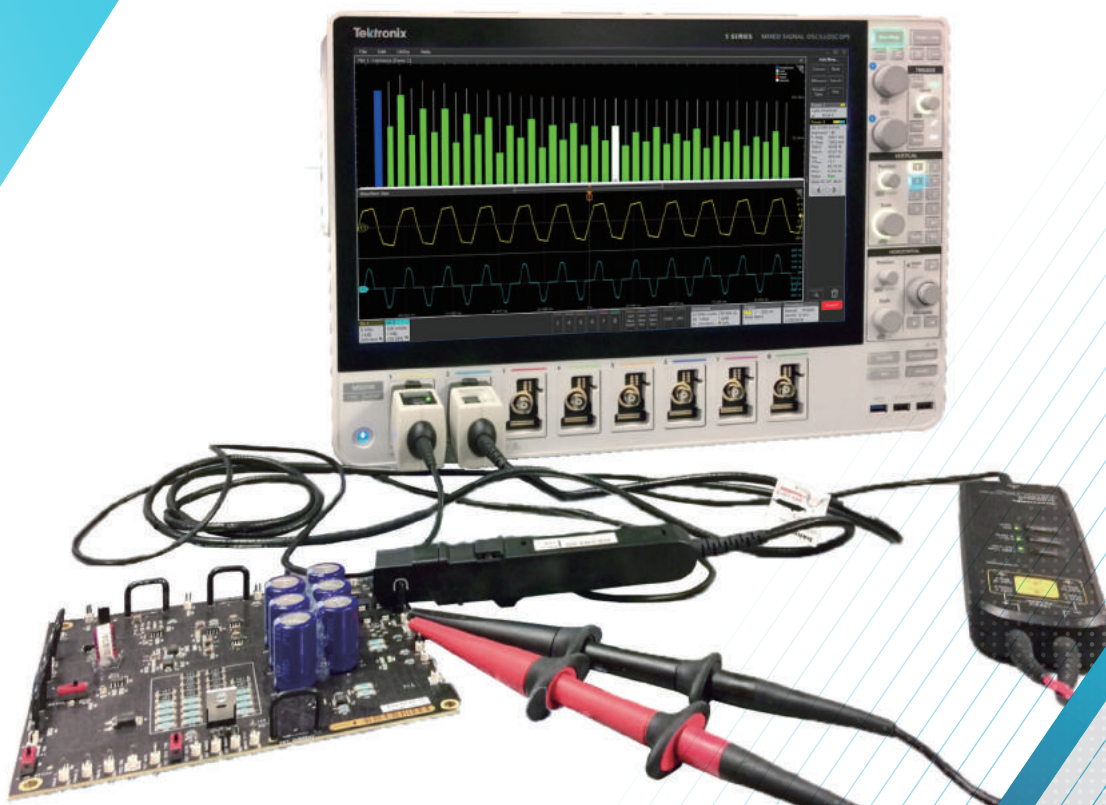


# 使用 5-PWR 應用軟體 執行電源供應器量測和分析

## 應用摘要



## 介紹

現今的電源供應器設計人員為了要達到90%甚至更高的功率轉換效率，所面臨的壓力日益增加。這個趨勢是由可攜式電子產品需要更長的電池壽命、物聯網及要求消耗更少電力的環保產品等需求所驅動。許多設計正在使用 GaN 或 SiC 切換裝置來取代矽 FET 和 IGBT。與往常一樣，上市時間的壓力亦持續推動更快速 (但仍然準確) 的測試。

MSO 5 系列具有 FlexChannel® 輸入和創新的圖形化使用者介面，使設計人員能夠一次測試多個測試點，從而加快測試速度。先進的電源量測和分析選項 (5-PWR) 可自動完成關鍵電源量測的設定過程，並提供工具以根據電源供應器設計中的規範和標準評估來測試結果。

本應用摘要概述如何使用具有5-PWR電源分析軟體的 Tektronix 5 系列 MSO 示波器進行重要的電源供應器量測。

## 準備電源供應器量測

為了進行精確的量測，必須正確設定電源量測系統，以精確擷取波形進行分析和疑難排解。需考慮的重要主題：

- 消除電壓和電流探棒之間的歪斜
- 消除探棒偏移
- 電流探棒消磁

### 消除電壓和電流探棒之間的歪斜

若要使用示波器進行電源量測，您需量測待測裝置的電壓和電流。此任務需使用兩個獨立的探棒：電壓探棒 (通常是高壓差動式探棒) 和電流探棒。每個電壓和電流探棒均有自己的傳輸延遲特性，這些波形產生的邊緣可能不會對齊。電流探棒和電壓探棒之間的延遲差異稱為偏斜，會導致不準確的振幅和時序量測。

由於偏斜會造成時間延遲，因此會導致時序差動、相位和功率因數的量測不準確。許多量測系統可以對儀器內部的延遲進行「自動校準」程序，但是當您將探棒加入您的系統時，您必須補償探棒放大器和電纜長度的差異。

Tektronix 5 系列 MSO 允許您彌補從探棒尖端到量測系統的延遲，可確保您能進行最準確的時序量測。您可將探棒連接至相同的波形源來校正探棒的歪斜狀況，並將延遲加入較快訊號的訊號路徑。這使得訊號的時間能對齊，而不必實際在較短的探棒電纜上增加電纜長度。

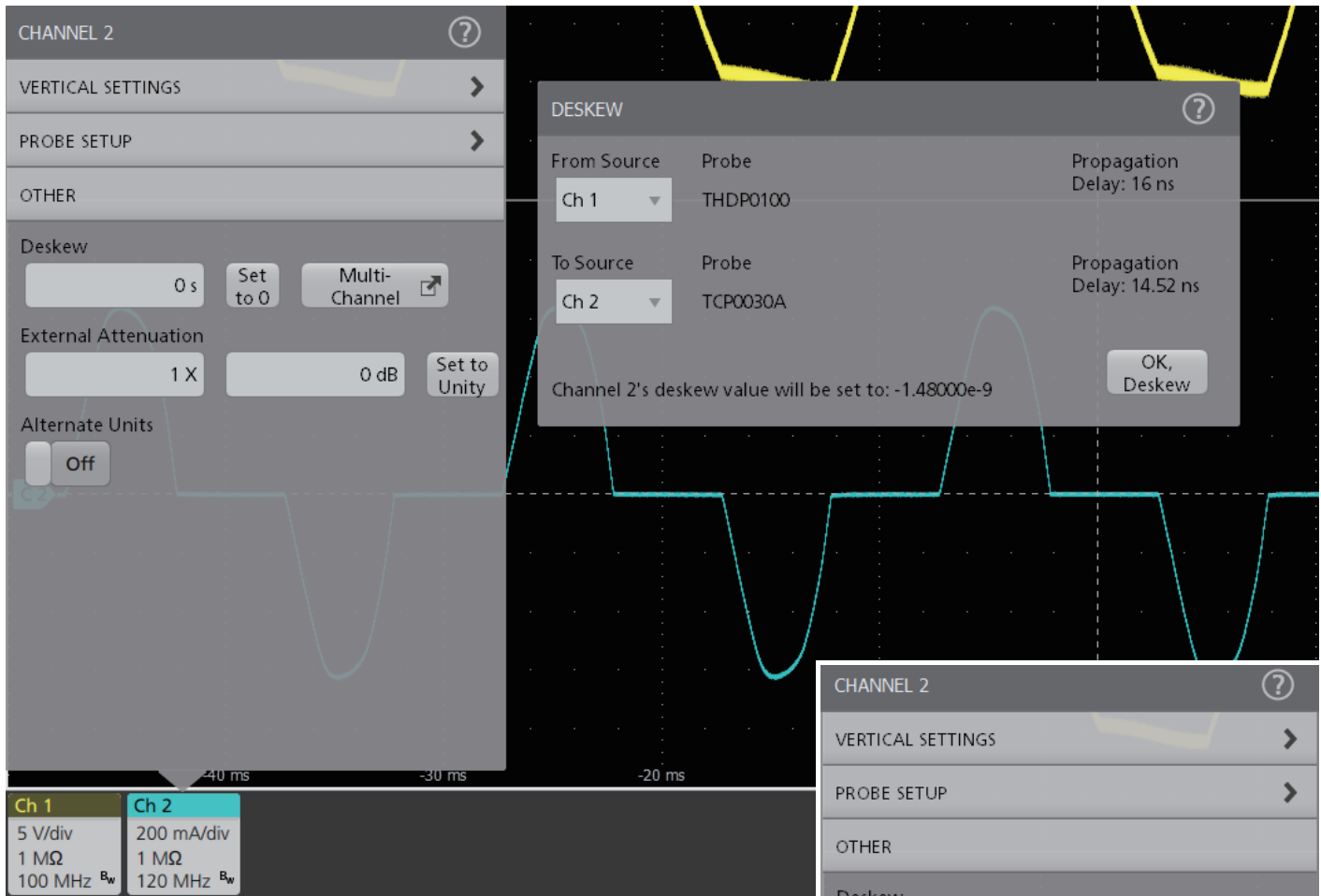


圖 1. 調整前，差動式電壓探棒與電流探棒之間的靜態歪斜補償。這些探棒具有儲存其標稱傳輸延遲的內建記憶體。

5 系列 MSO 亦提供一鍵式「靜態」抗歪斜功能。圖 1 顯示了兩個 TekVPI® 電源探棒之間的歪斜範例。示波器從探棒讀取標稱傳輸延遲，並計算兩個探棒之間約有 1.48 ns 的延遲差異。只需按下 OK (確定)，抗歪斜按鈕即可調整訊號之間的相對時序。

圖 2 顯示了在執行靜態抗歪斜功能後，圖 1 中所使用的相同測試設定。如果使用非Tektronix探棒，則需要手動校正電壓和電流波形的歪斜狀況，並配置電流探棒設定。

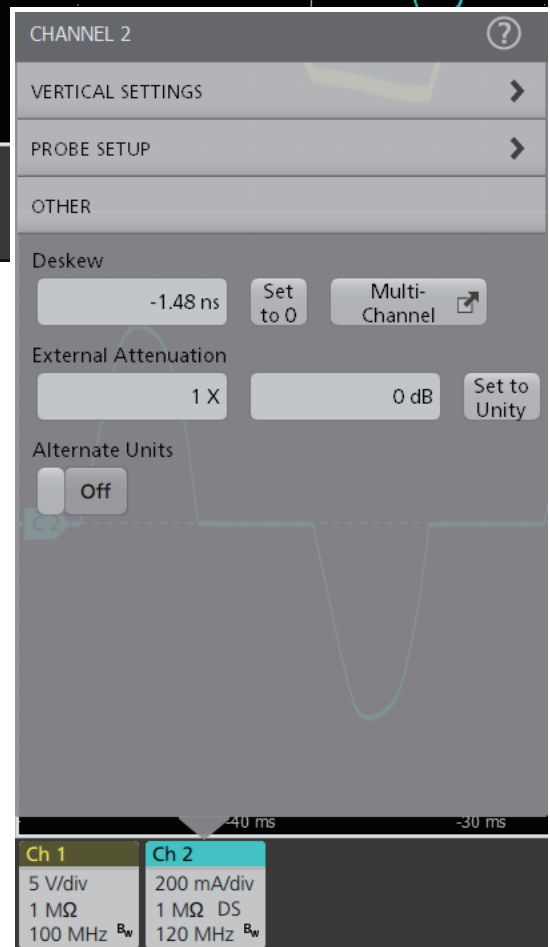


圖 2. 調整後的靜態歪斜補償。請注意，根據儲存在探棒中的傳輸延遲，已加入了 -1.48 ns 的抗歪斜值。

## 消除探棒偏移

差動式探棒可能具有微小的電壓偏移，這將會影響量測準確度，在進行量測之前應先將其去除。大多數差動式電壓探棒具有內建的直流偏移調節控制，使得偏移去除過程變得相對簡單。

同樣地，在進行量測之前，您可能需要調整電流探棒上的偏移。電流探棒偏移調整是將直流電壓歸零至平均值為 0 安培或盡可能接近的值。TekVPI 探棒 (如 TCP0030A 交流/直流電流探棒) 內建了自動消磁/自動歸零程序，執行方式就如同按下探棒補償盒上的按鈕一樣簡單，如圖 3 所示。

## 為您的電流探棒消磁

電流探棒還應包括易於使用的消磁功能。消磁功能可消除變壓器核心中任何殘留的直流磁通 (可能是由大量的輸入電流引起)。此剩餘磁通會導致偏移誤差，為了提高量測的準確性，您應除去這項偏移誤差。

Tektronix TekVPI 電流探棒提供了消磁警告指示器，可提醒使用者執行消磁操作。消磁警告指示器非常重要，因為電流探棒可能會隨著時間變化而出現明顯的漂移，這將會顯著影響量測的節裏。

## 解決寬頻帶間隙測試挑戰

直到最近，在半橋切換階段的高側進行切換量測幾乎是不可能的事。任何與切換節點相關的量測，包括高側  $V_{DS}$  和分流兩端的電壓，皆會因顯著的共模電壓訊號撞擊差動式訊號而發生失真。隨著切換頻率增加及最佳化全新設計的需求勢在必行，

這個問題在寬頻帶間隙 (如 GaN 和 SiC 電晶體) 上將會更為嚴重。IsoVu 探棒無與倫比的共模抑制及先進的電源量測和分析自動化功能為最佳化最新的 GaN 和 SiC 設計提供了無與倫比的組合。



圖 3. Tektronix TCP0030A 交流/直流電流探棒，並具有消磁/自動歸零功能。

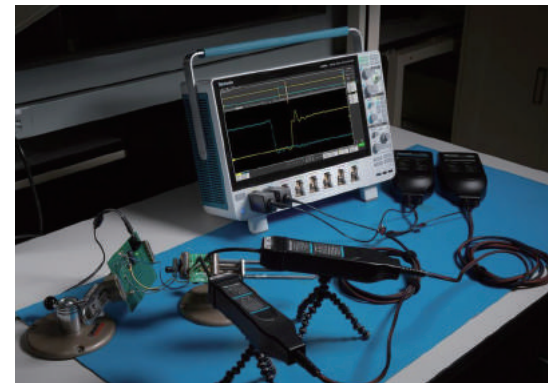


圖 4. 許多電源供應器拓撲需在高共模訊號存在的情況下量測微小的差動電壓。例如，半橋切換階段高側的  $V_{GS}$  和  $V_{DS}$  通常會相對於地面上下移動 100 秒或 1000 秒伏特。IsoVu™ 隔離量測系統可與 5 系列 MSO 一起使用，並提供極高的共模抑制。

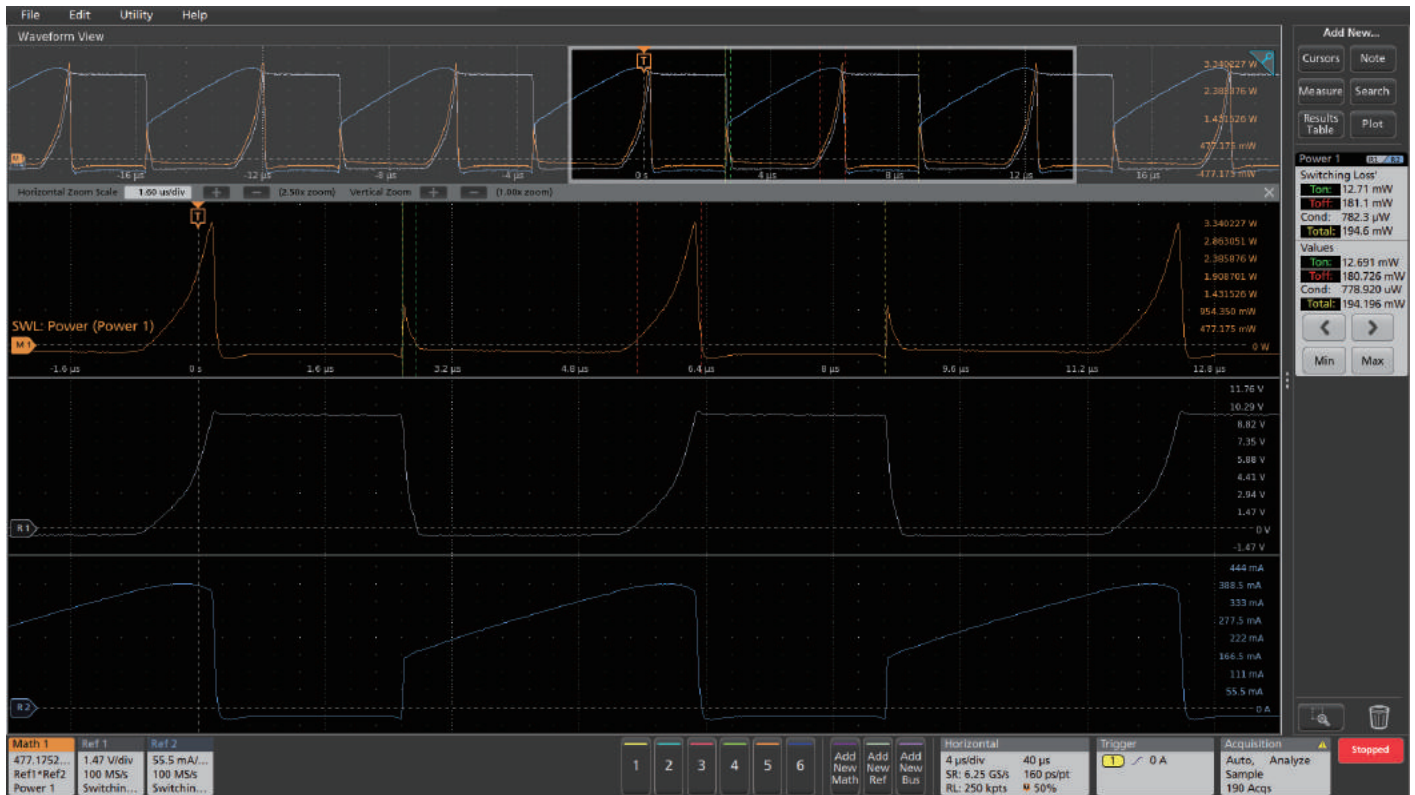


圖 5. 使用 5-PWR 執行切換損耗量測。上面的軌跡 (橘色) 是將瞬時功率的電流和電壓相乘來計算。損耗量測是在瞬時功率波形上進行。每個損耗區域會使用與量測標籤對應的彩色標記進行註釋。底部波形則是切換裝置兩端的電壓和流過切換裝置的電流。

## 切換分析

在電源供應器切換階段的量測可確認轉換器正常運作、量化損耗來源，並確認裝置在正常範圍內運作。

### 切換損耗量測

隨著各種實體和寄生電容器充電，電感器產生磁場，並發生相關的暫態電阻損耗，即會發生開通損耗。同樣地，當切換電源供應器斷開時，即使主電源已移除，也仍會有能量繼續釋放並與各種組件相互作用，因此在此處也會發生損耗。

### 進行量測

為了進行切換損耗量測，示波器必須量測切換裝置兩端的電壓和通過裝置的電流。切換損耗結果如圖 5 所示。

### 量測結果

- **Ton**：每個週期的開通功率和能量損耗值的平均值
- **Toff**：每個週期的開通功率和能量損耗值的平均值
- **Total**：每個週期的總平均功率損耗和平均能量值的平均值
- 左右箭頭按鈕可讓您瀏覽切換週期和聚焦於發生問題的區域
- 您也可以在此結果表中查看量測內容。表格會顯示所有切換週期的累計量測結果以供快速查看。

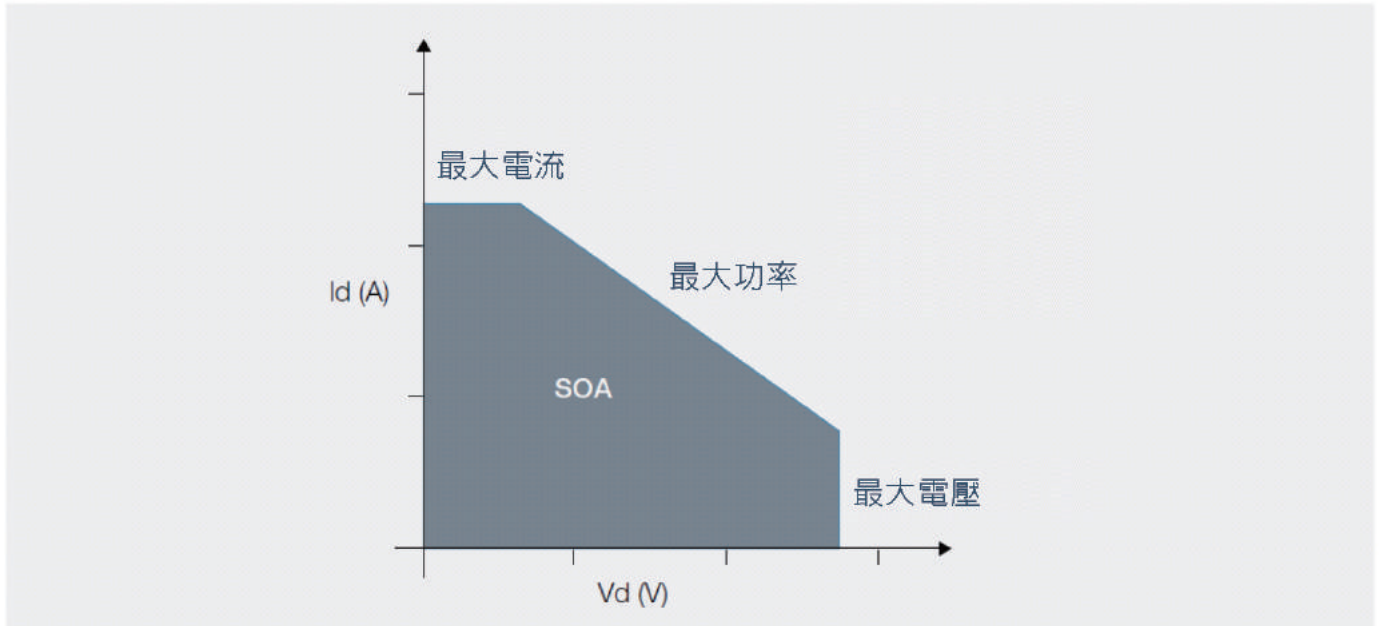


圖 6. 電晶體的安全工作區 (SOA) 圖。

### 安全工作區

交換式電晶體在切換式電源供應器中的安全工作區 (SOA) 定義了在指定的電壓下可安全地流過電晶體的電流。SOA 通常會在 BJT、MOSFET 或 IGBT 交換式電晶體的資料表中定義。這是以  $V_{CE}$  (或針對 FET 則為  $V_{DS}$ ) 對  $I_{CE}$  (或  $I_{DS}$ ) 的曲線表示，並描述了電晶體可在沒有退化或損壞的情況下運作的範圍。

電源分析軟體可讓您將 SOA 從裝置資料表傳輸至 5 系列 MSO。然後，在改變電源供應器設計的運作條件時，您可以量測實際電路中裝置的電壓和電流。示波器會記錄 V-I 圖，並可指示是否有任何參數超出 SOA。

### 進行量測

在電源供應器中運作時確定電晶體的 SOA 的主要挑戰之一是在各種負載情況、溫度變化和線路輸入電壓的變化下準確地擷取電壓和電流資料。5-PWR 透過自動化資料擷取和分析簡化了此任務。量測設定需要探測交換式電晶體兩端的電壓和電流。

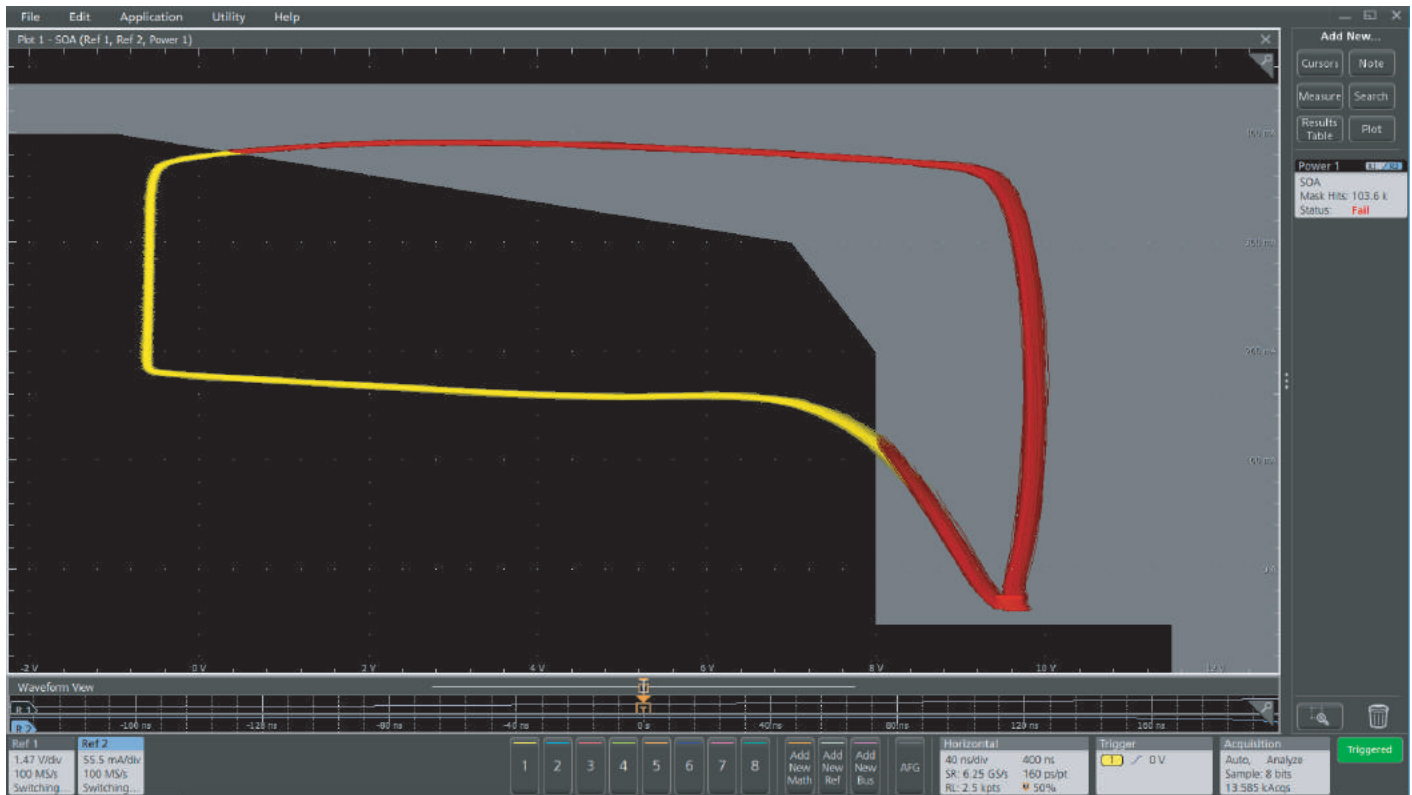


圖 8. 使用 5-PWR 的 SOA。如果資料點落在遮罩區域內，則會以黃色指示「通過」，如果落在遮罩區域之外，則會紅色的以指示「失敗」。在本例中，V-I 曲線已超出了 SOA 的範圍，使切換裝置受到過度的壓力。



圖 7. SOA 遮罩編輯器視窗。遮罩可由取自切換裝置資料表的一組 (電壓、電流) 座標定義，或可由使用者自行定義。

下一步是設定 SOA 遮罩。如圖 7 所示，SOA 遮罩編輯器可讓您輸入電晶體的 SOA 限制，如其資料表或您自己的標準所定義。

### 量測結果

完成設定後，SOA 測試結果如圖 8 所示。在 XY 模式下，電壓和電流波形會繪製在單一記錄中。該圖顯示了單一擷取週期的所有資料。

結果標記會顯示裝置超出 SOA 遮罩的次數，並給予通過/失敗判定。

## 輸入分析

線路量測可分析設計對輸入變化的反應、設計的電流和功率消耗，以及設計的線路電流失真。某些量測 (如功耗) 是關鍵的規格。其他如功率因數和諧波的量測可能會受到法規的限制。

## 電源品質量測

在 5-PWR 中，電源品質量測是一組標準的功率量測。這些量測通常會在交流線路輸入上執行，但也可以應用於裝置的交流輸出，例如功率逆變器。這些量測包括：

- 頻率
- RMS 電壓和電流
- 波峰因數 (電壓和電流)
- 實功率、無功功率和虛功率
- 功率因數和相位

## 進行量測

您可使用差動式探棒來量測系統的線路電壓和電流探棒來量測系統的線路電流，輕鬆地進行電源品質量測。同樣的設定也可以用來量測電流諧波。



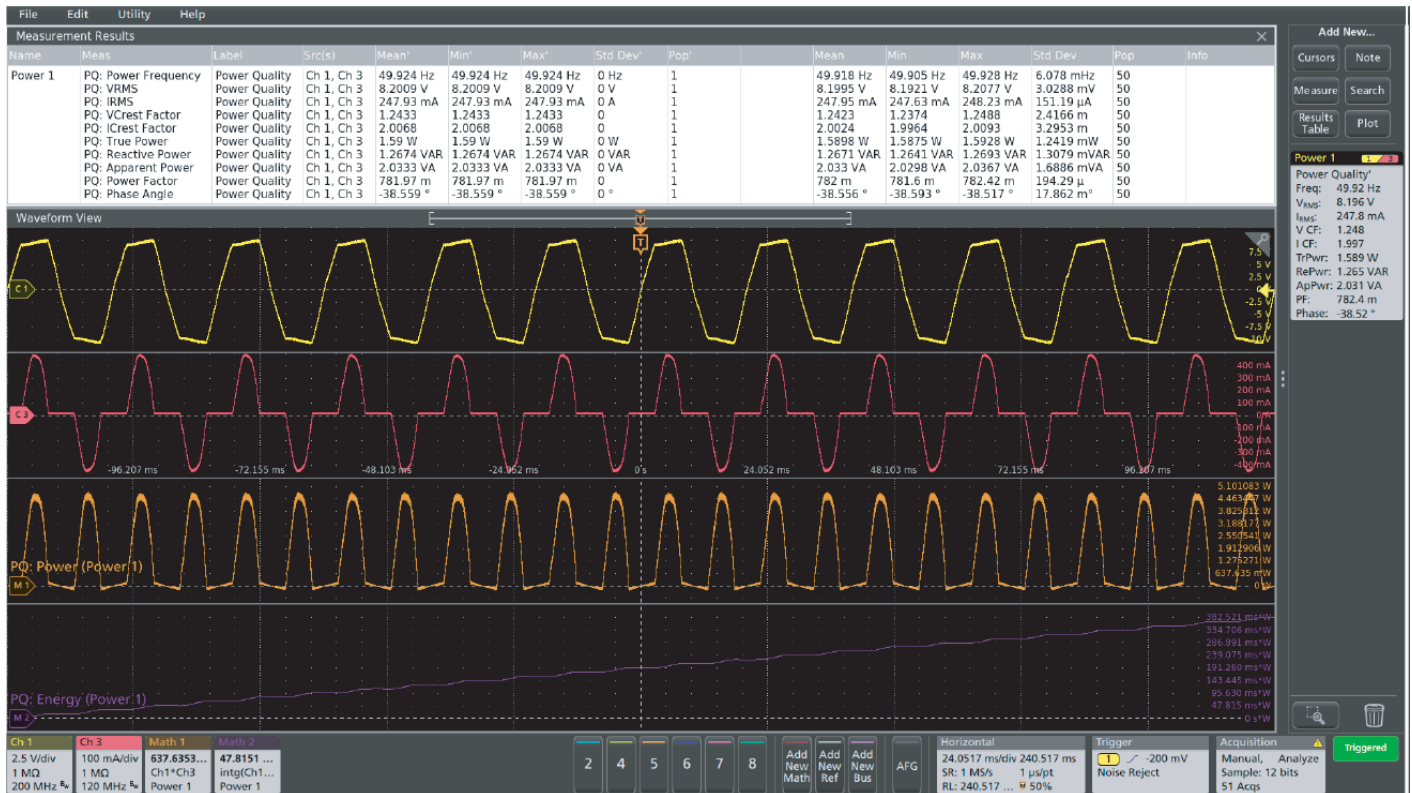


圖 9. 電源品質量測可為交流線路提供詳細的資料。線路電壓是上面的波形。電流是紅色的波形。瞬時功率是橘色的波形。結果標記 (右上) 顯示了線路特性的摘要，您可以啟動上部的結果表以取得更詳細的資料和統計資訊。

量測結果

- Frequency：電壓波形的頻率，以赫茲 (Hz) 為單位
- $V_{RMS}$ ：顯示的電壓波形的均方根值
- $I_{RMS}$ ：顯示的電流波形的均方根值
- V Crest Factor：電壓的峰值振幅除以電壓的 RMS 值
- I Crest Factor：電流的峰值振幅除以電流的 RMS 值
- True Power：系統的實際功率，以瓦 (W) 為單位
- Reactive Power：暫時儲存在電感或電容元件中的虛功率，以無功伏安 (VAR) 為單位
- Apparent Power：測量的複功率的絕對值，以伏安 (VA) 為單位
- Power Factor：實功率與虛功率之比例
- Phase：實功率和虛功率向量之間的角度，以度為單位

## 諧波

當非線性裝置扭曲流入電路的電流時，即會出現電流諧波。線性電路僅以基本線路頻率吸收電流，但非線性電路則會以基頻的倍數吸收電流，每個諧波均具有不同的振幅和相位。

當具有諧波的電流流過配電系統的阻抗時，將會導致電壓失真。熱量會積聚在佈線和變壓器中。隨著連接到電網的切換電源供應器數量增加，電網上的諧波失真狀況也會增加。因此控制電力系統的諧波就變得極為重要。

因此，設計標準是為了限制非線性負載對電力品質的影響。目前已開發如 IEC61000-3-2 和 MIL-STD-1399 等標準來限制諧波。

IEC61000-3-2 標準限制了注入公共電源供應器系統的電流諧波。適用於所有將連接至公共低壓配電系統 (230V AC 或 415V AC 3 相)，且輸入電流高達每相位 16A 的電氣和電子設備。標準又分為 A 類 (平衡式三相設備)、B 類 (可攜式工具)、C 類 (照明設備和調光裝置) 和 D 類 (具有獨特的電流波形要求的設備)。

MIL-STD-1399 規定了設備 (負載) 的規格和測試要求，以維持與隨附交流電源系統的相容性，不論是電腦、通訊設備或空調。

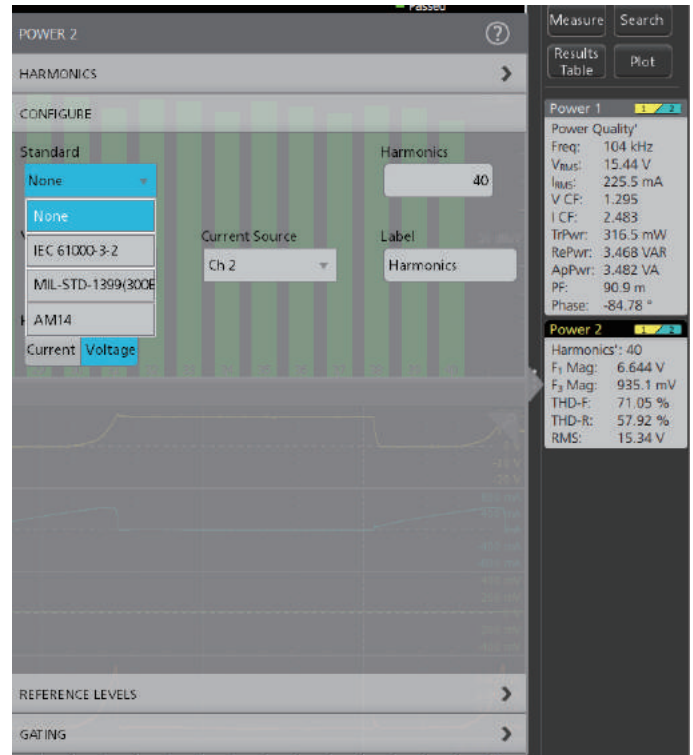


圖 10. 設定基本的電流諧波分析僅需要幾個設定。此範例顯示了針對業界標準的預相容性檢查設定。

5-PWR 分析應用程式可輕鬆提供電流諧波的量測。不僅可使用表格和圖形格式顯示量測結果，同時也使設計師在通過認證之前將其裝置的效能與相容性標準進行快速比較，這通常是極為耗時且昂貴的過程。示波器具有這些量測功能，不僅可加快除錯速度，還可有助於避免在最後一刻變更設計以符合法規要求。

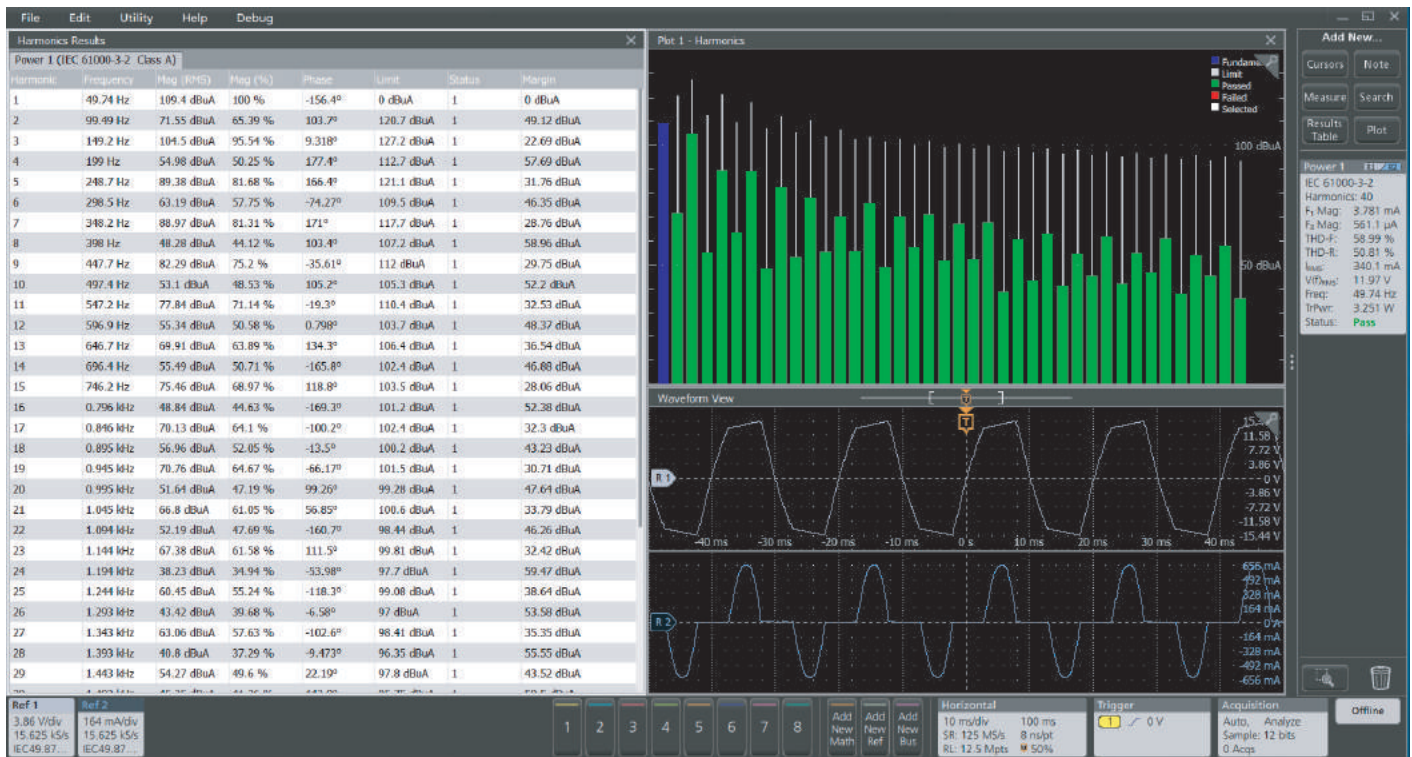


圖 11. 使用 5-PWR 的諧波結果。可以在右下方看到非正弦電流波形。諧波長條圖會顯示分貝級諧波含量。奇數諧波最為重要，但符合 IEC 61000-3-2 的限制。

### 進行量測

使用差動式電壓探棒來量測線路電壓。使用電流探棒來量測線路電流。

如果要將設計中的諧波與 IEC 61000-3-2 標準中的限制進行比較，則必須定義線路頻率，且需選擇類別類型。在 C 類或 D 類標準的情況下，亦需輸入輸入功率、功率因數和基波電流。分析軟體套件將會載入預定義的限制表，並在量測的諧波和限制值之間進行比較。預相容性結果將如圖 12 所示。

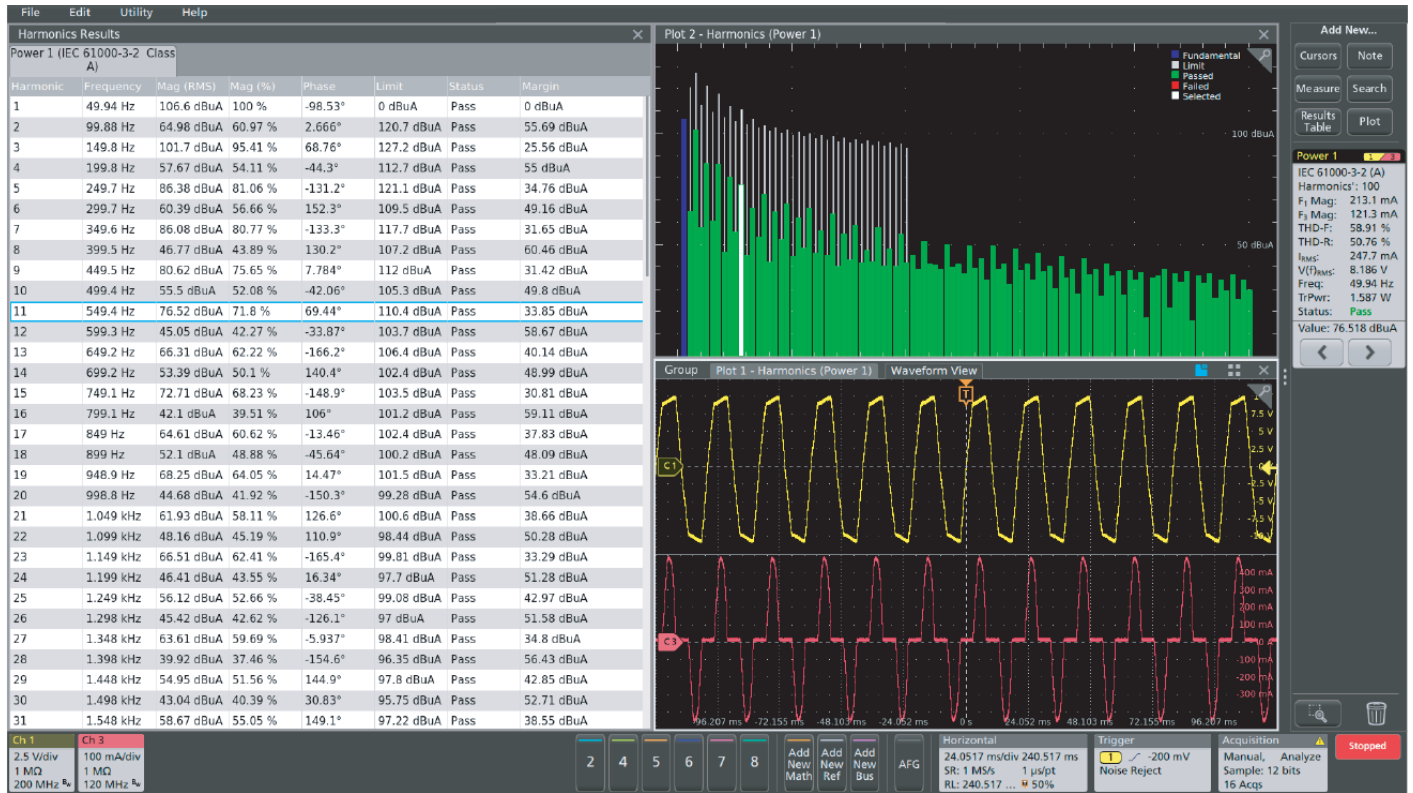


圖 12. 可使用圖形形式顯示最多 100 個諧波。該表顯示了 IEC 61000-3-2 預相容性測試結果。根據您的設定，分析軟體套件將會載入預定義的限制表，並在量測的諧波和限制值之間進行比較。

量測結果

- 結果標記顯示所選擇的諧波標準、基波諧波和三次諧波振幅、THD-F、THD-R、RMS 值和通過/失敗狀態。
- 您可選擇個別諧波，並將結果標記、長條圖和結果表之間的量測值連結起來。
- 諧波結果表包括：
  - o 選定的諧波標準
  - o 諧波數量和頻率
  - o Mag (RMS)：諧波測量的 RMS 振幅值，以 dB $\mu$ A 或 A 為單位
  - o Mag (%)：相對於基波的諧波測量振幅
  - o Phase：相對於參考頻率的諧波相位，以度為單位
  - o Limit：每個指定標準的諧波限制
  - o Status：預相容性測試的通過/失敗狀態
  - o Margin：數值和限制之間的差異
- 電流諧波可能會以使用分貝微安 (dB $\mu$ A) 或安培 (A) 為單位顯示

## 輸出分析

必須針對法規和雜訊進行任何直流電源供應器輸出的評估。5-PWR 先進電源量測和分析軟體包含量化和分類漣波的工具。

### 線路和切換漣波

簡單地說，漣波是疊加在電源供應器的直流輸出上的交流電壓。漣波會以正常輸出電壓的百分比或峰對峰電壓的方式表示。

電源供應器輸出上會有兩種漣波。線路漣波會量測與線路頻率相關的漣波量。另一方面，切換漣波則根據您確定的切換頻率來量測從切換電源供應器輸出所偵測到的漣波量。

輸出線路漣波通常是線路頻率的兩倍；而切換漣波通常會與雜訊耦合，並在 kHz 頻率範圍內。將線路漣波和切換漣波分離是電源供應器特性分析過程中最大的挑戰之一。電源分析軟體有效第簡化了這項任務。

### 進行量測

若要量測系統的漣波，您只需要一個電壓探棒。差動式探棒必須連接至系統的輸出端，以量測輸出線路和切換漣波電壓。

線路和切換漣波的組態索引標籤 (請參閱圖 13) 非常相似。兩種漣波量測均需選擇輸入耦合 (交流或直流) 模式、所需的頻寬限制 (20MHz、150 / 250MHz 或完整)，以及示波器的擷取模式：取樣、峰值偵測或高解析度 (High Res)。在線路漣波量測的情況下，您需要定義系統的線路頻率 (50 Hz 或 60 Hz 或 400 Hz)。切換漣波量測需要切換頻率的規格。

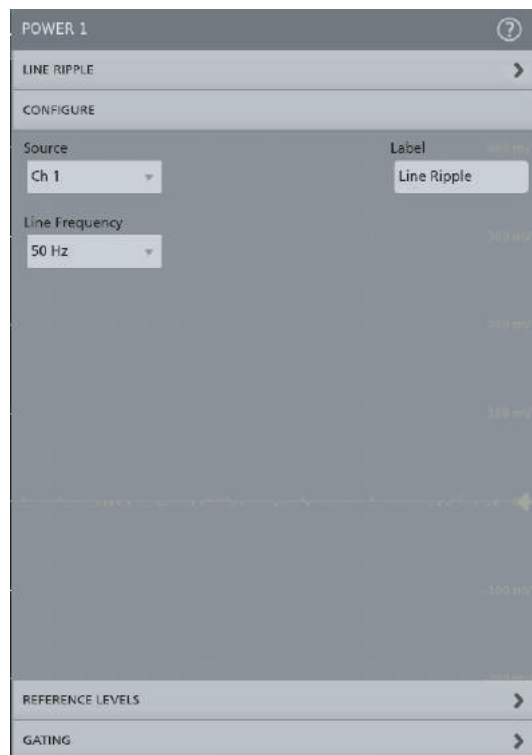


圖 13. 5-PWR 的線路漣波組態索引標籤。



圖 14. 使用 5-PWR 的切換漣波結果。

量測完成後，結果如圖 14 所示。

### 量測結果

峰對峰值和 RMS 漣波值：這些是系統的線路或切換漣波的峰對峰值和 RMS 電壓值。

### 報告產生

在設計和開發過程中，資料收集、歸檔和文件記錄通常是乏味但必要的任務。5-PWR 配備了報告產生工具，可讓您毫不費力地完成量測結果的記錄工作。

按下「產生報告」按鈕，系統將會產生具有指定版面配置的完成報告，並顯示在示波器螢幕上。

### 摘要

透過在 5 系列 MSO 示波器上使用 5-PWR 應用程式，工程師可以快速進行準確且可重複的量測，並且有效縮短設定時間。

最重要的是，他們不需要手動計算！示波器應用程式可完成這項工作，且工程師還可利用螢幕擷取畫面和報告功能，輕鬆地提供有關儀器設定、波形和量測結果的完整文件記錄。

Thursday October 26 2017 14:03:53

### Power Measurements Report

Setup Configuration

Scope Details			
Scope Model Number	Scope Serial Number	TekScope Version	Scope Calibration Status
MC056	PQ300915	1.4.6	Pass
Probe Details - CH1			
Probe Type	Probe Serial Number	Probe Cal Status	
THCP0109	C1009079	Default	
Probe Details - CH2			
Probe Type	Probe Serial Number	Probe Cal Status	
TCP0025A	C1007426	Default	

Power Measurement Summary Results

Measurement	Source	Power Frequency	V <sub>RMS</sub>	I <sub>RMS</sub>	V <sub>crest</sub> Factor	I <sub>crest</sub> Factor	True Power	Reactive Power	Apparent Power	Power Factor	Phase Angle
Power Quality	CH1 CH2	103.9Hz	15.54V	224.9mA	1.288	2.454	293.2mW	3.436VAR	3.449VA	85.03m	85.12Degrees
Power2 - Harmonic											
Measurement	Source	Standard	Harmonics	F1 mag	F2 mag	THD-F	THD-R	IRMS			
Harmonics	CH1 CH2	NONE	40	6.617A	393.4mA	76.7%	97.72%	15.25A			
Power2 - Cycle Amp											
Measurement	Source	Amplitude									
Cycle Amplitude	CH1	18.56V									
Power2 - Cycle PkPk											
Measurement	Source	Cycle Peak-to-Peak									
Cycle Peak-to-Peak	CH1	20.03V									
Power2 - Cycle Top											
Measurement	Source	Top									
Cycle Top	CH1	18.47V									
Power2 - Cycle Max											
Measurement	Source	Cycle Maximum									
Cycle Maximum	CH1	18.56V									
Power2 - Cycle Base											
Measurement	Source	Base									
Cycle Base	CH1	-52.16mV									
Power2 - Cycle Min											
Measurement	Source	Cycle Minimum									
Cycle Minimum	CH1	-47.11mV									
Power2 - Period											
Measurement	Source	Period									
Period	CH1	9.526µs									
Power2 - Frequency											

圖 15. 報告以 .MHT 或 .PDF 檔案格式提供。

### 哪種探棒適合您的應用？

5 系列 MSO 示波器結合合適的電源探棒可達到最佳的電源量測效能。5 系列 MSO 配有 TekVPI 探棒介面，可在示波器和探棒之間進行通訊。請參閱 [www.tek.com/accessories](http://www.tek.com/accessories)，以瞭解有關差動式和電源探棒的建議型號的特定資訊，包括 IsoVu 隔離探棒和 Rogowski 探棒，以及任何必要的探棒轉接器。

探棒類型	說明	
高壓差動式探棒	<p>THDP0100/THDP0200/TMDP0200 高壓差動式探棒是進行非接地參考、浮動量測的最佳選擇。</p> <p>這些探棒提供 200 MHz 的頻寬和高達 6000 V 的電壓範圍。</p>	
	<p>P5200A/P5202A/P5205A/P5210A 高壓差動式探棒是進行非接地參考、浮動或隔離量測的理想選擇。這些探棒提供了 100 MHz 的頻寬和 高達 5600 V 的電壓範圍。</p>	
光學隔離差動式探棒	<p>TIVM1、TIVH08、TIVH05 和 TIVH02 光學隔離差動式探棒是精確解析高頻寬、差動式訊號的最佳選擇，非常適合測試寬頻帶間隙設計。探棒提供 3 公尺和 10 公尺的長度。</p> <p>TIVM1提供 1 GHz 的頻寬，可在高達 60 kV 的共模電壓下量測高達±50 Vpk的差動式訊號。TIVH08、TIVH05和TIVH02 分別提供800 MHz、500 MHz和200 MHz的頻率，且可在高達60 kV的共模電壓下量測差動式訊號，最高可達±2500 Vpk。</p>	
電流探棒	<p>Tektronix 提供了廣泛的電流探棒組合，包括交流/直流電流探棒，可提供高達 120 MHz 的頻率，以及同級產品中最佳的電流鉗敏感度，最低可達 1 mA。</p>	
	<p>僅適用交流電的 Rogowski 探棒包括 TRCP300 (9 Hz 至 30 MHz，250 mA至300 A峰值)、TRCP600 (12 Hz至30 MHz，500 mA至600 A峰值) 和TRCP3000 (1 Hz至16 MHz，500 mA 至 3000 A 峰值)。</p>	
中壓差動式探棒	<p>TDP0500 / TDP1000 中壓差動式探棒是進行非接地參考、浮動或隔離量測的最佳選擇。這些探棒提供 1 GHz 的頻寬和高達 ±42 V 的電壓範圍 (DC + pk AC)。</p>	

## Tektronix 聯絡方式：

東南亞國協/大洋洲 (65) 6356 3900  
奧地利\* 00800 2255 4835  
巴爾幹半島、以色列、南非及其他 ISE 國家 +41 52 675 3777  
比利時\* 00800 2255 4835  
巴西 +55 (11) 3759 7627  
加拿大 1 (800) 833 9200  
中東歐、烏克蘭及波羅的海諸國 +41 52 675 3777  
中歐與希臘 +41 52 675 3777  
丹麥 +45 80 88 1401  
芬蘭 +41 52 675 3777  
法國\* 00800 2255 4835  
德國\* 00800 2255 4835  
香港 400 820 5835  
印度 000 800 650 1835  
義大利\* 00800 2255 4835  
日本 81 (3) 67143010  
盧森堡 +41 52 675 3777  
墨西哥、中/南美洲與加樂比海諸國 52 (55) 56 04 50 90  
中東、亞洲及北非 + 41 52 675 3777  
荷蘭\* 00800 2255 4835  
挪威 800 16098  
中國 400 820 5835  
波蘭 +41 52 675 3777  
葡萄牙 80 08 12370  
南韓 001 800 8255 2835  
俄羅斯及獨立國協 +7 (495) 7484900  
南非 +27 11 206 8360  
西班牙\* 00800 2255 4835  
瑞典\* 00800 2255 4835  
瑞士\* 00800 2255 4835  
台灣 886 (2) 2656-6688  
英國與愛爾蘭\*00800 2255 4835  
美國 1 800 833 9200

\* 歐洲免付費電話，若沒接通，請撥：+41 52 675 3777

最後更新日 2013 年 6 月

若需進一步資訊，Tektronix 維護完善的一套應用指南、技術簡介和其他資源，並不斷擴大，幫助工程師處理尖端技術。請造訪 [www.tektronix.com.tw](http://www.tektronix.com.tw)



Copyright © Tektronix, Inc. 版權所有。Tektronix 產品受到已經簽發及正在申請的美國和國外專利的保護。本文中的資訊代替以前出版的所有資料。技術規格和價格如有變更，恕不另行通知。TEKTRONIX 和 TEK 是 Tektronix, Inc 的註冊商標。本文提到的所有其他商標均為各自公司的服務標誌、商標或註冊商標。

2017 年 11 月

55T-61294-0

Tektronix 台灣分公司

太克科技股份有限公司

114 台北市內湖堤頂大道二段 89 號 3 樓

電話：(02) 2656-6688 傳真：(02) 2799-8558

太克網站：[www.tektronix.com.tw](http://www.tektronix.com.tw)

Tektronix®



敏盛企業有限公司

<http://www.mavin.com.tw>

免責聲明

資料僅供參考，若有與原廠不合之處，請以原廠規格為準，且不供任何證明文件之用

TEL:03-5970828 FAX:03-5972622 新竹湖口工業區工業四路3號2F