

IGBT 式大容量 UPS

梅沢 一喜(うめざわ かずよし)

青山 謙司(あおやま けんじ)

古泉 辰雄(こいずみ たつお)

① まえがき

高度情報社会のインフラストラクチャとして、コンピュータを中心とした情報通信機器には高い信頼性が求められている。なかでも、安定した電力の供給は絶対不可欠の条件であり、一瞬の停電も許されない。

富士電機は、情報通信機器を停電や電力障害から守る無停電電源装置 (UPS) において、ここ十数年間にわたりトップシェアを続け業界をリードしてきている。

UPS の需要は、昨今のコンピュータのダウンサイジング、あるいは分散形指向により中小容量化が顕著に表れている。一方、膨大な情報ネットワークを構築している金融機関におけるオンラインシステムは、例えば都市銀行などでは第四次オンラインシステムの導入時期に入ってきている。また、アウトソーシングの情報処理サービス業などにおけるコンピュータシステムの構築も大規模化の様相にあり、UPS の需要は中小容量と超大容量との二極化の傾向にある。

富士電機は、これまで業界に先駆けて IGBT 式インバータと PWM 整流方式の IGBT 式コンバータとの構成による全 IGBT 式 UPS を供給してきたが、今回表 1 に示すとおり 20kVA から 1,000kVA までを系列化した。1,000kVA 機の外観を図 1 に示す。

本稿では、特に 250kVA 以上の大容量全 IGBT 式 UPS を紹介する。

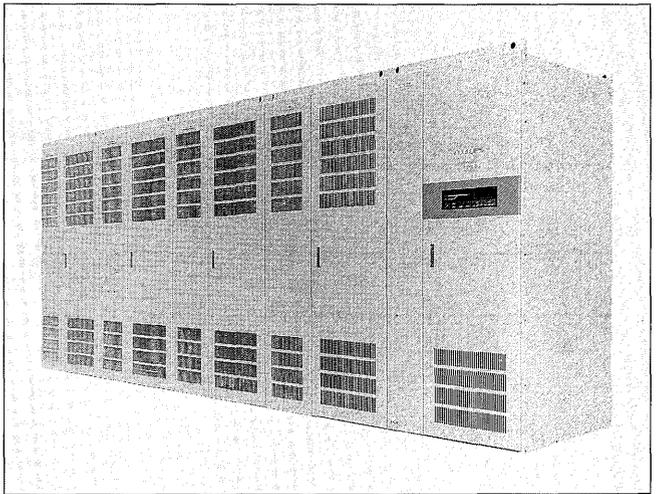
② 特長

2.1 小形・軽量と保守性の向上

大容量 UPS は、新たにヒートパイプを用いた大電流プリント板実装式 IGBT パワーモジュールを採用したことにより、従来品に比べ体積が約 67%、質量が約 80% となり小形・軽量化を図ることができた (500kVA 機)。

また、パワーモジュールはプラグイン式とし、かつコンバータ、インバータとも同じモジュールを使用するため保守性が大幅に向上した。

図 1 1,000kVA 機の外観



A3760-11-464

表 1 IGBT 式 UPS の容量系列

形 式	入出力仕様			容量 (kVA)														
	入 力	出 力	周波数 (Hz)	20	30	50	75	100	150	200	250	300	400	500	600	750	1,000	
600-C/3	三 相	三 相	50/60	○	○	○	○											
600-C/1	三 相	単 相	50/60	○	○	○	○											
600-B/3	三 相	三 相	50/60				○	○	○	○								
600-A/3	三 相	三 相	50/60								○	○	○	○	○	○	○	○
600-H/3	三 相	三 相	400			○	○	○	○									



梅沢 一喜

昭和62年入社。UPSの開発、設計に従事。現在、東京制御製作所電源機器部。



青山 謙司

昭和49年入社。施設用電源設備(主としてUPS)の技術企画に従事。現在、電機事業本部電機システム事業部設備技術部主査。



古泉 辰雄

昭和55年入社。UPSの開発・試験に従事。現在、東京制御製作所品質保証部。

2.2 入力容量と入力電流高調波の低減

世界で初めて、大容量 UPS にも PWM コンバータを採用し、入力力率約1.0の高力率により、

$$\text{入力容量 (kVA)} = \text{定格出力容量 (kVA)}$$

となり、従来品に比べ所要入力電源容量が約30%低減し、入力高調波電流を5%以下とするなど、近年、電力公害とまでいわれている入力の高調波電流や無効電力を大幅に抑制した。

2.3 瞬時値制御方式での並列運転の実現

出力電圧は、高速スイッチングデバイスの発展により単機システムにおいては瞬時値制御による高性能化が図られた。しかし、並列システムにおいては、従来手法の瞬時値制御では安定性、負荷電流分担制御（特に非線形負荷時）などに問題があったが、今回富士電機で考案した瞬時電圧電流制御方式により、並列システムでの瞬時値制御が可能となり出力特性が大幅に向上した（特許出願中）。

③ 外形寸法および質量

図2に大容量シリーズ（UPS600-A/3）の外形寸法および質量を示す。

図2 外形寸法および質量

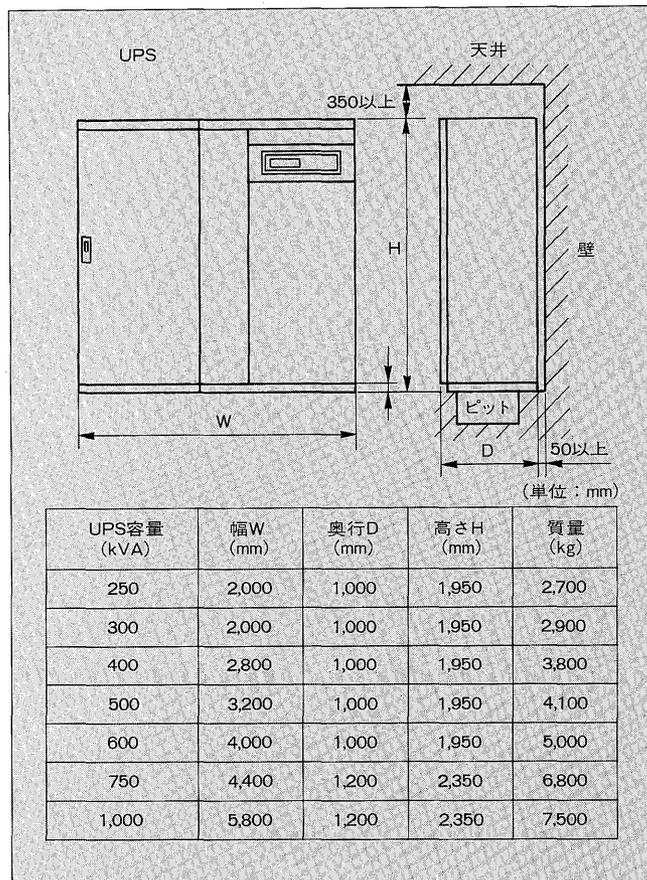


表2 仕様と容量系列

モデル		A/3-250	A/3-300	A/3-400	A/3-500	A/3-600	A/3-750	A/3-1000	
入力	電圧	200V ± 10% (415V, 6,600V も製作可能)							
	周波数	50Hz または 60Hz ± 5%							
	相数および線数	三相3線							
	高調波電流	5%以下							
	力率	0.95以上							
出力条件	定格容量 (kVA)	250	300	400	500	600	750	1000	
	電圧	200V, 208V, 210V, 220V (50Hzのみ), 230V (60Hzのみ)					415V (200Vも製作可能)		
	周波数	50Hz または 60Hz							
	相数および線数	三相3線 (三相4線も製作可能)							
	負荷力率	0.7 (遅れ) ~ 1.0 定格0.9 (遅れ) または 0.8 (遅れ)							
	電圧精度 (整定時)	± 1.0%							
	過渡電圧変動	(1) ± 5% 条件: 負荷急変 0 ↔ 100% (2) ± 2% 条件: 入力電圧急変 ± 10% (3) ± 2% 条件: 商用電源停電・復電時 (4) ± 5% 条件: 1台選択遮断時 (並列運転方式の場合) (5) ± 5% 条件: UPS ⇄ 直送切換時 (無瞬断バックアップ方式の場合)							
	応答時間	50ms 以下							
	波形ひずみ率	3% (直線性負荷 100%時の全調波の2乗平均値) 5% (整流器負荷 100%時の全調波の2乗平均値)							
	相間電圧アンバランス	± 2% (100%不平衡負荷時)							
	周波数精度	± 0.1% (内部発振時)							
	外部同期範囲	± 1%							
	過負荷耐量	125% 10分間, 150% 1分間							
過電流制限値	150% (過電流が150%を超えると、電流垂下特性が働き、過電流を150%以下に制限する)								

4 仕様および容量系列

表 2 に富士 UPS600-A/3 シリーズの標準仕様を示す。

5 構成および要素技術

ここでは、このシリーズに採用されている主回路構成とシステム構成例を説明し、さらに要素技術として、IGBT 適用技術、制御技術などを紹介する。

5.1 主回路およびシステム構成

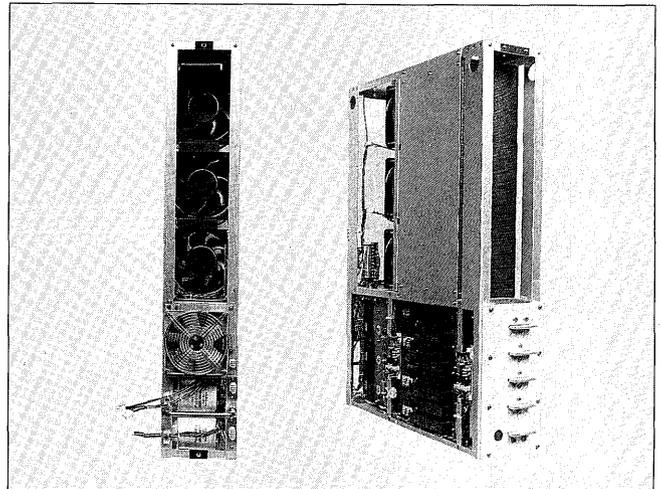
図 3 に主回路および並列運転無瞬断バックアップ方式のシステム構成例のブロック図を示す。UPS 本体は、PWM コンバータ、PWM インバータ、インバータトランス、AC フィルタなどで構成される。また、インバータ、コンバータは同一の IGBT パワーモジュールにて構成されている。また、UPS 本体のほかに、横流制御に必要な負荷分担電流検出や切換動作など各 UPS 間の協調をつかさどる出力母線盤、直送給電と UPS 給電の切換を行う出力切換盤、および保守点検時や出力系統を分岐させたりする保守バイパス盤から構成される。

5.2 IGBT パワーモジュール

IGBT パワーモジュールは、装置の中で最も高い信頼性と保守性の良さが要求される。そのためモジュールは、図 4 に示すように IGBT、ゲート駆動回路、スナバ、電解コンデンサ、ファン、ヒートパイプおよびヒューズで構成した。

このモジュールは主回路への接続をプラグイン式のトレイ構造としたため、UPS 盤前面から容易に取付け・取外しが行え、保守性が良い。また、ユニット前面の冷却ファ

図 4 IGBT パワーモジュール



A3760-11-468/A3760-11-473

ンとヒートパイプにて冷却効率を高めている。

大容量装置においては、大電流を高速スイッチングしているため、スイッチング時に配線インダクタンスに蓄積されたエネルギーを吸収するスナバ回路が大形となる。

今回その課題を解決するため、主回路配線を絶縁体に挟んだプリント板構造にし、配線インダクタンスを小さくした大電流プリント板を開発し、スナバ回路の小形化と実装効率の向上を可能にした。

5.3 PWM コンバータ制御方式

本制御方式は、交流入力電流を高効率でひずみの少ない正弦波にしながら交流を直流に変換するものである。

図 5 に制御ブロック図を示す。直流電圧 V_D を直流電圧指令 V_D^* に追従するように PI 調整された補正量と交流入力電圧 V_A を正弦波基準波形にしたものとを乗算し、交流入力電流指令値 I_A^* として、AC リアクトルの電流がこの指令値に追従するように IGBT をスイッチング周波数約

図 3 主回路ブロックと並列運転システムの構成

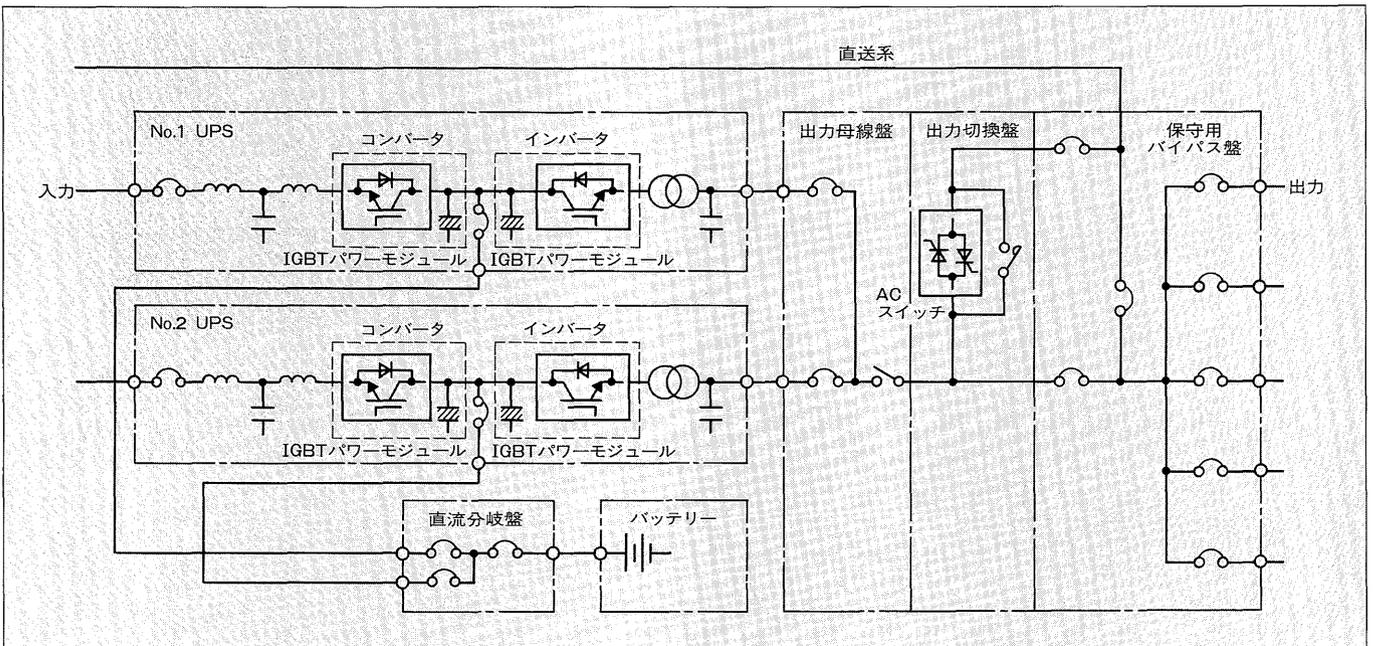
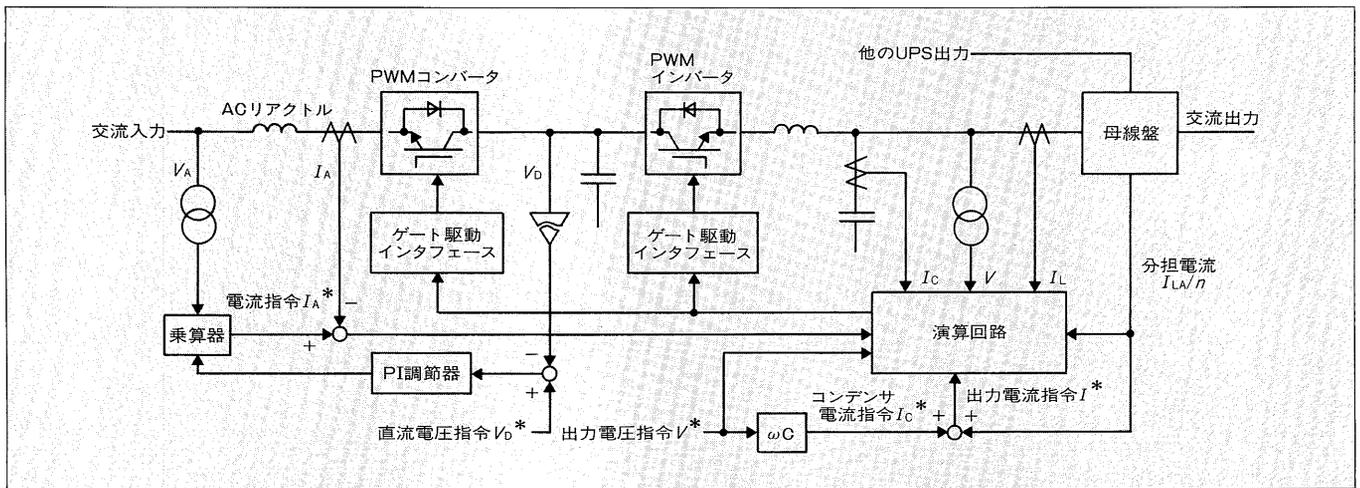


図5 コンバータおよびインバータ制御ブロック図



8 kHzにて、PWM制御する方式である。

この制御方式によりコンバータの力率が0.95以上と大幅に改善され、入力容量も従来のサイリスタ式位相制御形に比べ約30%減少させることができた。

5.4 PWMインバータ制御方式

本制御方式は、IGBTの高速スイッチング(約8kHz)による瞬時値制御であり、並列運転および商用とのラップ運転を可能とした瞬時値制御方式である。

図5に制御ブロック図を示す。出力電圧指令 V^* に出力電圧 V を追従させる電圧追従制御機能と、出力電圧指令とACフィルタのコンデンサ容量をパラメータとした定数から算出されるコンデンサ電流指令 I_c^* に母線盤から検出される負荷分担電流 I_{LA}/n (n は並列台数)を加算したものを出力電流指令 I^* とし、コンデンサ電流 I_c と電流 I_L を加算したものを出力電流値としてこれを指令値に追従させる電流追従制御機能を有する。各制御とも各相個別制御のため不平衡負荷に対して良好な出力特性が得られる。

また、電圧追従制御により整流器負荷に対する電圧波形のひずみ率を抑制し、負荷急変時の出力電圧の過渡変動を小さくした。

電流追従制御で並列運転時に横流を瞬時補正し、並列運転時における整流器負荷などの高調波成分を含む負荷においても横流制御ができ、出力電圧ひずみ率も良いなど、従来の並列運転(平均値制御)に比べ出力波形制御性能が格段に向上し、負荷協調性に優れた並列システムである。

6 試験結果

ここでは、富士UPS600-A/3シリーズ(1,000kVA機、出力電圧415V)の試験結果を述べる。

6.1 交流入力電流波形

図6に交流入力電流波形を示す。本制御装置は高力率制御を行っているため、交流入力電流波形は、ひずみ率が2.4%、力率が0.99と良好である。

図6 交流入力電流波形

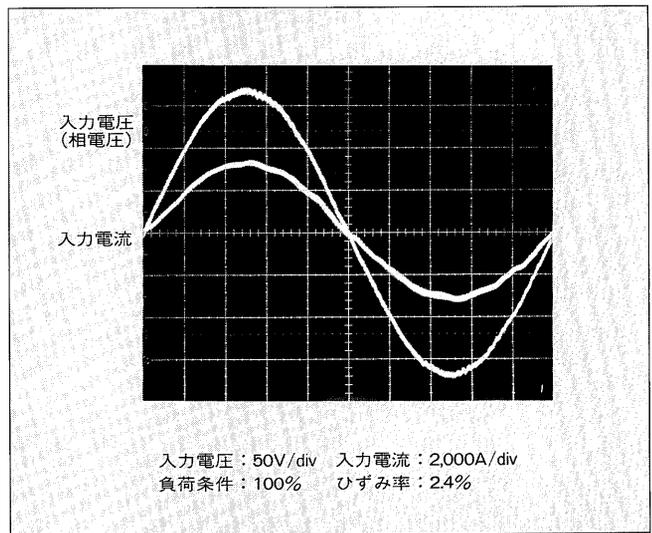
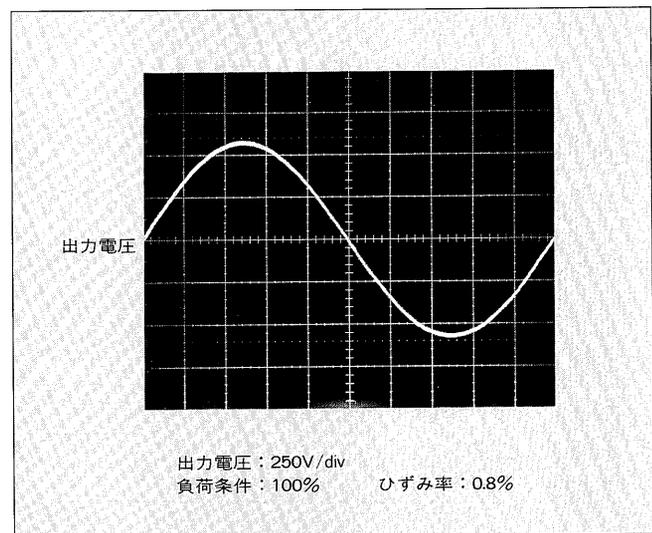


図7 交流出力電圧波形



6.2 交流出力電圧波形

図7に線形負荷100%時の交流出力電圧波形を、図8に整流器負荷100%時の交流出力電圧と電流波形を示す。瞬

図8 整流器負荷時の交流出力電圧波形

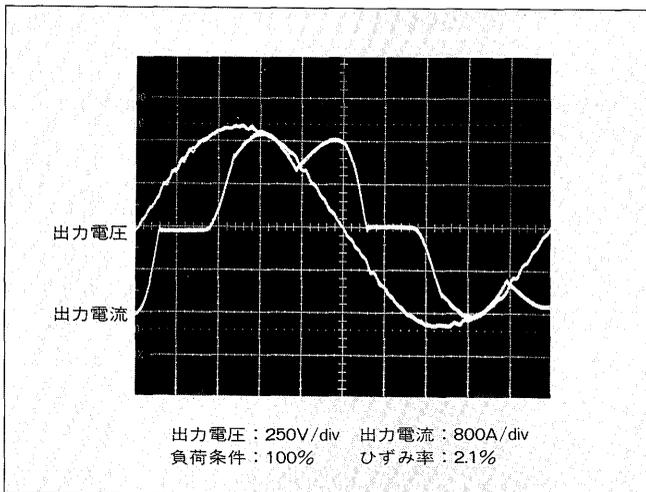
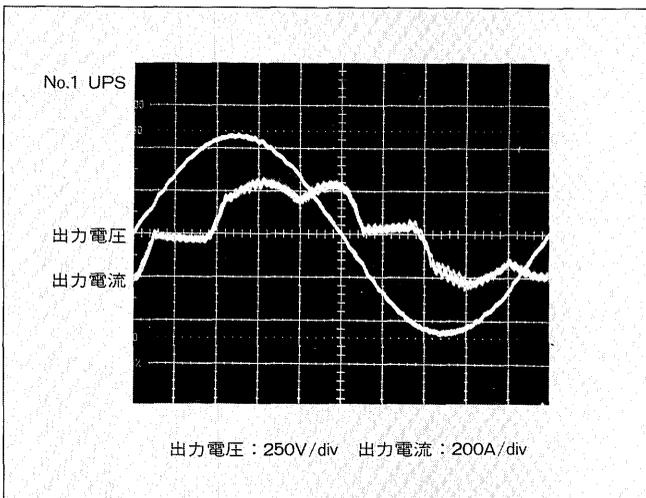


図9 2台並列運転時の交流出力電圧波形 (1号機の出力)



時電圧制御により、電圧波形ひずみ率は線形負荷時 0.8%、整流器負荷時 2.1%と良好である。

図9にUPS 2台並列運転時のNo.1 UPSの出力電圧、出力電流を示す。整流器負荷時で高調波電流が流れるような状態においても瞬時横流制御により、横流はきわめて小さく(1~2%)、出力電圧、出力電流とも安定で優れた並列運転が行われている。

6.3 負荷急変時の出力電圧変動

図10に100%負荷急変時の特性を示す。出力電圧の変動量は負荷投入、遮断時とも小さく(1~2%)、良好な特性を得た。

6.4 並列投入解列特性

図11に100%負荷時の2台並列投入解列の特性を示す。出力電圧の変動は投入時、解列時とも小さく(1%以下)、出力電流も振動することなく安定に負荷移動が行われ、各UPSが良好に負荷分担を行っている。

図10 100%負荷変動特性

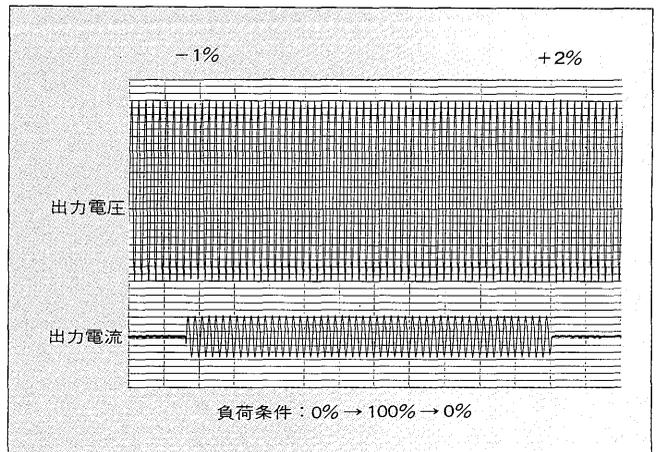
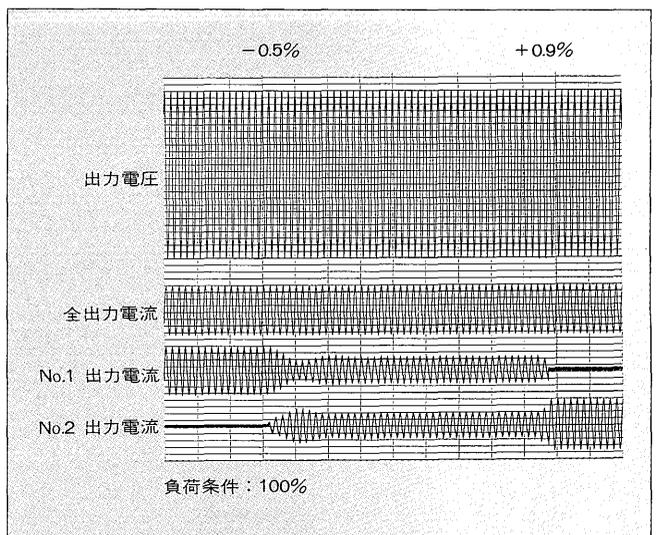


図11 2台並列運転時の投入解列特性



7 あとがき

本稿では、主回路にIGBTを用い、瞬時値制御技術を適用した富士UPS(UPS600-A/3シリーズ)を紹介した。この製品は、大容量UPSに求められる並列冗長システム、同期無瞬断切換システムにおける負荷との調和をIGBTの高速スイッチング制御技術にて実現したものであり、入力電流の高力率化と高調波低減など入力系統への整合性の向上と出力電圧の整流器負荷での低ひずみ率および負荷急変時の過渡特性など出力整合性の向上を図った高性能な大容量UPSである。

今後も新技術を取り入れ、顧客各位のニーズに合った製品の開発に尽力する所存である。

参考文献

- (1) 黒木一男ほか：新系列IGBT式UPS，富士時報，Vol.63，No.6，p.399-405(1990)
- (2) 羽根吉寿正ほか：予測形瞬時値制御によるUPSの並列運転方式の検討，電気学会産業応用部門全国大会，No.109(1991)



*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。