

データセンター向け A-NPC 3 レベル適用大容量高効率 UPS 「UPS 7000HX シリーズ」

The UPS 7000HX Series of High-Efficiency, Large-Capacity UPS products using A-NPC 3-Level for Data Centers

山方 義彦 YAMAGATA Yoshihiko

川崎 大介 KAWASAKI Daisuke

高橋 昇 TAKAHASHI Noboru

近年、ICT がますます発展する中、データセンターに代表されるビル市場では環境性能や経済性が重視され、その電源設備に対しては“高効率・高信頼・省スペース”の要求が高まっている。これに応えるため、大容量高効率 UPS 「UPS 7000HX シリーズ」(400 V 系 500 kVA 機)を開発した。最大効率 97% の高効率であり、設置面積は従来機比で 30% 低減している。また、並列運転による安定した電力の供給が可能である。これらを実現するため、電力変換回路の構成を 3 レベルとし、スイッチング素子には富士電機が開発した RB-IGBT による 3 レベル専用モジュールを使用した。

In recent years, as ICT expands, the building market exemplified by data centers has focused on environmental performance and economy, and the demands for high efficiency, high reliability, and compactness from power source equipment are increasing. Fuji Electric developed a large capacity high efficiency UPS, “UPS 7000HX series” (400 V 500kVA) to meet these needs. Maximum efficiency is as high as 97% and the installation area is 30% less than conventional models. In addition, the parallel operation provides a stable power supply. To achieve this, we set the power conversion circuit construction to three levels and used a three-level dedicated module equipped with the RB-IGBT that we developed in the switching element.

1 まえがき

急速に発展する情報通信技術 (ICT) を駆使したネットワークおよび通信インフラは、企業のみならず市民生活の利便性を高め、現在では電気・水道といったライフラインと同様に、深く浸透し、必要不可欠なものとなっている。

情報処理システムが取り扱う情報量も年々増加し、消費電力が増大している。個々の企業で運用していた情報処理システムは、導入・運用コストの削減、高度な ICT の導入計画ならびに災害や予期せぬ事態に対する事業継続計画に基づいて、システム構築や運用をアウトソーシングする傾向が高まっている。アウトソーシング先であるデータセンターでは、情報処理システム、空調設備、電源システムなどの構築から運用・メンテナンスまでを一括して管理している。

このように、情報処理システムが集中するデータセン



図1 「UPS 7000HX シリーズ」(400 V 系 500kVA 機)

ターでは消費電力量が膨大となる。そのため、安定した電力をシステムに供給する無停電電源装置 (UPS) には、装置効率の向上が強く求められている。

本稿では、A-NPC (Advanced Neutral-Point-Clamped) 3 レベル変換回路と富士電機独自の新デバイスを適用し、電力損失を低減したデータセンター向け A-NPC 3 レベル適用大容量高効率 UPS 「UPS 7000HX シリーズ」の 400 V 系 500 kVA 機について紹介する。

2 特徴

図1に、UPS7000HX シリーズ 400 V 系 500 kVA 機の外観を示す。

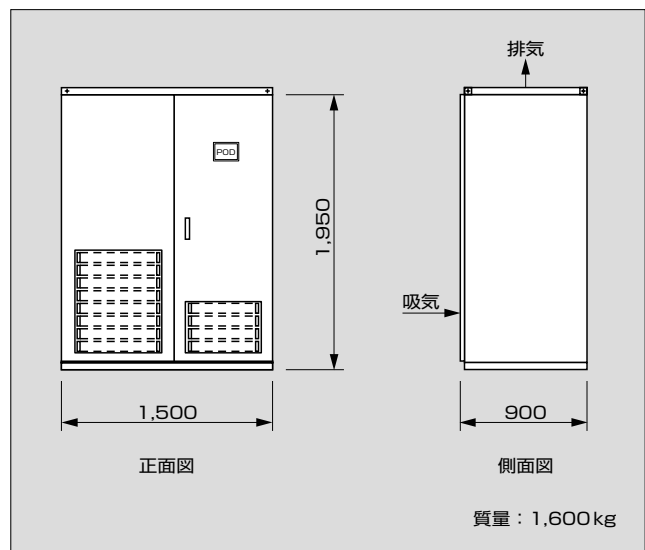


図2 外形と質量

2.1 高効率

従来機より装置効率を2ポイント向上させ、業界最高レベルの97%を実現した。装置効率の向上は、UPSの電力損失による発熱も低減するので、UPSシステムに用いる空調機の消費電力も削減できるメリットがある。

データセンターでは、装置の二重化や冗長化によってシステムの信頼性を向上している。これにより通常運用時の負荷率が低い場合があるため、本装置は低負荷領域(20~50%)での電力損失も低減している。

2.2 小型・省スペース

従来機に比べ、体積で約30%小型化し、質量でも約30%を削減して1,600kgに軽量化した(図2)。UPSなどの設備機器の省スペース化は、サーバなどの設置スペースを拡張できるメリットがある。

2.3 高信頼性

データセンターにおいては24時間365日、給電を継続する必要がある。保守時や万が一の故障時においても、UPSによる給電を継続する並列冗長システムや待機冗長システムなどで対応している。図3および図4に、代表的なシステム構成を示す。

2.4 高性能・高機能

(1) 高力率負荷対応

従来の500kVA機では負荷力率0.9(450kW)までの対応であったが、UPS7000HXシリーズでは負荷力率1.0(500kW)までの出力を実現した。したがって、電源入力部に力率改善回路(PFC)を適用している情報処理システムのような高力率負荷に対し、従来機よりも11%多く電力を供給できる。

(2) パワーウォークイン機能

UPSがバッテリーによる給電(停電運転)から非常用発電機による給電に切り替える際に、バッテリー放電電力を徐々に非常用発電機電力へ移行する機能(パワーウォークイン)を設けることにより、負荷の急変による非常用発電機の電圧変動や乱調を抑止している。

(3) ネットワーク機能

「Web/SNMPカード」でネットワークに接続することにより、標準ブラウザ上でUPSの運転状態を監視し、故障情報をe-mailで通知できる。

また、専用監視ソフトウェアにより、出力電力のトレンドやUPSの動作履歴・故障履歴などを監視することもできる。

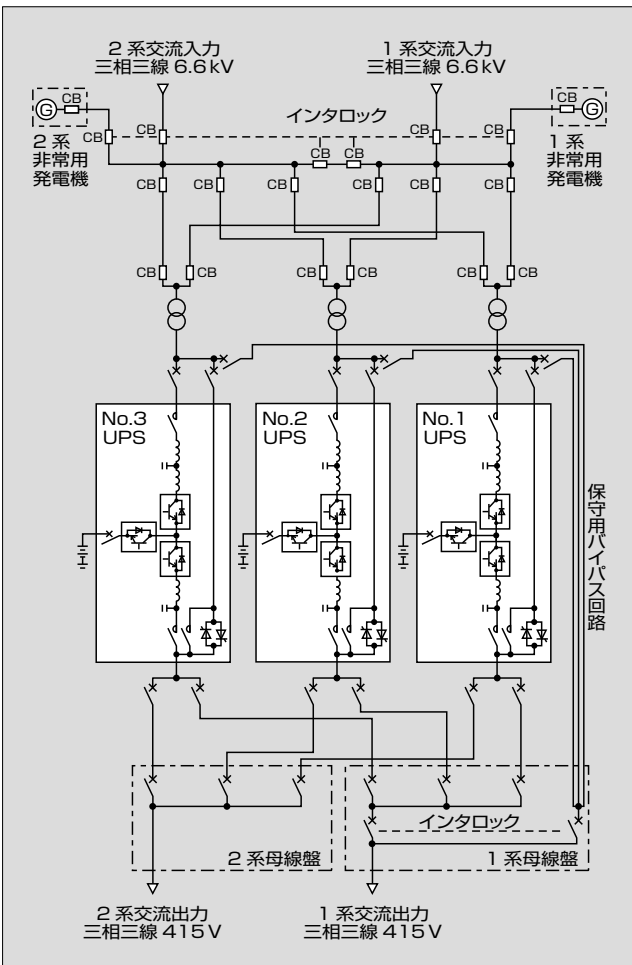


図3 並列冗長システム (完全独立二重母線方式)

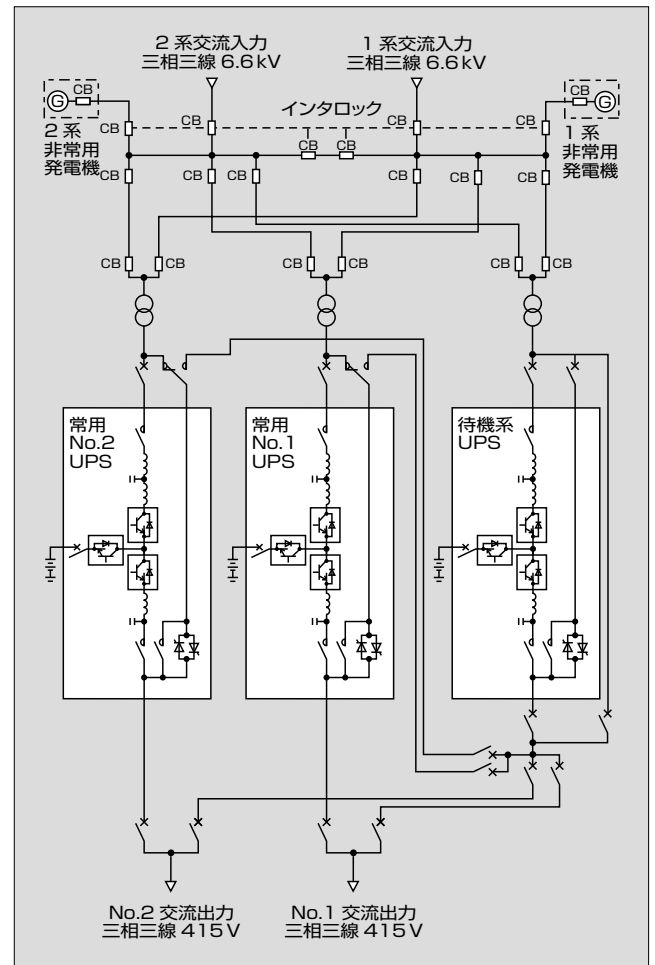


図4 待機冗長システム

③ 仕様

3レベル変換回路の採用により損失が低減し、フィルタ回路が小型化した。その結果、装置自体も小型・軽量化した。表1にUPS7000HXシリーズの性能と仕様を示す。

④ 回路構成と動作

4.1 主回路構成と動作の概要

図5に主回路ブロック図を示す。交流を直流に変換する整流器と、直流を交流に変換するインバータからなる常時インバータ給電方式を採用している。さらに、直流入力には蓄電池の充放電制御を行うチョッパが接続される。

交流入力正常範囲にある通常運転状態では、イン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。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、チョッパは蓄電池の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供給する。図6に、停電・復電時の波形データを示す。入力電圧に停電が発生しても、出力は連続して安定した電圧を供給している。

表1 「UPS7000HX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/500kW	
装置最大効率	97%	
停電切替時間	無瞬断	
交流入力	相数	三相三線
	電圧	415/420V±10%
	周波数	50/60Hz±5%
	力率	0.98以上
	電流高調波ひずみ率	5%以下
バイパス入力	相数	三相三線
	電圧	415/420V±10%
直流入力	公称電圧	480～528V (鉛蓄電池240～264セル相当)
交流出力	相数	三相三線
	電圧	415/420V
	周波数	50/60Hz
	負荷力率	0.7(遅れ)～1.0
	電圧精度(整定時)	±1%以内
	過渡電圧変動	±3%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	±5%以下
	過負荷耐量	125% 10分, 150% 1分, 200% 2秒

4.2 A-NPC 3 レベル変換回路の適用

整流器およびインバータ部には、図7に示すようなA-NPC 3レベル変換回路を採用している。A-NPC 3レベル変換回路の特徴を次に示す。

- (1) スwitching電圧が2レベル変換回路の場合の半分になるため、変換器のSwitching損失が低減し、電力変換効率の向上、省エネルギー(省エネ)、変換器の小型化が可能である。
- (2) Switching波形が図8のように階段状になるため、2レベル変換回路に比べて高調波電圧が低減される。また、リアクトルやコンデンサといった容積・質量比率の高いフィルタ回路の損失も低減するので、装置の小型化が可能である。
- (3) Switchingに伴う発生ノイズが2レベル変換回路より

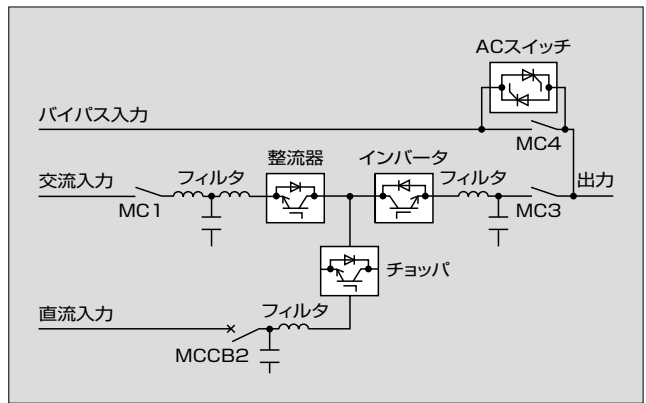


図5 主回路ブロック図

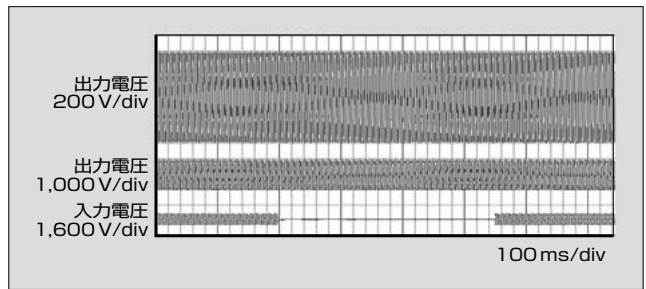


図6 停電・復電時の波形

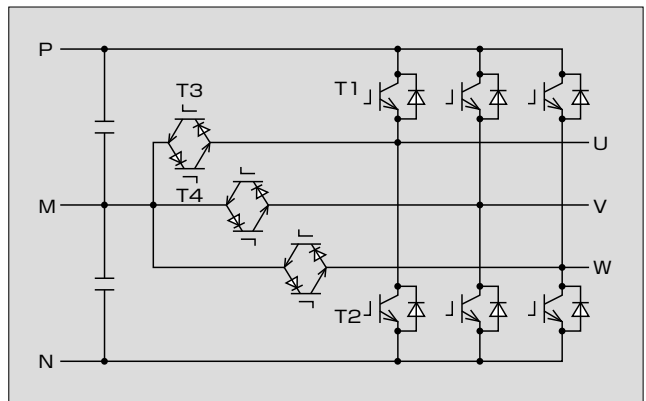


図7 A-NPC 3レベル変換回路

りも低減できる。

4.3 A-NPC 3 レベル IGBT モジュールの適用

3 レベル変換回路には、富士電機が開発した A-NPC 3 レベル IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) モジュールを使用している (図 9)。このモジュールは、中点クランプ素子に RB-IGBT (Reverse-Blocking IGBT) を適用し、一つの 3 レベルアームに必要な四つの半導体スイッチング素子を 1 パッケージ化したものである。

本モジュールを採用することで得られるメリットを次に示す。

- (1) 一般的なダイオードクランプ式 NPC と比較し、導通素子が半分で済むことから、導通損失を抑えられる。
- (2) 1 パッケージモジュールの採用により、素子間接続は図 7 の P, M, N に相当する 3 枚の平板導体で行うことができる。これにより、スイッチング回路のインダクタンスが低減してサージ電圧が抑制できるため、ノイズの抑制やサージ電圧対策部品の削減による回路の簡素化を

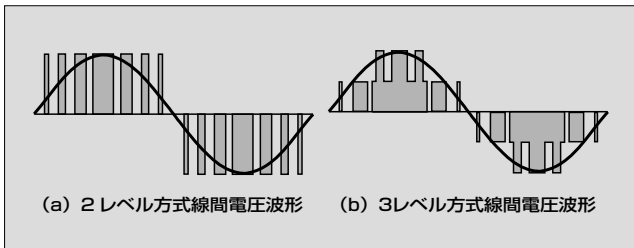


図 8 2レベル変換回路と3レベル変換回路のスイッチング波形の比較

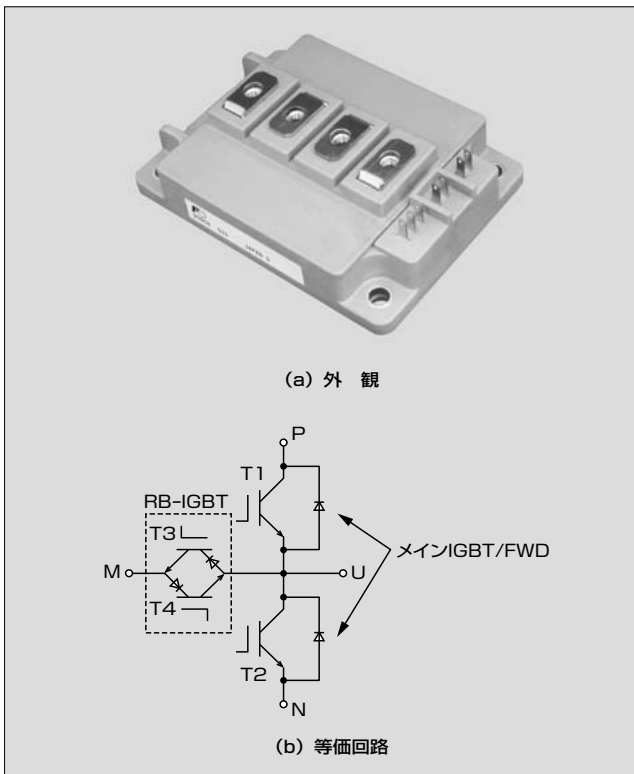


図 9 A-NPC 3 レベル IGBT モジュール

図ることができる。

4.4 効率と損失

図 10 に、本装置の AC-AC 運転における効率特性を示す。負荷率が 20 ~ 100% の間で、最高効率が 97.1% であり、最低効率でも 95.9% である。すなわち、実運用負荷が低い場合も効率が良いので、高い省エネ効果が得られる。

図 11 に、従来の 2 レベル変換装置と A-NPC 3 レベル変換装置の損失の比較を示す。A-NPC 3 レベル変換装置では従来の 2 レベル変換装置と比べて損失が約 30% 低減している。図から明らかなように、スイッチング損失とフィルタ損失の低減が大きい。これは前述のとおり、スイッチング電圧が半分になったためである。

4.5 制御技術

制御装置では、PWM 波形の制御と、シーケンス制御、通信、RAS (Reliability, Availability, Serviceability) 管理、およびマンマシン制御を行っている。

この制御装置では、インバータの瞬時電圧波形制御に加え瞬時電流制御を行っている。このことにより、UPS の並列運転や、インバータ給電とバイパス給電をショックレ

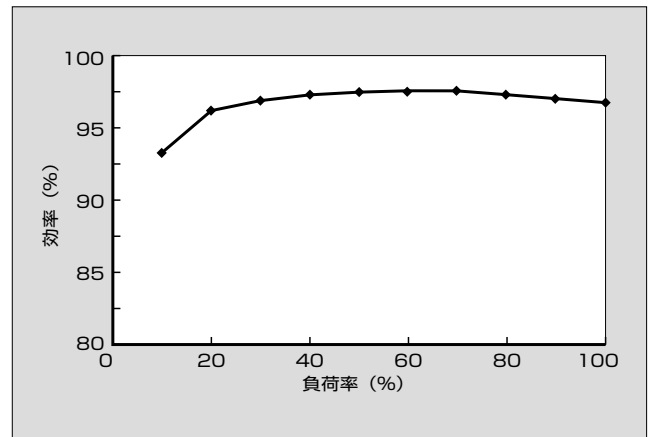


図 10 効率特性

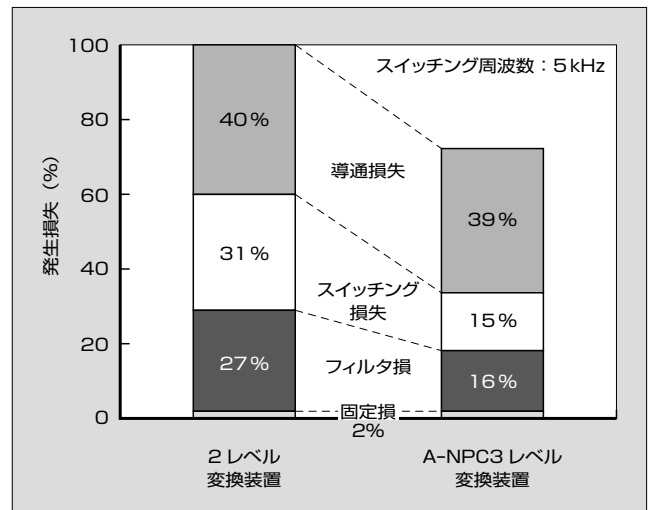


図 11 2レベル変換装置と3レベル変換装置の損失の比較

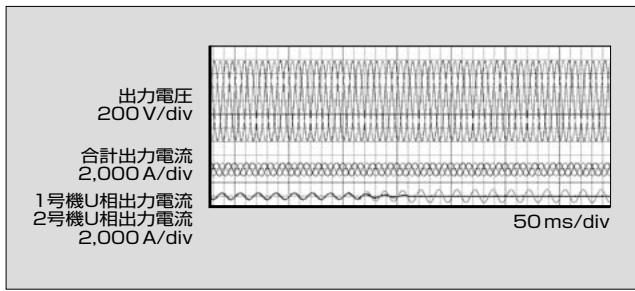


図 12 2台並列運転から1台停止時の波形

スで相互に切り替えることができ、定常的にも過渡的にも安定した高品質の電力の供給を実現している。

並列運転では、各 UPS の電流が等しくなるように制御することで電流をバランスさせている。また、保守時などに並列運転状態から1台を停止して切り離す場合や、停止状態の UPS を起動して運転中の UPS に並列接続する場合は、電流の分担率が徐々に変化するように制御し、出力電圧の乱れをなくして負荷へ安定した電圧供給ができるようにしている。

図 12 に、2台並列運転から1台を停止して切り離した場合の波形を示す。出力電圧に乱れはなく、停止する UPS の電流は徐々にゼロになり、運転を継続する UPS の電流は徐々に増加している。

5 あとがき

データセンター向け A-NPC 3 レベル適用大容量高効率 UPS 「UPS 7000HX シリーズ」を紹介した。A-NPC 3 レベル変換回路と富士電機独自の3レベル専用 IGBT モ

ジュールを使用することで、最大効率 97% の高効率と従来比 30% の小型化を達成した。また、各種電源システムにも対応しており、低環境負荷と高信頼が要求されるデータセンター以外の電源設備への広い適用が期待できる。

今後も新技術を取り入れ、お客さまの期待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) 中澤治雄ほか. アドバンストNPC変換器用RB-IGBT. 富士時報. 2011, vol.84, no.5, p.304-307.



山方 義彦

中大容量 UPS の開発・設計に従事。現在、富士電機株式会社技術開発本部製品技術研究所パワエレ技術開発センター製品技術開発部課長補佐。電気学会会員。



川崎 大介

中大容量 UPS の開発・設計に従事。現在、富士電機株式会社技術開発本部製品技術研究所パワエレ技術開発センター製品技術開発部。



高橋 昇

パワーサプライ事業の商品企画に従事。現在、富士電機株式会社パワエレ機器事業本部パワーサプライ事業部パワーサプライ企画部主査。





*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。