

新しいピークカットインバータシステムの開発

Development of New Inverter System for Peak Cut Use

山下 貴 士* 時 井 敦 志*
石 本 孔 律** 田 中 三 郎*

Takashi Yamashita Atsushi Tokii
Yoshinori Ishimoto Saburou Tanaka

Abstract

A new inverter system has been developed for peak cut use. The system consists of two units, bi-directional inverter and valve-regulated lead-acid (VRLA) battery for cycle use. The VRLA battery is usually charged by multi-stage charge method with the pre-determined setting voltage according to the temperature of battery in order to improve its cycle life. It is also ready to set to charge the battery periodically and compulsory. The developed 20 kW-1 h system is able to start up in a high speed of less than 1 second from both the stop/standby and drastic load fluctuation state when the power exceeds the pre-set demand level. This function realizes an efficient operation for the inverter allowing the reduction in system capacity.

1 まえがき

近年、地球環境への関心が高まるとともに、法規制の緩和にあいまって、エネルギー事業において「分散形電源」の導入が急速に増加している。その実現方法としては、ガスタービン、太陽光発電、風力発電、燃料電池および蓄電池などを組み合わせたハイブリッド構成とする手法が考えられる。当社では、従来から培ってきた鉛蓄電池¹⁾およびインバータの技術²⁾を応用して、電力需要時のピークカット動作をおこなう高速負荷追従形インバータシステムを開発したので、その概要を報告する。

2 主回路構成およびシステム動作

2.1 主回路構成

ピークカットインバータシステムの構成図を Fig. 1 に示す。双方向インバータは、昼間の電力消費ピーク時には蓄電池の直流電力を交流電力に変換して負荷に供給するように動作して、系統電源から摂取する電力量を抑制する。夜間には系統電源の交流電力を直流電力に変換する充電器として動作して、夜間電力を利用して蓄電池の充電をおこなう。このシステムは、2個の機械式開閉器（MC1, MC11）が直列に接続されている。MC1は、「系統連系技術要件ガイドライン」に準拠した機能を具備した連系保護装置が系統事故を検出したときに開放される。また、MC11は、連系保護装置で検出できない単独運転事故をインバータ制御回路の一部で検出して開放される。これらによって、あ

* 株式会社 ジーエス・ユアサ パワーサプライ 開発部

** 株式会社 ジーエス・ユアサ パワーサプライ SE 部

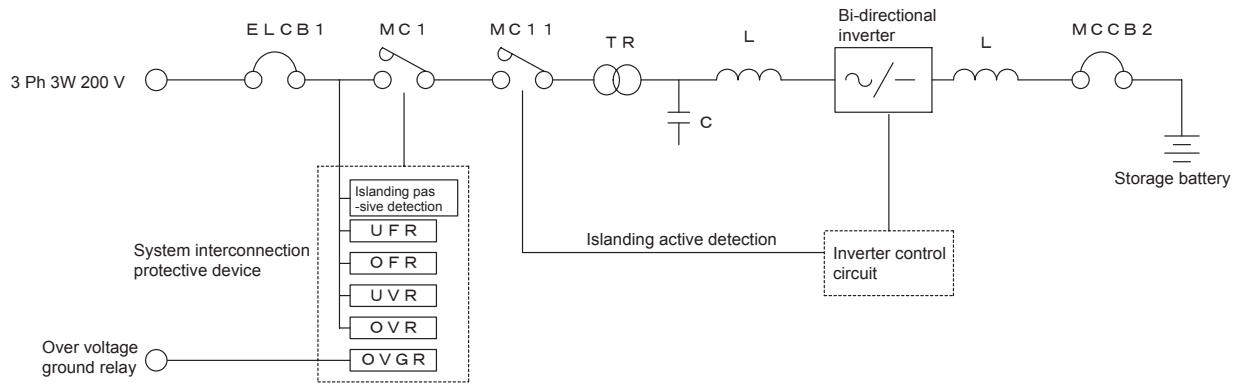


Fig. 1 Configuration of a new inverter system for peak cut use.

らゆる系統電源の事故からシステムを安全に切り離すことができるようにした。

2.2 システム動作

ピークカットインバータは、電力ピークの時間帯に蓄電池を放電させるように動作する。その方式としては、一定の電力量を放電する「定電力放電方式」が一般的である。今回は、系統の使用電力に追従してインバータの出力値を決定する「負荷追従放電方式」を開発した。

2.3 負荷追従放電のメリット

定電力放電方式における放電パターンを Fig. 2 に示す。この方式のインバータは、定電力を定時間供給するものであり、インバータ容量×ピークカット時間分の電力量が必要となる。この電力量には、本来は系統電源から供給できる分も含まれるので蓄電池の放電容量を大きくする必要があった。また、受電点に設置されたデマンドメータの警報信号によりインバータの動

作を制御する方法もあるが、その電力は一定なので、同様に必要以上の電力を供給することになる。つまり、定電力放電方式では蓄電池の放電容量および深度は必要以上に大きくなり、その寿命にも影響をおよぼしていた。一方、今回、採用した負荷追従放電方式の放電パターンを Fig. 3 に示す。この方式は、ピークカットの時間設定に関係なく、使用電力に応じてインバータが自動的に運転・停止をおこなうものである。すなわち、使用電力が設定値を上回ると、それを越えた分の電力を供給するようにインバータの出力を制御し、設定値を下回るとインバータは停止して待機状態とするものである。したがって、蓄電池の放電量は大幅に低減できることになり、放電深度が浅くなるので、寿命も延びることになる。

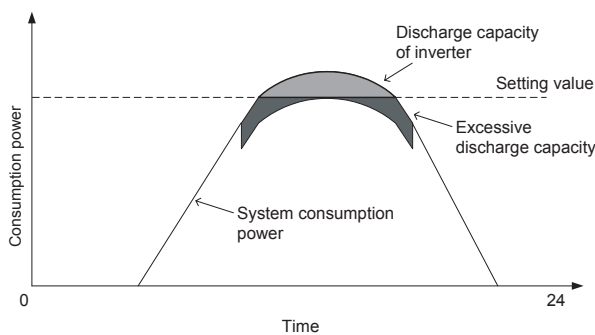


Fig. 2 Discharge pattern of constant power discharge method.

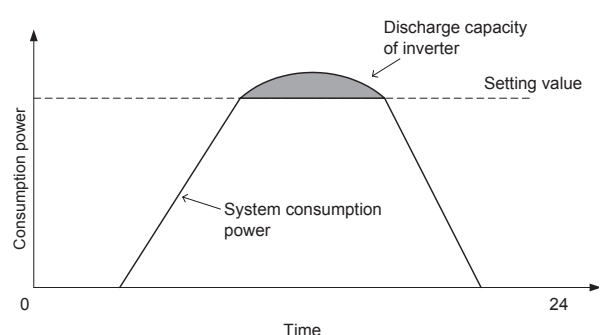


Fig. 3 Discharge pattern of load tracking discharge method.

3 制御回路

3.1 インバータ制御回路

インバータ制御では、ワンチップ RISC (Reduced Instruction Set Computer) マイコンを採用した。実行プログラムを変えることによって、放電および充電の制御を1つのマイコンでおこなえるようにしている。

3.2 放電制御

インバータの放電制御ブロック図を Fig. 4 に示す。基準正弦波の同期制御は、交流電圧を検出してそれに同期した基本位相信号を発生させておこなっている。さらにインバータの出力力率を1にするために、出力電流を検出して基本位相信号の位相を補正している。

振幅制御は定電力制御と負荷追従制御とを切換えておこなっている。前者では、インバータの出力電力を検出して、その値が一定になるように振幅を制御している。後者では、受電点に設置した電力トランスデューサで電力値をアナログ信号として検出し、その値とデマンド設定値とを比較して振幅値を決定している。

負荷追従制御では内部および外部のデマンド設定値

が選択できる。前者は、装置本体のモニタパネルにより変更できるようにしている。後者は、外部より入力されるアナログ信号を設定値とし、ノイズの影響を抑えるために4~20 mAの信号としている。この制御では、鉛蓄電池を利用したピークカットインバータの利点である高速追従をおこなっている。その場合、ハンチングを抑えるために、停止状態から定格出力までの所要時間は1秒以内としている。

3.3 蓄電池の充電制御

このシステムは、蓄電池の充電制御の他に、交流入力の高力率制御およびその電流の正弦波制御をおこなっている。ここでは蓄電池の充電制御について述べる。

3.3.1 通常充電

通常充電は、昼間に蓄電池が放電した容量分の充電をウイークデーの夜間におこなう制御である。その時間を短縮するために、電気自動車用鉛蓄電池に適用している方式と同様の多段充電制御を用いている。各段の電圧は、蓄電池の温度に応じて最適値に切換えられる。その充電全電量は、蓄電池の温度と放電深度とによって決定される。

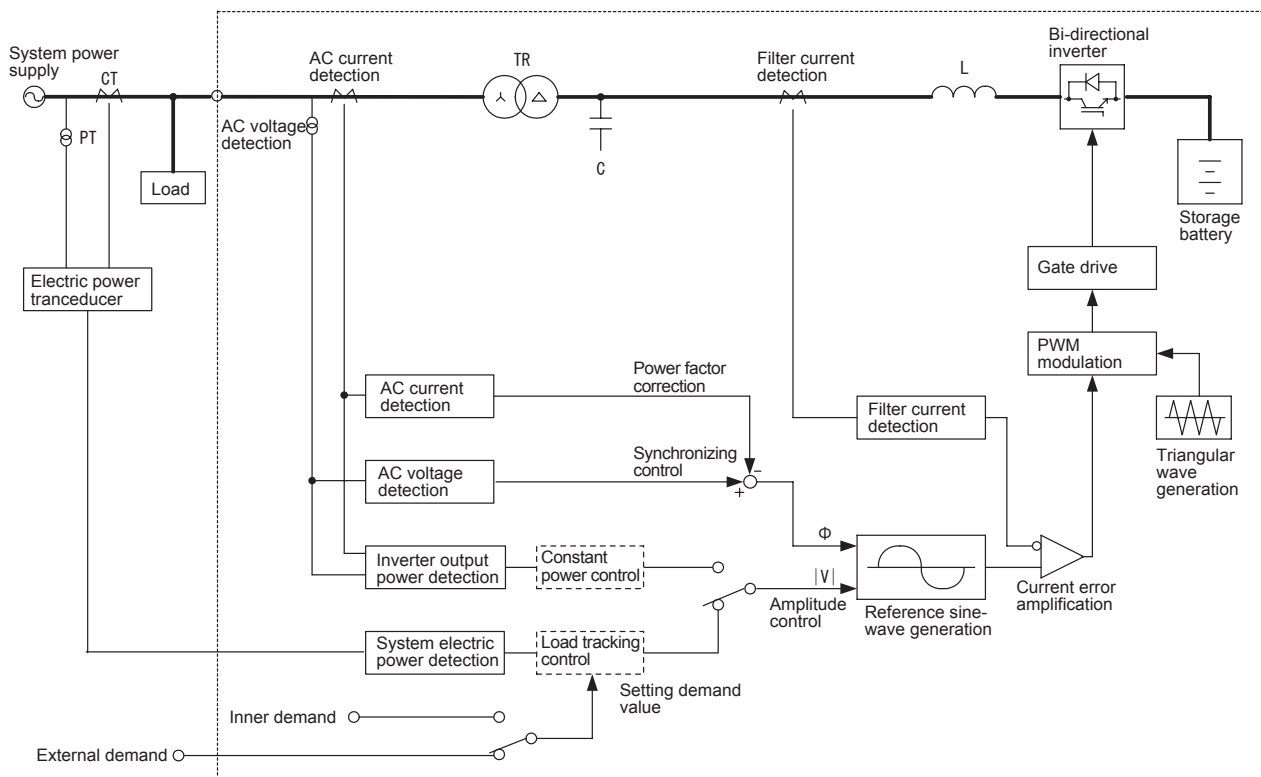


Fig. 4 Discharge control block diagram of a new inverter system for peak cut use.

3.3.2 定期補充電

定期補充電は、通常充電時の電気量の不足を補うために定期的におこなう制御である。その方式として、定電流から定電圧に移行する制御が用いられ、定電圧の設定値は蓄電池の温度に応じて最適値に切り換えられる。

3.3.3 途中充電

途中充電は、強制的に外部から信号を入力しておこなう制御である。昼間に蓄電池の放電容量が規定値に達した場合、放電が停止される。放電を継続させたい場合に外部から強制的に信号を入力して、インバータに充電器の動作をさせることにより蓄電池を定電圧で充電して、放電可能にする。

3.3.4 シーケンス制御

インバータの運転シーケンスは、本体の運転モード選択入力端子の設定状態とスケジュール運転用のタイマ（以下、スケジュールタイマ）により決定される。運転モード選択入力端子には、定電力および負荷追従放電、放電容量、内部および外部デマンドの設定がある。この中から運転モードを選択して入力することによって、インバータのモードが決定される。スケジュールタイマには放電用と充電用とがある。前者は、定電力および負荷追従用放電の運転スケジュールを個別に設定でき、設定した時間になるとインバータは入力した状態に応じて運転を開始する。後者は、通常充電と定期補充電とを個別に設定でき、設定した時間になるとインバータは充電モードで運転を開始し、蓄電池を充電する。スケジュールタイマの設定例を Fig. 5 に示す。タイマを適切に設定することによって、インバータの完全自動運転が可能となる。

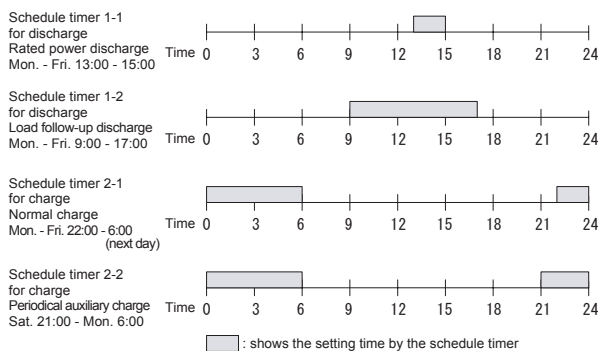


Fig. 5 Setting example of schedule timer.

4 仕様

開発したピークカットインバータシステムは、用途に応じて展開することができる。ここでは、その1機種として開発した20kW-1時間システムの仕様を Table 1 に示す。

Table 1 Specification of 20 kW-1h inverter system for peak cut use.

Items	Units	Specifications	Note	
Environment	Temperature	°C	- 10 ~ 40	
	Relative humidity	%	30 ~ 90	
Type	Cooling	Forced-air cooling		
	Insulator	Commercial transformer insulator		
AC	Phase	φ	3	3W
	Rated voltage	V	200	
	Rated frequency	Hz	50 / 60	
DC	Storage battery	270 Ah class VRLA		
	Number	cell	144	
	Discharge time	Hour	1	Discharged at 20 kW
	Rated voltage	V	288	
	Charge current	A	81	Charged at full power
	Voltage variation range	V	230 ~ 403	
Charge	Frequency variation range	%	± 5	
	Voltage variation range	V	180 ~ 220	
	Max. input capacity	kVA approx.	35	Charged at full power
	Input power factor	Min. %	97	Charged at full power
	Higher harmonic current ratio	Max. %	10	Charged at full power
	AC-DC efficiency	%	90	Charged at full power
	Dis-charge	Rated capacity	kW	20
Synchronizing frequency range		%	± 5	
Rated current		A	57.7	
Voltage waveform distortion factor		%	3	At rated output power (individual)
		Max. %	5	
DC-AC efficiency		%	90	At rated output power
Load power factor		Min. %	95	At rated output power

5 特性

開発した 20 kW・1 時間システムの評価試験を実施した。ここでは、代表的な特性を報告する。

5.1 交流出力電流特性

20 kW 出力時の交流電圧および出力電流の波形を Fig. 6 に示す。測定した力率は 99% と高く、歪率は 1.3% と小さい良好な結果が得られた。

5.2 負荷追従放電特性

内部デマンド値を 120 kW に設定して、負荷電力を 117 kW から 140 kW に増加させた時の負荷追従特性

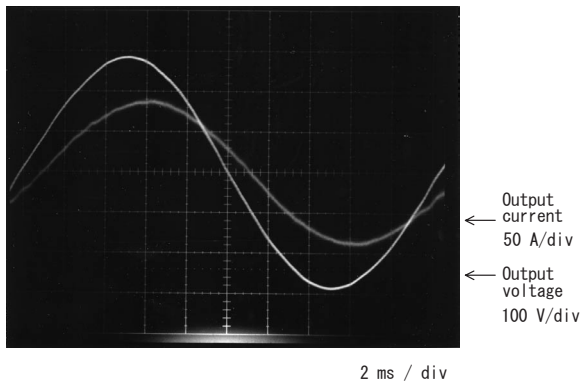


Fig. 6 Waveform of VAC and output current for 20 kW-1 h inverter system for peak cut use at 20 kW output.

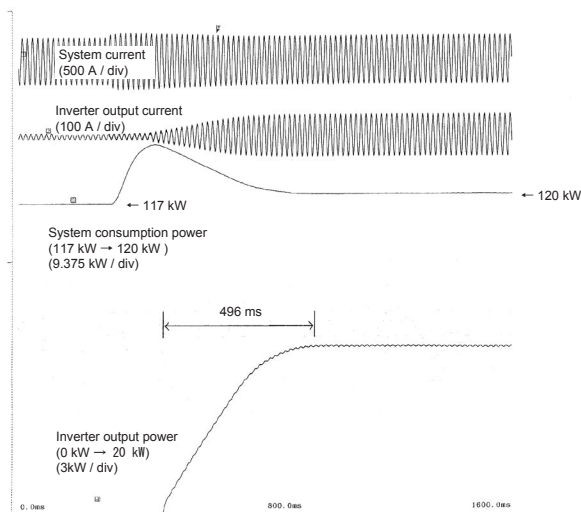


Fig. 7 Load tracking feature of 20 kW-1 h inverter system for peak cut use.
Internal demand set value : 120 kW.
Load power : 117 kW to 140 kW.

を Fig. 7 に示す。インバータの出力は、停止状態から 500 ms 以内で 20 kW に達し、系統使用電力は設定値の 120 kW に制御されていることがわかる。

内部デマンド値を 120 kW に設定して、負荷電力を 140 kW から 117 kW に減少させた時の負荷追従特性を Fig. 8 に示す。インバータは、20 kW の出力状態から 500 ms 以内で停止していることがわかる。

外部デマンド設定値を変化させた時の負荷追従特性を Fig. 9 に示す。外部デマンド値の変化に応じて、系

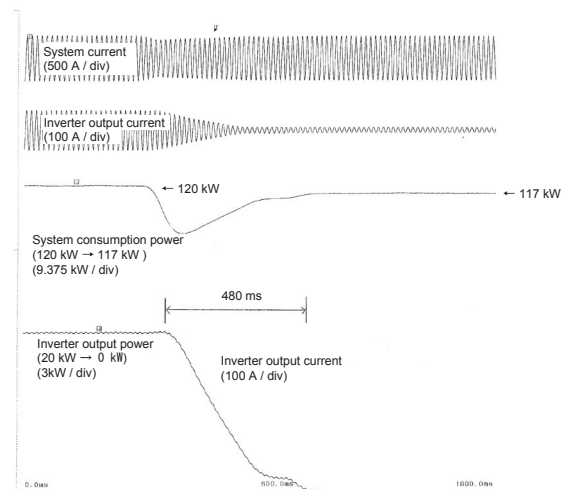


Fig. 8 Load tracking feature of 20 kW-1 h inverter system for peak cut use.
Internal demand set value : 120 kW.
Load power : 140 kW to 117 kW.

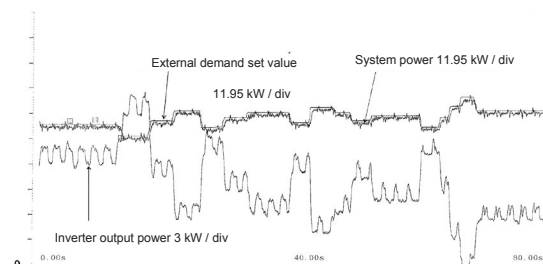


Fig. 9 Load tracking feature of 20 kW-1 h inverter system for peak cut use when the external demand set value was varied continuously.

統使用電力が追従していることがわかる。

6 まとめ

電力需要時のピークカット動作をおこなうことのできる新しい高速負荷追従形インバータシステムを開発した。その技術を用いた20 kW・1時間システムの力率は99%と高く、歪率は1.3%と小さい良好な結果が得られた。また、このシステムは負荷変動に対して高速に追従することを確認できた。今後は、大容量化や

リチウム電池と組み合わせたシステムなどへの展開をすすめる、本分野の発展に貢献したい。

文献

- 1) 高橋さわ子, 平川憲治, 守光仁, 山口義彰, 中山恭秀, ユアサ時報, **88**, 34 (2000).
- 2) 山中雅雄, 高田知明, 京博之, 平地克也, 山本 茂, ユアサ時報, **83**, 18 (1997).