

Technical Article

緩衝返馳式轉換器



Robert Kollman

在 10 月時，我們介紹了如何在順向式轉換器導通時，緩衝輸出整流器兩端的電壓。現在，我們來看一下如何緩衝返馳式轉換器中的 FET 關斷電壓。

圖 1 顯示返馳式轉換器功率級和一次側 MOSFET 電壓波形。此轉換器的工作原理是將能量儲存在變壓器的一次電感中，並在 MOSFET 關斷時將能量釋放到二次電感中。

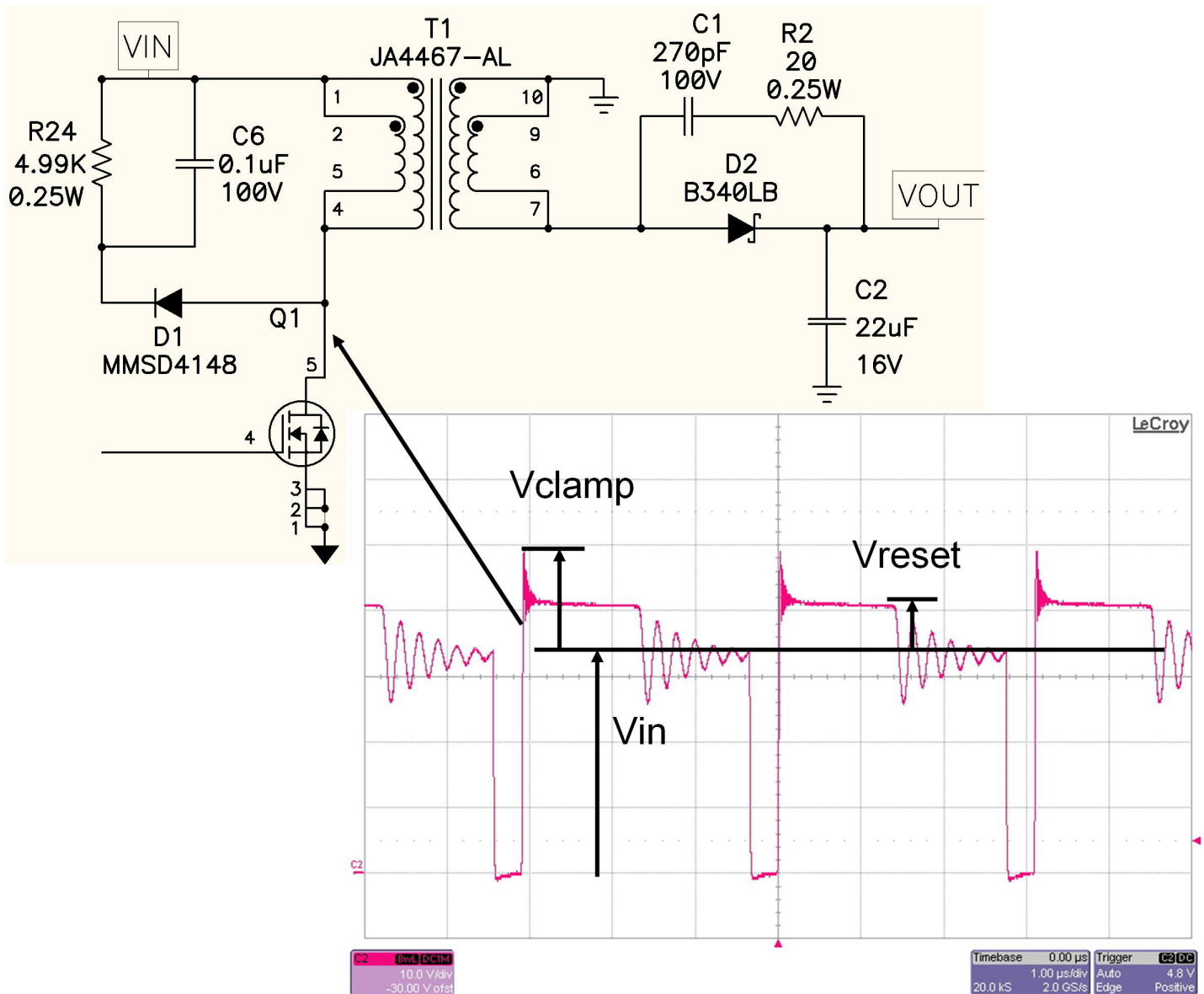


圖 1. 漏電感會在 FET 關斷時造成過高的電壓。

當 MOSFET 關斷時，通常需要緩衝器，因為變壓器的漏電感將導致汲極電壓升至反射輸出電壓 (V_{reset}) 以上。漏電感中儲存的能量會使 MOSFET 雪崩，因此增加了由 D1、R24 和 C6 組成的電壓箝位電路。此電路的箝位電壓由洩漏的能量和電阻器的功耗決定。較低值的電阻器會降低箝位電壓，但會增加功率損耗。

圖 2 顯示了變壓器一次和二次電流波形。

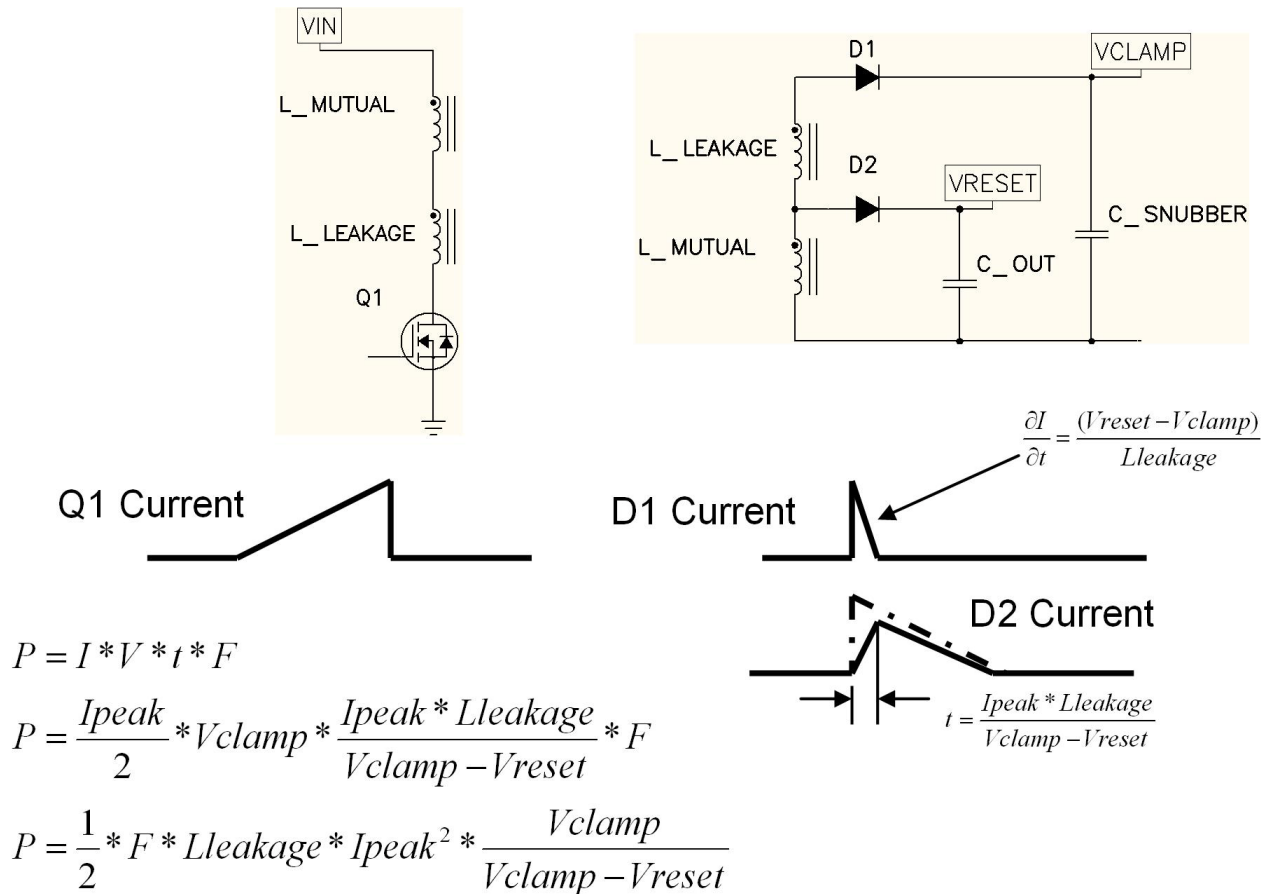


圖 2. 漏電感竊取了輸出能量。

左側是 MOSFET 導通時簡化的功率級。輸入電流透過漏電感和互感的串聯組合而上升。右側則顯示了關斷期間的簡化電路。此時電壓已反轉至輸出二極體和箝位二極體正向偏壓的程度。我們向各位展示反射至變壓器一次側的輸出電容器及二極體。

兩個電感器串聯在一起，在 Q1 關斷的最初承載相同的電流。這表示關斷後輸出二極體 D2 中沒有電流流動，變壓器總電流則流經 D1。漏電感兩端的電壓是箝位電壓和重設電壓之間的差值，並且往往會快速釋放漏電。

如圖所示，透過簡單的計算即可確定轉移至緩衝器的能量。事實證明，可以透過減少漏電感中能量釋放的時間來減少轉移的能量。這是透過允許箝位電壓增加而實現。

有趣的是，您可以計算箝位電壓與緩衝器功耗之間的取捨。如圖 2 所示，輸入箝位電路的功率等於平均箝位二極體電流乘以箝位電壓 (假設箝位電壓恆定)。重新排列一些項目，我們發現項目 $\frac{1}{2} \times F \times L \times I^2$ ，它與非連續返馳式轉換器的輸出功率有關。在這種情況下，電感就是漏電感。

這個運算式有點令人驚訝，因為功率損耗不僅僅是漏電中儲存的能量。它總是更大，但仍取決於箝位電壓。圖 3 顯示了這種關係。

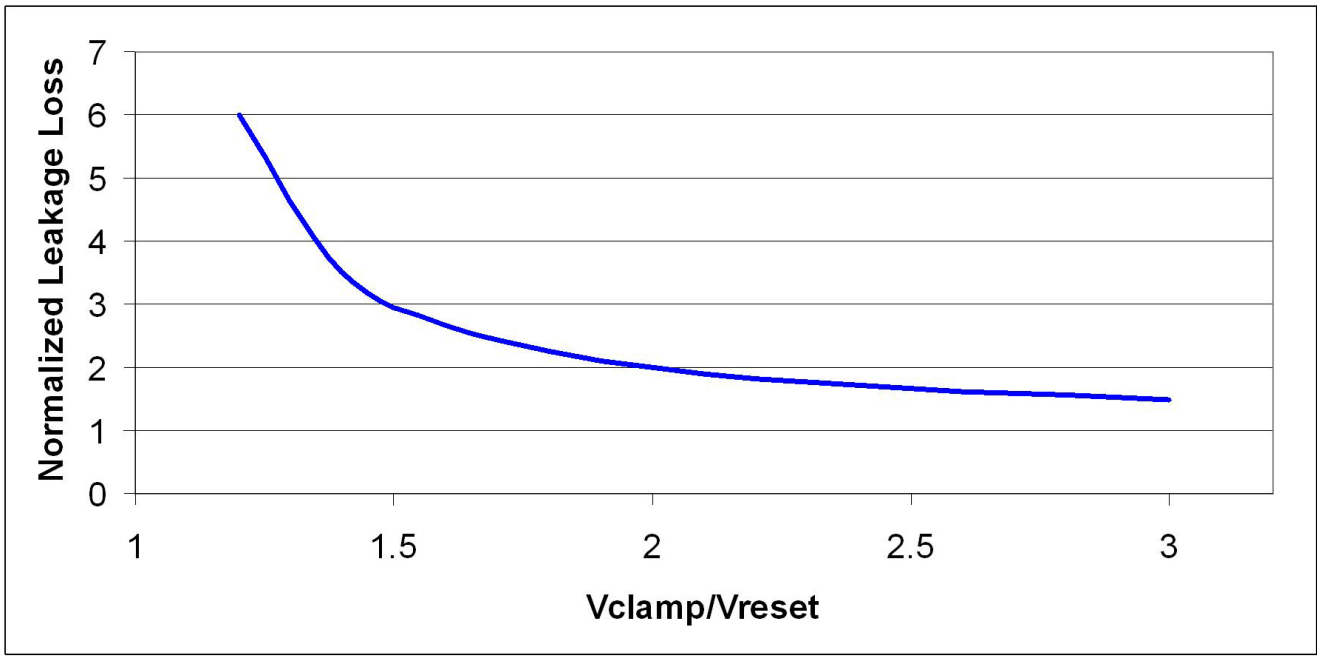


图 3. 增加箝位電壓可降低緩衝器損耗。

圖表繪出了標準化為漏電感能量損耗的損耗與箝位電壓和重設電壓之比的關係。在高鉗位電壓值下，緩衝器損耗接近漏電感中的能量。由於透過減少電阻來降低箝位電壓，因此能量從主輸出轉移，而且緩衝器耗散急劇增加。當 V_{clamp}/V_{reset} 比率為 1.5 時，它幾乎是與漏電感儲存能量相關損耗的三倍。

巧合的是，漏電感通常約為激磁電感的 1%。這讓图 3 變得更加有趣，因為它向我們表明了降低箝位電壓將對效率產生的影響。然後，垂直軸就成了效率損失。因此，將箝位比從 2 降低到 1.5 會對效率產生 1% 的影響。

總而言之，返馳式轉換器的漏電感會給電源開關帶來不可接受的電壓應力。RCD 緩衝器可以控制應力。但是，在箝位電壓與電路損耗之間仍需有所取捨。

先前發佈於 [EDN.com](https://www.edn.com)。

重要聲明與免責聲明

TI 均以「原樣」提供技術性及可靠性數據（包括數據表）、設計資源（包括參考設計）、應用或其他設計建議、網絡工具、安全訊息和其他資源，不保證其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的擔保，包括但不限於對適銷性、適合某特定用途或不侵犯任何第三方知識產權的暗示擔保。

所述資源可供專業開發人員應用 TI 產品進行設計使用。您將對以下行為獨自承擔全部責任：(1) 針對您的應用選擇合適的 TI 產品；(2) 設計、驗證並測試您的應用；(3) 確保您的應用滿足相應標準以及任何其他安全、安保或其他要求。

所述資源如有變更，恕不另行通知。TI 對您使用所述資源的授權僅限於開發資源所涉及 TI 產品的相關應用。除此之外不得複製或展示所述資源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知識產權授權許可。如因使用所述資源而產生任何索賠、賠償、成本、損失及債務等，TI 對此概不負責，並且您須賠償由此對 TI 及其代表造成的損害。

TI 的產品均受 [TI 的銷售條款](#) 或 [ti.com](#) 上其他適用條款，或連同這類 TI 產品提供之適用條款所約束。TI 提供所述資源並不擴展或以其他方式更改 TI 針對 TI 產品所發布的可適用的擔保範圍或擔保免責聲明。

TI 不接受您可能提出的任何附加或不同條款。

郵寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#) or other applicable terms available either on [ti.com](https://www.ti.com) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may have proposed.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated