

## 論文

## 力率改善アダプタの開発

重松 宏志\*<sup>1)</sup> 長谷川 孝\*<sup>2)</sup> 金岡 威\*<sup>1)</sup> 三上 和正\*<sup>3)</sup> 小林 丈士\*<sup>1)</sup>

## Development of Power Factor Correction Adaptor

Hiroshi Shigematsu\*<sup>1)</sup>, Takashi Hasegawa\*<sup>2)</sup>, Takeshi Kanaoka\*<sup>1)</sup>, Kazumasa Mikami\*<sup>2)</sup>, Takashi Kobayashi\*<sup>3)</sup>

We developed a Power Factor Correction Adaptor for low power factor and low power consumption electronic devices. Normal electronic devices without Power Factor Correction function have a power factor of around 0.6. The developed adaptor results in a power factor of more than 0.9 and can be used for less than or equal to 50W devices. This means effective energy utilization and reduction of harmonics (electrical pollution).

キーワード：力率改善，力率，アダプタ，PSoC

Keywords：Power Factor Correction, Power Factor, Adaptor, PSoC

## 1. まえがき

国策としてクリーンなエネルギー活用が進展している今日でも，低消費電力の機器において，低力率（60%程度）の製品が出回っている。低力率の機器が増加すると，変電所等から供給される搬送電力の設備効率が低下するだけでなく，ひずみ電流が増加し他の機器への誤動作等の悪影響となる。

本研究では，OA 機器等の消費電力 50W 以下の電気機器を対象とした力率改善（90%以上）用のアダプタ装置を開発した。本開発品を活用することで，電力の効率化・クリーン化を図るとともに，電力線内のひずみ電流の減少や，周辺機器へのノイズ対策を図ることを目的とした。

## 2. 開発内容

**2.1 力率改善アダプタの概要** 力率改善アダプタは，力率改善回路，DC-DC コンバータ回路および DC-AC インバータ回路の三つの回路から構成される。各回路の動作を以下に説明する。

力率改善回路は商用電源（50Hz または 60Hz・単相・100V）を入力とし，直流 200V を出力する。DC-DC コンバータ回路は，力率改善回路の出力である直流 200V を入力とし，直流 125V を出力する。DC-AC インバータ回路は DC-DC コンバータ回路の出力である直流 125V を入力とし，擬似正弦波（55Hz・単相・100V）を出力する。

力率改善回路の制御用 IC としてオン・セミコンダクタ一社製 Power Factor Controller MC33260 を採用し，DC-DC

コンバータおよび DC-AC インバータ回路の制御用 IC としてサイプレス社の PSoC (Programmable System-on-Chip) を採用した。

なお，上記概要を表したブロック図を図 1 に示し，力率改善アダプタの外観図を図 2 に示す。

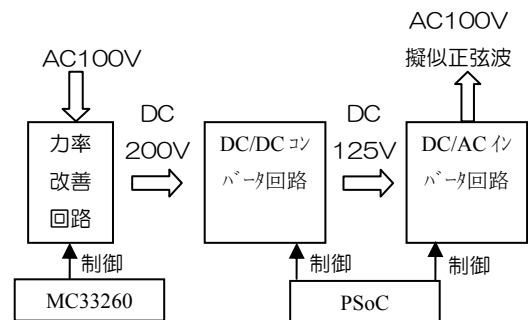


図 1. 力率改善アダプタの概要

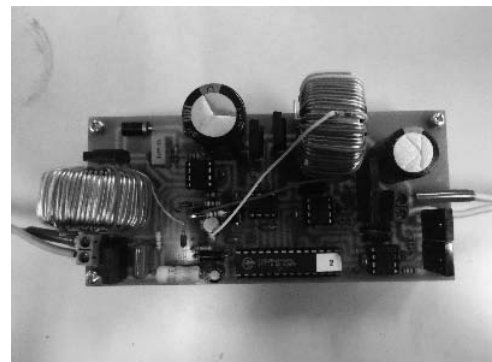


図 2. 力率改善アダプタの外観

\*<sup>1)</sup> 電子半導体技術グループ

\*<sup>2)</sup> 城東支所

\*<sup>3)</sup> 実証試験セクター

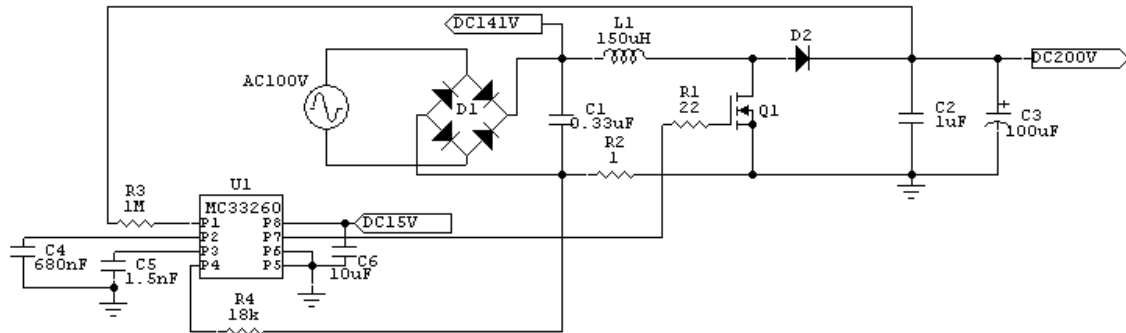


図3. 力率改善回路の回路図

**2.2 力率改善回路** 力率改善回路の回路図を図3に示す。L1, Q1, D2, C2およびC3からなる主回路は、昇圧チョッパ回路を形成している。主回路は、AC100VをD1で整流しC1で平滑化した波形を入力として、力率を改善しつつDC200Vを出力する。

主回路の制御はU1(2.1項で述べたMC33260)が行っている。U1は、R3を介して1番ピンに流入する電流で出力電圧をセンシングする。同時にR2に発生する電位差を4番ピンに取り込み、L1に流れる電流が0Aになる瞬間を検出している。この2つの情報を元に、7番ピンに15Vないし0Vを出力することで、Q1をオンオフし、力率改善しつつDC200Vを出力する。なお、C4はU1内部にある抵抗と組み合わせることで、ローパスフィルタを形成している。C5は内部オシレータ用のコンデンサである。R4はR2との組み合わせで、過電流保護機能を働かせる電流値を決定している。<sup>(1)</sup>

C1, L1, R2, R3, R4, C4, およびC5の値はMC33260のデータシートに基づき、入手性を勘案して決定した。アダプタの想定負荷消費電力50Wに対し、余裕を持たせ、力率改善回路の出力電力は80Wとした。またL1に流れる電流の過電流保護機能が動作開始する電流値を3.5A程度とした。

**2.3 DC-DCコンバータ回路** DC-DCコンバータ回路の回路図を図4に示す。Q2, Q3, L2, C10およびC11からなる主回路は、同期整流方式の降圧チョッパ回路を形成している。力率改善回路の出力であるDC200Vを入力とし、

DC125Vを出力する。

主回路の制御はU2(2.1項で述べたPSoC)が行っている。U3は、U2からの制御信号に基づき、Q2およびQ3のゲートを駆動している。D3およびC9は、Q2の駆動に必要なブートストラップ回路である。Q2とQ3でDC200Vを周波数50kHzでオンオフし、チョークコイルL2およびセラミックコンデンサC10と電解コンデンサC11で平滑化し、DC125Vを出力する。Q2およびQ3に貫通電流が流れないように、デッドバンドを約2 $\mu$ s設けている。

**2.4 DC-ACインバータ回路** DC-ACインバータ回路の回路図を図5に示す。Q4, Q5, Q6およびQ7からなる主回路は、フルブリッジ回路を形成している。DC-DCコンバータ回路の出力であるDC125Vを、AC100Vの擬似正弦波に変換して出力する。

主回路の制御は、DC-DCコンバータ回路を制御しているU2が、同時に行っている。U4は、U2からの制御信号に基づき、Q4およびQ5のゲートを駆動している。U5は、U2からの制御信号に基づき、Q6およびQ7のゲートを駆動している。Q4およびQ7が同時にオン動作をするとき、Q5とQ6はオフ状態にある。逆にQ5およびQ6が同時にオン動作をするとき、Q4とQ7はオフ状態にある。この2つの状態を55Hzの周波数で切り替える。切り替える際にQ4, Q5, Q6およびQ7が同時にオン状態にならないよう、また電圧実効値が100Vになるよう、デッドバンドを約2ms設けている。

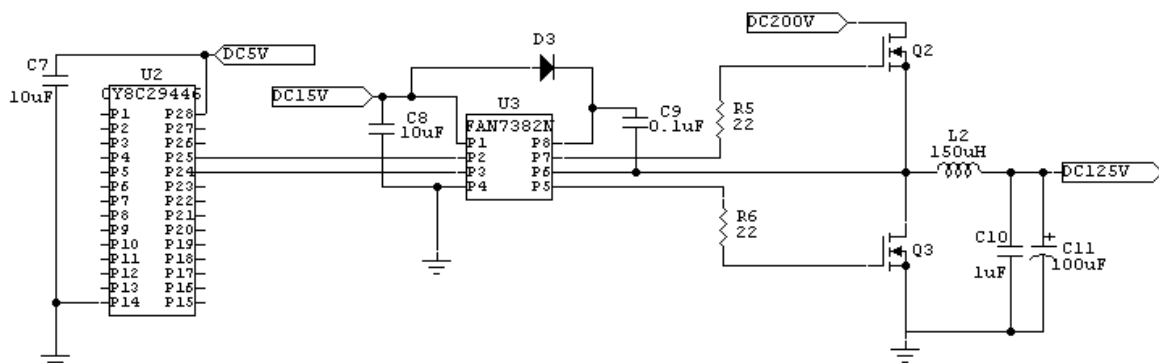


図4. DC-DCコンバータ回路の回路図

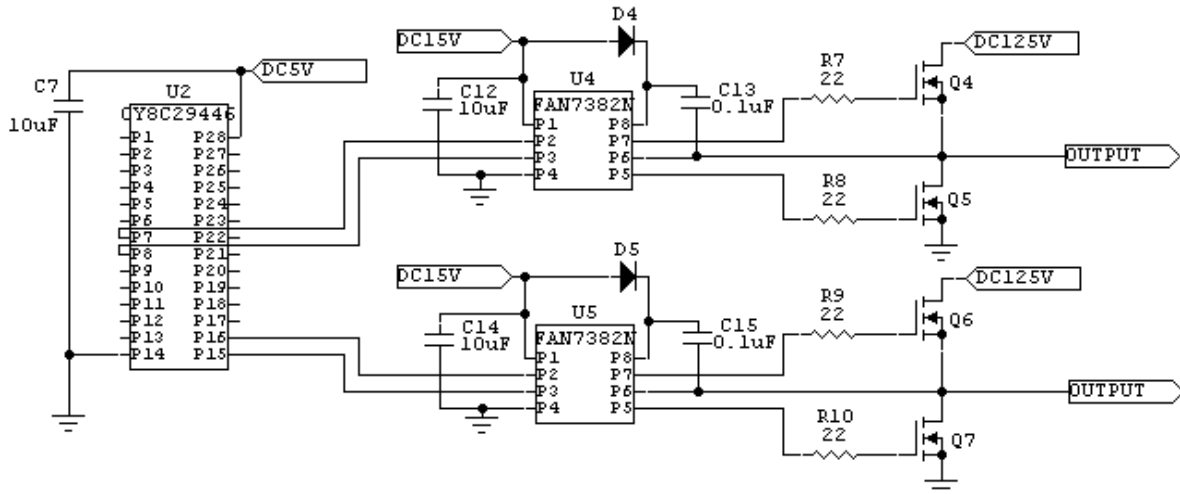


図5. DC-ACコンバータ回路の回路図

2.5 PSoCの内部構成 図4と図5で制御用ICとして示したU2 (PSoC) の内部構成を図6に示す。PSoCは、開発者がユーザーモジュールなる回路を指定し、配置配線することで、内部にアナログ・デジタル混在回路を形成できる。

24MHzのクロックを2分周した12MHzのクロックを、8ビットデッドバンドPWMなるユーザーモジュールに供給している。このユーザーモジュールは12MHzのクロックを240分周(50kHz)し、約71%のデューティ比の矩形波をPhase1に、その反転信号をPhase2に出力し、信号変化時にPhase1とPhase2がLowの状態を2μs作り出す。この部分がDC-DCコンバータ主回路を制御している。

32kHzのクロックを16ビットデッドバンドPWMなるユーザーモジュールに供給している。このユーザーモジュールは32kHzを582分周(約55Hz)し、約50%のデューティ比の矩形波をPhase1に、その反転信号をPhase2に出力し、信号変化時にPhase1とPhase2がLowの状態を約2ms作り出す。同時にデジタルバッファなるユーザーモジュールを介して各Phase信号を分岐している。この部分がDC-ACインバータ主回路を制御している。

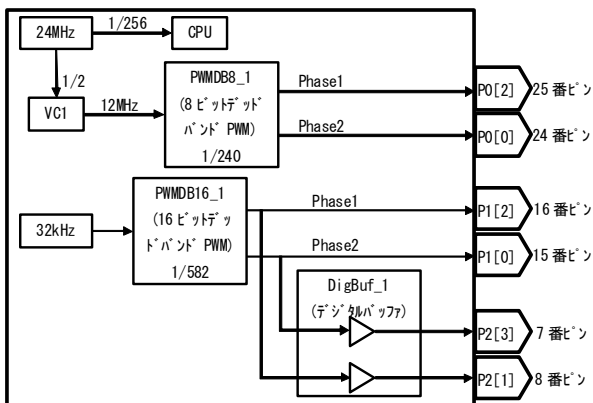


図6. PSoCの内部構成

2.6 制御用IC電源回路 制御用IC電源回路を図7に示す。L3およびL4は、図3のL1および図4のL2の外側に逆巻方向で11ターン巻き付けることによって形成されたコイルである。L3の5ターン目をD9およびR14を介してDC5Vに、11ターン目をD6およびR12を介してDC15Vに接続している。L4の5ターン目をD10およびR15を介してDC5Vに接続し、11ターン目をD7およびR13を介してDC15Vに接続している。

電源を投入すると、最初にDC141VからR11を介してDC15Vに電源供給され、U1が起動し力率改善回路が動き始める。これによりL3から電源供給が開始され、U2が起動しDC-DCコンバータ回路が動き始め、これを受けL4からも電源供給が開始され、以降U1およびU2に安定的な電源供給が継続的になされる。

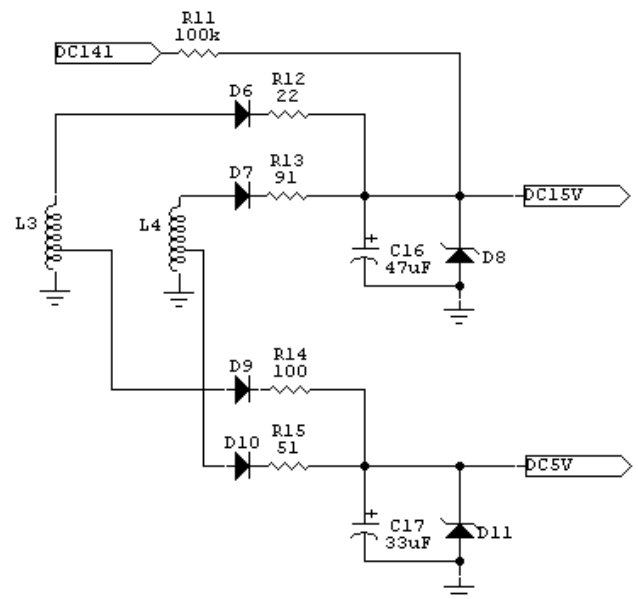


図7. 制御用IC電源回路の回路図

### 3. 結果

3.1 効率測定 スライダックで電圧調整した商用電源 AC100V・50Hz を測定用電源とし、摺動抵抗器を負荷として用いて効率の測定を行った。力率改善アダプタの出力電力が、10W、20W、30W、40W、および 50W になるよう摺動抵抗器を設定し、各出力状態で 5 分間放置した後、1 秒間隔で 1 分間効率測定を行った。得られた出力電力および効率の各 60 サンプル分を平均し、その値を元に描いたグラフを図 8 に示す。10W の時の効率は約 75%、20W の時の効率は約 84%、30W の時の効率は約 86%、40W および 50W の時の効率は約 87% である。データ測定には横河電機株式会社製 WT1600 を用いた。

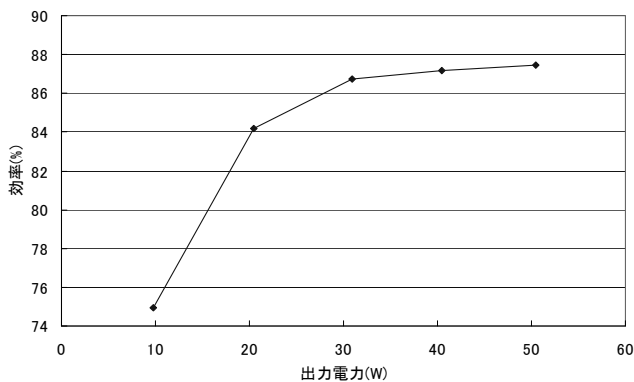


図 8. 出力電力と効率

3.2 LED 電球による力率改善の確認 スライダックで電圧調整した商用電源 AC100V・50Hz を確認用電源とし、LED 電球 2 個 (15.4W) を並列接続したものを負荷として、力率改善アダプタの効果を確認した。図 9 に LED 電球のみ動作させた場合の電圧波形と電流波形を、図 10 に力率改善アダプタを介し LED 電球を動作させた場合の電圧波形と電流波形を示す。

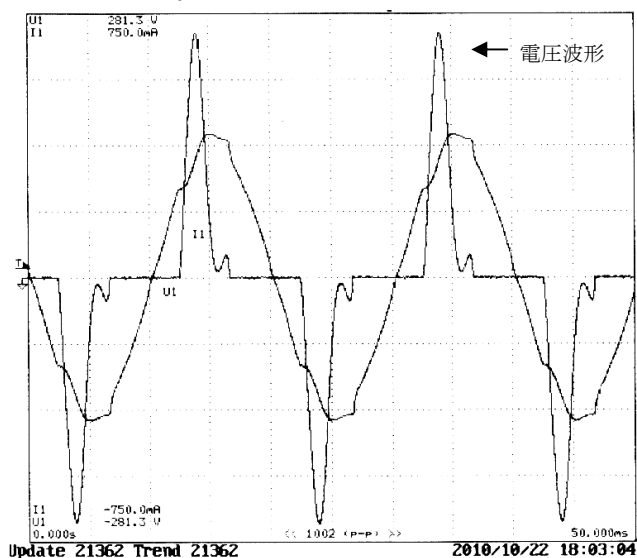


図 9. LED 電球のみ動作させた場合の電圧電流波形

図 9 の電流波形と図 10 の電流波形を比較すると、電流波形のひずみが改善されていることが確認できる。LED 電球のみ動作させた場合の力率は 0.6 であった。これに対し、力率改善アダプタを介し LED 電球を動作させた場合、力率改善アダプタの入力力率が 0.97 に改善された。なお、LED 電球のみ動作させた場合および力率改善アダプタを介し LED 電球を動作させた場合とも、5 分間放置した後、1 秒間隔で 1 分間測定を行った。得られた各 60 サンプル分を平均した値に基づいて力率を算出した。データ測定には横河電機株式会社製 WT1600 を用いた。

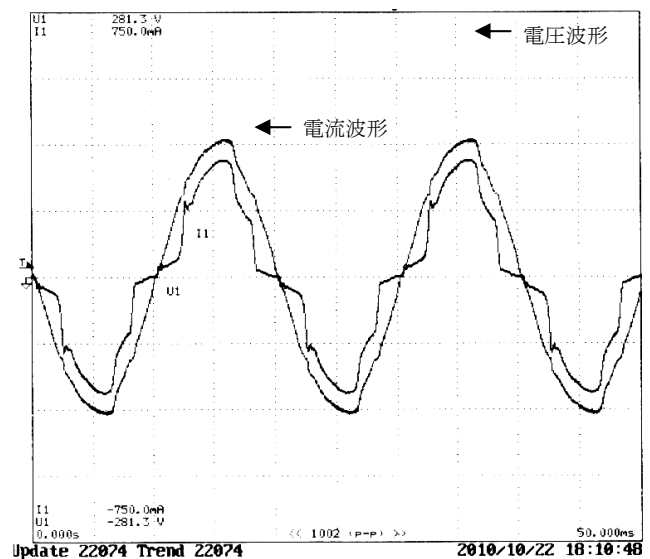


図 10. 力率改善アダプタを介し LED 電球を動作させた場合の電圧電流波形

### 4. まとめ

オン・セミコンダクター社製 Power Factor Controller MC33260 とサイプレス社の PSoC(CY8C29466-24PXI) をコントローラーとして、力率改善回路、DC-DC コンバータ回路および DC-AC インバータ回路の三つの回路から構成される力率改善アダプタを作成した。効率を測定すると、消費電力 10W のとき約 75%、消費電力 50W のとき約 87% であった。また力率約 0.6 の LED 電球を負荷とすると力率約 0.97 と力率改善されることを確認した。我が国では、低消費電力の機器において、低力率の製品が出回っている。今後安全対策、小型化、低コスト化を進めれば、これら力率改善機能を有しない電気機器にこのアダプタを用いることで、手軽に力率改善機能を付加できるようになると考える。(平成 23 年 5 月 18 日受付, 平成 23 年 6 月 23 日再受付)

### 文 献

- (1) Semiconductor Components Industries LLC: MC33260 GreenLine Compact Power Factor Controller: Innovative Circuit for Cost Effective Solutions (2009)