

新系列 MOSFET 式中容量 UPS

山形 繁男(やまがた しげお)

一木 敏(いちき さとし)

清水 敏久(しみず としひさ)

① まえがき

急速に進展している高度情報化社会において、その中枢部を支えるコンピュータシステムや情報ネットワークシステムなどに高信頼性、高品質の安定した電力を供給する電源装置として、CVCF インバータにバッテリーを接続した静止形無停電電源装置 (UPS) が広く普及している。

特に、近年のコンピュータの進歩 (小形化、高性能化) や普及は著しいものがあり、従来の大形汎用コンピュータ並みの能力を持ったコンピュータが小形化されて、一般のオフィスなどにも設置されるようになってきた。

これに伴い、UPS もコンピュータのそば、つまり一般のオフィスやコンピュータ室などに設置できるものが要求されるようになってきた。

今回製品化した、新系列MOSFET式中容量UPS「UPS 600-043/063」は、高性能化、操作性の良さ、低騒音化、コンパクト化を実現したUPSであり、最近の幅広い無停電化のニーズにこたえるものである。

本稿では、UPS600-043/063の概要を紹介する。

② 特長

UPS600-043/063は、下記の特長を持っている。

(1) コンピュータ負荷に100%適合

スイッチング素子としてパワー MOSFET を採用し、瞬時電圧制御機能を備えた高周波 PWM 制御を行うことにより、スイッチングレギュレータなど高調波が多くピーク電流の大きなコンピュータ負荷時でも、出力電圧を正弦波に保ちながら、出力定格の100%容量まで給電することができる (整流負荷100%時、出力電圧ひずみ率5%以下)。

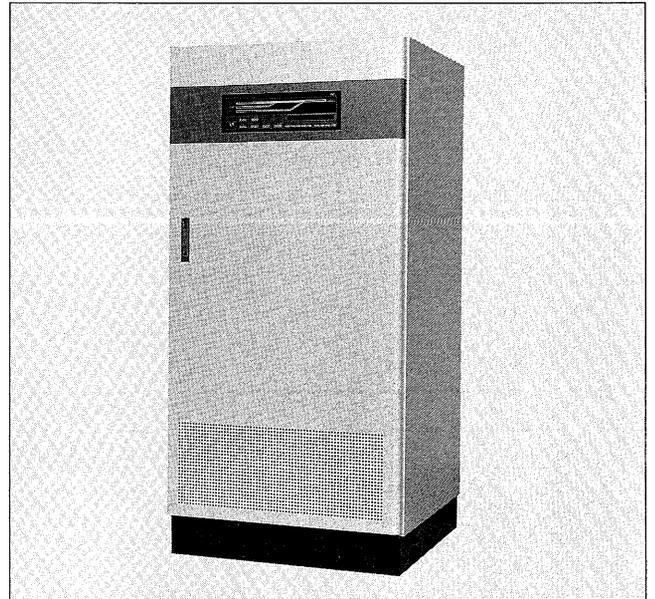
(2) 100%負荷急変対応

負荷急変 (0 ↔ 100%) にて出力電圧変動 ± 5% 以下とし、負荷の起動突入電流などに強くした。

(3) 不平衡負荷に強い

三相出力の UPS600-063は、極端な三相不平衡負荷 (一線間のみ定格線電流の単相負荷を接続) 時でも、出力電圧

図1 UPS600-063 50kVAの外観



N89-5799-5

アンバランスを ± 3% 以下としたので、負荷の相間バランスを気にすることなく、単相負荷に給電することができる。

(4) ユーザーフレンドリー

UPS 内部のデジタル計測値、操作ガイダンス、故障項目などをバックライト付液晶ディスプレイにて表示するモニタリング装置を標準装備して、専門のオペレータでなくとも、簡単に操作できるようにした。

(5) コンパクト

スイッチング速度の速いパワー MOSFET の採用による高周波化によりトランス、リアクトル、コンデンサなどを小形・軽量化し、オフィスやコンピュータ室などの限られた場所にも設置できるよう、大幅なコンパクト化を実現した (体積: 50kVA の場合で当社従来比65%)。

(6) 低騒音

高周波技術により、オフィスやコンピュータ室などの生活環境への設置にふさわしい55ホン以下の静かさを実現した。

(7) メンテナンスフリー



山形 繁男

昭和52年入社。UPS の開発、設計に従事。現在、東京工場電源機器部主任。



一木 敏

昭和53年入社。UPS の開発、設計に従事。現在、東京工場電源機器部主任。



清水 敏久

昭和55年入社。無停電電源装置、各種高周波応用電源装置の研究開発に従事。現在、(株)富士電機総合研究所電子機器開発本部強電電子開発部課長補佐。

陰極吸取式シール形据置鉛蓄電池を標準装備し、蓄電池の日常メンテナンスを不要とした。

③ 標準仕様

UPS600-043/063の標準仕様を表1に示す。

20kVA から50kVA までを系列化し、いずれもコンピュータ負荷（コンデンサ入力形整流負荷）を前提とした仕様としてある。

④ 構成

4.1 主回路構成

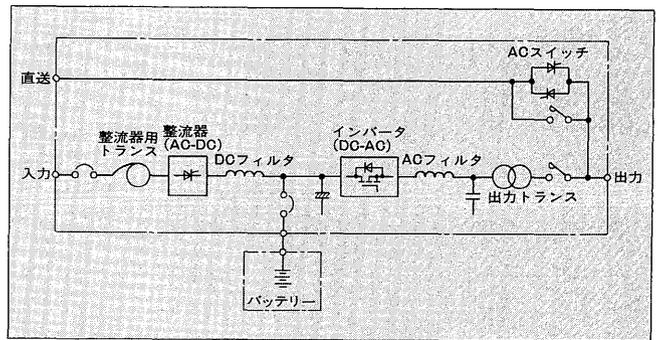
UPS600-043/063の主回路構成図を図2に示す。

交流入力を直流に変換する整流器にはサイリスタを使用したバッテリー充電器兼用方式、つまり充電器入力形（フロート方式）を採用している。

この方式の特徴は常にインバータの入力部にバッテリーが直結しており、停電・復電時の切換動作がなく、無停電電源としての信頼度がきわめて高くなることにある。

インバータは高周波PWM制御を行って交流電圧を発生し、小容量のACフィルタによって変調周波数成分の高調波を除去し、出力トランスを介して負荷に正弦波の電圧を給電する。

図2 主回路構成図



また高信頼度電源システムとして、商用直送電源をバックアップとして備えた無瞬断バックアップ方式を採用している。この方式は、常時直送電源に同期運転したインバータから負荷に給電し、過負荷または故障時には直送電源に無瞬断で切換を行う方式である。

4.2 インバータ主回路素子と駆動回路

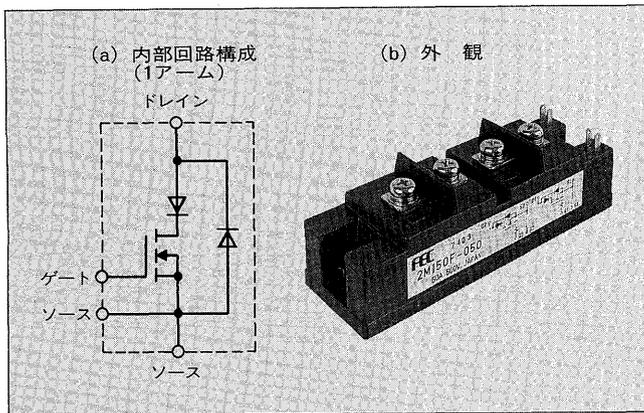
インバータ主回路素子として、富士電機製パワーMOSFETモジュールを採用し（図3）、電流量増大のため、最大8個並列接続している。パワーMOSFETは下記のような特徴を持つ。

- (1) 多数キャリアデバイスのため、本質的にスイッチング速度が速く、高周波用途に適している。

表1 標準仕様

項目	モデル	単相出力		三相出力		備考	
		043/20	043/40	063/30	063/50		
入力	電圧	200V ± 10% (連続), 200V ± 15% (0.5秒間)					
	周波数	50Hz または 60Hz ± 5%					スイッチによる切換可
	相数および線数	三相三線					
出力条件	定格容量	20kVA/16kW	40kVA/32kW	30kVA/24kW	50kVA/40kW		
	電圧	100V		200V			
	周波数	50Hz または 60Hz					スイッチによる切換可
	相数および線数	単相二線		三相三線			
	負荷力率	0.6 (遅れ) ~ 1.0 定格0.8 (遅れ)					
	電圧精度 (整定時)	± 1.5%					
	過渡電圧変動	①0 → 100% 負荷急変時: ± 5% 以下 ②入力電圧 ± 15% 急変時: ± 5% 以下 ③入力電源停電・復電時: ± 5% 以下 ④CVCF ↔ 直送切換時: ± 10% 以下					左記①~④は同時に起こらないものとする。
	応答時間	100ms					
	波形ひずみ率	3% 以下 (直線性負荷100%時の全二乗平均値) 5% 以下 (整流負荷100%時の全二乗平均値)					
	相間電圧アンバランス	—		100% 不平衡負荷時: 実効値 ± 3% 以内		定格線電流以内にて	
	周波数精度	± 0.1% (内部発振時), ± 1% (外部同期時)					
	許容ピーク電流	定格電流実効値の240%					
	過負荷耐量	120% 1分間, 150% 10秒間					
バッテリー	形式	陰極吸取式シール形据置鉛蓄電池					
	公称電圧	288V		240V			
	停電保証時間	100% 負荷において10分間, 50% 負荷について30分間					周囲温度 + 25°C
その他	騒音 (平均)	53dB	55dB	55dB	55dB	周辺1m A特性	

図3 パワーMOSFET



- (2) 電圧制御形デバイスのため、駆動電力が小さい。
- (3) オン抵抗の温度特性が正であるため、並列接続が容易であるとともに、電流集中が起こりにくい。このため、二次降伏現象がなく安全動作領域が広い。

パワー MOSFET の駆動回路は、2 個のパルストランスの駆動信号として180度位相のずれた高周波信号を用いることにより、パルストランスを小形化している。

パワー MOSFET オフ時、配線インダクタンスに蓄積されたエネルギーを、より低いサージ電圧にて吸収するスナバ回路を採用した。

これら駆動回路とスナバ回路により、最適な高速スイッチングを実現している。

4.3 制御回路

インバータ制御回路ブロック図を図4に示す。

制御方式として瞬時電圧制御機能を備えた高周波の正弦波-三角波 PWM 方式⁽²⁾を採用した。

この方式はアップダウンカウンタと D-A コンバータからなる三角波発生回路、アドレスカウンタと PROM および乗算形 D-A コンバータからなる正弦波発生回路、瞬時

電圧制御回路、コンパレータ回路、パルス分配回路、電圧および電流の調節器、瞬時電流制限回路などから構成されている。

三相出力の UPS600-063 では、電圧および電流の調節器と三角波発生回路は共有し、正弦波発生回路、瞬時電圧制御回路、コンパレータ回路、パルス分配回路、瞬時電流制限回路などは三相それぞれに設けることにより、出力電圧の低ひずみ率、不平衡負荷特性を実現した。

インバータでは制御回路のドリフトや主回路素子のスイッチング速度のばらつきなどにより、その交流出力に直流電圧成分が含まれるのが一般的であり、インバータの出力トランスがこの直流電圧成分により偏磁し磁気飽和を起こさないよう、インバータが発生する直流電圧成分を検出し、これが零になるように電圧設定の正弦波をバイアスしたので、インバータが発生する直流電圧成分はなくなり、出力トランスの磁束密度を高くすることが可能となり、出力トランスのコンパクト化を達成した。

4.4 外観および外形寸法

図1に UPS600-063 50kVA の外観、図5に UPS600-043/063 の外形寸法および重量を示す。

外観、外形寸法、重量ともオフィスやコンピュータ室への設置を前提として製品化した。

OA 機器として UPS のイメージを表現するために、形状としてコーナーに R を施すことにより丸みをもたせ、本体色としてオフホワイト色 (5GY8.5/0.5) を標準とし、設置環境に同化するさりげないデザインとした。

またバッテリーとして停電保証時間10分仕様の陰極吸収式シール形据置鉛蓄電池を標準採用することにより、UPS として大幅な小形化、軽量化を図った。

装置奥行寸法を750mmとして、また CVCF インバータとバッテリーを分割できる構造として、エレベータによる搬入を可能とした。

図4 インバータ制御回路ブロック図

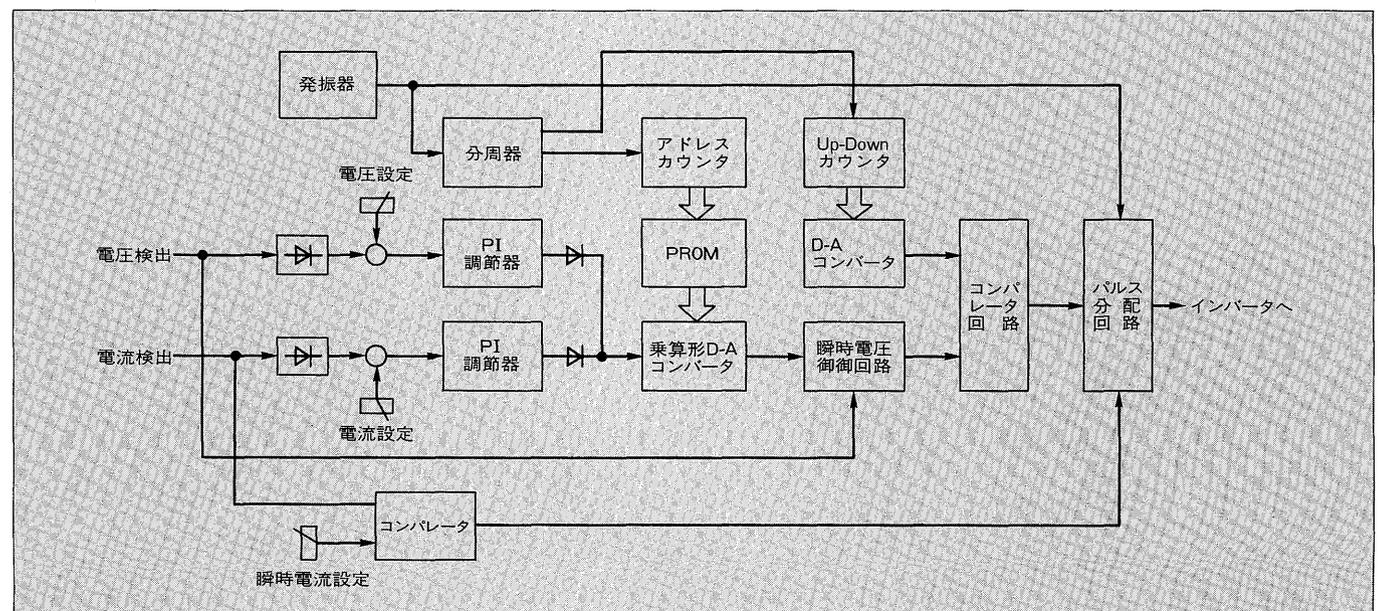
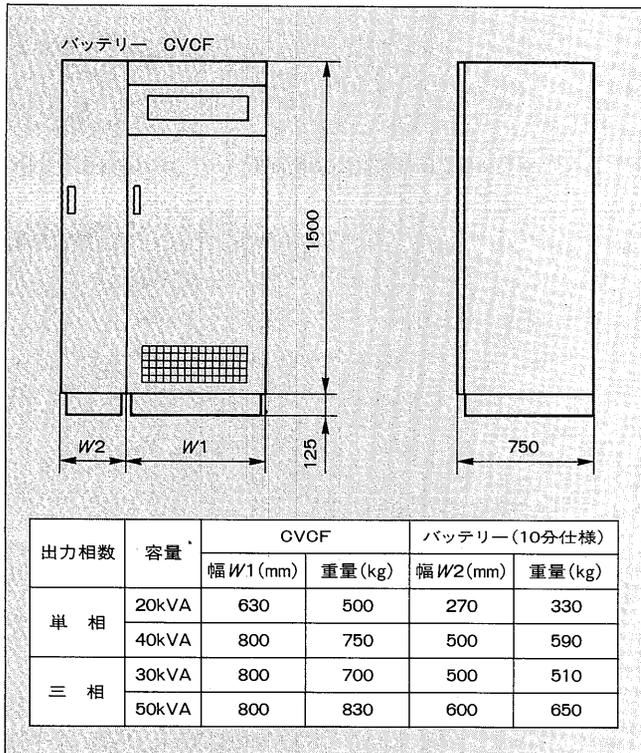


図5 外形寸法および重量



CVCFインバータ、バッテリーともに前面からだけでも保守点検が容易にできるように、内部はトレイ構造、プラグインタイプのユニット構造などを採用し(バッテリートレイ、インバータユニット、ファンユニットなど)、背面の保守スペースを不要とした。

これにより、設置環境の制約を大幅に低減した。

5 マンマシンインタフェース

5.1 操作表示パネル

フラットコマンドスイッチ、発光ダイオード(LED)、バックライト付液晶(LCD)をシートキーボードにまとめ、マイクロコンピュータで制御を行った。図6に操作表示パネルの外観を示す。

(1) 状態表示

状態表示としての性格を重視し、系統図をイラスト化してグラフィカルにまとめた。そして、系統図の端に12連のLEDを配置し、ネオン状にサイクリックに照光させることで給電している系統を表現した。給電状態が一目で捕らえられるとともに、機能一辺倒ではない、視覚性を盛り込んだ表現は、設置環境にふさわしく好ましい印象を与えようとする。

(2) 運転操作

誤って装置を停止することがないようにキースイッチをロック解除側にしてスイッチを操作する2挙動操作とした。

(3) 計測

LCDの下にある計測ポイントを示すスイッチを選択することにより行う。選択するとバックライトがオンし、そのポイントの電圧、電流、周波数の表示を40×2桁(けた)

図6 操作表示パネルの外観

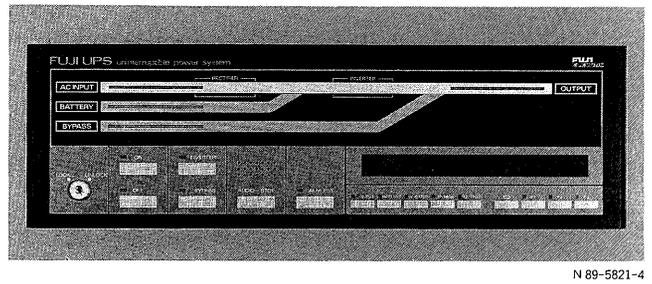


図7 計測表示例

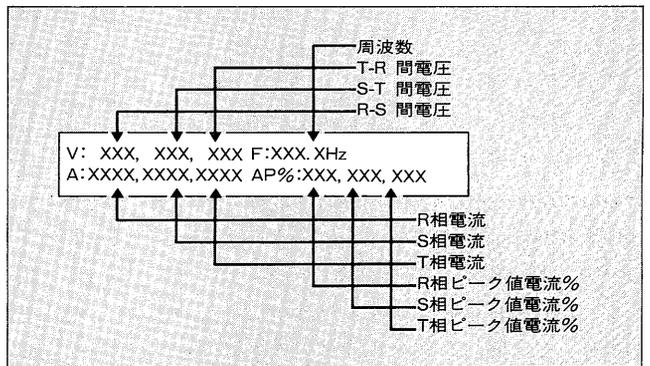
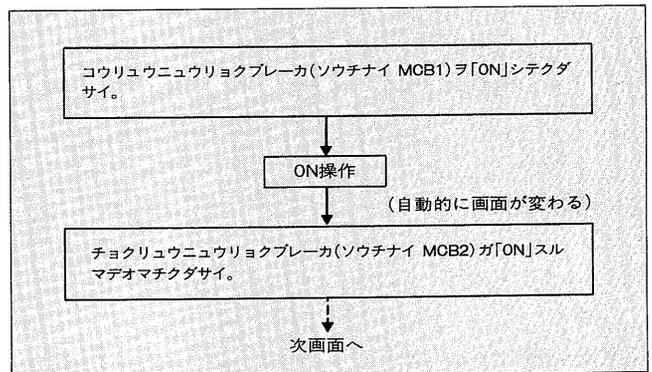


図8 運転操作ガイダンス例



のLCDに一括表示するようにした。したがって、各組の選択、電流、電圧の選択の必要はない。LCDの表示は、通常時は見る必要がないので、再度同一スイッチを選択するか、または一定時間操作がないとき、表示が自動的に消えるようにした(後述の故障時のガイダンスは消えない)。図7に計測表示例を示す。

(4) 運転操作ガイダンス

LCDの下のガイダンススイッチ(F2)を選択することにより行う。オペレータが次に操作すべき内容をその段階に応じて次々にLCDに表示する。したがって、だれにでも簡単に操作できる。図8に運転操作ガイダンス例を示す。

(5) 故障ガイダンス

故障発生時、自動的に状況に応じたメッセージをLCDに表示する。停電発生時はバッテリー運転の経過時間を表示し、オペレータが、コンピュータのメモリ待避など、正しい判断ができるようにした。

(6) 保守ガイダンス

LCDの下のガイダンススイッチ(F3)の選択により行

う。ファン交換などの保守情報を表示し、オペレータが正しく判断できるようにした。

(7) 記録

LCDの下のガイダンススイッチ(F1)の選択により行う。バッテリー運転回数、装置運転時間を表示する。このデータはNVRAM(Nonvolatile RAM)の中に記録されている。この情報は保守などの目的に使用する。

5.2 シリアルインタフェース

標準としてTリンクを1ポート、オプションとしてRS-232Cを1ポート用意した。操作表示機能とは独立した別のマイクロコンピュータで制御している。

(1) Tリンクポート

富士プログラマブルコントローラMICREX-Fシリーズの、ターミナル間のシリアル伝送に使われているマルチドロップ方式のTリンクを装備した。Tリンクは装置内の状態を操作表示パネルに表示するための伝送に使用している一方、リンクの一端を装置外部に解放している。したがって、MICREX-FのI/Oのカプセルを接続することで遠方操作、表示信号を取り出すことが可能である。また、MICREXのモジュールを接続するとMICREX本体と接続することができ、この場合は装置のシステムに合わせたシーケンス制御などが可能となる。

(2) RS-232Cポート

RS-232Cを装備することにより、パーソナルコンピュータなどによるモニタリングができるようにした。

6 試験結果

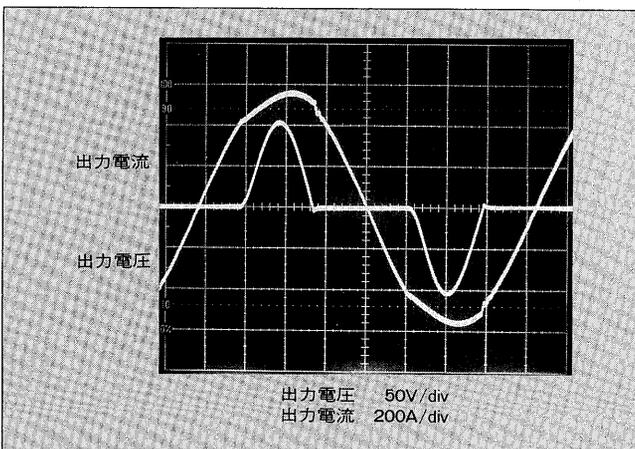
この装置の代表的な特性について、その試験結果を記す。

6.1 整流負荷時の出力電圧波形

図9に単相出力の20kVAに、図10に三相出力の50kVAに、それぞれ100%整流負荷を接続したときの出力電圧および出力電流波形を示す。

瞬時電圧制御機能を備えた高周波PWM制御を行い、ACフィルタを小形化しているため、高調波成分を多く含

図9 単相出力機の整流負荷時の出力電圧波形



んだ負荷に給電しても、出力電圧波形ひずみ率が4.2%と良好な結果となり、コンピュータなどに内蔵されているコンデンサ入力形整流負荷に対して、ひずみの少ない安定した交流電力を供給できる。

6.2 負荷急変時の出力電圧過渡変動

図11に負荷急変時(0→100%)の出力電圧および出力電流波形を示す。上述した瞬時電圧制御により出力電圧の過渡変動量は小さく(±4.3%)、100%の負荷変動にもかかわらず非常に良好な特性となっている。

これにより、UPSに複数の負荷が接続されている場合でも、他の負荷機器に影響を与えることなく、それぞれの負荷をオンオフすることが可能となった。

6.3 不平衡負荷時の出力電圧

三相出力の50kVAで、実効値が定格線電流の単相整流負荷をU-V線間にのみ接続したときの出力電圧波形を図12に、不平衡の整流負荷時および直線性負荷時の特性を表2に示す。

極端な不平衡(単相負荷を一線間にのみ接続)や整流負荷に対しても、単相インバータを3組設け、三相それぞれが個別に、瞬時電圧制御を行うことにより、出力電圧の相間電圧アンバランスは最大-2.5%、波形ひずみ率は最大4.5%となった。

したがって、単相負荷と三相負荷が混在する場合でも、

図10 三相出力機の整流負荷時の出力電圧波形

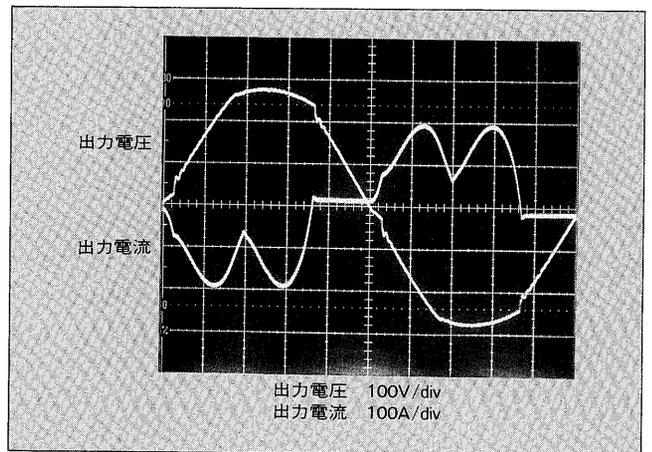


図11 負荷急変時(0→100%)の出力変動

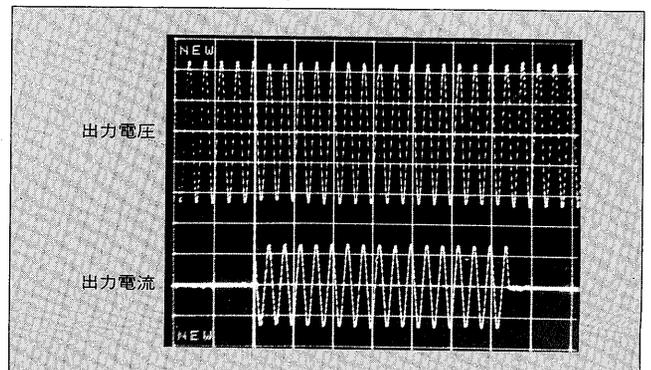


図12 不平衡負荷時の出力電圧波形

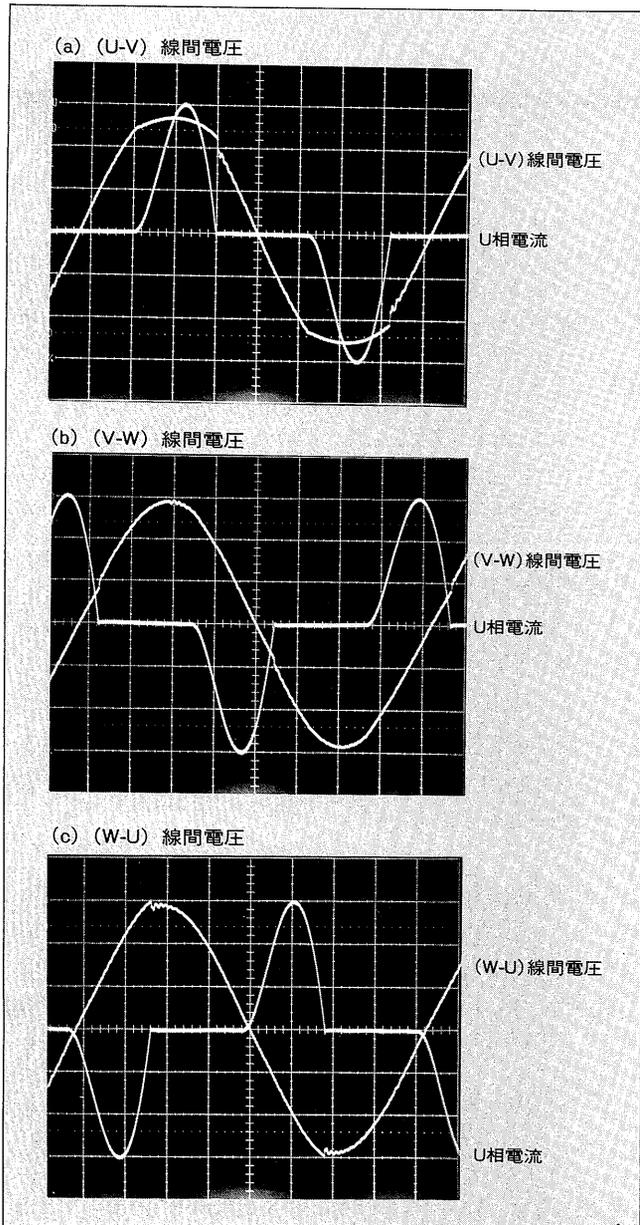


表2 不平衡負荷時の特性

条 件		整流負荷時	直線性負荷時
出力電流実効値	U	A	140.4
	V		140.4
	W		0
出力電圧実効値	U-V	V	196.4
	V-W		201.6
	W-U		203.2
出力電圧ひずみ率	U-V	%	4.50
	V-W		2.49
	W-U		2.45

負荷のバランスを気にせず使用することができる。

㊦ あとがき

高周波スイッチングに適したパワー MOSFET を使用した富士中容量 UPS 「UPS600-043/063」を紹介した。この製品は、今後の中容量 UPS に求められる市場のニーズにこたえるとともに、さらに大容量の UPS の高性能化、低騒音化、コンパクト化につながるものと確信する。

高度情報化が急テンポで進むなかであって、UPS の責務はますます重大となろう。

今後も、新しい技術を積極的に取り入れ、顧客各位のニーズに合った電源装置の開発、製品化にまい進する所存である。

参考文献

- (1) 星敏彦・定由征次：無停電電源装置（UPS）導入実戦ガイド，電気書院，pp. 50-54（1989）
- (2) 清水敏久ほか：パワー MOSFET を適用した中容量 UPS，電気学会産業応用部門全国大会，No.140（1989）



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。