

# 電流連続モード PFC 回路用電源 IC 「FA5550/5551 シリーズ」

鹿島 雅人 (かしま まさと)

菅原 敬人 (すがわら たかと)

淵先 寛教 (ふちさき ひろのり)

特集

## 1 まえがき

近年、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広く普及している。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ている。この方式は、その変換に際し大量の電源高調波電流を発生させている。そのため電力系統の電圧ひずみが発生し、一部の機器においては動作障害が顕在化しつつある。また、電源高調波電流成分の増加は力率を大幅に低下させることになり、電力配電の観点からも問題視されている。このような背景から、電源高調波電流成分を法的に規制する動きが出てきており、現在はガイドラインにより自主規制が行われている。

電源高調波電流および力率の問題を解決するために種々の方式が提案されているが、小型・軽量で高力率を実現できることからアクティブフィルタ方式が広く使われている。

これまでにアクティブフィルタ回路の制御 IC として電流臨界モードの「FA5500/5501」(8ピン)と電流連続モードの「FA5502」(16ピン)の製品化を行ってきた。目安として出力容量 250 W 未満には FA5500/5501、出力容量 250 W 以上の大電力向けには FA5502 の適用を提案してきた。しかし近年、大電力の用途でも電源の低価格化が要求され、外付け部品を少なく簡単に設計できる電流連続モード IC の要望が出てきた。これに対応するために 8 ピンで連続モードの PFC (Power Factor Correction) 回路用電

源 IC 「FA5550/5551」を開発したのでその概要を紹介する。

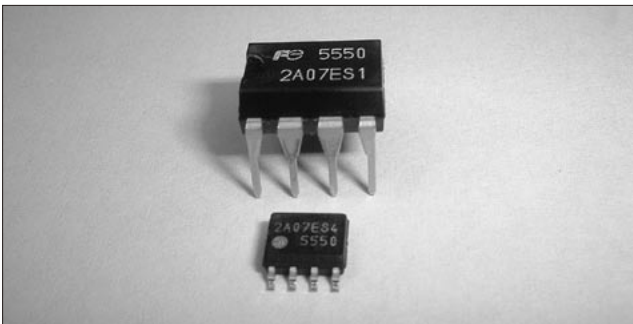
## 2 製品の概要

今回開発した FA5550/5551 は各種の機能を内蔵し、8ピンの DIP (Dual In-line Package) または SOP (Small Out-line Package) に収められている。図 1 に外観を示す。

表 1 PFC回路用電源ICの製品比較

項目	FA5550/5551	FA5502
動作モード	平均値モード	平均値モード
周波数 (kHz)	固定周波数 65 (標準)	外部設定 15~150
ピン数 (ピン) パッケージ種類	8 DIP/SOP	16 DIP/SOP
推奨動作電圧範囲 (V)	10~28	10~28
出力電流 (A)	-1/+2	±1.5
スタートアップ電流 (μA)	20 (最大)	30 (最大)
動作電流 (mA)	2.5 (標準)	4.0 (標準)
UVLO オンしきい値電圧 (V)	FA5550 : 9.6 (標準) FA5551 : 13.0 (標準)	16.5 (標準)
UVLO オフしきい値電圧 (V)	9.0 (標準)	8.9 (標準)
UVLO ヒステリシス電圧 (V)	FA5550 : 0.6 (標準) FA5551 : 4.0 (標準)	7.6 (標準)
エラーアンプ	相互コンダクタンス アンプ $V_{fb} = 2.5V \pm 1.4\%$	電圧アンプ $V_{fb} = 1.55V \pm 2.0\%$
過電圧保護	しきい値電圧: $V_{fb} \times 1.09 \pm 2.8\%$	しきい値電圧: $1.64V \pm 2.0\%$
過電流リミットしきい値電圧 (V)	1.0 (標準)	-1.1 (標準)
スロープ補償	可変	なし
ブラウンアウト機能	あり	なし
FB端子 オープン/ショート 保護機能	あり	なし
力率	0.9~0.99	0.95以上
高調波対応	クラスD	クラスA

図 1 FA5550 の外観



鹿島 雅人

スイッチング電源制御 IC の開発に従事。現在、富士電機デバイステクノロジー株式会社半導体事業本部情報・電源事業部技術部。



菅原 敬人

スイッチング電源制御 IC の開発に従事。現在、富士電機デバイステクノロジー株式会社半導体事業本部情報・電源事業部技術部。



淵先 寛教

スイッチング電源制御 IC の開発に従事。現在、富士電機デバイステクノロジー株式会社半導体事業本部情報・電源事業部開発営業部。

2.1 特徴

表 1 に PFC 回路用電源 IC の製品比較を示す。FA5550/5551 の主な特徴は以下のとおりである。

- (1) 大電力に対応できる電流連続モード動作を実現
- (2) UVLO (Under Voltage Lock Out) オンしきい値電圧が 9.6 V (標準) (FA5550) と 13.0 V (標準) (FA5551) の 2 型式をラインアップ
- (3) 動作周波数 65 kHz (固定)
- (4) 出力電圧検出抵抗のオープンショート検出回路により、出力電圧検出部が異常になった場合に回路動作を停止
- (5) ブラウンアウト (入力低電圧) 保護機能内蔵
- (6) 外付け抵抗によりスロープ補償値が可変で起動・停止時のトランス異音を抑制

表 2 に主要特性を示す。

表 2 主要特性

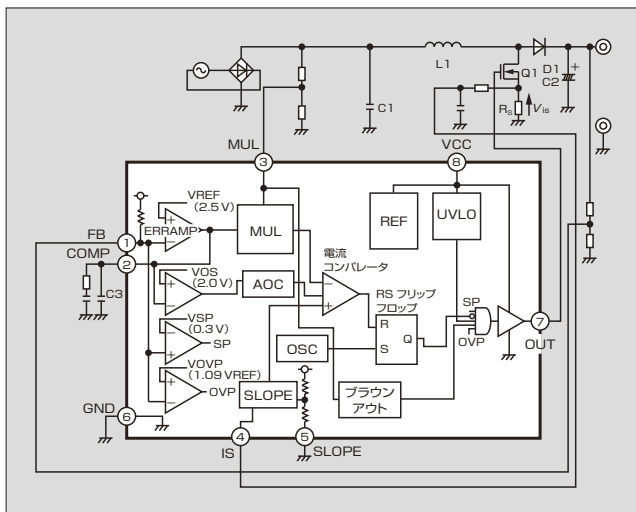
(a) 絶対最大定格

項目	特性
電源電圧	30V
動作周囲温度	-30~+105℃
動作接合温度	150℃

(b) 電気的特性

項目	特性
スタートアップ電流	20μA (最大)
動作時回路電流 (C <sub>1</sub> = 1nF)	2.5mA (標準)
基準電圧	2.5V ± 1.4%
発振周波数	65 kHz (標準)
最大デューティサイクル	96% (標準)
過電圧保護しきい値電圧	1.09V <sub>fb</sub> / 1.045V <sub>fb</sub>
過電流保護しきい値電圧	1.0 ± 10%
ブラウンアウトしきい値電圧	70V/63V
出力立上り時間 (C <sub>1</sub> = 1nF)	50 ns (標準)
出力立下り時間 (C <sub>1</sub> = 1nF)	25 ns (標準)

図 2 概略動作回路



2.2 動作説明

(1) スイッチング動作

本 IC はアクティブフィルタの制御 IC であり、ピーク電流値を制御する方式を採用している。図 2 に概略動作回路を、図 3 にスイッチング動作各部波形を示す。発振器 (OSC) から出力されたスイッチング周波数のトリガ信号は、RS フリップフロップにセット信号として入力される。この結果、OUT 端子電圧がハイ状態となり、Q1 がオンする (t<sub>1</sub>)。Q1 がオンすると L1 からの電流が増加する。Q1 の電流値は R<sub>s</sub> で電圧に変換され、IS 端子に入力される (V<sub>is</sub>)。V<sub>is</sub> をスロープ補償回路 (Slope) で減算した値が、乗算器 (MUL) の出力で決定される電流コンパレータの基準に達すると RS フリップフロップにリセット信号が入り、Q1 はオフする (t<sub>2</sub>)。内部発振器から出力されるセット信号により、次のスイッチングサイクルへと移る。

本 IC は、ピーク電流を制御し電流連続モードで動作す

図 3 スイッチング動作各部波形

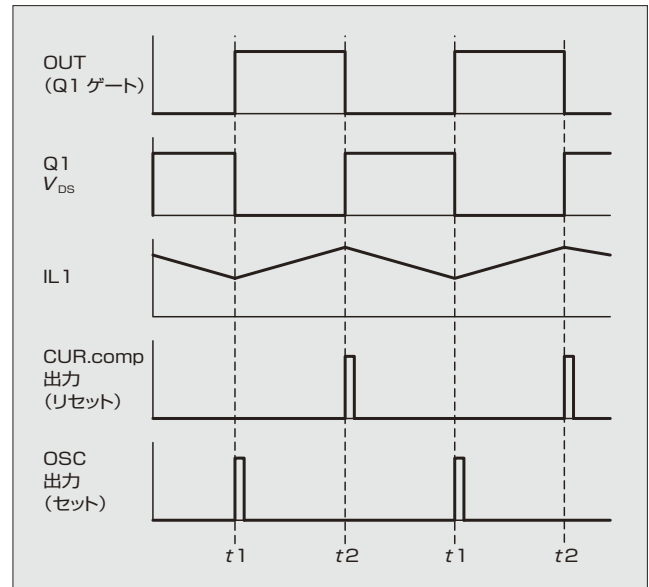
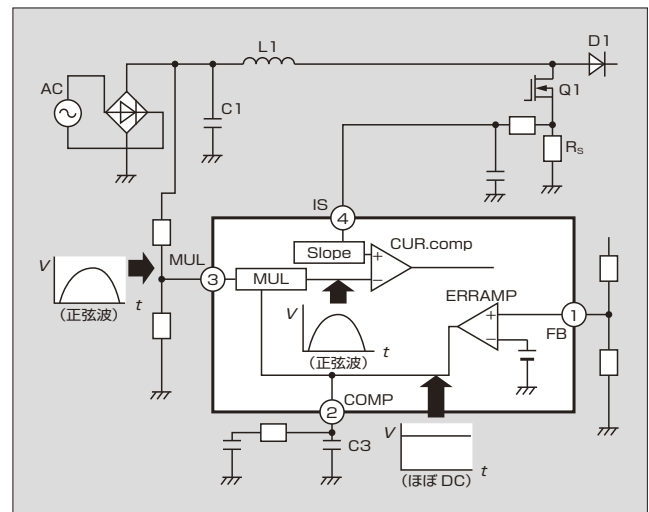


図 4 各部動作波形イメージ



そのためサブハーモニック発振を抑制する必要があり、スロープ補償回路を内蔵している。また、そのスロープ補償量は外付け抵抗値により可変となっている。

(2) 力率改善動作

図 4 に各部動作波形イメージを示す。

誤差増幅器の出力となる COMP 端子の電圧は、C3 により定常状態ではほぼ直流電圧となる。この電圧は乗算器に入力される。乗算器のもう一方の入力には、AC 入力電圧を整流した波形が入力される。この結果、乗算器からはこの二つの波形の積となる AC 入力電圧に比例した正弦波状の波形が出力される。乗算器の出力波形を図 5 に示す。この出力された正弦波状の電圧波形が電流コンパレータにインダクタ電流の基準として入力される。この結果、インダクタ電流の平均値は正弦波となる。C1 によってこのインダクタ L1 の電流のスイッチングリップを取り除き、平均化することで、交流入力電圧から流れ込む電流もほぼ正弦波状になり、力率を改善することができる。

(3) 過電流保護回路

過電流保護は図 2 の電流コンパレータで行っている。電流コンパレータには軽負荷時にオフセットをゼロとする

AOC (Auto Offset Control) 回路が接続されている。過電流保護回路は、入力電圧が高いときに基準となる過電流保護レベルを小さく、入力電圧が低いときに過電流保護レベルを大きくなるように設定することにより、入力電圧に依存せず一定の値で過電流保護がかかるようになっている。入力電圧に対する過電流検出電圧を図 6 に示す。

(4) ブラウンアウト保護回路

入力低電圧時の保護回路としてブラウンアウト保護回路を備えており、MUL 端子入力を監視することで入力低電圧を検出する。入力電圧 63V (標準) でブラウンアウト (動作停止)、タイマ約 200ms、入力電圧 70V (標準) でブラウンイン (動作復帰) する。

(5) スロープ補償調整回路

外付けの抵抗の値を変化させることで、スロープ補償量の調整が可能となっている。図 7 にスロープ補償抵抗値に対するスロープ補償量を示す。

図 5 乗算器の出力波形

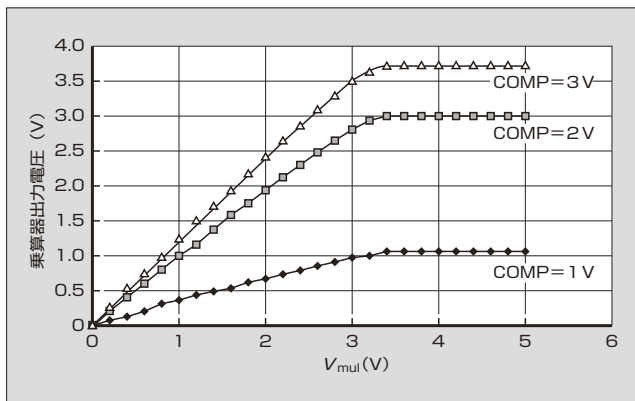


図 6 入力電圧に対する過電流検出電圧

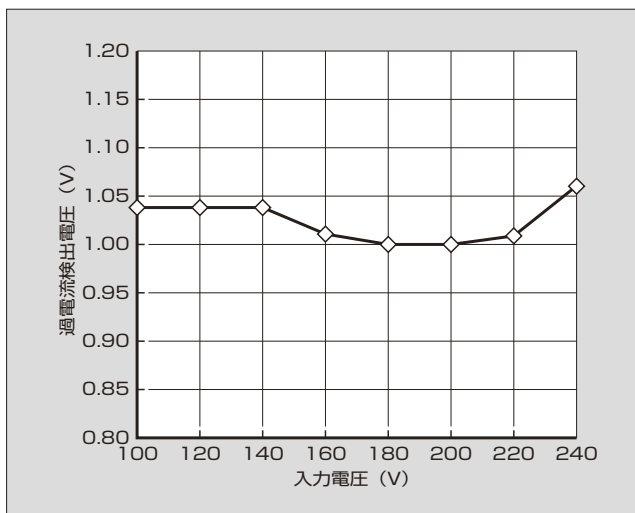


図 7 スロープ補償抵抗値に対するスロープ補償量

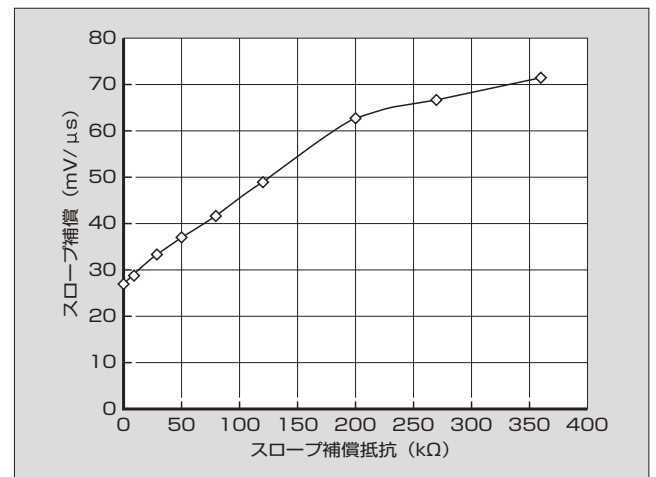


図 8 応用回路例

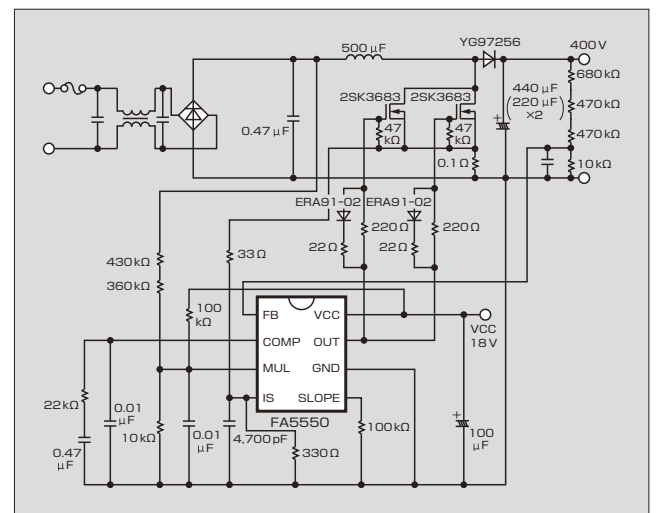


図9 入力電圧-入力電流波形

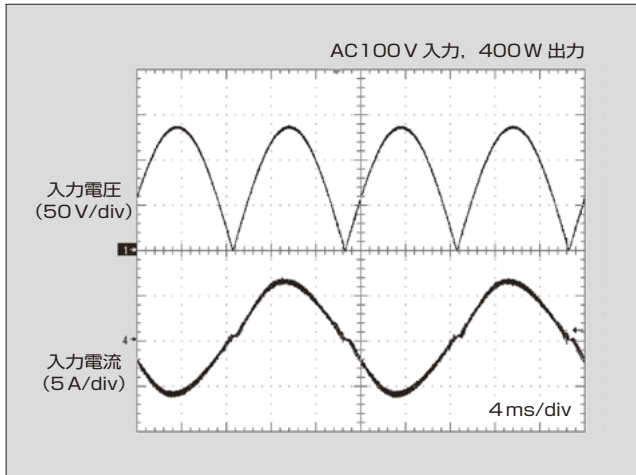
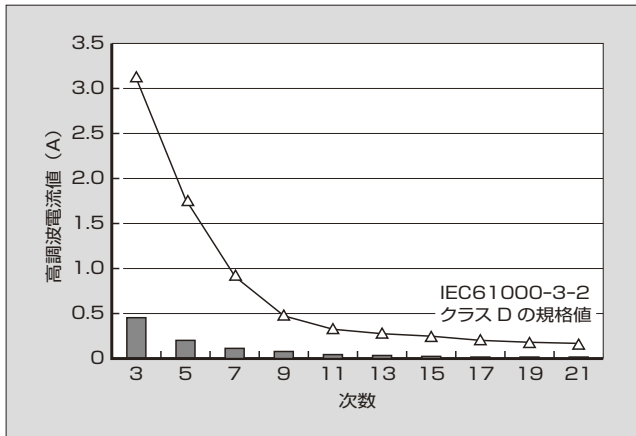


図10 高調波電流特性



### ③ 応用回路例

図8に応用回路例（入力90～264V，出力390V，400W）を，図9にAC入力電圧100V時の入力電圧-入力電流波形を示す。図10に高調波電流特性を示す。電流波形が電圧波形と同位相の正弦波となっており，力率がほとんど1に近い値に制御されていることが分かる。また，電流波形は入力部のフィルタにより平均化されて正弦波となっていることが分かる。さらに，高調波電流も十分小さな値となっている。

### ④ あとがき

8ピン電流連続モードの力率改善ICの概要について紹介した。力率改善回路のニーズはよりいっそう高まってくると予想される。今後さらに，入力電圧を監視しない方式の力率改善ICの開発などを行い，市場の要求に応えいく所存である。

### 参考文献

- (1) 黒田栄寿ほか. 力率改善制御用IC. 富士時報. vol.67, no.2, 1994, p.121-125.
- (2) 鹿島雅人, 城山博伸. CMOS力率制御用電源IC. 富士時報. vol.74, no.10, 2001, p.551-553.

