400 V 系高効率オンライン UPS「7000D シリーズ」

福田　幸夫（ふくだ　さちお）　日永田　守（ひえだ　まもる）　幸林　久詩（こうばやし　ひさし）

1　まえがき

近年，IT の発展とともに，コンピュータシステムの高度な情報統合，ネットワーク化が進展している。さらにシステムの効率化に加え，システムの安全性がより重要度を増してきている。こうした背景から，電源設備に対しても「高効率・高信頼性」の要求が高まっている。

また，IDC（Internet Data Center）を含めたビル市場では設備投資軽減や省スペース化の観点から，従来の 200 V 系から 400 V 系の配電システムが主流になりつつある。これらの市場ニーズに応える高効率・高信頼性・省スペース化を実現した 400 V 系高効率オンライン無停電電源装置（UPS）「7000D シリーズ」を製品化した。

本稿では，その特長および仕様を紹介する。

2　特　長

2.1　高効率

信頼性の高い常時インバータ給電方式でありながら，最大装置効率 95％以上を実現した。また，装置そのものが省電力であることにより，UPS の発生損失による発熱を処理する空調消費電力費の削減効果も大きい。**表 1** に 7000D シリーズ（500 kVA）における高効率化による電気料金および二酸化炭素（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 3 ポイント上がると 500 kVA あたり年間約 244 万円の節約，CO_2 排出量では 60.4 t の削減が可能となることを示している。さらに，二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られる。

表 1　UPS（500 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の容量	500 kVA（450 kW）		備　考
UPSの種類	当社現行UPS	UPS7000Dシリーズ	
総合効率	92.5％	95.5％	
発生損失	36.5 kW	21.2 kW	
空調機消費電力	10.3 kW	7.0 kW	
UPS 損失差	15.3 kW		＝36.5−21.2（kW）
空調消費電力差	3.3 kW		＝10.3−7.0（kW）
年間電力量	162,936 kWh		＝（15.3+3.3）kW×24時間×365日
年間節約電気料金	244万円		電気料金：15円/kWh
年間 CO_2 削減量	60.4 t		排出原単位：0.371 kg/kWh

2.2　入出力電圧 400 V 系専用設計

近年，500 kVA 以上の UPS は入出力電圧 400 V 系の要求仕様が増えてきている。一方，現行の UPS6000D3 シリーズは電力交換器が入出力 200 V 設計であるので，400 V 系に対応するためにトランスを用いていた。7000D シリーズでは電力変換器を入出力 400 V 系の専用設計とし，トランスレスを実現し，装置全体の質量，体積，発生損失を低減することが可能となった。**図 1**，**図 2** に現行 UPS と新型 UPS の「負荷率と効率」および「機能別発生損失比較」を示す。

2.3　小型・軽量・省スペース

現行同容量 UPS に比べ，約 30％の小型化を実現した。さらに UPS 回路とバイパス回路を別盤に実装したことで，一括母線並列システムではさらに 20％の小型化を実現した。

2.4　ユーザーフレンドリーな操作・表示機能

表示パネルにはタッチパネル機能付カラー液晶画面を採用し，操作性と視認性の両方を飛躍的に向上させた。**図 3** に起動時の操作表示画面例を示す。このように装置の動作状態，計測表示，操作ガイダンスを同時表示させ，さらにリアルタイムに操作手順を表示することで誤操作を未然に防ぎ，より分かりやすい操作ガイダンスを実現している。

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式会社生産本部神戸工場設計部。

日永田　守

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式会社技術開発本部パワエレ開発センター開発設計部。

幸林　久詩

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式会社技術開発本部パワエレ開発センター開発設計部。電気学会会員。

図 1　UPS の負荷率と効率の比較

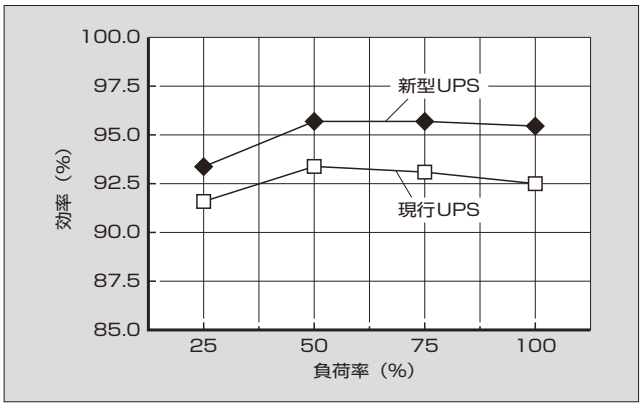


図 2　UPS の機能別発生損失の比較

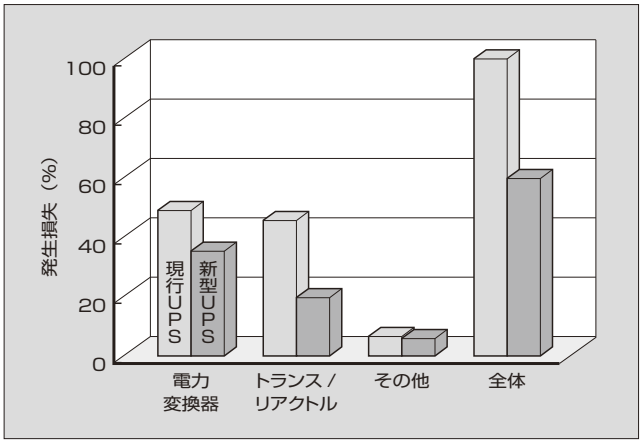


図 3　操作表示画面例（操作ガイダンス表示）

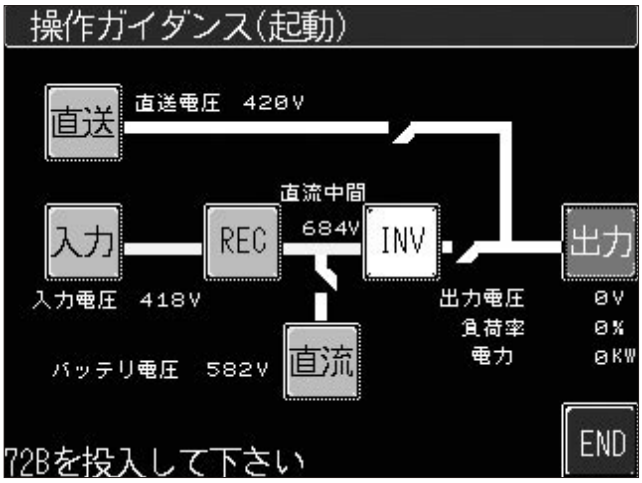
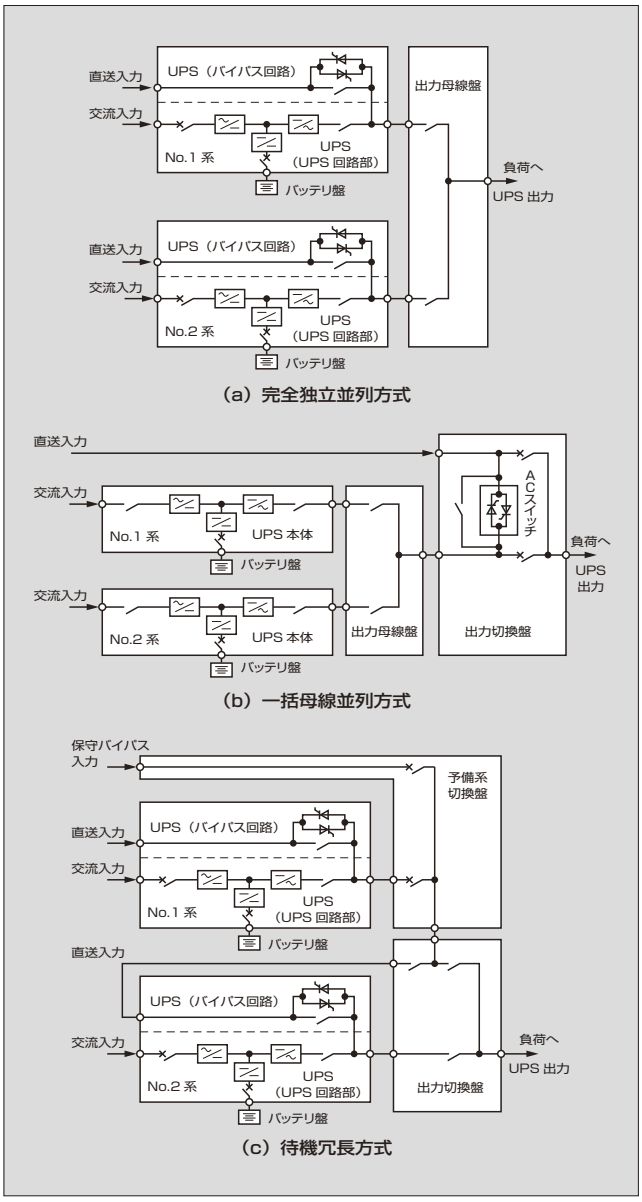


図 4　並列・待機冗長システム



2.5　高信頼性システム対応

高信頼性システムとして並列冗長システム（完全独立，一括母線），待機冗長システムなどがある。**図 4** にシステム例を示す。一例として完全独立並列システムのメリットは UPS 給電状態で他の UPS のメンテナンスや計画性のある増設が可能である。これらのシステムをニーズに合わせた最適な高信頼性システムとして実現可能である。

2.6　高過負荷耐量

最近の負荷機器は省電力化が進み，定常動作時や待機時の電力を低減している。一方，装置の突入電流や起動電流は，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に，一過性の過負荷を検出している事例が増えている。本 UPS は，従来からあった 150％：1 分間，125％：10 分間に加え，200％：2 秒間の短時間過負荷耐量を備えることで，経済的な容量選定を可能としている。

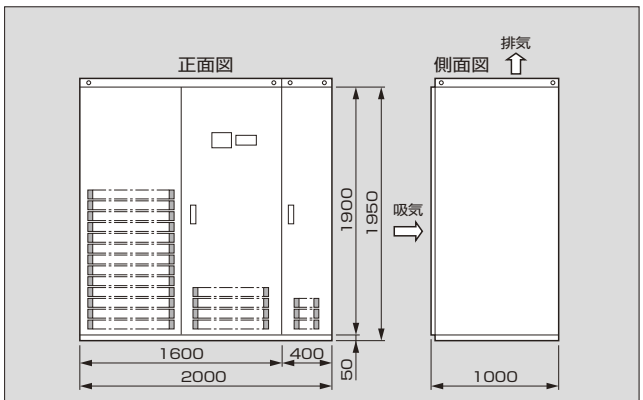
2.7　ショックレス

入力系統に対して過渡的な変動の影響を与えないショックレスな動作を実現させるため，次の制御を用いている。

(1)　整流器運転時には系統電源に対して過渡的な変動を抑制するために，交流入力電流を緩変させ徐々に取得電力

図 5　UPS7000D シリーズ 500 kVA 機の外観

図 6　UPS7000D シリーズの寸法・質量



容量 (kVA)	システム仕様	幅：W(mm)	奥行：D(mm)	高さ：H(mm)	質量 (kg)
500	単機方式 完全独立並列方式 待機冗長方式	2,000	1,000	1,950	2,500
500	一括母線並列方式	1,600	1,000	1,950	2,250

を増加させる制御（パワーウォークイン）

(2)　インバータ起動時には負荷側に接続されているトランスなどへの突入電流を抑制させる制御（ソフトスタート）

(3)　手動切換時にはインバータと直送の間で負荷電流を徐々に受け渡す制御（負荷移動）

3　仕　様

図 5 に UPS7000D シリーズ 500 kVA 機の外観を示す。**図 6** に寸法・質量を示す。回路をトランスレスとしたことで小型・軽量を実現している。

表 2　UPS7000Dシリーズの性能と仕様

項　目		性能・仕様
UPS方式		常時インバータ給電方式
定格出力容量		500kVA
装置最大効率		95％
停電時切換時間		無瞬断（JEC2433　クラス1準拠）
交流入力	相　数	三相3線
	電　圧	415/420V±10％
	周波数	50/60Hz±5％
	力　率	0.98以上（定格時）
	電流高調波ひずみ率	5％以下（定格時）
直送入力	相　数	三相3線
	電　圧	交流出力電圧に同じ
直流入力	公称電圧	528V（鉛蓄電池264セル相当）
交流出力	相　数	三相3線
	電　圧	415/420V
	周波数	50/60Hz
	負荷力率	0.7（遅れ）～1.0（定格0.9）
	電圧精度（整定時）	±1.0％以内
	過渡電圧変動	±5％以下（負荷0↔100％）
	整定時間	50ms以下
	電圧波形ひずみ率	2％以下（線形負荷） 5％以下（整流器負荷）
	周波数精度	±0.01％以内（内部発振時）
	外部同期範囲	±1.0％，±2.0％（出荷時設定）
	過負荷耐量	通常時：125％　10分間， 150％　1分間，200％　2秒間

表 2 に UPS7000D シリーズの性能と仕様を示す。

4　構　成

4.1　制御装置の構成

制御装置には，PWM（Pulse Width Modulation）波形の制御演算を行う CPU（Central Processing Unit）とシーケンス制御を管理する CPU，および通信や RAS（Reliability，Availability，Serviceability）管理などのマンマシン機能を行う CPU で構成し，機能分離型のマルチプロセッサ方式を用いている。それにより，それぞれの用途でパフォーマンスを向上させ，動作的に安定した制御システムを実現させている。また，FPGA（Field Programmable Gate Array）にて，それぞれの CPU に対しての割込みタイミングの生成や CPU の異常を検出することによりシステムの信頼性を向上させている。

4.2　主回路構成と動作の概要

図 7 に主回路ブロック図を示す。システム構成は交流を直流に変換する整流器部と直流を交流に変換するインバータ部から成るダブルコンバージョン方式で，さらに直流部には蓄電池の充放電制御を行うチョッパ部が接続される。交流入力電圧が正常範囲にある通常運転状態では，イン

図 7　主回路ブロック図

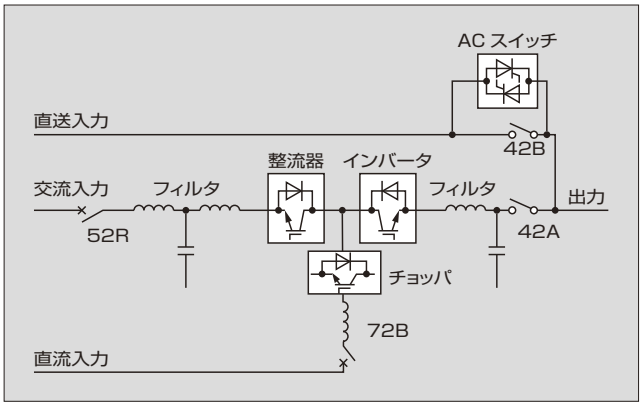
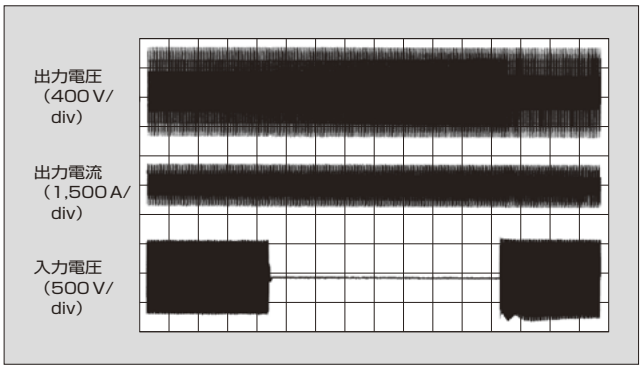


図 8　停電・復電波形データ（500 ms/div）



バータによって定電圧定周波数の安定した電力を負荷に供給する。このとき，整流器は UPS の交流入力電流が力率 ≒ 1 の正弦波となるように制御を行い，チョッパ部は蓄電池の充電を行う。交流入力に停電が発生すると，チョッパ部は蓄電池の放電によって得られる電圧を適正な直流電圧に昇圧し，インバータが安定した交流に変換して負荷に電力を供給する。**図 8** に停電・復電時の波形データを示す。

5　要素技術

5. 1　チョッパ回路の適用

従来の UPS では，直流中間電圧に蓄電池を直接接続する構成が多かったが，本 UPS は 400 V 系出力のため，直流電圧が従来よりも高くなる。そのため直接蓄電池を接続すると蓄電池の直列数が多くなり，蓄電池の遮断器や保護回路などに制約条件が増えてしまう。そこで，この UPS では蓄電池と直流中間電圧の間に双方向チョッパ回路を設け，通常運転時は蓄電池を定電圧・定電流充電にて制御し，停電時は直流中間電圧を定電圧にて制御を行う。

この方式の利点として下記があげられる。

(1)　蓄電池電圧を低く抑えることで保護回路を含めた蓄電池設備の構成を容易にできる。

(2)　通常運転中の直流中間電圧を最小限に低くできるため変換器の損失を低減できる。

(3)　チョッパ回路に過電流保護機能を付加することで，蓄電池回路に異常が生じた場合でも負荷に対する影響を少なくできる。

5. 2　高効率スイッチング制御

瞬間的な制御応答（瞬時値制御特性）は従来の性能を維持しながら，従来に比べ約 20 % のスイッチング損失を低減させた新制御方式を実現した。

5. 3　瞬時制御技術

インバータ制御において波形予測瞬時値制御に加え，瞬時横流制御を行うことにより並列システムや待機冗長システムなど，インバータ同士がラップして運転するシステムでの横流を高速に制御し，安定した高品質の電圧を供給することを実現した。

5. 4　シミュレーション技術の適用

7000D シリーズの冷却設計と導体設計においては，最新のシミュレーション技術を適用した。冷却設計では，電力変換器部に使用している半導体を冷却する放熱フィンの熱伝導シミュレーションと，冷却ファンによる強制空冷の流体シミュレーションを組み合わせ，装置全体の冷却設計の最適化を図った。また，この装置では半導体電力変換素子として IGBT モジュールを多並列接続で使用している。並列モジュールの電流分担を均一化することが変換器設計の品質・性能上で非常に重要である。また，電流分布を決定する重要な要素である導体設計において，導体の抵抗とインダクタンスをシミュレーションによって求め，最適化を図った。

5. 5　最新 IGBT の適用

この UPS の電力変換器に使用した半導体素子は，富士電機の最新 IGBT である U シリーズ（1,200 V/450 A）である。

この素子の特長は，高耐圧・低損失であることと，特性のばらつきが少なく並列使用が従来よりも容易であることである。この素子の適用が，最大装置効率 95 % 以上と装置の小型化 30 % の達成，および多並列接続による高耐圧・大電流電力変換器の実現に大きく貢献している。

6　あとがき

常時インバータ方式を用いた高効率 UPS7000D シリーズを紹介した。この製品は最大装置効率 95 % 以上の高効率と並列機能を有した高信頼性を要求する IDC などの情報化ビル市場をターゲットにした製品であるが，高効率を求めるユーザーにも広く適応できる製品である。

今後も新技術を取り入れ，顧客ニーズに応える電源装置を開発・製品化していく所存である。

参考文献

(1)　廣瀬順ほか．大容量 UPS「UPS8000 シリーズ」．富士時報．vol.77, no.6, 2004, p.458–462.

e-Front runners

＊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。