

DSOX3PWR パワー測定アプリ ケーション

ユーザーズ・
ガイド

ご注意

© Keysight Technologies, Inc.
2007-2009, 2011-2012

米国および国際著作権法の規定に基づき、Keysight Technologies, Inc. による事前の同意と書面による許可なしに、本書の内容をいかなる手段でも（電子的記憶および読み出し、他言語への翻訳を含む）複製することはできません。

マニュアル・パーツ番号

バージョン 02. 20. 0000

版

2012 年 7 月 16 日

印刷 マレーシア

保証

本書に記載した説明は「現状のまま」で提供されており、改訂版では断りなく変更される場合があります。また、Keysight Technologies 株式会社（以下「Keysight」という）は、法律の許す限りにおいて、本書およびここに記載されているすべての情報に関して、特定用途への適合性や市場商品力の黙示的保証に限らず、一切の明示的保証も黙示的保証もいたしません。Keysight は、本書または本書に記載された情報の適用、実行、使用に関連して生じるエラー、間接的及び付随的損害について責任を負いません。Keysight とユーザーの間に本書の内容を対象とした保証条件に関する別個の書面による契約が存在し、その契約の内容が上記の条件と矛盾する場合、別個の契約の保証条件が優先するものとします。

テクノロジー・ライセンス

本書に記載されたハードウェア及びソフトウェア製品は、ライセンス契約条件に基づき提供されるものであり、そのライセンス契約条件の範囲でのみ使用し、または複製することができません。

権利の制限について

米国政府の権利の制限。連邦政府に付与されるソフトウェア及びテクニカル・データの権利には、エンド・ユーザ・カスタマに提供されるカスタマの権利だけが含まれません。Keysight では、ソフトウェアとテクニカル・データにおけるこのカスタム商用ライセンスを FAR 12.211 (Technical Data) と 12.212 (Computer Software) に従って、国防省の場合、DFARS 252.227-7015 (Technical Data - Commercial Items) と DFARS 227.7202-3 (Rights in Commercial Computer Software or Computer Software Documentation) に従って提供します。

安全に関する注意事項

注意

注意の指示は、危険を表します。ここに示す操作手順や規則などを正しく実行または遵守しないと、製品の損傷または重要なデータの損失を招くおそれがあります。指定された条件を完全に理解し、それが満たされていることを確認するまで、注意の指示より先に進まないでください。

警告

警告の指示は、危険を表します。ここに示す操作手順や規則などを正しく実行または遵守しないと、怪我または死亡のおそれがあります。指定された条件を完全に理解し、それが満たされていることを確認するまで、警告の指示より先に進まないでください。

パワー測定アプリケーションの概要

DSOX3PWR InfiniiVision 3000 X オシロスコープ用パワー測定および解析を使えば、スイッチング電源の効率と信頼性を短時間で容易に解析できます。

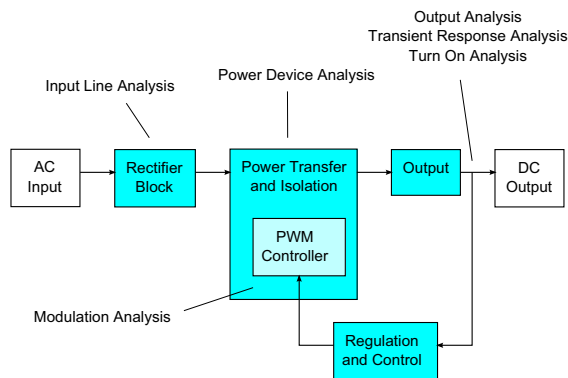


図 1 スイッチ・モード電源 (SMPS) のブロック図と測定のタイプ

パワー測定アプリケーションを使って、以下を実行できます。

- ・ スイッチング・デバイスのスイッチング損失と伝導損失の測定 (効率改善のため)
- ・ dI/dt および dV/dt スルーレートの解析 (動作の信頼性改善のため)
- ・ リップル測定用のオシロスコープ・セットアップの自動化 (手動でオシロスコープをセットアップする手間を省くため)
- ・ IEC 61000-3-2 規格に基づいたプリコンプライアンス・テストの実行 (コンプライアンス・テスト時間の短縮のため)
- ・ ライン電力の全高調波歪み、有効電力、皮相電力、力率、クレスト・ファクタのテスト (電力品質情報を短時間で入手するため)
- ・ 出力雑音 (リップル) の測定
- ・ パルス幅変調 (PWM 信号のオン時間およびオフ時間情報を使用した変調の解析 (アクティブ力率の評価のため))
- ・ 電源除去比 (PSRR) 測定による、入力電源からのさまざまな周波数のリップルを除去する回路の能力の測定

パワー測定および解析ライセンスと、オシロスコープ、高電圧差動プローブ、電流プローブ、プローブ・スキュー補正フィクスチャ、パッシブ・プローブの組み合わせにより、電源のデザインおよびテスト用のフル機能のパワー測定システムが完成します。

DSOX3PWR には、PC で動作するパワー解析ソフトウェア・パッケージ U1881A のライセンスが無料で付属するので、オフラインでのパワー測定やレポート作成を実行できます。

本書の内容：

- ・ **章 1**, “前提条件,” ページから始まる 9
- ・ **章 2**, “入門,” ページから始まる 15
- ・ **章 3**, “パワー解析の実行,” ページから始まる 25
- ・ **章 4**, “自動パワー測定,” ページから始まる 61

目次

パワー測定アプリケーションの概要	/	3
------------------	---	---

1 前提条件

安全性	/	9
オシロスコープの要件	/	9
帯域幅要件	/	10
メモリ要件	/	10
ソフトウェア・バージョン要件	/	11
プローブ要件	/	11
電圧プローブ	/	11
電流プローブ	/	12
電圧／電流プローブのスキュー補正	/	12

2 入門

ステップ1：パワー測定アプリケーションへのアクセス	/	15
ステップ2：チャネル・スキュー補正の実行	/	16
ステップ3：パワー解析のタイプの選択	/	19
ステップ4：DUTの接続と信号のセットアップ	/	20
ステップ5：解析設定の変更（使用可能な場合）	/	22
ステップ6：解析の適用	/	22
ステップ7：解析結果の表示	/	22

3 パワー解析の実行

電流高調波	/	25
-------	---	----

効率	/	30
突入電流	/	33
変調	/	35
パワー品質	/	39
スイッチング損失	/	42
過渡応答	/	46
ターンオン／ターンオフ	/	49
出力リップル	/	52
電源除去比 (PSRR)	/	54
スルーレート	/	57

4 自動パワー測定

力率	/	61
有効電力	/	62
皮相電力	/	62
無効電力	/	62
クレスト・ファクタ	/	63
位相角	/	63
出力リップル	/	63
入力パワー	/	63
出力パワー	/	64
効率	/	64
ピーク電流	/	64
過渡	/	64
ターンオン時間	/	65

ターンオフ時間	/	65
パワー損失	/	65
パワー損失／サイクル	/	66
エネルギー損失	/	66

索引

1 前提条件

安全性 / 9
オシロスコープの要件 / 9
プローブ要件 / 11

この章では、パワー測定アプリケーションを使用する際の安全に関する注意事項と必要な条件を示します。

安全性

警告

高電圧が存在する回路に接続する場合は、プローブやその他のコンポーネントを必ず定格の範囲内で使用してください。プローブやその他のコンポーネントの説明書を参照してください。

オシロスコープの要件

DSOX3PWR パワー測定アプリケーションは、3000 X シリーズ・デジタル・ストレージ・オシロスコープ (DSO) で動作します。

- ・ InfiniiVision 3000 X シリーズ・オシロスコープには、帯域幅 100 MHz、200 MHz、350 MHz、500 MHz のモデルがあり、メモリは 2 M ポイントまたは 4 M ポイントから選択できます。

必要なオシロスコープ帯域幅とメモリは、被試験電源の特性によって決まります。

- ・ “帯域幅要件” ページ 10
- ・ “メモリ要件” ページ 10

1 前提条件

- ・ “ソフトウェア・バージョン要件” ページ 11

帯域幅要件

オシロスコープとプローブの帯域幅要件は、スイッチング・デバイスのスループレート（立ち上がり／立ち下がり時間）によって決まります。

ガウシアン応答のオシロスコープ（帯域幅 1 GHz 以下のオシロスコープに多い）では、オシロスコープの立ち上がり時間は、一般的にオシロスコープの帯域幅と次の式の関係にあります。

$$\text{立ち上がり時間} = 0.35 / \text{帯域幅}$$

入力信号の立ち上がり時間を $\pm 5\%$ の誤差で測定するには、オシロスコープの立ち上がり時間が入力信号の立ち上がり時間の $1/3$ であることが必要です。したがって、オシロスコープの帯域幅要件は次のようになります。

$$\text{帯域幅} = [0.35 / (\text{入力信号の立ち上がり時間} / 3)]$$

例えば、立ち上がり時間が 10 ns のスイッチング・デバイスに対しては、帯域幅 105 MHz のオシロスコープ（およびプローブ）が必要です。

メモリ要件

オシロスコープのメモリ要件は、捕捉する信号の時間範囲とタイプによって次のように決まります。

$$\text{メモリ長} = \text{時間範囲} * \text{サンプリング・レート}$$

- ・ スwitching・デバイス信号の場合：スループレートが 50 ns のスイッチング信号を、電源サイクル（60 Hz）の半分の時間だけ捕捉したい場合（必要な帯域幅の 4 倍のサンプリング・レートを使用するとして）、メモリ長 = $8.333 \text{ ms} * 21 \text{ MHz} * 4 = 699972$ となります。

InfiniiVision 3000 X シリーズ・オシロスコープでは、サンプリング・レートは時間範囲設定によって決まります。上記の例では、時間範囲が 8.333 ms の場合の高分解能モードのサンプリング・レートは、100 M サンプル/s となります。したがって、必要なメモリ長は 833,300 ポイントです。

- ・ 入力 AC ライン信号の場合：FFT をプロットするには、数サイクル分の捕捉が必要です。FFT プロットの分解能は、サンプリング・レートをデータ・サイズで割った値です。予想される高調波は、50/60 Hz の倍数です。

入力信号の周波数成分は低いので、高いサンプリング・レートは不要です。例えば、RTCA-D0-160E 仕様では、サンプリング・レートは 100 k サンプル /s 以上で十分と定められています。60 Hz 信号の場合は、10 サイクル分を捕捉するには、83.33 ms の捕捉時間が必要です。

InfiniiVision 3000 X シリーズ・オシロスコープの場合は、上記の時間範囲では、サンプリング・レートは 10 M サンプル /s に設定されます。FFT 分解能が 4.77 Hz の場合は、必要なメモリ長は 83,330 ポイントです。

ソフトウェア・バージョン要件

表 1 必要なオシロスコープ・ソフトウェア・バージョン

オシロスコープ・ファミリ	必要なソフトウェア・バージョン
InfiniiVision 3000 X シリーズ	2.00 以降

プローブ要件

- ・ “電圧プローブ” ページ 11
- ・ “電流プローブ” ページ 12
- ・ “電圧／電流プローブのスキュー補正” ページ 12

電圧プローブ

次の電圧プローブが使用できます。

- ・ Keysight N2791A 差動プローブ、25 MHz、700 V ダイナミック・レンジ
- ・ Keysight N2790A 差動プローブ、AutoProbe インタフェース付き、100 MHz、1.4 kV ダイナミック・レンジ
- ・ Keysight N2792A 差動プローブ、200 MHz 帯域幅、20 V ダイナミック・レンジ
- ・ Keysight N2793A 差動プローブ、800 MHz 帯域幅、15 V ダイナミック・レンジ
- ・ Keysight N2891A 高電圧差動プローブ、70 MHz 帯域幅、7 kV ダイナミック・レンジ
- ・ Keysight 1141A 差動プローブ、200 MHz 帯域幅、400 V ダイナミック・レンジ

1 前提条件

- Keysight 10070D パッシブ・プローブ、1:1、20 MHz 帯域幅、400 V 最大入力（電源雑音測定および電源除去比測定用）
- Keysight N2870A パッシブ・プローブ、1:1、35 MHz 帯域幅、55 V 最大入力（電源雑音測定および電源除去比測定用）

電圧プローブの帯域幅要件については、“**帯域幅要件**” ページ 10 を参照してください。

必要なプローブの電圧レンジは、測定する入力信号によって異なります。AC-DC スイッチ・モード電源には、高電圧レンジのプローブが必要です。スイッチング信号と入力ライン信号の最大電圧は、700 V_{pp} 程度になることがあります。DC-DC スイッチ・モード電源の場合は、信号振幅はこれよりずっと小さいので、プローブの電圧レンジはもっと低くてもかまいません。

パッシブ・プローブは通常、DC 出力や過渡応答の測定に使用されます。

電流プローブ

次の Keysight AC/DC 電流プローブが使用できます。

- 1147A 50 MHz 帯域幅、15 A ピーク
- N2893A 100 MHz 帯域幅、30 A ピーク
- N2780A 2 MHz 帯域幅、500 A ピーク
- N2781A 10 MHz 帯域幅、150 A ピーク
- N2782A 50 MHz 帯域幅、30 A ピーク
- N2783A 100 MHz 帯域幅、30 A ピーク

電流プローブの帯域幅要件については、“**帯域幅要件**” ページ 10 を参照してください。

電圧／電流プローブのスキュー補正

パワー損失測定を正確に実行するには、U1880A スキュー補正フィクスチャを使用して、電流プローブと電圧プローブの信号経路の間の時間遅延の差を補正します。

プローブのスキュー補正手順は、**章 2**，“入門，” ページから始まる 15 で説明しています。

表 2 U1880A スキュー補正フィクスチャの環境特性

温度	動作時：－10 °C～＋55 °C 保管時：－20 °C～＋60 °C
湿度	動作時：相対湿度 95 % (40 °Cで 24 時間) 保管時：相対湿度 90 % (65 °Cで 24 時間)
高度	動作時：最高 4,570 m 保管時：最高 15,244 m
屋内使用	屋内使用のみ

1 前提条件

2 入門

ステップ 1 : パワー測定アプリケーションへのアクセス	/ 15
ステップ 2 : チャンネル・スキュー補正の実行	/ 16
ステップ 3 : パワー解析のタイプの選択	/ 19
ステップ 4 : DUT の接続と信号のセットアップ	/ 20
ステップ 5 : 解析設定の変更 (使用可能な場合)	/ 22
ステップ 6 : 解析の適用	/ 22
ステップ 7 : 解析結果の表示	/ 22

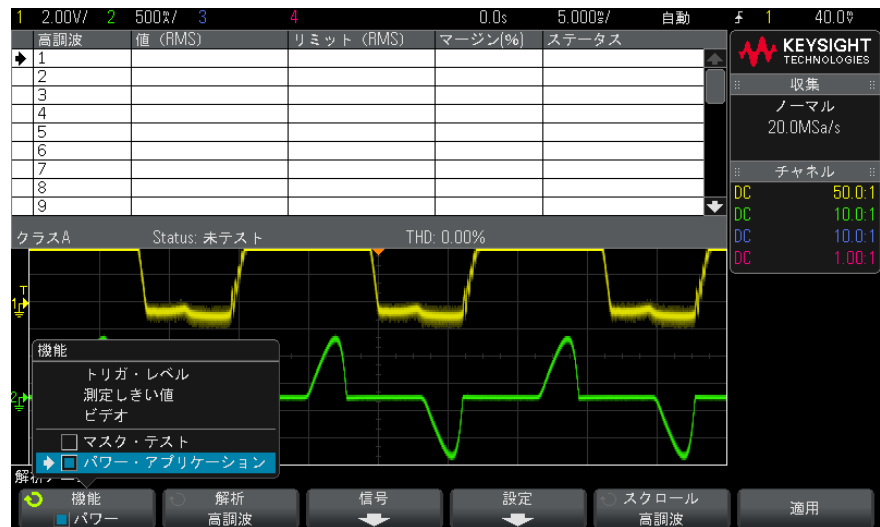
この章では、パワー測定を初めて行う際に必要な手順の概要を示します。

ステップ 1 : パワー測定アプリケーションへのアクセス

オシロスコープ上のパワー測定アプリケーションにアクセスするには :

- 1 **[Analyze]** 解析キーを押します。
- 2 **機能** を押し、**パワー・アプリケーション** を選択します。
- 3 **機能** をもう一度押して、パワー測定をオンにします。

2 入門



次へ ・ “ステップ2：チャンネル・スキュー補正の実行” ページ 16

ステップ2：チャンネル・スキュー補正の実行

正確なパワー損失測定を実行するには、U1880A スキュー補正フィクスチャを使用して、電流および電圧チャンネルのスキュー補正を行う必要があります。チャンネル・スキュー補正手順では、電流プローブと電圧プローブの間の時間遅延が校正されます。

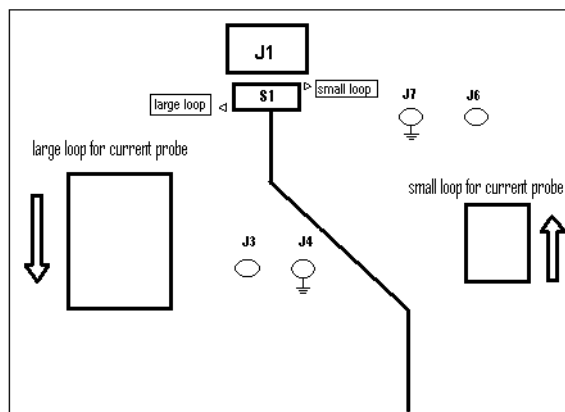
スキュー補正手順は、最初に1回と、ハードウェア・セットアップに変更があった場合（例えば、別のプローブや別のオシロスコープ・チャンネルを使用する場合）、または周囲温度が変化した場合に実行する必要があります。

チャンネル・スキュー補正を実行するには：

- 1 最初に、電流プローブを消磁し、ゼロ調整します。このための手順については、電流プローブのドキュメントを参照してください。
- 2 U1880A スキュー補正フィクスチャに接続します。

	小ループ	大ループ
電流プローブ :	<ul style="list-style-type: none"> • 1147A (50 MHz、15 A) • N2893A (10 MHz、15 A) • N2782A (50 MHz、30 A) • N2783A (100 MHz、30 A) 	<ul style="list-style-type: none"> • N2780A (2 MHz、500 A) • N2781A (10 MHz、150 A)
高電圧差動プローブを次のどちらかに接続 :	<ul style="list-style-type: none"> • J5 (2.54 mm コネクタ) • J6 および J7 (ワニ口型) 	<ul style="list-style-type: none"> • J2 (2.54 mm コネクタ) • J3 および J4 (ワニ口型)

- a 高電圧差動プローブのD+ とD- を、スキュー補正フィクスチャに接続します。
- b 矢印の方向が電流の方向に一致するように、電流プローブを電流ループに接続します。



- c スキュー補正フィクスチャのスイッチが、フィクスチャの正しい側（「小ループ」または「大ループ」）に設定されていることを確認します。
 - d スキュー補正フィクスチャを、オシロスコープまたはPCのUSBポートに、USBケーブルで接続します。USBポートからスキュー補正フィクスチャに電力が供給されます。
- 3 パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**信号**を押します。

- 4 パワー・アプリケーションの信号メニューで、**電圧**ソフトキーを押し、入力ノブを使って、電圧信号をプローブしているアナログ・チャンネルを選択します。



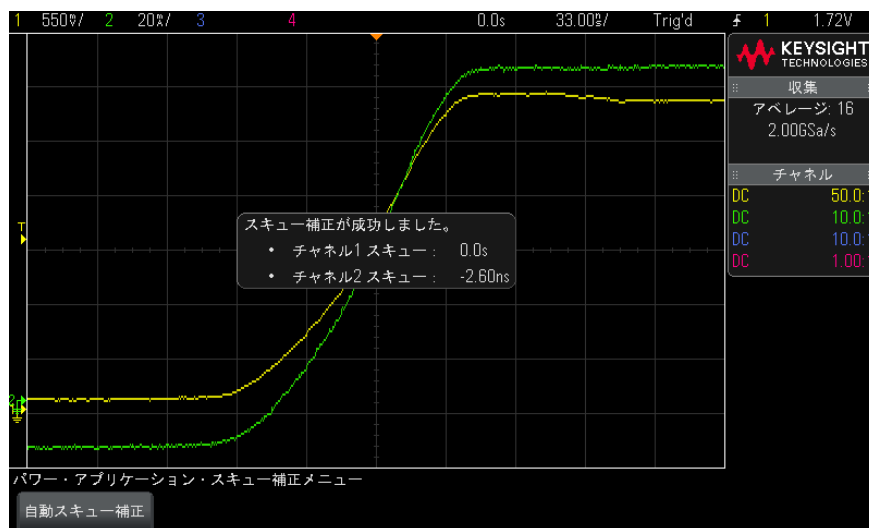
- 5 **電流**ソフトキーを押し、入力ノブを使って、電流信号をプローブしているアナログ・チャンネルを選択します。
- 6 **スキュー補正**ソフトキーを押します。
- 7 パワー・アプリケーションのスキュー補正メニューで、**自動スキュー補正**を押します。



注記

スキュー補正フィクスチャの電圧レベルは非常に小さいため、できる限り高電圧差動プローブの最小の減衰設定を使用します。大きい減衰設定を使用すると、雑音レベルも拡大されるため、正しくないスキュー値が得られ、測定結果に影響する可能性があります。

スキュー補正プロセスが完了すると、スキュー補正が成功したかどうかのメッセージと、成功した場合は使用される設定が表示されます。



- 8 Back/Up キーを 2 回押して、パワー・アプリケーションのメイン・メニューに戻ります。

スキュー補正値は、工場設定またはセキュア消去が実行されるまで、オシロスコープに保存されます。次にパワー・アプリケーションを実行したときには、保存されたスキュー補正値を使用するか、スキュー補正をもう一度実行できます。

一般的に、スキュー補正手順は、テスト・セットアップに変更があった場合 (例えば、別のプローブや別のオシロスコープ・チャンネルを使用する場合)、または周囲温度が変化した場合に再実行する必要があります。

関連項目

- ・ “U1880A スキュー補正フィクスチャ・ユーザズ・ガイド”。

次へ

- ・ “ステップ 3 : パワー解析のタイプの選択” ページ 19

ステップ 3 : パワー解析のタイプの選択

- 1 パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**解析**ソフトキーを押し、入力ノブを回して、パワー解析のタイプを選択します。

次のタイプのパワー解析が使用できます。

- ・ 電流高調波

2 入門

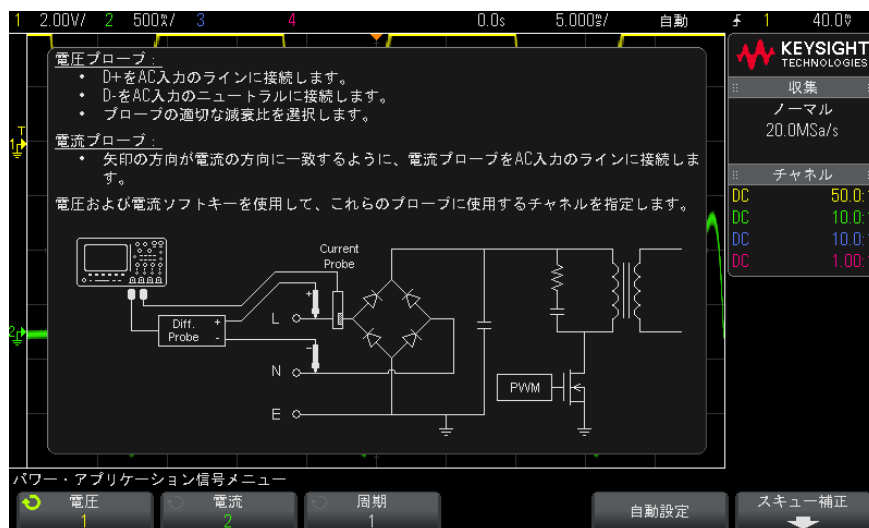
- ・ 効率
- ・ 突入電流
- ・ 変調
- ・ パワー品質
- ・ スイッチング損失
- ・ 過渡応答
- ・ ターンオン／ターンオフ
- ・ 出力リップル
- ・ 電源除去比 (PSRR)
- ・ スルーレート

次へ ・ “**ステップ 4 : DUT の接続と信号のセットアップ**” ページ 20

ステップ 4 : DUT の接続と信号のセットアップ

パワー解析の各タイプに対して、**信号**ソフトキーと、使用するオシロスコープ・チャンネルの指定とその他の関連オプションの設定のためのメニューが存在します。

- 1 パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**信号**ソフトキーを押します。
- 2 パワー・アプリケーションの信号メニューで、接続図を参照して、プローブを被試験デバイスとオシロスコープに接続します。



- 3 上の例では、**電圧**および**電流**ソフトキーを押し、正しいアナログ・チャンネルが選択されていることを確認します。


注記

電圧プローブで使用されている正しい減衰比を選択します。

減衰比とプローブの最大出力電圧の積によって、最大入力信号が得られます。例えば、N2791A プローブの最大出力電圧は ± 7 V なので、100:1 の減衰比の場合は最大入力信号は ± 700 V となります。

注記

また、電流プローブで使用されている正しい減衰比を選択します。

- 4 関連オプションを設定するソフトキーがある場合は、それを使用して適切な設定を指定します。上の例では、**周期**ソフトキーがこれにあたります。
- 5 **自動設定**ソフトキーが存在する場合は、これを押して、電圧および電流チャンネルのスケールと位置を自動的に設定し、場合によっては時間/div も設定します。
- 6  Back/Up キーを押して、パワー・アプリケーションのメイン・メニューに戻ります。

次へ ・ “ **ステップ 5：解析設定の変更（使用可能な場合）** ” ページ 22

ステップ 5：解析設定の変更（使用可能な場合）


選択したパワー解析のタイプで設定が使用可能な場合は、パワー・アプリケーションのメイン・メニューに**設定**ソフトキーまたはその他のソフトキーが存在します。パワー解析の設定を指定するには：

- 1 パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**設定**ソフトキーまたはその他のソフトキーを押し、実行する解析のタイプに応じて適切な設定を行います。

例えば、電流高調波設定メニューは次のようになります。



パワー解析の各タイプに関して使用可能な設定の説明については、**章 3**，“パワー解析の実行，” ページから始まる 25 を参照してください。

- 2 設定の変更が終わったら、パワー・アプリケーションのメイン・メニューに戻ります（必要な場合は  Back/Up キーを押します）。

次へ ・ “ **ステップ 6：解析の適用** ” ページ 22

ステップ 6：解析の適用

パワー解析の各タイプには、解析を開始するための**適用**ソフトキーがあります。

- 1 パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**適用**を押します。

次へ ・ “ **ステップ 7：解析結果の表示** ” ページ 22

ステップ 7：解析結果の表示

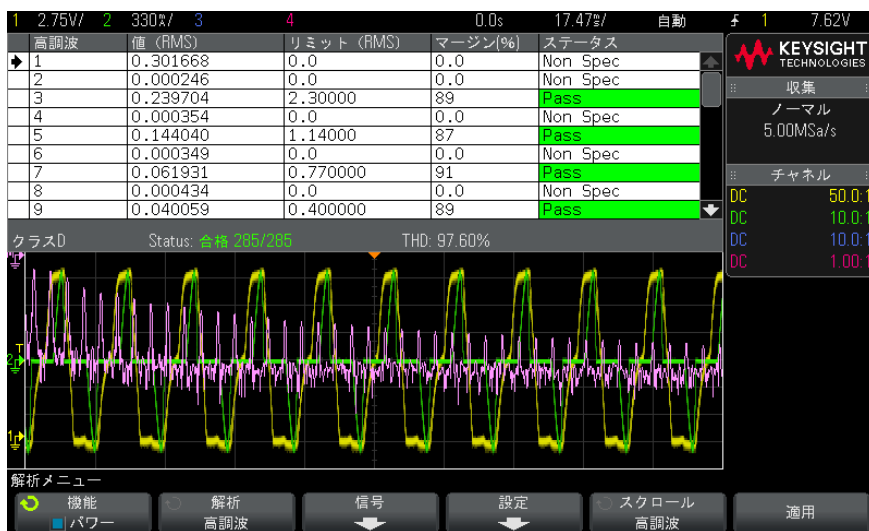
パワー解析が終了したら、次の方法で結果を表示できます。

- ・ パワー解析結果を画面に表示します。
- ・ 自動パワー測定を追加します。

パワー解析結果
の画面表示

パワー解析結果は、オシロスコープ画面に表示されます。

次に示すのは、電流高調波解析の結果です。



自動パワー測定
の追加

電圧 (p-p、最大値、最小値など) や時間 (周波数、周期、立ち上がり時間、立ち下がり時間など) の自動測定を追加すると同様に、自動パワー測定を追加することもできます。章 4, “自動パワー測定,” ページから始まる 61 を参照してください。

関連項目

パワー解析の個々のタイプと、その入力信号、設定、結果の詳細については、次の項目を参照してください。

- ・ 章 3, “パワー解析の実行,” ページから始まる 25

2 入門

3 パワー解析の実行

電流高調波 /	25
効率 /	30
突入電流 /	33
変調 /	35
パワー品質 /	39
スイッチング損失 /	42
過渡応答 /	46
ターンオン/ターンオフ /	49
出カリップル /	52
電源除去比 (PSRR) /	54
スルーレート /	57

この章では、パワー測定アプリケーションで実行できるパワー解析のタイプ、被試験デバイスへの正しいプローブ接続、信号セットアップ、設定、結果について説明します。

電流高調波

スイッチング電源は、AC 電源からある範囲の高調波を発生します。

このような高調波が送電網に逆方向に伝播すると、送電網に接続された他のデバイスに問題が生じるおそれがあるため、高調波のリミットが規格で定められています。

電流高調波解析では、スイッチング電源の電流高調波を、IEC61000-3-2 (クラス A、B、C、D) のプリコンプライアンス規格に基づいてテストします。解析では、最大 40 個の高調波が表示されます。

3 パワー解析の実行

- 信号セットアップ
- 1 パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**電流高調波**解析が選択された状態で、**信号**ソフトキーを押します。
 - 2 接続図を参照して、プローブを被試験デバイスとオシロスコープに接続します。

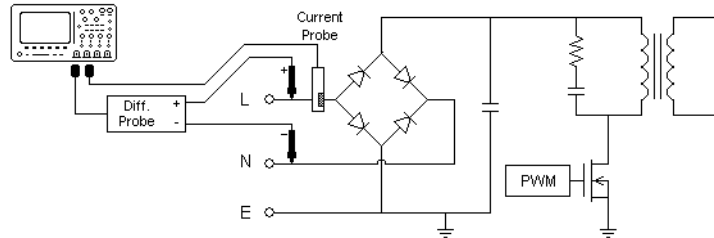



図 2 入力ライン解析テストの代表的な構成

- a 電圧プローブの D+ を AC 入力の通電ワイヤに接続します。
 - b 電圧プローブの D- を AC 入力のニュートラル・ワイヤに接続します。
 - c 電圧プローブで、適切な減衰比を選択します。
 - d 矢印の方向が電流の方向に一致するように、電流プローブを AC 入力の通電ワイヤに接続します。
 - e 電圧プローブと電流プローブをオシロスコープの適切なチャンネルに接続します。
- 3 **電圧**および**電流**ソフトキーを押し、正しいアナログ・チャンネルが選択されていることを確認します。



- 4 電圧プローブと電流プローブのプローブ減衰比がオシロスコープで正しく設定されていることを確認します。
- 5 **周期**ソフトキーを押し、入力ノブを回して、1回の収集で捕捉するサイクル数を選択します。
- 6 **自動設定**ソフトキーを押して、電圧および電流チャンネルのスケールと位置を自動的に設定し、適切な時間/divを設定します。

また、ハミング FFT ウィンドウ（周波数分解能が高く、スペクトル・リーケージが小さい）も自動的に設定されます。信号を手動でセットアップする場合は、他の FFT 解析用ウィンドウも選択します。例えば、ブラックマン・ハリス・ウィンドウ（スペクトル・リーケージが最小）やハミング・ウィンドウ（周波数分解能が高く、スペクトル・リーケージは中程度）があります。

- 7  Back/Up キーを押して、パワー・アプリケーションのメイン・メニューに戻ります。

- 設定**
- 1 パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**設定** ソフトキーを押します。
 - 2 パワー・アプリケーションの電流高調波メニューで、適切な設定を行います。



表 3 電流高調波解析設定


設定	意味
電源周波数	電源周波数を入力します。
電流高調波規格	電流高調波のコンプライアンス・テストを実行する規格を選択します。 <ul style="list-style-type: none"> ・ IEC 61000-3-2 クラス A : 平衡 3 相機器、家庭電気製品（クラス D に分類される機器を除く）、携帯用工具を除く工具、白熱電球用調光器、オーディオ機器用。 ・ IEC 61000-3-2 クラス B : 携帯用工具用。 ・ IEC 61000-3-2 クラス C : 照明機器用。クラス C には力率計算が必要です。この計算は、適用ソフトキー（パワー・アプリケーションのメイン・メニュー）を押すと実行されます。このため、クラス C はパワー・アプリケーションがオフの場合のみ選択できます。解析を実行するには、適用を（再度）押す必要があります。 ・ IEC 61000-3-2 クラス D : 以下のタイプに属する、消費電力が 600 W 以下の機器用：パーソナル・コンピュータおよびパーソナル・コンピュータ用モニタ、テレビ受信器。

3 パワー解析の実行

表 3 電流高調波解析設定（続き）

設定	意味
表示	高調波の表示方法を選択します。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 表 ・ 棒グラフ ・ オフ：高調波測定結果は表示されません。

解析の実行が終わったら、設定メニューに戻って表示タイプを変更できます。また、結果が棒グラフまたは表形式で表示されている場合は、**スクロール高調波**ソフトキーを押して、入力ノブを使用することにより、電流高調波解析結果をスクロールできます。

- 3 設定の変更が終わったら、 Back/Up キーを押して、パワー・アプリケーションのメイン・メニューに戻ります。

解析結果 解析を実行するには、パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**適用**を押します。

解析が終了すると、結果が表示されます。

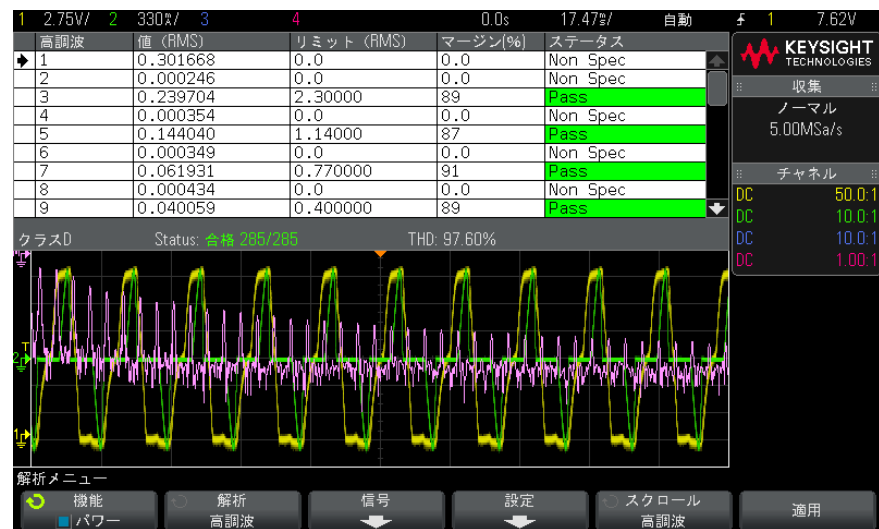


表 4 電流高調波テスト結果

FFT 波形	入力電流の周波数成分を表示します。FFT はハニング・ウィンドウを使用して計算されます。
高調波、実際値 (RMS)、リミット (RMS)、マージン、合否ステータス	<p>最初の 40 個の高調波に対して、以下の値が表示されます。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 実際値 (RMS) : Harmonics Unit (高調波単位) パラメータで指定された単位の測定値。 ・ リミット (RMS) : 選択した Current Harmonics Standard (電流高調波規格) パラメータで指定されているリミット。 ・ マージン : 選択した Current Harmonics Standard (電流高調波規格) パラメータで指定されているマージン。 ・ 合否ステータス : 値が選択した電流高調波規格に合格するかどうか。 表の行またはグラフのバーは、合否の値に応じてカラーコード化されています。 限界状態の結果とは、リミットの 85 % を超えているが、100 % には達していないものです。
THD (全高調波歪み)	$THD = 100 \times \frac{\sqrt{X_2^2 + X_3^2 + X_n^2 + \dots}}{X_1}$ <p>ここで、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ X_n = 各高調波の電圧または電流 ・ X_1 = 基本波の電圧または電流値

高調波テスト結果の保存

電流高調波テスト結果を USB ストレージ・デバイスに保存するには

- 1 **[Save/Recall]** 保存 / リコール・キーを押します。
- 2 保存 / リコール・メニューで、**保存** ソフトキーを押します。
- 3 保存メニューで、**形式** ソフトキーを押し、入力ノブを回して**パワー高調波データ (*.csv)** を選択します。
- 4 2 番目のソフトキーを押し、入力ノブを使用して保存場所に移動します。ストレージ位置内の移動方法については、オシロスコープのユーザーズ・ガイドを参照してください。
- 5 最後に、**押して保存** ソフトキーを押します。
保存が成功したかどうかを示すメッセージが表示されます。

3 パワー解析の実行

自動測定 **[Meas]** 測定キーとメニューを使用して、以下の自動測定を追加できます。

自動パワー・アプリケーション測定：

- ・ “皮相電力” ページ 62
- ・ “クレスト・ファクタ” ページ 63

自動電圧測定（詳細についてはオシロスコープのユーザーズ・ガイドを参照）：

- ・ AC - RMS

効率

効率解析は、出力パワーと入力パワーの比を測定することにより、電源の総合効率をテストします。この解析では、入力電圧、入力電流、出力電圧、出力電流を測定するので、4チャンネルのオシロスコープが必要です。

信号セットアップ

- 1 パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**効率**解析が選択された状態で、**信号**ソフトキーを押します。
- 2 接続図を参照して、プローブを被試験デバイスとオシロスコープに接続します。

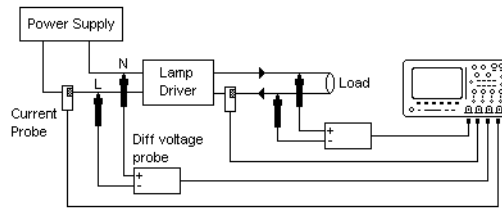



図 3 効率解析テストの代表的な構成

- a 入力電圧プローブの D+ を AC 入力の通電ワイヤに接続します。
 - b 入力電圧プローブの D- を AC 入力のニュートラルに接続します。
 - c 入力電圧プローブで、適切な減衰比を選択します。
 - d 矢印の方向が電流の方向に一致するように、入力電流プローブを AC 入力の通電ワイヤに接続します。
 - e 出力電圧プローブの D+ を、負荷の入力経路に接続します。
 - f 出力電圧プローブの D- を、負荷の戻り経路に接続します。
 - g 出力電圧プローブで、適切な減衰比を選択します。
 - h 矢印の方向が電流の方向に一致するように、出力電流プローブを負荷の入力経路に接続します。
 - i 電圧プローブと電流プローブをオシロスコープの入力チャンネルに接続します。
- 3 **入力 V、入力 I、出力 V、出力 I** ソフトキーを押し、正しいアナログ・チャンネルが選択されていることを確認します。



- 4 電圧プローブと電流プローブのプローブ減衰比がオシロスコープで正しく設定されていることを確認します。
- 5 **持続時間** ソフトキーを押し、入力ノブを回して、信号を捕捉する時間を指定します。オシロスコープの時間スケールが設定されます。
- 6 **自動設定** ソフトキーを押して、電圧および電流チャンネルの垂直スケールと位置を自動的に設定します。

3 パワー解析の実行

- 7  Back/Up キーを押して、パワー・アプリケーションのメイン・メニューに戻ります。

解析結果 解析を実行するには、パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**適用**を押します。

解析が終了すると、結果が表示されます。



入力電圧、入力電流、出力電圧、出力電流波形に加えて、入力パワー波形（入力電圧と電流の波形乗算）も表示されます。また、以下の自動パワー測定および統計も表示されます。

- ・ “**入力パワー**” ページ 63
- ・ “**出力パワー**” ページ 64
- ・ “**効率**” ページ 64

自動測定 **[Meas]** 測定キーとメニューを使用して、以下の自動測定を追加できます。

自動パワー・アプリケーション測定：

- ・ “**有効電力**” ページ 62
- ・ “**皮相電力**” ページ 62
- ・ “**無効電力**” ページ 62
- ・ “**力率**” ページ 61

- ・ “位相角” ページ 63

自動電圧測定（詳細についてはオシロスコープのユーザーズ・ガイドを参照）：

- ・ AC - RMS
- ・ DC - RMS
- ・ 最大値
- ・ 最小値
- ・ p-p

自動時間測定（詳細についてはオシロスコープのユーザーズ・ガイドを参照）：

- ・ 周波数
- ・ 位相

突入電流

突入電流解析は、電源を最初にオンにしたときのピーク突入電流を測定します。

信号セットアップ

- 1 パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**突入**解析が選択された状態で、**信号**ソフトキーを押します。
- 2 接続図を参照して、プローブを被試験デバイスとオシロスコープに接続します。

3 パワー解析の実行

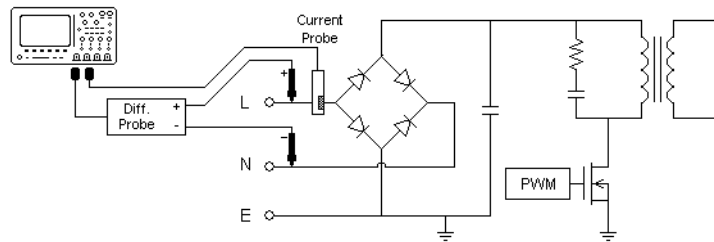



図 4 突入電流解析テストの代表的な構成

- a 電圧プローブの D+ を AC 入力に通電ワイヤに接続します。
 - b 電圧プローブの D- を AC 入力のニュートラル・ワイヤに接続します。
 - c 電圧プローブで、適切な減衰比を選択します。
 - d 矢印の方向が電流の方向に一致するように、電流プローブを AC 入力に通電ワイヤに接続します。
 - e 電圧プローブと電流プローブをオシロスコープの入力チャンネルに接続します。
- 3 **電圧**および**電流**ソフトキーを押し、正しいアナログ・チャンネルが選択されていることを確認します。



- 4 電圧プローブと電流プローブのプローブ減衰比がオシロスコープで正しく設定されていることを確認します。
- 5 **期待値**ソフトキーを押し、入力ノブを回して、予想される突入電流の振幅を指定します。電流をプローブするチャンネルの垂直スケールが設定されます。
- 6 **最大 Vin** ソフトキーを押し、入力ノブを回して、最大入力電圧を指定します。電圧をプローブするチャンネルの垂直スケールが設定されます。
- 7  Back/Up キーを押して、パワー・アプリケーションのメイン・メニューに戻ります。

解析結果 解析を実行するには、パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**適用**を押します。

画面に表示される手順を実行します。解析が終了すると、結果が表示されます。



電圧および電流波形が表示されます。また、以下の自動パワー測定も表示されます。

- ・ “**ピーク電流**” ページ 64

変調

変調解析は、スイッチング・デバイス（MOSFET）の制御パルス信号を測定して、さまざまなイベントに応じた制御パルス信号のパルス幅、デューティ・サイクル、周期、周波数などのトレンドを表示します。

信号セットアップ

- 1 パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**変調**解析が選択された状態で、**信号**ソフトキーを押します。
- 2 接続図を参照して、プローブを被試験デバイスとオシロスコープに接続します。

3 パワー解析の実行

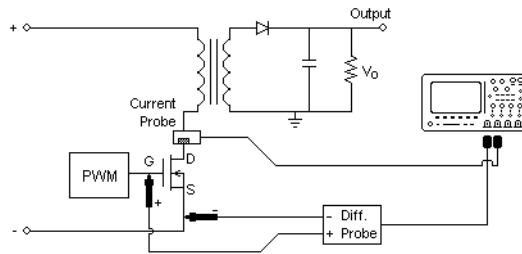


図 5 変調解析テストの連続モード接続

- a 電圧プローブの D+ を、MOSFET のゲートに接続します。
 - b 電圧プローブの D- を、MOSFET のソースに接続します。
 - c 電圧プローブで、適切な減衰比を選択します。
 - d 電流プローブを MOSFET のドレインに接続します。
 - e 電圧プローブと電流プローブをオシロスコープの入力チャンネルに接続します。
- 3 **電圧**および**電流**ソフトキーを押し、正しいアナログ・チャンネルが選択されていることを確認します。



- 4 電圧プローブと電流プローブのプローブ減衰比がオシロスコープで正しく設定されていることを確認します。
- 5 **持続時間**ソフトキーを押し、入力ノブを回して、信号を捕捉する時間を指定します。オシロスコープの時間スケールが設定されます。
- 6 **自動設定**ソフトキーを押し、電圧および電流チャンネルの垂直スケールと位置を自動的に設定します。
- 7 トリガ・レベルを調整して、各サイクルの同じ位置で波形を捕捉するようにします（すなわち、波形表示を安定化します）。
- 8 **Back/Up** キーを押し、パワー・アプリケーションのメイン・メニューに戻ります。

- 設定** 1 パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**Xソース**ソフトキーを押し、入力ノブを回して、変調解析のソースを電圧または電流から選択します。



- 2 **タイプ**: ソフトキーを押し、入力ノブを回して、変調解析で実行する測定のタイプを、次の中から選択します。
- ・ 平均
 - ・ RMS - AC
 - ・ レシオ
 - ・ 周期
 - ・ 周波数
 - ・ 正パルス幅
 - ・ 負パルス幅
 - ・ デューティ・サイクル
 - ・ 立ち上がり時間
 - ・ 立ち下がり時間

解析結果 解析を実行するには、パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**適用**を押します。

解析が終了すると、結果が表示されます。

3 パワー解析の実行



測定トレンド演算波形ビジュアライゼーションを使用して、変調波形の各サイクルでの測定の変動がプロットされます。

自動測定 **[Meas]** 測定キーとメニューを使用して、以下の自動測定を追加できます。

自動電圧測定（詳細についてはオシロスコープのユーザーズ・ガイドを参照）：

- ・ 平均
- ・ AC - RMS
- ・ レシオ

自動時間測定（詳細についてはオシロスコープのユーザーズ・ガイドを参照）：

- ・ 周期
- ・ 周波数
- ・ 正パルス幅
- ・ 負パルス幅
- ・ デューティ・サイクル
- ・ 立ち上がり時間
- ・ 立ち下がり時間

パワー品質

パワー品質解析は、AC 入力ラインの品質を表示します。

AC 電流の一部は、エネルギーを供給することなく負荷に流れ込み、流れ出します。この電流は無効電流または高調波電流と呼ばれ、実際に消費される電力よりも大きい「皮相電力」になります。パワー品質の評価には、AC ラインの電流および電圧の力率、皮相電力、有効電力、無効電力、クレスト・ファクタ、位相角の測定が用いられます。

信号セットアップ

- 1 パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**パワー品質**解析が選択された状態で、**信号**ソフトキーを押します。
- 2 接続図を参照して、プローブを被試験デバイスとオシロスコープに接続します。

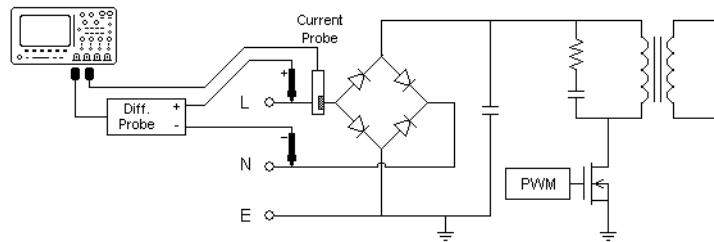


図 6 入力ライン解析テストの代表的な構成

- a 電圧プローブの D+ を AC 入力の通電ワイヤに接続します。
 - b 電圧プローブの D- を AC 入力のニュートラル・ワイヤに接続します。
 - c 電圧プローブで、適切な減衰比を選択します。
 - d 矢印の方向が電流の方向に一致するように、電流プローブを AC 入力の通電ワイヤに接続します。
 - e 電圧プローブと電流プローブをオシロスコープの入力チャンネルに接続します。
- 3 **電圧**および**電流**ソフトキーを押し、正しいアナログ・チャンネルが選択されていることを確認します。

3 パワー解析の実行



- 4 電圧プローブと電流プローブのプローブ減衰比がオシロスコープで正しく設定されていることを確認します。
- 5 **周期**ソフトキーを押し、入力ノブを回して、1回の収集で捕捉するサイクル数を選択します。
- 6 **自動設定**ソフトキーを押し、電圧および電流チャネルの垂直スケールと位置を自動的に設定します。

また、電圧波形と電流波形の乗算演算の結果であるパワー波形も表示されます。

- 7 **Back/Up** キーを押し、パワー・アプリケーションのメイン・メニューに戻ります。

- 設定**
- 1 パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**タイプ**ソフトキーを押し、入力ノブを回して、パワー品質解析で実行する測定のタイプを、次の中から選択します。

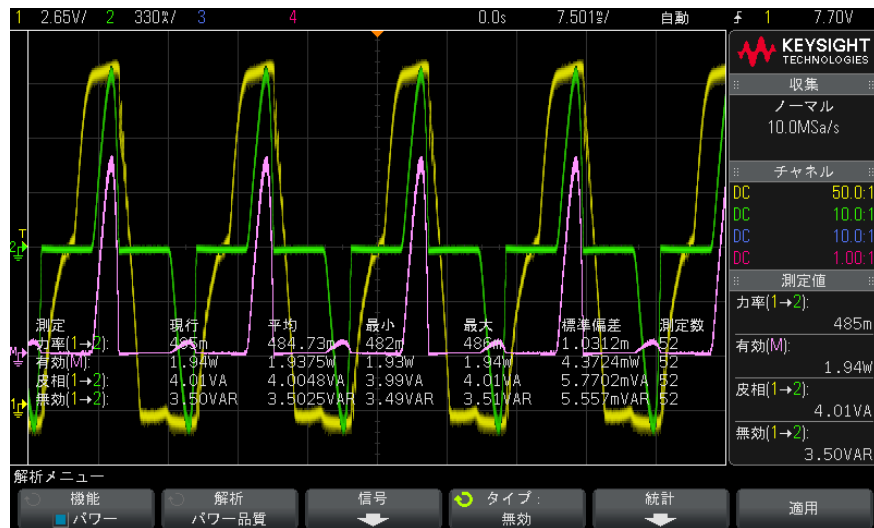


- ・ **力率** : 有効電力と皮相電力の比。

- ・ **有効（実効）電力**：AC 波形の 1 サイクルにわたって平均したときに、1 方向へのエネルギーの正味の伝達となるパワーの流れの一部。
- ・ **皮相電力**：各サイクルでソースに戻っていく蓄積されたエネルギーに起因するパワーの流れの一部。
- ・ **無効電力**：リアクタンスから生じる皮相電力と有効電力の差。
- ・ **クレスト・ファクタ**：クレスト・ファクタとは、負荷が要求する瞬時ピーク電流／電圧と、RMS 電流／電圧（RMS は Root Mean Square（2 乗平均平方根）の略で、平均値の一種）との比。
- ・ **位相角**：位相角とは、電力三角形（皮相電力² = 有効電力² + 無効電力² となる直角三角形）の皮相電力と実効電力の間の角度であり、無効電力の大きさを示します。

解析結果 解析を実行するには、パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**適用** を押します。

解析が終了すると、結果が表示されます。



電圧および電流波形に加えて、入力パワー波形（電圧と電流の波形乗算）も表示されます。また、選択して適用した以下のパワー品質測定も表示されます。

- ・ “**力率**” ページ 61
- ・ “**有効電力**” ページ 62

3 パワー解析の実行

- ・ “皮相電力” ページ 62
- ・ “無効電力” ページ 62
- ・ “クレスト・ファクタ” ページ 63
- ・ “位相角” ページ 63

パワー品質測定は、指定したサイクル数にわたって捕捉された電圧および電流波形から計算されます。

自動測定 **[Meas]** 測定キーとメニューを使用して、以下の自動測定を追加できます。

自動電圧測定（詳細についてはオシロスコープのユーザーズ・ガイドを参照）：

- ・ AC - RMS

スイッチング損失

スイッチング損失解析は、スイッチング・デバイスのスイッチング・サイクルで失われる電力を計算します。代表的なパワー損失には次のものがあります。

- ・ Vds および Id のスイッチング中に発生するスイッチング損失
- ・ スwitchング・デバイス（MOSFET）がオンのときに発生する伝導損失

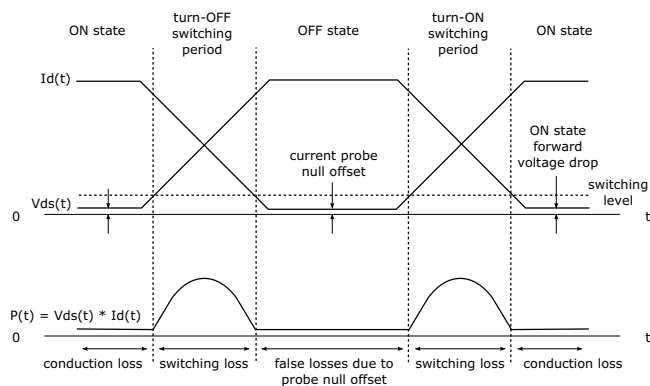


図 7 パワー・デバイス内での損失の発生

デザイン・エンジニアは、この情報を使用して、電源のパワー変換効率を改善します。

スイッチング損失はまた、パワー・デバイスのヒート・シンクに伝達されるパワー損失を定量化するためにも使用されます。

信号セットアップ

- 1 パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**スイッチング損失**解析が選択された状態で、**信号**ソフトキーを押します。
- 2 接続図を参照して、プローブを被試験デバイスとオシロスコープに接続します。

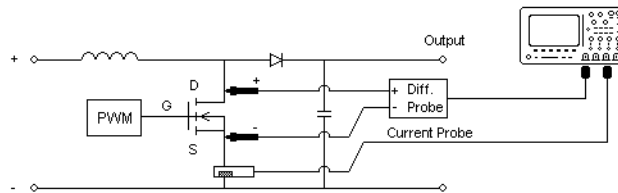


図 8 パワー・デバイス解析テストの代表的な構成


- a 電圧プローブの D+ を、MOSFET のソースに接続します。
 - b 電圧プローブの D- を、MOSFET のドレインに接続します。
 - c 電圧プローブで、適切な減衰比を選択します。
 - d 矢印の方向が電流の方向に一致するように、電流プローブを MOSFET のドレインに接続します。
 - e 電圧プローブと電流プローブをオシロスコープの入力チャンネルに接続します。
- 3 **電圧**および**電流**ソフトキーを押し、正しいアナログ・チャンネルが選択されていることを確認します。



- 4 電圧プローブと電流プローブのプローブ減衰比がオシロスコープで正しく設定されていることを確認します。

3 パワー解析の実行

5 **自動設定** ソフトキーを押して、電圧および電流チャンネルの垂直スケールと位置を自動的に設定します。

6  Back/Up キーを押して、パワー・アプリケーションのメイン・メニューに戻ります。

設定 1 パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**設定** ソフトキーを押します。

2 パワー・アプリケーションの Switching Loss (スイッチング損失) メニューで、適切な設定を行います。

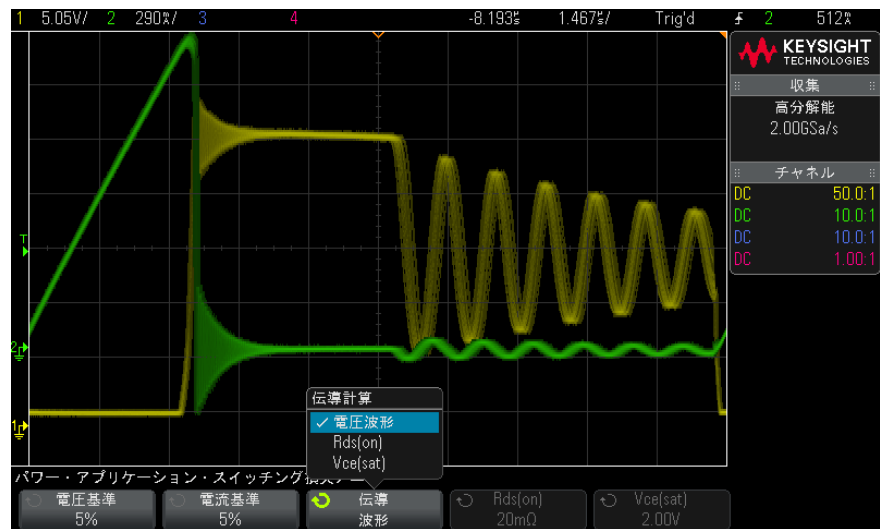



表 5 スイッチング損失解析設定

設定	意味
V Ref	スイッチング・エッジのスイッチング・レベルを入力します。 この値は、最大スイッチング電圧に対する%です。 この値を調整することで、ノイズ・フロアを無視することができます。 この値は、スイッチング・エッジを判定するためのしきい値を指定します。

表 5 スイッチング損失解析設定（続き）

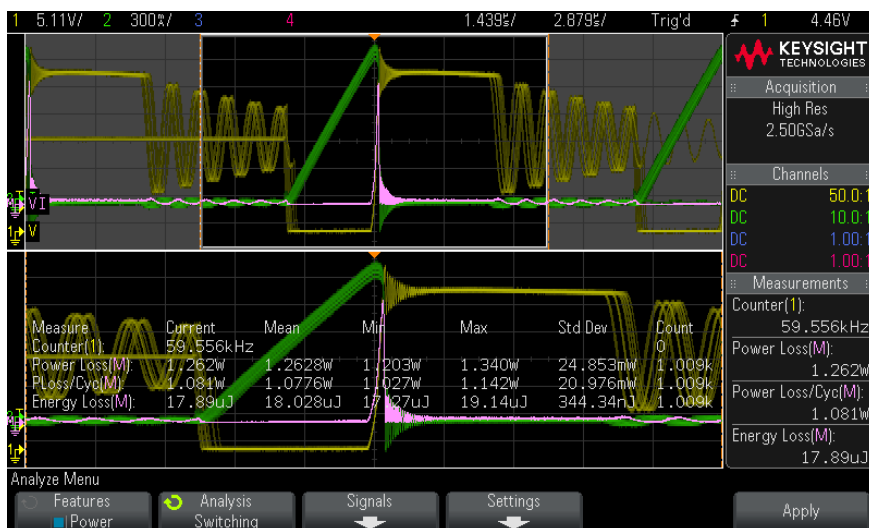
設定	意味
I Ref	<p>スイッチング・エッジの先頭のスイッチング・レベルを入力します。この値は、最大スイッチング電流に対する%です。この値を調整することで、電流プローブでは除去が困難なノイズ・フロアすなわちヌル・オフセットを無視できます。この値は、スイッチング・エッジを判定するためのしきい値を指定します。</p>
伝導	<p>条件の計算方法を選択します。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 電圧波形：パワー波形は元データを使用し、計算式は次のようになります。$P = V \times I$ ・ Rds(on)：パワー波形には誤差補正が含まれます。 <ul style="list-style-type: none"> ・ オン・ゾーン（電圧レベルが電圧基準より低い）では、パワー計算式は次のようになります。$P = Id^2 \times Rds(on)$ Rds(on) は追加ソフトキーで指定します。 ・ オフ・ゾーン（電流レベルが電流基準より低い）では、パワー計算式は次のようになります。$P = 0 W$ ・ Vce(sat)：パワー波形には誤差補正が含まれます。 <ul style="list-style-type: none"> ・ オン・ゾーン（電圧レベルが電圧基準より低い）では、パワー計算式は次のようになります。$P = Vce(sat) \times Ic$ Vce(sat) は追加ソフトキーで指定します。 ・ オフ・ゾーン（電流レベルが電流基準より低い）では、パワー計算式は次のようになります。$P = 0 W$

3 設定の変更が終わったら、 Back/Up キーを押して、パワー・アプリケーションのメイン・メニューに戻ります。

解析結果 解析を実行するには、パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**適用**を押します。

解析が終了すると、結果が表示されます。

3 パワー解析の実行



電圧および電流波形に加えて、パワー波形（電圧と電流の波形乗算）も表示されます。また、以下の自動パワー測定および統計も表示されます。

- ・ “**パワー損失**” ページ 65
- ・ “**パワー損失／サイクル**” ページ 66
- ・ “**エネルギー損失**” ページ 66

自動測定 [Meas] 測定キーとメニューを使用して、以下の自動測定を追加できます。

自動時間測定（詳細についてはオシロスコープのユーザーズ・ガイドを参照）：

- ・ 周波数

過渡応答

過渡応答解析は、電源の出力電圧が出力負荷の変化に応答する速さを測定します。出力電圧がセトリング・バンドを最初に出てから、セトリング・バンド内に最後に入るまでの時間が測定されます。

信号セットアップ

- 1 パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**過渡応答**解析が選択された状態で、**信号**ソフトキーを押します。
- 2 接続図を参照して、プローブを被試験デバイスとオシロスコープに接続します。

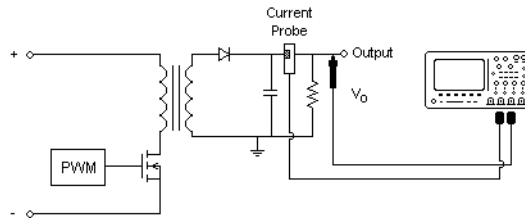



図 9 パワー出力過渡応答の代表的な構成

- a 電圧プローブ（パッシブまたは差動）を電源の DC 出力に接続します。
 - b 電圧プローブをオシロスコープの入力チャンネルに接続します。
 - c 電流プローブを電源の出力負荷に接続します。
負荷電流の変化によってオシロスコープがトリガされ、過渡現象が捕捉されます。
 - d 電流プローブをオシロスコープの入力チャンネルに接続します。
- 3 電圧および電流ソフトキーを押し、正しいアナログ・チャンネルが選択されていることを確認します。



- 4 電圧プローブと電流プローブのプローブ減衰比がオシロスコープで正しく設定されていることを確認します。
- 5 持続時間ソフトキーを押し、入力ノブを回して、測定の時間スケールを選択します。
- 6 オーバシュートソフトキーを押し、入力ノブを回して、出力電圧のオーバーシュートの%を指定します。
この値は、過渡応答のセトリング・バンド値の決定と、オシロスコープの垂直スケールの調整に使用されます。
- 7 安定 Vout ソフトキーを押し、入力ノブを回して、電源の定常状態の出力 DC 電圧の予想値を指定します。
この値は、オーバーシュート%とともに、過渡応答のセトリング・バンド値の決定と、オシロスコープの垂直スケールの調整に使用されます。

3 パワー解析の実行


- 8  Back/Up キーを押して、パワー・アプリケーションのメイン・メニューに戻ります。

- 設定
- 1 パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**設定**ソフトキーを押します。
 - 2 パワー・アプリケーションの過渡メニューで、適切な設定を行います。



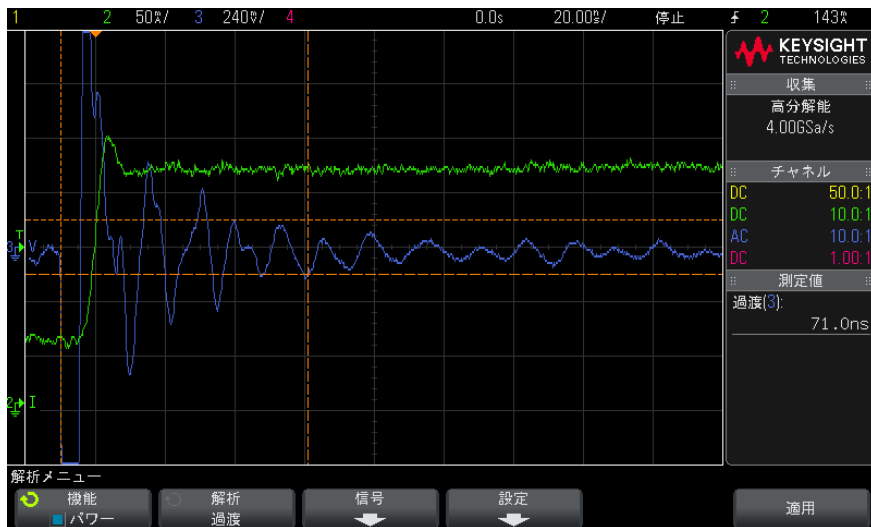
表 6 過渡応答解析設定

設定	意味
初期 I	初期負荷電流値を入力します。初期負荷電流は、基準値として、およびオシロスコープをトリガするために使用されます。
新規 I	新規負荷電流値を入力します。新規負荷電流は、基準値として、およびオシロスコープをトリガするために使用されます。

- 3 設定の変更が終わったら、 Back/Up キーを押して、パワー・アプリケーションのメイン・メニューに戻ります。

解析結果 解析を実行するには、パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**適用**を押します。

画面に表示される手順を実行します。解析が終了すると、結果が表示されます。



電圧および電流波形が表示されます。開始と終了のタイムスタンプが、測定対象の領域を示します。また、以下の自動パワー測定も表示されます。

- ・ “**過渡**” ページ 64

ターンオン／ターンオフ

ターンオン解析は、電源がオンになってから定常状態出力の 90 %に達する速さを測定します。

ターンオフ解析は、電源がオフになってから最大出力電圧の 10 %まで降下する速さを測定します。

- 信号セットアップ
- 1 パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**ターンオン／ターンオフ** 解析が選択された状態で、**信号**ソフトキーを押します。
 - 2 接続図を参照して、プローブを被試験デバイスとオシロスコープに接続します。

3 パワー解析の実行

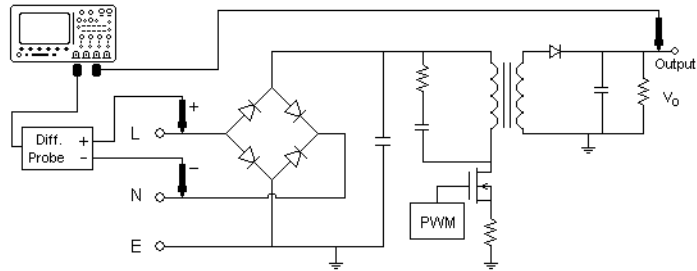


図 10 ターンオン/オフ解析テストの代表的な構成

- a 入力電圧プローブの D+ を AC 入力の通電ワイヤに接続します。
 - b 入力電圧プローブの D- を AC 入力のニュートラル・ワイヤに接続します。
 - c 入力電圧プローブで、適切な減衰比を選択します。
 - d 出力電圧プローブ（パッシブまたは差動）を電源の DC 出力に接続します。
 - e 電圧プローブをオシロスコープの入力チャンネルに接続します。
- 3 **入力 V** および **出力 V** ソフトキーを押し、正しいアナログ・チャンネルが選択されていることを確認します。




- 4 電圧プローブのプローブ減衰比がオシロスコープで正しく設定されていることを確認します。
- 5 **持続時間** ソフトキーを押し、入力ノブを回して、測定の時間スケールを選択します。
- 6 **最大 Vin** ソフトキーを押し、入力ノブを回して、最大入力電圧を指定します。

最大 (p-p) ソース電圧振幅を入力します。ソース電圧は、「ターンオン時間」テストでオシロスコープをトリガするために使用されます。

この値は、オシロスコープの入力電圧をプローブするチャンネルの垂直スケールの調整に使用されます。

- 7 **安定 Vout** ソフトキーを押し、入力ノブを回して、電源の定常状態の出力 DC 電圧の予想値を指定します。

この値は、オシロスコープの出力電圧をプローブするチャンネルの垂直スケールの調整に使用されます。

- 8  Back/Up キーを押し、パワー・アプリケーションのメイン・メニューに戻ります。

- 設定** 1 パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**テスト**ソフトキーを押し、入力ノブを回して、ターンオンとターンオフのどちらの解析を実行するかを選択します。

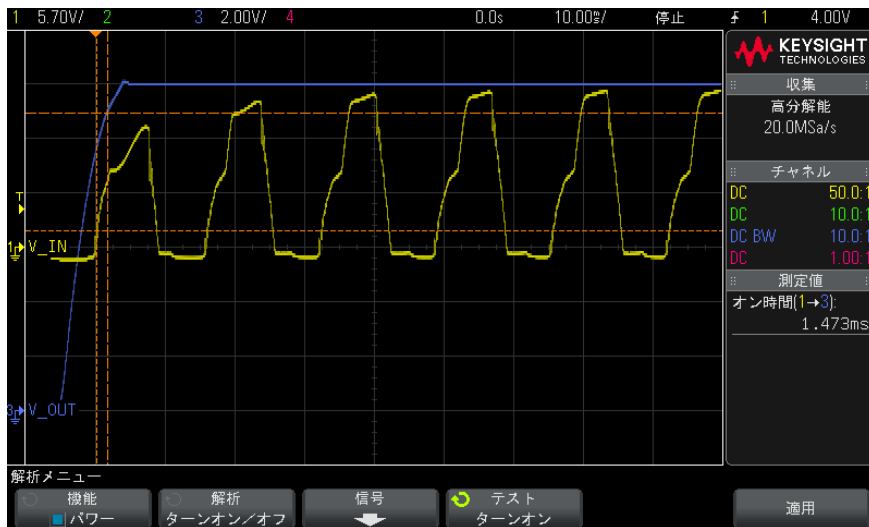


- ・ ターンオン：入力電圧を印加してから、電源の出力電圧が得られるまでの時間を測定します。
- ・ ターンオフ：このモジュールは、入力電圧を除去してから、電源の出力電圧がオフになるまでの時間を測定します。

- 解析結果** 解析を実行するには、パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**適用**を押しします。

画面に表示される手順を実行します。解析が終了すると、結果が表示されません。

3 パワー解析の実行



入力および出力電圧波形が表示されます。また、以下の自動パワー測定も表示されます。

- ・ “**ターンオン時間**” ページ 65
- ・ “**ターンオフ時間**” ページ 65

出力リップル

出力リップル解析は、電源出力のリップル・ノイズを測定します。

- 信号セットアップ
- 1 パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**出力リップル**解析が選択された状態で、**信号**ソフトキーを押します。
 - 2 接続図を参照して、プローブを被試験デバイスとオシロスコープに接続します。

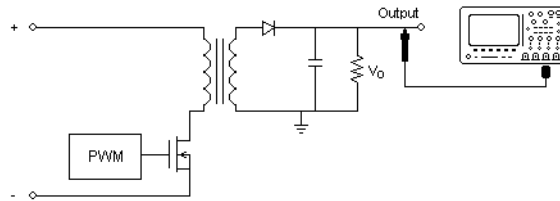


図 11 出力電圧リップル・テストの代表的な構成

- a 電圧プローブ（パッシブまたは差動）を電源の DC 出力に接続します。
 - b 電圧プローブをオシロスコープの入力チャンネルに接続します。
- 3 **電圧**ソフトキーを押し、正しいアナログ・チャンネルが選択されていることを確認します。

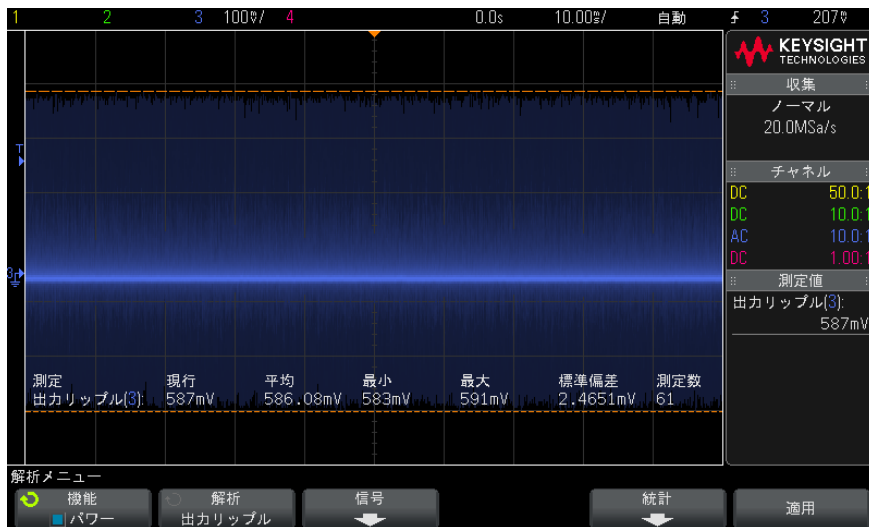


- 4 電圧プローブのプローブ減衰比がオシロスコープで正しく設定されていることを確認します。
- 5 **持続時間**ソフトキーを押し、入力ノブを回して、測定の時間スケールを選択します。
- 6 **自動設定**ソフトキーを押し、電圧チャンネルの垂直スケールと位置、および時間スケールを自動的に設定します。
- 7 **Back/Up** キーを押し、パワー・アプリケーションのメイン・メニューに戻ります。

解析結果 解析を実行するには、パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**適用**を押します。

解析が終了すると、結果が表示されます。

3 パワー解析の実行



出力電圧波形と、以下の自動パワー測定が表示されます。

- ・ “出カリップル” ページ 63

電源除去比 (PSRR)

電源除去比 (PSRR) テストは、電圧レギュレータがさまざまな周波数レンジのリップル・ノイズを除去する能力を判定するために使用されます。

この解析は、オシロスコープの波形発生器からの周波数掃引信号を供給します。この信号は、電圧レギュレータに入力される DC 電圧にリップルを注入するために使用されます。

入力と出力の AC RMS 比が測定され、周波数レンジに対してプロットされます。

PSRR の測定にはさまざまな方法があります。オシロスコープはネットワーク・アナライザに比べて、ノイズ・フロアが高く、感度が低いため、 -60 dB を超える PSRR の測定は困難です。オシロスコープによる PSRR テストは、被試験電源の全体的 PSRR 動作の抜き取り検査には通常十分です。

信号セットアップ

- 1 パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**電源除去比 (PSRR)** 解析が選択された状態で、**信号** ソフトキーを押します。

- 2 接続図を参照して、プローブを被試験デバイスとオシロスコープに接続します。

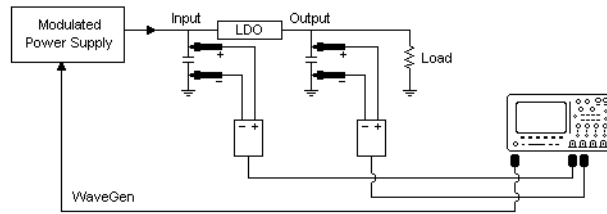



図 12 電源除去比解析の代表的な構成

- a 1つの電圧プローブ（パッシブまたは差動）を、低ドロップアウト（LDO）レギュレータの入力（およびグランド）に接続します。
- b もう1つの電圧プローブ（パッシブまたは差動）を、低ドロップアウト（LDO）レギュレータの出力（およびグランド）に接続します。
- c 波形発生器出力を変調電源に接続します。

変調電源の例として、Accel Instruments の“TS200” オプション 1A があります。別の方法として、注入トランスを使用して、オシロスコープの波形発生器信号を、低ドロップアウト（LDO）レギュレータに接続された電源出力に注入することもできます。この場合、注入トランスと電源の組み合わせが、変調電源（TS200 など）の代わりとなります。

- 3 **入力V** および **出力V** ソフトキーを押し、正しいアナログ・チャンネルが選択されていることを確認します。



- 4 電圧プローブのプローブ減衰比がオシロスコープで正しく設定されていることを確認します。
- 5  Back/Up キーを押して、パワー・アプリケーションのメイン・メニューに戻ります。

- 設定 1 パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**設定** ソフトキーを押します。


3 パワー解析の実行

- 2 パワー・アプリケーションの PSRR メニューで、適切な設定を行います。



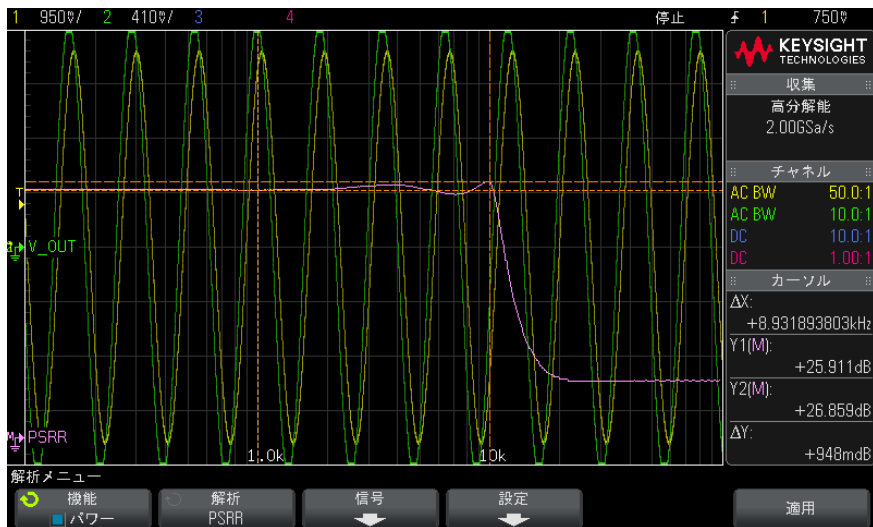
表 7 スイッチング損失解析設定

設定	意味
最小周波数	掃引開始周波数値を設定します。測定はログ・スケールで表示されるので、ディケード値を選択できます。
最大周波数	掃引終了周波数値を設定します。測定はログ・スケールで表示されるので、ディケード値か、20 MHz の最大周波数を選択できます。
最大比	PSRR 演算波形の垂直スケールを指定します。
振幅	波形発生器の振幅値を設定します。
出力負荷	波形発生器の予想出力負荷インピーダンスを設定します。

- 3 設定の変更が終わったら、 Back/Up キーを押して、パワー・アプリケーションのメイン・メニューに戻ります。

解析結果 解析を実行するには、パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**適用**を押します。

解析が終了すると、結果が表示されます。



入力および出力電圧波形と、PSRR 演算波形が表示されます。さまざまな周波数での比の dB 値を示すトラッキング X/Y カーソルも表示されます。

スルーレート

スルーレート解析は、スイッチング時の電圧または電流の変化速度を測定します。

- 信号セットアップ
- 1 パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**スルーレート**解析が選択された状態で、**信号**ソフトキーを押します。
 - 2 接続図を参照して、プローブを被試験デバイスとオシロスコープに接続します。

3 パワー解析の実行

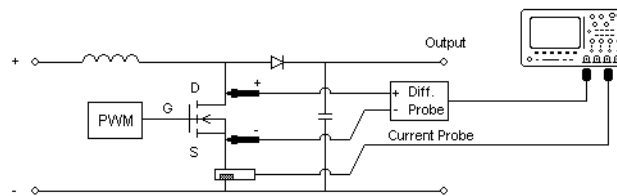



図 13 パワー・デバイス解析テストの代表的な構成

- a 電圧プローブの D+ を、MOSFET のソースに接続します。
 - b 電圧プローブの D- を、MOSFET のドレインに接続します。
 - c 電圧プローブで、適切な減衰比を選択します。
 - d 矢印の方向が電流の方向に一致するように、電流プローブを MOSFET のドレインに接続します。
 - e 電圧プローブおよび電流プローブをオシロスコープの入力チャンネルに接続します。
- 3 電圧および電流ソフトキーを押し、正しいアナログ・チャンネルが選択されていることを確認します。



- 4 電圧プローブおよび電流プローブのプローブ減衰比がオシロスコープで正しく設定されていることを確認します。
 - 5 自動設定ソフトキーを押して、電圧および電流チャンネルの垂直スケールと位置を自動的に設定します。
 - 6  Back/Up キーを押して、パワー・アプリケーションのメイン・メニューに戻ります。
- 設定 1 パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**X ソース**ソフトキーを押し、入力ノブを回して、スルーレート解析のソースを **dV/dt** または **dI/dt** から選択します。



解析結果 解析を実行するには、パワー・アプリケーションのメイン・メニューで、**適用**を押します。

解析が終了すると、結果が表示されます。



電圧および電流波形に加えて、スルーレートを示す微分演算機能波形も表示されます。

微分演算機能波形の最小および最大測定が追加され、表示されます。

表 8 スルーレート・テスト結果

dV/dt	$[y_{(n)} - y_{(n-1)}] / [x_{(n)} - x_{(n-1)}]$ 、パワー・デバイス (MOSFET) の Vds のスルーレートを測定します。
dI/dt	$[y_{(n)} - y_{(n-1)}] / [x_{(n)} - x_{(n-1)}]$ 、パワー・デバイス (MOSFET) の Id のスルーレートを測定します。

3 パワー解析の実行

4 自動パワー測定

力率	/	61
有効電力	/	62
皮相電力	/	62
無効電力	/	62
クレスト・ファクタ	/	63
位相角	/	63
出力リップル	/	63
入力パワー	/	63
出力パワー	/	64
効率	/	64
ピーク電流	/	64
過渡	/	64
ターンオン時間	/	65
ターンオフ時間	/	65
パワー損失	/	65
パワー損失／サイクル	/	66
エネルギー損失	/	66

力率

AC ラインの有効電力と皮相電力の比。

有効電力 / 皮相電力

力率測定は、電圧波形と電流波形の 2 つのソース入力を使用して行われ、電圧波形と電流波形の間の乗算波形も必要です。

4 自動パワー測定

有効電力

AC 波形の 1 サイクルにわたって平均したときに、1 方向へのエネルギーの正味の伝達となるパワーの流れの一部。

$$\text{Real Power} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} V_n I_n}$$

有効電力測定は、パワーを表す 1 つのソース入力に対して行われます。これは通常、電圧波形と電流波形の乗算演算波形です。

皮相電力

各サイクルでソースに戻っていく蓄積されたエネルギーに起因する AC ラインパワーの流れの一部。

$$\text{IRMS} * \text{VRMS}$$

皮相電力測定は、電圧波形と電流波形の 2 つのソース入力を使用して行われず。

無効電力

リアクタンスから生じる皮相電力と有効電力の差。電力三角形（皮相電力² = 有効電力² + 無効電力² となる直角三角形）を使用すると：

$$\text{Reactive Power} = \sqrt{\text{Apparent Power}^2 - \text{Real Power}^2}$$

VAR (Volts-Amps-Reactive) で測定

無効電力測定は、電圧波形と電流波形の 2 つのソース入力を使用して行われ、電圧波形と電流波形の間の乗算波形も必要です。

クレスト・ファクタ

クレスト・ファクタは、負荷が要求する瞬時ピーク AC ライン電流／電圧と、RMS 電流／電圧との間の比です。

電圧クレスト・ファクタの電圧ソースを選択します。Vpeak / VRMS

電流クレスト・ファクタの電流ソースを選択します。Ipeak / IRMS

位相角

位相角とは、電力三角形（皮相電力² = 有効電力² + 無効電力² となる直角三角形）の皮相電力と実効電力の間の角度であり、無効電力の大きさを示します。位相角が小さいほど、無効電力は小さくなります。

位相角測定は、電圧波形と電流波形の2つのソース入力を使用して行われ、電圧波形と電流波形の間の乗算波形も必要です。

出力リップル

VMax - VMin

出力リップル測定は、出力電圧波形の1つのソース入力に対して行われます。

入力パワー

入力 V * 入力 I

入力パワー測定は、入力電圧波形と入力電流波形の2つのソース入力を使用して行われ、電圧波形と電流波形の間の乗算波形も必要です。

入力パワー測定では、入力電圧、入力電流、出力電圧、出力電流をプローブするチャンネルをパワー・アプリケーションの信号メニューで指定し、同じメニューの**自動設定**ソフトキーを押して自動信号セットアップを実行する必要があります。

4 自動パワー測定

出力パワー

出力 V * 出力 I

出力パワー測定は、出力電圧波形と出力電流波形の2つのソース入力を使用して行われ、電圧波形と電流波形の間の乗算波形も必要です。

出力パワー測定では、入力電圧、入力電流、出力電圧、出力電流をプローブするチャンネルをパワー・アプリケーションの信号メニューで指定し、同じメニューの**自動設定**ソフトキーを押して自動信号セットアップを実行する必要があります。

効率

出力パワー / 入力パワー

効率測定は、入力パワーを表す1つのソース入力に対して行われます。これは通常、入力電圧波形と入力電流波形の乗算演算波形です。この測定には出力電圧波形と出力電流波形も必要であり、効率パワー解析の信号セットアップで指定する必要があります。

効率測定では、入力電圧、入力電流、出力電圧、出力電流をプローブするチャンネルをパワー・アプリケーションの信号メニューで指定し、同じメニューの**自動設定**ソフトキーを押して自動信号セットアップを実行する必要があります。

ピーク電流

ピーク電流は正または負の値を取るため、結果は最大測定値と最小測定値のうちの絶対値の大きい方です。

ピーク電流測定は、電流波形の1つのソース入力に対して行われます。

過渡

過渡応答時間 = $t_2 - t_1$ 、ここで：

- ・ t_1 = 電圧波形がセトリング・バンドから出た最初の時刻。

- ・ t2 = 電圧波形がセトリング・バンドに入った最後の時刻。
 - ・ セトリング・バンド = \pm (定常状態出力電圧のオーバシュート%)
- 過渡測定は、出力電圧信号上の X カーソルを使用して行われます。

ターンオン時間

ターンオン時間 = $t2 - t1$ 、ここで：

- ・ t1 = AC 入力電圧が最大振幅の 10 %まで上昇した時刻 (開始時間)。
- ・ t2 = DC 出力電圧が最大振幅の 90 %まで上昇した時刻 (終了時間)。

ターンオン時間測定は、入力電圧波形と出力電圧波形の 2 つのソース入力上の X カーソルを使用して行われます。

ターンオフ時間

ターンオフ時間 = $t2 - t1$ 、ここで：

- ・ t1 = AC 入力電圧が正ピーク (または負ピーク、どちらか先に発生した方) の 10 %以下に下降した時刻 (開始時間)。
- ・ t2 = DC 出力電圧が定常状態値の 10 %まで下降した時刻 (終了時間)。

ターンオン時間測定は、入力電圧波形と出力電圧波形の 2 つのソース入力上の X カーソルを使用して行われます。

パワー損失

$P_n = V_{ds_n} * I_{d_n}$ 、ここで n は各サンプル。

パワー損失測定は、パワーを表す 1 つのソース入力に対して行われます。これは通常、電圧波形と電流波形の乗算演算波形です。

4 自動パワー測定

パワー損失／サイクル

$P_n = (V_{ds_n} * I_{d_n}) * (\text{ズーム・ウィンドウの時間範囲}) * (\text{スイッチング信号の電圧のカウンタ測定})$ 、ここで n は各サンプル。

サイクルごとのパワー損失測定は、パワーを表す1つのソース入力に対して行われます。これは通常、電圧波形と電流波形の乗算演算波形です。

この測定は、ズーム・モード時に、スイッチング信号の電圧にカウンタ測定が取り付けられている場合に動作します。

エネルギー損失

$= \sum (V_{ds_n} * I_{d_n}) * \text{サンプル・サイズ}$ 、ここで n は各サンプル。

エネルギー損失測定は、パワーを表す1つのソース入力に対して行われます。これは通常、電圧波形と電流波形の乗算演算波形です。

索引

Symbols

%オーバシュート, 47

数字

10070D パッシブ・プローブ, 12

1141A 差動プローブ, 11

1147A 電流プローブ, 12

3000 X シリーズ・オシロスコープ
, 11

D

dI/dt, 3, 59

dI/dt テスト結果, 59

dV/dt, 3, 59

dV/dt テスト結果, 59

F

FFT 波形 (プロット), 29

I

IEC 61000-3-2 規格, 3, 27

N

N2780A 電流プローブ, 12

N2781A 電流プローブ, 12

N2782A 電流プローブ, 12

N2783A 電流プローブ, 12

N2790A 高電圧差動プローブ, 11

N2791A 高電圧差動プローブ, 11

N2792A 差動プローブ, 11

N2793A 差動プローブ, 11

N2870A パッシブ・プローブ, 12

N2891A 高電圧差動プローブ, 11

N2893A 電流プローブ, 12

P

PSRR (電源除去比), 3

PWM (パルス幅変調), 3

R

Rds (動的オン抵抗) 波形, 45

RMS - AC、パワー変調解析, 37

T

THD (全高調波歪み), 29

U

U1880A スキュー補正フィクス
チャ, 12, 16

う

ウィンドウ・パラメータ (FFT 解
析), 27

え

エネルギー損失, 66

お

オーバシュート率, 47

オシロスコープ・ソフトウェア・
バージョン要件, 11

オシロスコープ・プローブ要件
, 11

オシロスコープ・メモリ要件
, 10

オシロスコープの要件, 9

オシロスコープ帯域幅要件, 10

く

クレスト・ファクタ, 3, 41, 63

こ

ご注意, 3

さ

サイクルごとのパワー損失, 66

サイクル数, 26, 40

す

スイッチ・モード電源のブロック
図, 3

スイッチング損失, 3, 42

スイッチング損失テスト結果
, 45

スイッチング損失解析信号, 43

スイッチング損失解析設定, 44

スキュー補正 (チャネル)、実行
, 16

スキュー補正フィクスチャ
(U1880A), 12, 16

スルーレート・パワー解析, 57

スルーレート解析信号, 57

スルーレート解析設定, 58

そ

ソフトウェア・バージョン (オシ
ロスコープ) 要件, 11

ソフトウェア (オシロスコープ)
バージョン要件, 11

た

ターンオフ時間, 51, 65

ターンオフ時間テスト結果, 51

ターンオン／オフ解析, 49

ターンオン／オフ解析の持続時間
， 50

ターンオン／オフ解析信号， 49

ターンオン／オフ解析設定， 51

ターンオン時間， 51, 65

ターンオン時間テスト結果， 51

ち

チャンネル・スキュー補正、実行
， 16

て

テスト、実行， 22

テスト結果、表示， 22

テスト結果の表示， 22

テスト設定， 22

テスト選択， 19

デューティ・サイクル、パワー変調解析， 37

ぬ

ヌル・オフセット， 45

の

ノイズ・フロア， 44, 45

は

パッシブ・プローブ， 12

ハニング・ウィンドウ， 27

ハミング・ウィンドウ， 27

パラメータ、テスト設定， 22

パワー・デバイスの Id のスループレート， 59

パワー・デバイスの Vds のスループレート， 59

パワー測定、詳細， 25

パワー測定アプリケーションへのアクセス， 15

パワー損失， 65

パワー品質， 39

パワー品質テスト結果， 41

パワー品質解析信号， 39

パワー品質解析設定， 40

ひ

ピーク電流， 64

ふ

ブラックマン・ハリス・ウィンドウ， 27

プリコンプライアンス・テスト
， 3

プローブ（オシロスコープ）、パッシブ， 12

プローブ（オシロスコープ）、高電圧差動， 11

プローブ（オシロスコープ）、電流， 12

プローブ（オシロスコープ）要件
， 11

ブロック図、スイッチ・モード電源， 3

め

メモリ（オシロスコープ）要件
， 10

り

リップル測定， 3

れ

レシオ、パワー変調解析， 37

ん

安全性， 9

位相角， 41, 63

過渡応答， 46

過渡応答解析， 46

過渡応答解析信号， 46

過渡応答解析設定， 48

過渡応答時間， 64

概要， 3

結果（テスト）、表示， 22

効率、パワー・アプリケーション自動測定， 64

効率解析の持続時間， 31

効率解析信号， 30

高調波， 29

高電圧差動プローブ， 11

差動プローブ、高電圧， 11

最大ソース電圧， 50

実行（テスト）， 22

周期、パワー変調解析， 37

周波数、パワー変調解析， 37

出力パワー， 64

出力リップル， 63

出力リップル解析の持続時間
， 53

出力リップル解析信号， 52

出力雑音， 3

出力電圧リップル， 52

出力電圧リップル・テスト結果
， 53

初期負荷電流， 48

新規負荷電流パラメータ， 48

正パルス幅、パワー変調解析
， 37

設定（テスト）パラメータ， 22

選択（テスト）， 19

前提条件， 9

全高調波歪み， 3

総合システム効率， 64

総合効率， 30

総合効率テスト結果， 32

帯域幅（オシロスコープ）要件
， 10

定常状態 DC 出力電圧， 47, 51

伝導， 45

伝導損失， 3, 42

電圧（高）差動プローブ， 11

電圧クレスト・ファクタ， 63

電圧スイッチング・レベル， 44

電圧プローブの減衰比パラメータ
， 21

電源周波数パラメータ， 27

電流クレスト・ファクタ， 63

電流スイッチング・レベル， 45

電流プローブ， 12

電流プローブの減衰比パラメータ
， 21

電流高調波， 25

電流高調波テスト結果， 28

電流高調波プロット・パラメータ
， 28

電流高調波解析信号， 26

電流高調波解析設定， 27

電流高調波規格パラメータ， 27

電力品質, 3
突入電流, 33
突入電流テスト結果, 34
突入電流解析, 33
突入電流解析信号, 33
入門, 15
入力パワー, 63
波形、表示, 23
皮相電力, 3, 41, 62
被試験デバイス、接続, 20
被試験デバイスへの接続, 20
表示 (波形), 23
負パルス幅、パワー変調解析, 37
負荷過渡応答テスト結果, 48
負荷変化の持続時間, 47
平均、パワー変調解析, 37
変調, 35
変調解析, 3
変調解析の持続時間, 36
変調解析信号, 35
変調解析設定, 37
無効電力, 41, 62
有効 (実効) 電力, 41, 62
有効電力, 3
予想突入電流, 34
要件、オシロスコープ, 9
要件、オシロスコープ・ソフトウェア・バージョン, 11
要件、オシロスコープ・プローブ, 11
要件、オシロスコープ・メモリ, 10
要件、オシロスコープ帯域幅, 10
要件、スキュー補正フィクスタチャ, 12
要件、パッシブ・プローブ, 12
要件、高電圧差動プローブ, 11
要件、電流プローブ, 12
立ち下がり時間、パワー変調解析, 37
立ち上がり時間、パワー変調解析, 37
力率, 3, 40, 61

