

低ノイズ電流連続モード PFC 制御 IC 「FA5610/FA5611」

Low-noise Continuous Current Mode PFC-IC

藪崎 純 Jun Yabuzaki

陳 建 Ken Chin

境 保明 Yasuaki Sakai

スイッチング電源の普及に伴い、高調波電流が問題になっている。その対策としてアクティブフィルタ方式の PFC (Power Factor Collection) 回路が広く使われている。PFC 回路には、高効率・小型化に加え、低ノイズ・低コストが強く要求されてきている。今回、8ピン小型パッケージを採用しながら、スイッチング周波数を独自の方式で分散することによる低ノイズ、高効率、さらには起動時や負荷変動時に発生する音鳴り対策や負荷変動時の出力電圧低下対策など、使いやすさを向上した電流連続モード PFC 用の制御 IC 「FA5610/FA5611」を開発した。

With the widespread use of switching converters, harmonic currents have become a problem. As a countermeasure, PFC (Power Factor Collection) circuits are used widely. PFC circuits are strongly requested to be highly efficiency, have a small size, and recently, to have low noise and a low cost. We have developed new continuous current mode PFC-ICs "FA5610/FA5611" that are housed in a SOP-8 small package and achieve low-noise and high-efficiency operation through our propriety method for distributing switching frequency, and that incorporate measures against noise at startup and during load fluctuations, and measures against output voltage drooping during load fluctuations to improve the ease of use.

1 まえがき

電子機器の小型化・軽量化・高機能化に伴いスイッチング電源の利用が不可欠である。スイッチング電源ではコンデンサインプット型の整流・平滑回路が採用され、変換時に大量の電源高調波電流を発生することが問題となっている。対策として、ワールドワイド入力に対応でき、高効率・小型化が可能なアクティブフィルタ方式の PFC (Power Factor Correction) 回路が広く使われている。

富士電機はこれまでに、PFC 回路用の制御 IC として小容量電源向けに電流臨界モード「FA5500/FA5501」「FA5590/FA5591」、大容量電源向けに電流連続モード「FA5502」「FA5550/FA5551」を製品化した。最近では、高効率や小型化に加え、低ノイズ化、周辺部品削減による電源システムのコストダウン要求がさらに強くなってきている。これらのニーズに応えるため、8ピン小型パッケージを採用しながら、低ノイズ、高効率、さらには音鳴り対策や負荷変動時の出力電圧低下対策など、使いやすさを向上した電流連続モード PFC 制御 IC 「FA5610/FA5611」を開発した。次にその概要を紹介する。

2 製品の概要

2.1 製品の特徴

今回開発した FA5610/FA5611 の外観を図 1 に、ブロック図を図 2 に、FA5502 との機能比較を表 1 に示す。特徴となる機能を次に挙げ、それぞれの機能について詳細な説明を行う。

- (1) 低ノイズ
- (2) 音鳴り対策
- (3) 負荷急変時の出力電圧低下対策

- (4) 高入力時の電力制限

2.2 機能の詳細説明

- (1) 低ノイズ

本 IC の発振器には、独自の方式によりスイッチング周波数を分散させる機能を持たせ、従来の固定周波数方式と比較しノイズを低減できた。これにより、入力ノイズフィルタを簡素化することが可能となり、効率の向上、周辺部品削減による電源システムのコストダウンにもつながる。

スイッチング周波数の分散機能では、入力電圧や出力電力条件によりノイズ低減効果が最適となる周波数を設定し、広い範囲でノイズ低減が実現できる。また、スイッチング周波数を分散させる範囲を限定させることにより、周辺部品定数の選択も容易となっている。

- (2) 音鳴り対策

本 IC では、起動時、負荷変動時、入力電圧瞬停時の音鳴りをなくすために、ダイナミック過電圧保護 (OVP) 機能を内蔵している。図 3 のように起動時間が短くダイナミック OVP 機能がない場合、出力電圧のオーバershoot

図 1 「FA5610/FA5611」の外観

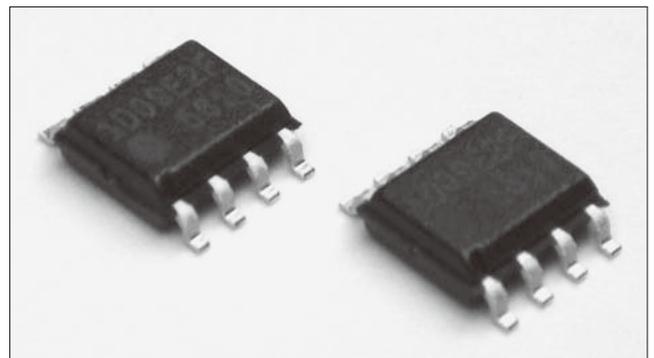


図2 「FA5610/FA5611」のブロック図

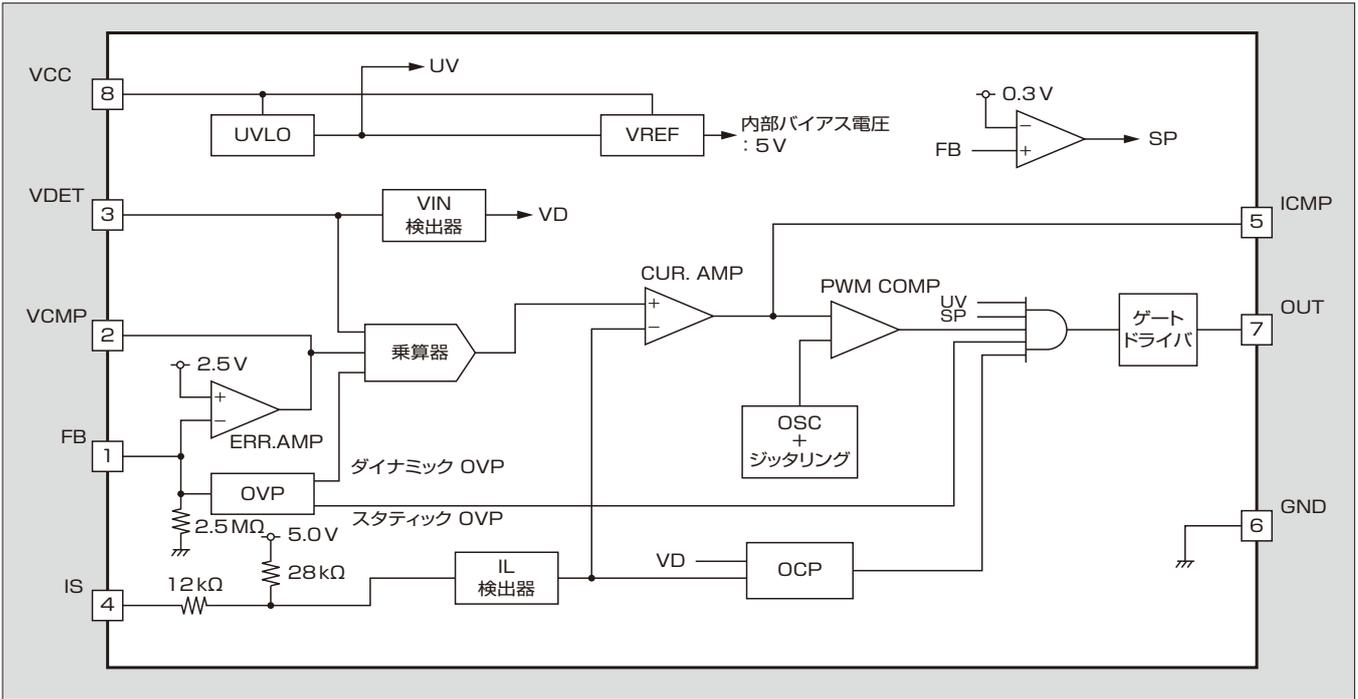


表1 従来機種「FA5502」との機能比較

項目	FA5610/FA5611 SOP-8 平均電流制御		FA5502 SOP-16 平均電流制御
①発振周波数	60kHz±10%の周波数分散		CT端子により調整(固定周波数)
②音鳴り対策 出力過電圧保護 ダイナミック・スタティック OVP	ダイナミック $V_{DOVP}=1.050V_{REF}$ (FB端子電圧)	スタティック $V_{SOVP}=1.09V_{REF}$ (FB端子電圧)	スタティックのみ(独立端子) $V_{THOVP}=1.64V$ (OVP端子電圧)
③負荷急変時出力低下対策	○		×
④過電流保護レベル	AC100V $V_{DCPL}=-0.5V\pm5\%$ (IS端子電圧)	AC200V $V_{DCPH}=-0.4V\pm6.3\%$ (IS端子電圧)	$V_{THOCP}=-1.1V\pm9\%$ (IS端子電圧)
⑤出力低電圧保護	$V_{FBOL}=0.3V$ (FB端子電圧)		×
⑥UVLO	FA5610: $V_{UVLO}=9.6V$ FA5611: $V_{UVLO}=13.0V$ (VCC端子電圧)		$V_{THUON}=16.5V$ (VCC端子電圧)
⑦ソフトスタート	○ 位相補償コンデンサで対応		○ 独立端子
⑧外部同期機能	×		○

■: 新製品 ○: 機能あり ×: 機能なし

によりスタティック OVP 機能が働き、MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) のスイッチングを停止してしまうことがある。インダクタ電流が流れているときに MOSFET を停止してしまうと、インダクタ電流の振動が起こる。この振動周波数が 20 kHz 以下となると音鳴りとして聞こえる。

FA5610/FA5611 では、ダイナミック OVP 機能を内蔵しているので、出力電圧オーバershoot時に MOSFET のスイッチングを停止することなく、徐々にオンデューティを低下させ、出力の上昇を抑えることができる。そのため、インダクタ電流の振動が起きなくなり音鳴りはしない。こ

の機能は、起動時だけでなく、負荷変動時、入力電圧瞬停時の出力電圧オーバershootにも有効で、あらゆる動作条件で音鳴りのしにくい電源が提供できる。

(3) 負荷急変時の出力電圧低下対策

通常 PFC 回路では、AC 入力電圧の変動による力率の低下を抑えるため、応答速度周波数を 10 Hz 程度まで落として動作させている。このため、高速の負荷変動に対応するには出力コンデンサの容量を大きくする方法が採られていた。出力コンデンサを大容量化すると、起動時には大きなラッシュ電流が流れるため、ラッシュ電流から部品を保護する回路を必要とする場合、電源システムのコストアッ

図3 ダイナミック OVP がない PFC との起動時の動作波形の比較

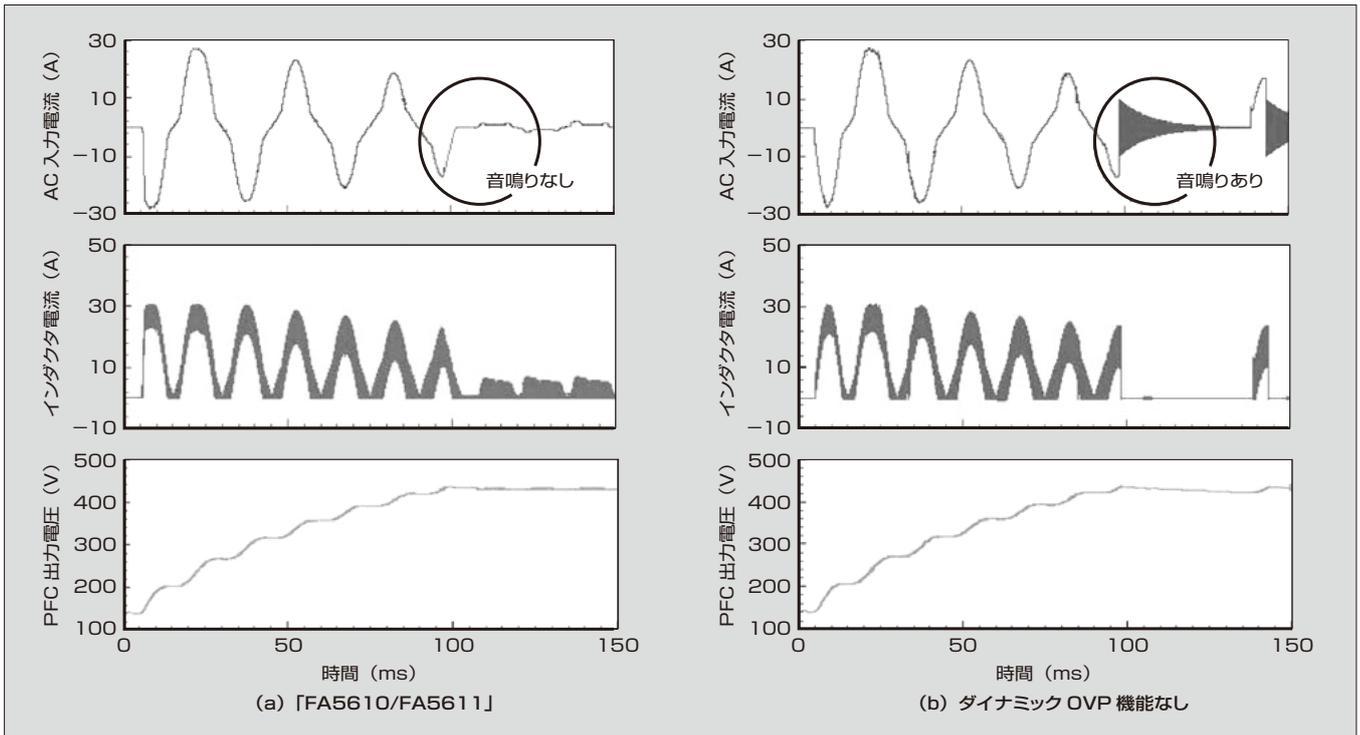
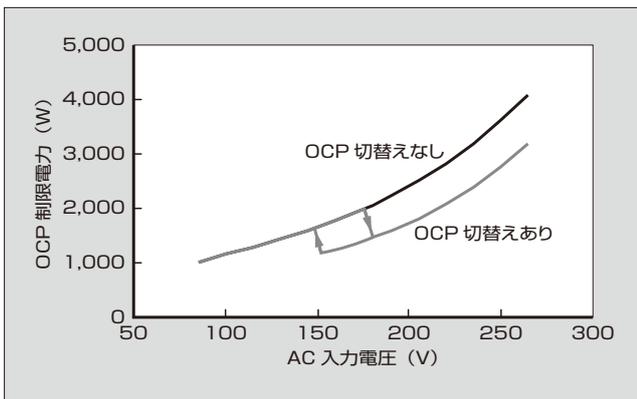


図4 OCP 切替えによる出力電力の違い



プにつながっていた。

本 IC では、出力電圧がしきい値以下となっても、通常よりも高速で応答する機能を持たせ出力電圧低下が抑えられる。そのため、出力コンデンサの低容量化が可能である。

(4) 高入力時の電力制限

本 IC には、入力電圧の大きさにより過電流保護 (OCP: Over Current Protection) しきい値を変える機能がある。通常のインダクタピーク電流を制限する OCP 機能では、入力電圧の大きさにより OCP 動作時の出力電力が大きく変わってしまう。図 4 に示すように、AC 入力電圧が 100 V と 200 V では、同じインダクタピーク電流でも出力電力が 2 倍の差となってしまう。入力電圧によっては出力電力が過剰に高くなるため、本 IC では AC 入力電圧 180 V 以上で OCP しきい値を 20% 下げる機能を追加した。OCP しきい値の切替えは、音鳴りを防止するためインダクタ電流の変化が少なくなるように行っている。

③ 電源への適用効果

FA5610/FA5611 は、200 W 以上の比較的大容量の用途に適している。次に、本 IC の適用事例に基づいてその特性について説明する。

3.1 評価用電源回路の構成

図 5 に評価用電源回路を示す。周波数分散によるノイズ低減効果により、FA5502 で 2 段必要だった入力フィルタが 1 段で構成可能となった。入力フィルタの簡略化は、単に電源システムの部品点数と実装面積の削減によるコストダウンだけでなく、入力ノイズフィルタでの損失が低減でき、変換効率の向上にもつながる。

3.2 低ノイズ

図 6 に AC 入力電圧 100 V、出力電力 600 W での伝導ノイズ (QP 値) を、固定スイッチング周波数である FA5502 と比較した。周波数分散の効果を分かりやすくするため、入力ノイズフィルタをどちらも 2 段とし同一条件での比較とした。FA5502 では、スイッチング周波数の 3 倍の周波数付近に大きなピークが発生している。これに対し、FA5610/FA5611 では周波数分散の効果によりノイズピークが抑えられ、FA5502 より 6 dB μ V 程度低くなっている。

図 7 に規制値に対するノイズマージンの比較を示す。入力ノイズフィルタを 1 段としたときの FA5610/FA5611 のノイズマージンは、入力ノイズフィルタが 2 段での FA5502 のノイズマージンとほぼ同等であり、入力ノイズフィルタ 1 段の削減が可能となった。

図5 評価電源回路

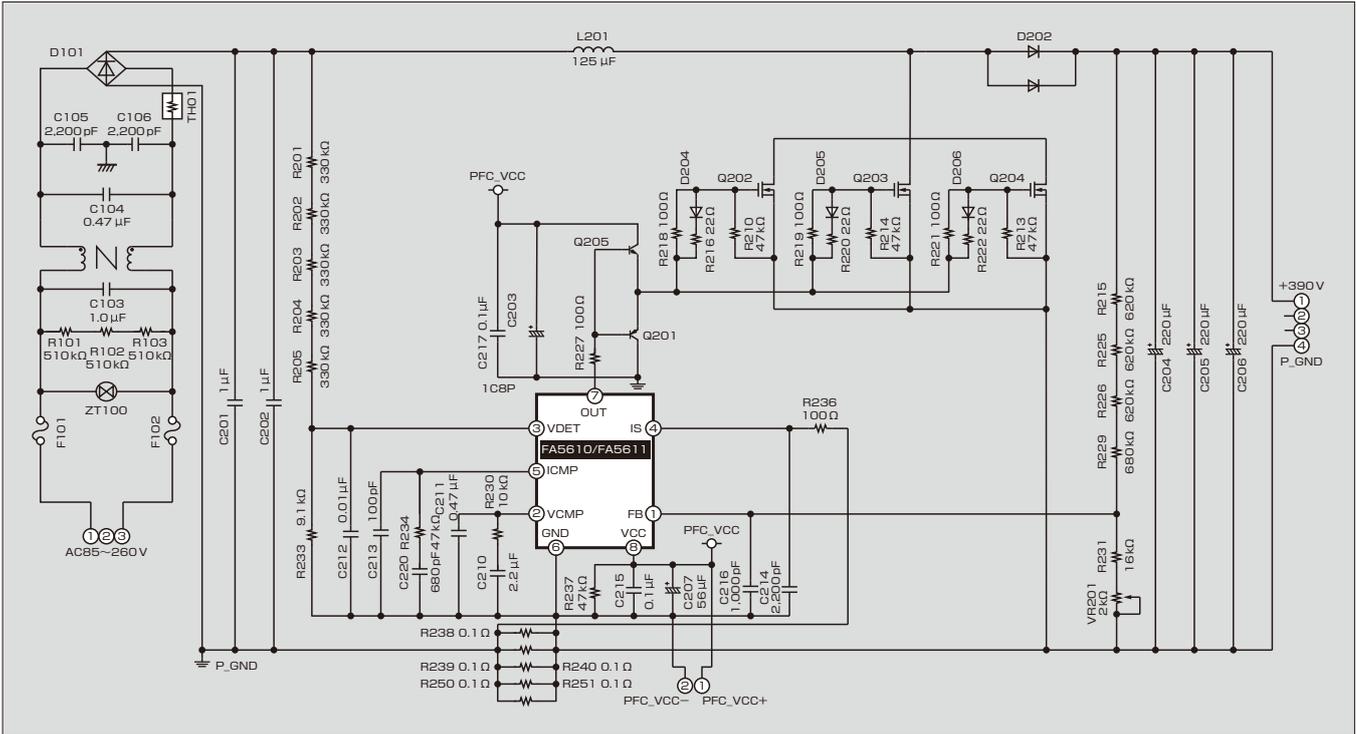


図6 伝導ノイズ特性

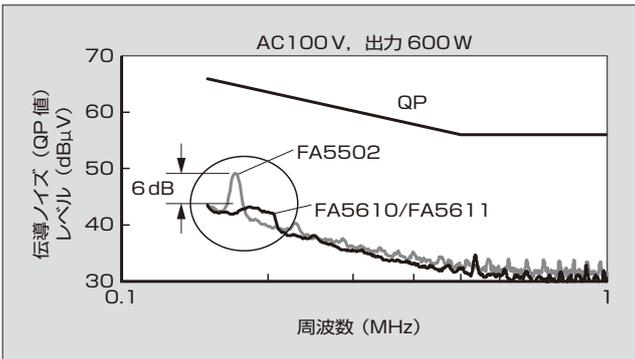
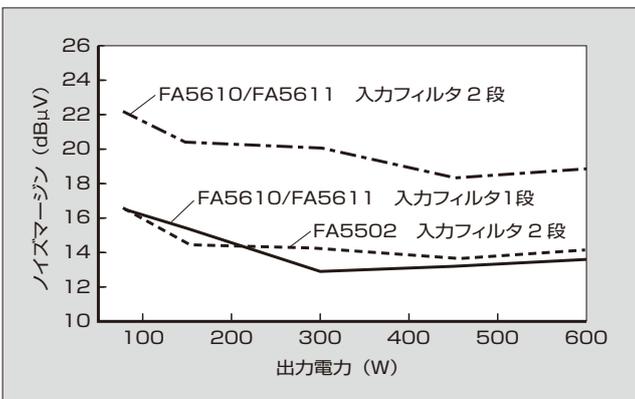


図7 「FA5610/FA5611」と「FA5502」のノイズマージン比較



3.3 負荷急変時の出力電圧低下対策

図8に AC 入力電圧 100V, 出力電力を 0W から 600W

図8 負荷急変時の動作波形

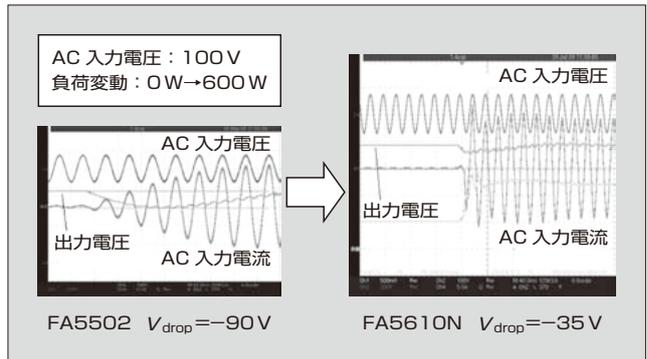
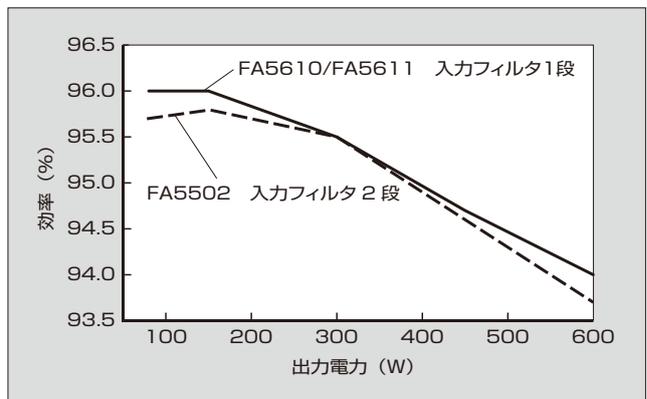
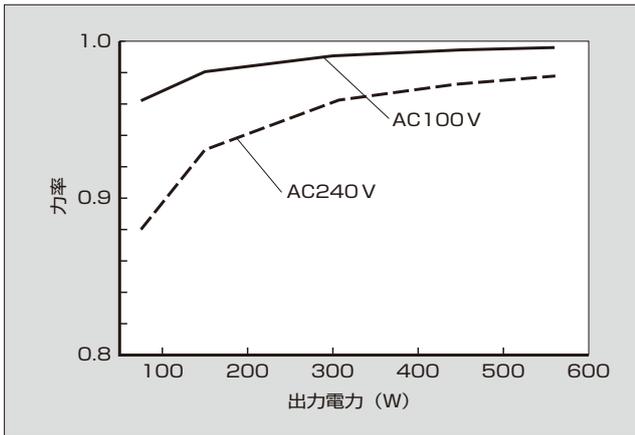


図9 「FA5610/FA5611」と「FA5502」の効率特性比較



へ急変させたときの動作波形を示す。FA5502では出力電圧低下が90V程度発生している。これに対しFA5610/FA5611では、負荷急変時の高速応答により出力電圧低下が35Vとなり、50V以上改善した。

図 10 力率特性



3.4 効率と力率

図 9 に AC 入力電圧 100 V での効率比較を示す。FA 5610/FA5611 では、ノイズ低減効果により入力ノイズフィルタを 1 段減らすことができる。このため、ノイズフィルタでの損失が低減され、どの条件でも FA5502 よりも効率は高くなった。

図 10 に力率特性を示す。AC 入力電圧 100 V、150 W でも 0.9 以上の力率が確保できた。

4 あとがき

8 ピン連続モード PFC 制御 IC 「FA5610/FA5611」を紹介した。力率改善回路に対して、高効率や低ノイズ、小型・薄型化、部品削減による電源システムコストダウンの

要求がますます強くなっていくと予想される。今後とも、これらの市場要求に応えるべく、IC の開発を行っていく所存である。

参考文献

- (1) 鹿島雅人ほか. 電流連続モード PFC 回路用電源 IC 「FA5550/5551 シリーズ」. 富士時報. 2007, vol.80, no.6, p.441-444.
- (2) 園部孝二ほか. 臨界型 PFC 電流共振統合電源 IC 「FA5560 M」. 富士時報. 2008, vol.81, no.6, p.419-423.



藪崎 純

スイッチング電源制御 IC の開発に従事。現在、富士電機システムズ株式会社半導体事業本部半導体統括部ディスクリート・IC 開発部。



陳 建

スイッチング電源制御 IC の開発に従事。現在、富士電機システムズ株式会社半導体事業本部半導体統括部ディスクリート・IC 開発部。



境 保明

スイッチング電源制御 IC の開発に従事。現在、富士電機システムズ株式会社半導体事業本部半導体統括部ディスクリート・IC 開発部。





*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。