双方向インバータの電力貯蔵システムへの適用技術

藤倉　政信（ふじくら　まさのぶ）　　**松永　和喜**（まつなが　かずき）

1　まえがき

現在，地球温暖化の対策として代替エネルギーの確保やエネルギーのクリーン化を目的として太陽電池や風力発電システムの導入が積極的に進められている。

また他方では，電力需要のピーク対策として電力の負荷平準化技術の開発が急務であり，電力会社をはじめとして電力設備の利用率を向上させるための電力貯蔵技術の開発が盛んに行われている。特に，電力貯蔵技術に関しては有望な二次電池として，ナトリウム-硫黄電池（Na-S 電池）があり，電力会社だけでなく，電力需要家側でも導入・実証試験が行われ始めている。

一方，パワーエレクトロニクス分野では，IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）をはじめとする高速スイッチングデバイスの性能向上と電流容量増大に伴い，小形・軽量・高効率化が同時に達成できる高周波スイッチング技術の適用が盛んに進められている。

今回，富士電機では一つの電力変換装置で充電・放電の両方が可能な双方向インバータを電力貯蔵システムに適用した製品として，日本電信電話(株)（NTT）向けに Na-S 電池用双方向インバータを開発・納入したので，その仕様，特長，回路構成および特性について紹介する。

2　双方向インバータの基本動作

ここでは，双方向インバータの基本動作について説明する。

図1(a)に充電動作時の電力の流れを示す。双方向インバータはスイッチング素子に IGBT を用いた三相の PWM インバータであり，充電動作では電池に対して定電圧充電または定電力充電を行う。このとき入力電流が力率 1 で，高調波含有率が 5 %以下となるように電流制御を行う。

負荷電力が少ない夜間に行われる充電動作時には，系統電力は負荷電力とインバータ電力を加えた電力を負担することになる。

図1(b)に放電動作時の電力の流れを示す。負荷電力の多い昼間は，双方向インバータは電池の電力を用いて系統と連系運転しながら負荷に電力を供給する。

負荷が少ない夜間に充電し，負荷が多い昼間に放電することで，系統側電力から見ると＜充電電力＞＋＜放電電力＞の分だけ負荷平準化されたことになる。

放電動作時にも，インバータ側交流電流は力率 1 で，高調波含有率が 5 %以下となるように電流制御を行う。

また，系統連系運転では，系統連系点にて「分散型電源系統連系技術指針」に示される各保護継電器を設置しなければならない。

3　双方向インバータの構成

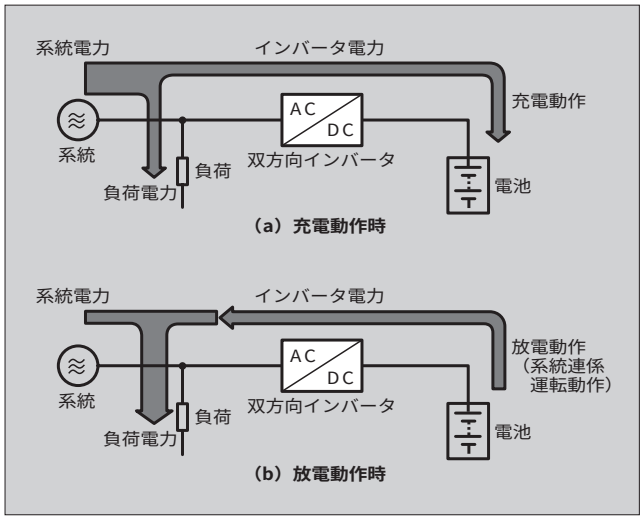
ここでは，インバータの主回路構成，動作，制御，技術などについて説明する。

3.1　主回路構成

図2に双方向インバータの単線結線図を示す。

装置は，PWM インバータ，変圧器，AC フィルタなどで構成される。直流電圧は PWM インバータで一定の交

図1　双方向インバータの基本動作



藤倉　政信

UPS および応用製品の開発・設計に従事。現在，東京システム製作所パワエレシステム技術部主任。

松永　和喜

施設用電源設備の技術企画に従事。現在，システム事業本部社会システム事業部技術第一部。

流電圧に変換され，AC フィルタで低ひずみの交流電圧に変換される。さらに変圧器にて系統と絶縁すると同時に昇圧して，系統に連系される。

PWM インバータ部では，スイッチング素子として低損失の IGBT を，それぞれ 6 並列接続して三相ブリッジのインバータの 1 相を構成している。AC フィルタは，ひずみの小さな正弦波電圧に波形整形する機能と，系統との連系インピーダンスの機能を併せ持っている。

3.2　インバータの制御方式

本制御方式は，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，充電時には交流を直流に，放電時には直流を交流に変換する制御方式である。今回は，充放電電力が正確に制御できる直流端電力制御方式を採用した。以下にこの制御方式について説明する。

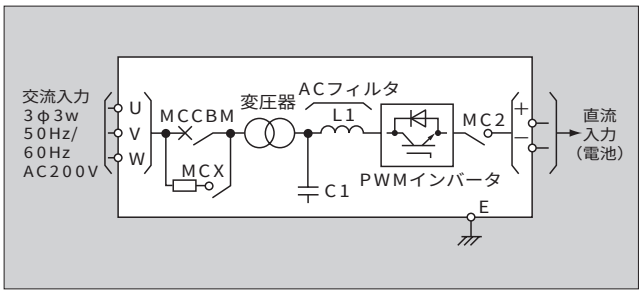
図 3 に制御ブロック図を示す。直流電圧制御系には，直流電圧設定 V_d^* と直流電圧検出 V_d および直流電力を充電時・放電時に一定に制御させるための電力補正量 P_a^* が入力される。電力制御系では，一つの電力設定 P_d^* が充電時には－入力として（電力検出 P_d が＋），放電時には反対で＋入力として（電力検出 P_d が－）APR 系に入力される。

電力制御系は，充電時に選択される APR-1 出力と放電時に選択される APR-2 出力のうち，いずれか一方のみが運転モードによって選択され，最終的に直流電圧制御系に電力補正量 P_a^* として入力される。

一方，内部誘起電圧の基準正弦波は系統の電圧と同期追従制御（PLL 制御）され，常に系統と同期状態にある。

この同期基準正弦波と直流電圧制御出力が乗算されインバータの電流指令 I_a^* が生成され，交流リアクトル電流が指令値に追従するように IGBT をスイッチング周波数 8 kHz にて，PWM 制御するものである。この結果，インバータ電流を正弦波に保ちながら直流端電力を電力指令 P_a^* になるように充電・放電動作が行われることになる。

図２　双方向インバータの単線結線図



4　双方向インバータの Na–S 電池への適用例

ここでは，双方向インバータの適用例として Na–S 電池への適用について紹介する。

Na–S 電池には主に下記の特長がある。

(1)　鉛電池の約 3 倍のエネルギー密度があり，需要地の狭いスペースに設置できる。

(2)　充放電効率が90%以上と高く，自己放電が少ない。

(3)　充放電回数の頻度が多くても寿命は長い。

このようなことから，電力貯蔵用電池として今後有望視されている。需要家でも昼間のピーク負荷対策として契約電力量の低減が行えることや安価な夜間電力で充電して昼間放電できることなどから，トータルでの電気料金低減が行えるなどのメリットがある。

NTT では，負荷平準化の目的で三重県鈴鹿市にある中央研修所に50 kW の Na–S 電池システムを1996年12月に導入して現在実証試験を継続中である。富士電機では，このシステムのうち，50 kW の双方向インバータを納入した。

図 4 にそのシステム例を示す。このシステムでは夜間に充電を行い，昼間には通信設備・電源設備負荷に対する放電を行って，負荷平準化を行うものである。

表 1 に装置の仕様，**図 5** に外観を示す。

図３　双方向インバータの制御ブロック図

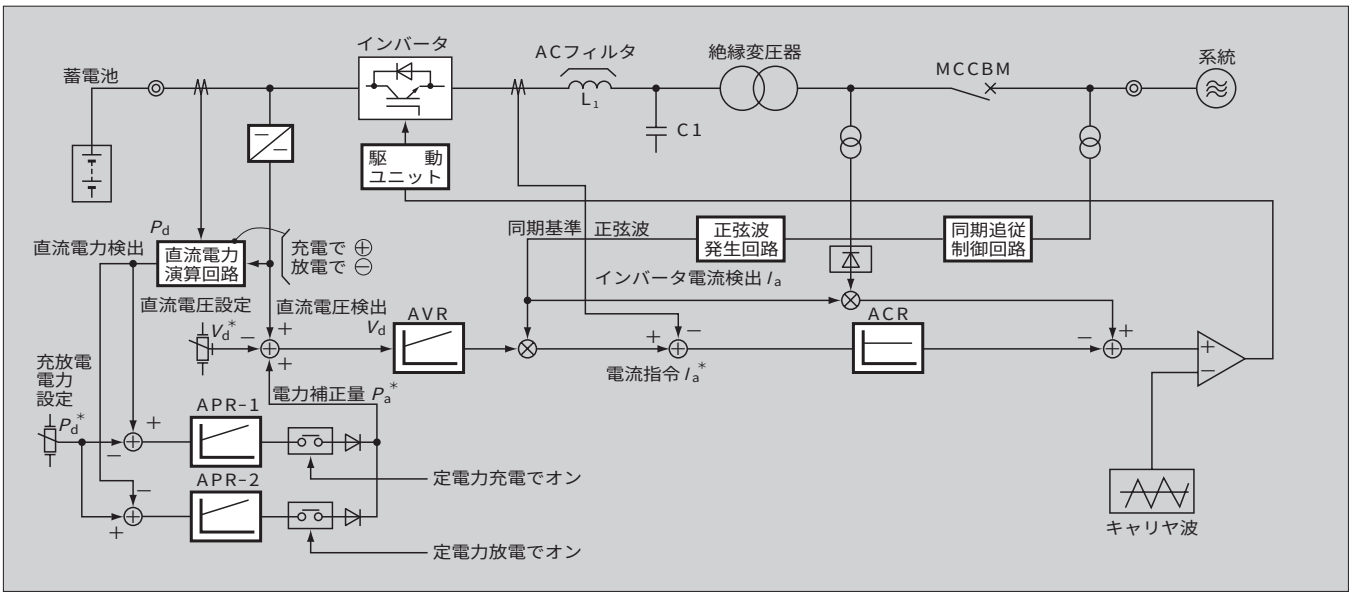


図４　Na–S 電池を用いた電力貯蔵システムの適用例

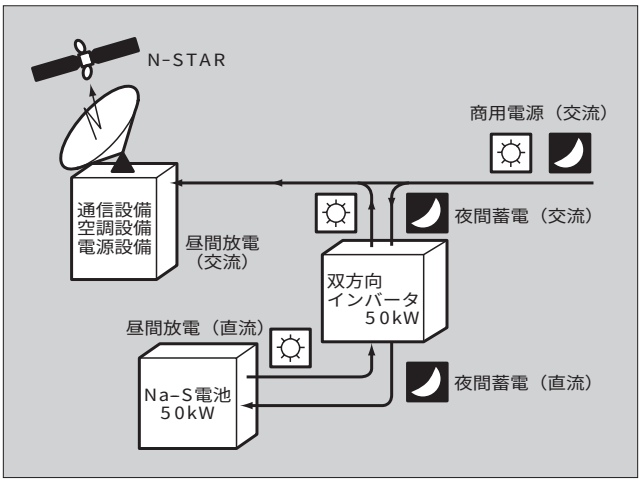


図５　双方向インバータの外観

表１　双方向インバータの仕様

項　目			定格または特性
運転方式			連系運転および単独運転
冷却方式			強制空冷
直流入出力	充電時	直流電圧	170～225V
		直流電流	0～375A
		直流電力	0～68kW
	放電時	直流電圧	145～200V
		直流電流	0～470A
		直流電力	0～68kW
交流入出力	定格電圧		200V
	電圧変動範囲		定格電圧±10%
	定格周波数		50/60Hz
	周波数変動範囲		系統側の周波数に追従
	相　数		三相3線式
	負荷力率		0.85（遅れ）～1.0
	高調波流出電流		5%以内（総合ひずみ率）
効　率			90%以上
騒　音			65dB以下（装置正面1mで測定）〈注〉
電磁妨害波			VVCI-1種（目標値）

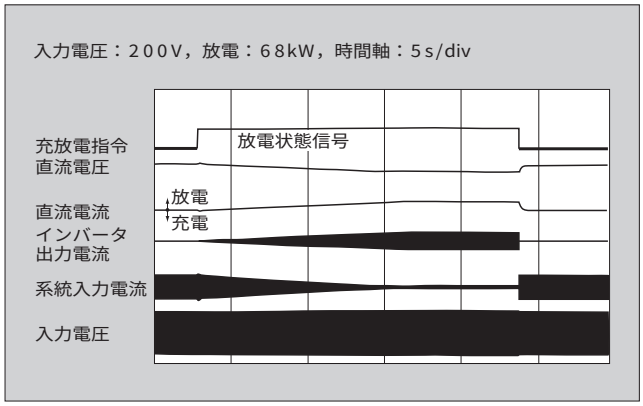
〈注〉装置端子における直流電圧値が155V以上の場合

充放電出力としては直流端で最大68 kW であり，電池側の直流電圧変動範囲は 145 ～ 225 V である。装置寸法は幅 1,000，奥行 1,000，高さ 1,950（mm）であり，このクラスの容量，直流電圧では小形・軽量である。

図６に放電開始指令が入力されてからの系統連系動作を示す。インバータは指令が入力されてから約10秒で定格放電電力に達している。インバータの出力電流（放電電流）が増大するに従い，系統入力電流が低減して連系運転動作が行われている。本システムでは導入目的から変換器自身の高効率化も重要な課題である。

今回の装置では，PWM インバータ部，交流リアクトル，

図６　系統連系動作の確認（68kW 放電時）



変圧器などで損失の最適設計を行い，高効率化を図った。

5　あとがき

双方向インバータの電力貯蔵システムへの適用例として Na–S 電池システムを紹介した。

今後システムの導入は急激に増大すると予想され，これとともにインバータの適用もますます多種にわたり拡大するものと考えられる。

また，今後も装置に要求される課題である電力貯蔵技術の高度化，高効率化，小形化，低価格化などの実現に向けて尽力する所存である。

最後に，この開発に際しご指導・ご協力いただいた日本電信電話(株)殿をはじめ関係各位に対し厚くお礼を申し上げる次第である。

参考文献

(1)　蔭山照男ほか：需要家における省エネルギー，OHM，No.1，p.70–74（1997）
(2)　藤倉政信ほか：電力貯蔵形非常用電源システム，富士時報，Vol.65，No.10，p.660–664（1992）

e-Front runners

＊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。