



1.5 kWの低ノイズ高調波対策電源を作れる

臨界モード/インターリーブ PFC IC R2A20112

喜多村 守
Mamoru Kitamura

PFC (Power Factor Correction) 回路方式には主に(電流)連続モードと(電流)臨界モードがあり、出力電力によって使い分けられています。

最近では、一つの昇圧回路を使用した方式(シングル)に加えて、二つの昇圧回路を180°の位相差で交互に動作させる方式(インターリーブ)が使用されてきており、出力電力やコストから最適な方式が選択されています。

ここでは、薄型電源や高電力密度電源で注目されている、臨界モード/インターリーブ方式とその制御IC

R2A20112(ルネサス テクノロジ)を紹介します。

臨界モード/インターリーブ方式とは

● 臨界モードの利点と欠点

中・大電力PFCには連続モードが使用されてきましたが、図1(a)に示す昇圧ダイオードのリカバリ電流による熱損失とスイッチング・ノイズが課題となっています。

これに対して臨界モードは、図1(b)に示すようにZCS (Zero Current Switching)動作となるため、

昇圧ダイオードのリカバリ電流の発生が無く、高効率で低スイッチング・ノイズです。ただし、入力ピーク電流が大きいという欠点があります。

● 臨界モードの欠点を克服した0.25k~1.5kWの電源に実用化されている

臨界モードの欠点を無くして、入出力コンデンサのリプル電流も低減できる回路方式が、図2に示す臨界モード/インターリーブ方式です。この方式により、良好な特性でありながら今まで小電力に限られてきた臨界モードが、大電力でも使用できるようになり、250W~1.5kW程度の電源回路に実用化されています。

臨界モード/インターリーブ方式は昇圧回路が2回路必要ですが、この方式が使用される電力では連続シングル方式でもMOSFETの並列接

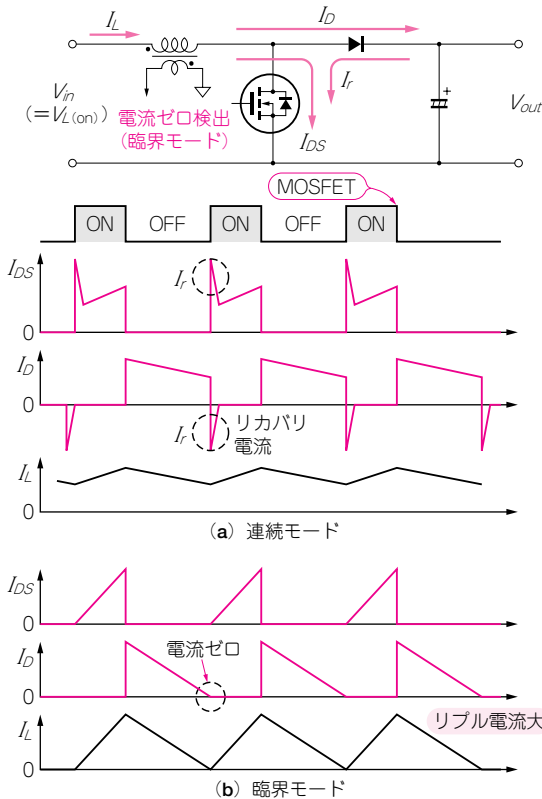


図1 PFC回路の二つの動作モード

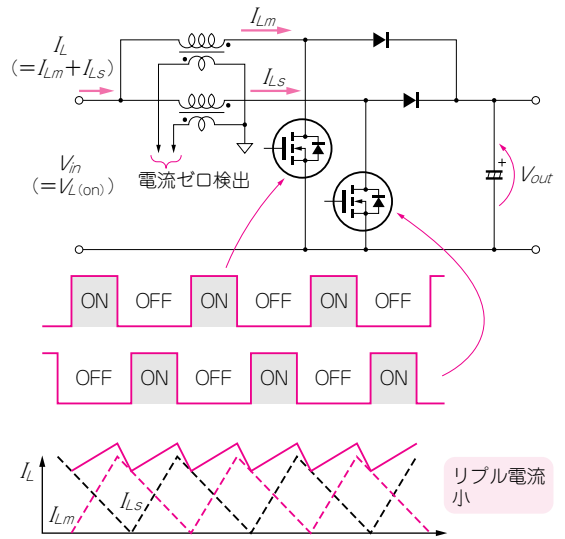


図2 臨界インターリーブ方式の動作(I_{Lm} : マスタ, I_{Ls} : スレーブ)

続や低背化のためにインダクタを2個に分けるなどの対策がとられています。従って、部品数やコストは同等です。しかも高効率、低ノイズ特性によって放熱器を小形化しノイズ・フィルタを削減できます。以上をまとめると表1になります。

表1 PFCの回路方式の比較

電流モード	連続		臨界	
昇圧回路	シングル	インターリーブ	シングル	インターリーブ
適用電力	250 W ~	1 kW ~	~ 250 W	250 ~ 1.5 kW
入力リップル電流	中	小	大	小
PWM 周波数	固定	固定	変動	変動
スイッチング・ノイズ	大	大	小	小

● 臨界モード/インターリーブ方式の注意点

臨界モード/インターリーブ方式では、入力電圧や負荷がどのような状況でも、マスタ (I_{Lm}) とスレーブ (I_{Ls}) の位相差を 180° に保たなければなりません。これを保てずに2相が同時に ON/OFF すると、図3のように入力ピーク電流が加算されて大きくなるためたいへん危険です。

臨界モード/インターリーブ方式の設計では、この点を十分に評価・確認する必要があります。

機能と特徴

R2A20112は、臨界モード/インターリーブ方式PFC回路制御用ICです。 180° の位相差を保持する機能や保護回路を図4に示す16ピ

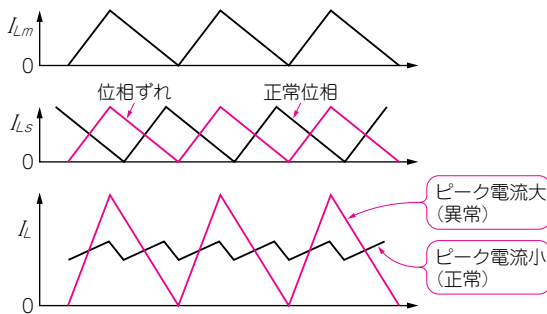


図3 臨界インターリーブ方式マスタとスレーブの位相を 180° に保たないと出力電流のリップルのピークが大きくなる

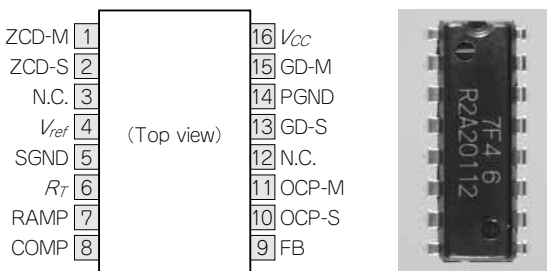


図4 R2A20112のピン配置と外観パッケージ：SOP16/DILP16)

ン・パッケージに内蔵し、少ない部品点数で臨界モード/インターリーブ方式のPFC回路(図5)を構築できます。R2A20112の特徴を以下に示します。

- 2系統の臨界モード昇圧コンバータ制御機能
- 180° 位相シフトによるインターリーブ制御機能
- 2モード過電圧保護機能(OVP)
 - ダイナミック OVP：過渡変動時の出力電圧上昇を低減
 - スタティック OVP：定常時の過電圧を防止
- フィードバック・ループ断線検出機能
- マスタ/スレーブ独立過電流保護機能(OCP)
- 電源電圧範囲： $-0.3 \sim 24$ V (最

大定格)

基本動作と特性

● PWM制御

図6に、PWM信号生成時の各部の波形を示します。RAMP端子の容量 C_{ramp} を定電流で充電することで、RAMP電圧 V_{ramp} を作ります。 V_{ramp} がエラー・アンプ出力の V_{comp} を越えるとゲート・ドライブGDをOFFし C_{ramp} を放電します。

GDがOFFの期間、ZCD電圧 V_{ZCD} は正方向に発生しますが、昇圧インダクタ内のエネルギーが無くなるとゼロになります。このゼロになるタイミングを検出して再度GDをONするとともに、 V_{ramp} の上昇を開始します。

● 臨界モード/インターリーブ方式の入力電流

図7に、入出力条件とスイッチング周波数(約30kHz)が同じ場合の臨界モード/インターリーブ方式と

表2 R2A20112の端子機能

端子	端子名	機能
1	ZCD - M	電流ゼロ検出入力(マスタ)
2	ZCD - S	電流ゼロ検出入力(スレーブ)
3	N.C.	オープン
4	V_{ref}	基準電圧出力端子(5V)
5	SGND	小信号用グラウンド
6	R_T	内部タイミング設定用抵抗接続
7	RAMP	ランプ波形設定用容量接続端子
8	COMP	エラー・アンプ出力端子
9	FB	エラー・アンプ入力端子
10	OCP - S	過電流検出入力端子(スレーブ)
11	OCP - M	過電流検出入力端子(マスタ)
12	N.C.	オープン
13	GD - S	ゲート・ドライブ出力端子(スレーブ)
14	PGND	ドライブ出力用グラウンド
15	GD - M	ゲート・ドライブ出力端子(マスタ)
16	V_{CC}	電源電圧入力端子