

データセンターの電力安定供給に貢献する 大容量無停電電源システム

High-Capacity Power Supply System That Contributes to Stable Power Supply for Data Centers

濱田 一平 HAMADA, Ippei

近年、情報システムのクラウド化や電子商取引の増加に伴い、世界中で大規模なデータセンター（DC）の新設が進んでいる。このDCに安定した電力を供給するための大容量無停電電源システムの需要が高まっている。富士電機は、電源システムに関連する電気設備を製品ラインアップし、給電信頼性および経済性を高める「電気設備まるごと提案」を推進している。電源システムの主要装置である無停電電源装置（UPS）の小型化によるUPSシステムの設置面積の削減や、I/O-Mの機能を周辺盤に移管することによる設置工事期間の短縮化、HEモードによる省エネルギー化を実現した。

In recent years, there has been an increase in the number of large-scale data centers (DCs) throughout the world as companies move information systems to the cloud and expand their use of e-commerce. This trend has also increased the demand for high-capacity uninterruptible power systems (UPSs) capable of stabilizing the supply of power to the DCs. Fuji Electric, providing line-ups of electrical equipment for power systems, has been promoting its Comprehensive Electrical Equipment Proposals that enhance supply reliability and economy. We have downsized our UPSs, which are key equipment of power systems, to reduce their footprints, migrated I/O-M functions to switch-boards to shorten installation periods, and provided HE mode to save energy.

① まえがき

近年、情報システムのクラウド化や電子商取引の増加に伴い、世界中で大規模なデータセンター（DC：Data Center）の新設が進んでいる。DCの大規模化に伴い、電源システムの大容量化も進んでいる。

富士電機は、大規模な電源システムを構成する発電機、無停電電源装置（UPS：Uninterruptible Power System）、ガス絶縁開閉装置（GIS：Gas-Insulated Switchgear）、変圧器などの電気設備をDCに納入している。また、電源システムの給電信頼性や経済性を高める総合的な技術力を保有し、電気設備の導入検討段階から、現地施工、保守サービスまで含めた「電気設備まるごと提案」を進めて、DCの安定稼働に貢献している。

本稿では、電源システムの設置面積の削減や省エネルギー（省エネ）の要求に応えるために開発した大容量無停電電源装置「UPS7500WX」（図1）を用いた、データセ

ンターの電力安定供給に貢献する大容量無停電電源システムについて述べる。

② 大規模DCにおけるUPSシステム

2.1 概要

図2にDCにおける電源システムの構成概要を示す。変圧器、開閉器などで構成される特別高圧受変電設備、または非常用発電設備から供給された電力は、開閉器などで電源切換を行うUPS入力設備を経て、UPSシステム設備に供給され、個々のUPSシステムからサーバなどの負荷に配電される。UPSシステムは、DCの安定的な稼働のために、停電や落雷による電圧変動などの電源障害からサーバなどの情報機器を保護する機能を持つ。

図3にUPSシステムの構成例を示す。UPSシステムは高圧入力盤、変圧器盤、変圧器二次盤、UPS、出力盤で



図1 「UPS7500WX」

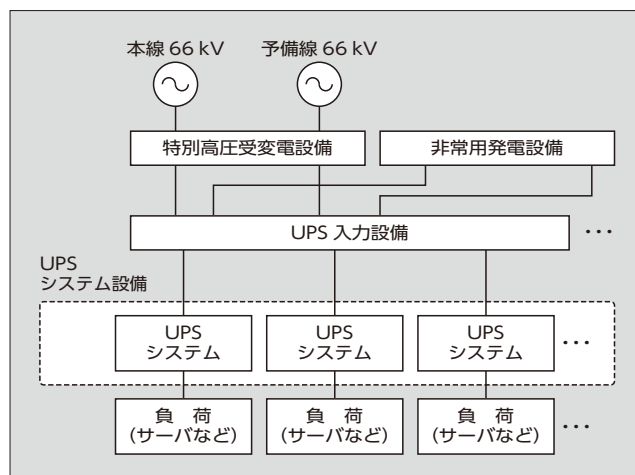


図2 DCにおける電源システムの構成概要

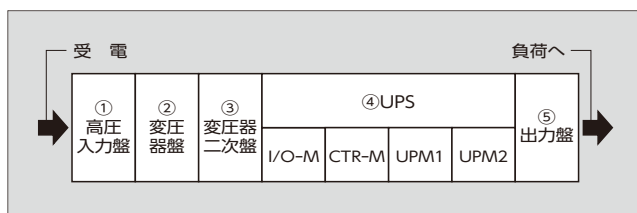


図3 UPSシステムの構成例

構成される。高圧入力盤、変圧器盤、出力盤を合わせて周辺盤とも呼ぶ。UPS 入力設備からの受電は高圧入力盤で行い、出力盤はサーバなどの負荷に接続される。UPS と周辺盤や、周辺盤同士の接続には、ケーブルやバスダクトが用いられる。

UPS は UPS システムの中核となる装置である。基本構成は、主回路ケーブルや制御信号線を接続するための入出力モジュール (I/O-M)、制御装置や内部バイパス回路を実装した制御モジュール (CTR-M)、および整流器やインバータを内蔵した電力変換モジュール (UPM1、UPM2) である。

2.2 UPS システムの課題

(1) 設置面積の削減

大容量無停電電源システムを構成する UPS システムは、次のような理由で大型となる。

- (a) 発熱量が増加するため、冷却のためのヒートシンクが大型化する。
 - (b) 導体（ブスバー）の断面積が電流値の 2 乗で大きくなるため、これを格納する I/O-M が大型化する。
- 一方、DC 事業者は、サーバの設置数量を少しでも増やすために、電気設備に対しては設置面積の削減を求めている⁽¹⁾。

(2) 設置工事期間の短縮

UPS システムの大容量化が進むと、UPS と周辺盤の接続に必要な端子数や、配線に用いるケーブルまたはバスダクトの本数が増加するため、配線作業工数が増加する。

DC 事業者のニーズは、速やかにサーバやストレージを稼働可能な状態にすることである。このため、UPS システムをはじめとする電源システムの現地設置工事期間の短縮も求められている。

(3) UPS システムの省エネ

サーバやストレージのような重要機器には、電圧や周波数の変動が少ない電力品質の高い給電が必要である。一方で、空調のように電圧や周波数の変動の影響をあまり受けないが、消費電力が大きい負荷もある。こうした負荷に対しては、電力品質の維持よりも、省エネを優先した UPS システムの運用が求められている。

③ 「UPS7500WX」を用いた UPS システム

3.1 UPS システム設置面積の削減

(1) UPS の小型化

UPS7500WX は、1 台当たり 600 kVA の電力変換モジュール (UPM) を、最大 4 台まで組み合わせることにより、UPS 容量を 600 kVA から 2,400 kVA まで拡張できる。そのうち、図 4 に UPS7500WX (1,200 kVA 機) の外形を、表 1 に仕様を示す。

UPS7500WX (1,200 kVA 機) の底面寸法は、幅 3,500 mm、奥行き 900 mm であり、業界最小レベルである。また背面および左右側面に保守スペース確保が不要であることから、壁面に密着させた配置や、2 台を背面合わせで使用するなど、コンパクトな設置が可能である。

(a) UPM 冷却の高効率化

UPM の内部を、発熱量の大きな機器を集めた強制風冷エリア (リアクトル・コンデンサ・整流器・インバータ) と、発熱量が小さく、強制風冷が不要な機器を集めた自冷エリア (コンタクタ・サブ制御装置) とに分離した。さらに強制風冷エリアのみに、冷たい空気を直接当てて冷却する構造とすることで冷却効率を上げ、ヒートシンクを小型化した。

(b) 上部排気と前面保守

強制風冷は、前面吸気・上部排気方式とすることで、背面の排気スペースを不要とした。また、装置前面から保守を行うことができる部品レイアウトとし、左右側面の保守スペースを不要とした。

これらの対応により、設置面積の削減を実現している。

(2) UPS システムの小型化

一般に UPS の I/O-M には、ケーブルを接続する機能に加え、落雷によるサージ電圧から電子機器を保護するサージアブソーバなどの電気部品が実装されている。UPS7500WX は、これらの電気部品を CTR-M に移設した。これにより、変圧器二次盤および出力盤の設計製作時にケーブルを接続する機能を組み込むことで、I/O-M がなくても UPS システムが構築可能となった。

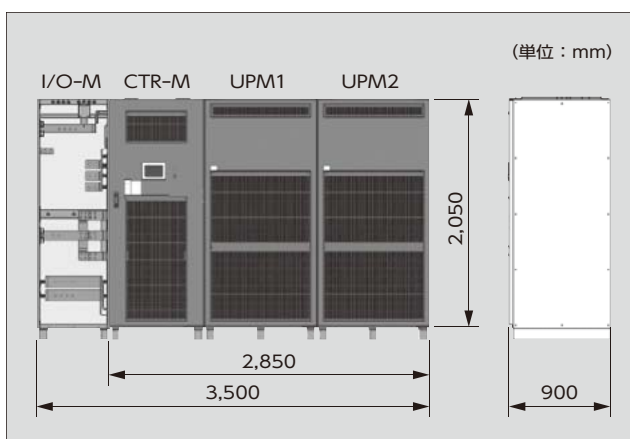


図4 「UPS7500WX」(1,200 kVA 機) の外形

表1 「UPS7500WX」(1,200kVA 機)の仕様

項 目		仕 様
方 式		常時インバータ給電方式 (HEモード選択可能)
定格容量		1,200 kVA / 1,200 kW
外形寸法		W3,500 × D900 × H2,050 (mm) (I/O-M含む) W2,850 × D900 × H2,050 (mm) (I/O-M含まず)
装置最高効率		96.6% (VFI*1)、99.0% (VFD*2)
切換時間		無瞬断 (VFI)、<2 ms (VFD)
交流入力	相数 (線数)	三相4線
	電 圧	380、400、415、420 V
	周波数	50 / 60 Hz
	入力力率	0.99 (遅れ) 以上、1.0以下
	入力高調波電流	総合3%以下
バイパス入力	相数 (線数)	三相3線または三相4線
	電 圧	380、400、415、420 V
直流入力	定格電圧	480 V
	種 類	リチウムイオン電池、鉛蓄電池
交流出力	相数 (線数)	三相3線または三相4線
	電 圧	380、400、415、420 V
	周波数	50 / 60 Hz
	出力力率	0.7 (遅れ) ～ 1.0
	電圧精度	±1%以下 (負荷平衡)
	過渡電圧変動	±3%以下 (負荷急変)
	電圧ひずみ率	2%以下 (線形負荷) 2.5%以下 (IEC 62040-3)
環 境	周囲温度	0 ～ 40℃ (推奨25℃)
	周囲湿度	5 ～ 95% (結露なきこと)
通信プロトコル		Web/SNMP、Modbus*3 RTU、 Modbus TCP/IP

*1 VFI : Voltage and Frequency Independent

*2 VFD : Voltage and Frequency Dependent

*3 Modbus : Schneider Automation, Inc.の商標または登録商標

I/O-M を含まない UPS7500WX の幅は図4に示すように 2,850 mm で、設置面積を 19% 削減できる。

3.2 設置工事期間の短縮

UPS システムの列盤構成図を図5に示す。

従来の UPS システムは、図5(a)のように、UPS と周辺盤を連結して構築するが、UPS と周辺盤の配線は I/O-M を介して行われる。このため、外部ケーブルやバスダクトを用いた盤外配線が必要となる。DC が大規模化するほど端子数や配線工数が増大し、ケーブル長も長くなるため、設置工事期間の長期化の原因となっていた。

一方、UPS7500WX を用いた UPS システムの場合、I/O-M を介せず配線できるため、図5(b)および図5(c)のように UPS7500WX と変圧器二次盤や出力盤との配線はすべて盤内で行うことができる。このため盤外配線は、高圧入力盤への入力と、出力盤から負荷への接続だけとなり、

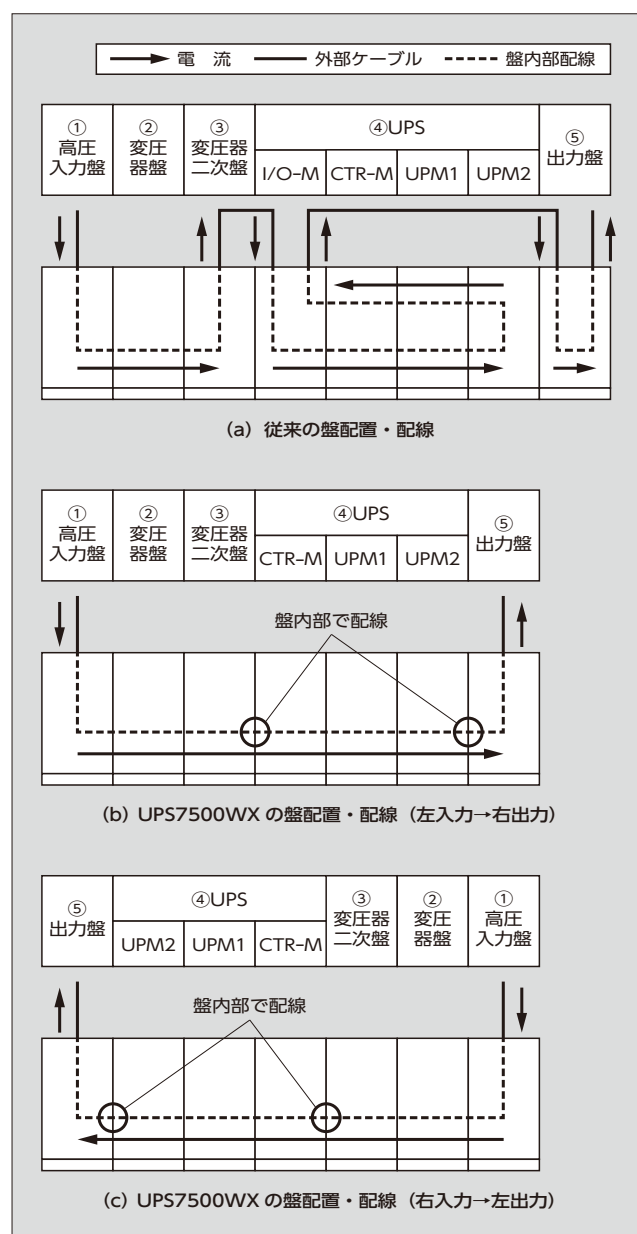


図5 UPSシステムの列盤構成図

配線工数が従来に比べて削減できるとともに、設置工事期間も短縮できる。

なお、UPS7500WX は図5(b)および図5(c)に示すように、左右どちらからでも受電可能である。この理由は、CTR-M 内部の部品配置を左右入替え可能な構造としたため、左右のどちらから受電した場合でも、内部インピーダンス、インダクタンスが変わらないため、同品質の給電が可能である。

左右どちらからでも受電できる構造は、UPS システムを複数設置する場合の、設置工事期間の短縮に有効である。

図6にUPSシステムの列盤構成図(天井図)を示す。具体例として、二つのUPSシステムを背面面合わせで設置するケースを示したものである。図中の①~③、⑤は、図5の①~③、⑤と同じ盤を示している。従来のUPSシステムは、図5(a)に示すように、受電できるのは左右どちらか一方からだけである。このため図6(a)のように、一つの

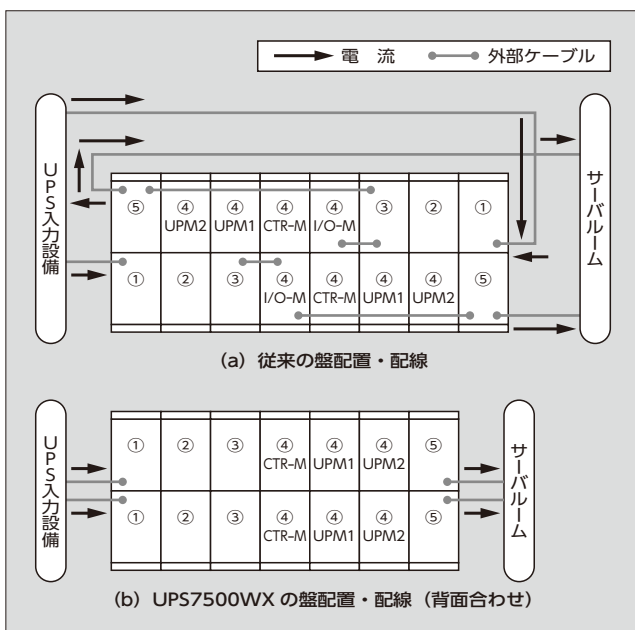


図6 UPSシステムの列盤構成図（天井図）

UPSシステムはUPS入力設備、およびサーバルームと最短で配線できるが、背面合わせしたもう一方のUPSシステムは、UPS入力設備から変圧器盤、出力盤からサーバルームまでの長距離配線が必要となる。

一方、UPS7500WXを用いたUPSシステムは、左右どちらからでも受電可能なため、図6(b)のようにUPS入力設備からサーバルームまで電気の流れを一方にすることができ、いずれのUPSシステムも最短距離で配線できる。

3.3 HEモード（High Efficiency Mode）バイパス回路による省エネルギー化

UPS7500WXは、図7に示すハイブリッドバイパス回路（図7(a)）およびHEモードバイパス回路（図7(b)）を搭載しており、負荷の種類に応じてこれらを選択することで、UPSシステムを効率的に運用し、省エネを実現できる。

従来品にも搭載されていたハイブリッドバイパス回路は、通常時は整流器およびインバータで電力変換する常時インバータ給電である。短時間の電流耐量で設計したサイリスタによるACスイッチと、開閉器から成る並列回路を持ち、停電などの電源異常時には無瞬断でバイパス入力に切り換わる。このときの電力変換効率は96.4%になるが、電圧や周波数の変動が小さいことから、サーバやストレージといった重要負荷への給電に適している。

一方、UPS7500WXに搭載したHEモードバイパス回路は、通常時はバイパス入力から交流出力に給電し、整流器やインバータを介さない常時商用給電方式である。連続運転可能な電流耐量で設計したサイリスタによるACスイッチと開閉器を直列回路で構成している。電力変換効率は98.4%で、ハイブリッドバイパス回路を上回る。ただし、電圧や周波数変動の影響を受けるため、空調などの電力品質への要求が低い負荷での利用に適している。常時商用給電方式であるため、系統の電力品質が高い諸外国にお

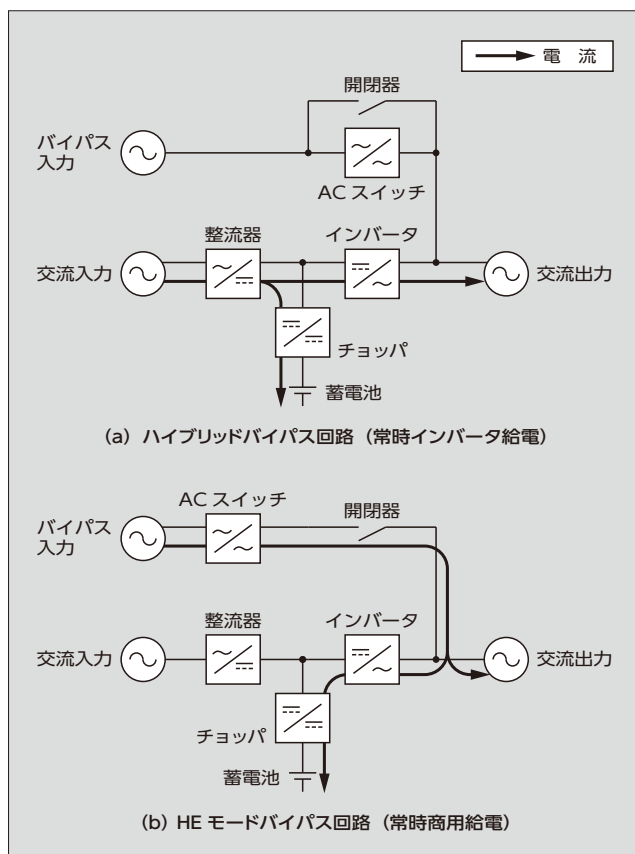


図7 選択可能な給電方式

いて省エネ目的での利用が期待される。

なお、HEモードバイパス回路選択時に、停電や落雷などによる電源異常やサイリスタの失弧を検出すると、2ms以内にインバータ給電に自動的に切り換わる。一般に、電源異常が電気・電子機器に悪影響を及ぼす時間は10msとされるが、これよりも十分に短い時間での切換えを実現している。

4 あとがき

データセンターの電力安定供給に貢献する大容量無停電電源システムについて述べた。

今後も、富士電機のエネルギー・環境技術を生かした製品・サービスを通じ、地球温暖化をはじめとするさまざまな環境負荷低減に貢献する所存である。

参考文献

- (1) 岩本啓ほか. データセンター向け高圧盤の小型化. 富士電機技報. 2019, vol.92, no.3, p.143-146.
- (2) 佐藤篤司ほか. ハイパースケールデータセンター向けUPS. 富士電機技報. 2019, vol.92, no.3, p.147-150.
- (3) 瞬時電圧低下対策専門委員会. 瞬時電圧低下対策. 一般社団法人電気協同研究会. 1990, vol.46, no.3, p.9-13.
- (4) 松崎薫. 無停電電源システム実務読本. オーム社. 2007.



濱田 一平

UPS の開発・設計に従事。現在、富士電機株式会社パワエレ エネルギー事業本部開発統括部変換装置開発部グループマネージャー。電気学会会員。無停電電源システム標準化委員兼 IEC SC22H エキスパート。





＊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。