

# 高効率スイッチングユニットの開発

## Development of High-Efficiency Switching Unit

柳田佳廣\* 井上裕章\*

Yoshihiro Yanagida Hiroaki Inoue

### Abstract

Environment preservation is being increasingly required on global scale, making energy saving in their products an important subject to be addressed by power supply equipment manufacturers. Against this background, we have designed and developed a switching unit of high efficiency for power supply of mobile communication equipment.

The developed product has achieved an efficiency of 93 %, improving that of conventional products by more than 5 %. Moreover, a power factor of 99 % or more has been realized.

In terms of operability in combination with the monitoring and control equipment, the product compares favorably with conventional products.

## 1. はじめに

近年、移動体通信が急速に発展しているが、それらに必要な通信機等の機器にはバッテリーを装備して無停電化した電源装置が通常使われる。

弊社でもこれらの電源装置を数多く供給しているが、交流電力を受けて直流に変換する際に、ある程度の電力損失が発生している。

通常、交流の商用電源を直流に変換するスイッチング電源装置部の効率は90%弱で10%強の損失分が発生し、使用される装置台数が多くなると損失の絶対値も非常に大きくなる。

近年の環境保全への関心が高まる中、通信用電源装置の主要部であるスイッチングユニットの高効率化品を開発したので紹介する。

## 2. 高効率スイッチングユニットの設計と特長

主要な仕様は既に製品化した高力率型48V/100Aスイッチングユニット<sup>1)</sup>と同仕様とし、スイッチングユニットの効率向上に主眼を置き、93%以

上を達成できる回路設計を採用した。

高効率にすることにより損失が低減される。従来の効率88%以上から93%に向上することにより、ユニット1台当たり約350Wの無駄な消費電力が削減されることになり、ユニットが複数台搭載される電源装置ではランニングコストの低減にも大きく貢献でき、環境保全へも寄与できることになる。

### 2.1 ユニット目標仕様

表1にユニット仕様を示す。

### 2.2 高効率

高効率の実現のためには、要求される仕様を考慮し、最適な回路方式の適用と部品レベルでの低損失化が必要である。以下に示す各要素を検討する必要がある。

- (1) 回路方式、回路技術では主変換素子のスイッチング時の損失を低減するソフトスイッチング方式が上げられる。ソフトスイッチング方式として、L-Cで構成した共振回路を用い主変換素子のスイッチング時の電流または電圧波形を正弦波状し、電流または電圧がゼロの状態の主変換素子のオン、オフを行う準共振形がある。

なお、電流がゼロでの動作方式をZCS

\* 電源システム事業部 開発設計部

表1 ユニット仕様  
Table1 Specifications of the unit

項 目		仕 様	備 考
方式	変換方式	トランジスタスイッチング方式	
	冷却方式	風冷	
交流入力	相数・線数	三相・三線	
	定格電圧	200V/210V	
	電圧変動範囲	180V~231V	
	総合力率	99%以上	定格入出力時
	高調波含有率	3%以下	定格入出力時
直流出力	定格電圧	-53.5V	
	電圧調整範囲	-48V~-59V	外部からの設定信号による
	定電圧精度	±1.0%以内	
	定格電流	100A	
	垂下電流	105A	
	電流設定範囲	40A~105A	
	出力リップル	200mVpp以下	
	評価雑音	1mV以上	
効 率	93%以上	定格入出力時	
高 周 波 雑 音	VCCI class A		

(Zero-Current Switching), 電圧がゼロでの動作方式をZVS (Zero-Voltage Switching) と呼ばれる。一方, アクティブクランプ方式, ZVT (Zero-Voltage Transition) 方式に代表される主変換素子のスイッチオン, オフ時だけに共振動作する部分共振と呼ばれる方式がある。

- (2) 回路構成は容量 (約5.5kW) から2石フォワードコンバータ方式, フルブリッジコンバータ方式が上げられる。
- (3) 部品の低損失化については, 先ず主変換素子である半導体の低損失品の積極的な適用が考えられる。また, 変圧器, チョークコイルの適切な材料選定, 最適設計による損失低減が上げられる。

以上の要素検討を行った結果, 従来の2石フォワードコンバータ方式からフルブリッジコンバータ方式とし, 位相シフト方式と呼ばれるソフトスイッチング技術を適用し, ゼロ電圧スイッチング (ZVS) により効率の向上を計ることとした。

また, 高効率化のため, 冷却体などの体積が小さくなることから, ユニットサイズを従来品よりさらに小型化することを計画し, 横幅440mm, 奥行き

330mm, 高さ150mmを目標としている。

### 2.3 高機能化

従来品と同様にスイッチングユニットの制御部にマイコンを使用している。このマイコンで, スwitchングユニットと制御装置との通信を行い, 電源装置の操作性を高めている。主な通信内容は下記の通りである。

- (1) 出力電圧・電流状態  
スイッチングユニットの出力電圧, 電流
- (2) 出力電圧設定  
制御装置のキー操作により設定された各スイッチングユニットの出力電圧設定信号
- (3) 出力電流設定  
制御装置のキー操作により設定された各スイッチングユニットの出力電流設定信号
- (4) 警報出力  
各スイッチングユニットで発生している警報状態

制御装置と各スイッチングユニットはマルチドロップ伝送方式としている。制御装置をホストとし,

## 高効率スイッチングユニットの開発

このホストから各スイッチングユニットを呼び出し、データの送受信を行う、ポーリングセレクトイング方式となっている。

また、もし電源監視制御装置と送受信不能となった場合でも、電源装置が停止することがないように各スイッチングユニットの運転継続ができるシステムとなっている。

### 3. 回路方式について

今回のユニット回路構成は高力率AC/DC変換部(PFC部)とフルブリッジコンバータ方式DC/DC変換部の回路構成となっている。(図1参照)

従来のフルブリッジコンバータ方式での制御方式は図2のようにトランスの1次側電源を交互に入力するため対角のスイッチング素子を同時に駆動する信号(図2 A区間)を与えている。

これに対して、今回の方式は図3のようにトランスの1次側電源を交互に入力する動作は同じだが、意図的に対角のスイッチング素子に与える駆動信号にずれを設け位相シフトさせている。

このような方式は一般に位相シフトPWM制御方式と呼ばれている。

この位相シフトPWM制御を行うと、通常の対角スイッチング素子のONモード(図3 A区間)だけでなく、上部2個(図3 B区間)および、下部2

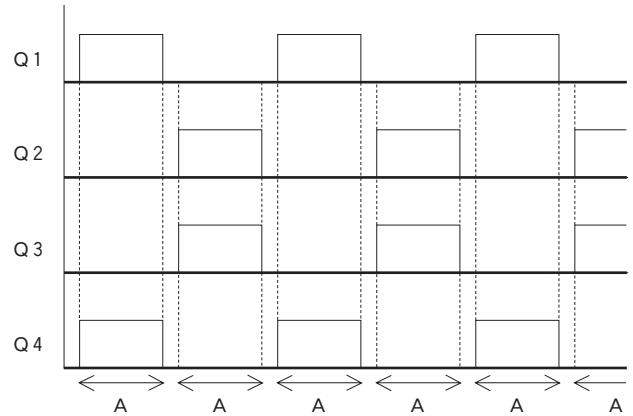


図2 従来から利用されているフルブリッジ型PWM信号  
Fig.2 PWM signal waveforms of full-bridge configuration in conventional use

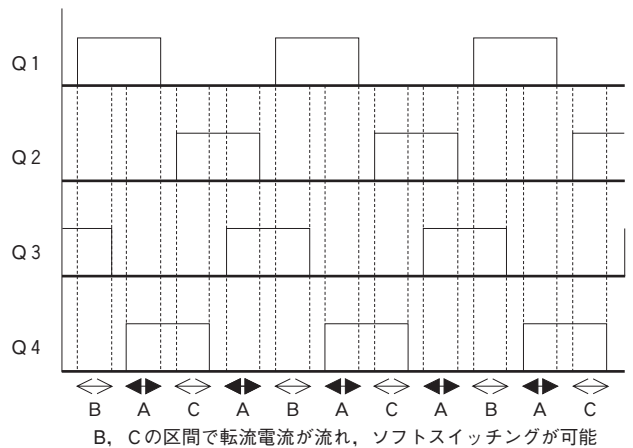


図3 位相シフト方式フルブリッジ型PWM信号  
Fig.3 Phase-shifted PWM signal waveforms of full-bridge configuration

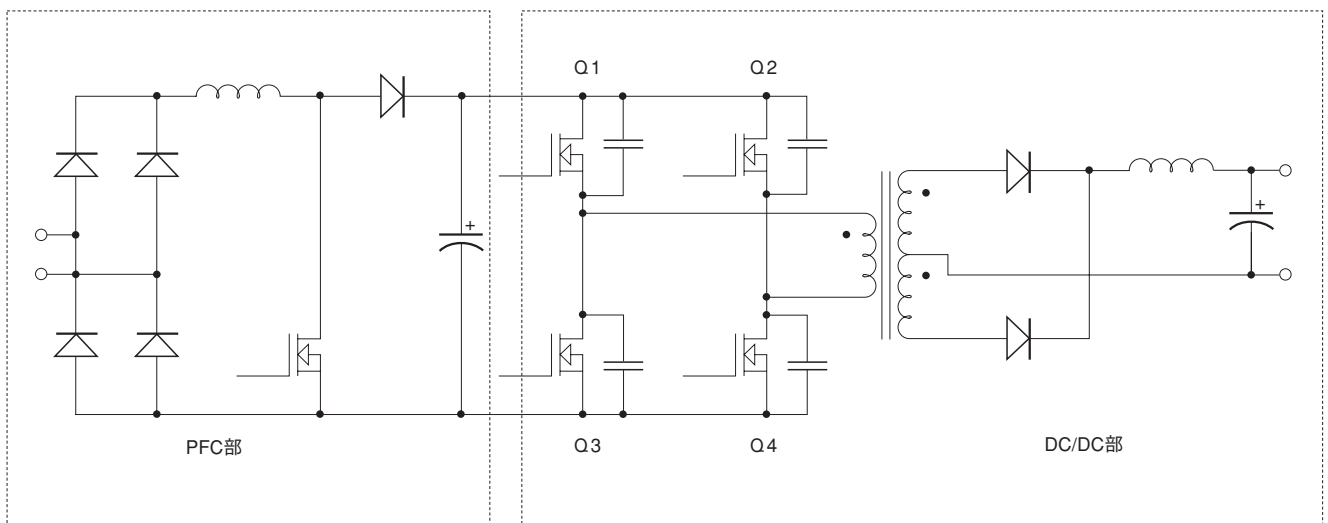


図1 ユニット構成  
Fig.1 Configuration of the unit

個 (図3 C区間) のスイッチング素子のONモードが発生する。

このB区間, C区間のスイッチング動作および, 各スイッチング素子に設けてあるスナバコンデンサにより, 各スイッチング素子のターンオンおよびターンオフ時のゼロ電圧スイッチングが可能となり, 高効率・低ノイズ化を行うことができる。

また, フルブリッジコンバータ方式であるため, トランスの利用率が上がり, 従来のフォワードコンバータ方式よりもトランスが小型化できる。

#### 4. 効率評価の結果

図4の構成とした試作機を製作し, 効率の測定を行ったところ, 図5に示すように入出力定格時で効率93.1%となった。また, 最大効率としては93.5%となり, 目標値93%以上を達成できた。

表2に現状のユニットと高効率ユニット設計値と実測値の効率を示す。実測値ではその他の損失分も

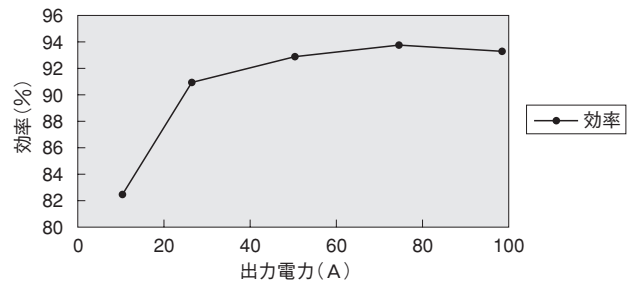


図5 効率曲線  
Fig.5 Efficiency curve

PFC部, DC/DC部に含まれているので単純比較できないが, DC/DC部の効率は従来のユニットより格段に向上しており, ほぼ設計値通りの効率となった。

#### 5. まとめ

今回作成した効率向上を目標とした開発機では, 目標効率を達成することが出来た。今後は開発されたスイッチングユニットを中心に高効率化を図りながら, 製品化に向けて寸法とコストに着目した開発を進める。移動体通信などに使用される通信機用電源の効率改善を通して, 運転コストの低減とともに, 環境保全により一層貢献できるようにしたい。

(参考文献)

- 1) 井上裕章, FBテクニカルニュース, No56, P71~75 (2000)

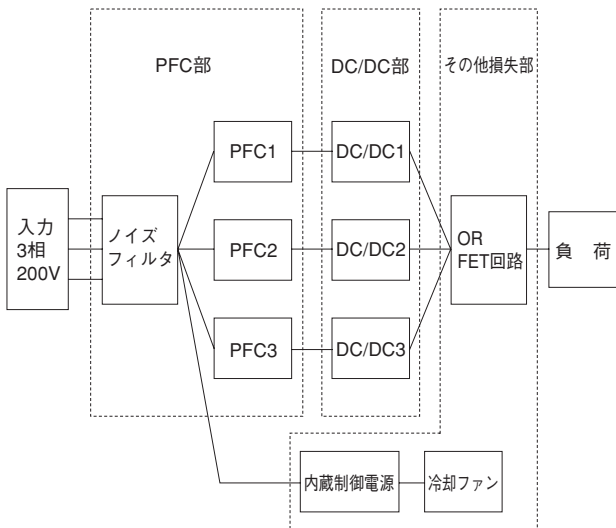


図4 試作ユニットブロック図  
Fig.4 Block diagram of prototype unit

表2 効率比較  
Table2 Efficiency comparisons

	従来ユニット	高効率設計値	高効率試作実測値
PFC部	96.9%	97.4%	97.2%
DC/DC部	93.5%	97.3%	97.5%
その他	97.1%	98.8%	98.5%
総合効率	88.0%	93.6%	93.3%