

簡介

以下是與 [PI University](#) 視訊課程「測量效率的技術」相關的課程要點，請務必閱讀。本課程將展示兩種測量切換開關電源供應器轉換效率的技術。第一種技術採用電力計和兩個萬用表。第二種技術的準確度較低，展示如何在沒有電力計的情況下執行該測量。

請注意，所展示的技術僅用於進行快速內部評估，並未遵循符合能源標準規範所要求的所有指定步驟。

需要的設備

若要完成本課程，需要備妥以下設備：

1. 可設定交流電源或自耦變壓器
2. 電子負載
3. 電力計和兩個數位萬用表 (最好其中一個具有高解析度用以進行電流測量) 或者，四個數位萬用表 (其中一個具有真有效值和高電流解析度，用以測量輸入電流；還有一個具有高電流解析度，用以測量輸出電流)

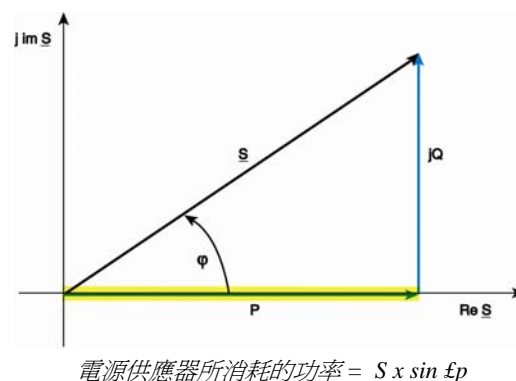
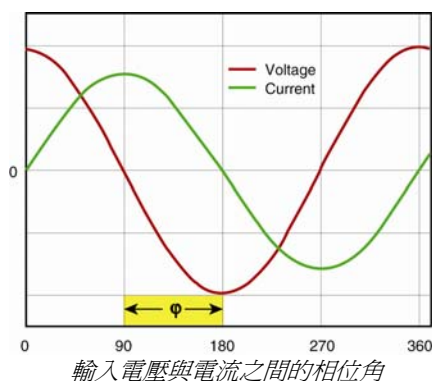
注意：使用萬用表時，請務必針對要測量的電壓和電流為測量表設定合適的量程。

效率及其對功率因數的影響

$$\text{電源供應器效率} = \frac{\text{輸出功率}}{\text{輸入功率}}$$

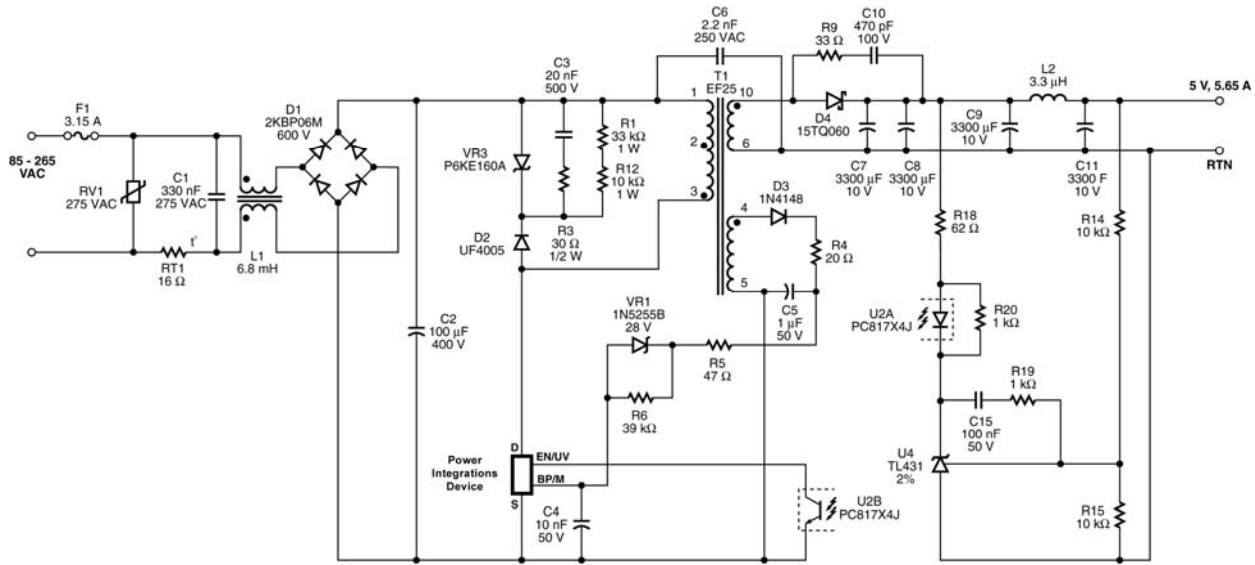
DC 輸出功率即等於「伏特數 安培數」，使用兩個萬用表就能測量出來。我們將使用高解析度萬用表來測量輸送給負載的電流，使用標準萬用表來測量電源供應器的輸出電壓。

AC 輸入功率無法僅以「RMS 輸入電壓 RMS 輸入電流」來計算，因為電壓與電流之間存有相位角。只有「電源供應器 (P) 所消耗的實功率」必須納入考量。不應包括返回電源的虛功率 Q。



電力計的優點是能夠準確測量輸入實功率，因為它會根據功率因數自動修正。如果沒有電力計，也可以使用兩個萬用表來測量輸入電壓和電流。比起使用電力計，這個替代方法較不精準，而且可能會損壞測試中之電源供應器的電路。

我們將使用以下面所示電路圖為基礎的電源供應器進行展示。



返馳式電源供應器

連接輸出萬用表

請將電壓表直接接在電路板輸出端之間，然後連接電子負載。若在輸出端測量電壓，會導致連接負載的纜線不產生任何壓降。對於某些應用，例如行動電話充電器或筆記型電腦電源轉換器，必須將纜線中的損耗計算在內，如此才能在負載測量輸出電壓。然後，將高解析度電流表以串聯方式銜接至負載，以測量輸出電流。

AC 開啓電源的注意事項

使用具有開/關控制設計的裝置時，如果在測試輸入電壓時開啓電源供應器，並且輸出電壓滿載時，可測得效率最差時的測量值。但是，開啓電源供應器會在大電容充電時產生非常大的浪湧電流，如果輸入電流表的量程設得很小，這可能會熔斷其保險絲。

控制設計	AC 開啓電源	萬用表電流範圍
開/關	開啓	高 (~ 10 A)
其他 (PWM)	上升	Pout < 300 W : 低 (~ 300 mA)
		Pout > 300 W : 高 (~ 10 A)

對於不同 SMPS 控制設計的建議 AC 開啓電源程序

若是使用四個萬用表的方法，請先測量在低線間電壓和最大負載的情況下，開啓電源供應器時的浪湧電流，然後查看萬用表的產品規格型錄，確認是否可以承載高線間電壓的該峰值電流量。

注意：使用電力計無需有此擔憂。

對於所有其他控制設計，開啓電源供應器不會影響效率測量，建議緩慢升高交流電壓，以限制浪湧電流。

電力計方法

將電力計連接到電源供應器的輸入，並將顯示設定為平均模式以取得更穩定的讀數。開啓交流輸入電壓，然後將其緩慢升高到所需的測試電壓。將電源供應器的負載增至滿載。關閉電源供應器，然後重新開啓以完成測量。

在此處的展示中，電源供應器輸出上的測量表顯示 4.97 V 和 4.005 A。電子負載上的電壓讀數顯示 4.48 V。這是因為輸出纜線和萬用表的電流感應元件上存在 490 mV 的壓降，這凸顯了在電源供應器終端上測量輸出電壓的重要性。

因此，輸出功率 = 4.97 V × 4.005 A = 19.90 W。從電力計的顯示幕上讀出輸入功率是 25.76 W。因此，電源供應器效率 = 19.90 W / 25.76 W = 77.3%。

萬用表方法

使用萬用表方法時，可在二極體整流器級將 AC 輸入轉換為 DC 後，再測量輸入功率，以避開功率因數的影響。爲了提高測量準確度，必須將 DC 匯流排級之前元件上的損耗計算在內。

橋式整流器二極體通常是輸入級中功率損耗最大的元件，最差情況下每個二極體上的壓降會高達 0.9 V。如果其他元件的電阻或壓降很大且可測量，也可以使用這種方法計算其損耗。

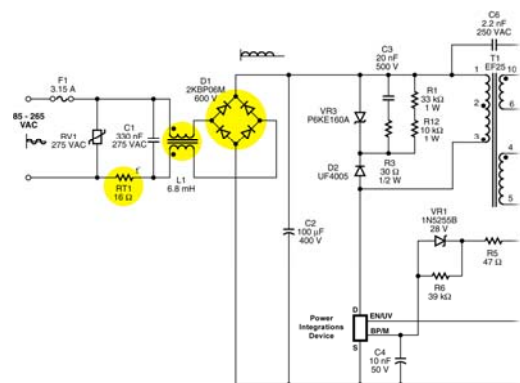
連接萬用表

斷開橋式整流器和大電容 C2 之間的 DC 匯流排。在大電容之後斷開 DC 匯流排，可能會需要用測量表來測量電源供應器的高頻切換電流，而測量表無法準確測量。

接下來，焊入兩根導線，用於將萬用表連接到電路中。連接高解析度真有效值萬用表，並將其設定為測量斷點處上的電流。將第二個萬用表設定為測量電壓，然後將其從 DC 的正極連接到大電容的負極。

測試程序

開啓 AC 電源，然後將電壓緩慢升高到所需的測試電壓。將電源供應器的負載增至滿載。將輸入電流表設



AC 輸入損耗

定為最大的電流量程。關閉 AC 輸入電壓，然後重新開啓。

在此處的展示中，電源供應器仍會提供 4.97 V 和 4.008 A，輸出功率為 19.92 W。在輸入端，DC 匯流排電壓是 151.6 V，輸入電流是 0.166 A。輸入功率的計算方式為：

$$V_{IN} I_{IN} = 151.6 \times 0.166 = 25.1656 \text{ W}$$

現在，必須將橋式整流器的功率損耗加進來：

$$\text{功率損耗估算} = \text{最差情況下二極體壓降之和} \times \text{輸入電流}$$

$$= 1.8 \text{ V} \times 0.166 \text{ A}$$

$$= 0.299 \text{ W}$$

$$\text{因此，總輸入功率} = 25.1656 \text{ W} + 0.299 \text{ W}$$

$$= 25.46 \text{ W}$$

使用這個方式，電源供應器的效率計算方式為：

$$\frac{19.92 \text{ W}}{25.46 \text{ W}}$$

$$= 78.2\%$$

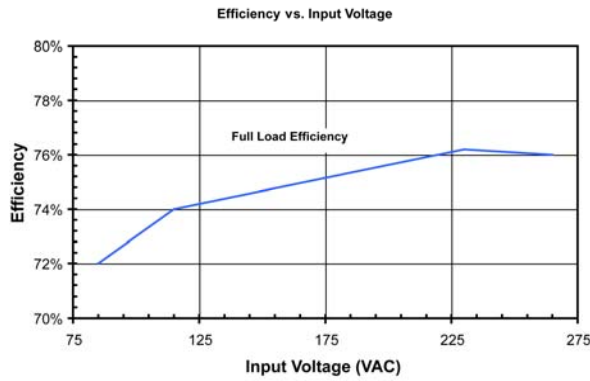
將此結果與使用電力計測量輸入功率時算出的 77.3% 相比，可以看到使用四個萬用表進行測量時，準確度偏差了 0.9%。

改善準確度

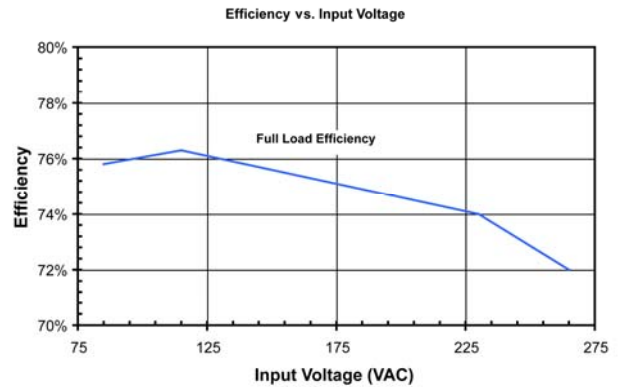
您可以改善此方法的準確度：調整輸入功率，使其加上橋式整流器之外的其他輸入級元件 (例如，浪湧電流限制器、共模電感器，以及數位萬用表的電流感應元件) 的功率損耗。為了將這些損耗計算在內，需要測量正常工作時每個元件的壓降，然後乘以測得的輸入電流。如果將這些損耗計算在內，總輸入功率將增大，從而減小算出的效率。但是，這種方法始終不如使用電力計測量輸入功率那樣準確。

對輸入和輸出值範圍測量，以找出損耗原因

電源供應器的效率會隨輸入電壓和輸出負載而變化。評估電源供應器時，通常要測量幾個不同輸入級的效率，以更適當地瞭解電路中功率損耗在什麼地方。將結果繪製成顯示效率隨滿載情況下功率電壓變化的曲線。

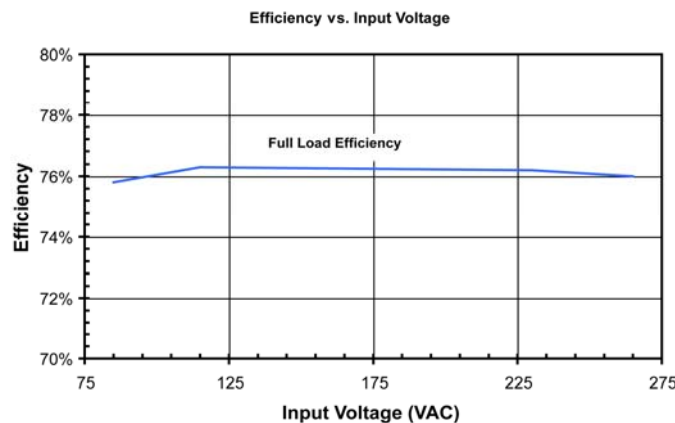


傳導損耗對效率的影響



切換損耗對效率的影響

在低線間輸入電壓的情況下，效率的降低通常是因為電路電阻元件所導致的傳導損耗。這些損耗在低線間輸入電壓的情況下會增大，因為需要更大的電流才能輸送相同的輸出功率。在高線間輸入電壓的情況下，效率的降低通常是因為切換損耗。這些損耗由寄生電容引起。高線間電壓情況下這些損耗會增大，因為寄生電容會充電到較高電壓，並從較高電壓放電。找出損耗原因加以修正後，應該會獲得以下所示的特性。



設計良好的電源供應器之效率與輸入電壓比較

其他資訊

對於本課程所提供的資訊，如有任何疑問或意見，請傳送電子郵件到

PIUniversity@powerint.com。