

Technical Article

フライバックコンバータのスナバ処理



Robert Kollman

10 月には、フォワードコンバータのターンオン時に出力整流器の両端の電圧をスナバ処理する方法について説明しました。今回は、フライバックコンバータで FET のターンオフ電圧をスナバ処理する方法について解説します。

フライバックコンバータの電力段と 1 次側 MOSFET 電圧の波形を、図 1 に示します。このコンバータは、トランスの 1 次側インダクタンスにエネルギーを蓄積し、MOSFET がオフになったときエネルギーを 2 次側に解放する方法で動作します。

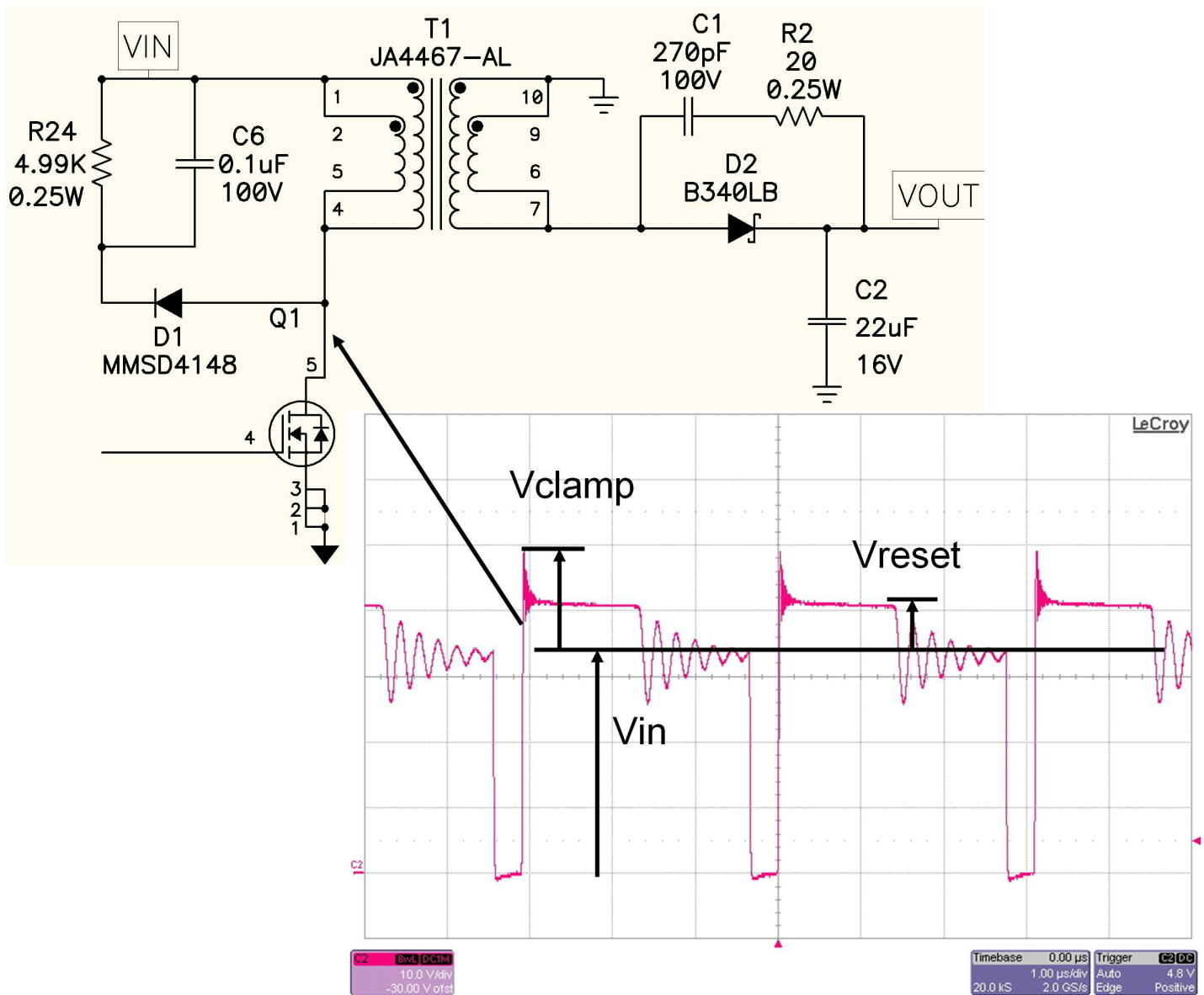


図 1. 漏れインダクタンスにより、FET のターンオフ時に過電圧が発生します

多くの場合、MOSFET がオフのときにスナバが必要です。トランスの漏れインダクタンスにより、ドレイン電圧が反射出力電圧 (V_{RESET}) を上回るためです。漏れインダクタンスに蓄積されたエネルギーは MOSFET のアバランシェ降伏を引き起こす可能性があるため、D1、R24、C6 で構成される電圧クランプ回路が追加されます。この回路のクランプ電圧は、漏れインダクタンスのエネルギー量と抵抗の消費電力によって設定されます。抵抗の値が小さいとクランプ電圧が低下しますが、電力損失は増加します。

トランスの 1 次側と 2 次側の電流の波形を、図 2 に示します。

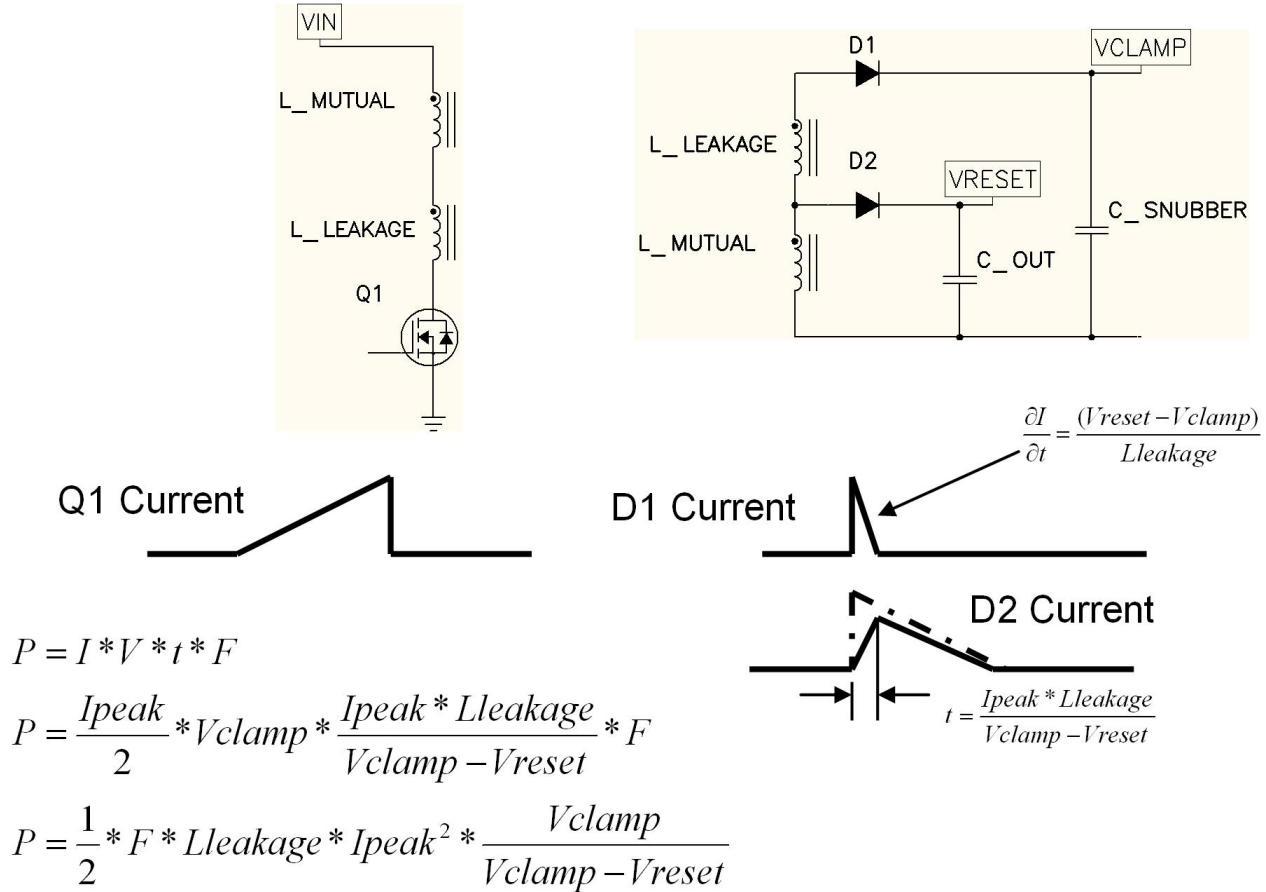


図 2. 漏れインダクタンスは出力エネルギーを奪います

左側は、MOSFET をオンにしたときの簡略化された出力段です。入力電流は、漏れインダクタンスと相互インダクタンスの直列の組み合わせによって上昇します。右側は、オフ期間の概略回路図です。ここでは、出力ダイオードとクランプダイオードが順方向バイアスされるレベルまで電圧が反転しています。トランスの 1 次側に反射された出力コンデンサとダイオードが示されています。

2 つのインダクタは直列に接続されており、Q1 がオフになったときも最初は同じ電流が流れます。すなわち、ターンオフ直後に出力ダイオード D2 に電流が流れず、トランスの電流すべてが D1 に流れます。漏れインダクタンスの両端の電圧はクランプ電圧とリセット電圧の差で、漏れインダクタンスは急速に放電される傾向があります。

図に示すように、スナバに転送されるエネルギーは簡単な計算で決定できます。漏れインダクタンス内のエネルギーを放電するのに要する時間を短縮すれば、転送されるエネルギーを減らすことができます。これは、クランプ電圧の上昇を許容することで達成されます。

興味深いのは、クランプ電圧とスナバの消費電力の間のトレードオフを計算できることです。図 2 に示すように、クランプ回路に投入される電力は、クランプダイオードの平均電流とクランプ電圧との積に等しくなります (クランプ電圧が一定と仮定)。いくつかの項を並べ替えると、 $1/2 * F * L * I^2$ という項が得られ、これは不連続フライバックコンバータの出力電力と関係しています。この場合、インダクタンスは漏れインダクタンスとなります。

この式から、電力損失が漏れインダクタンスに蓄積されたエネルギーだけではないという、少々意外な事実が判明します。電力損失はクランプ電圧によって変動しますが、常に漏れインダクタンスに蓄積されたエネルギーより大きくなります。この関係を、[図 3](#) に示します。

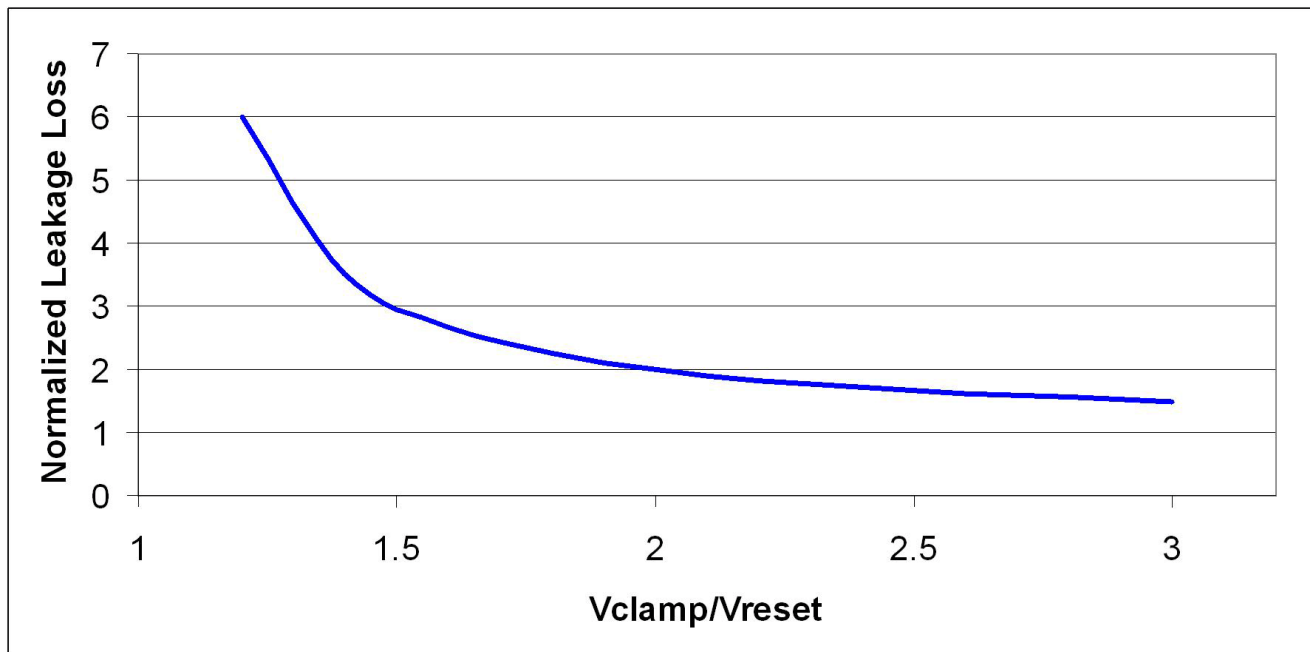


図 3. クランプ電圧を高くすると、スナバ損失が減少します

このグラフは、漏れインダクタンスのエネルギー損失に正規化した損失、およびクランプとリセットの電圧の比率をプロットしたものです。クランプ電圧の値が大きいと、スナバ損失は漏れインダクタンスのエネルギーに近づきます。抵抗値を下げることでクランプ電圧が低下すると、エネルギーがメインの出力から転送され、スナバの消費電力が大幅に増加します。 $V_{\text{clamp}}/V_{\text{reset}}$ の比率が 1.5 のとき、漏れインダクタンスに蓄積されたエネルギーによる損失のほぼ 3 倍になります。

また、漏れインダクタンスは多くの場合、磁化インダクタンスの 1% 程度です。このため、[図 3](#) に示されている、クランプ電圧を下げることによる効率への影響はさらに興味深いものとなります。この場合、縦軸は効率の低下を示します。クランプ比を 2 から 1.5 に減らすと、効率が 1% 低下します。

要約すると、フライバックコンバータの漏れインダクタンスが原因で、パワースイッチに許容できない電圧ストレスが印加される可能性があります。このストレスは、RCD スナバにより制御できます。ただし、クランプ電圧と回路損失の間にはトレードオフがあります。

この記事は、以前 EDN.com で公開された記事です。

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、技術データと信頼性データ（データシートを含みます）、設計リソース（リファレンス デザインを含みます）、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツはその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。テキサス・インスツルメンツや第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる テキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス・デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、または [ti.com](#) やかかる TI 製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所 : Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated