

移動体通信基地局用直流電源装置の開発

DC Power System for Mobile Communication

山田幸生* Sachio Yamada 正木克治* Katsuji Masaki 柳田定春* Sadaharu Yanagita

携帯電話の市場拡大による移動体通信基地局の増加に対応するため、出力容量10.8kWの移動体通信基地局用直流電源装置を開発した。

課題であった高効率化と力率改善および小形・軽量化において、定格運転時で力率0.98以上、総合効率87%以上の性能を確保し、装置の外形は幅480mm×奥行400mm×高さ600mm、質量は55kg以下を可能にした。

また、前面保守構造にして設置工事の簡素化と保全性の向上を実現した。

The demand of mobile phone has been increasing and the market of mobile communication system is also expanded. To meet such new market, we have developed the 10.8kW Output DC Power System. It has excellent capability with high energy efficiency more than 87%, power factor over 0.98 and dimension of this system is W480mm x D400mm x H600mm and weight is less than 55kg. This system can be easy to install and maintain by front side maintenance structure.

〔1〕 緒 言

近年携帯電話にはGPS機能、プリペイドカード機能など多くの機能が付加されている。これら携帯電話の多機能化により、日本の携帯電話の契約数は、2003年8月時点での7,800万件が2006年7月時点では9,325万件（(社)電気通信事業者協会統計）と大きな伸びを示している。この数字が示す通り携帯電話は、その多機能性と利便性から、成人のみでなく子供から老人に至るまで日常の生活に不可欠な存在となっている。

この携帯電話を支える移動体通信基地局は情報インフラの重要な一部になっており、移動体通信基地局の総数は総務省によれば、2005年度で前年同期比18.3%増の10万9,976局になっている。

さらに、携帯電話番号ポータビリティの導入により移動体通信事業各社はサービスエリアの拡大（移動体通信基地局の増設）に注力している状況である。

当社は、移動体通信基地局用電源装置を1998年より上市し、交流無停電方式で500～1500VA¹⁾、また直流方式で600～5000W²⁾の電源装置を製品化してきた。

今回、移動体通信基地局用として出力容量10.8kWの直流電源装置の開発に着手したが、移動体通信基地局では設置スペースに十分な余裕がないため、電源装置にも厳しい寸法・質量の制約が要求されている。

すなわち、移動体通信基地局用直流電源装置の条件として
(1) 小形・軽量で、搬入、据付が容易であること
(2) 高効率、高力率で消費電力が小さいこと
(3) 無線機設備増設に対応した直流電源装置の容量アップが容易であること
などがあげられる。

今回、これらの条件に対応した移動体通信基地局用直流電源装置（以下、開発品と言う）を開発したので、以下にその技術内容を報告する。

*埼玉事業所 ME部

〔2〕開発品の基本構成と動作

図1は一般的な直流電源装置の回路構成である。

交流入力には交流ラインフィルタを通して全波整流回路で整流される。交流ラインフィルタは、入力電源ラインから侵入するノイズと電源内部で発生し、入力へ帰還するノイズ（主にインバータ回路で発生するスイッチングノイズ）を抑制するためのものである。

全波整流回路で整流された脈流電圧は、平滑回路内の電解コンデンサで平滑化された直流電力としてインバータ回路に供給される。

この直流電力はインバータ回路でパルス上の交流電力に変換され、トランスによる絶縁と任意の電圧への変圧を行ったのちに、トランス2次側の整流平滑回路でふたたび直流電力に変換される。

制御回路はこの直流電圧の帰還を受け、整流平滑回路の電圧が一定になるようにインバータ回路のスイッチング素子をON/OFF制御するものである。

こうして安定化された直流電力が直流ラインフィルタでスイッチングノイズを取り除かれたのちに負荷へ供給される。

〔3〕開発の課題

3.1 電力変換における課題

一般的な直流電源装置の場合、交流入力を直流電力に変換したのちにインバータ回路でパルス状の交流電力に変換し、再度これを整流平滑回路により直流電力に戻す電力変換動作を行う。いったん直流電力としたのち、後段のインバータ回路でふたたび直流/交流変換を行うことにより、スイッチング周波数を商用周波数より高周波とすることができる。高周波でスイッチングを行うことでトランスを小形化できる利点

がある反面、スイッチングノイズやサージの発生、交流/直流変換の際の力率悪化や、スイッチング損失による効率が低下するという問題がある。

図1では、全波整流した脈流電圧を平滑回路内の電解コンデンサにより平滑化している。

この場合、電解コンデンサへはパルス状の電流が流れることになる。このパルス状の電流は有効分が小さく、皮相電力が大きくなり、力率を著しく悪化させる。また、高調波成分を多く含んだ歪み波交流電流となる。力率は有効電力の皮相電力に対する比であるので、力率の悪化はそれだけ電力の無効分が大きいことを意味する。

高調波成分は、電力系統に接続された機器の動作に悪影響を与え、誤動作や発熱などを引き起こす原因となる。

したがってこれらに対処するため、整流平滑時の電流波形を正弦波にして高調波成分の発生を抑制する処置が必要となる。開発品では、整流平滑時の電流波形が正弦波となるように動作する力率改善回路を全波整流回路に加えた図2に示す回路構成とすることで高調波成分の発生を抑制している。

また、スイッチングの際に発生するノイズやサージが周辺機器に及ぼす電波障害に対して、これらを規制するガイドラインがVCCI^{*1)}により制定されている。

開発品の場合、商工業地域での使用機器を対象としたVCCI-A種^{*2)}の規制がこれにあたる。

VCCI-A種の規制値を満足するためには、高周波制御によりスイッチング素子やトランスなどの部品を小形にし、部品個々の電力損失を小さくするとともに、部品や配線のインピーダンスなど、スイッチング回路全体を低インピーダンスにしてノイズを抑制することが重要になる。

※1) VCCI: Voluntary Control Council for Interference by Information Technology Equipment 情報処理装置等電波障害自主規制協議会

※2) VCCIでは装置の使用地域によって商工業地域をA種、住宅地域をB種とし、それぞれに発生するノイズの許容値を制定している。

図1 一般的な直流電源装置の回路構成

Fig.1 Circuit Structure of General DC Power System.

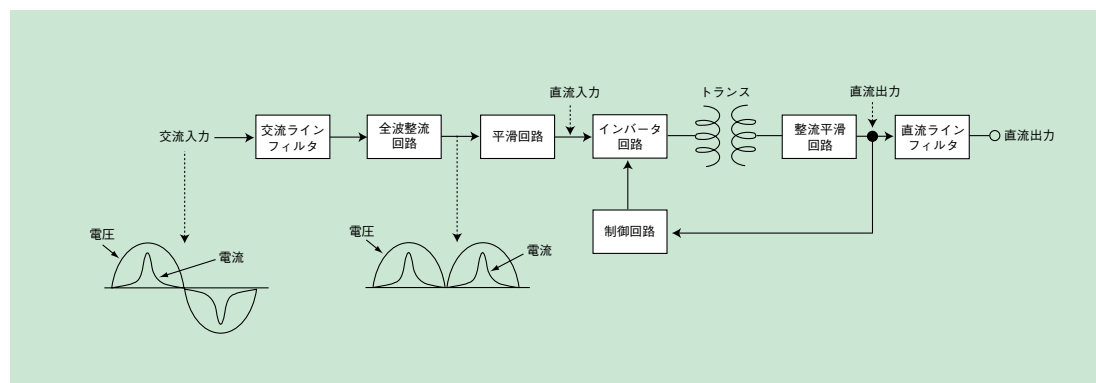
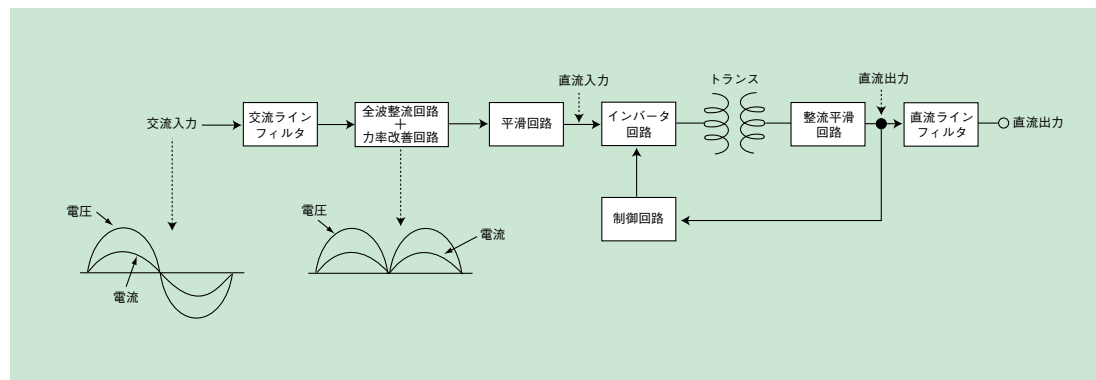


図2 力率改善回路を用いた直流電源装置の回路構成

Fig.2 Circuit Structure of DC Power System using Power Factor Correction Circuit.



3.2 設置環境における課題

開発品は移動体通信基地局内の無線機や周辺機器を収納する19インチラックに設置して使用される。移動体通信基地局では、携帯電話の多機能化などにより負荷機器の必要電力が増大してきており、移動体通信基地局用直流電源装置は出力容量のみならず、大容量の分岐回路に対応する必要がある。また、移動体通信基地局では設備の増設や保守点検が前面に限られる場合も多い。このようなことから、移動体通信基地局に設置する電源装置には大出力容量でありながら、小形・軽量で、設備増設・保守が前面から可能な製品とすることが要求される。

〔4〕開発の指針と課題への取り組み

4.1 開発の指針

前述の課題に対して次のような指針で開発にあたった。

- (1) 整流平滑時の電流波形の改善と部品個々の電力損失低減により、定格運転時で力率は0.98以上、総合効率は87%以上とすること。
- (2) 19インチラックにスイッチング電源ユニットを4台搭載可能な寸法とし、高さ方向は電源ユニット部および受配電部を含めた合計で600mm以下、質量は55kg以下とすること。

図3に開発品の単線結線図を示す。図3中の一点鎖線が電源ユニット部、点線で示す範囲が受配電部である。

4.2 課題への取り組み

(1) 力率の改善

力率の改善方法としては、チョークコイルにより電流の波高値を抑え、電流の導通幅を広げるチョークインプット方式のパッシブフィルタ、リアクトルとスイッチ素子を組み合わせて電流波形を正弦波状に改善する方式のアクティブフィルタ³⁾がある。

パッシブフィルタは、構造が簡単である反面、十分な力率改善効果を得ようとした場合、チョークコイルが大きくなり、質量も増大し、小形・軽量化に不利である等の欠点がある。

一方、アクティブフィルタは回路が複雑で部品点数が増え

るが、高周波スイッチング制御により電流を正弦波にできることと、回路を小形化できることから、開発品ではアクティブフィルタの方式を採用した。

図4に代表的な三相電源の力率改善回路例を示す。スイッチング素子を使用して、三相全波整流回路を構成し、このスイッチング素子を高周波でON/OFF制御する。スイッチング電流の三角波のピークが正弦波を描くようにスイッチング素子をON/OFF制御し、リアクトルを介して平滑することで、入力電流を正弦波にすることができる。

図5はリアクトル電流波形を示したものである。開発品では、このON/OFF制御のスイッチング周波数を人間の可聴

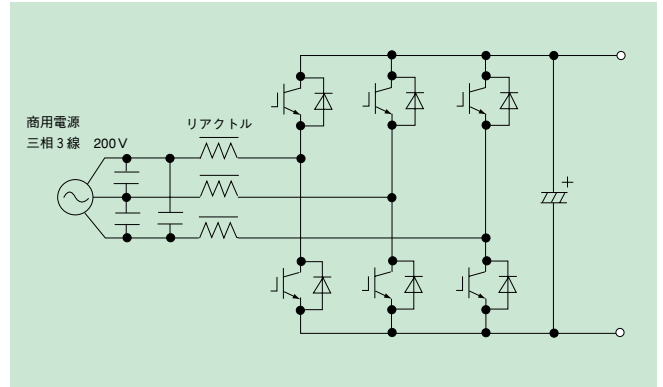


図4 三相電源の力率改善回路例

Fig.4 For Example Power Factor Correction Circuit of Three Phases.

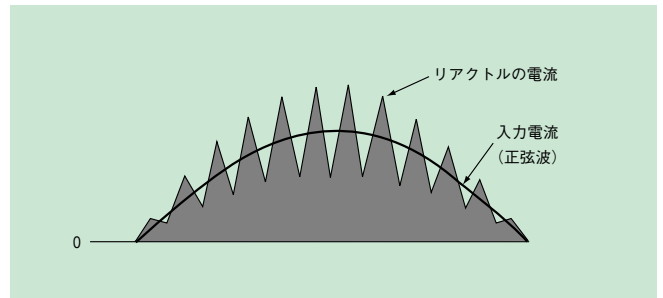


図5 リアクトルの電流波形

Fig.5 Waveform of Current Routed Reactor.

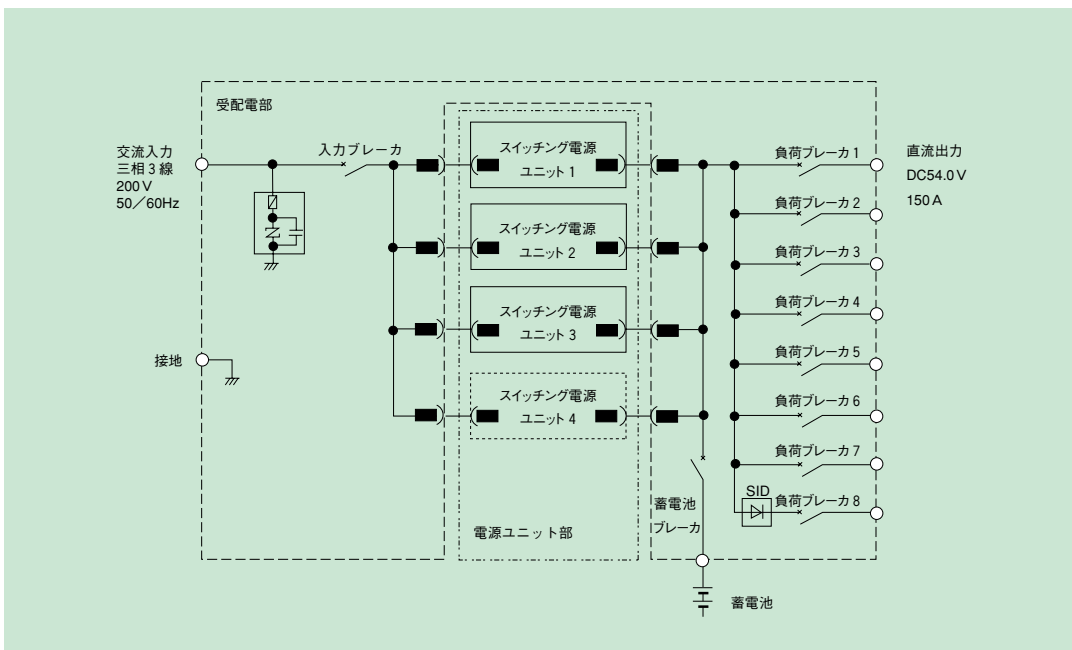


図3 開発品の単線結線図

Fig.3 Oneline Diagram of Developed Product.

帯域を避け、かつスイッチング回路を小形・軽量化する意味から22kHzとして、力率の改善とともに高調波電流を大幅に低減している。

(2) 小形・軽量化

スイッチング電源ユニット部では、前述の力率改善回路の採用による装置の小形化のほか、インバータ回路の絶縁トランスには大容量トランスを用いず、三つの小容量トランスを並列使用し、トランス二次側の直流部で出力を組み合わせる回路構成を採用することで、部材のトランスコアには入手が容易な民生品のトランスコアを使用することが可能となり、小形化した個々のトランスをプリント基板へ実装することで省スペース、省配線化を実現できた。この回路構成を図6に示す。

また、スイッチング回路を50kHzにて高周波スイッチング制御することで、小容量トランス自体も小形化するとともに、スイッチング回路の部品の見直しを行い、低損失な回路とした。

構造面では前面操作と前面保守を可能とするために、受配電部に扉方式を採用し、小容量の負荷分岐用遮断器は扉に、端子部を扉奥に立体配置することにより、受配電部の小形化を実現した。

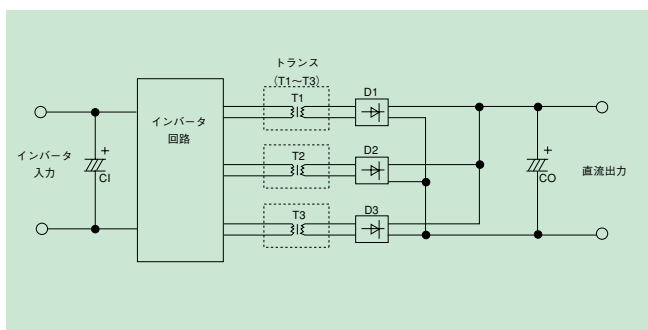


図6 直流出力の回路構成
Fig.6 Circuit Diagram of DC Output.

また、電源ユニット部および受配電部を一体化させた構造とし、19インチラックに容易に搭載可能なように装置全体の軽量化を図った。

[5] 外観、構造

図7に開発品の本体外形を、図8に開発品の外観写真を示す。寸法は幅480mm×奥行400mm×高さ600mm、質量はスイッチング電源ユニットを除いた本体単体で17.5kg、スイッチング電源ユニット3ユニットを実装した状態で42.1kg、4ユ

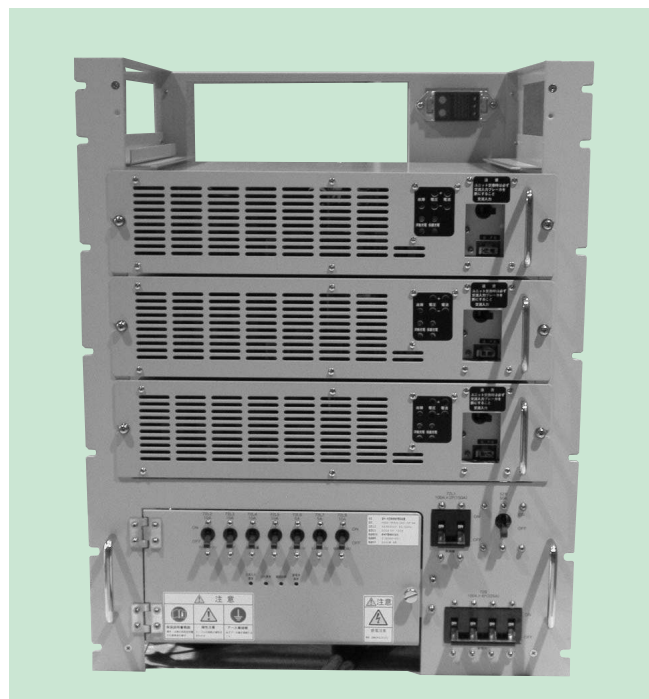


図8 開発品の外観
Fig.8 Appearance of Developed Product.

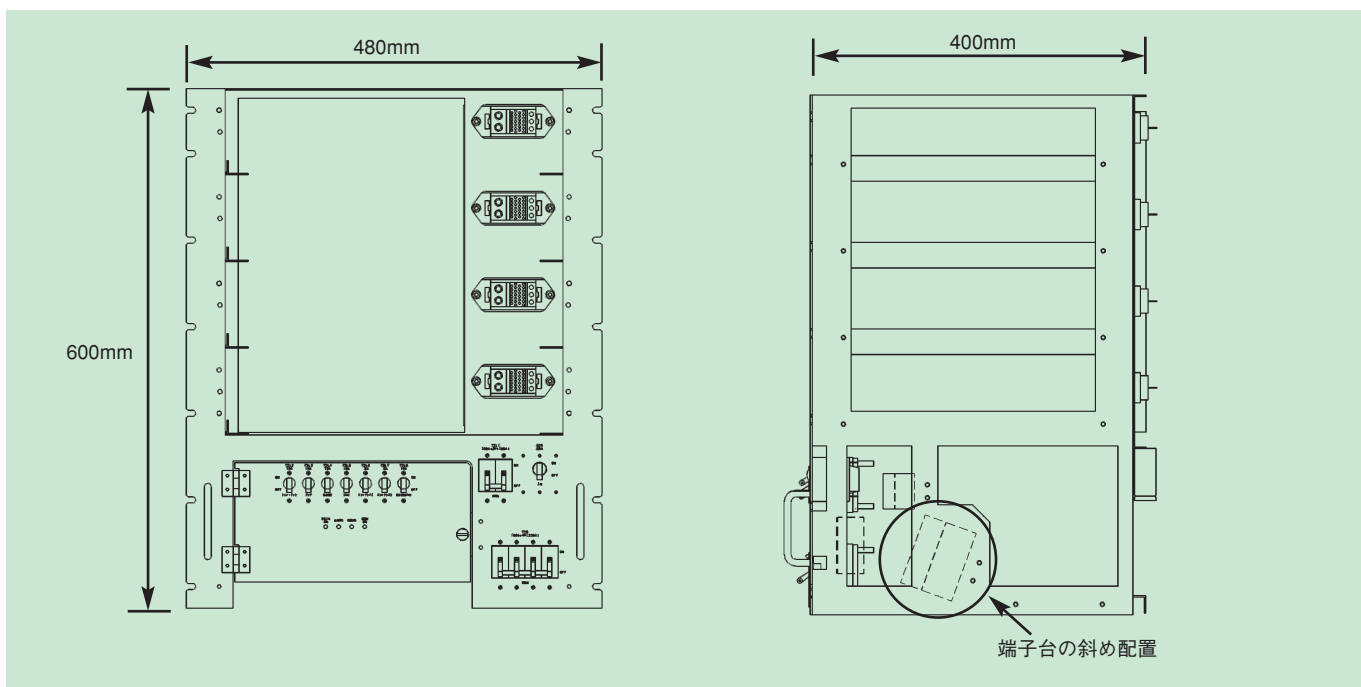


図7 開発品の本体外形図
Fig.7 Outline of Developed Product.

ニット実装時で50.3kgである。

また、スイッチや端子台は前面に配置し、取り扱いや操作性を向上させた。

比較的太いケーブルが配線されることになる入出力端子台は水平面から傾きを持たせた配置として、負荷機器配線時の配線曲げ、端子部へのストレスを少なくする構造とした。また、ケーブルサポートを標準添付し、装置底面の取り付け穴を選択することで、ケーブルサポート取り付け位置を可変できる構造とするなど、施工時の利便性を高めた製品とした。

開発品は4台までスイッチング電源ユニットを実装可能な構造としたが、装置最上部は将来設備増設用の予備スペースとして、3ユニットの実装を標準としている。図9にスイッチング電源ユニットの外観を示す。寸法は幅420mm×奥行350mm×高さ96mm、質量は8.2kgである。



図9 スwitching電源ユニットの外観
Fig.9 Appearance of Switching Unit.

表1 開発品の標準仕様

Table 1 Standard Specifications of Developed Product.

項目		定格および特性	特記	
定格出力容量		8.1 kW	3ユニット実装時(4ユニット実装時:10.8 kW)	
方式	制御	三相全波整流高周波スイッチング		
	冷却	強制空冷		
	並列接続	n+1	最大4ユニット実装可能	
交流入力	相数	三相3線		
	定格電圧	200V		
	電圧変動範囲	180~220V		
	周波数	50/60 Hz		
	周波数変動範囲	47~63 Hz		
	入力容量	9.9 kVA 以下	3ユニット実装時(4ユニット実装時:13.2 kVA 以下)	
	力率	0.98 以上		
直流出力	定格電圧	54.0 V		
	定電圧精度	±2%以下		
	定格電流	150 A	3ユニット実装時(4ユニット実装時:200 A)	
	最大垂下電流	150 A + 5%, -0%	3ユニット実装時(4ユニット実装時:200 A + 5%, 0%)	
	垂下特性	垂直		
総合	総合効率	87%	定格運転時	
	騒音	55 dB以下	装置前方1 m	
	寸法	幅	480 mm	
		高さ	600 mm	
		奥行き	400 mm	
	質量	45 kg 以下	3ユニット実装時(4ユニット実装時:55 kg 以下)	
	環境	温度	-5~+45°C	
		湿度	30~90%	
	適用規格	VCCI-A 標準拠 他		

表2 入出力特性試験結果

Table 2 Result of Input-Output Characteristics Experiment.

項目	試験条件		測定項目						
	入力電圧	負荷条件	入力電流 (A)	入力電力 (VA)	力率 (%)	出力電圧 (V)	出力電流 (A)	出力電力 (W)	効率 (%)
開発品	AC 200V	定格負荷	26.0	9006	99.9	53.3	150	7995	88.7
仕様値	AC 200V	定格負荷	28.5 以下	9900 以下	98 以上	52.92~55.08	150~157.5	7938~8675.1	87 以上

[6] 性能, 特性

開発品の標準仕様を表1に、入出力特性試験の結果を表2に示す。

力率、効率とも定格運転時において仕様値を満足する良好な結果を得た。

図10はスイッチング電源ユニットの交流入力電圧-交流

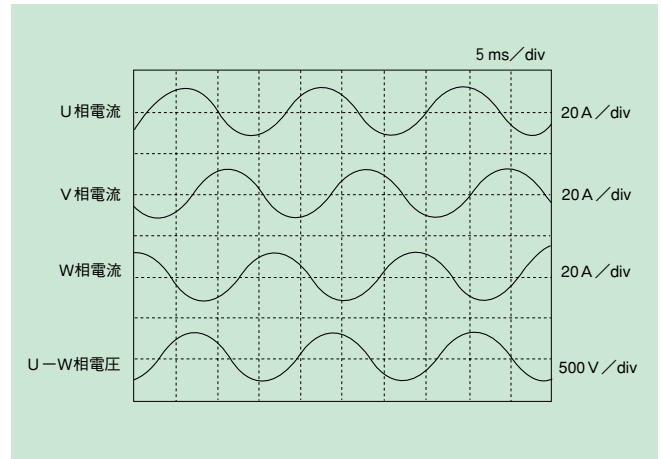


図10 スwitching電源ユニットの交流入力電圧-交流入力電流波形

Fig.10 Waveform of AC Input Voltage - AC Input Current of Switching DC Power Supply.

入力電流波形である。電流波形はいずれも正弦波になっていることが分かる。

図11は開発品のVCCI試験における端子雑音電圧の測定結果を示したものである。開発品はVCCI-A種の規制値を満足していることがわかる。

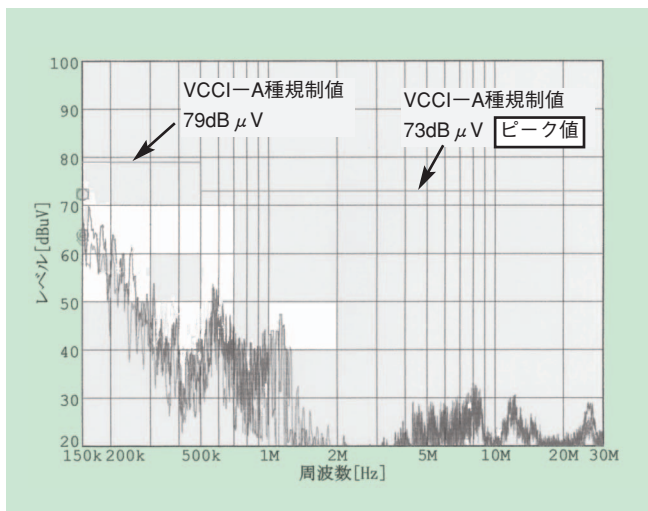


図11 雑音端子電圧の測定結果
Fig.11 Test Result of Main Terminal Interference Voltage.

〔7〕 結 言

移動体通信基地局用直流電源として、以下の特長を有する直流電源装置を開発した。

- (1) 力率改善回路と低損失スイッチング回路により、出力容量10.8kWで定格運転時に力率0.98以上、総合効率87%以上の性能を確保した。
- (2) 高さ600mmの19インチラックにスイッチング電源ユニットを4台実装可能、質量は42.1kg（3ユニット実装時、4ユニット実装時は50.3kg）で、小形、軽量化を実現した。また、スイッチや端子台の前面配置により、取扱いおよび操作性を向上させた。

今後は防災行政無線等、他分野への応用展開に取り組み、製品の拡充を進めていく予定である。

〔参考文献〕

- 1) 宮地浩明 他：通信用小型UPSの開発，新神戸テクニカルレポート，No.11，p.21（2001）。
- 2) 柳田定春 他：通信用小形直流電源装置の開発，新神戸テクニカルレポート，No.14，p.25（2004）。
- 3) 佐藤守男：スイッチング電源設計入門，日刊工業新聞社，p.76（2000）。