

Keysight Technologies

伝導性／放射性エミッションの測定

Application Note



目次

1.0 放射性／伝導性エミッション測定の概要	3
1.1 プリコンプライアンスEMI測定とフルコンプライアンスEMI測定.....	4
1.2 プリコンプライアンス測定用システム.....	4
2.0 プリコンプライアンス測定のプロセス	5
2.1 欧州規格(EN)の概要.....	5
2.1.1 EN55011(CISPR 11)ISM.....	5
2.1.2 EN55014(CISPR 14).....	6
2.1.3 EN55022(CISPR 22).....	6
2.2 FCC(Federal Communications Commission).....	6
2.2.1 FCC要件のまとめ.....	6
3.0 エミッションテスト	7
3.1 はじめに.....	7
3.2 伝導性エミッションテスト.....	7
3.3 放射性エミッション測定の前準備.....	10
3.4 放射性エミッション測定用の機器のセットアップ.....	11
3.5 放射性エミッションの測定.....	12
4.0 問題の解決とトラブルシューティング	13
4.1 診断テストのセットアップ.....	13
4.2 問題の特定.....	14
付録A：電源インピーダンス安定化回路(LISN)	15
A1.0 LISNの目的.....	15
A1.1 LISNの動作.....	15
A1.2 LISNの種類.....	16
A2.0 トランジェントリミッターの動作.....	16
付録B：アンテナ係数	17
B1.0 電界強度の単位.....	17
B1.1 アンテナ係数.....	17
B1.2 放射性測定に使用するアンテナの種類.....	17
付録C：基本的な電気知識	18
付録D：EMI測定に用いられるディテクター	18
D1.0 ピーク検波器.....	18
D1.1 ピーク検波器の動作.....	18
D2.0 準尖頭値検波器.....	19
D2.1 準尖頭値検波器の動作.....	19
D3.0 アベレージ検波器.....	20
D3.1 アベレージ検波器の動作.....	20
付録E：EMC承認機関	21
用語集	23

1.0 放射性/伝導性エミッション測定の概要

製品をスケジュール通りに予算の範囲内で市場に出すことは、変わることのない課題です。最近では、電磁波障害(EMI)のコンプライアンステストが、製品開発プロセスのボトルネックになっています。そのため、プリコンプライアンステストが開発サイクルに追加されています。プリコンプライアンステストでは、デザインから製造ユニットまでのEMC(電磁環境適合性)性能を評価します。図1に、代表的な製品開発サイクルを示します。

多くのメーカーは、フル・コンプライアンス・テストの前に、EMI測定システムを使用して、伝導性/放射性EMIエミッションの評価を行ないます。伝導性エミッションテストは、被試験機器(EUT)から発生するAC電源ライン上の不要な信号を測定します。このような商用測定の周波数レンジは、地域によって異なりますが、9 kHz ~ 30 MHzの範囲です。放射性エミッションテストでは、EUTから空間に放射される信号を調べます。このような測定の周波数レンジは30 MHz ~ 1 GHzであり、規制によっては、6 GHz以上に及ぶこともあります。必要なテスト周波数は、EUTの内部クロックに依存しています。この予備テストを、プリコンプライアンステストと呼んでいます。

図2に、放射性エミッション、放射性イミュニティー、伝導性エミッション、伝導性イミュニティーの関係を示します。放射性イミュニティーは、デバイスや製品の放射電磁界に対する耐性です。伝導性イミュニティーは、デバイスや製品の電源/データラインの電気障害に対する耐性です。電気ドリルによるTV受信妨害などの電磁環境適合性の問題を体験するには、信号源、結合経路、受信部が必要です。EMCの問題は、信号源、結合経路、受信部のいずれか1つのコンポーネントを除去することによって解消できます。

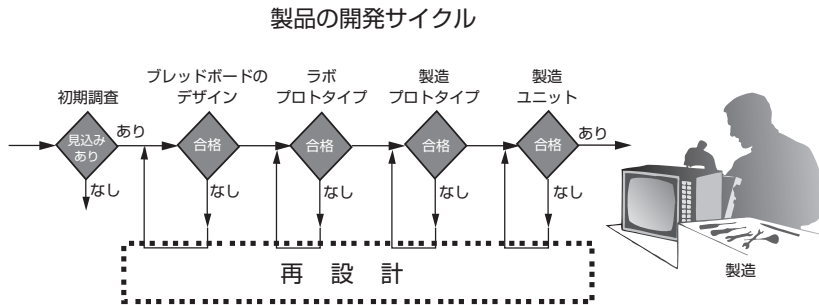


図1. 代表的な製品の開発サイクル

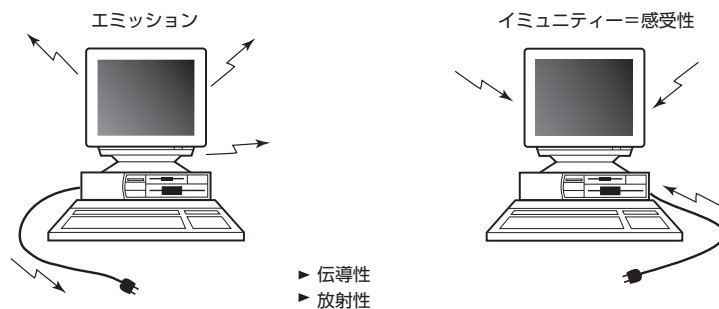


図2. 製品間の電磁環境適合性(EMC)

欧州要件の登場とともに、製品のイミュニティーがさらに注目されるようになりました。受信部が障害を起こさずに耐えられる電界のレベルが、製品イミュニティーと呼ばれます。イミュニティーという用語と感受性という用語は、同じ意味で用いられます。本書では、イミュニティーテストについては扱っていません。

1.1 プリコンプライアンスEMI測定とフルコンプライアンスEMI測定

フルコンプライアンス測定には、CISPR16-1-1で規定された要件を満たすレシーバー、認定済みのオープン・エリア・テスト・サイトまたは半電波暗室、アンテナタワーおよびEUT信号を最大化するためのターンテーブルが必要です。最高の確度と再現性を実現するために、多大な労力が払われています。このような設備は、きわめて高価になります。場合によっては、フル・コンプライアンス・レシーバーを、適切な帯域幅とディテクターを備えたシグナル・アナライザで置き換えられることもあります。このためには、シグナル・アナライザが必要な感度を備えていることが条件です。

プリコンプライアンス測定は、EUTのEMI性能のおおよその値を示すことが目的です。プリコンプライアンステストのコストは、高価な設備を使用するフル・コンプライアンス・テストに比べてはるかに安くなります。

適切なグランドプレーンの使用や測定エリア内の反射物体の数など、細部に注意を払うほど、測定確度は向上します。

1.2 プリコンプライアンス測定用システム

プリコンプライアンス測定用のシステムに用いられるコンポーネントとして、N6141C EMI測定アプリケーションを搭載したシグナル・アナライザ、電源インピーダンス安定化回路(LISN)、トランジェントリミッター、アンテナがあります。問題を特定するには、近磁界プローブN9311X-100を使用します。

プリコンプライアンステスト環境は通常、フル・コンプライアンス・テストに比べると管理が緩くなっています。プリコンプライアンステストに用いられるコンポーネントについては、図3を参照してください。

3.5 放射線エミッションの測定

EMIプリコンプライアンス測定システム

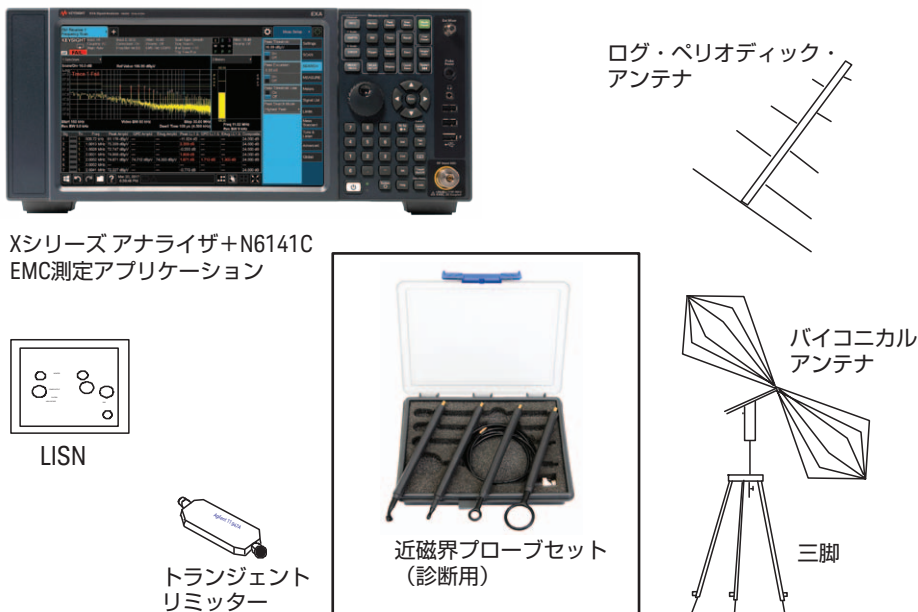


図3. 試作品評価システムのコンポーネント

2.0 プリコンプライアンス測定のプロセス

プリコンプライアンス測定プロセスは非常に簡単です。しかし、製品に対して測定を実施する前に、以下のようないくつかの事前調査を行う必要があります。

1. 製品はどこで販売されるのか(欧州、米国、日本など)?
2. 製品の分類は何か?
 - a. IT機器(ITE)
 - b. 工業、科学、医療機器(ISM)
 - c. 自動車または通信
 - d. 汎用(他の規格の対象でない機器)
3. 製品はどこで使用されるのか(家庭用、商業用、軽工業用、重工業用など)?

これらの条件により、製品のテスト要件が決まります。例えば、製品がIT機器(ITE)デバイスで、米国で販売する場合は、FCC 15規格に基づいて製品をテストする必要があります。表1を参照して、製品の要件を選択してください。

エミッション規制 (まとめ)

FCC	CISPR	EN	概要
18	11	EN 55011	工業、科学、医療機器
--	12	--	自動車
15	13	EN 55013	放送用受信機
	14	EN 55014	家庭用電化機器/工具
	15	EN 55015	蛍光灯/照明
15	22	EN 55022	IT機器
	--	EN61000-6-3,4	汎用エミッション規格
	16	--	測定機器/方法
	16	EN 55025	自動車コンポーネントテスト

表1. 承認機関の規格の比較

2.1 欧州規格(EN)の概要

2.1.1 EN55011(CISPR 11)ISM

クラスA：家庭以外の施設で使用される製品。

クラスB：家庭で使用される製品。

グループ1：研究、医療、科学用機器。(例：信号発生器、測定用レシーバー、周波数カウンター、スペクトラム・アナライザ、スイッチング電源、計量器、電子顕微鏡)

グループ2：工業用誘導加熱機器、誘電加熱装置、工業用マイクロ波加熱装置、家庭用電子レンジ、医療器具、放電加工機器、スポット溶接機。(例：金属溶融、ピレットの加熱、コンポーネントの加熱、はんた付け/ろう付け、木材の接着、プラスチックの溶接、食品の加工、食品の解凍、紙の乾燥、マイクロ波治療装置)

2.1.2 EN55014(CISPR 14)

この規格は、家庭用およびそれに類似した用途のための電動器具および加熱器具、電気工具、電気器具に適用されます。リミットラインは、製品の電力定格に応じて異なります。EN55014では、家庭用機器、700 W未満のモーター、1000 W未満のモーター、1000 Wより大きいモーターを区別しています。伝導性エミッションのリミットは150 kHz ~ 30 MHz、放射性エミッションのリミットは30 MHz ~ 300 MHzです。

2.1.3 EN55022(CISPR 22)

データの入力、保存、表示、読み取り、伝送、処理、交換、制御を主な機能とする機器は、ITEと見なされます。例えば、データ処理機器、オフィス機器、電子機器、ビジネス機器、通信機器は、ITEと見なされます。

ITEには2つのクラスがあります。クラスAは家庭での使用を目的としていないもので、クラスBは家庭での使用を目的としているものです。

2.2 FCC(Federal Communications Commission)

FCCは、テスト対象の製品をパート15とパート18の2種類に分けています。パート15はさらに、意図的な放射体と意図しない放射体の2種類に分けられます。

意図しない放射体としては、テレビ放送受信機、FM受信機、ケーブルシステム終端機器、パーソナルコンピューターおよび周辺機器、外部スイッチング電源などがあります。さらに、意図しない放射体は、工業、商業、ビジネス環境での使用を目的としたクラスA機器と、住宅環境での使用を目的としたクラスB機器に分けられます。

パート18はISM機器が対象です。

2.2.1 FCC要件のまとめ

伝導性エミッション測定の周波数レンジは450 kHz ~ 30 MHz、放射性エミッション測定の周波数レンジは30 MHz ~ 1 GHz、デバイスのクロック周波数によっては最高40 GHzです。

FCC要件(まとめ)

機器タイプ	FCCパート
放送用受信機	パート15
家庭用電化製品	パート15
蛍光灯/照明	パート15
IT機器	パート15
機器分類	
クラスA工業用	パート15
クラスB住宅用	パート15
工業、科学、医療機器	パート18

表2. FCC要件のまとめ

3.0 エミッションテスト

3.1 はじめに

該当する規制を確認した後、次にテスト機器をセットアップし、伝導性エミッションテストと放射性エミッションテストを行います。最初に行うテストは、伝導性エミッションテストです。以下の手順で機器を接続し、リミットラインをロードし、LISNおよびトランジェントリミッターに対する補正係数を追加します。

3.2 伝導性エミッションテスト

1. シグナル・アナライザ、リミッター、LISN、DUTを図4に示すように接続します。LISNおよびリミッターの動作については付録Aで説明しています。被試験デバイス(DUT)とLISNとの間の電源コードはできるだけ短くします。電源コードが必要以上に長いと、アンテナとして動作する可能性があります。DUTがオフの状態、電源ライン上の信号を測定します。信号が設定されたリミットラインに近い場合は、シールドを追加する必要があります。電源コードにフェライトは使用しないでください。DUTからのコモンモード信号が抑圧され、測定値が小さくなる可能性があります。
2. 次に、伝導性エミッション測定の適切な周波数レンジ(150 kHz ~ 30 MHz)内で測定していることを確認します。キーサイトのEMI測定アプリケーションでは、図5に示すように、スキャンテーブルを使用して、適切な周波数レンジを容易に選択できます。他のレンジが選択されている場合は選択を解除します。

非常に簡単になった 伝導性エミッション測定

Xシリーズ アナライザ+N6141C
EMC測定アプリケーション



図4. 伝導性測定用の接続

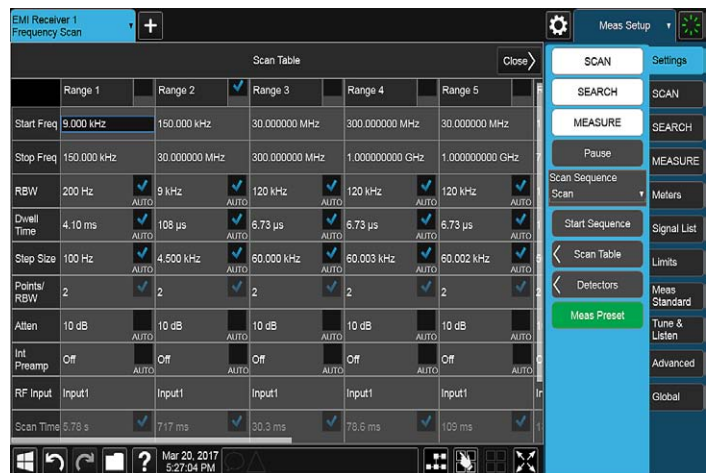


図5. スキャンテーブル

3. リミットラインと補正係数をロードします。この例では、伝導性エミッション用に使用するリミットラインは、EN55022クラスA準尖頭値と、EN55022クラスA EMIアベレージです。測定誤差を補正するために、両方のリミットラインにマージンを追加します。

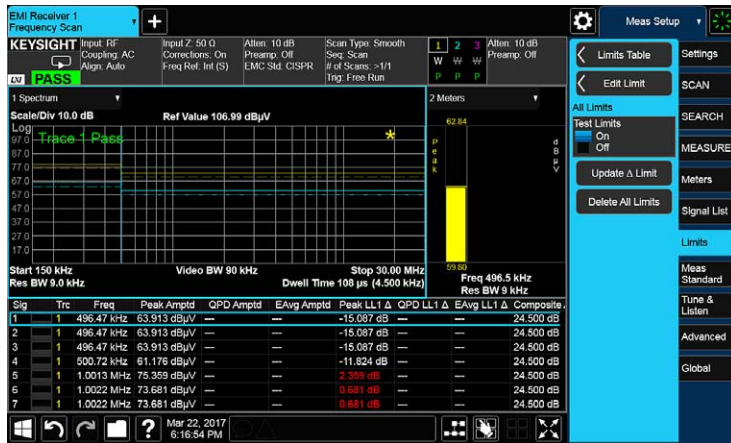


図6. 伝導性エミッションの表示(リミットラインとマージンも表示)

4. 入力ミキサーの保護のためのトランジェントリミッターとLISNを補正します。LISNとトランジェントリミッターに対する補正係数は、通常はシグナル・アナライザに記録されていて、簡単にリコールできます。DUTがオフの状態ですべての周囲のエミッションをチェックします。リミットを超えるエミッションが見られた場合は、LISNとDUTの間の電源コードがアンテナとして動作している可能性があります。電源コードを短くして、周囲信号の応答を小さくします。図7を参照してください。

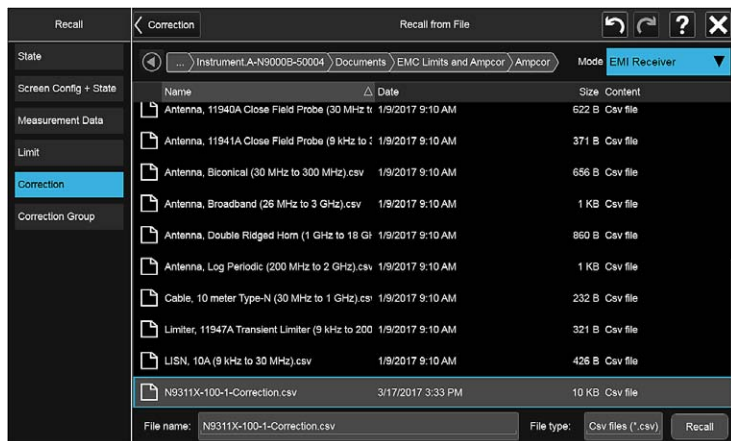


図7. 周囲の伝導性エミッション

5. DUTの電源をオンにして、リミットラインより上の信号を探します。この時点で、シグナル・アナライザへの入力が過負荷になっていないかどうか確認しておくといでしょう。このためには、入力アッテネータの値を1ステップ増やして、表示レベルが変わらなければ、過負荷条件ではありません。表示が変化した場合、アッテネータを追加する必要があります。また、マーzinより上の信号がリストされるように、マージンを設定します。どちらかのリミットラインのマージンを超える信号を特定するには、スキャン/サーチを選択して、ピーク振幅と周波数を特定します。信号の振幅と周波数が表示されます。この例では、14個の信号が捕捉されています(図8を参照)。

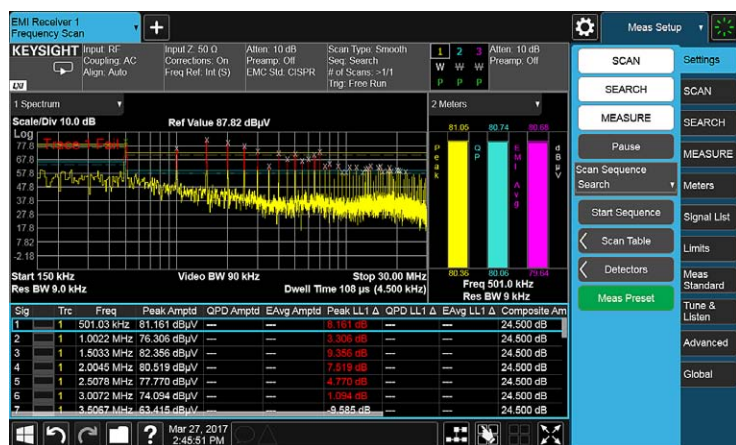


図8. リミットより上の信号のスキャンとサーチ

6. 最後に、信号の準尖頭値と平均値を測定し、それぞれのリミットと比較する必要があります。ディテクターは3種類あります。ディテクター 1はピーク、ディテクター 2は準尖頭値、ディテクター 3はEMIアベレージに設定されています。

7. 測定結果を確認します。リミットライン1に対するQPDデルタとリミットライン2に対するEAVEデルタは、すべて負の値を持つ必要があります。測定値の中に正の値がある場合は、DUTからの伝導性エミッションに問題があります。伝導性エミッションの問題がある場合は、グランド接続が適切かどうかを確認してください。グランドリードが長い場合、スイッチング電源からの誘導が考えられます。電源ラインフィルターが使用されている場合は、グランド接続が正しいことを確認します(図9を参照)。



図9. 準尖頭値とリミットまでの平均デルタ

伝導性測定の際のヒントをいくつか以下に紹介します。信号が、伝導性バンドの下の周波数レンジ(2 MHz以下)にある場合は、ストップ周波数を下げることで、信号を詳細に表示できます。また、表示されたデータポイントが少ないと感じられることもあります。スキャンテーブルを変更することで、データポイントの数を増やすことができます。スキャンテーブルのデフォルトは、BWあたり2個のデータポイント、すなわち1ポイント当たり4.5 kHzです。データポイントを増やすには、帯域幅あたりのポイント数を2.25または1.125に変更すれば、BWあたりのポイント数が4個または8個になります。

3.3 放射性エミッション測定の準備

放射性エミッションの測定は、伝導性エミッションの場合ほど単純ではありません。周囲の環境がさらに複雑になるため、DUTからの放射を妨害する可能性があります。周囲環境の信号とDUT信号を見分ける方法はいくつかあります。人口密度が高い都市部では、周囲信号がきわめて大きいため、DUTからのエミッションが埋もれてしまう場合があります。半電波暗室でテストを行えば、周囲信号が存在しないので、測定が単純になり、効率が上がります。室内でのテストは、オープンエリアでのテストに比べて、費用がかかります。信号が周囲からのものかどうかを判定する方法を、いくつか以下に紹介します。

1. 最も単純な方法は、DUTをオフにして、信号が残るかどうかを確認する方法です。ただし、DUTによっては電源をオン/オフするのが難しい場合もあります。

2. シグナル・アナライザのチューン・アンド・リスン機能を使用して、信号が近辺の放送局からのものかどうかを判定します。この方法は、AM、FM、位相変調信号に対して有効です。
3. デバイスがターンテーブルに置かれている場合は、問題の信号をモニターしながらデバイスを回転させてみます。デバイスの回転中に信号の振幅が一定の場合は、信号は周囲信号である可能性が高くなります。DUTからの信号は、通常DUTの位置に応じて振幅が変化します。
4. 周囲信号を特定するさらに高度な方法として、2アンテナ法があります。1つのアンテナを、承認機関で要求されている距離に配置し、もう1つのアンテナを、1つめのアンテナの2倍の距離に配置します。2つのアンテナをスイッチに接続し、それをシグナル・アナライザに接続します。2つのアンテナで信号の振幅が同じ場合は、信号は周囲信号である可能性が高くなります。2つめのアンテナの信号が6 dB小さい場合は、信号はDUTから発生したものです。

3.4 放射線エミッション測定用の機器のセットアップ

1. アンテナ、DUT、シグナル・アナライザを図10のように配置します。アンテナとDUTの間には、承認機関の要件で指定された距離を取ります。スペースが限られている場合は、アンテナをDUTに近づけて、新しい位置を反映するようにリミットを変更することもできます。例えば、アンテナを10 mから3 mに移動した場合は、振幅を10.45 dBだけ調整する必要があります。アンテナを放射デバイスの近傍界($\lambda/2\pi$ 、3 mでは15.9 MHz)に置かないように注意が必要です。ほとんどの商用の放射線エミッションは30 MHzから始まります。

プリコンプライアンス放射線測定

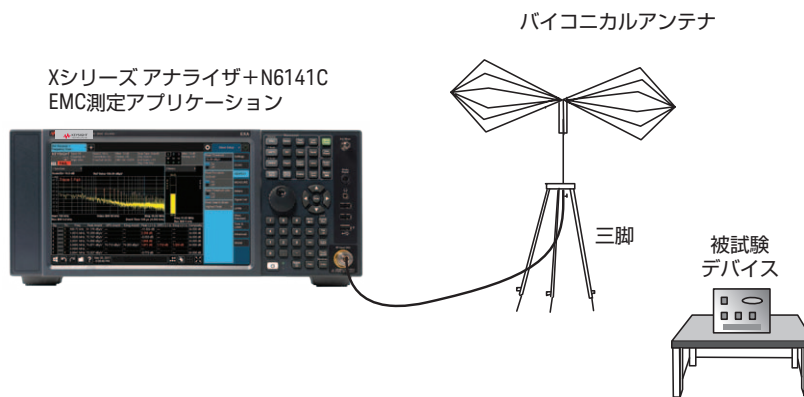


図10. 放射線エミッションテストのセットアップ

2. シグナル・アナライザをマージンを考慮した正しいスパン、帯域幅、リミットラインに設定します。シグナル・アナライザが起動して校正が終了した後、スキャンテーブルでレンジ3を選択し、他のすべての選択を解除します。これにより、周波数レンジが30 MHz ~ 300 MHz、帯域幅が120 kHzになり、帯域幅あたりのデータポイント数は2個になります。EN55022クラスAのリミットラインをロードします。感度を最大にするには、シグナル・アナライザのプリアンプをオンにし、アッテネータを0 dBに設定します。

3.5 放射性エミッションの測定

放射性エミッションテストの目的は、DUTから放射される信号を特定して測定することです。適切なディテクターを使用して測定された信号が、設定したマージンよりも小さい場合は、DUTは合格となります。この測定は、DUTのすべての面に対して繰り返す必要があります。DUTの向きを変えるには、ターンテーブルを使用します。テストシーケンスを以下に示します。

1. DUTがオフの状態、目的のバンド内で信号のスキャン/サーチを実行し、周囲信号としてマークする周波数-振幅ペアのリストをファイルに記録します。
2. DUTがオンで0°の位置を向いた状態で、スキャン/サーチを実行します。
3. リスト内の既存の周囲信号にもう一つのグループの信号が追加されます。
4. 「複製をすべてマーク」機能を使用して、複製信号をサーチします。
5. マークした信号を削除すれば、DUT信号(周囲信号スキャンの際に存在しなかったもの)だけが残ります。
6. QPディテクターを使用して測定し、デルタリミットと比較します。
7. 信号がリミットより下の場合は、DUTは合格です。そうでない場合は、エミッションを改善するために何らかの作業が必要です。問題のトラブルシューティングの際に参照できるように、図14の信号を記録します。

ステップ1~7のプロセスを、ターンテーブルの別の位置(例えば、90°)に対して繰り返します。前の測定で周囲信号を記録していた場合は、リストをリコールして、DUTをオンにした状態でステップ2を実行します。

DUTの4面すべてをチェックすれば、各面の信号のリストができています。DUTの4面すべてで振幅が同じ信号がある場合は、それは周囲信号スキャンで見逃された周囲信号の可能性がります。

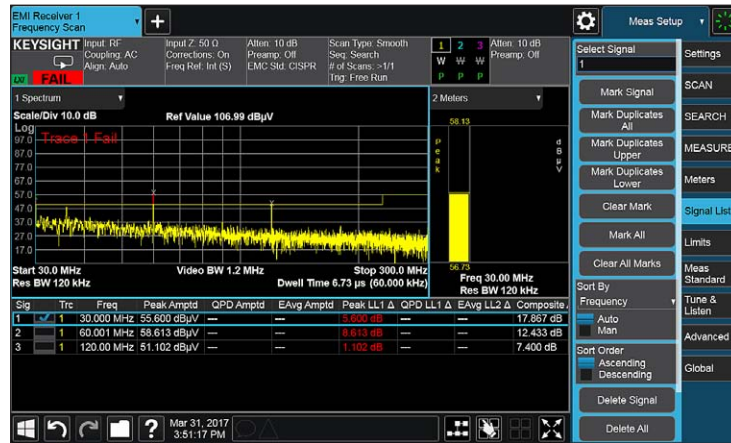


図11. 周囲ノイズをマークして削除

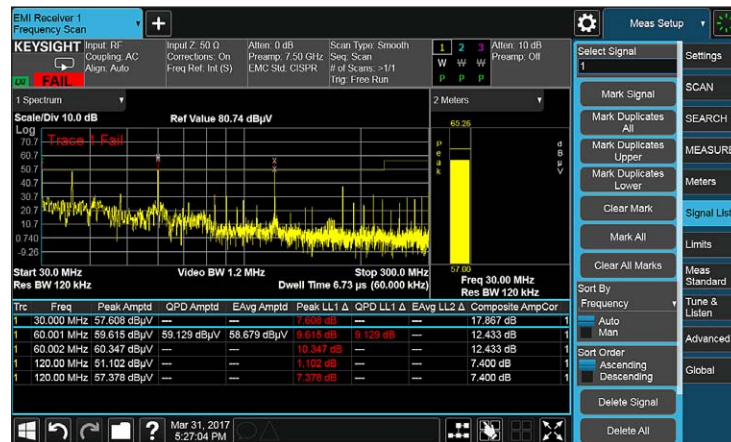


図12. マークした周囲信号を複製

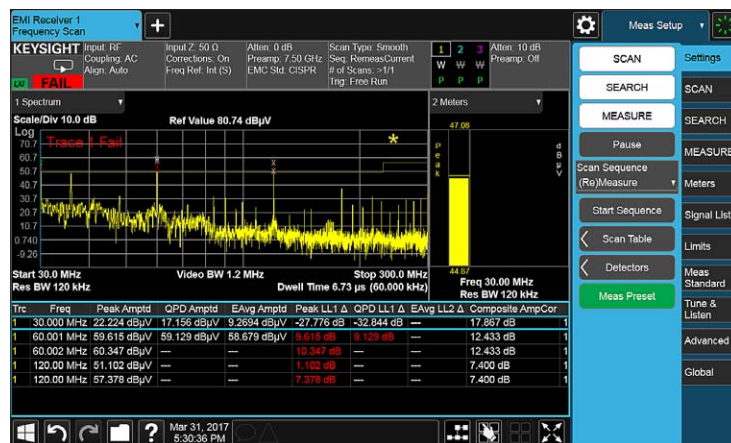


図13. 準尖頭値測定によるDUT信号とリミットの比較

4.0 問題の解決とトラブルシューティング

製品をテストし、結果を保存した後、製品はフル・コンプライアンス・テストと製造のために準備ができているか、またはさらに診断と修正を行うためにベンチに戻す必要があるのか、判断できます。

さらに製品を再設計する必要がある場合は、以下のプロセスが推奨されます。

1. 診断ツールを図15のように接続します。
2. 前の放射性テストから、問題のある周波数を特定します。
3. プローブを使用して、問題の信号源を特定します。
4. アナライザに最大の信号が表示されるようにプローブを配置して、トレースを内部メモリに保存します。
5. エミッションを減らすために必要な回路の変更を行います。
6. 前と同じ設定で回路を再測定し、結果を別のトレースに保存します。
7. 前に保存したトレースをリコールし、現在の測定と比較します。

診断測定セットアップ：エミッション

Xシリーズ アナライザ+N6141C
EMC測定アプリケーション



図14. 診断セットアップの接続

4.1 診断テストのセットアップ

診断にはスペクトラム・アナライザ・モードの使用をお勧めします。プローブの補正係数を、内部メモリからロードします。Keysight N9311X-100 プローブキットには、4種類の磁界プローブが付属しています。感度と分解能が異なる30 MHz~3 GHzの周波数レンジをカバーします。シグナル・アナライザをスペクトラム・アナライザ・モードにします。適切な周波数レンジ用のプローブを接続し、補正係数を内部メモリからリコールします。

4.2 問題の特定

前に伝導性/放射性テストで記録した情報を使用して、問題の周波数の1つにシグナル・アナライザをチューニングします。スパンは信号同士を十分に区別できる程度に狭くします。近磁界プローブをゆっくりとDUTに近づけます。ディスプレイを見ながらエミッションが最大になる場所を探し、エミッション源を特定します。エミッション源が特定できれば、場所を記録し、表示を内部レジスタに保存します(図15を参照)。

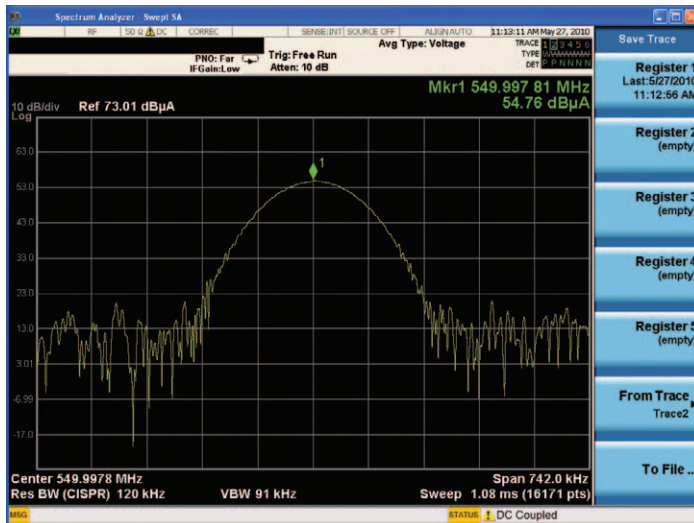


図15. 予備診断トレース

次のステップでは、エミッションを減らすためにデザイン変更を行います。このためには、回路コンポーネントの追加や変更、問題のある回路の再設計、シールドの追加などの方法があります。再設計の後で、結果を前に記録したトレースともう一度比較します。

プローブを問題の部分に向けて、問題を修正する前と後のエミッションを比較します。図17の2つのトレースの差をみればわかるように、この例ではエミッションが約10 dB改善されています。近磁界プローブ測定の変化と、遠方界測定の変化との間には、1対1の相関があります。例えば、近磁界プローブによる測定で10 dBの変化が見られた場合は、アンテナとシグナル・アナライザを使用して遠方界測定を行った場合にも、10 dBの変化が見られるはずで

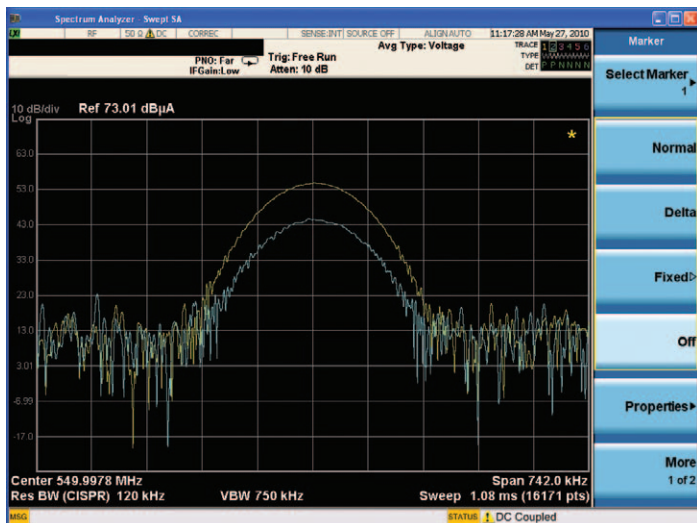


図16. 再設計の前後の診断トレース

付録A： 電源インピーダンス安定化回路(LISN)

A1.0 LISNの目的

電源インピーダンス安定化回路は以下の3つの目的に使用されます。

1. LISNは、被試験機器から主電源をアイソレートします。EUTへの供給電力は可能な限りクリーンでなければなりません。電源ラインに雑音があると、Xシリーズ シグナル・アナライザに結合し、EUTに起因する雑音と解釈されます。
2. LISNは、EUTに起因する雑音をアイソレートして、主電源に結合しないようにします。主電源に過剰な雑音があれば、電源ライン上にある他のデバイスの正常な動作に支障をきたします。
3. EUTで発生した信号は、LISNの一部であるハイパスフィルターを使ってXシリーズ アナライザに結合されます。ハイパスフィルターの通過帯域に存在する信号には、Xシリーズ シグナル・アナライザへの入力である50 Ω 負荷がかかります。

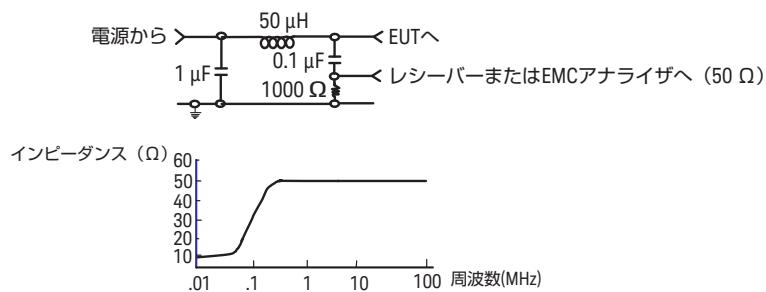
A1.1 LISNの動作

図A-1は、電源ラインの一端の回路をアース端子を基準にして示しています。

1 μF と50 μH のインダクターの組み合わせが、EUTから主電源をアイソレートするフィルターです。50 μH インダクターは、EUTに起因する雑音を主電源からアイソレートします。0.1 μF のコンデンサにより、EUTで発生した雑音がXシリーズ シグナル・アナライザまたはレシーバーに結合されます。150 kHzより上の周波数では、EUT信号は50 Ω のインピーダンスで接続されます。

図A-1は、EUTポートのインピーダンス対周波数を表しています。

電源インピーダンス安定化回路網(LISN)



図A-1. 代表的なLISNの回路図

A1.2 LISNの種類

最も一般的なタイプのLISNはV-LISNです。このLISNは、ラインとグラウンド間の非対称電圧を測定します。この測定は、"Y"構成のホットラインとニュートラルラインの両方、または3相回路に対して、各ラインとグラウンドの間で行われます。この他にも、特殊なタイプのLISNがあります。Δ-LISNは、ライン間または対称エミッション電圧を測定します。通信機器に使用されることもあるT-LISNは、2本のラインとグラウンドの間の中間電位間の電位差である非対称電圧を測定します。

A2.0 トランジェントリミッターの動作

リミッターの目的は、LISNに接続したときに、EMCアナライザの入力を大きなトランジェントから保護することです。EUTの電源をオン/オフすると、LISNで大きなスパイクが発生する可能性があります。

付録B： アンテナ係数

B1.0 電界強度の単位

放射線EMIエミッション測定では、電界が測定されます。電界の強さは、 $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 単位で校正されます。 $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 単位の電界の強さは、以下の式から導出されます。

$$P_t = \text{等方性放射体から放射された全パワー}$$

$$P_D = \text{等方性放射体からの距離}r(\text{遠方界})\text{におけるパワー密度}$$

$$P_D = P_t / 4\pi r^2$$

$$R = 120\pi\Omega$$

$$P_D = E^2 / R$$

$$E^2 / R = P_t / 4\pi r^2$$

$$E = (P_t \times 30)^{1/2} / r (\text{V}/\text{m})$$

遠方界¹は、 $> \lambda / 2\pi$ であるとしています。

B1.1 アンテナ係数

アンテナ係数の定義は、アンテナ面での V/m 単位の電界に対するアンテナコネクタからの電圧の比です。注記：アンテナ係数は、アンテナ利得とは異なります。

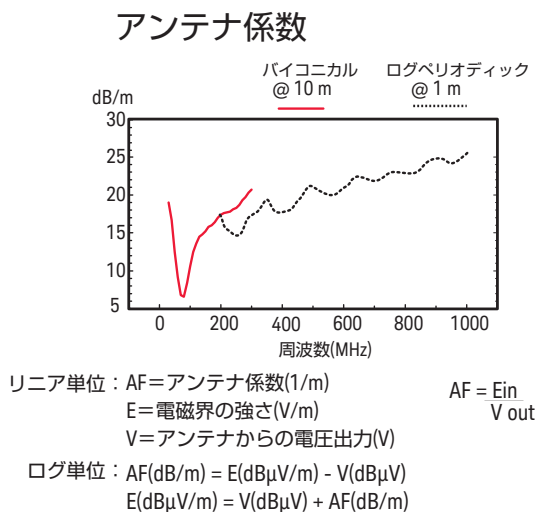
B1.2 放射性測定に使用するアンテナの種類

放射線EMI測定に使用されるアンテナには3種類あります。

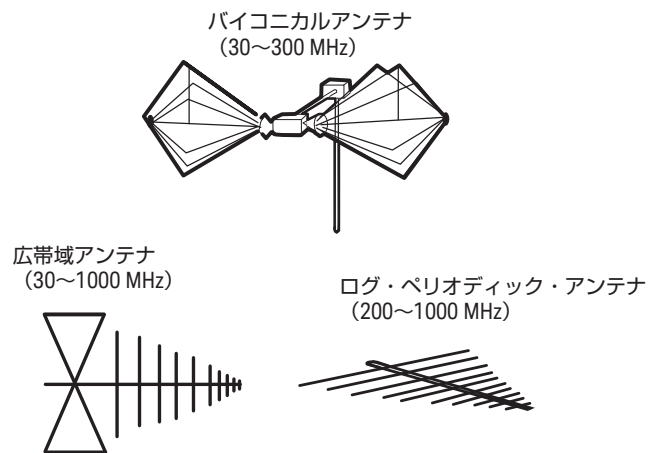
バイコニカルアンテナ：30 MHz ~ 300 MHz

ログ・ペリオディック・アンテナ：200 MHz ~ 1 GHz (バイコニカルとログペリオディックは周波数が重複しています)

広帯域アンテナ：30 MHz ~ 1 GHz (バイコニカル/ログ・ペリオディック・アンテナより大型です)



図B-1. 代表的なアンテナ係数



図B-2. EMIエミッション測定に使用されるアンテナ

¹ 遠方界は、電磁界が平面波になる、放射体からの最小距離です。

付録C： 基本的な電気知識

電磁界測定では、デシベルが広く用いられています。デシベルは、2つの振幅の比の対数です。振幅は、電力、電圧、電流、電界、磁界単位で表されます。

$$\text{デシベル} = \text{dB} = 10 \log(P_2/P_1)$$

データは、電圧単位または電磁界の強さの単位で表されることもあります。この場合は、 P を V^2/R に置き換えます。

インピーダンスが等しい場合は、式は次のようになります。

$$\text{dB} = 20 \log(V_2/V_1)$$

EMI測定で使用される測定単位は $\text{dB}\mu\text{V}$ または $\text{dB}\mu\text{A}$ です。 $\text{dB}\mu\text{V}$ と dBm の関係を以下に示します。

$$\text{dB}\mu\text{V} = 107 + P_{\text{dBm}}$$

これは、インピーダンスが $50\ \Omega$ の場合に正しい式です。

波長(λ)は、以下の関係式を使って決定されます。

$$\lambda = 3 \times 10^8 / f(\text{Hz}) \text{ または } \lambda = 300 / f(\text{MHz})$$

付録D： EMI測定に用いられるディテクター

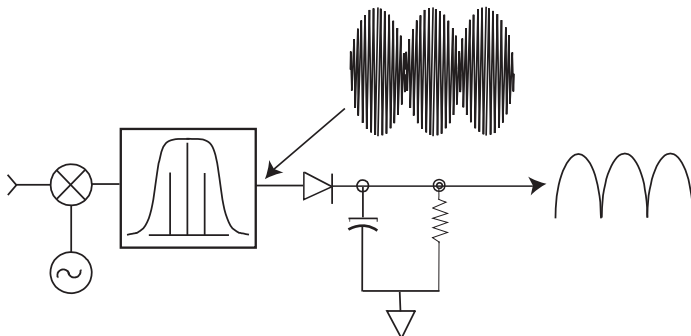
D1.0 ピーク検波器

最初のEMI測定は、ピーク検波器を使って行われます。このモードは、準尖頭値モードやアベレージモードでの検波よりはるかに高速です。信号は通常、スペクトラム・アナライザかEMCアナライザにピークモードで表示されます。ピーク検波モードで測定された信号は常に、準尖頭値またはアベレージ検波モードと同じかそれ以上の振幅値を持つため、掃引結果をリミットラインと比較するのは非常に簡単なプロセスで処理できます。すべての信号がリミットラインを下回っていれば、製品は合格しているはずですので、これ以上テストを行う必要はありません。

D1.1 ピーク検波器の動作

EMCアナライザは、検波器の出力電圧が常にIF信号のピーク値に追従する時定数を持つ、エンベロープ検波器またはピーク検波器をIF部に備えています。言い換えると、検波器は、IF信号のエンベロープの最高速の変化は追従できますが、IF正弦波の瞬時値には追従できません(図D-1を参照)。

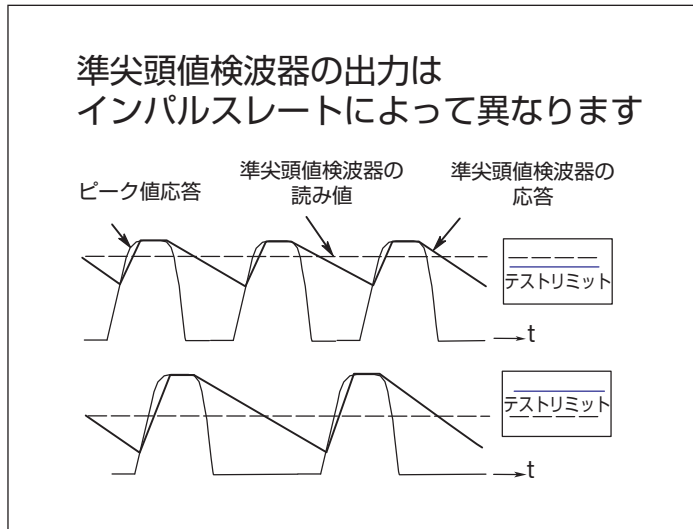
エンベロープ検波器の出力は
IF信号のピーク値に追従します



図D-1. ピーク検波器の図

D2.0 準尖頭値検波器

ほとんどの放射性/伝導性リミットは、準尖頭値検波モードをベースにしています。準尖頭値検波器は、繰り返し周波数に従って信号に重みを付けますが、これは信号のアノイアンス係数を測定する方法の1つです。繰り返し周波数が大きくなるにつれて、準尖頭値検波器の放電時間が短くなり、その結果、出力電圧が高くなります(図D-2を参照)。連続波(CW)信号の場合、ピーク値と準尖頭値は同じになります。



図D-2. 準尖頭値検波器の応答図

準尖頭値検波器の読み値は常にピーク検波器の読み値と同じかそれ以下のため、常に準尖頭値検波器を使用してはどうでしょうか？ その方がEMIテストに合格しやすいのではないのでしょうか？ テストに合格しやすいというのは本当ですが、準尖頭値測定の方がピーク検波器を使用する場合に比べて、2～3桁も速度が遅くなります。

D2.1 準尖頭値検波器の動作

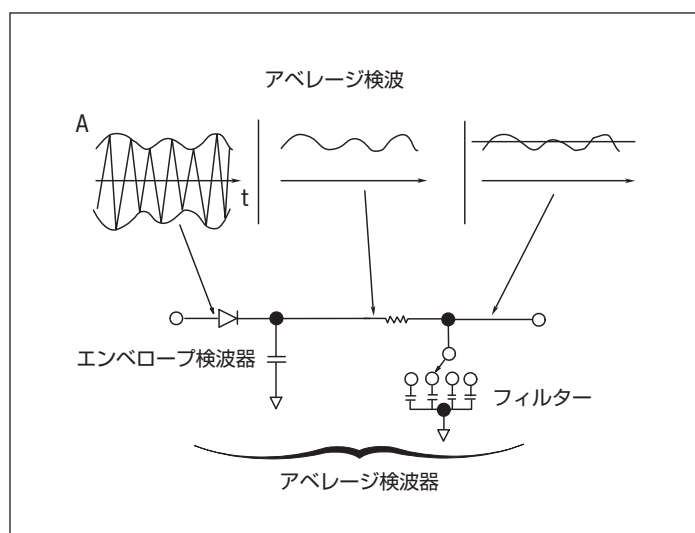
準尖頭値検波器は、放電速度よりも充電速度の方がはるかに高速なので、信号の繰り返し周波数が高いほど、準尖頭値検波器の出力も大きくなります。また、異なる振幅の信号に対してニアに応答します。高振幅、低繰り返し周波数の信号の出力は、低振幅、高繰り返し周波数の信号の出力と同じになります。

D3.0 アベレージ検波器

アベレージ検波器は、一部の伝導性エミッションテストに必要で、準尖頭値検波器と組み合わせて使用します。また、1 GHz以上の放射線エミッション測定には、アベレージ検波を使用します。アベレージ検波器の出力は常に、ピーク検波の出力と同じかそれ以下です。

D3.1 アベレージ検波器の動作

アベレージ検波は、多くの面でピーク検波と類似しています。図D-3は、IFを通過したばかりの今まさに検波されようとしている信号を示しています。エンベロープ検波器の出力は変調エンベロープです。検波後の帯域幅が分解能帯域幅より広い場合に、ピーク検波になります。アベレージ検波を行うには、ピーク検波信号が、帯域幅が分解能帯域幅よりはるかに狭いフィルターを通過する必要があります。フィルターは、エンベロープ検波器の出力の雑音などの高い周波数成分を平均化します。



図D-3. アベレージ検波器の応答図

付録E

EMC承認機関

IEC

CISPR

Sales Department of the Central Office of the IEC

PO Box 131

3, Rue de Verembe

1121 Geneva 20, Switzerland

IEC www.iec.ch

CISPR http://www.iec.ch/emc/iec_emc/iec_emc_players_cispr.htm

ITU-R (CCIR)

ITU, General Secretariat, Sales Service

Place de Nation

1211 Geneva, Switzerland

Tel : +41 22 730 5111

(ITU代表電話番号)

Fax : +41 22 733 7256

<http://www.itu.int/ITU-R>

オーストラリア

Australia Electromechanical Committee Standards Association of Australia

PO Box 458

North Sydney N.S.W. 2060

Tel : +61 2 963 41 11

Fax : +61 2 963 3896

AustraliaElecto-technical Committee

<http://www.ihs.com.au/standards/iec/>

ベルギー

Comite Electrotechnique Belge

Boulevard A. Reyerslaan, 80

B-1030 BRUSSELS

Tel : Int +32 2 706 85 70

Fax : Int +32 2 706 85 80

<http://www.ceb-bec.be>

カナダ

Standards Council of Canada

Standards Sales Division

270 Albert Street, Suite 200

Ottawa, Ontario K1P 6N7

Tel : 613 238 3222

Fax : 613 569 7808

<http://www.scc.ca>

(CSA)

Canadians Standards Association

5060 Spectrum Way

Mississauga, Ontario

L4W 5N6

CANADA

Tel : 416 747 4000

800 463 6727

Fax : 416 747 2473

<http://www.csa.ca>

デンマーク

Dansk Elektroteknisk Komite

Strandgade 36 st

DK-1401 Kobenhavn K

Tel : +45 72 24 59 00

Fax : +45 72 24 59 02

<http://www.ds.dk/en>

フランス

Comite Electrotechnique Francais

UTE CEDEX 64

F-92052 Paris la Defense

Tel : +33 1 49 07 62 00

Fax : +33 1 47 78 71 98

<http://www.cenelec.eu/>

ドイツ

VDE VERLAG GmbH

Bismarckstr. 33

10625 Berlin

Tel : + 49 30 34 80 01 - 0 (代表電話番号)

Fax : + 49 30 341 70 93

<http://vde-verlag.de/english.html>

インド

Bureau of Indian Standards, Sales Department

Manak Bhavan

9 Bahadur Shah Zafar Marg.

New Delhi 110002

Tel : + 91 11 331 01 31

Fax : + 91 11 331 40 62

<http://www.bis.org.in>

イタリア

CEI-Comitato Elettrotecnico Italiano

Sede di Milano

Via Saccardo, 9

20134 Milano

Tel : 02 21006.226

Fax : 02 21006.222

<http://www.ceiweb.it>

日本

日本規格協会(Japanese Standards Association)

〒107

東京都港区赤坂

4-1-24

Tel : 03-583-8001

Fax : 03-580-1418

http://www.jsa.or.jp/default_english.asp

オランダ

Nederlands Normalisatie-Instituut

Afd. Verdoop en Informatie

Kalfjeslaan 2, PO Box 5059

2600 GB Delft

NL

Tel : (015) 2 690 390

Fax : (015) 2 690 190

<http://www.nen.nl/>

ノルウェー

Norsk Elektroteknisk Komite

Harbizalleen 2A

Postboks 280 Skoyen

N-0212 Oslo 2

Tel : 67 83 87 00

Fax : 67 83 87 01

<http://www.standard.no/toppvalg/nek/>

南アフリカ

South African Bureau of Standards

Electronic Engineering Department

Private Bag X191

Pretoria

0001 Republic of South Africa

<https://www.sabs.co.za/Sectors-and-Services/Sectors/Electronics/index.asp>

スペイン

Comite Nacional Espanol de la CEI

Francisco Gervas 3

E-28020 Madrid

Tel : + 34 91 432 60 00

Fax : + 34 91 310 45 96

<http://www.aenor.es>

スウェーデン

Svenska Elektriska Kommissionen

PO Box 1284

S-164 28 Kista-Stockholm

Tel : 08 444 14 00

Fax : 08 444 14 30

http://www.elstandard.se/standarder/emc_standarder.asp

スイス

Swiss Electrotechnical Committee

Swiss Electromechanical Association

Luppenstrasse 1

CH-8320 Fehraltorf

Tel : + 41 44 956 11 11

Fax : + 41 44 956 11 22

<http://www.electrosuisse.ch/>

英国

BSI Standards

389 Chiswick High Road

London

W4 4AL

United Kingdom

Tel : +44 (0)20 8996 9001

Fax : +44 (0)20 8996 7001

<http://www.bsiglobal.com>

British Defence Standards DStan Helpdesk

UKDefence Standardization

Room 1138

Kentigern House

65 Brown Street

Glasgow

G2 8EX

Tel : +44 (0) 141 224 2531

Fax : +44 (0) 141 224 2503

<http://www.gov.uk/uk-defence-standardization>

米国

America National Standards Institute Inc.

Sales Dept.

1430 Broadway

New York, NY 10018

Tel : 212 642 4900

Fax : 212 302 1286

<http://webstore.ansi.org/>

FCC Rules and Regulations

Technical Standards Branch

2025 M Street N.W.

MS 1300 B4

Washington DC 20554

Tel : 202 653 6288

<http://www.fcc.gov>

FCC Equipment Authorization Branch

7435 Oakland Mills Road

MS 1300-B2

Columbia, MD 21046

Tel : 301 725 1585

<http://www.fcc.gov>

用語集

RFI発生源

RFI発生源とは、RFIを発生させる装置およびシステム(そのコンポーネントも含む)です。

RFI妨害

RFIとは、無線受信での高周波妨害です。不要な電磁振動がレシーバーまたはアンテナシステムの高周波入力に侵入したときに発生します。

アンテナ(空中線)

1. 電波の放射/受信手段。
2. 信号源から無線周波数パワーを空中に放射したり、電磁界を捕捉してそれを電気信号に変換するトランスデューサー。

アンテナ係数

測定器の入力端子に電圧が印加された場合、電界の強さをV/m単位で、磁界の強さをA/mで表す係数。

アンテナ端子伝導性干渉

レシーバー、トランスミッターまたはそれらの関連機器内で発生し、アンテナ端子に現れる不要な電圧または電流。

アンテナ誘起電圧

測定/計算されたオープンアンテナ端子間の電圧。

イミュニティー

1. 電波妨害を除去できる、レシーバーなどの機器またはシステムの特徴。
2. 不要な応答を発生することなく、放射性電磁界に耐える電子機器の能力。

エミッション

放射または伝導によって信号源から伝搬される電磁エネルギー。

遠方界

アンテナからの電力密度が、距離の逆2乗の法則にほぼ従う領域。ダイポールアンテナの場合、これは2分の λ 以上の距離に対応します。ここでは、放射の波長は λ とします。

オープンエリア

オープンで平らな地形をし、建物、送電線、フェンス、樹木、地下ケーブル、パイプラインなどからの影響をほとんどなくするために、それらから十分な距離をとった放射性電磁波障害測定用のサイト。要求されるリミットまで試験が行えるように、このサイトの環境レベルは極めて低いことが求められます。

環境レベル

1. テストサンプルが非アクティブのときに、指定された場所および時間に存在する放射性/伝導性の信号と雑音の値。
2. テストサンプルの非動作時に、指定されたテスト場所および時間に存在する放射性/伝導性の信号と雑音のレベル。環境レベルには、空電雑音、他の信号源からの干渉、回路雑音、または測定セット内部で発生するその他の干渉があります。

感受性

感受性とは、電磁エネルギーの影響を受けたときに、不要な応答を許容する電子機器の能力です。

狭帯域エミッション

使用している測定レシーバーの通過帯域内に主要なスペクトラムエネルギーが存在するエミッション。

グラウンドプレーン

1. 回路および電気ポテンシャルまたは信号ポテンシャルの一般的な基準ポイントとして使用されるプレートの伝導面。
2. 回路および電気ポテンシャルまたは信号ポテンシャルの一般的な基準ポイントとして使用される金属製のシートまたはプレート。

広帯域エミッション

広帯域とは、複数のスペクトル線がRFIレシーバーの仕様帯域幅内にある場合の、干渉振幅の定義です。

広帯域干渉(測定)

十分な広さのスペクトラムエネルギー分布を持つ妨害なので、使用している測定レシーバーの応答は、指定の数のレシーバー帯域全体にわたって同調した場合は、それほど大きくは変化しません。

シールド筐体

外部電磁環境から内部を遮断することが目的の、遮蔽された/金属製の筐体。外部周囲電磁界に起因する性能の劣化や、エミッションによる外部への妨害を防ぐことが目的です。

振幅変調

1. 信号伝送システムにおいて、ある電気量の振幅が、本質的に電気量である必要のない2次量のいくつかの選択された特性に従って変化する、プロセスまたはプロセスの結果。
2. 搬送波の振幅が特定の法則に従って変化するプロセス。

ストリップライン

テストのために電磁界を発生させるパラレルプレート伝送ライン。

相互結合

1つのチャンネル、回路、または伝導体から、別のチャンネル、回路、または伝導体への信号の結合で、不要信号になります。

相互変調

2個以上の信号を非線形素子に入力し、元の信号の整数倍の和および差に等しい周波数で、信号を発生すること。

ダイポール

1. 通常は半波長以下の直線の伝導体で構成され、電気的な中心で分割され、伝送ラインに接続されるアンテナ。
2. 理想的な電気ダイポールアンテナの放射パターンに近い放射パターンを発生するアンテナの1つ。

デカップリング回路

デカップリング回路は、EUTに印加するテスト信号が試験対象ではない他のデバイス、機器、システムに影響を与えるのを防ぐための電気回路です。IEC 801-6には、カップリングおよびデカップリング回路システムは、1つのボックスに統合することも、個別の回路にすることもできると明記されています。

電磁環境適合性(EMC)

1. システムの電子機器が意図された動作環境において、定義された安全マージン内で設計通りの効率を実現し、妨害による劣化なしで動作できる性能。
2. 装置が許容外の妨害を環境や他の機器にもたらさずに、電磁環境内で十分に機能できる能力。

電磁干渉

電磁妨害による不要な電磁信号による障害。

電磁波

電荷の振動で発生する放射エネルギー。電界および磁界の振動により特性が決まります。

伝導性干渉

直接結合によってトランスデューサー(レシーバー)に入ってくる伝導性無線雑音または不要信号に起因する干渉。

電波暗室

1. すべての内壁面からの反射を低減するために、電波吸収体が敷き詰められているシールドルーム。すべての内壁面、壁、天井、床面がこうした電波吸収体で完全に覆われた電波暗室。「完全電波暗室」とも呼ばれています。半電波暗室は、床面以外の表面がすべて吸収体で覆われているシールドルームです。

等方性

等方性とは、すべての方向に等しい値の特性を持つことを意味します。

バラ

バラはアンテナをバランスさせるためのデバイスで、ダイポールなどの対称アンテナでの同軸フィードの使用を容易にします。

偏波

放射電磁界の電磁界ベクトルの方向を表すのに用いられる用語。

放射性妨害

不要な信号が放射する雑音に起因する無線妨害。RFI妨害と比較してください。

放射

電磁波の形でのエネルギーの放射。

補助装置

被試験機器ではなく、すべての機能の設定、および妨害されている間のEUTの正確な評価に不可欠な機器。

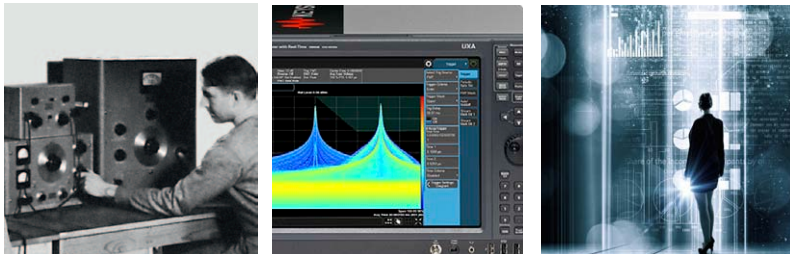
モノポール

通常は、1/4波長以下の直線の伝導体で構成され、グランドプレーンの真上、またはグランドプレーンに対して垂直に取り付けられるアンテナ。伝送ラインのベース面に接続され、イメージ効果により、ダイポールのように動作します。

1939年以来、進化し続けています

キーサイト独自のハードウェア、ソフトウェア、サービス、スペシャリストが、お客様の次のブレークスルー達成を支援します。キーサイトが未来のテクノロジーを解明します。

ヒューレット・パカードからアジレント、さらにキーサイトへと。



myKeysight

myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight

ご使用製品の管理に必要な情報を即座に手に入れることができます。

www.keysight.com/find/emt_product_registration

ご使用の製品を登録すれば、最新の製品情報を入手したり、保証情報を参照いただけます。

KEYSIGHT SERVICES

Accelerate Technology Adoption.
Lower costs.

Keysight Services

www.keysight.co.jp/find/service

私達は、計測器業界をリードする専門エンジニア、プロセス、ツールにて、設計、試験、計測サービスにおける様々な提案をし、新しいテクノロジーの導入やプロセス改善によるコスト削減をお手伝いします。

DEKRA Certified

ISO 9001 Quality Management System

www.keysight.com/go/quality

Keysight Technologies, Inc.
DEKRA Certified ISO 9001:2015
Quality Management System



キーサイト保証プラン

www.keysight.com/find/AssurancePlans

予想外のコストが発生せず、最長で10年間の保護があることから、測定器が仕様に従って動作することが保証され、正確な測定が確実に行えます。

契約販売店

www.keysight.co.jp/find/channelpartners

キーサイト契約販売店からもご購入頂けます。
お気軽にお問い合わせください。

www.keysight.co.jp/find/emc

キーサイト・テクノロジー株式会社

本社 〒192-8550 東京都八王子市高倉町9-1

計測お客様窓口

受付時間 9:00-12:00 / 13:00-18:00 (土日祭日を除く)

TEL ☎ 0120-421-345 (042-656-7832)

FAX ☎ 0120-421-678 (042-656-7840)

Email contact_japan@keysight.com

ホームページ www.keysight.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。