



MSO/DPOシリーズ・オシロスコープを使用した電源回路の測定と解析

はじめに

電源回路は、子供用のおもちゃからコンピュータ、また、事務機器から産業用機器まで、さまざまな電子機器で使用されています。電源は、デバイスが正しく動作するように、電力をさまざまな形式に変換するために使用されます。代表的な例としては、AC電源を規定のDC電圧に変換するAC-DCコンバータ、バッテリー電源を規定のDC電圧レベルに変換するDC-DCコンバータなどがあります。

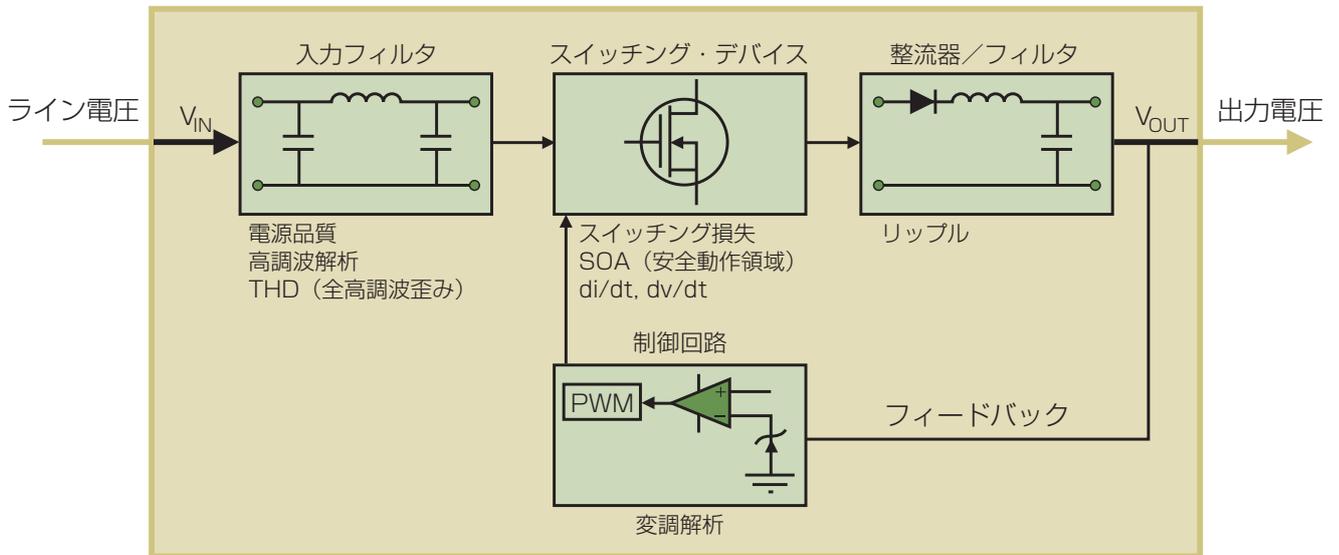


図1. DPOxPWR型のパワー解析ソフトウェアで特性評価するスイッチング電源のコンポーネント

電源には、従来のリニア電源から、複雑でダイナミックな動作環境に対応する高効率スイッチング電源までさまざまなものがあります。デバイスの負荷は瞬時に大きく変動することがあり、一般的なスイッチング電源であっても、平均的な動作レベルを大きく上回る、突然のピーク負荷に対して持ちこたえる必要があります。電源そのもの、また電源を使用するシステムを設計する際は、定常状態から最悪条件までの電源の動作を理解しておく必要があります。

従来、電源の動作特性は、静的な電流と電圧をデジタル・マルチメータで測定し、計算機やコンピュータで計算することで評価してきました。現在では、多くのエンジニアが、電源（パワー）測定をオシロスコープで行うようになりました。

このアプリケーション・ノートでは、テクトロニクス社のMSO/DPO4000シリーズまたはMSO/DPO3000シリーズ・オシロスコープを使用した、図1に示すようなスイッチング電源の測定について説明します。オプションで用意されているパワー解析モジュール（DPOxPWR型）を装備することにより、電源回路が迅速に解析でき、プローブのセットアップとデスキューが簡単になります。

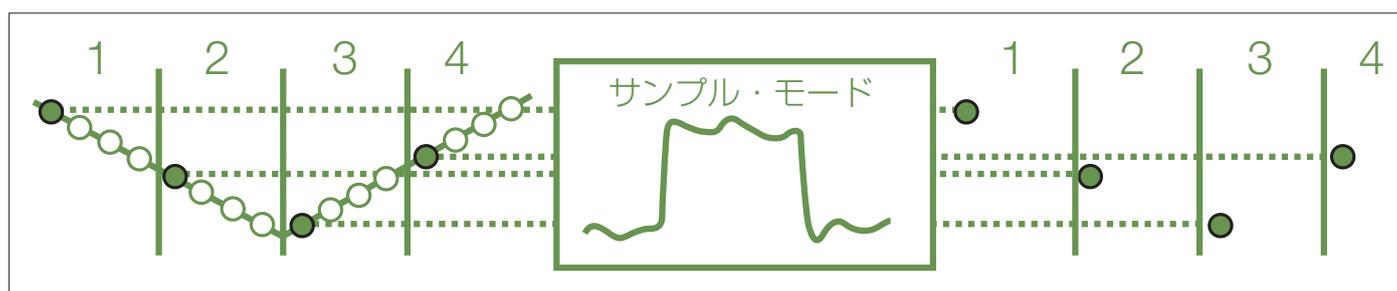


図2. サンプル・モード

パワー測定の準備

電源は、設計、モデリングした通りに正確に動作するのが理想です。しかし、現実にはコンポーネントは完全ではなく、負荷も変化し、ライン電源の波形も歪むことがあるなど、電源をとりまく環境の変化によって、その性能は影響を受けます。さらに、高性能、高効率、小型化、低コストなど、さまざまな要求によって設計はますます複雑になっています。

このような問題に対処するためには、測定システムを正しくセットアップし、波形を正確に取込んで解析し、トラブルシューティングしなければなりません。考慮すべき項目を以下に示します。

- オシロスコープのアクイジション（取込）モード
- 電圧プローブと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）
- 帯域制限フィルタ

オシロスコープのアクイジション（取込）モード

オシロスコープのアクイジション・モードは、電気信号の取込方法、処理方法、表示方法の違いによりさまざまなモードがあります。結果として得られる波形ポイントはデジタル値であり、メモリに保存され、表示されて波形として再生されます。最新のオシロスコープにはさまざまなアクイジション・モードがあり、選択されるモードによってパワー測定の精度は影響されます。したがって、アクイジション・モードがどのように機能するか、また、波形への影響を理解した上でパワー測定を確かなものにするのが重要となります。

どのオシロスコープにも、「サンプル・モード」と呼ばれるアクイジション・モードがあります。サンプル・モードは、最もシンプルなアクイジション・モードです。サンプル・モードでは、図2に示すように、波形間隔（図の1、2、3、4の部分）の最初の1ポイントを保存し、波形ポイントとします。サンプル・モードは、リップルやノイズの解析など、繰返し性のない信号を複数回取込むような測定で使用します。

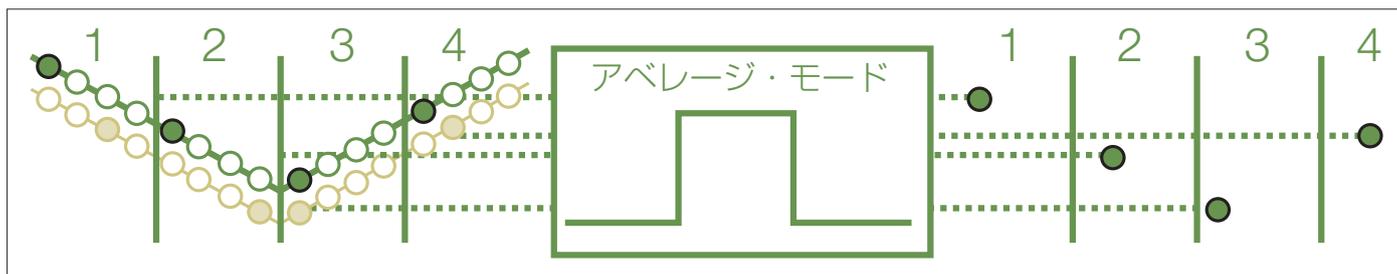


図3.アベレージ・モード

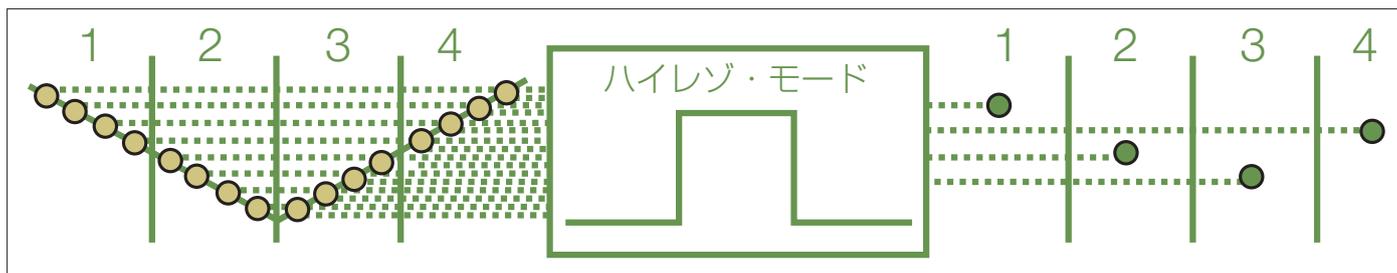


図4.ハイレゾ・モード

ほとんどのオシロスコープ・メーカーで提供されているもう1つの
アキュイジション・モードに、「アベレージ・モード」があります。
アベレージ・モードでは、各波形間隔においてサンプル・モードで
1つのポイントを保存しますが、図3に示すように、連続して取込
んだ波形から平均化することで最終の表示波形とします。帯域を犠
牲にすることなくノイズを抑えることができますが、繰返し信号で
なければなりません。アベレージ・モードは、特に高調波解析、ま
たは有効電力、無効電力、皮相電力などの電源品質測定に適してい
ます。

当社のオシロスコープには、「ハイレゾ (Hi-Resolution) ・モード」
が備わっています。このモードでは、図4に示すように、1回の波
形取込みにおいて、1つの波形間隔内の複数の連続したサンプルを
平均することで1つの波形ポイントとします。帯域は低下しますが、
ノイズが抑えられ、低速信号の垂直分解能が上がります。ハイレ
ゾ・モードは、特に電源投入時の変調解析や単発波形の取込みに適
しており、ハイレゾ・モードで取込んだ値から計算した瞬時電力な
ど、スイッチング損失の測定精度が上がります。

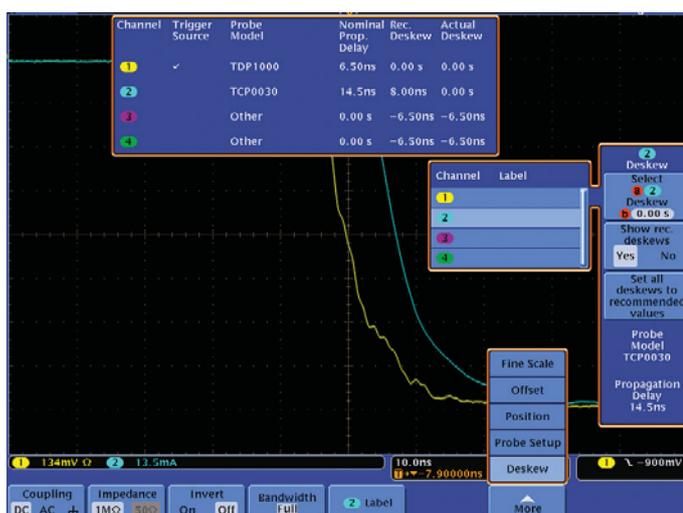


図5. 電圧プローブと電流プローブ間のデフォルトのタイミング・スキュー

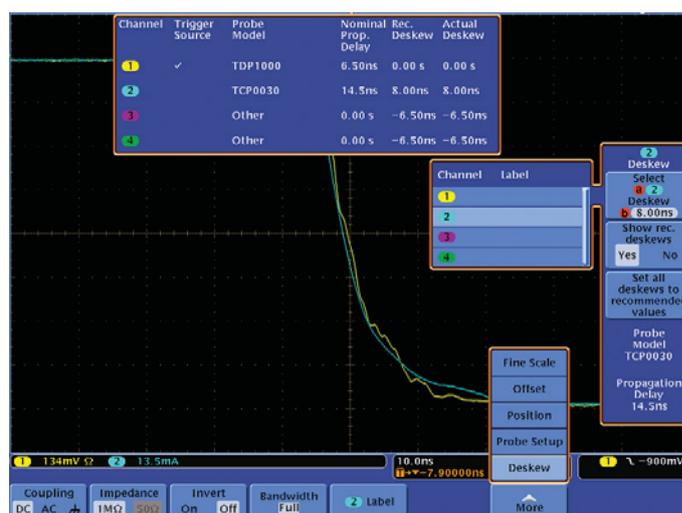


図6. 電圧プローブと電流プローブ間のタイミング・スキューを補正した例

電圧プローブと電流プローブ間のスキュー調整

デジタル・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）にかかる電圧と流れる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（高電圧差動プローブが必要になる場合もあります）と電流プローブが必要になります。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自動的にそろ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は「スキュー」と呼ばれ、振幅とタイミング測定の際の誤差の原因となります。電力は電圧と電流の積ですので、最大ピーク・パワーと面積測定におけるプローブの伝播遅延の影響を理解することは非常に重要になります。電圧と電流の信号が正確にそろっていないと、正確な測定結果が得られません。

当社のMSO/DPOシリーズ・オシロスコープには、プローブ間のスキューを取り除く「デスクュー」機能が装備されています。デスクュー・メニューを選択すると、チャンネルごとのプローブ型名、

公称の伝播遅延時間、推奨のデスクュー、実際のデスクューの情報ボックスが表示されます。図5の例では、電圧波形と電流波形間に約8nsのスキューがあり、各プローブの伝播遅延が情報ボックスに表示されています。TDP1000型（当社の差動電圧プローブ）の公称の伝播遅延時間は6.5ns、TCP0030型（当社の電流プローブ）の公称の伝播遅延時間は14.5nsであり、伝播遅延時間の差は8nsです。

プローブ間のスキュー補正手順は簡単で、図6に示すようにサイド・メニューからSet all deskews to recommended valuesを選択するだけです。これにより、Actual Deskew（実際のデスクュー）の値が、Recommended Deskew（推奨のデスクュー）の値に調整されます。Recommended Deskewの値は、プローブの内部メモリに保存されている公称の伝播遅延時間がベースとなっており、プローブはTekVPI®インタフェースまたは自動プローブ・スキューをサポートしているものを想定しています。



図7. 当社のデスクュー・パルス・ジェネレータとデスクュー・フィクスチャ

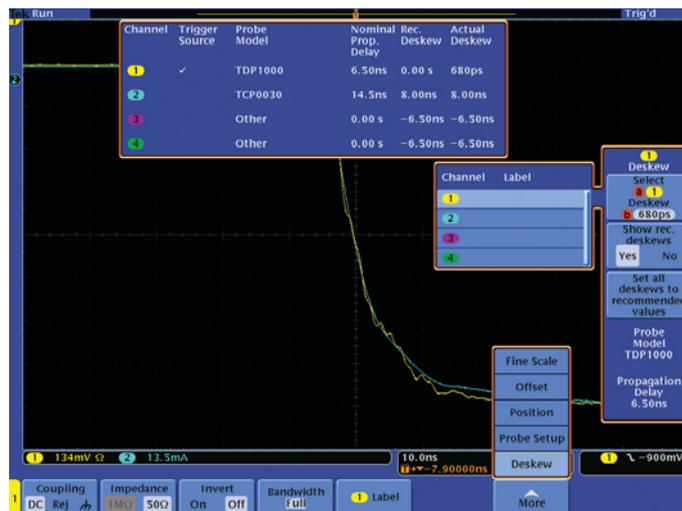


図8. 電圧プローブと電流プローブ間のタイミング・スキューを手動で補正した例



図9. デガウス/オートゼロ機能を備えた当社TCP0030型AC/DC電流プローブ

Set all deskews to recommended valuesを選択すると、プローブの公称の遅延時間差を補正しますが、完全に波形が一致するというものではありません。波形を完全に一致させて最高の精度で測定するには、TEK-DPG型（デスクュー・パルス・ジェネレータ）とデスクュー・フィクスチャが必要になります。

TEK-DPG型は、図7に示すように、パワー測定用デスクュー・フィクスチャ（当社部品番号：067-1686-xx）にソース信号を供給します。プローブをデスクュー・フィクスチャに接続するとActual Deskewの値は任意に設定でき、波形を正確に一致させることができます。図8は、TDP1000型プローブのActual Deskewの値を680ps調整し、デスクューの値を6.5nsから7.18nsに設定することで最高の精度を実現しています。

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。

電流プローブも測定前に調整しておく必要があります。電流プローブでは、DCバランスをキャンセルすることでオフセットを調整し、0A（アンペア）にするか、可能な限り0Aに近づけます。TCP0030型AC/DC電流プローブなどの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。

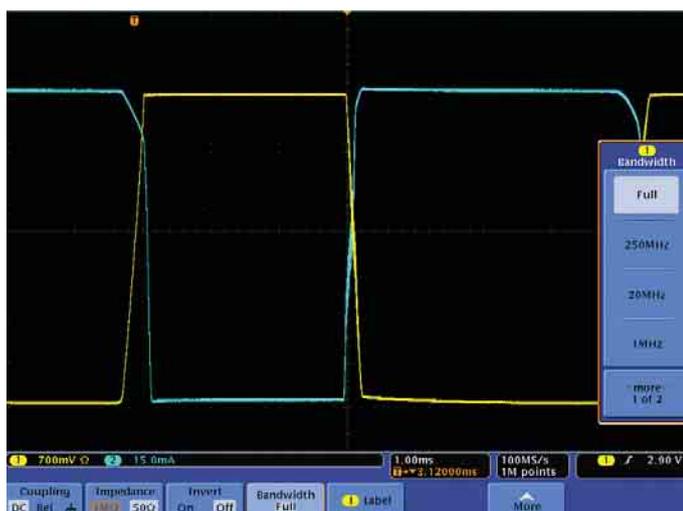


図10. TDP1000型プローブを接続したMSO/DPO4000シリーズによる帯域制限フィルタの設定例

デガウス（消磁）

電流プローブにも、操作が簡単なデガウス（消磁）機能が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してしまった変圧器コアの残留DC磁束を除去します。この残留磁束によって出力オフセットが発生するため、測定前に除去することで測定精度を上げます。

TekVPIインタフェースを備えた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ます。電流プローブは時間と共に大きなドリフトを発生することがあり、測定精度に大きく影響するため、この警告インジケータは非常に便利な機能です。

帯域制限フィルタ

オシロスコープの周波数帯域を制限することで、表示される波形からノイズまたは不要な高周波成分を除去することができます。図10に示すように、MSO/DPOシリーズ・オシロスコープには帯域制限フィルタが装備されています。プローブの中には、帯域制限フィルタを装備しているものもあります。

n次の高調波に含まれる高周波成分も除去されることがあるため、帯域制限フィルタの使用には注意が必要です。例えば、1MHzの信号測定において40次の高調波を検証するためには、最低でも40MHzのシステム帯域が必要になります。図10に示す例で帯域制限フィルタを20MHzに設定すると、この測定で必要な周波数成分まで除去されることになります。

パワー測定

測定システムが正しくセットアップできたならば、いよいよパワー測定を実行します。一般的なパワー測定は、入力解析、スイッチング・デバイス解析、出力解析の3種類に分けることができます。

入力解析

現実の電源では理想的な正弦波を望むことはできず、ライン上には常に歪みなどが存在します。スイッチング電源は、電力ラインに対して非線形な負荷となります。このため、電圧と電流の波形は同じにはなりません。電流は入力サイクルの一部の区間のみ流れるため、入力電流波形では高調波が発生します。電源の入力解析に必要な測定項目を以下に示します。

- 高調波
- 電源品質

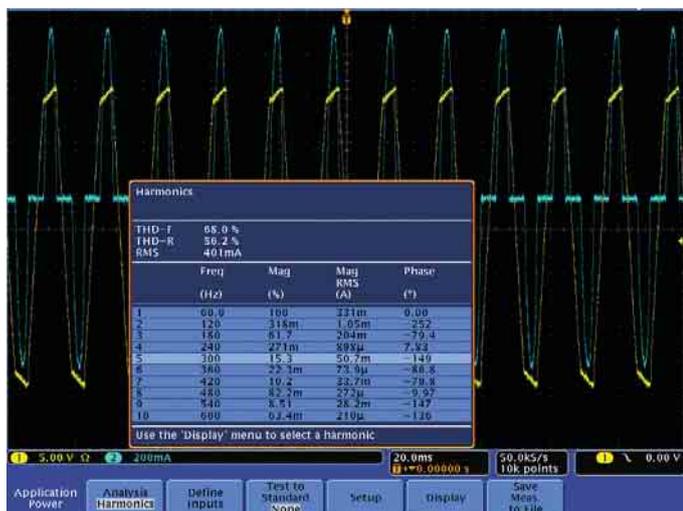


図11. DPOxPWR型による高調波解析例

高調波

スイッチング電源は奇数次の高調波を発生する傾向があり、それが電力網に戻ってしまふことがあります。この傾向は蓄積され、電力網に接続されるスイッチング電源の数が増えるほど（例えば、オフィス内で使用されるPCの数が増えると）、電力網に戻るトータルの高調波歪みは増えることとなります。この高調波歪みは電力網のケーブルや変圧器の過熱の原因となるため、高調波歪みを最小限に抑える必要があります。IEC61000-3-2などの規格では、特定の非直線性負荷からの電源品質を規定しています。

電源回路設計では、この歪みの影響を把握しておくことが重要であり、この用途ではマルチメータよりもオシロスコープの使用が有効です。計測システムは、商用電源周波数の最高50次の高調波成分を取込む性能が必要です。商用電源の周波数は通常50Hzか60Hzですが、軍事、航空産業では400Hzの場合もあります。注意しなければならないこととして、信号のアベレーションには高周波のスペクトル成分が含まれることもあります。最新の高速オシロスコープでは、高速に変化するイベントを詳細に（高分解能で）取込むことができます。一方、従来の電力メータは、応答時間が比較的に遅いため、信号の詳細を表すことはできません。

高調波の解析は、通常の波形測定と同じように簡単です。この場合の信号は繰返し性のある波形ですので、トリガして表示することも簡単です。十分な周波数分解能を得るには、最低でも5サイクルの波形表示が必要であり、オシロスコープのダイナミック・レンジを

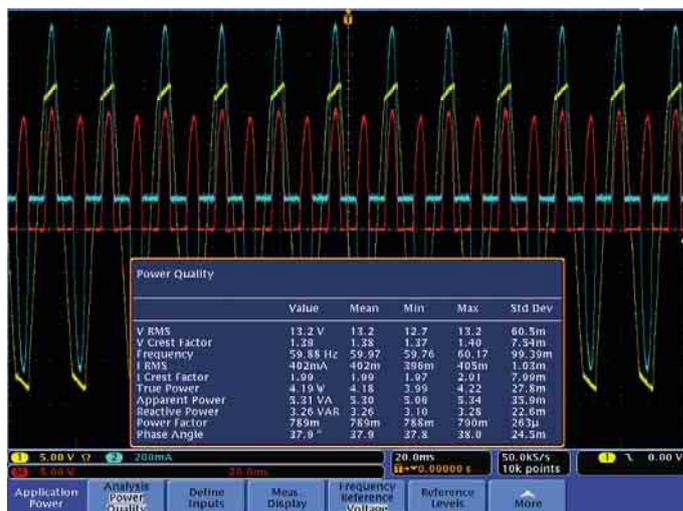


図12. DPOxPWR型による電源品質測定例

フルに使い切るためには、波形が垂直軸方向に一杯に表示されるようにスケールを調整する必要があります。

図11は、電源の負荷電流の高調波解析例を示しています。Displayメニューで、特定の高調波を選択します。この例では、5次高調波が選択されています。解析結果は表形式またはグラフ形式が選択でき、すべての高調波、偶数の高調波、または奇数の高調波を表示することができます。高調波データは、CSVファイルとしてUSBメモリまたはCompactFlashカードに保存することができます。基本波に対する全高調波歪み（THD）と実効値も表示されます。この測定機能は、IEC61000-3-2やMIL-STD-1399などの規格に対する適合性を検証する場合に有効であり、DPOxPWR型のアプリケーション・ソフトウェアに標準で含まれています。

電源品質

電源品質は、電気の供給元だけに依存して変化するものではなく、電源と最終ユーザの負荷によっても変化します。電源の品質特性から、その電源の健全性、および非直線性負荷によって生ずる歪みの影響を知ることができます。図12は、DPOxPWR型のアプリケーション・ソフトウェアによって表形式で測定された例を示しています。自動測定による項目としては、実効値電圧、実効値電流、電圧および電流のクレスト・ファクタ、有効電力、無効電力、皮相電力、力率があります。

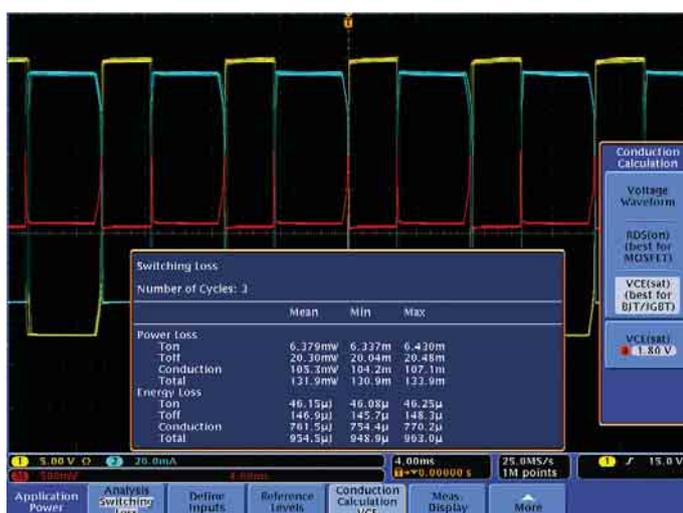


図13. DPOxPWR型によるIGBTのスイッチング損失測定例

スイッチング・デバイスの解析

最新のシステムでは、入力電圧と負荷変動に効率良く対応できることから、DC電源の多くはスイッチング電源が採用されています。スイッチング電源では、抵抗、リニアモード・トランジスタなどの電力損失があるコンポーネントの使用を極力抑え、(理想的には)電力損失のないコンポーネントを重視します。スイッチング電源のデバイスには、パルス幅変調レギュレータ、パルスレート変調レギュレータ、フィードバック・ループなどの制御要素も含まれます。

スイッチング電源の技術は、MOS電界効果トランジスタ(MOSFET: Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistors)や絶縁ゲート型バイポーラ・トランジスタ(IGBT: Insulated Gate Bipolar Transistors)などの、電源用半導体であるスイッチング・デバイスの性能に多くを依存しています。これらのデバイスは高速なスイッチング時間を持ち、不規則なスパイク状電圧にも耐えることができます。さらに、オンとオフのいずれの状態でも電力損失が非常に小さいので発熱が少なく、高効率を実現しています。ほとんどの部分において、スイッチング・デバイスがスイッチング電源の全体的な性能を決定します。スイッチング・デバイスに関する主な測定項目を以下に記します。

- スwitchング損失
- SOA (安全動作領域)
- スルー・レート

スイッチング損失

トランジスタ・スイッチング回路では、スイッチング時の浮遊インダクタンスおよび浮遊キャパシタンスのエネルギー放電により、遷移中にエネルギーを失います。MOSFETやIGBTなどのスイッチング・デバイスがオフからオンに遷移するときのエネルギー損失を、「ターンオン損失」といいます。同様に、スイッチング・デバイスがオンからオフに遷移するときのエネルギー損失を、「ターンオフ損失」といいます。トランジスタ回路では、寄生容量、寄生インダクタンス、ダイオードに蓄積された電荷の消失により、スイッチング時にエネルギーが消失します。電源の評価、効率の評価においては、この損失を正しく解析することが不可欠です。図13のスイッチング測定例では、取込まれた波形の任意の領域におけるすべてのサイクル(デフォルトでは波形全体)が測定されており、複数の取込みではなく、1回の取込みで測定した統計値が表示されています。

ターンオン損失、ターンオフ損失の測定で最も難しいのは、これらの損失がスイッチング・サイクルのごく短時間に発生し、その他の大部分の時間で発生する損失は非常に小さいということです。したがって、電圧波形と電流波形間のタイミングは非常に正確である必要があります。タイミングが正確であれば測定システムのオフセットは最小になり、測定のダイナミック・レンジは十分となり、オン/オフの電圧、電流を正確に測定することができます。また、先にも説明したように、プローブのオフセットをキャンセルし、電流プローブをデガウスしてプローブの変圧器の残留DC磁束をキャンセルし、チャンネル間のスキューも最小にしておく必要があります。

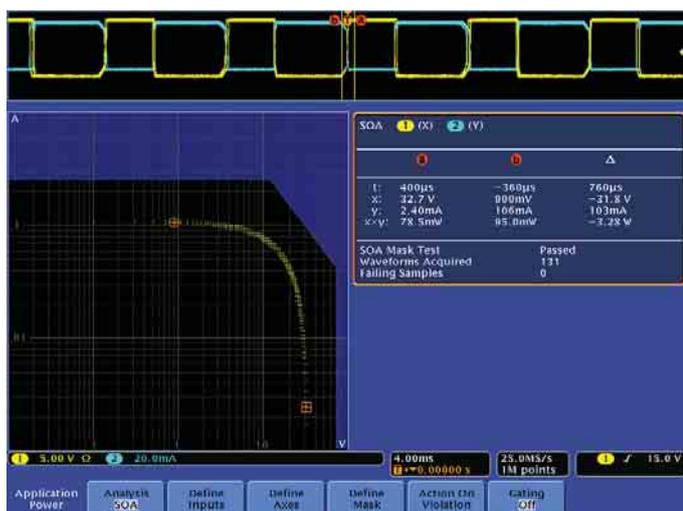


図14. DPOxPWR型によるSOAマスク・テスト例

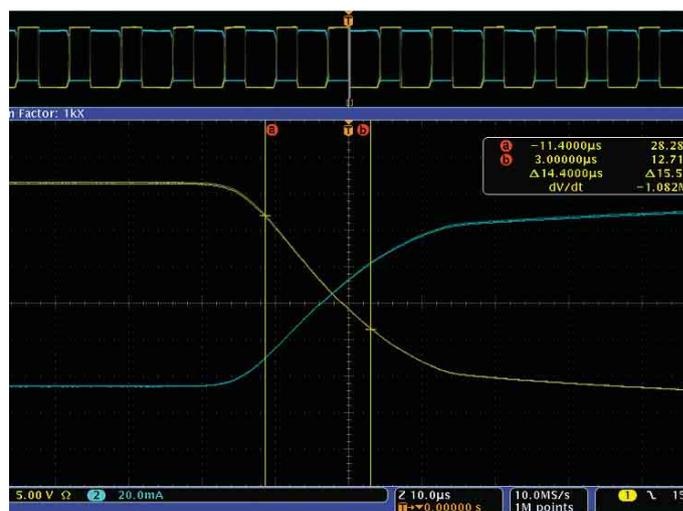


図15. DPOxPWR型によるスルー・レートの測定例

また、正確なスイッチング損失測定のためには広いダイナミック・レンジが必要です。スイッチング・デバイスにかかる電圧は、オン時とオフ時では大きく変化するため、1回の波形取込みでオン/オフ時の電圧を正確に測定することは難しいものです。DPOxPWR型を装備したMSO/DPOシリーズでは、以下の3種類の方法でターンオン損失を測定します。

- 導通時のスイッチング・デバイス間の電圧降下を測定し、損失を計算します。この電圧は、非導通時のスイッチング・デバイス間の電圧に比べると非常に小さいため、通常、オシロスコープの1つの垂直軸設定で導通時/非導通時の両方の電圧を同時に、正確に測定することは困難な場合があります。
- デバイスのデータ・シートから、RDS (on) の値 (MOSFETのベスト・モデル) を入力します。この値はデバイス導通時のドレイン・ソース間のオン抵抗であり、この値を使用して損失を計算します。
- デバイスのデータ・シートから、VCE (sat) の値 (BJT, IGBTのベスト・モデル) を入力します。この値はデバイスが飽和したときのコレクター・エミッタ間の飽和電圧であり、この値を使用して損失を計算します。

SOA (安全動作領域)

トランジスタのSOA (安全動作領域) とは、トランジスタがダメージを受けることなく動作できる条件、具体的には、所定の電圧でどれだけの電流を流すことができるかを意味します。この限界を越えるとトランジスタが故障する原因となります。SOAは、スイッチング・デバイスの最大電圧、最小電流、最大電力などの限界をグラフで表したもので、スイッチング・デバイスの動作可能領域を示します。

スイッチング・デバイス製造メーカーのデータ・シートからは、スイッチング・デバイスにおける一定の制限を読み取ることができます。SOAを測定することで、実際の使用環境下でスイッチング・デバイスが耐えられることを保証することができます。SOAテストでは、さまざまな負荷、動作温度の変動、ライン入力電圧の高低などで実施されます。図14には、ユーザによって設定されたマスクが表示されており、電圧、電流、電力が規定の範囲内で動作していることが確認できます。マスク違反が発生した場合は、パワー解析アプリケーション・ソフトウェアによりエラーとしてレポートされます。

スルー・レート

スイッチング・デバイスが最高の効率で動作していることを検証するためには、電圧と電流信号のスルー・レートを測定し、回路が使用の範囲内で動作していることを確認する必要があります。図15に示すように、オシロスコープを使用し、測定カーソルでスイッチング信号のスルー・レートを求めることにより、ゲート・ドライブの特性評価が簡単になり、スイッチング時のdV/dt、dI/dtの計算が簡単になります。

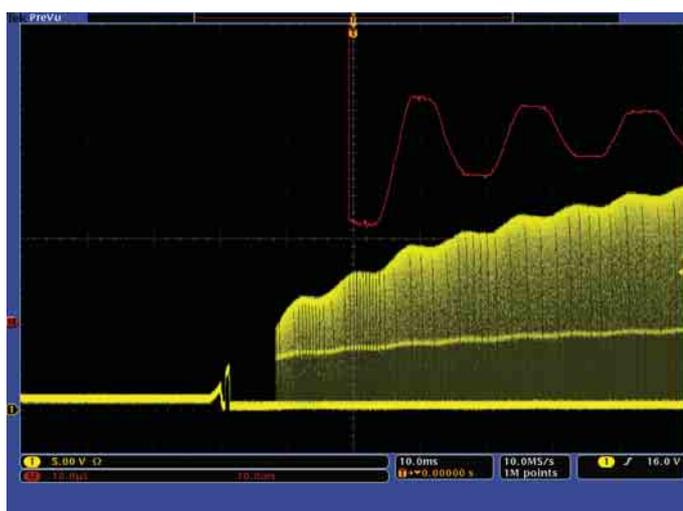


図16. DPOxPWR型を使用した、電源投入時のIGBTのゲート・ドライブ回路の変調解析

出力解析

DC電源の出力には、スイッチング高調波やその他のノイズ成分が一切含まれていないのが理想ですが、現実には不可能なことです。出力解析測定は、入力電圧または出力電圧の負荷の変動による影響を把握するために重要です。測定項目を以下に示します。

- 変調解析
- リップル

変調解析

MSO/DPO4000シリーズおよびDPO3000シリーズのデジタル・フォスファ・アキュイジション技術は、設計のトラブルシュー

ティング、特にスイッチング電源の過度の変調効果を検証するのに適しています。MSO/DPOシリーズ・オシロスコープには毎秒50,000波形の取込レートがあり、一般的なDSO（デジタル・ストレージ・オシロスコープ）に比べて十分に高速な波形取込みを実現しています。これは、変調による影響を調べる場合に2つの利点があります。まず、オシロスコープはほとんどの時間で動作しており、波形を表示するための処理時間はごくわずかであるということです。このため、変調の様子を多く取込むことができます。もう一つは、デジタル・フォスファ表示では、変調波形をリアルタイムに観測することが容易であるということです。信号波形が頻繁に通過する部分は明るく表示され、アナログ・オシロスコープのような波形表示になります。連続的に繰り返し表示されるメインの波形に比べて変調領域は暗く表示されるため、簡単に観測できます。

変調の影響を測定することは、当社のオシロスコープにとっては簡単な作業です。図16は、電源の電流モード制御ループの出力をコントロールする変調信号を示しています。変調は、フィードバック・システムのループ制御において重要です。しかし、過度な変調は不安定なループの原因となります。変調が頻繁でない部分では、波形は暗く表示されます。赤の波形は演算波形であり、電源のオシレータ起動時における、IGBTゲート・ドライブ信号のサイクル・トゥ・サイクル・パルス幅測定のトレンドを示しています。演算波形はパルス幅の測定値（単位は時間）を表しているため、パルス幅の変動はカーソルで測定することができます。演算の値は、変調測定の他のパラメータを選ぶことにより、取込んだ波形におけるその他のパラメータのトレンドを示すことができます。この例では、起動時のオシレータの制御ループ応答を表しています。この変調解析は、入力電圧変動（ライン・レギュレーション）または負荷変動（ロード・レギュレーション）に対する電源の制御ループの応答測定に使用することもできます。

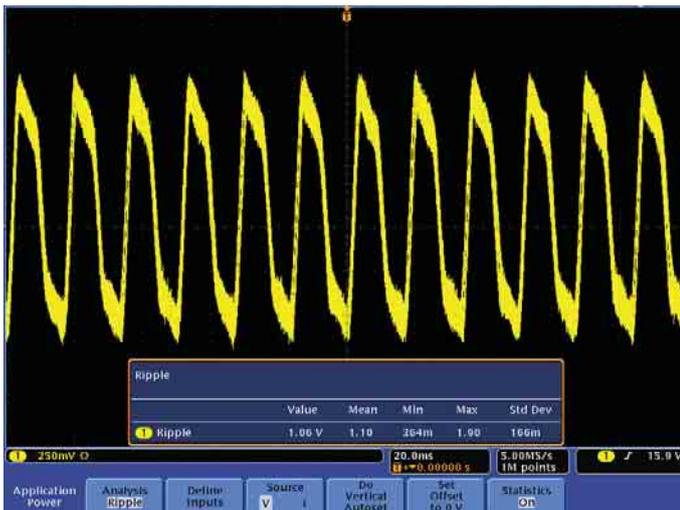


図17. DPOxPWR型によるリップル測定例

リップル

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・トゥ・ピーク電圧で表されます。リニア電源では、通常、商用周波数の2倍（約120Hz）付近でリップルが見られますが、スイッチング電源では数百kHzでスイッチング・リップルが見られます。

まとめ

電源は、商用電源、バッテリー電源を使用する、ほとんどすべての製品にとっては欠かせないものであり、多くのアプリケーションにおいてはスイッチング電源が大勢を占めています。1つのスイッチング電源の性能（あるいは障害）が、大型で、高額なシステムに大きく影響することがあります。

最新のスイッチング電源の信頼性、安定性、性能、規格適合性を確かなものにするためには、数多くの複雑なパワー測定が必要になります。DPOxPWR型パワー解析モジュールを装備したMSO/DPO4000シリーズ、MSO/DPO3000シリーズを使用すると、電源の解析が非常に簡単になります。高調波、電源品質、スイッチング損失、SOA、スルー・レート、変調、リップルなどの自動測定により迅速な解析が可能になり、プローブのセットアップとデスキューが簡単になることで最高の精度で測定することが可能になります。

オシロスコープの比較表

MSO/DPOシリーズには豊富な機種が用意されており、最適な一台をお選びいただけます。

	MSO/DPO4000シリーズ	MSO/DPO3000シリーズ
周波数帯域	1GHz、500MHz、350MHz	500MHz、300MHz、100MHz
チャンネル数	アナログ：4 デジタル：16 (MSOシリーズ)	アナログ：2または4 デジタル：16 (MSOシリーズ)
レコード長 (全チャンネル)	10Mポイント	5Mポイント
最高サンプル・レート	5GS/s、2.5GS/s	2.5GS/s
カラー・ディスプレイ	10.4型XGA	9型WVGA
パワー解析モジュール	DPO4PWR型	DPO3PWR型

MSO/DPOシリーズ・オシロスコープには、使いやすく、機能豊富なTekVPI (Tektronix Versatile Probe Interface) プローブ・インタフェースが装備されています。

高電圧差動プローブ

	特長	型名
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 広い電圧レンジ (~kV) 	P5205型*1*2
	<ul style="list-style-type: none"> ■ フローティング回路または大きな電位差のある回路の安全な測定 (オシロスコープ・グランドを確実に接続したまま) 	P5210型*1*2

TekVPI高電圧差動プローブ

	特長	型名
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 最高1GHzの周波数帯域によるスイッチング電源の解析 	TDP1000型*1
	<ul style="list-style-type: none"> ■ DUT (被測定デバイス) へのさまざまな接続方法と使いやすさ 	TDP0500型*1

TekVPI電流プローブ

	特長	型名
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 広帯域 (DC~120MHz) と広いダイナミック・レンジ (mA~数百A) 	TCP0030型*1
	<ul style="list-style-type: none"> ■ スプリット・コア構造により、DUTにすばやく、簡単に接続可能 	TCP0150型*1

*1 プローブのトータルの電力容量が20Wを超える場合、DPO3000シリーズではTekVPIプローブ電源 (部品番号：119-7465-xx) が必要です。

*2 TPA-BNC型変換アダプタが必要です。

MSO/DPOシリーズ・オシロスコープを使用した電源回路の測定と解析
アプリケーション・ノート

当社は、パワー解析に便利なパワー解析パッケージを用意しており、プローブ、変換アダプタ、ソフトウェア、デスクュー機器などが1つのパッケージとして提供されており、このアプリケーション・ノートで説明した測定に必要なものをすべて含んでいます。

	MSO/DPO3000シリーズ用パワー解析パッケージ (DPO3PWRBND型)	MSO/DPO4000シリーズ用パワー解析パッケージ (DPO4PWRBND型)
ソフトウェア	DPO3PWR型パワー解析モジュール	DPO4PWR型パワー解析モジュール
プローブ/変換アダプタ	P5205型 1300V高電圧差動プローブ TDPO500型 42V高電圧差動プローブ TCP0030型 AC/DC、30A電流プローブ TPA-BNC型 TekVPI-TekProbe BNC変換アダプタ	P5205型 1300V高電圧差動プローブ TDPO500型 42V高電圧差動プローブ TCP0030型 AC/DC、30A電流プローブ TPA-BNC型 TekVPI-TekProbe BNC変換アダプタ
デスクュー機器	TEK-DPG型デスクュー・パルス・ジェネレータ 067-1688-xx デスクュー・フィクスチャ	TEK-DPG型デスクュー・パルス・ジェネレータ 067-1688-xx デスクュー・フィクスチャ

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。

04/11

3GZ-23612-1

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
テクトロニクス 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