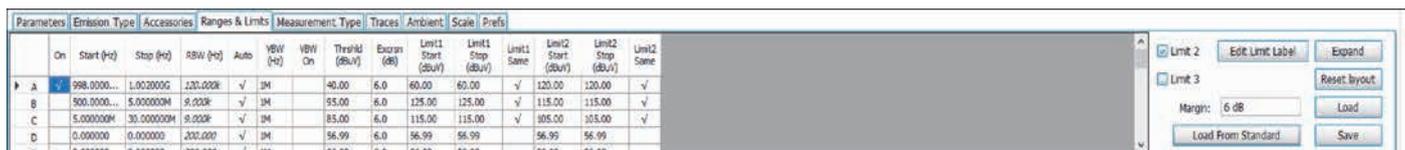


図35. Ranges & Limitsのメニュー

設定項目	概要
Expand	Ranges & Limitsのテーブルを、新しく、リサイズ可能なウィンドウで表示する
Reset layout	表の列をドラッグして移動することにより、Ranges & Limitsのテーブルの列を入れ替えできる。Reset Layoutをクリックすると、列の位置をデフォルトに戻すことができる
Load	クリックすると、保存されたレンジ／リミットのテーブルがファイルからロードされる
Save	クリックすると、現在のレンジ／リミットのテーブルをファイルに保存する
Limit 2	Limit 2が設定できる
Limit 3	Limit 3が設定できる
Margin	クリックすると、マージンの値が設定できる
Load from Standard	クリックすると、規格で定義されているレンジ／リミットのテーブルがロードされる
Edit Limit Label	クリックすると、リミットのラベルが編集できる

レンジ／リミットのテーブルは、以下の2通りで編集できます。

- Range & Limitsのタブから値を直接編集します。複数のレンジが選択されている場合は、タブをスクロールすることですべての項目が編集できます。
- **Expand**をクリックします。レンジ／リミットのテーブルがフル・スクリーンのサイズになって新しいウィンドウで表示されます。

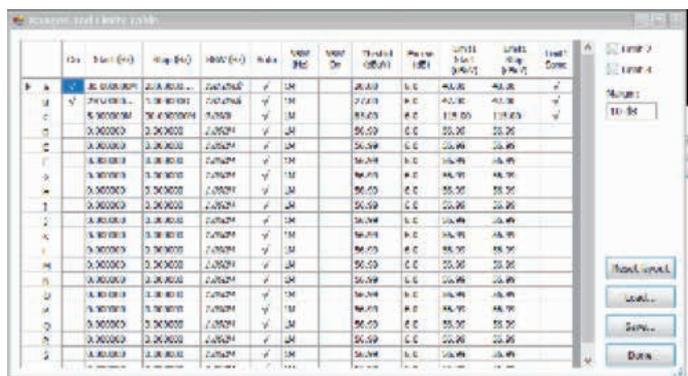


図36. Ranges & Limitsのタブで値を直接編集する

レンジ／リミットのテーブルで設定するパラメータを以下に示します。

レンジ／リミットの設定	
設定項目	概要
On	特定のレンジで測定するかどうかを設定する
Start (Hz)	選択したレンジの開始周波数
Stop (Hz)	選択したレンジの停止周波数
RBW (Hz)	選択したレンジの分解能帯域幅を設定する
Auto	RBWを自動的に設定する。CISPRの規格では、周波数レンジによってRBWは決まる
VBW (Hz)	VBW (ビデオ帯域) の値を調整する。VBW Maximum : 現在のRBWの値、VBW Minimum : RBWの設定の1/10,000
VBW On	VBW フィルタを適用するかを設定する
Threshld (dBuVまたはdBuV/m)	信号ピークがスポットとして認識されるべきしきい値 (スレッシュホールド) を設定する。スポットとして認識されるためには、信号ピークはExcursionの設定値も超える必要がある
Excrsn (dB)	信号ピークがスポットとして認識されるべきピーク振幅を設定する。スポットとして認識されるためには、信号トランジションもスレッシュホールドの設定値を超える必要がある。スポット間において、振幅はExcursionの値低下する必要がある
Limit 1/2/3 Start (dBuVまたはdBuV/m)	開始周波数でのリミットを設定する
Limit 1/2/3 Stop (dBuVまたはdBuV/m)	停止周波数でのリミットを設定する。周波数レンジのリミット値は、Limit StartとLimit Stop間の直線補間で計算される。開始／停止の周波数の値は、選択されたスケールに応じてリニアまたはログになる
Limit 1/2/3 Same	開始／停止のリミットを同じ設定にする
Limit 2	Limit 2が設定／表示できる
Limit 3	Limit 3が設定／表示できる
Margin	クリックすると、マージンの値が設定できる (すべてのリミットに適用される)
Reset layout	表の列をドラッグして移動することにより、Ranges & Limitsのテーブルの列を入れ替えできる。Reset Layoutをクリックすると、列の位置をデフォルトに戻すことができる
Save	クリックすると、現在のレンジ／リミットのテーブルをファイルに保存する
Load	クリックすると、保存されたレンジ／リミットのテーブルがファイルからロードされる
Done	変更を保存し、レンジ／リミット・テーブルのウィンドウを閉じる

規格からロードする

ロード手順：

1. Range & Limits タブで Load From Standard をクリックします。
2. ドロップ・ダウンから地域を選択します。
3. ドロップ・ダウンから規格を選択します。
(規格のバージョンに応じたリミット・ライン・テーブルがリストされます。) 独自のテスト・セットアップ、その他の詳細で規格を作成する必要があります。
4. テストするEUTで必要なリミット・テーブルをドロップ・ダウンから選択します。
5. OK をクリックし、このタブの Ranges/Limits、Measurements タブの検波器選択／リミット・ライン・マッピングをロードします。

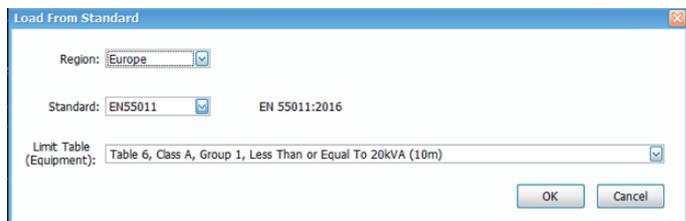


図37. Load From Standard ボタンから規格ごとにレンジ／リミットを設定する

レンジの開始／停止周波数の変更

レンジの開始／停止周波数を変更するには、レンジ／リミット・テーブルで開始／停止周波数を編集します。

1. **Settings** で **Expand** ボタンをクリックし、**Range and Limits** タブをクリックします。レンジ／リミット・テーブルが表示されます。
2. 測定するレンジの **On** のボックスにチェックを入れます。
3. **Start** または **Stop** の周波数設定にチェックを入れて変更します。周波数の数字と乗数のアルファベットを入力します。周波数の乗数としては、k、m または g が使用できます。
4. **Done** をクリックすると変更が保存されます。

スポット要件の設定

スポットは、Ranges and Limits の表にある Threshold と Excursion の両方の設定を超えるシングル・ピークです。Threshold と Excursion の設定は、選択されたレンジに固有のもので、さまざまなレンジで異なる設定を使用する場合は、それぞれのレンジで個別に値を設定する必要があります。Excursion のコントロールは、スポット間の Excursion 量で落とす振幅を求められることで、シングル・スポットが複数のナロー・スポットとして認識されることを防ぐために使用されます。Threshold の値を大きくすることは、小さい信号、大きい信号がスポットとして認識されることを意味します。

以下の手順でレンジのスポット要件を設定します。

1. **Range and Limits** タブの **Expand** をクリックします。レンジ／リミット・テーブルが表示されます。
2. スポット要件を設定する **Range (A~T)** を選択します。
3. **Thrshld** の値を設定します。
4. **Excrsn** の値を設定します。

注：スポットの仕様は、Parameter タブの List Spots の選択にも依存します。デフォルトでは、この選択肢は All Spots になっており、Thrshld (Excrsn 違反を仮定して) を超えるすべての周波数ピークがスポットとして認識され、Emission Results タブにリスト表示されます。Over Limit では、リミットを超えた周波数ピークのみがスポットと認識され、Emission Results タブにリスト表示されます。もう一つの選択肢が Over Limit with Margin であり、Limit line with Margin に違反するもののみ周波数ピークと認識されます。

リミットの設定

Ranges & Limits テーブルの Limits 設定により、EMC-EMI 測定の合否パラメータが設定できます。Mask 設定でオフ以外の値を設定すると、設定されたリミットを超えた信号ピークは違反と認識され、画面には Fail が表示されます。リミットを超える信号ピークがない場合、画面には Pass が表示されます。Margin では、リミット・ライン周囲にマージンを設定できます。リミット・ライン違反の周波数ピークは、グラフと Emission 結果セクションで赤く表示されます。リミット・ラインのみの違反では、オレンジで表示されます。

パス／フェイル・リミット・テストの実行

以下の手順でリミットを設定します。

1. **Range and Limits** タブの **Expand** をクリックします。レンジ／リミット・テーブルが表示されます。
2. テストする各レンジで必要となる開始／停止周波数を調整します。
3. テストするレンジの **On** のボックスにチェックが入っていることを確認します。
4. **Start**、**Stop** でリミットを設定します。
5. **RBW** と **VBW** を設定します。
6. **Thrshld** と **Excrsn** の値を確認します。この値でスポットが設定されます。
7. **Done** をクリックすると変更が保存され、レンジ／リミットのウィンドウが閉じます。
8. **Run** をクリックするとテストを実行します。

注：すべてのパラメータはマニュアルで設定できます。または、ファイルからロードしたり、特定の規格からロードすることもできます。

アクセサリ

テクトロニクスは、アンテナ、LISN (Line Impedance Stabilization Networks)、プリアンプを含む有効なアクセサリ、または伝導／放射テスト用の2種類の包括アクセサリ・バンドルを用意しています。これらのアクセサリは、テクトロニクスによってゲイン／ロスを含む特性が検証され、EMCVuにプリロードされており、セットアップが簡単に行え、優れた確度で測定できます。

アンテナ

EMI-BICON-ANT型

EMI-BICON-ANT型は、折り畳み可能なエレメントを持ち、25MHz～300MHzの周波数範囲で動作する、広帯域、直線偏波のバイコニカル・ダイポール・アンテナです。フルサイズのバイコニカル・エレメント(54cm ケージ径)を両側に持ち、5cm 径まで折りたたむため、輸送／保管が容易です。



図38. EMI-BICON-ANT型バイコニカル・アンテナ

EMI-BICON-ANT型バイコニカル・アンテナは、認証レベルの規格適合性測定 (FCC、CE、MIL 規格、RTCA DO-160、FDA、SAE Automotive など) のためのEMIテスト・アンテナです。

EMI-BICON-ANT型の特性(アンテナ次数)を以下に示します。

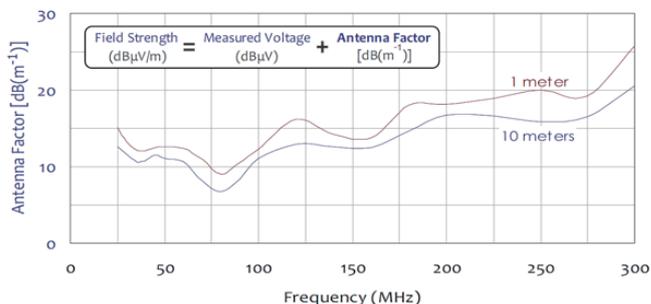


図39. EMI-BICON-ANT型のアンテナ次数

この次数は、Settingsコントロール・パネルのAccessoriesタブに、またはEMCVuのSetupウィザードからロードできます。このファイルは、ソフトウェアをC:\SignalVu-PCFiles\EMC_Accessoriesにインストールすることで利用できます。

EMI-CLP-ANT型

EMI-CLP-ANT型は、200MHz～1GHzの周波数レンジで動作する、広帯域、直線偏波のログ・ペリオディック・ダイポール・アレイ(LPDA)アンテナで、300MHz～1GHzで優れた効率を備えています。

EMI-CLP-ANT型コンパクト・ログ・ペリオディック・アンテナは、認証レベルの規格適合性測定 (FCC、CE、RTCA DO-160、FDA、SAE Automotive など) のためのEMIテスト・アンテナです。



図40. EMI-CLP-ANT型ログ・ペリオディック・大ポール・アレイ(ログペリ)アンテナ

EMI-CLP-ANT型は、EMITRIPOD型三脚（テクトロニクスのアクセサリとして提供される）に取り付けることができます。

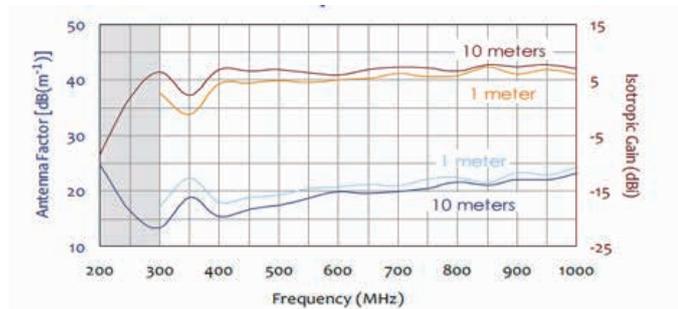


図41. EMI-CLP-ANT型のアンテナ次数

EMI-TRIPOD型用

EMI-BICONANT型の支持構造体で推奨されるのが、EMI-TRIPOD型用アンテナ三脚です。付属されているアクセサリがEMI-TRIPOD型用アンテナ・パイプ・ホルダであり、EMI-BICON-ANT型の2.5cm径のパイプをしっかりと固定します。次に、1/4" × 20のネジ穴で三脚またはマストに固定します。



図42. EMI-TRIPOD型用アンテナ三脚

プリアンプ

EMI-PREAMP型

EMI-PREAMP型は、1MHz～1GHzの周波数範囲で動作する、広帯域、高利得、低ノイズのプリアンプです。プリアンプは高利得 (33dB ± 3dB)、低ノイズ・フィギュア (3.3dB未満) であり、テスト・チャンバ、オープン・エリアのテスト・サイトまたはTEMセルでのEMI測定システムの最適化に適しています。

EMI-PREAMP型は、内蔵のリチャージャブル・バッテリー・パック、またはAC電源アダプタ/バッテリー・チャージャで動作します。プリアンプは、フル充電で13時間以上動作します。バッテリー容量が低下すると警告インジケータが点灯し、充電中は充電インジケータが点灯します。充電できない状態であっても、EMI-PREAMP型はバッテリー電圧をモニタし、ゲインが不安定になる十分前に電源をオフにするため、安心してテストを続けることができます。バッテリー動作でも、ACアダプタの動作であっても、プリアンプがオンになっていれば出力は安定し、ゲインは一定に保たれるため、安心して使用できます。



図43. EMI-PREAMP型広帯域、高利得、低ノイズ・プリアンプ

放射EMIテストのほとんどすべての測定システムは、プリアンプで必要な感度を得る必要があります。

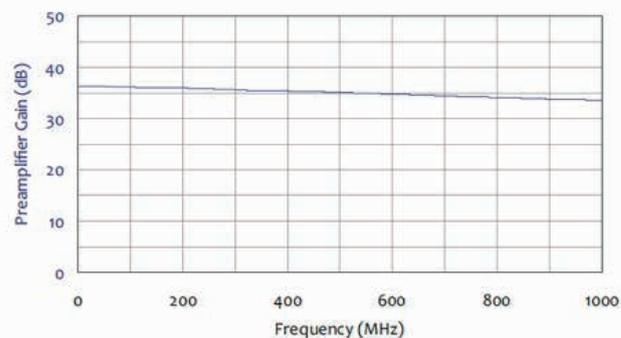


図44. EMI-PREAMP型のゲイン

TBLC08型50 μ H AC-LISN - TEKBOX

TBLC08型は、CISPR16規格の9kHz～30MHzにおける、電源による伝導妨害測定のためのLISN (Line Impedance Stabilization Network、疑似電源回路網) です。単相、260VまでのAC電源機器のテストのために設計されています。伝導ノイズは、電力線と中性線で測定できます。TBLC08型には、切替可能なリミッタ／アッテネータが装備されています。

LISNは電源ラインを安定させ、電源ラインに戻るエネルギー量を測定します。LISNは、電源が入ると前面パネルにある電源ソケットからEUT (Equipment Under Test、被測定機器) に電源を供給します。電源ラインから戻ったエミッションはRF OUTから出力されて、レシーバまたはスペクトラム・アナライザで測定できます。

LISNは電源ラインを安定させ、電源ラインに戻るエネルギー量を測定します。LISNは、電源が入ると前面パネルにある電源ソケットからEUT (Equipment Under Test、被測定機器) に電源を供給します。電源ラインから戻ったエミッションはRF OUTから出力されて、レシーバまたはスペクトラム・アナライザで測定できます。



図45. TBLC08型疑似電源回路網 (LISN)

お問い合わせ先：

オーストラリア 1 800 709 465
オーストリア 00800 2255 4835
バルカン諸国、イスラエル、南アフリカ、その他ISE諸国 +41 52 675 3777
ベルギー 00800 2255 4835
ブラジル +55 (11) 3759 7627
カナダ 1 800 833 9200
中央／東ヨーロッパ、バルト海諸国 +41 52 675 3777
中央ヨーロッパ／ギリシャ +41 52 675 3777
デンマーク +45 80 88 1401
フィンランド +41 52 675 3777
フランス 00800 2255 4835
ドイツ 00800 2255 4835
香港 400 820 5835
インド 000 800 650 1835
インドネシア 007 803 601 5249
イタリア 00800 2255 4835
日本 81 (3) 6714 3086
ルクセンブルク +41 52 675 3777
マレーシア 1 800 22 55835
メキシコ、中央／南アメリカ、カリブ海諸国 52 (55) 56 04 50 90
中東、アジア、北アフリカ +41 52 675 3777
オランダ 00800 2255 4835
ニュージーランド 0800 800 238
ノルウェー 800 16098
中国 400 820 5835
フィリピン 1 800 1601 0077
ポーランド +41 52 675 3777
ポルトガル 80 08 12370
韓国 +82 2 6917 5000
ロシア +7 (495) 6647564
シンガポール 800 6011 473
南アフリカ +41 52 675 3777
スペイン 00800 2255 4835
スウェーデン 00800 2255 4835
スイス 00800 2255 4835
台湾 886 (2) 2656 6688
タイ 1 800 011 931
イギリス、アイルランド 00800 2255 4835
アメリカ 1 800 833 9200
ベトナム 12060128

2017年4月現在



jp.tek.com

テクトロニクス／ケースレーインズツルメンツ

お客様コールセンター：技術的な質問、製品の購入、価格・納期、営業への連絡

TEL: 0120-441-046 ヨク良い オシロ 営業時間／9:00～12:00・13:00～18:00
(土日祝日および当社休日を除く)

サービス・コールセンター：修理・校正の依頼

TEL: 0120-741-046 なんと良い オシロ 営業時間／9:00～12:00・13:00～17:30
(土日祝日および当社休日を除く)

〒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

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。

Copyright © 2018, Tektronix. All rights reserved. TEKTRONIX およびTEK はTektronix, Inc. の登録商標です。
記載された製品名はすべて各社の商標あるいは登録商標です。

2018年4月 37Z-61324-0