

こうして使おうパワーデバイス：応用編

第7回 AC-DC ソリューションを構成する三つのコントローラ



高速スイッチング、低オン抵抗を特長とする MOSFET は、AC-DC 電源の用途でも優れた特性が得られます。一般に絶縁が必要である AC-DC 電源では、トランスの1次側と2次側でそれぞれ制御を行い、また変換効率向上やノイズ、高調波の抑制のために複雑な制御も必要になります。今回は、AC-DC 電源の構成方法やデバイスについて紹介します。

AC-DC 電源の基本構成

最近の AC-DC 電源の基本構成を図に示します。

まず、高調波を抑制し、AC 電源から効率良く電力を取り出すための PFC (力率コントローラ) が用いられます。特に、入力電力 75W 以上の OA 機器/テレビ/ディスプレイなど (クラス D 機器)、入力電力 25W 以上の照明機器 (クラス C 機器) では、国際規格 IEC61000-3-2 で高調波の規制が行われており、PFC は必須とされています。

なお、照明機器など小電力の用途では、PFC と 1 次側コントローラを一つにした 1 コンバータ方式の AC-DC 電源も用いられています。

次に、トランスの 1 次側をスイッチング駆動して、絶縁しつつエネルギーを 2 次側に伝達する 1 次側コントローラが用いられます。1 次側は高電圧なので、スイッチング・ノイズ抑制のために、電圧共振や電流共振を利用してソフト・スイッチングを行う LLC コントローラなどのレゾナント (共振型) コントローラが多く用いられます。

2 次側では、1 次側から伝達されるエネルギーを整流し、2 次側コントローラで出力電圧の定電圧制御を行います。整流には、以前はダイオードを用いた簡単な整流回路が用いられてきましたが、出力電流が大きい場合には順電圧損失が大きくなるため、高効率の同期整流方式 (SmartRectifier™ と呼ばれる) が用いられるようになってきました。

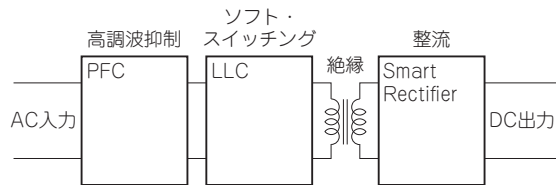


図1 全体構成

では、次にこの三つのコントローラについて、順に見ていきましょう。

PFC (力率コントローラ)

高調波抑制にはいろいろな方式がありますが、AC-DC 電源でよく用いられるのは、昇圧型 DC-DC コンバータと同様の原理・構成の昇圧型プリ・レギュレータ方式です。

全波整流した AC をスイッチングして昇圧し、高電圧の DC に変換します。昇圧型プリ・レギュレータはインダクタ入力で、入力電流は三角波状になり、平均電流は正弦波電流に近づきます。

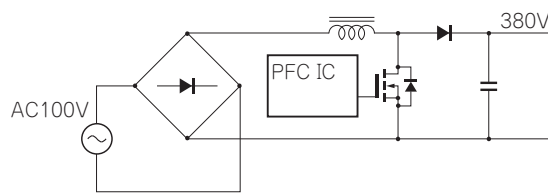


図2 PFC (力率コントローラ)

昇圧型コンバータ方式の PFC には、CCM (電流連続モード)、CRM (電流臨界モード)、DCM (電流不連続モード) の三つがあり、200 ~ 500W 程度の大電力用途には CCM、100 ~ 200W 程度の中電力用途には CRM や DCM が用いられます。CCM は電流波形が矩

形波でピーク電流を抑制でき、効率の良い PFC を実現できます。

IR では、大電力用 PFC IC として CCM の IR1155、中電力用 PFC IC として CRM の IRS2500 を用意しています。どちらもコンパクトな 8 ピン IC です。

IR1155 は AC 波形を参照せずに動作するワンサイクル・コントロール方式を採用しており、簡単な回路で PFC を実現できます。また、整流ブリッジを用いないブリッジレス・ブースト型 PFC にも使用できます。

IRS2500 は CRM を用いた高効率、低ノイズの PFC IC です。フライバック・コンバータとしても動作可能で、1 コンバータ方式に用いることもできます。

LLC コントローラ

LLC コントローラは、ハイサイドとローサイドの MOSFET を交互にオンにして高電圧 DC 入力をスイッチングし、トランスの 1 次側を駆動します。このとき、トランス巻線の L に加えて、共振用の L_r と C_r を追加することから、LLC (インダクタ-インダクタ-コンデンサ) 方式と呼ばれます。また、ハーフブリッジ型の駆動回路を用いることから、RHB (レゾナント・ハーフ・ブリッジ) とも呼ばれています。

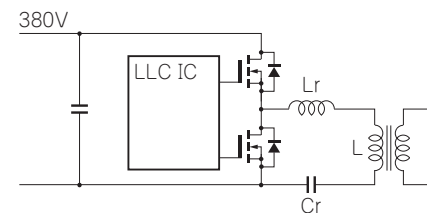


図3 LLC コントローラ

LLC コントローラは簡単な回路構成でソフト・スイッチングでき、スイッチング・ノイズが小さく、変換効率が高い方式です。IR では、LLC コントローラ IC として、IRS27951、IRS27952 を用意しています。どちらもコンパクトな 8 ピン IC です。この二つの IC の違いは、MOSFET のオン抵抗を利用した過電流保護のしきい値が IRS27951 は 2V、IRS29952 は 3V と異なります。

IRS27951、IRS27952 は、電流共振 + 電圧共振を利用した高効率のコントローラ IC で、600V のハイサイド MOSFET ドライバも内蔵しており、回路構成を簡単にできます。200 ~ 700W の出力電力に対応できます。

SmartRectifier™

AC-DC 電源では、1 次側が高電圧、小電流なのに対して、2 次側は低電圧、大電流となります。2 次側の整流をダイオードで行くと順電圧損失が大きくなるため、これを低オン抵抗の MOSFET に置き換えたのが SmartRectifier™ です。出力電流が 5A 以上だと、SmartRectifier™ の効果が大きくなります。

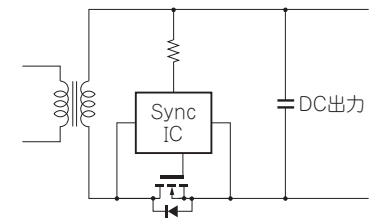


図4 SmartRectifier™

IR では、SmartRectifier™ IC として IR11662、IR11672、IR11682、IR1169 などを用意しています。IC の耐圧はいずれも 200V です。

このうち、IR11662、IR11672、IR11682 は、1 次側からの同期信号を使用せず、2 次側だけで整流ができます。そのために MOSFET のボディ・ダイオードの順電圧を監視して、順電圧がしきい値を超えたら MOSFET を導通させます。フライバック・コンバータ、LLC コンバータなどの 1 次側と組合わせて使用できます。IR11662 と IR11672 は 1 チャネル、IR11682 は 2 チャネルでセンタータップ構成で使用できます。

IR1169 は外部同期タイプで、フォワード・コンバータと組合わせて使用できます。

今回見てきたコントローラ IC は、いずれも MOSFET を外付けして使用します。IR の豊富な MOSFET 製品の中から最適なものを見つけることができます。