

UPS の発生する高調波とその抑制対策

本木 泰(もとき やすし)

1 まえがき

高度情報社会におい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。これらの機器に対する安定した電力の供給は、とりわけ絶対不可欠の条件であり、一瞬の停電も許されない。そこで、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)は必要不可欠となっている。

UPSの技術動向として、①出力性能の向上、②入力性能の向上、③小形・軽量化、④低騒音化、⑤信頼性・保守性の向上、が求められている。特に最近、「高調波抑制対策ガイドライン」が制定されたこともあり、入力電流に含まれる高調波電流の抑制が必須(ひっす)技術となってきた。

本稿では、富士電機のUPSでの高調波抑制技術の変遷と最新技術を適用した中大容量IGBT式UPS(10kVAから1,000kVAまで)について述べる。

2 高調波の抑制

UPSの入力回路は充電器兼用の整流器であり、半導体を利用した整流回路であるため、交流入力電流には高調波が含まれる。高調波電流は、電源側のインピーダンスにより商用電源の電圧波形ひずみを引き起こし、同じ電源に接続される他の機器に影響を及ぼす場合がある。

富士電機は早くから入力高調波問題に取り組み、業界に先駆けて高調波を抑制した技術を製品化してきた。

その幾つかの方式を次に紹介する。

2.1 サイリスタ整流方式

UPSの整流器は、初期のサイリスタインバータ式UPS時代には6相サイリスタ整流方式が使用されていた。その後、富士電機はトランジスタインバータ式UPSの開発時、業界に先駆けて図1に示すように、2台の6相サイリスタ整流器の位相を三巻線変圧器により、30度ずらし並列運転させる12相サイリスタ整流方式を採用して高調波を抑制し

図1 12相整流方式

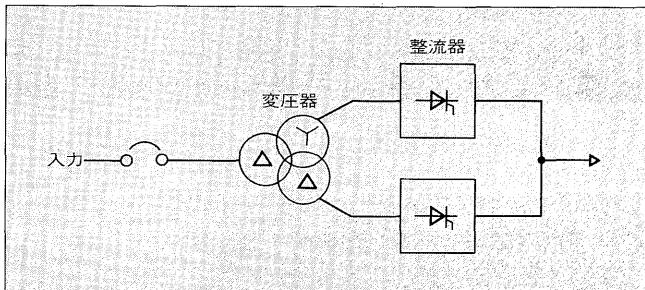


表1 整流方式による高調波電流含有率

高調波次数 (n)	高調波含有率 (%)		
	6相整流	12相整流	24相整流
5	20.00	—	—
7	14.29	—	—
11	9.09	9.09	—
13	7.69	7.69	—
17	5.88	—	—
19	5.26	—	—
23	4.35	4.35	4.35
25	4.00	4.00	4.00
29	3.45	—	—
31	3.22	—	—
35	2.86	2.86	—
37	2.70	2.70	—
41	2.44	—	—
43	2.33	—	—
47	2.13	2.13	2.13
49	2.04	2.04	2.04
総合電流ひずみ率 (%)	30.02	14.17	6.60

た。

高調波電流は整流相数に依存し、含有率は次式のように高調波の次数の逆数で表せる。

本木 泰

UPSの開発、設計に従事。現在、東京工場パワエレシステム部。



$$I_b = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{mp \pm 1} \sin(mp \pm 1) \omega t \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

I_b : 高調波電流

m : 正の整数 (1, 2, ...)

p : 整流相数 (三相全波整流: 6, 12相整流: 12)

12相整流方式の場合は $p=12$ となり、6相整流方式に対して5次、7次の低次高調波電流が発生せず、表1から分かるように総合電流ひずみ率をほぼ1/2以下にすることができる。

図2に12相整流方式の入力電圧・電流波形を示す。

大規模UPSシステムの場合、UPSが並列運転となるので、図3のようにUPS1台ごとに、入力の整流器用変圧器の位相を15度ずらし、12相整流器を並列運転させ24相整流とする方式を採用している。

2.2 高効率コンバータ (PWMコンバータ)

富士電機は整流器部、インバータ部ともにIGBT素子を採用したオールIGBT式UPSをいち早く製品化した。整流器は高効率コンバータと呼ばれ、図4に主回路構成を示す。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機能を有する。

図2 12相整流方式の入力電圧・電流波形

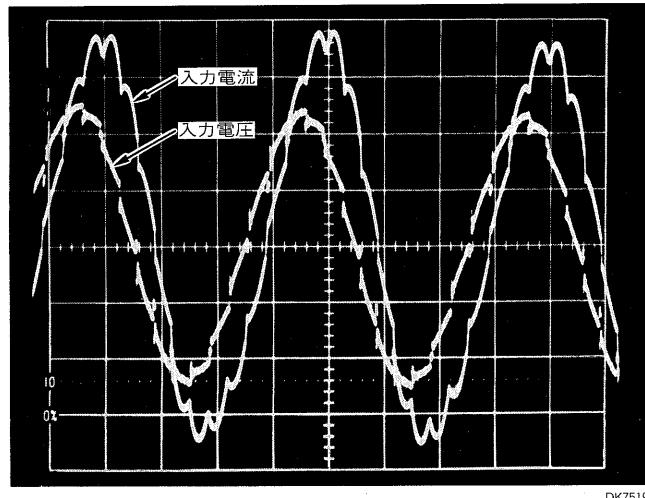


図3 24相整流方式

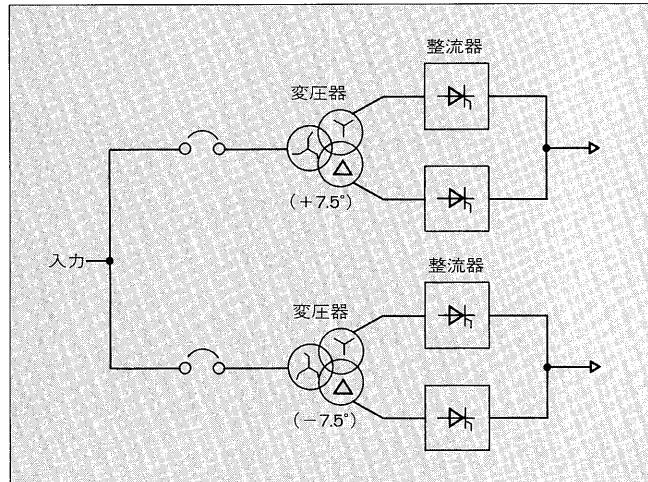


図5に制御回路ブロック図を示す。制御は直流電圧 V_D を直流電圧指令 V_D^* に追従するようにPI調節された補正量と交流入力電圧 V_A を正弦波基準波形にしたものと乗算し、交流入力電流指令値 I_A^* として、ACリアクトルの電流がこの指令値に追従するように高周波でスイッチング制御する方式である。

高効率コンバータ方式は、24相整流方式以上に入力高調波を低減でき、また、入力効率をほぼ1.0とした制御のため、入力容量を大幅に削減できる。さらに、入力の特殊変圧器が不要となり、装置の小型・軽量・高効率化が実現できる。

図4 高効率コンバータの主回路図

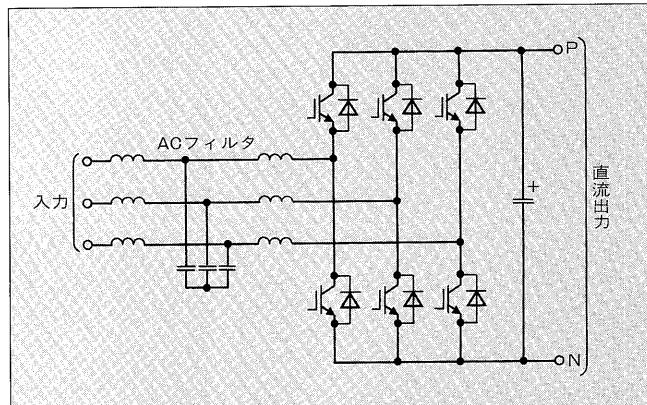


図5 高効率コンバータの制御回路ブロック図

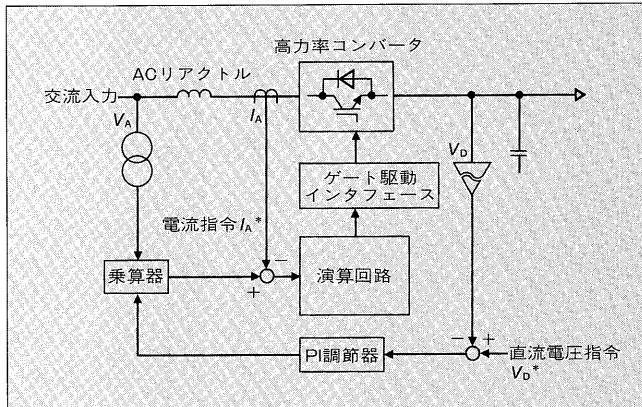
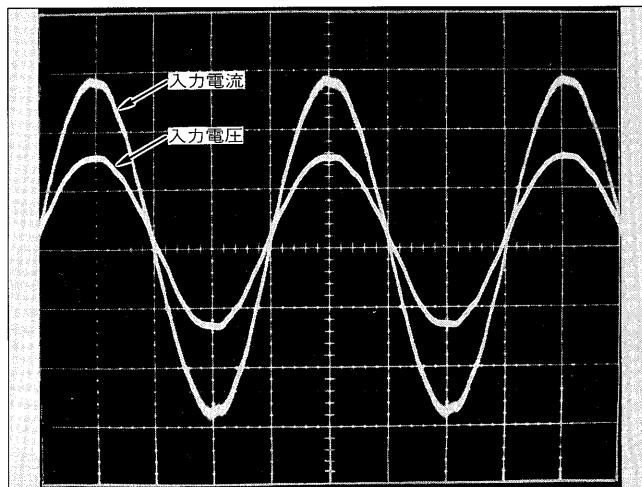


図6 高効率コンバータの入力電圧・電流波形



きるなどの利点があるので現在主流の方式である。

図6に入力電圧電流波形を示す。図2の12相整流方式の入力電圧電流波形に比べ、波形、力率が大幅に改善された。

2.3 SMR コンバータ

最近開発し製品化した小容量 UPS (10~50 kVA) では、SMR (Switch Mode Rectifier) 方式の整流器が採用されている。

SMR コンバータは IGBT 素子を使用し、交流入力電流を高力率でひずみの少ない正弦波にしながら出力を高周波変圧器で絶縁し、そして高周波整流器にて整流し直流電力に変換する方式である。高周波絶縁することにより変圧器を小形・軽量にすることができる。

ここでは動作の詳細説明を割愛するが、SMR コンバータは図7のように各相ごとに直列したダイオードとブリッジ接続したスイッチング素子とを並列接続し、構成されている。これにより入力を高力率コンバータ、出力を高周波インバータとして動作させている。

3 製品紹介

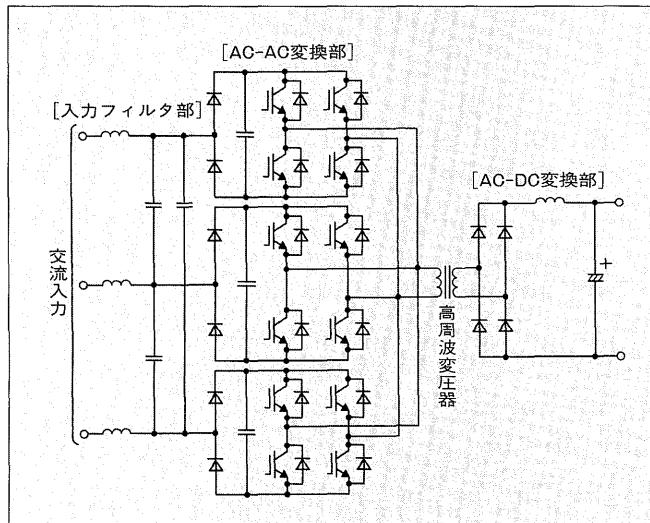
富士電機は、これまで業界に先駆け IGBT 式高力率コンバータと IGBT 式インバータとの構成によるオールIGBT 式 UPS を製品化してきたが、今回、さらに SMR コンバータと IGBT 式インバータで構成した新機種を加え、表2に示すように中大容量 UPS シリーズとして 10 kVA から 1,000 kVA までを系列化した。

3.1 UPS600 シリーズ

UPS600 シリーズは 75 kVA から 1,000 kVA までの製品系列をもつオール IGBT 式 UPS である。1,000 kVA 機の外観を図8に示す。

特長として、整流器部には高力率コンバータを採用し入力力率約1.0の高力率および入力高調波含有率を5%以下としている。そして、インバータ部には PWM 制御イン

図7 SMR コンバータの主回路図



バータを採用し瞬時値制御による高性能化を図り、出力特性を向上させた。

3.2 UPS650 シリーズ

UPS650 シリーズは 10 kVA から 50 kVA までの製品系列をもち、整流器部には SMR コンバータを採用したオール IGBT 式 UPS である。30 kVA 機の外観を図9に示す。

表2 富士電機の UPS 製品系列 (10~1,000 kVA)

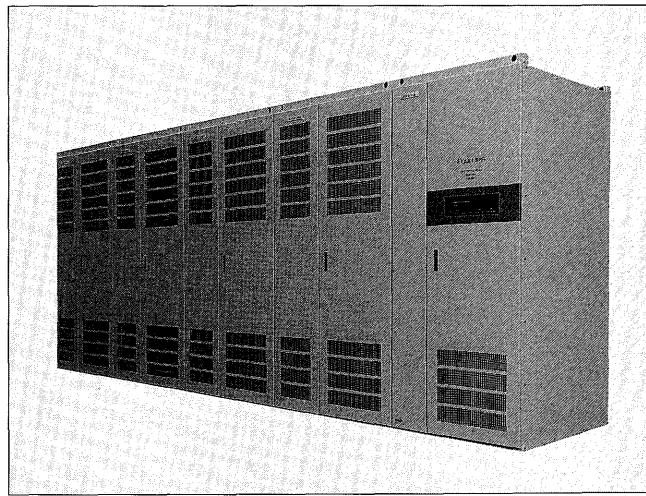
(a) UPS650 シリーズ (SMR コンバータ方式)

容 量 (kVA)	10	15	20	30	40	50
単 相 出 力	○	○	○	○	○	○
三 相 出 力	○	○	○	○	○	○
入力高調波電流	5%以下 (定格負荷時)					
入力力率	0.95以上 (定格負荷時)					

(b) UPS600 シリーズ (高力率コンバータ方式)

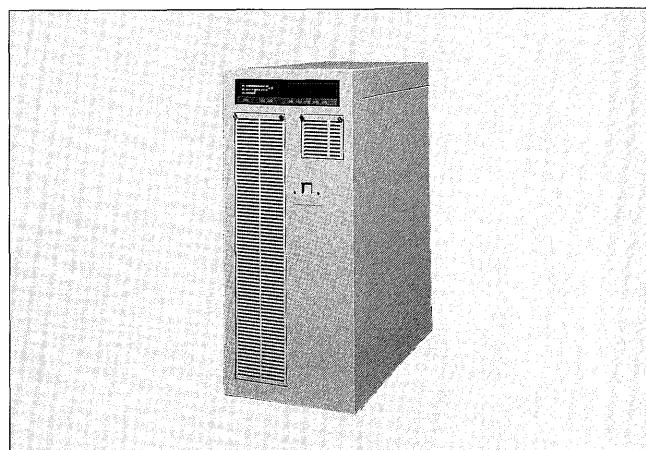
容 量 (kVA)	75	100	150	200	250	300	400	500	600	750	1,000
三相出力	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
入力高調波電流	5%以下 (定格負荷時)										
入力力率	0.95以上 (定格負荷時)										

図8 1,000 kVA 機の外観



A3760-11-464

図9 30 kVA 機の外観



N99-2340-1

SMR コンバータにより、入力電流を高力率にて正弦波形にしながら出力を高周波の交流電力に直接変換できるため、UPS の入出力の絶縁機能を高周波変圧器とし、従来の商用変圧器により絶縁していた高力率コンバータ方式に比べて体積比 33%，質量比 51% とし、業界トップクラスの小形・軽量化を実現した。

4 あとがき

富士電機の UPS の発生する高調波の抑制について述べ、その技術を適用した製品 UPS600, 650シリーズを紹介し

た。本シリーズはすべて入力高調波の抑制による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入出力の整合性の向上を図った高性能 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まい進する所存である。

参考文献

- (1) UPS 特集、富士時報、Vol.63, No.6 (1990)
- (2) 梅沢一喜ほか：IGBT 式大容量 UPS、富士時報、Vol.65, No.10, p.647-651 (1992)

最近登録になった富士出願

[特許]

登録番号	名 称	発明者	登録番号	名 称	発明者
2542528	飲料水ディスペンサ	山下 智弘 小川 正 西山 章雄 松浦 敬由	2545975	バッファ形ガス遮断器	金高 康彦 堤 瞳生
			2545979	半導体集積回路装置	岩井 圭一 重田 善弘
2542677	自動販売機のデータ収集装置	田尻 伸介 郡浜 英一 林 輝明	2546006	筐体扉の鎖錠装置	西脇 正剛 水谷 克己
			2546012	差圧検出装置	玉井 満 矢尾 博信 北村 和明
2542684	デジタル制御装置の誤出力防止方法	井上 芳範	2546013	静電容量式差圧検出器	玉井 満 北村 和明
2542701	高速大電流スイッチ	広重 宣紀 森田 公 宮本 昌広 久保田 彰	2546015	自動販売機の扉ロック装置	岩本 昌三 木村 幸雄 永田 和重 川上 浩二
2542702	高速大電流スイッチ	広重 宣紀 森田 公 宮本 昌広 久保田 彰	2546026	ケーブルヘッドの製造方法	大橋 俊二
2542703	高速大電流スイッチ	広重 宣紀 森田 公 宮本 昌広 久保田 彰	2546351	半導体集積回路の実装方法	谷口 春隆
			2546383	磁気ディスク	小林 敏幸 津田 孝一 石井 孝志
2542704	高速大電流スイッチ	広重 宣紀 森田 公 宮本 昌広 久保田 彰	2546405	プラズマ処理装置ならびにその運転方法	大岩 潔
			2546424	冷凍ショーケース	山田 英司
2542705	高速大電流スイッチ	広重 宣紀 森田 公 宮本 昌広 久保田 彰	2547346	インバータの制御装置	高坂 憲司
			2547721	デバイス選択回路検定方式	塩谷 滋
2542714	伝送中継装置	伊藤 徹	2547824	誘導電動機の制御装置	鉢谷 裕司 藤田 光悦
			2547843	飲料供給装置の吐出制御装置	今永 浩和
2544737	超伝導機器用ガス冷却式電極リード	進藤 義彦 伊藤 郁夫 上出 俊夫	2547926	冷凍冷蔵オープンショーケースの除霜方法	平田 賢二
2545637	エノキダケの根部処理装置	小笠原 優	2549815	半導体加速度センサおよびその試験方法	上柳 勝道
2545925	自動販売機の貨幣等処理装置	高橋 光伸			



*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。