大容量 UPS「UPS8000 シリーズ」

廣瀬　順（ひろせ　じゅん）　谷津　誠（やつ　まこと）　福田　幸夫（ふくだ　さちお）

1　まえがき

無停電電源装置（UPS）を必要とする情報通信機器は従来の金融，公共サービスといった分野に加え，ニューメディア（VAN，INS）やインターネットデータセンターなどに市場が広がってきている。また最近は，病院設備や半導体製造工場といった情報通信機器以外の負荷設備も電力の安定供給への必要性が高まり，UPS の適用分野も広がっている。

このように UPS の適用範囲が広がり，容量，系列，仕様，性能，機能，信頼性などに対する顧客ニーズも多様化している。特に近年は地球環境問題への意識の高まりから，共通した顧客ニーズとして高効率化への要求が注目されている。

現在，国内各社の大容量 UPS は IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）を用いた常時インバータ給電方式（471 ページの「解説」参照）が主流であり，高効率化施策として，低損失 IGBT の採用，変圧器を用いない非絶縁方式の採用，スイッチング周波数の低減などが最近実用化されているが，変換効率は 92 ～ 94 %程度である。一方，原理的に高効率である常時商用給電方式は低コストであることから従来，小容量 UPS の分野で普及してきたが，大容量 UPS の分野では停電切換時に発生する瞬断に伴うリスクの懸念により広く普及するに至っていないのが現状である。

今回，富士電機では常時商用給電方式並みの 98 %という圧倒的な高効率でありながら，入力高調波補償機能，出力電圧の安定化機能，停電時の無瞬断機能を有し，常時インバータ給電方式と同等の入出力特性を有するデュアルプロセッシング方式の高効率・大容量 UPS8000 シリーズを開発した。

本稿ではその特長，仕様，容量系列，要素技術などを紹介する。

2　特　長

UPS8000 シリーズは下記の特長を持っている。

2.1　高効率

デュアルプロセッシング方式は常時商用給電方式と同様に通常運転時の発生損失が非常に少ないため，総合効率 98 %（定格時）を実現した。装置そのものが省電力であると同時に UPS の損失による発熱を処理する空調機消費電力費の削減の効果も大きい。**表 1** に UPS（100 kVA）における高効率化による電気料金および CO_2 排出量の比較例を示す。本計算例では UPS の総合効率が 10 ポイント上がると 100 kVA あたり年間約 170 万円の節約，CO_2 排出量では 41.4 t の削減が可能となることを示している。さらに，副次的効果として冷却ファンの責務低減による交換保守コストの低減，盤内部品の温度責務低減による高信頼度化が期待できる。このように高効率化はトータルランニングコストの低減をもたらすため本 UPS のユーザーメリットは大変大きいと考える。

表 1　UPS（100 kVA）における高効率化による電気料金およびCO_2排出量の比較例

UPS容量	100kVA（80kW）		備　考
UPS種類	当社従来UPS	UPS8000シリーズ	
総合効率	88％	98％	
発生損失	10.9kW	1.6kW	
空調機消費電力	3.90kW	0.45kW	
UPS損失差	9.3kW		＝10.9－1.6（kW）
空調消費電力差	3.45kW		＝3.90－0.45（kW）
年間電力量	111,690kWh		＝（9.3＋3.45）kW×24時間×365日
年間節約電気料金	168万円		電気料金：15円/kWh
年間CO_2削減量	41.4t		排出原単位：0.371kg/kWh

廣瀬　順

中大容量 UPS の開発・設計に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部神戸工場電源装置部課長補佐。電気学会会員。

谷津　誠

UPS を主とした各種電源装置の開発に従事。現在，富士電機アドバンストテクノロジー(株)エレクトロニクス技術研究所。電気学会会員。

福田　幸夫

中大容量 UPS の開発・設計に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部神戸工場電源装置部。

2.2　高性能

デュアルプロセッシング方式の採用により商用電源の変動や停電に対して定電圧・無瞬断の出力電圧供給を可能とし，負荷機器が発生する無効電流や高調波電流もアクティブフィルタ機能により入力系統への流出を抑制しており常時インバータ給電方式相当の入出力性能を実現した。

2.3　小型・省スペース

整流器とインバータの 2 台の主変換器が必要な常時インバータ給電方式に比べデュアルプロッセッシング方式は主変換器を 1 台で構成するため小型化が可能である。さらに保守バイパス機能を内蔵させることで，従来 UPS に比べ約 65 %の縮小化（当社従来機比較）を実現した。また，エレベータによる搬入を考慮した質量，寸法とし搬入時の費用低減を図った。

2.4　高力率負荷対応

常時インバータ方式 UPS の場合，負荷力率は 0.8 や 0.9 が一般的であり，UPS 容量選定の場合，負荷の力率を考慮する必要がある。一方，最近の負荷機器は力率を改善している高力率形が多く，負荷電流値だけで容量選定すると UPS の整流器が過負荷となる場合がある。デュアルプロセッシング方式はこのような負荷電力を制限する要素がなく，また負荷力率が高いほど発生損失は少なくなるため，力率 1.0 の負荷接続も問題ない。したがって，常時インバータ方式のように有効電力による容量低減を必要とせず経済的な設備計画が可能となる。

2.5　高過負荷耐量

最近の負荷機器は省電力化が進んで，定常動作時や待機時の電力を低減している一方，受電時の突入電流や装置の起動電流は従来と変化していない場合が多く，定常負荷電力で UPS 容量を選定した場合，一過性の過負荷を検出する事例が増えてきている。本 UPS では過負荷時にデュアルプロセッシング方式の特長を利用し，主変換器と交流入力を協調運転させることで 200 %で 1 分間の過負荷耐量を実現した。常時インバータ方式の 150 %で 1 分間を大きく上回っており経済的な容量選定が可能となる。

2.6　入出力電圧対応

装置の入出力電圧は 200 V 系および 400 V 系双方のモデルを標準系列に備えた。従来 UPS では 200 V 系を標準系列とし 400 V 系には入力あるいは出力に外付けの変圧器で対応する例が一般的であったが，効率面，外形面で不利となるため，本 UPS ではそれぞれの電圧に対して専用の設計を行い高効率化と小型化を実現した。

2.7　並列運転対応

最大 8 台までの並列運転を可能とし，高信頼度の電源システムの構築を可能とした。

2.8　バッテリーマネジメント機能

過放電防止，温度保護充電機能に加え寿命警報機能，自動テスト機能といったバッテリーの保護および診断機能を有し，バッテリーメンテナンスの効率化を実現した。

3　仕様と容量系列

表 2 に UPS8000 シリーズの仕様と容量系列を示す。

表２　UPS8000シリーズの仕様と容量系列

UPS方式		デュアルプロセッシング方式（並列冗長運転可）											
定格出力容量（kVA）		100	150	200	250	300	400	500	600	750	1,000	1,500	2,000
停電時切換時間		無瞬断											
交流入力	相　数	三相3線											
	電　圧	200V±15%，415V±15%											
	周波数	50/60 Hz（±1～±5%設定可能）											
	力　率	0.98以上（定格時）											
	高調波電流補償率	80%以上（定格時）											
直流入力	電　圧	307～438V：制御弁式鉛蓄電池192セル相当											
交流出力	電　圧	三相200Vまたは415V											
	周波数	入力に同じ。ただし，バッテリー運転時±0.01%											
	負荷力率	0.8（遅れ）～1.0（定格1.0）											
	電圧精度（整定時）	AVRモード時：±2%以下，ECOモード時：±5%（設定可能）											
	過渡電圧変動	±5%以下（負荷0↔100%），JEC-2433 出力電圧過渡変動特性　クラス1準拠											
	電圧波形ひずみ率	5%以下											
	過負荷耐量	通常時：125%10分間，200%1分間，1,000%1サイクル，停電時：150%10秒，125%1分間											

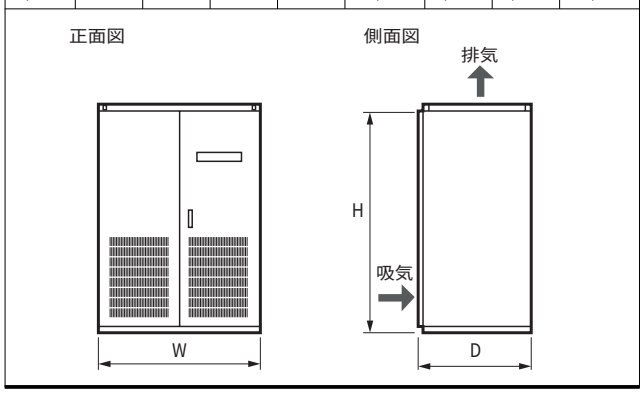
4　外観および外形寸法・質量

図1に UPS8000 シリーズ 150 kVA 機の外観を示す。また，**表3**に寸法・質量の一覧表を示す。

図1　UPS8000D-3/150　150 kVA 機の外観

表3　UPS8000シリーズの寸法・質量

容量 (kVA)	電圧							
	200 V				415 V			
	幅：W (mm)	奥行：D (mm)	高さ：H (mm)	質量 (kg)	幅：W (mm)	奥行：D (mm)	高さ：H (mm)	質量 (kg)
100	1,200	850	1,950	1,100	1,200	850	1,950	1,350
150	1,600	850	1,950	1,700	1,200	850	1,950	1,450
200	1,600	850	1,950	1,800	1,200	850	1,950	1,550
250	2,200	1,000	1,950	2,700	2,000	1,000	1,950	2,700
300	2,200	1,000	1,950	3,000	2,000	1,000	1,950	3,000
400	3,500	1,000	1,950	4,500	2,800	1,000	1,950	4,500
500	3,500	1,000	1,950	4,800	2,800	1,000	1,950	4,800
600	—	—	—	—	4,200	1,200	2,350	6,000
750	—	—	—	—	7,100	1,200	2,350	9,000
1,000	—	—	—	—	7,600	1,300	2,350	10,000
1,500	—	—	—	—	8,400	1,300	2,350	11,000
2,000	—	—	—	—	10,400	1,500	2,350	13,000



5　構成および要素技術

5.1　主回路構成と動作概要

図2に主回路ブロック図を示す。システム構成は電源に直列の電力インタフェース部と並列コンバータからなるデュアルプロセッシング方式で，交流入力電圧が正常範囲にある通常運転状態では，交流入力の電圧変動分を電力インタフェースによりリニアに補償し，安定化した電力を負荷に供給する。このとき，並列コンバータは蓄電池の充電とともにアクティブフィルタ運転を行い，負荷が流す高調波電流や無効電流成分を補償し，UPS の交流入力電流が力率　1 の正弦波となるように動作する。

交流入力に停電が発生すると，並列コンバータの運転をアクティブフィルタ運転から UPS 運転に切り換え，蓄電池からの電力で負荷に連続した安定電力を供給する。この停電発生時には，入力側の AC スイッチを瞬時に遮断することで，従来の常時インバータ給電方式と同等の無瞬断切換を実現している。

5.2　高効率化技術

この UPS8000 シリーズでは停電前の通常運転モードとして，AVR モードと ECO（省エネルギー）モードの 2 種類が備わっている。

AVR モードでは，電力インタフェースが常に，交流入力電圧の変動を補償する動作を行い，その出力電圧特性は，**図3**に示すように，従来式の常時インバータ給電方式の UPS と同等な高性能化を実現している。

この電力インタフェースは，**図4**に示すように，直列コンバータと直列トランスから構成される。この装置容量は，交流入力電圧の変動を補償するのに必要な 20 %程度と小さく，損失も低減しているため UPS の高効率化に寄与している。この AVR モードでの効率は，定格時最大 97 %と高効率になっている。

ECO モードでは，交流入力電圧を監視し，一定時間以上（時間設定可能）の間，規定範囲内（範囲設定可能）の条件で，交流入力は安定と判断し，電力インタフェースを待機運転させる。この待機運転により，損失はさらに低減

図2　主回路ブロック図

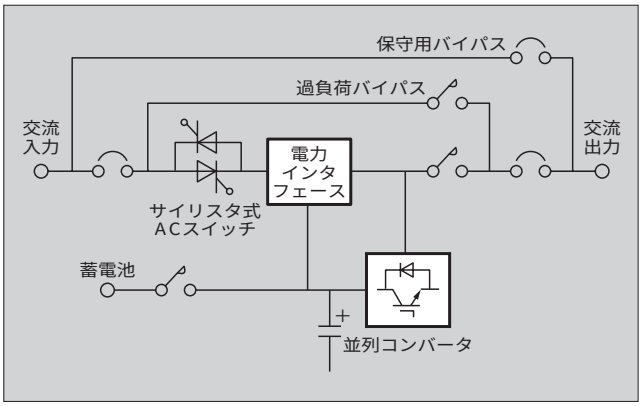


図３　入力電圧－出力電圧特性

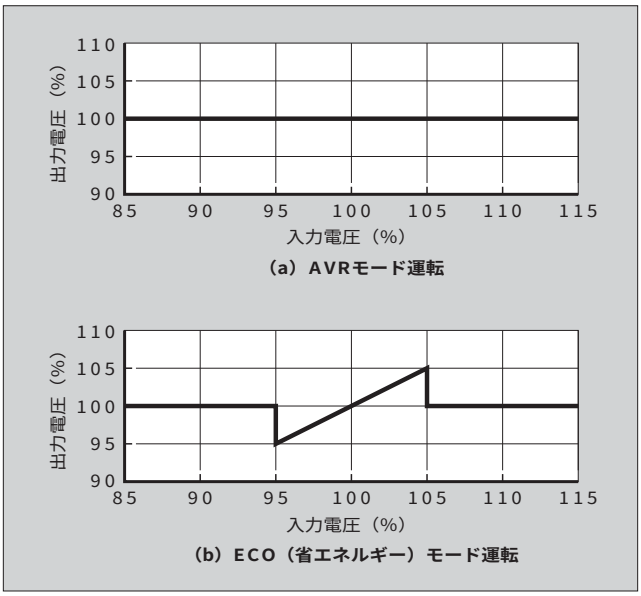


図４　電力インタフェースの構成

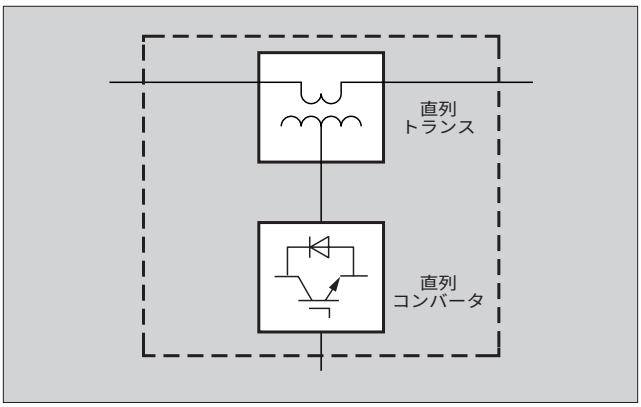


図５　交流入力電圧補償の制御ブロック図

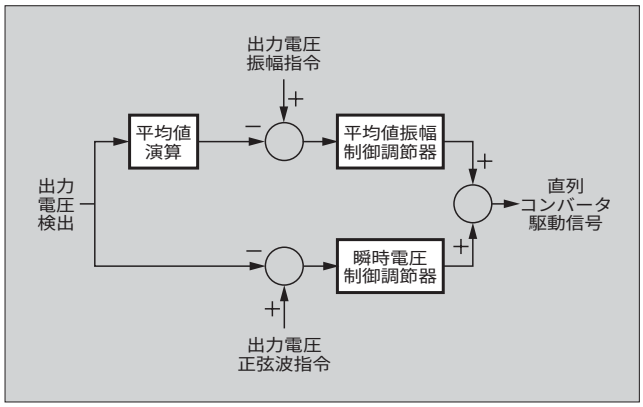


図６　出力電圧過渡特性（入力電圧急変時）

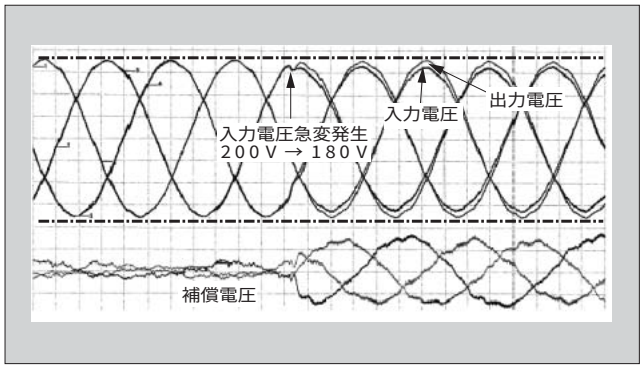


図７　アクティブフィルタ動作の制御ブロック図

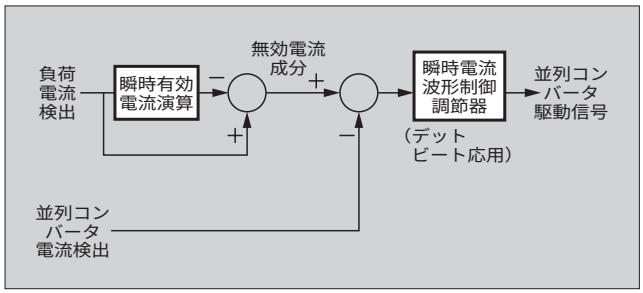
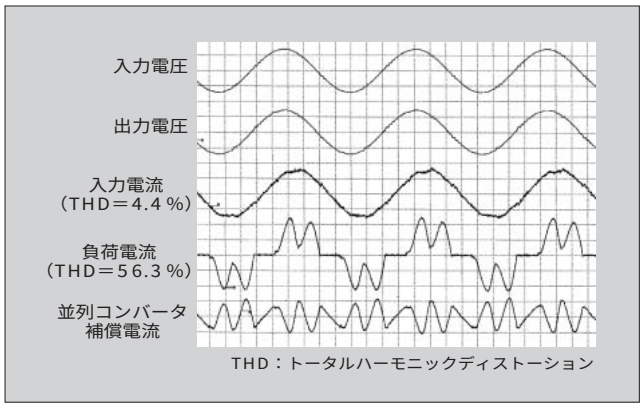


図８　入出力特性（整流負荷 100 %時）



され，ECO モードでの効率は定格時最大 98 %ときわめて高い効率を実現している。また ECO モード中，交流入力電圧が変動した場合は，AVR モードに戻り，瞬時に出力電圧を安定化する。

5.3　制御技術

電力インタフェースによる交流入力電圧補償の制御ブロック図を**図５**に示す。この制御では，UPS 出力電圧を検出し，その UPS 出力電圧の振幅を一定に保つための平均値振幅制御と，さらに入力電圧の急変に対応するための瞬時電圧波形制御を併用することで，出力電圧の精度を波形レベルで向上させ，さらに過渡変動も抑制している。評価試験機による入力電圧急変時の動作波形を**図６**に示す。約 1 ms 以内の応答で，良好な結果が得られている。

次に並列コンバータによるアクティブフィルタ動作の制御ブロック図を**図７**に示す。この制御では，負荷電流を検出し，瞬時有効電流演算により補償すべき無効電流成分を抽出し，アクティブフィルタ動作の電流指令値を作り出している。この電流指令値に並列コンバータの補償電流が追従するよう制御を行っており，今回新たに開発したデットビート制御に基づく瞬時電流波形制御により補償性能を向上させている。

このアクティブフィルタ動作により，整流負荷などの非

図9　出力電圧過渡変動特性「クラス 1」（出典：JEC-2433 無停電電源システム）

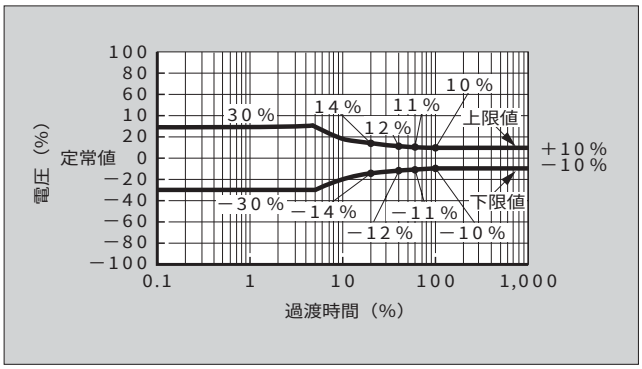
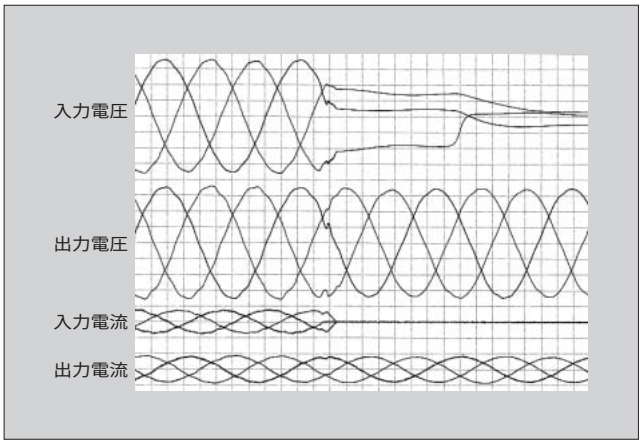


図10　停電切換波形（開放停電・ 100 % RL 負荷時）



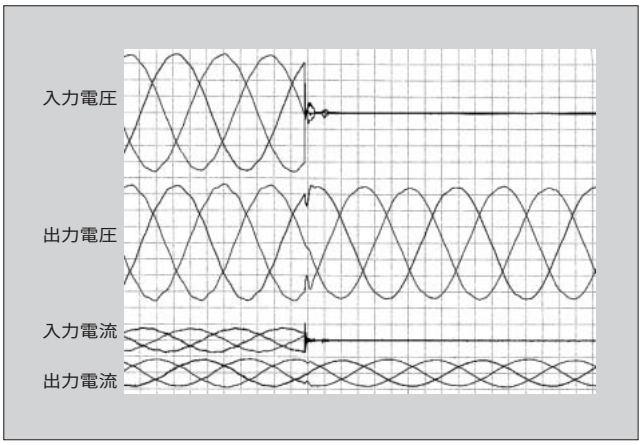
線形負荷時においても，高調波電流の影響が抑制され，交流入力や交流出力の電圧ひずみが改善される。評価試験機による 100 %整流負荷時の動作波形を**図 8** に示す。高調波補償率は 90 %以上となり，さらに入出力電圧へのひずみの影響もない良好な結果が得られている。

5.4　停電時無瞬断化技術

UPS の役割は，連続した安定電力の供給である。このため，停電時切換の特性は UPS を代表する性能の一つである。近年，発行された UPS に関する JIS 規格（JIS C 4411-3）や JEC 規格（JEC-2433）においても「出力電圧の過渡特性」として三つのクラスに分類定義されている。UPS8000 シリーズはその中で最も厳しい「クラス 1」の特性を満足する性能としている。その「クラス 1」の限度値（JIS，JEC 共通）を**図 9** に示す。

停電時無瞬断化のために最も重要な技術としては，「停電検出」と「停電時交流入力遮断」の二つが挙げられる。

図11　停電切換波形（短絡停電・ 100 % RL 負荷時）



本装置では，新規採用の瞬時ベクトル演算による停電検出器を用いることで，高速で信頼性の高い停電検出を実現している。また，交流入力遮断については，半導体サイリスタ式 AC スイッチを採用することで，機械式高速 AC スイッチの遮断時間（一般的に 2 ms 以上）に比べ 0.5 ms 以下と十分に速い入力遮断を可能としている。評価試験機による停電時切換波形を**図10**，**図11** に示す。各種停電条件によるいずれの条件においても「クラス 1」を満足する良好な結果が得られている。

6　あとがき

デュアルプロセッシング方式を用いた UPS8000 シリーズを紹介した。この製品は現在主流の常時インバータ給電方式並みの入出力性能を有しながら，変換効率 98 %の圧倒的な高効率を実現した装置である。現在，地球環境問題への関心が高まるにつれ UPS の高効率化が注目され，高効率を実現した本 UPS は今後の UPS の主流になるものと確信する。

今後も新しい技術を積極に取り入れ，顧客ニーズにあ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)　山本弘ほか．大容量 UPS「UPS6000D-3 シリーズ」．富士時報．vol.76, no.8, 2003, p.480-483.
(2)　本木泰ほか．大容量 UPS「UPS600 シリーズ」．富士時報．vol.71, no.7, 1998, p.416-420.
(3)　JEC-2433-2003「無停電電源システム」.
(4)　JIS C 4413-3：2004「無停電電源装置（UPS）-第 3 部：性能及び試験要求事項」.