

第6章 100V 交流から直流を作りたい方向け

6-1

周辺部品が少なくサイズの小さな回路で大電力を扱える

8ピンICによる出力300Wの力率改善回路

入力

AC 85~265 V
ワールドワイド対応

出力電圧

DC 385 V

出力電流

0.8 A
(300 W)

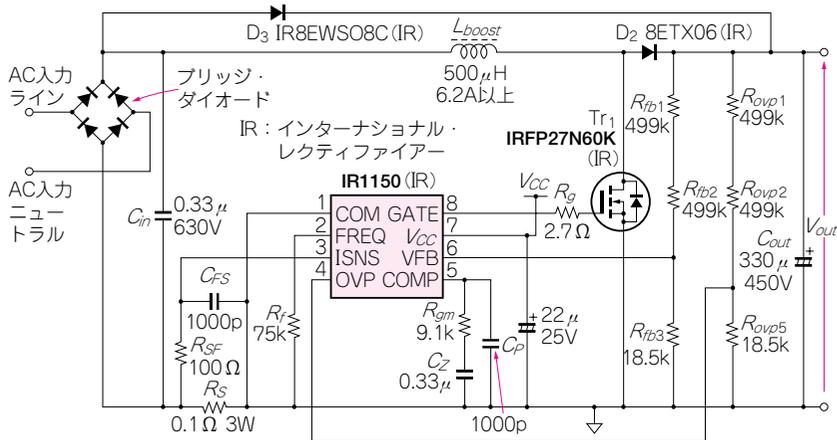


図1 出力300Wの力率改善回路
IR1150を用いてシンプルに構成

● 部品点数が少なく小型で大電力を扱える PFC

図1は、インターナショナル・レクティファイアー社(以下、IR社)のIR1150を使い、大電力を扱える連続電流モード(CCM)でありながらシンプルな回路で構成できるPFC回路です。IR1150は、従来のPFC回路では必須だったアナログ乗算器を使わないことで、ICおよび周辺回路の小型化を実現しています。

ワン・サイクル・コントロール回路は、入力電圧に比例した信号をインダクタ電流の変化分から得ることで回路の大幅な簡略化を可能にしています。

● IR1150によるPFC回路の設計

詳細はアプリケーション・ノート⁽²⁾に書かれており、IR社のweb⁽⁵⁾でオンライン設計も可能です。ここでは中心的なデバイスの選択方法を述べます。

▶ 入力コンデンサ C_{in}

スイッチング電流のバイパス能力と保持時間で決めます。交流入力電圧をワールドワイド仕様のAC85V~265Vとすれば、最大電圧は以下となります。

$$\text{入力最大電圧} = \text{AC}265\text{ V} \times \sqrt{2} \approx 375\text{ V}$$

入力コンデンサの耐圧はDC400V以上で、容量値は100Wあたり0.1μF程度が妥当です。あまり大きな容量を選定すると、入力力率が悪くなります。

▶ ブースト用インダクタ L_{boost}

ブースト用コイルのリプル電流 ΔI_L は小さいほど回路にとって望ましいのですが、インダクタンスの大きなコイルはサイズやコストが上昇します。

ここでは表1を使ってコイルを選定します。

▶ 出力コンデンサ C_{out}

PFC回路は、交流入力電圧が高くなっても常に昇圧を行い、力率改善動作する必要があります。出力電圧はAC265Vを整流平滑したDC375Vより高く設定する必要があります。通常はDC385Vに設定し、450V耐圧の電解コンデンサで、1Wあたり1~2μFの容量を選定します。

▶ 出力電圧 V_{out} の分圧回路 $R_{FB1} \sim R_{FB3}$

PFC回路の出力電圧 V_{out} は385Vと高い電圧なので、分圧回路の全抵抗値は消費電力を小さくするため大きな値を選ぶ必要があります。約1MΩ程度にします。

▶ 過電圧保護回路のしきい値

出力電圧 V_{out} が出力コンデンサの耐圧を超えないようにします。過電圧コンパレータが動作する電圧は、基準電圧の107%に設定されています。出力電圧を帰還する分圧回路と同じ抵抗を使うと、OVPのしきい

表1 ブースト用インダクタのおおまかな値

スイッチング 周波数	出力電力		
	150 W	300 W	500 W
50 kHz	3.1 A 2 mH	6.2 A 1.0 mH	10.4 A 0.6 mH
100 kHz	3.1 A 1 mH	6.2 A 0.5 mH	10.4 A 0.3 mH

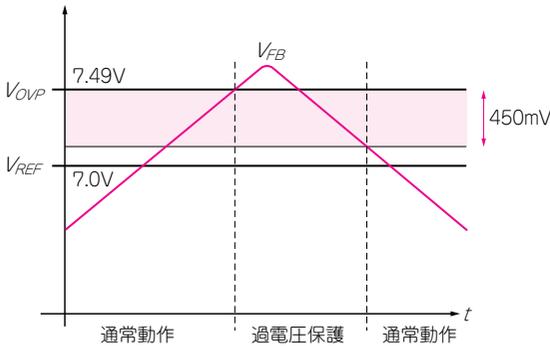


図2 過電圧保護回路のOVPの動作
450 mVのヒステリシスを持つ

表2 電流検出抵抗のおおよその値

出力電力	150 W	300 W	500 W
電流検出抵抗値	2 W 0.22 Ω	3 W 0.1 Ω	5 W 0.068 Ω

値電圧は出力電圧よりも約7%大きい値に設定されます。

OVPが動作すると、ICはゲート駆動信号を停止します。図2に示すように過電圧コンパレータには約450 mVのヒステリシスがあり、出力電圧が低下すると動作復帰します

▶スイッチング周波数

IR1150のスイッチング周波数は外付け抵抗 R_f で設定します。抵抗 R_f の値と周波数との関係を図3に示します。効率を考えるとここでは100 kHzを選びます。

▶過電流保護回路

電流検出ピンISNSは、電流検出アンプと過電流コンパレータの入力です。

スイッチング電流をインダクタ電流の代わりに使い、電流検出アンプISNSピンへの入力信号とします。電流検出抵抗は入力ライン電圧が最小で、かつ負荷電力が最大でもコンバータが出力電圧を維持できるように電流検出抵抗 R_S を決めます。ここでは簡単のため、表2から電流検出抵抗 R_S を選定します。

▶過電流保護回路のRCフィルタ

ピーク電流モードで発生するスイッチング雑音を減衰させるために、電流検出アンプは約280 kHzのポールで内部位相補償されています。RCフィルタのカットオフ周波数は280 kHzより高くする必要があり、1 MHz~1.5 MHz付近に設定します。

過電流保護機能はブースト・ダイオードの逆方向回復時のスパイク雑音による誤動作を防ぐブランキング・タイム約350 nsを備えています。ピーク電流モードで動作するシステムでは外付けフィルタとして、

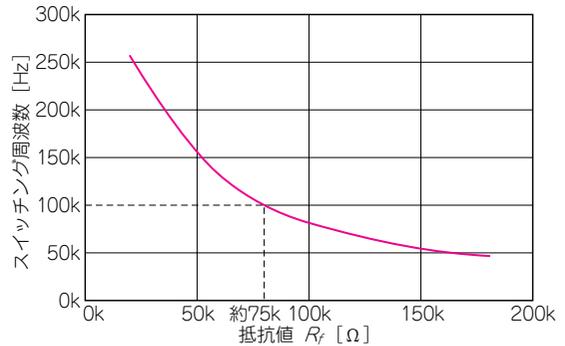


図3 スwitchング周波数の R_f による設定
100 kHzにするにはおよそ75 kΩ

RCフィルタ $R_{SF}=100 \Omega$ 、 $C_{SF}=1000 \text{ pF}$ を使います。

▶ソフト・スタートの設定

ソフト・スタートは誤差アンプ出力電圧の立ち上がりで制御され、補償コンデンサ(C_Z と C_P)と誤差アンプの最大出力電流の関数になります。

ソフト・スタート時間 t_{ss} を50 msとすると、コンデンサの値は次式で決定されます。

$$C_Z = \frac{t_{ss} i_{O\text{VEA}}}{V_{\text{COMP(EFF)}}} = \frac{50 \text{ ms} \times 40 \mu\text{A}}{6.05 \text{ V}} = 0.33 \mu\text{F}$$

ただし、 $i_{O\text{VEA}}$: エラー・アンプの出力電流、 $V_{\text{COMP(EFF)}}$: 内部比較電圧の最大値、どちらもデータシートから読み取る

▶電圧ループの補償

PFC回路の電圧ループ補償は、オープン・ループゲイン帯域幅を入力交流ライン周波数の1/2未満にします。出力の100 Hz/120 Hzのリプルを抑え、電圧ループで発生するライン電流ひずみを防止することができます。

すべてのPFC回路において、出力電圧の過渡応答と入力ラインの力率にはトレードオフがあり、特に電圧ループの安定性が重要です。ここでは $R_{gm} = 8909 \Omega \approx 9.1 \text{ k}\Omega$ 、 $C_P = 1000 \text{ pF}$ を選定します。〈吉岡 均〉

◆参考文献◆

- (1) IR1150 データシート, インターナショナル・レクティブファイアー, 2005.
- (2) IR1150を利用したPFC回路の設計 ワン・サイクル・コントロールIC, アプリケーション・ノートAN-1077, インターナショナル・レクティブファイアー, 2005.
- (3) 評価ボード「IRAC1150-300W」ユーザーズ・ガイド, インターナショナル・レクティブファイアー, 2005.
- (4) K.M.Smedley; U.S.Patent 5,278,490, "One Cycle Controlled Switching Circuit".
- (5) オンライン・デザイン・センター
▶ <http://www.irf.com/design-center/mypower/>