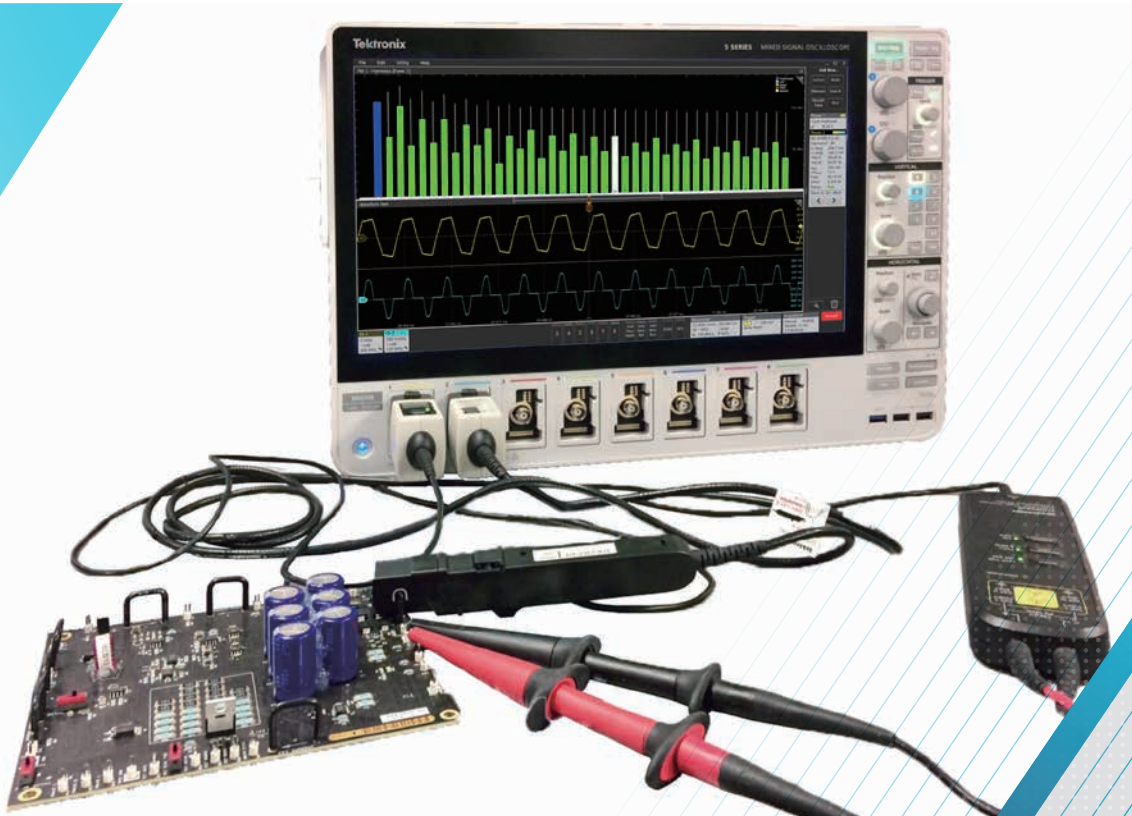


Tektronix®

# 5-PWR アプリケーション・ソフトウェアを使用した電源の測定と解析

アプリケーション・ノート



## はじめに

電源の設計エンジニアは、90%あるいはそれ以上の電力変換効率の達成というプレッシャーに直面しています。この傾向は、携帯機器のバッテリーの長寿命化、IoT、グリーン製品による低消費電力化といった要求からきています。多くの設計エンジニアは、シリコンによるFETやIGBTから、GaN(窒化ガリウム)またはSiC(炭化ケイ素)のスイッチング・デバイスへと置き換えつつあります。この場合も、製品の市場投入までの時間に対するプレッシャーがあり、より迅速な(しかし、ここでも正確な)テストが求められています。

FlexChannel®と革新的なグラフィカル・ユーザ・インターフェースを装備した5シリーズMSOは、一度に複数のテスト・ポイントがテストできるため、テストの時間を短縮できます。拡張パワー測定／解析のオプション(Opt. 5-PWR)を装備すると、主なパワー測定のセットアップ手順が自動化でき、電源設計の標準、規格をベースにしたテスト結果を検証するためのツールになります。

このアプリケーション・ノートは、テクトロニクスの5シリーズMSOと5-PWR拡張パワー測定／解析ソフトウェアによる、重要な電源測定方法の概要を説明します。

## 電源測定の準備

解析やトラブルシュートで正確に測定するためには、パワー測定システムを正しくセットアップして、正確な波形を取込む必要があります。ここで重要となる項目を以下に示します。

- 電圧プローブ、電流プローブ間のスキュー調整
- プローブ・オフセットの除去
- 電流プローブのデガウス(消磁)

### 電圧プローブと電流プローブ間のスキュー調整

オシロスコープでパワー測定を行う場合、DUT(Device Under Test、被測定デバイス)にかかる電圧と電流を測定する必要があります。この測定には、電圧プローブ(多くの場合、高電圧差動プローブが必要になります)と電流プローブが必要です。電圧プローブと電流プローブには固有の伝播遅延時間があるため、表示されるそれぞれの波形エッジが揃うということはありません。電流プローブと電圧プローブ間にあるこの遅延の差は「スキュー」と呼ばれ、振幅とタイミング測定の誤差の原因となります。

スキューはタイミング遅延の原因となるため、時間差、位相、力率の測定において誤差となります。製品内部の遅延を自動校正する測定システムがありますが、プローブをシステムに接続した場合、プローブのアンプ、ケーブル長の差を補正しなければなりません。

テクトロニクスの5シリーズMSOは、プローブ先端から測定システムまでの遅延を補正することができるため、正確なタイミング測定が可能になります。マニュアルでのデスクュー手順では、プローブを同じ波形ソースに接続し、早い信号に遅延を加えます。こうすることで、短いケーブルの方のプローブに物理的なケーブルを追加することなくスキューを合わせることができます。

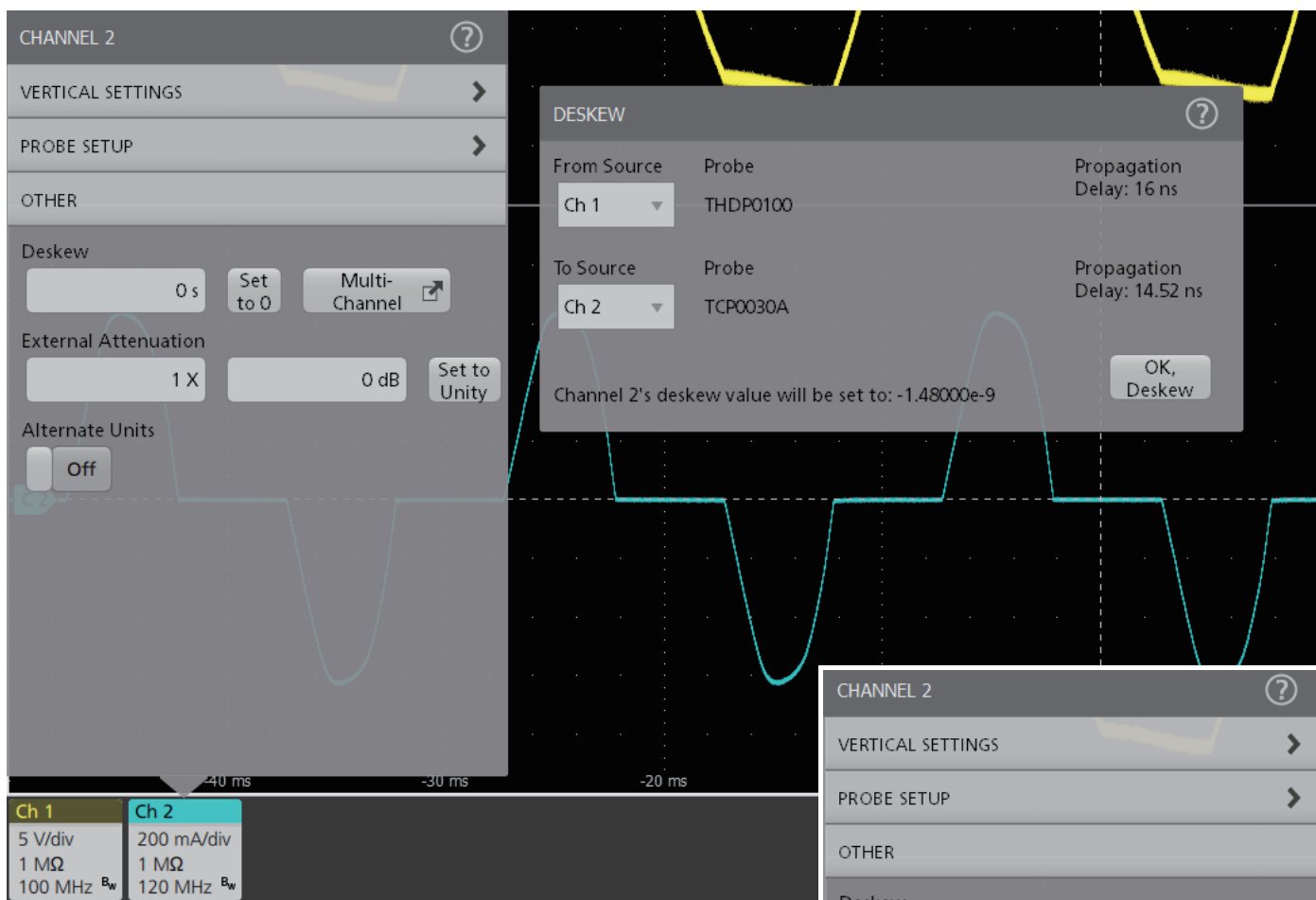


図1. 差動電圧プローブと電流プローブ間における、調整前の静的スキュー補正。このプローブにはオンボード・メモリが備わっており、公称の伝搬遅延データが保存されている。

5シリーズMSOには、ワンボタン操作による静的デスクュー機能も備わっています。図1は、2本のTekVPI®パワー・プローブ間のスキューの例を示しています。オシロスコープはプローブの公称伝搬遅延情報を読み取り、2本のプローブ間の遅延差が約1.48nsであると計算しました。OK, Deskewのボタンを押すだけで、信号間の相対タイミングを調整します。

図2は、図1と同じテスト・セットアップで静的デスクュー機能を実行した後の例です。テクトロニクスのものでないプローブを使用する場合、手作業で電圧波形と電流波形をデスクューし、電流プローブの換算率などを設定する必要があります。



図2. 調整後の静的スキュー補正。このプローブに保存されている伝搬遅延データをもとに、-1.48nsのデスクューが加えられている。

## プローブ・オフセットの除去

差動プローブは、わずかですが電圧オフセットを持つことがあります。このオフセットは測定精度に影響することがあるため、測定前にキャンセルしておく必要があります。ほとんどの差動電圧プローブにはDCオフセットの調整機能が内蔵されており、簡単な手順でオフセットをキャンセルすることができます。

同様に、測定前に電流プローブのオフセット調整が必要になる場合があります。電流プローブでは、0A時の平均DC電圧をキャンセルすることでオフセットを調整し、できる限り0A（アンペア）に近づけます。図3に示すTCP0030A型AC/DC電流プローブのようなTekVPIプローブには、自動デガウス／オートゼロ機能が備わっており、プローブの補正ボックスにあるボタンを押すだけで実行することができます。

## 電流プローブのデガウス（消磁）

電流プローブには、操作が簡単なデガウス（消磁）機能も備わっている必要があります。デガウスでは、大きな入力電流によって発生する内蔵変圧器コアの残留DC磁束を除去します。この残留磁束はオフセット・エラーの原因となるため、測定精度を上げるために測定前にデガウスによって除去する必要があります。

TekVPIインタフェース対応電流プローブにはデガウス警告用インジケータがあり、デガウスを実行するように促してくれます。電流プローブは時間と共に無視できないようなドリフトが発生することがあり、測定に大きな影響を及ぼすことから、パワー測定ではこの警告インジケータ機能は非常に重要になります。

## ワイドバンド・ギャップのテスト課題への対応

つい最近まで、ハーフブリッジ・スイッチング・ステージのハイサイドのスイッチング測定はほとんど不可能でした。ハイサイド $V_{DS}$ 、電流シャントの電圧を含む、スイッチング・ノードに関する測定では、差動信号にのる非常に大きな共通モード電圧信号による歪みが問題になります。GaNやSiCのトランジスタなど、ワイドバンド・ギャップのデバイスでは、スイッチング周波数が高くなるため、この問題はさらに悪化し、新しい回路の最適化が必要になります。IsoVu プローブの優れた共通モード除去性能と自動拡張パワー測定／解析機能は、最新のGaN、SiC設計の最適化には欠かせない組み合わせです。



図3. デガウス／オートゼロ機能を備えた当社TCP0030A型AC/DC電流プローブ

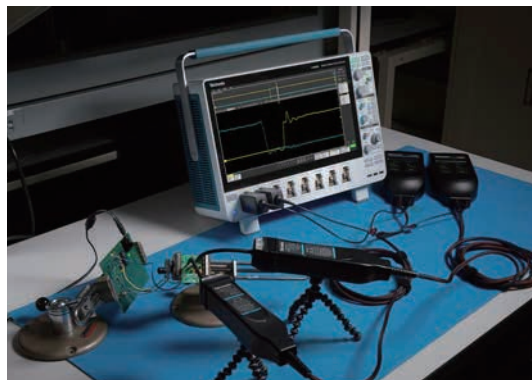


図4. 多くの電源測定では、大きな共通モード信号があるなかで小さな差動電圧信号を測定する必要がある。例えば、ハーフブリッジ・スイッチング・ステージのハイサイドのVGSとVDSは、基準電位がグラウンドに対して電圧が数百Vまたは数千Vも上下することがある。5シリーズMSOでIsoVu®光アイソレーション型測定システムを使用すると、非常に大きな共通モードも除去が可能

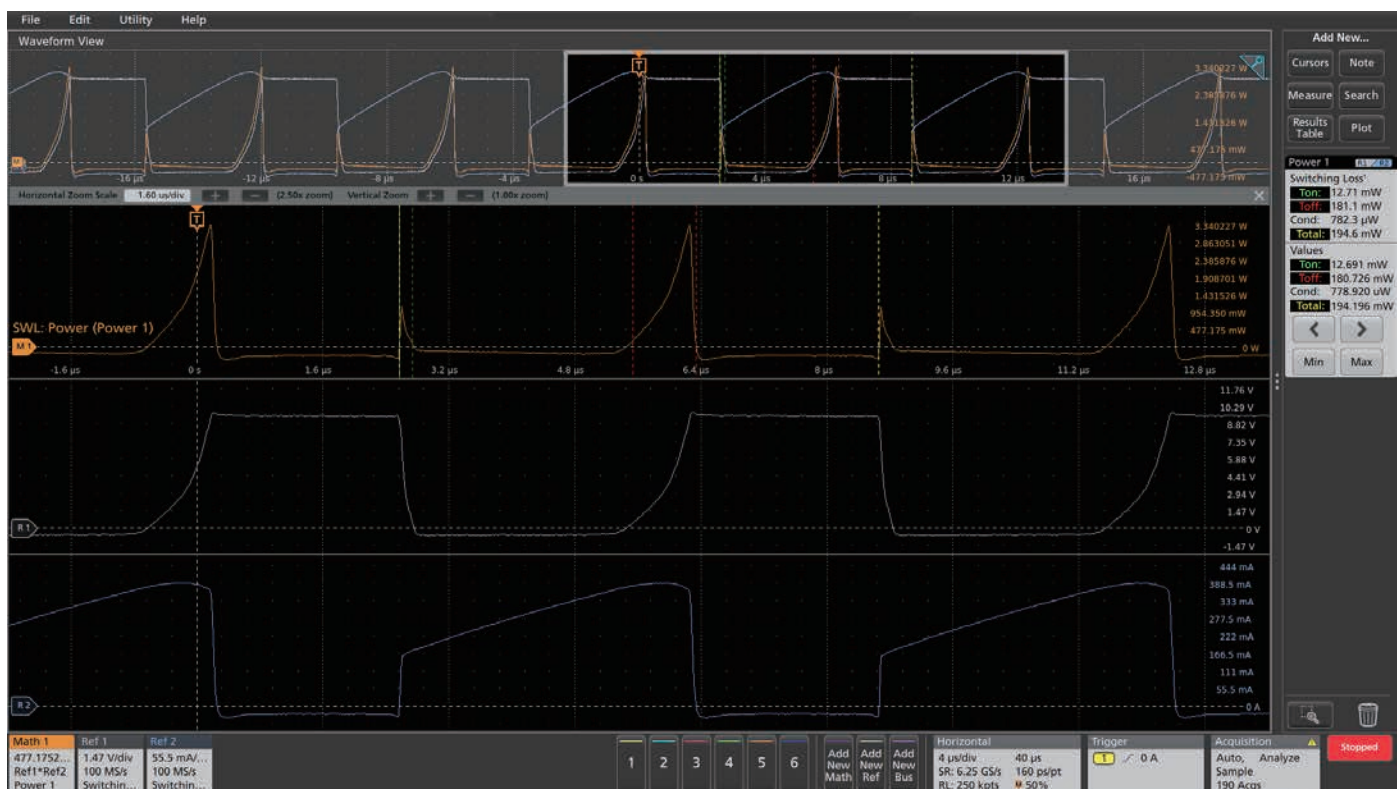


図5. 5-PWRによるスイッチング損失測定例。上(オレンジ)の波形は、電流と電圧を掛けて求めた瞬時電力。損失測定は、瞬時電力波形を基に計測される。それぞれの損失計算領域は、測定ラベルに対応したカラー・マーク(カーソル)で明示される。下の2つの波形は、スイッチングの電圧とスイッチを流れる電流

## スイッチングの解析

電源のスイッチング・ステージの測定では、コンバータが正しく機能し、損失ソースを定量化し、通常のレンジ内でデバイスが動作していることを確認します。

### スイッチング損失測定

ターンオン損失は、さまざまな物理的容量および寄生容量がチャージされ、インダクタによって磁界が発生し、関連する過渡的抵抗損失が発生することによって生じます。同様に、ターンオフになる場合、メイン・パワーが切り離されても放電されるエネルギーがまだ残っていて、さまざまなコンポーネントとの関係で損失が発生します。

### 測定方法

スイッチング損失を測定するには、オシロスコープでスイッチング・デバイス間の両端の電圧と、デバイスを流れる電流を測定する必要があります。スイッチング損失は、図5のように表示されます。

### 測定結果

- Ton: 各サイクルのターン・オン・パワー損失およびエネルギー損失のそれぞれの平均値
- Toff: 各サイクルのターン・オフ・パワーおよびエネルギー損失のそれぞれの平均値
- Total: 各サイクルのトータル平均パワー損失および平均エネルギー損失のそれぞれの平均値
- 左右の矢印ボタンにより、スイッチング・サイクル間を移動し、問題エリアに照準を合わせる事ができる
- 測定結果は、結果の表としても表示できる。表では、すべてのスイッチング・サイクルの蓄積された測定結果も表示される

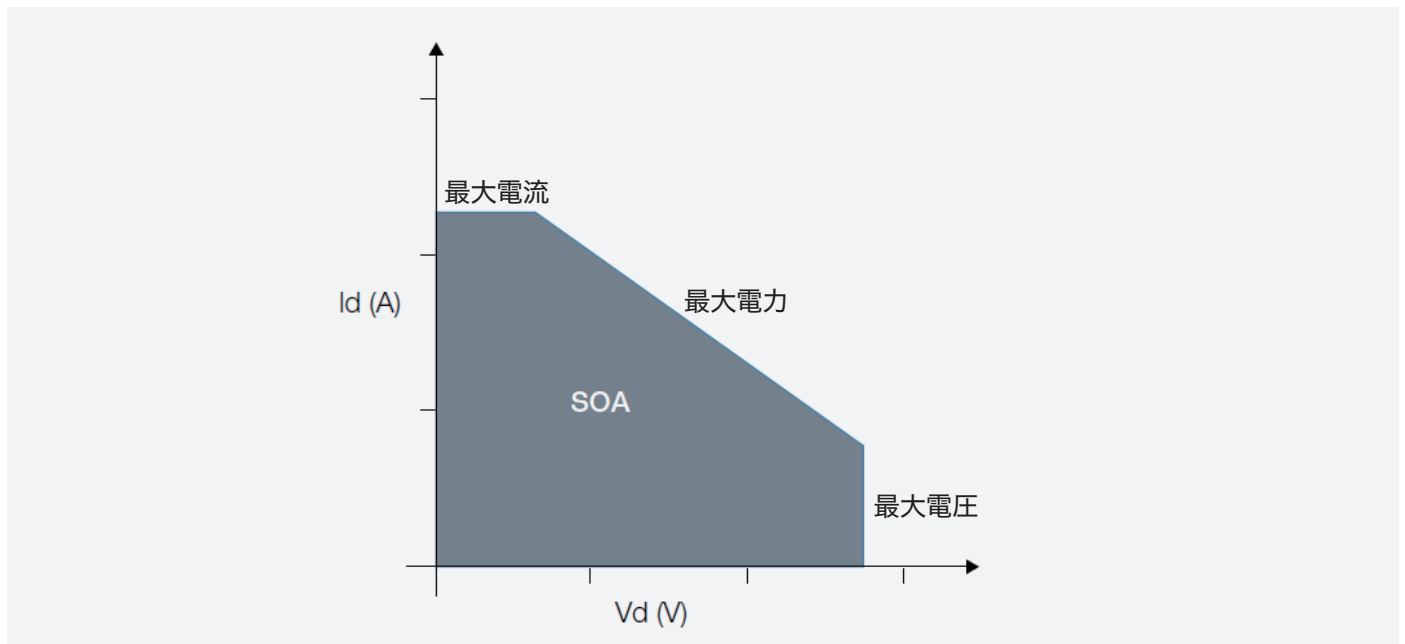


図6. トランジスタのSOA (安全動作領域) グラフ

## SOA (安全動作領域)

スイッチング電源のスイッチング・トランジスタのSOA (安全動作領域)は、特定の電圧条件で安全に流すことのできる電流を規定しています。通常、SOAはBJT、MOSFET、またはIGBTのスイッチング・トランジスタのデータ・シートに記載されています。 $V_{CE}$  (またはFETでは $V_{DS}$ ) 対  $I_{CE}$  ( $I_{DS}$ ) のX-Yプロットで表わされ、性能低下または損傷なしにトランジスタが動作できる範囲を示します。

パワー解析ソフトウェアは、データ・シートにあるSOAを5シリーズMSOに入力することができます。次に、電源設計の動作条件を変えながら回路内デバイスの実際の電圧と電流を測定します。オシロスコープはV-Iプロットを記録し、パラメータがSOAから外れていないかを示すことができます。

## 測定方法

動作中のトランジスタのSOA測定で難しいのは、さまざまな負荷条件、温度変化、商用電圧の変動があるなかで電圧、電流のデータを正確に取込むことです。5-PWRは、データ取込みと解析を自動化することでこの作業を簡単にします。測定のセットアップは、スイッチング・トランジスタに電圧プローブと電流プローブを接続するだけです。

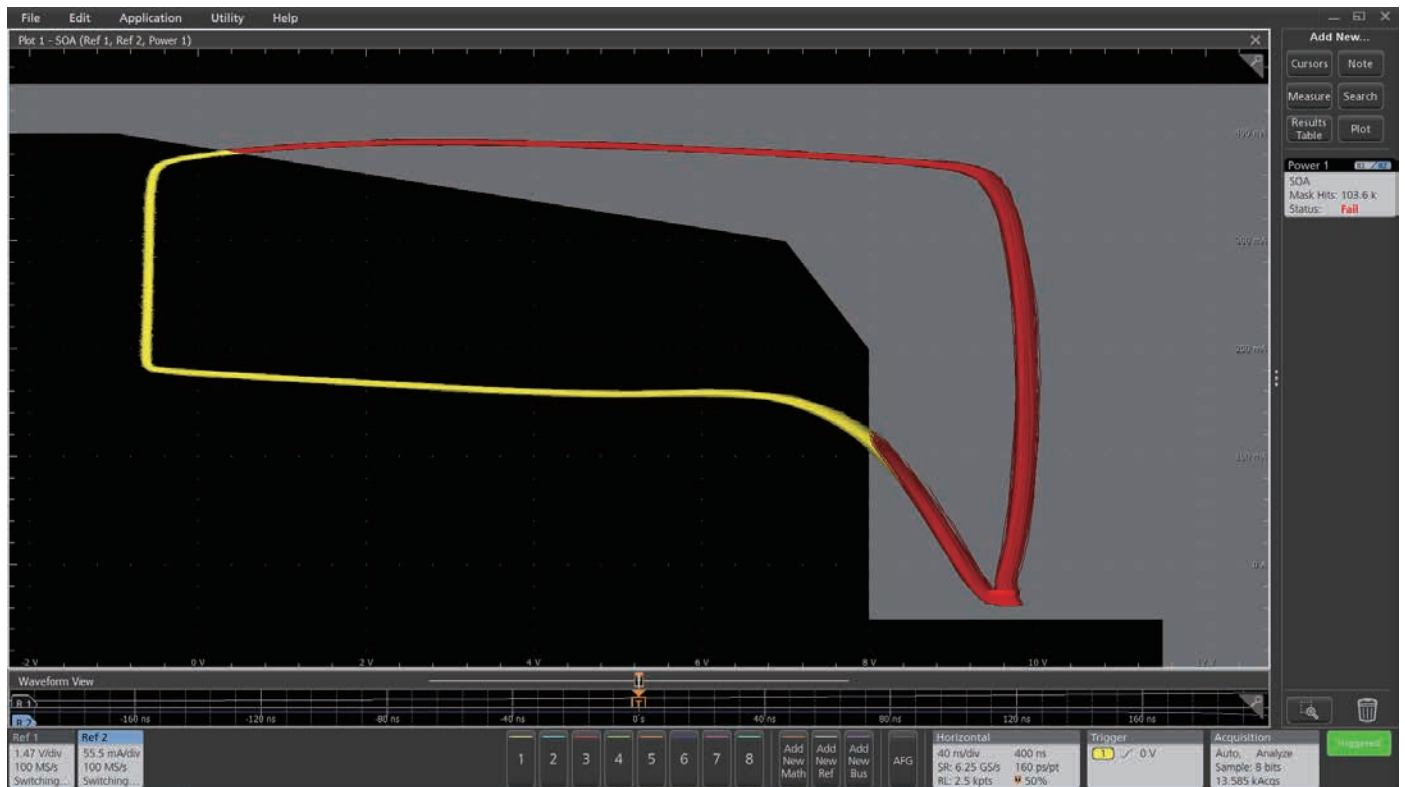


図8. 5-PWRによるSOA。データ・ポイントがマスク領域内に入ると黄色になってPassが表示され、マスク領域から外れると赤になってFailが表示される。この例では、V-IプロットがSOAを外れており、スイッチング・デバイスが過度のストレスに晒されていることを示す。



図7. SOA マスク・エディタ・ウィンドウ。マスクは、スイッチング・デバイスのデータ・シートまたはユーザー定義のセット(電圧、電流)によって定義する。

次のステップでは、SOAマスクを設定します。図7に示すように、SOAマスク・エディタを使用することで、データ・シートまたはユーザー独自の基準をもとに、トランジスタのSOAリミットを設定できます。

### 測定結果

設定を完了すると、SOAのテスト結果は図8のように表示されます。電圧と電流の波形は、XYモードによる一つの波形として表示されます。このプロットは、1回の取込みサイクルのすべてのデータを示しています。

測定結果バッジには、SOAのマスクから外れた回数とパス/フェイルの判定が表示されます。

## 入力解析

ライン測定では、入力変化に応じた設計電流、電力、およびライン電流の歪みなどの特性を評価します。消費電力などの測定項目は、非常に重要な仕様です。その他、力率や高調波などは法令による規制で制限されています。

## 電源品質測定

5-PWRでは、電源品質測定は標準の電力測定機能です。ACライン入力で測定しますが、パワー・インバータなどのデバイスのAC出力で測定することもあります。測定項目を以下に示します。

- 周波数
- 電圧と電流の実効値
- クレスト・ファクタ (電圧と電流)
- 有効電力、無効電力、皮相電力
- 力率と位相

## 測定方法

差動プローブでシステムのライン電圧にプロービングし、電流プローブでシステムのライン電流にプロービングして測定することで電源品質を簡単に測定できます。同じプロービングで高調波電流も測定できます。



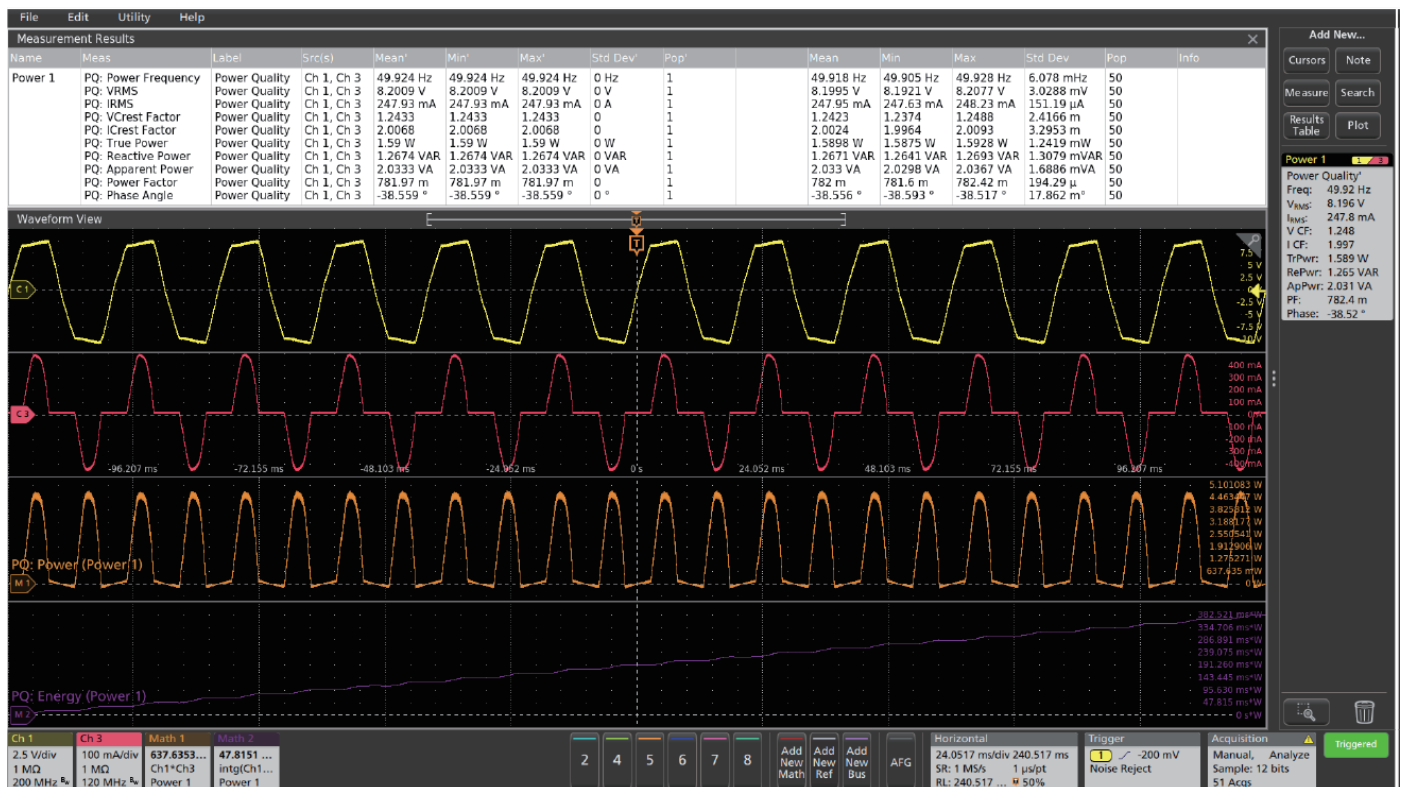


図9. 電源品質測定は、ACラインの詳細が測定できる。ライン電圧は上の波形。電流は赤の波形。瞬時電力はオレンジの波形。結果バッジ(右上)にはライン特性の概要が表示され、Result Tableをクリックすると詳細なデータと統計値が表示される。

## 測定結果

- Frequency：電圧波形の周波数、単位はヘルツ(Hz)。
- $V_{RMS}$ ：表示された電圧波形の二乗平均平方根(Root-Mean-Square)。
- $I_{RMS}$ ：表示された電流波形の二乗平均平方根(Root-Mean-Square)
- VCrest Factor：電圧のピーク値を電圧の実効値で割った値。
- ICrest Factor：電流のピーク値を電流の実効値で割った値。
- True Power：システムの有効電力、単位はワット(W)
- Reactive Power：誘導または容量素子に一時的に蓄積される無効電力であり、VAR (Volt-Amperes-reactive) の単位で測定される。
- Apparent Power：皮相電力。電圧の実効値×電流の実効値。単位はVA (Volt-Ampere)
- Power Factor：有効電力(真の電力)と皮相電力の比
- Phase：有効電力と皮相電力のベクトル間の角度。単位は°(度)

## 高調波

ノンリニアのデバイスが回路内の電流を歪ませる場合に高調波電流が発生します。リニア回路では基本波のライン周波数でのみ電流が流れますが、ノンリニア回路では基本周波数の整数倍の周波数で、各高調波において異なった振幅、位相で電流が流れます。

高調波を持った電流が配電システムのインピーダンスに流れると電圧歪みが発生し、ケーブルと変圧器が過熱します。また、電力網に接続されるスイッチング電源の数が増えると、電力網に戻る高調波歪みも増えます。したがって、電力システムの高調波制御が重要になります。

このため、ノンリニア負荷からの電源品質の影響を制限するように規格は設計されています。IEC61000-3-2、MIL-STD-1399などの規格では、高調波を規制するように制定されています。

IEC61000-3-2規格は、公共の基幹電力システムに入る高調波電流を規制しています。各相につき最大16Aの入力電流までのすべての電気／電子機器で、公共の低電圧配電システム（100V AC、200V AC、230V ACまたは200V 三相AC、415V 三相ACなど）に接続されるものに適用されます。この規格はさらに、Class A（平衡三相機器）、Class B（携帯機器）、Class C（照明器具、調光機器）、Class D（特殊な電流波形要件を持つ機器）に分かれています。

MIL-STD-1399は、コンピュータ、通信機器から空調機器までの、船舶や航空機のAC電源システムとの互換性を維持するための機器（負荷）の仕様とテスト要件を規定しています。

5-PWR拡張パワー測定／解析アプリケーションは、電流の高調波を簡単に測定することができます。測定結果は、表、グラフの両方で表示できます。設計したデバイスがこれらの適合性規格に適合することを確認するのは時間や費用のかかる作業ですが、5-PWRを使用

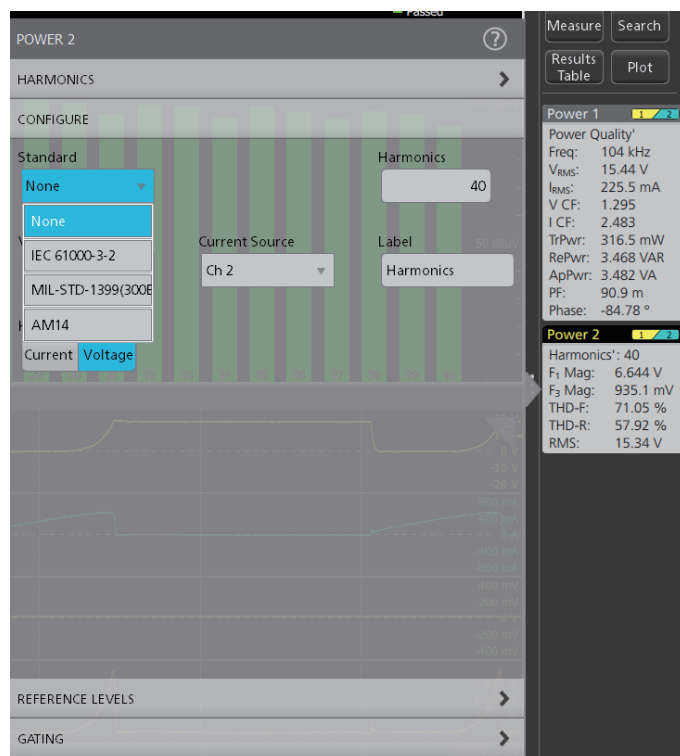


図10. 簡単な設定だけで実行可能な、基本的な高調波電流解析。この例では、法令規格に対するプリコンプライアンス・チェックの設定を示している

することで、この検証作業がすばやく行えます。このような測定機能がオシロスコープで利用できるため、デバッグがすばやく行えるだけでなく、規制要件に適合させるためにぎりぎりまで設計変更することを避けられます。



図11. 5-PWRによる高調波の測定結果の例。正弦波でない電流波形が右下に表示されている。高調波バーにより高調波成分がデシベルのスケールで表示されている。奇数次の高調波が大きくになっているが、IEC 61000-3-2のリミット内に十分に入っている。

## 測定方法

差動電圧プローブでライン電圧を測定し、電流プローブでライン電流を測定します。

設計による高調波をIEC 61000-3-2の規格リミットと比較するには、ライン周波数を設定し、クラス・タイプを選択する必要があります。Class C、Dでは、さらに入力電力、力率、基本波電流を入力します。解析パッケージはあらかじめ定義されたリミット・テーブルをロードして、測定された高調波とリミット値を比較します。プリコンプライアンス・テストの結果の例を、図12に示します。

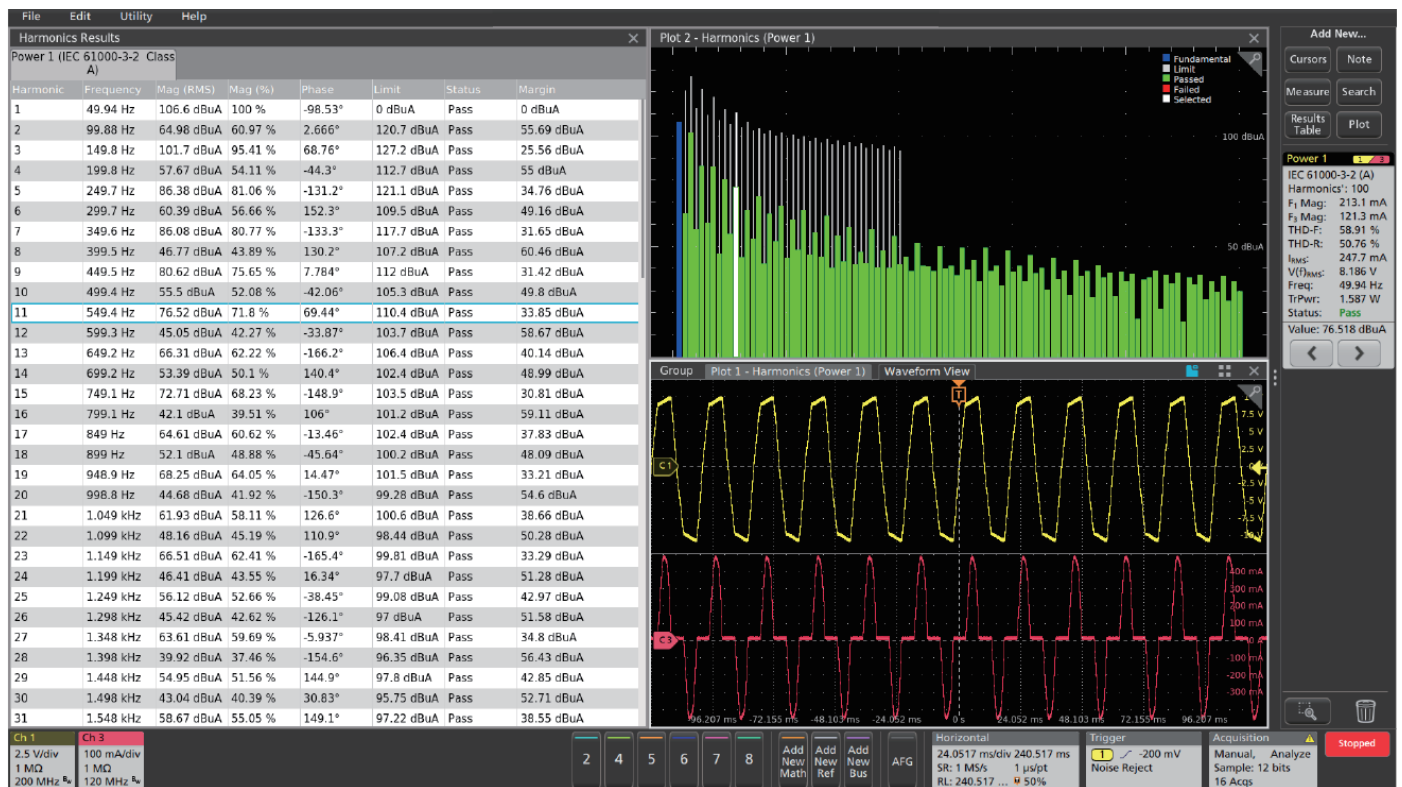


図12. 100次までの高調波がバー・グラフ形式で表示される。表には、IEC 61000-3-2のプリコンプライアンスのテスト結果が表示される。設定をもとに、解析パッケージはあらかじめ定義されたリミット・テーブルをロードして、測定された高調波とリミット値を自動比較する。

## 測定結果

- 測定バッジには、選択された高調波の規格、基本波、三次高調波の振幅、THD-F、THD-R、実効値、パス/フェイルの結果が表示されます。
- それぞれの高調波を選択でき、測定値は測定バッジ、バー・グラフ、結果テーブル間でリンクされます。
- 高調波の結果テーブルには、以下が含まれます。
  - 選択された高調波の規格
  - 高調波の次数と周波数
  - Magnitude (RMS)：測定された高調波の実効値振幅、単位はdB  $\mu$  AまたはA
  - Magnitude (%)：基本波に対する、測定された高調波振幅
  - Phase：周波数基準波形に対する高調波の位相、単位は°(度)
  - Limit：指定された規格における高調波リミット
  - Status：プリコンプライアンスのパス/フェイルの結果
  - Margin：測定値とリミットの差
- 電流高調波は、dB  $\mu$  AまたはAの単位で表示されます。

## 出力解析

DC電源の出力は、レギュレーションとノイズを検証しなければなりません。5-PWR拡張パワー測定／解析ソフトウェアは、リップルを定量化し、分類するツールを含んでいます。

### ライン・リップル、スイッチング・リップル

簡単に言うと、リップルは電源のDC出力に重畳するAC電圧であり、通常の出力量に対する比、またはピーク・ピーク電圧で表されます。

電源の主な出力リップルは2種類あります。ライン・リップルでは、ライン周波数に関連するリップルの量を測定します。一方、スイッチング・リップルでは、スイッチング電源の出力から検出されるスイッチング周波数に関連するリップルの量を測定します。

出力ライン・リップルは、通常、ライン電源の2倍の周波数であり、スイッチング・リップルはkHz以上の周波数レンジで、ノイズも結合しています。スイッチング・リップルからライン・リップルを分離することは、電源の出力特性評価で最も難しい課題です。拡張パワー測定／解析ソフトウェアは、この作業を大幅に軽減します。

### 測定方法

システム・リップルは、電圧プローブがあれば測定できます。差動電圧プローブをシステムの出力に接続し、出力ライン・リップル電圧とスイッチング・リップル電圧を測定します。

ライン・リップルとスイッチング・リップルのConfigurationタブは、非常によく似ています(図13を参照)。どちらのリップル測定でも、カップリング(ACまたはDC)、帯域制限(20MHz、150/250MHz、Full)、オシロスコープのアクイジション・モード(サンプル、ピーク・ディテクト、ハイレゾ)を設定します。ライン・リップル測定では、システムのライン周波数(50Hz、60Hz、400Hz)も設定する必要があります。スイッチング・リップル測定では、大まかなスイッチング周波数の設定が必要になります。

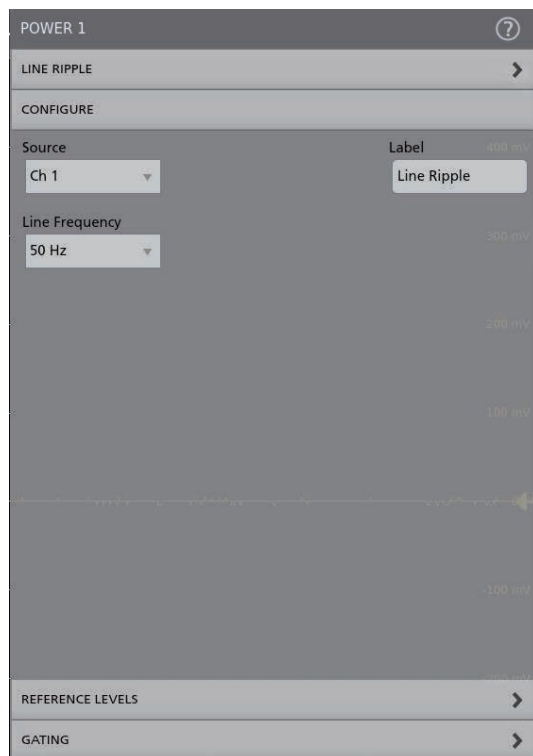


図13. 5-PWRによるライン・リップルの設定タブ

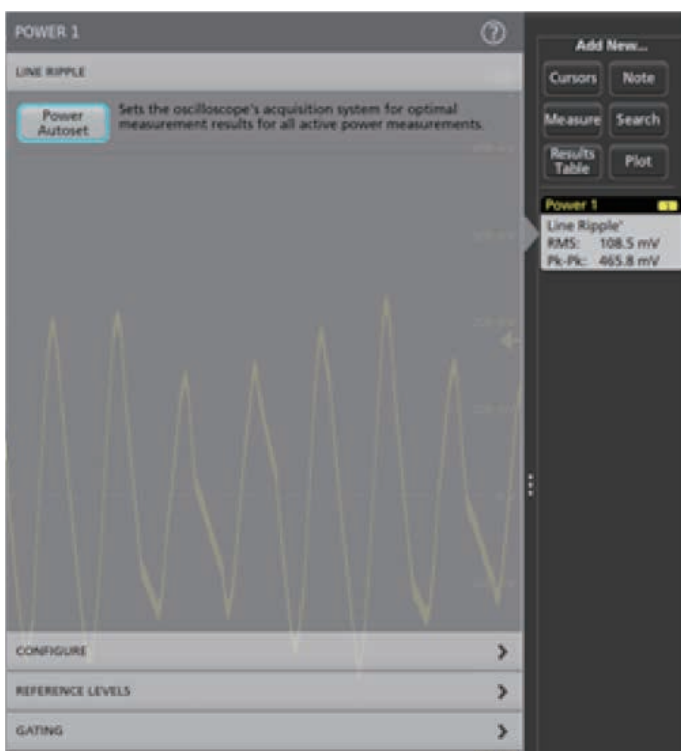


図14. 5-PWRによるスイッチング・リップルの測定結果の例

測定を設定すると、結果が図14のように表示されます。

### 測定結果

Pk-Pk、RMSのリップル値:システムのライン周波数成分またはスイッチング周波数成分のピーク・ピークおよび実効値のリップル電圧値が表示されます。

### レポート作成

設計、開発プロセスでは、データ収集、保存、文書化という作業は、時間がかかりますが、必要な作業です。5-PWRにはレポート自動生成機能が備わっており、測定結果を簡単に文書化することができます。

Generate Report ボタンを押すと、設定したレイアウトでレポートが作成され、ディスプレイに表示されます。

### まとめ

5シリーズMSOで5-PWRを使用すると、短時間のセットアップで、正確性、再現性に優れた測定が簡単に実行できます。手作業による計算も不要になります。アプリケーション・ソフトウェアが測定画面を取込み、レポートを自動作成するため、エンジニアは機器のセットアップ、波形、測定結果をまとめた文書を簡単に作成できます。

### アプリケーションに適したプローブの選択

5シリーズMSOは、適切なプローブと組み合わせることで優れた測定性能を発揮します。5シリーズMSOはTekVPIプローブ・インタフェースを装備しており、オシロスコープはこのインタフェースでプローブと通信します。テクトロニクスは、IsoVu光アイソレーション型測定システム、ロゴスキー・プローブなどの差動プローブ、電流プローブ、また豊富なプローブ・アダプタを取り揃えています。詳細については、当社ウェブ・サイト ([jp.tek.com/accessories](http://jp.tek.com/accessories)) をご覧ください。

Power Measurements Report											
Thursday October 26 2017 14:03:53											
<b>Setup Configuration</b>											
Scope Details											
Scope Model Number	Scope Serial Number	Telescope Version		Scope Calibration Status							
M5C58	PQ230019	1.4.8		Pass							
Probe Details - CH1											
Probe Type	Probe Serial Number		Probe Cal Status								
THCP100	C000079		Default								
Probe Details - CH2											
Probe Type	Probe Serial Number		Probe Cal Status								
TCPO003	C007426		Default								
<b>Power Measurement Summary Results</b>											
Power1 - PowerQuality											
Measurement Source	Power Frequency	V RMS	I RMS	V Dist Factor	V Crest Factor	True Power	Reactive Power	Apparent Power	Power Factor	Phase Angle	
Power Quality	CH1 CH2	103.9kHz	15.54V	224.9mA	1.288	2.454	293.2mW	3.436VAR	3.449VA	85.03m	85.12Degree
Power2 - Harmonics											
Measurement Source	Standard	Harmonics	F1 mag	F3 mag	THDF	THDR	I RMS				
Harmonics	CH1 CH2	N2ME	49	6.617A	893.4mA	70.7%	57.73%	145.26A			
Power3 - CycleAmpl											
Measurement Source	Amplitude										
Cycle Amplitude	CH1		19.56V								
Power4 - CyclePkPk											
Measurement Source	Cycle Peak-to-Peak										
Cycle Peak-to-Peak	CH1		20.00V								
Power5 - CycleTop											
Measurement Source	Top										
Cycle Top	CH1		19.47V								
Power6 - CycleMax											
Measurement Source	Cycle Maximum										
Cycle Maximum	CH1		19.56V								
Power7 - CycleBase											
Measurement Source	Base										
Cycle Base	CH1		-92.19mV								
Power8 - CycleMin											
Measurement Source	Cycle Minimum										
Cycle Minimum	CH1		-471.3mV								
Power9 - Period											
Measurement Source	Period										
Period	CH1		9.60us								
Power10 - Frequency											

図15. レポートは、MHTまたはPDFのフォーマットで自動生成される

プローブの種類	概要	
<p><b>高電圧差動プローブ</b></p>	<p>THDP0100/THDP0200/TMDP0200型高電圧差動プローブは、グラウンド基準でない測定、フローティング測定に適しています。</p> <p>プローブの最高帯域は200MHz、最大電圧レンジは6000V (THDP0100型) です。</p>	
	<p>P5200A/P5202A/P5205A/P5210A型高電圧差動プローブは、グラウンド基準でない測定、フローティング測定、または絶縁測定に適しています。最高周波数帯域は100MHz、最大電圧レンジは5600V (P5210A型) です。</p>	
<p><b>光アイソレーション型測定システム</b></p>	<p>TIVM1型、TIVH08型、TIVH05型、TIVH02型光アイソレーション型測定システムは広帯域差動信号のコモン・ノイズの分離に優れており、ワイドバンド・ギャップ設計のテストに最適です。ケーブル長は、3mと10mが用意されています。</p> <p>TIVM1型の周波数帯域は1GHzであり、最大60kVのコモンモード信号がある状態で、最大±50Vpkの差動信号を測定できます。TIVH08型、TIVH05型、TIVH02型の周波数帯域はそれぞれ800MHz、500MHz、200MHzであり、最大60kVのコモンモード信号がある状態で、最大±2500Vpkの差動信号を測定できます。</p>	
<p><b>電流プローブ</b></p>	<p>テクトロニクスは、最高周波数帯域120MHz、最高クランプ感度1mAの業界トップクラスの電流プローブを含む、豊富なラインアップを取り揃えています。</p>	
	<p>さまざまなロゴスキー・プローブが用意されており、TRCP300型 (9Hz~30MHz、250mA~300Apk)、TRCP600型 (12Hz~30MHz、500mA~600Apk)、TRCP3000型 (1Hz~16MHz、500mA~3000Apk) があります。</p>	
<p><b>ミッドレンジ電圧差動プローブ</b></p>	<p>TDP0500/TDP1000型ミッドレンジ電圧差動プローブは、グラウンド基準でない測定、フローティング測定、または絶縁測定に適しています。最高周波数帯域は1GHz (TDP1000型)、最大電圧レンジは±42V (DC+ピーク AC) です。</p>	

**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 1 2060128

2016年4月現在



jp.tek.com

**テクトロニクス／ケースレーインスツルメンツ**

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3月 55Z-61294-0