

三相 200V 系大容量 UPS 「6000DX シリーズ」

3-Phase 200 V Large-Capacity UPS “6000DX Series”

玉井 康寛 TAMAI, Yasuhiro

木水 拓也 KIMIZU, Takuya

松永 和喜 MATSUNAGA, Kazuki

金融機関、官公庁、病院などの設備では、200V 出力の無停電電源装置（UPS：Uninterruptible Power System）の需要が多い。富士電機は、近年寄せられている市場要求に応え、三相 200V 系大容量 UPS 「6000DX シリーズ」を開発した。本シリーズの定格負荷力率は 1.0 であり、高力率負荷に標準で対応している。また、並列冗長運転方式、待機冗長運転方式などの UPS を複数台並列に接続する種々の運転方式に対応しており、信頼性の高いシステムが構築できる。電力供給の品質と信頼性をさらに向上させるとともに、液晶タッチパネルを採用することで、操作性・保守性を向上している。

Financial organizations, public offices and hospitals have great demand for an uninterruptible power system (UPS) providing 200V output. To meet this recent market demand, Fuji Electric has developed a 3-phase 200V large-capacity UPS called “6000DX Series.” This series has a rated load power factor of 1.0 and supports a high-power-factor load as standard. The series also offers various operation types to connect several UPS units in parallel, such as parallel redundant system and standby redundant system, thus making it possible to construct a highly reliable system. This product further raises the quality and reliability of power distribution. By adopting an LCD touch panel, it improves operability and maintainability.

① まえがき

情報化社会の発展とともに、それを支える電源に対して高信頼性化の要求が年々高まっている。最近成長著しいデータセンターにおける電源の高効率、大容量化を図るため、400V 出力の無停電電源装置（UPS：Uninterruptible Power System）の需要が増加している。一方で、電算・通信設備は 200V で動作するものも多く、200V 出力の UPS への需要も根強い。また、金融機関、官公庁、病院などで運用中の設備の更新においても、200V 出力の UPS の需要が多い。このような背景から、現行の 200V 出力 UPS 「6000D シリーズ」は、絶縁型の仕様であることから、需要家の多彩で高信頼なシステムの実現に対応できる。富士電機の UPS における主力機種となっている。

2003 年の現行機種の発売から今までに寄せられているさまざまな要求に応え、後継機種として三相 200V 系大容量 UPS 「6000DX シリーズ」を開発した。

② 特徴

2.1 定格負荷力率 1.0 対応

現行機種が開発された当時、定格負荷力率は 0.9 が主流であった。しかし、現在、主な給電先である電算設備の入力力率はほぼ 1.0 に近い設備が多くなっている。このようなことから、6000DX シリーズは、他社に先駆けて定格負荷力率 1.0 に対応した。出力性能の向上に伴い部品が大型化したのが、置換えの容易さを考慮して現行機種と同寸法とした。

2.2 液晶タッチパネルの採用

6000DX シリーズは、盤面に標準で装備した液晶タッチ

パネルで操作できるようにしている。系統画面や故障履歴、操作ガイダンスメニューを用意し、操作性・保守性が向上している。

2.3 高信頼性

UPS が導入される設備では、24 時間 365 日、安定した給電の継続が求められる。メンテナンス時や更新時、さらに万が一の故障時においても給電が継続される高信頼性システムを構成できなければならない。

UPS では並列冗長や待機冗長、ブロックリダントという運転方式で UPS を複数台並列に接続するシステム構成が代表的である。これらのシステムでは、1 台の UPS が万が一故障した場合においても、残りの UPS によって給電の継続が可能であり、信頼性を高くできる。本機種は、このような構成だけでなく、図 1 に示すように複数の並列冗長システムの 2 次側に高速切替装置を設けることにより、無瞬断で切り替えることができ、より信頼性の高いシステムも構築できる。これにより、いかなる場合においても UPS からの電力供給を確保できるので、ハイエンドユーザが要求する高信頼性システムの構成に適している。

2.4 高性能・高機能

(1) 波形ひずみ

UPS には、波形ひずみが少なく高品質の電源供給が求められる。出力電圧ひずみ率は従来 2.5% 以下（線形負荷時）であったが、今回 2% 以下に向上させ、絶縁型 UPS でトップクラスの性能を実現した。

(2) パワーウォークイン機能

パワーウォークイン機能は、UPS がバッテリー給電（停電運転）から非常用発電機給電に切り替える際に、供給電力をバッテリー放電電力から徐々に非常用発電機電力へ移行

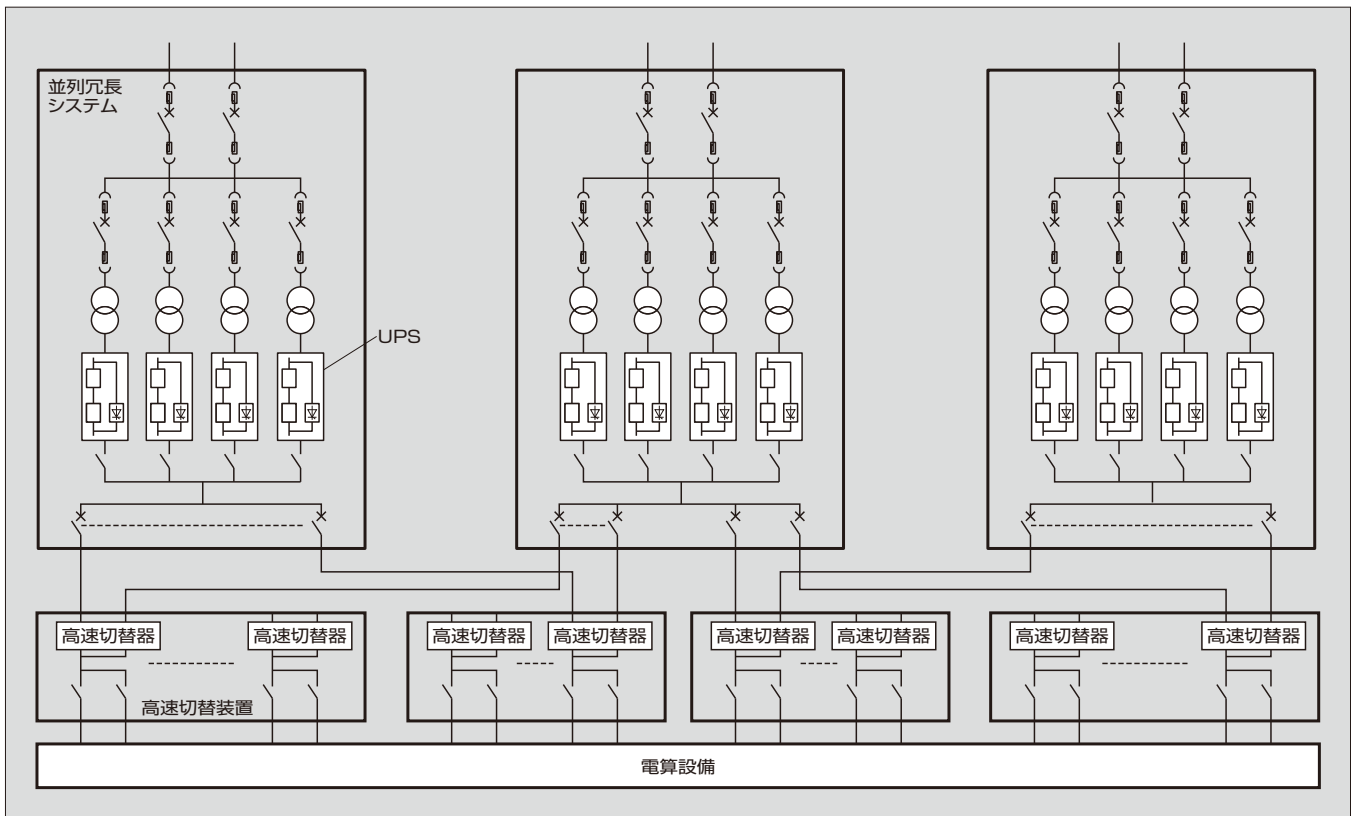


図1 並列冗長システムと高速切替装置を組み合わせた高信頼性システム

するものである。この機能を設けることにより、非常用発電機の負荷が急変することによる非常用発電機の電圧変動を抑制したり乱調を防止したりできる。

3 仕様

図2に6000DXシリーズの200kVA機の外観と外形図を、表1に仕様を示す。現在は、容量100～300kVAの

5機種をラインアップしている。

現行機種の定格負荷力率は0.9(遅れ)であるのに対し、6000DXシリーズは全ての定格出力容量において負荷力率が1.0であり、高力率負荷に標準で対応している。さらに、UPSの制御の高速化および高機能化を実現し、現行機種に対し、次の点で特性を改善している。

- (a) 出力電圧ひずみ率を2%以下に改善し、絶縁型UPSではトップクラスの性能を実現した(現行機種:

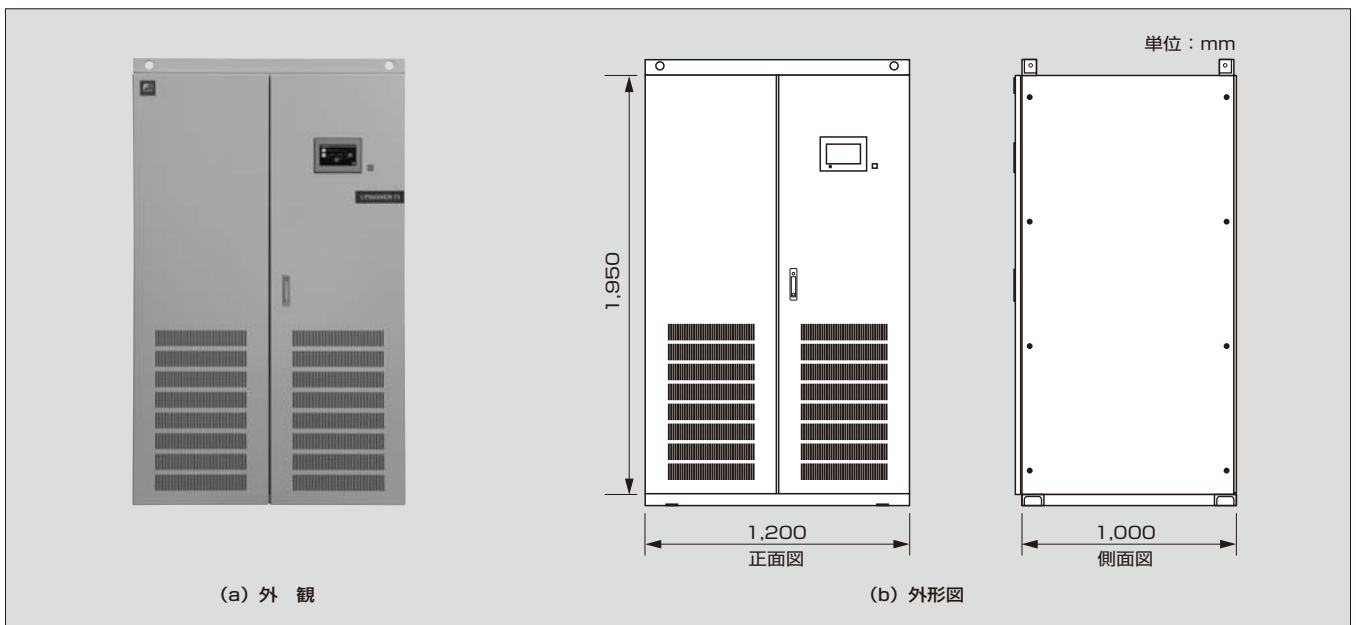


図2 「6000DX シリーズ」(200kVA機)

表 1 「6000DX シリーズ」の仕様

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		100kVA, 150kVA, 200kVA, 250kVA, 300kVA
停電切替時間		無瞬断
交流入力	相数	三相三線
	電圧	200/210V±10%
	周波数	50/60Hz±5%
	力率	0.99以上
	入力電流ひずみ率	3%以下(定格負荷時)
バイパス入力	相数	三相三線
	電圧	200/210V±10%
直流入力	定格電圧	360V (鉛蓄電池180セル相当)
	相数	三相三線
交流出力	電圧	200/210V
	周波数	50/60Hz
	負荷力率	0.7(遅れ)~1.0
	電圧精度(整定時)平衡負荷	±1%以内
	電圧精度(整定時)不平衡負荷	±2%以内 不平衡率1%以下
	過渡電圧変動	±3%以下(負荷0⇔100%)
	整定時間	50ms以下
	出力電圧ひずみ率	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)
	外部同期周波数範囲	±5%以下
	過負荷耐量	125% 10min 150% 1min

2.5%以下)。

- (b) 負荷急変時の電圧変動を3%以下に改善し、過渡変動を低減した(現行機種:5%以下)。
- (c) 定格負荷時の入力電流ひずみ率を3%以下に改善し、交流入力への高調波の流入をさらに抑制した(現行機種:5%以下)。

また、6000DX シリーズはシステム冗長化に対応し、最大8台までの並列運転が可能である。

高力率負荷に標準で対応するため、装置への最大入力電流は現行機種に比べて増加する。そのため、部品は電流容量の増加により大型化し、発生する熱も増加する。そこで、部品の配置や冷却構造の見直しを行うことで、現行機種と同一寸法を実現した。

4 回路構成と動作

4.1 主回路構成と動作概要

図3に主回路ブロック図を示す。主回路は、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ダブルコンバージョン方式を採用した。蓄電池は、

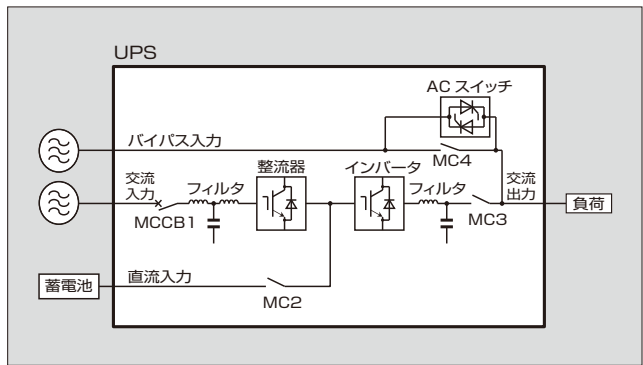


図3 「6000DX シリーズ」(100kVA機)の主回路ブロック図

装置内部の直流部に直結する。

交流入力がある通常運転状態では、交流入力の電力を整流器とインバータを通して定電圧定周波数の安定した電力にして負荷に供給すると同時に、整流器により装置内部の直流電圧を制御することで、蓄電池を充電する。交流入力に停電が発生すると、インバータを通して蓄電池の電力を交流出力に変換して負荷に供給する。このようにして、交流入力電圧の変動の影響を受けずに、負荷に安定した電力を供給する。

並列運転時は、全UPSの出力電流が等しくなるようにインバータで制御を行う。また、保守時などに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に並列接続を行う場合は、電流の分担率を緩やかに変える。このようにすることで、並列接続台数の増減による出力電圧の過渡変動を低減し、安定した電力の供給を可能にしている。

4.2 交流入力の停電・復電時の特性

図4に、交流入力を停電させ、次に復電させた場合の動作波形を示す。交流入力が停電すると、整流器の動作を停止し、インバータは蓄電池の電力を利用して負荷への電力供給を継続する。

交流入力が停電した後は、復電するまで蓄電池を利用した給電を継続する、あるいはUPSへの入力電圧を非常用発電機に切り替えるなどの処置を取る。UPSは、交流入力が正常と判別すると再び整流器を起動し、蓄電池による電力供給から整流器による電力供給へと移行する。その過程においては、整流器の電流指令を直線的に緩やかに変化

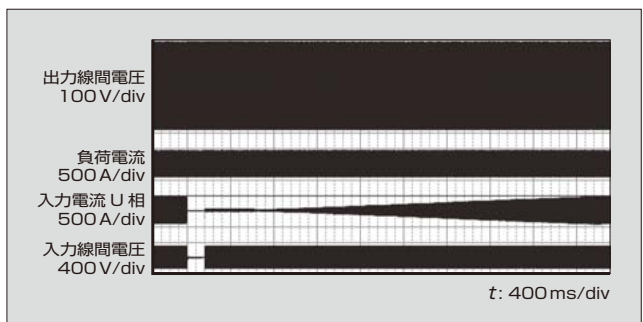


図4 交流入力の停電・復電時の動作波形

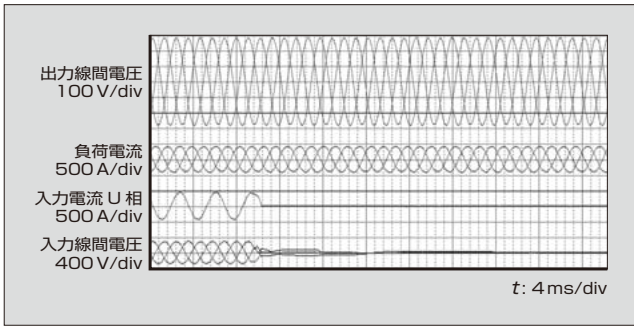


図5 交流入力that停電した直後の動作波形

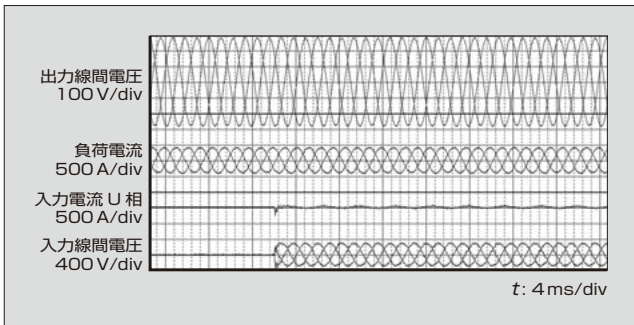


図6 交流入力that復電した直後の動作波形

させることで、整流器による供給電力を緩やかに増加させている。このパワーウォークイン機能は、復電直後に整流器による電力供給量を急激に増加させると入力電圧が低下し、その影響で再び入力電圧が正常範囲を外れる可能性があるため、入力電圧に影響を与えずに安定して復電動作を行うためのものである。

入力電圧に異常が生じた際も、停電・復電時の動作と同様に負荷への影響を与えない安定した電力供給が継続できる。

図5に、交流入力that停電した直後の動作波形を示す。インバータでは、瞬時電圧波形制御を高速で行うことで、出力電圧ひずみ率は停電発生前後ともに2%以下であり、高品質の電力供給を実現している。また、交流入力that停電して整流器が停止すると、直流電圧は直結されている蓄電池の電圧へと変化する。インバータの瞬時電圧波形制御では、直流電圧変動の影響の補正も行うことで、停電による出力電圧への影響を抑えている。その結果、停電発生直後における出力電圧変動は定格の2%以下であり、負荷への安定した電力供給を継続している。

図6に、交流入力that復電した直後の動作波形を示す。復電時においても、出力電圧の変動は定格の2%以下であり、負荷への安定した電力供給を継続している。

4.3 バイパス切替特性

6000DX シリーズのバイパス入力端子には交流入力を接続する。この交流入力は、装置異常時においても負荷への給電を継続するためのバックアップ電源となる。例えば、UPSの各部において過電圧や過電流が発生した場合、すぐに図3のMC4とACスイッチを投入する指令を出して、

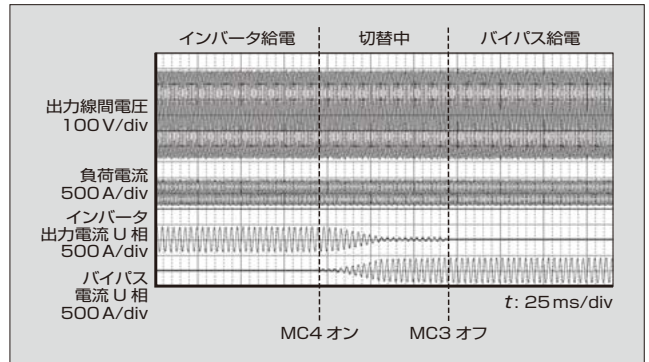


図7 インバータ給電からバイパス給電への切替時の動作波形

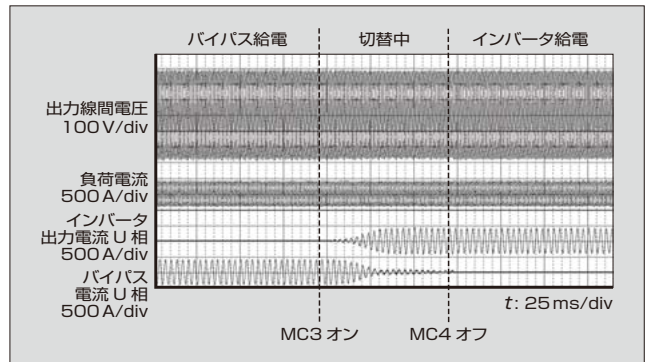


図8 バイパス給電からインバータ給電への切替時の動作波形

バイパス回路からの給電に切り替え、負荷への給電を継続する。

また、装置のメンテナンスは、バイパス給電に手動操作で切り替えた後、装置を停止させることで、負荷への給電を継続したままで行うことができる。

図7に、手動でインバータ給電からバイパス給電に切り替えたときの動作波形を示す。手動で切替操作を行うと、インバータはバイパス電圧への追従制御を開始し、バイパス電圧と同一振幅・位相の電圧を出力する。バイパス電圧への追従が完了した後、図3に示すMC4を投入してバイパスから負荷への電力供給を行う状態にし、続いてMC3をオフしてバイパス給電状態となる。

MC3とMC4が同時に投入されている期間においては、インバータからの供給電流を直線的に減少させることで、バイパス回路からの供給電流を緩やかに増加させている。この制御により、負荷の急変に伴うバイパス電圧の変動を抑制することで、手動切替の過程においても負荷への安定した電力供給を可能としている。

図8に、手動でバイパス給電からインバータ給電に切り替えたときの動作波形を示す。インバータ給電からバイパス給電に切り替えた場合と同様に、緩やかにインバータからの供給電流を増加させることでUPSの出力電圧の変動を抑え、負荷への給電に影響を与えずに、インバータ給電状態への切替を実現している。

4.4 並列運転時の台数切替特性

6000DX シリーズは、最大8台までの並列運転に対応し

ている。並列運転には次の特徴がある。

- (a) システムの信頼性を向上できる。例えば、負荷容量に対して冗長性を持たせて UPS の台数を設定すれば、UPS のうち 1 台が万が一故障しても、残りの健全な UPS で給電を継続できる。
 - (b) 負荷容量の増加には、UPS の増設による対応が可能であり、システム運用の効率化を図ることができる。
- UPS は、並列運転時に運転台数を変更した場合においても、負荷への安定した電力供給継続が要求される。

図 9 に、2 台の UPS による並列運転中において、1 台を手動で停止操作を行って解列(注)させたときの動作波形を示す。2 台で並列運転中に出力電流の分担に極端なアンバランスがあると、1 台に電流が集中して過電流状態になり、定格電力の供給ができなくなってしまう。そこで、それぞれの出力電流が等しくなるようにインバータで電流制御を行っている。

1 台の停止操作を手動で行うと、その UPS はインバータの出力電流指令を直線的に減少させ、運転を継続する UPS は逆にインバータの出力電流指令を直線的に増加さ

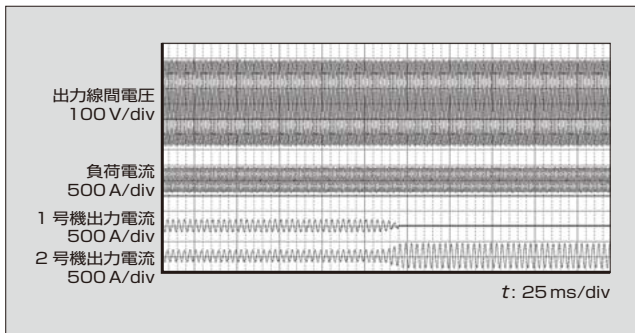


図 9 停止操作時の動作波形

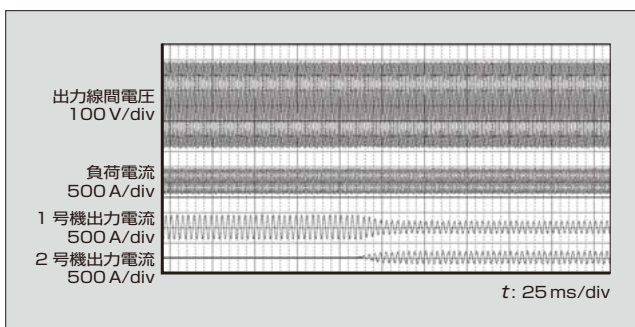


図 10 投入操作時の動作波形

〈注〉 解列：電力系統から電気設備を切り離すこと

せる。最終的には、運転を継続する UPS が負荷へ全電力を供給する状態になった後、停止操作を行った UPS はインバータを停止する。

図 10 に、1 台が運転中の状態において、さらに 1 台を投入して 2 並列での運転に移行したときの動作波形を示す。後から投入する UPS は、起動直後のインバータ出力電流指令を 0 にしておき、その後、インバータの出力電流を直線的に緩やかに増加することで、最終的に 2 台の UPS の出力電流は等しくなる。

このような動作により、各 UPS の出力電流を緩やかに変化させることで、並列運転時における UPS の投入・停止動作に伴う出力電圧の過渡変動を抑え、負荷への安定した電力供給の継続を実現している。

5 あとがき

三相 200V 系大容量 UPS 「6000DX シリーズ」について述べた。本機種は、近年増加している高力率負荷に対応するとともに、タッチパネル操作に変更することで操作性の向上を図ったことから、電源設備への幅広い適用が期待できる。

今後は、300kVA 以上の大容量機種のラインアップを拡充していくとともに、新技術・新機能の開発に注力し、幅広いお客さまのニーズに応えていく所存である。



玉井 康寛

中大容量 UPS の設計・開発に従事。現在、富士電機株式会社パワーエレ機器事業本部パワーサプライ事業部開発部。電気学会会員。



木水 拓也

中大容量 UPS の設計・開発に従事。現在、富士電機株式会社パワーエレ機器事業本部パワーサプライ事業部開発部。



松永 和喜

中大容量 UPS のエンジニアリング業務に従事。現在、富士電機株式会社パワーエレ機器事業本部パワーサプライ事業部エンジニアリング部。



*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。