

簡介

以下您將閱讀的是與 [PI 學院](#) 視訊課程「修正無法傳輸全功率的返馳式電源供應器」相關的課程要點。本課程將協助您對無負載或輕載下可達到穩壓，在應用較大負載時卻會進入自動重新啓動模式的設計進行疑難排解和修正。自動重新啓動是 Power Integrations IC 的內建功能，可以在過載或出現故障時保護電路。

在開始本課程之前，您應該已經透過啓動程序，確定電源供應器輸出端無法在應用某個負載時傳輸全功率。無負載或應用極輕負載時，電源供應器應該可以啓動且不會進入自動重新啓動模式，輸出電壓應該可以穩定。

需要的設備

要完成本課程，需備妥下列設備：

1. 可設定交流電源或自耦變壓器
2. 幾個數位萬用表 (每一輸出要使用 2 個數位萬用表來測量輸出電壓和電流)
3. 電子負載
4. 附有一個高電壓探棒和電流探棒的示波器

Equipment Needed to Complete this Course:

- Programmable AC Source
- DMM
- Electronic Load
- Oscilloscope + High Voltage Probe
- Current Probe

需要的設備

常見問題

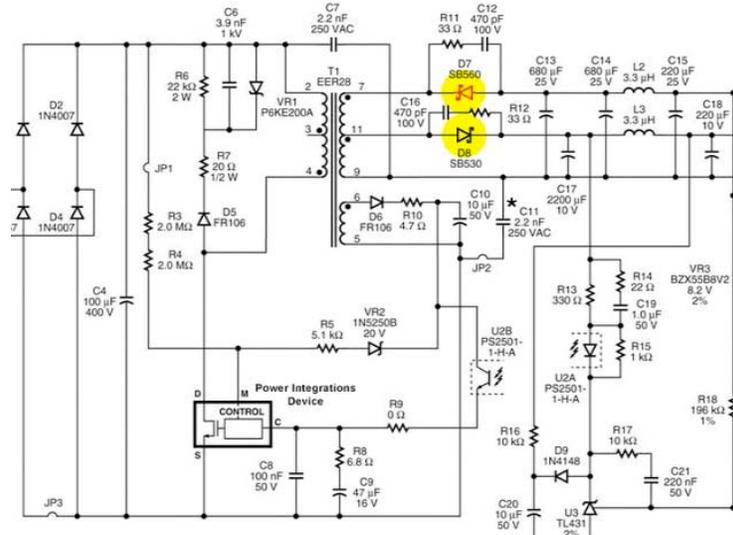
電源供應器無法傳輸全功率，因而進入自動重新啓動模式的常見原因有：

1. 多重輸出設計的一或多個輸出二極體接反了
2. 變壓器一次側電感與規格不符
3. 電路板上安裝的 Power Integrations 裝置較小
4. Power Integrations 裝置限電流的設定不正確
5. Power Integrations 裝置切換頻率的設定不正確
6. 輸入大電容的值過低
7. 箝位、偏壓或輸出二極體損壞
8. 輸出二極體或偏壓繞組二極體反向恢復時間過長
9. 汲極節點電容太高

以下將逐一檢查上述每個可能的原因。

1. 多重輸出設計的一或多個輸出二極體接反了

如果設計具有多重輸出，請先檢查所有輸出二極體的安裝方向是否正確。如果不正確，請從電路板卸除錯誤的二極體，將其更換為新元件，然後重新測試您的設計。



檢查輸出二極體的方向是否正確。

2. 變壓器一次側電感與規格不符

確認變壓器一次側電感值與 *PI Expert* 設計結果中指定的值是否相符。返馳式變壓器傳輸的功率與電感、峰值電流的平方值及頻率成比例。

$$\text{傳輸的功率} = \frac{1}{2} \times L \times I^2 \times f$$

L = 一次側電感

I = 有效一次側峰值電流

f = 切換頻率

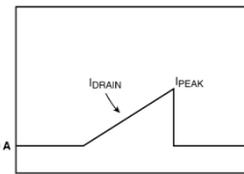
若為不連續導通模式的設計，I 等於一次側峰值電流。若為連續導通模式的設計，有效一次側峰值電流等於 MOSFET 開啓時間初始電流平方值與峰值電流平方值的差異。

這兩種情況下，如果一次側電感顯著低於指定的最小值，就會限制傳輸至輸出端的功率。

如果一次側電感過高，變壓器可能飽和，或開啓電流可能在上升邊緣遮蔽 (leading-edge blanking) 時間結束後超出初始限電流。

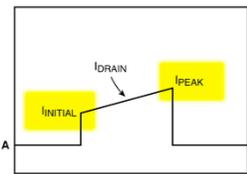
$$\text{Power} = \frac{1}{2} \times L \times I^2 \times f$$

Discontinuous Conduction Mode



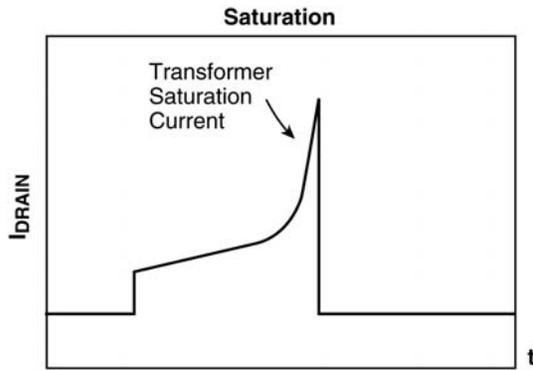
$$P = \frac{1}{2} \times L \times I_{PEAK}^2 \times f$$

Continuous Conduction Mode

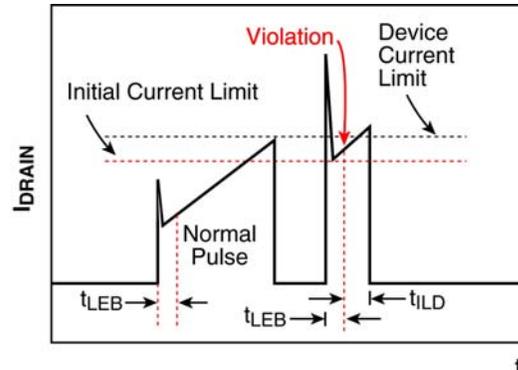


$$P = \frac{1}{2} \times L \times [I_{PEAK}^2 - I_{INITIAL}^2] \times f$$

不連續和連續導通模式中峰值電流的定義



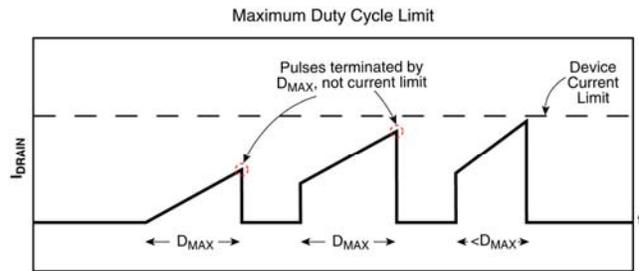
變壓器飽和導致的電流突波



超出初始限電流

最後，一次側電流達到所需大小之前，最大工作週期限制可能會終止週期，這種情況是否出現取決於您使用的裝置系列。

不論上述哪種情況，如果變壓器一次側電感不正確，都會阻礙全功率傳輸至輸出端，導致無法穩壓，從而使 PI 裝置進入自動重新啟動模式。



Peak drain current fails to reach current limit every cycle
在電流達到所需大小之前週期過早終止

另請檢查變壓器繞組的極性。如果一個繞組接反了，就會成為順向繞組。繞組接反會使電源供應器無法作為返馳式轉換器，從而限制將功率傳輸至輸出端。

3. 電路板上安裝的 Power Integrations 裝置較小

請確保電路板上植入的 Power Integrations 裝置正確無誤。

Power Integrations 系列中相同封裝的所有裝置，其接腳引出和功能運作均完全相同，只是所用 MOSFET 的尺寸、各自的限電流以及功率傳輸能力不同。因此，如果誤用了同系列的較小裝置，則電源供應器仍可運作，但是無法傳輸全輸出功率。如果發現電路板上植入的裝置錯誤，請更換為正確的裝置，然後重新測試您的設計。

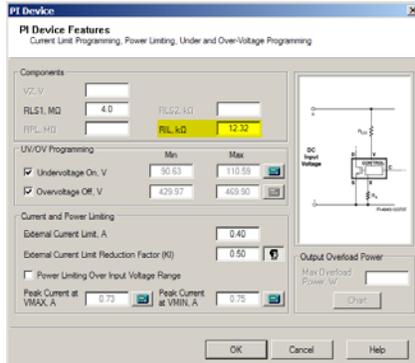
PRODUCT ⁵	230 VAC ±15%			85-265 VAC		
	Adpt. ¹	OF ²	Peak ³	Adpt.	OF	Peak
TOP252PN	9	15	21	6	10	13
TOP252GN						
TOP252MN						
TOP253PN	15	25	38	9	15	25
TOP253GN						
TOP253MN						
TOP254PN	16	28	47	11	20	30
TOP254GN						
TOP254MN						
TOP255PN	19	30	54	13	22	35
TOP255GN						
TOP255MN						

[TOPSwitch](#) 產品系列的版本

4. Power Integrations 裝置限電流的設定不正確

許多 Power Integrations 裝置系列允許使用者設定限電流。例如，只要變更 [TOPSwitch-HX](#) 設計所使用的 x 接腳電阻值，使用者就可以為該裝置設定較低的限電流。

其他 PI 裝置系列可能使用電容來設定限電流。請透過確認起設定作用的電容或電阻值是否符合 [PI Expert](#) 指定的值，來確認設計中的限電流設定是否正確。



[PI Expert](#) 定義的電阻值

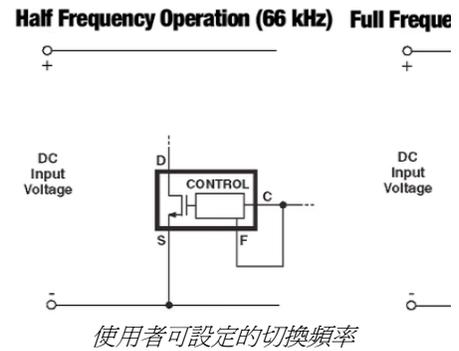
Var	Value	Units	Description
Device	TNY277PN + 1		PI Device Name
PO	12.00	W	Total Output Power
VDRAIN Estimated	612.24	V	Actual Estimated Drain Voltage
VDS	9.28	V	On state Drain to Source Voltage
I _{ZF_MIN}	35.94	A/Hz	Minimum I _{ZF}
I _{ZF_MAX}	46.32	A/Hz	Maximum I _{ZF}
FS_AT_ILIMMIN	137088	Hz	Switching Frequency at Current Limit Minimum
KP	0.72		Continuous/Discontinuous Operating Ratio
KP_TRANSIENT	0.50		Transient Ripple to Peak Current Ratio
CBP	10.00	μF	BYPASS pin capacitor
ILIMITMIN	0.51	A	Current Limit Minimum
ILIMITMAX	0.61	A	Current Limit Maximum
IRMS	0.27	A	Primary RMS Current (at VMIN)
P_NO_LOAD	150	mW	Estimated No Load Input Power
DMAX	0.59		Maximum Duty Cycle
RLS	3.9	mΩ	Line sense resistor

[PI Expert](#) 指定的電容值

5. Power Integrations 裝置切換頻率的設定不正確

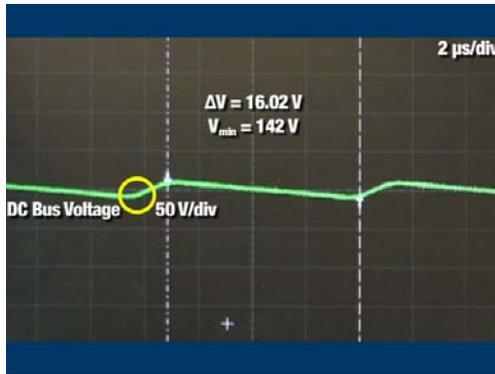
對於允許對切換頻率進行外部設定的 Power Integrations 裝置，請確保設計中設定的頻率正確無誤。設定的頻率應符合 [PI Expert](#) 變壓器設計結果中所用的頻率。

如果切換頻率低於 [PI Expert](#) 的指定值，會限制功率傳輸至輸出端。如果高於指定值，則一次側電流波形的變更可能會觸發初始限電流。

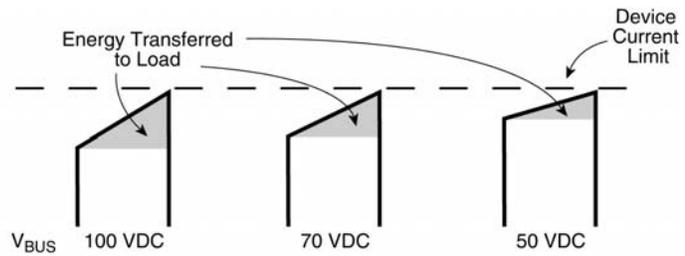


6. 輸入大電容的值過低

將高電壓探棒接在 DC 匯流排和大電容負端之間，來測量大電容上的電壓漣波。確認漣波波谷中所測得的最低電壓是否等於或大於 [PI Expert](#) 中指定的最小直流電壓。如果此電壓過低，就會限制供應器的功率傳輸功能，因為 DC 匯流排電壓降低會增大所需的一次側峰值電流。如果所需電流超過裝置的限電流，供應器就無法穩壓，並進入自動重新啟動模式。



低值大電容會降低最小直流電壓，進而限制傳輸至負載的能量



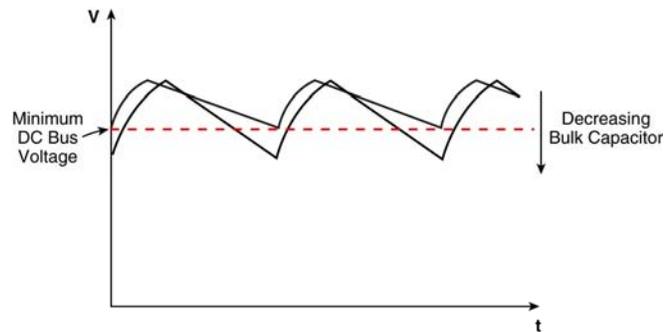
如果您發現，DC 匯流排上的最低電壓太低，請先檢查交流橋式整流器的所有二極體是否正確焊接於電路板上。如有二極體沒有焊接進去，或造成開路，則會使橋式整流器轉換成半波整流器。請更換所有已損壞或安裝錯誤的二極體，然後重新測試您的設計。

接下來，檢查電路板上所使用的輸入電容值是否符合 [PI Expert](#) 設計所指定的設定值。如果該值太小，電容便無法儲存足夠的能量，DC 匯流排上的漣波會隨之增加。

7. 箝位、偏壓或輸出二極體損壞

如有任何一個輸出、偏壓或箝位二極體故障，則會導致電源供應器在施加負載時，

間歇進入自動重新啟動模式。更換所有這些元件（一次換一個），然後重新測試您的設計。如果更換其中一個二極體後，問題獲得修正，請接著在供應器滿載時，於最低交流輸入電壓下測量該二極體溫度。如果二極體溫度過高，請先解決此問題，然後再繼續。



大電容過小導致 DC 匯流排上的漣波增加且最小電壓降低

8. 輸出二極體或偏壓繞組二極體反向恢復時間過長

接下來的測試中，您需要偵測汲極切換電壓和電流。切斷電路板上的 MOSFET 汲極 trace，插入線電流迴路，以偵測汲極電流。如需此程序的更多資訊，請參閱 PI 學院的「[汲極電壓和電流的測量技術](#)」課程。

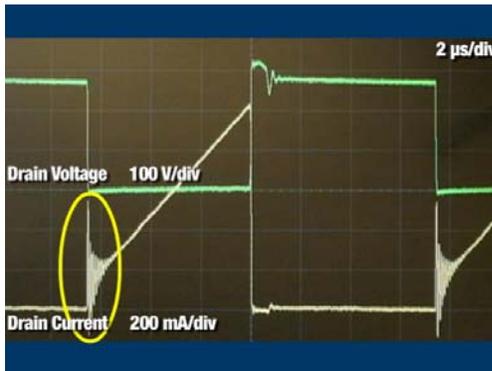
若要測量 MOSFET 上的切換電壓，請將高電壓示波器探棒接在汲極節點和源極接腳之間。若要測量汲極電流，請將電流探棒接到剛剛做好的電流迴路上。

將交流電壓設定為電源供應器出現傳輸問題時的輸入電壓，如果不清楚該電壓，請設為設計所指定的最低交流輸入電壓。將輸出負載設為零，然後開啓電源供應器。

配置示波器，檢視 MOSFET 電壓和電流，並將它設為上升訊號緣觸發以截取 MOSFET 電壓，以確保讀值穩定。現在，緩慢增加輸出負載，直到達到供應器可以傳輸功率而不會進入自動重新啓動模式的最高負載。



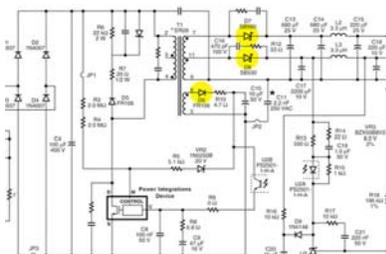
電流和電壓探棒的位置



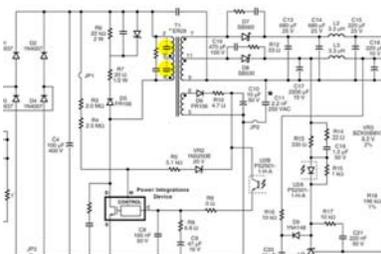
初始電流開啓突波

如果通過這點，電源供應器進入自動重新啓動模式，請降低負載，直到可正常工作，然後再試一次。在這些情況下，測量 MOSFET 導通時所發生的初始電流開啓突波。

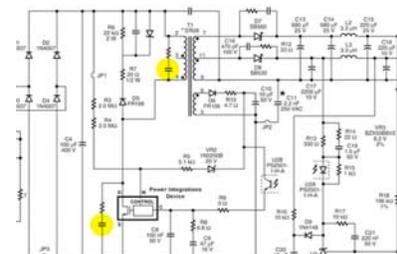
此突波在切換電源供應器中是正常現象，它可能是由輸出二極體或偏壓繞組二極體反向恢復時間、汲極節點電容及 MOSFET 或變壓器繞組上的突波吸收器引起的。



輸出和偏壓繞組二極體



汲極節點電容

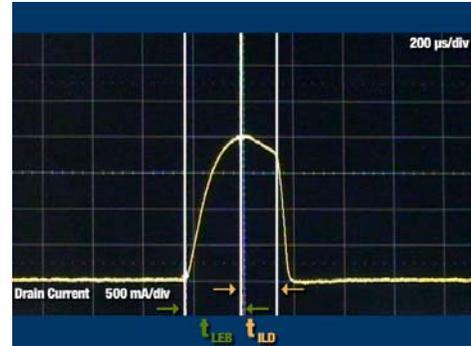


MOSFET 和變壓器繞組上的突波吸收器

Power Integrations 裝置具有上升邊緣遮蔽 (leading edge blanking) 功能，該功能可於 MOSFET 開啓後的一段固定時間內停用限電流。上升邊緣遮蔽 (leading edge blanking) 會防止初始電流突波觸發限電流，進而導致過早終止切換週期。但是，如果開啓突波大於正常值，就會觸發裝置的初始限電流，導致限制功率傳輸到輸出端。

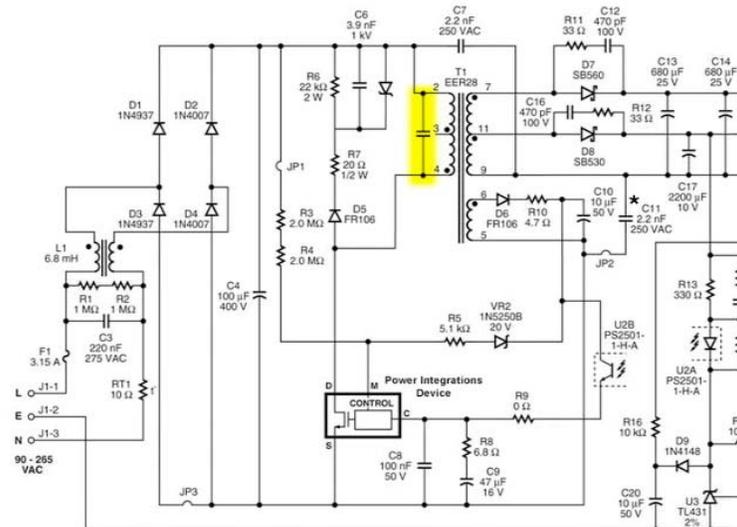
請參閱裝置的產品規格型錄，瞭解您設計的上升邊緣遮蔽 (leading-edge blanking) 時間，以及上升邊緣遮蔽 (leading-edge blanking) 結束時的初始限電流。

測量初始電流開啓突波後，請測量上升邊緣遮蔽 (leading edge blanking) 時間結束時所偵測到通過 MOSFET 的電流大小。比較測得的值與產品規格型錄中的初始限電流。如果您測得的值大於初始限電流，則這可能是造成您電源供應器傳輸問題的根源。如果在此線間電壓下沒有發現問題，請將輸入電壓增至設計的最大線間電壓，然後重新測試。開啓電流突波在高線間電壓時最大，因為寄生電容充放電電壓較高。



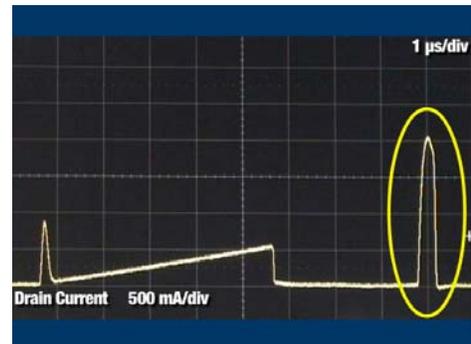
上升邊緣遮蔽 (leading edge blanking) 時間結束時的 MOSFET 電流違反初始限電流

例如，在 [RD-142](#) 參考設計的變壓器一次側繞組上會增加額外的電容。因為增大了此電容，因此在 265 VAC 和滿載的條件下測試時，電源供應器會進入自動重新啓動模式。



變壓器一次側繞組上的電容

如右側示波器圖形所示，開啓突波偶爾會觸發初始限電流，造成非常短暫的電流脈衝，因為切換週期已終止。如果在您的設計中出現此情況，請先確保輸出整流器僅使用超快速恢復型或蕭特基型二極體。使用慢速恢復二極體會增加反向恢復電流。此電流會回流至二次側繞組，透過圈數比變壓到一次側，並增加 MOSFET 所感測到的初始開啓突波。



開啓突波觸發限電流

如果您的偏壓繞組二極體反向恢復時間很長，請嘗試更換為 1N4937 整流器。如果問題獲得解決，請參閱 [PI Expert](#)，確認所用的偏壓繞組二極體是否符合提供的規格。如果不符合，請將偏壓繞組二極體更換為 [PI Expert](#) 建議的規格。

接下來，請卸除所有突波吸收器，然後重新測試。如果問題獲得解決，請降低突波吸收器所使用的電容值，或增加串聯電阻值，直到初始電流突波低於產品規格型錄的限制。

9. 汲極節點電容太高

如果突波吸收器對初始電流突波沒有影響，請測量變壓器一次側電容。如果變壓器電容過高，請確認變壓器是否已浸凡立水，且沒有抽真空。將變壓器抽真空後浸凡立水，可明顯增加一次側繞組電容。

如需更多資訊

對於本課程所提供的資訊，如有任何疑問或意見，請寄電子郵件到 PIUniversity@powerint.com。



將變壓器浸凡立水