

次世代スイッチング電源の開発

Development of A Next-Generation Switching Power Supply

井上 裕章 *

Hiroaki Inoue

Abstract

Switching power supply accounts for a major share of DC power supplies for communication equipment due to its compact size and lightweight in comparison to those based on thyristors, while recent years have seen further requirements to reduce the size and weight. A new switching power supply of reduced size and weight has been developed to meet these requirements.

The new switching power supply unit has achieved reductions of approximately 40% in size and approximately 21% in weight, compared with the conventional unit. Moreover, a microcomputer has been employed in the unit controller to collaborate with the supervisory apparatus for the power supply system, so that close control has been enabled in addition to easy maintenance and diagnosis.

1. はじめに

近年、携帯電話を始めとした移動体通信は急速な普及が続いている。さらに来年度より、各通信事業者で、世界標準規格であり、データ通信を現在より高速化した次世代携帯電話サービス (IMT-2000: International Mobile Telecommunication 2000) が始まるうとしており、移動体通信は音声通話だけでなく、情報化社会におけるインターネットサービス用のモバイル向け端末として更なる普及が見込まれている。

この移動体通信に必要な基地局の交換機や通信機器等の設備には、高品質で安定した直流電力の供給が不可欠である。現在、このような通信機器用直流電源装置はサイリスタ方式と比べ小型・軽量、高性能なスイッチング式電源が主流である。このスイッチング式電源はユニット方式になっており、複数のユニットを並列接続することにより、様々な出力容量にすることが可能で、並列冗長 (n+1) 方式にする事で、信頼性を高める事ができる。また、電源装置の警報などの各種情報を処理する電源監視制御装

置と組み合わせることで、様々な機能を持たせることができる。

しかし、近年の移動体通信の普及に伴い、基地局設備の増設や、新設する基地局の小型化が求められており、通信機器用の電源装置は更なる小型・軽量化が求められている。

これらの要求に応えるため、低高調波、高力率、高信頼性等の高性能を維持しつつ、従来より更に小型・軽量化した新型スイッチング電源を開発したので紹介する。

2. スイッチングユニットの開発

スイッチング式電源装置では、電源装置にスイッチングユニットを複数台実装し、スイッチングユニットは体積、重量共に大きな割合を占めている。そこで、電源装置を小型・軽量化するためには、ユニットの小型化が有効であり、ユニットを新規に開発した。

2.1 開発コンセプト

開発コンセプトには、以下の項目に重点を置いた。

2.1.1 小型・軽量化

電源装置奥行き寸法 600mm に対応させる為、ユ

* 電源システム事業部 開発設計部

次世代スイッチング電源の開発

ユニットの奥行き寸法を 400mm 以下とする。

また、大人一人でユニットを運搬できるように、重量を 25kg 以下とする。

2.1.2 ユニットの制御部にマイコンを使用

ユニット制御にマイコンを使用することにより、ユニットに電源監視制御装置との通信機能を持たせる。また、マイコンを搭載することにより、部品点数の削減、配線工数の削減、試験工数の削減、その他多彩な機能を持たせることができる。

3. ユニットの構成

ユニットは交流電力を直流電力に変換する AC/DC コンバータ部と必要な直流電圧を得る為の DC/DC コンバータ部で構成されている。

ユニットのブロック図を図 1 に示す。

3.1 AC/DC コンバータ部

AC/DC コンバータ部には高力率回路（PFC: Power Factor Correction）を用いている。これは昇圧チョッパ回路で入力電流を入力電圧と同位相で相似形になるように高周波で制御することにより、高力率・低高調波を可能にしている。

3.2 DC/DC コンバータ部

DC/DC コンバータ部は AC/DC コンバータ部で得られた直流電力を、負荷に必要な直流電圧に変換する。変換方式はダブルフォワード方式である。また高周波で制御している為、高性能で安定した直流電力を負荷に供給することができる。

4. 新型ユニットの特長

新型スイッチングユニットの特長を以下に述べる。また、ユニットの仕様を表 1 に示す。

表 1 ユニット仕様
Table 1 Specifications of the power-supply unit

| 機種 | | 3相入力48V-100Aユニット |
|-------|--------|---------------------------------|
| 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 | 3相・3線 |
| | 定格電圧 | 200V/210V |
| | 電圧変動範囲 | 180V ~ 231V |
| | 総合力率 | 99%以上 |
| | 高調波含有率 | 3%以下 |
| 直流出力 | 定格電圧 | - 53.5V |
| | 電圧調整範囲 | - 56V ~ - 50V (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 | 110A以下 |
| | 電流設定範囲 | 40A ~ 110A |
| | 出力リップル | 200mVp-p以下 |
| 高周波雑音 | 評価雑音 | 1mV以下 |
| | 効 率 | 88%以上 |
| | 高周波雑音 | VCCI class A |
| 保護機能 | 過負荷保護 | 垂下制御にて保護 |
| | 重故障 | 出力電圧高、解列、温度保護、突入電流防止抵抗器焼損時に運転停止 |
| | 軽故障 | 出力電圧低、ファン停止、PFC故障時に運転継続 |

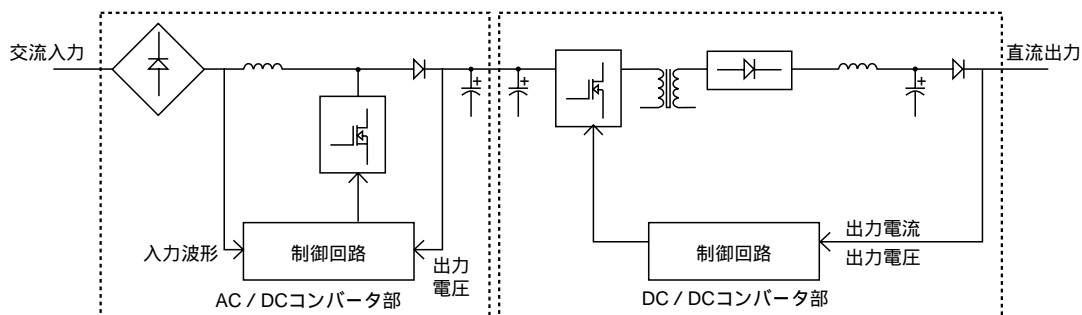


図 1 ユニットブロック図
Fig. 1 Block diagram of the power-supply unit

4.1 小型・軽量

スイッチングユニットを小型化するために、部品実装密度を向上させた。また、発熱する半導体を集中して配置して、冷却ファンによる冷却効率を上げるなどの部品配置を工夫することにより、少ないスペースを有効に活用すること、その他、使用する半導体素子を従来より低損失品に変更するなどの部品の見直しや、ユニット制御部にマイコンを使用することによる部品点数の削減などにより、小型化することが可能になった。

従来ユニットとの比較を表2に示す。また、新型スイッチングユニットを写真1に示す。

4.2 マイコンによる制御

ユニット制御にマイコンを使用することにより以下のような機能を持たせることが出来た。

4.2.1 通信機能

従来からスイッチング電源では、電源監視制御装置と通信を行い、ユニットの状態監視や、運転・停止の制御、出力電圧の設定などを行っていた。しかし、電源監視制御装置とユニット間で通信を行う場合、ユニット毎に通信用基板が装置に必要であり、そのための実装スペースが大きくなったり、配線工数が多くなる等の問題点があった。

表2 従来ユニットと新型ユニットの大きさの比較
Table 2 Comparison of the size between the conventional and new units

| | 従来のユニット | 新型のユニット | 新旧比 |
|------------|----------------------------|----------------------------|-----|
| 寸法 (mm) | (横幅×奥行き×高さ) 420×600×175 | (横幅×奥行き×高さ) 440×400×150 | 60% |
| 重量 | 31kg | 24kg | 79% |



写真1 スwitchingユニットの外観
Photo.1 Overview of Switching Unit

そこで、ユニット制御部にマイコンを使用し、ユニットにマルチドロップ伝送方式の通信機能を持たせ、ノイズ耐量、信頼性を向上させるために、信号変調、誤り検出を行っている。

通信形態は、ポーリングセレクトィング方式で行っている。すなわち、電源監視制御装置をホストとし、ホストから各アドレスを持ったユニットに対しデータの要求及び制御信号の送受信を行う。

通信内容は以下の通りである。

1) 出力電圧・電流の状態

各ユニットの出力電圧・電流の状態を電源監視制御装置に送信

2) 出力電圧設定信号

電源監視制御装置からユニットの出力電圧を一括して調整することが可能

3) 出力電流設定信号

電源監視制御装置からユニットの出力電流制限値を一括して変更可能

4) 警報状態

各ユニットの警報状態を電源監視制御装置に送信

ユニットに通信機能を持たせることにより、従来はユニットと電源監視制御装置間に必要だった通信用基板が不要となり、部品点数の削減、また、配線を削減することが出来た。

もし、電源監視制御装置と各ユニット間で通信不能となった場合にも各ユニットは運転を継続するように配慮した。万一、電源監視制御装置が故障しても負荷に電力を供給し続け、電源装置の出力が停止することは無い。

ユニットと電源監視制御装置間の接続図を図2に示す。

4.2.2 電流制限値の設定³⁾

従来、電源監視制御装置からの設定信号ではユニットの出力電圧の設定しか出来なかったが、今回新たに出力電流制限値(垂下電流値)の変更が可能になった。

従来は、電源装置起動時の発電機の負荷低減方法として、特定ユニットを停止することによって発電

機に負荷をかけないようにする台数制御方式が用いられていた。

それに対し新型スイッチング電源では、起動時にユニットの電流値を小さく制限することによって、ユニットが全数運転していても発電機の負荷は低減されている状態にし、台数制御と等価な動作をさせることが出来る。

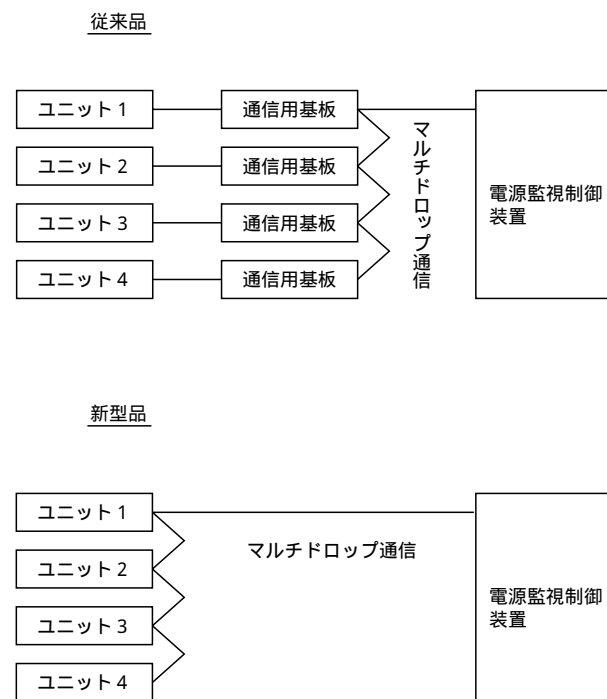


図2 ユニット - 電源監視制御装置の接続図
Fig. 2 Connection diagram of the power-supply supervisory system

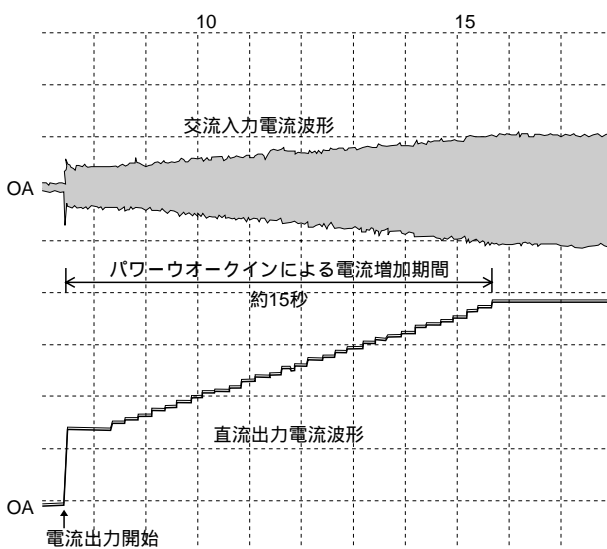


図3 パワーウォークイン機能
Fig. 3 "Power walk-in" function

また、電源監視制御装置で、制限開始電流値を設定することにより、起動時には制限開始時の電流値で起動し、数秒かけて徐々に設定された電流値まで出力電流制限値を徐々に増加させるパワーウォークイン動作をすることもできるので、発電機に負担をかけずに起動することが出来る。

パワーウォークインによる動作を図3に示す。図3から、ユニットが起動してから徐々に入力電流・出力電流が増加していることがわかる。

この電流制限方式のメリットは、ユニットを停止させないということにある。ユニットを停止させるモードがある場合、誤動作等、何らかの理由でユニットが全数停止した場合、最悪そのシステム全体を止めてしまう危険性がある。その点、電流制限方式は、ユニットを停止させないのでそのような危険性は無い。

以上のようにいかなる場合でも並列冗長方式を維持するため、信頼性を向上させることが出来た。

4.2.3 容易な操作性

従来、ユニットの内部設定をするためには十数ヶ所の調整箇所があったが、これをマイコンで処理させることにより、この調整を大幅に減らすことができ、ユニットの操作が容易になった。また、試験時間も大幅に短縮された。操作性が良くなり、ユニットの保守・点検が容易になったメリットもある。

4.3 低高調波（高力率）

ユニットのAC/DCコンバータ部にPFCを用いているので、高力率（力率=1）、低高調波（高調波電流3%以下）であり、入力高調波電流規制対策ガイドラインに対応している。そのために等価逆相電流が小さいので発電機容量の小型化が可能である。

4.4 出力電流分担機能

ユニットの出力電流を均等に分担する機能を有しているため、ユニットの並列台数が増えても各ユニットの電流はバランスする。この電流分担機能は電源監視制御装置には依存してなく、ユニットの独自制御なので、万一電源監視制御装置が故障しても電流バランスは保たれたまま運転を継続し、給電

が確保できる。

4.5 低ノイズ化

電源装置の設置される環境から、高周波雑音の発生を抑える必要があり、本電源装置は情報処理等電波障害自主規制協議会の規格、VCCIのA種に適合している。

4.6 逆流防止にMOSFETを使用

蓄電池からの逆流電流を防止する為にMOSFETを使用している。このために従来のダイオードによる逆流電流防止と比較して、低損失としている。

4.7 19インチラック対応

ユニットは19インチラックに実装が可能となる構造になっており、負荷の増加に応じてユニットを増設することができる。また、ユニットの冷却ファンは前面にあり、冷却風を前面から引き込む方法を取っているため、ユニットを段積みでき、高密度な実装が出来るため、省スペース化が可能になる。

4.8 保守・点検の容易化

ユニットと電源装置本体とはユニット背面のコネクタにより一括して嵌合されるので、ユニットの交換の保守・点検が容易である。また、ユニット前面に電圧・電流チェック端子を備えているので、ユニットの運転状態を容易に点検することができる。ユニット冷却ファンはユニット前面に配置されているので、ファンの交換も容易である。

5. まとめ

スイッチングユニットを小型化することにより、従来の電源装置と比較し、小型・軽量化を達成することができ、また小型化しながらも従来の電源装置



写真2 スwitchング電源装置の外観
Photo.2 Overview of New SW Power Supply

よりも高性能な装置を製品化することができた。新型スイッチング電源を搭載した電源装置の外観を写真2に示す。

この新型スイッチング電源は、生産と販売部門が一体となって情報収集し、お客様のニーズに合った開発を行い製品化したもので、現在多くのユーザーから大変良い評価を頂いている。

今後は、電源ユニットの更なる小型化を図ると共に、ユニット制御のマイコン化を他機種にも適用していく計画である。

(参考文献)

- 1) 井上裕章「直流電源装置DP5000シリーズの開発」(テクニカルニュース 1998.1.1 / No.52)
- 2) 黒崎豊, 井上裕章, 高橋清「ブロック型スイッチングユニットとマルチドロップ伝送方式」(テクニカルニュース2000.1.1 / No.55)
- 3) 日本特許出願中