

# 新形無停電電源装置「BACSTAR」 シリーズの開発

## Development of New Uninterruptible Power Supply System "BACSTAR" Series

菊田重則\* 中本良\* 橋立勝弘\* 河原林一王\*  
山下貴士\* 田中三郎\* 山本利男\*

Shigenori Kikuta Ryo Nakamoto Katsuhiko Hashidate Kazuo Kawarabayashi  
Takashi Yamashita Saburo Tanaka Toshio Yamamoto

### Abstract

New uninterruptible power supply system "BACSTAR" series have been successively developed by realization of ideal coupling of battery, inverter, and rectifier resulting in the improvement of reliability of its system with the additional feature of compactness and lightness. The new technology was established by the pursuit of simplification of main electric circuit by thoroughly reconsideration of total circuit design. The intelligent panel with graphic power supply system by LCD indication is able to offer the simply handling of control system quite enough for inexperienced user not to stop the power supply to important load. The panel is also to display the function of indicating start-stop guidance, operation state, trouble accidents, and so on.

### 1 まえがき

情報技術 (IT) の発達にともない、現代社会では大規模事業者のみならず小規模事業者さらには個人にまで、インターネットがあたりまえのように利用される時代になった。インターネットビジネスを展開する事業者にとっては、サーバ設備をはじめとする情報通信インフラには高い信頼性が求められる。その中で無停電電源装置 (UPS) は、電源系統の停電や瞬時電圧低下対策として不可欠な設備であり広く普及している。さらに近年、PC サーバーの小形化、ネットワー

クシステムの分散化等により、小容量の UPS に対する需要が拡大してきており、高い信頼性はいうまでもなく、低価格や小形・軽量化に対する要求も一層大きいものになってきている。

このような需要に対して、(株) ジーエス・ユアサ パワーサプライでは、すでに「YUMIC-MC シリーズ」<sup>1)</sup>・「BIROS-F II シリーズ」<sup>2)</sup> を商品化しているが、今回それらの性能を引き継ぎ、高性能・高信頼化と低価格の小形・軽量化をはかった単相出力 UPS 「BACSTAR シリーズ」を開発したのでここに報告する。

\* (株) ジーエス・ユアサ パワーサプライ 開発部

## 2 主回路および制御回路構成

### 2.1 主回路

BACSTAR シリーズは常時インバータ給電方式のUPSであり、Fig. 1 にそのシステム構成を示す。コンバータ部では、交流入力から商用電源を受けて直流に変換し、蓄電池の充電をおこなうとともに、インバータへ直流電力を供給する。インバータ部ではこの直流電力を安定した電圧で歪みの少ない良質な交流電力に変換する。交流出力側には、過負荷あるいはインバータ故障時に無瞬断でバイパス電源に給電を切り換えるために、サイリスタと電磁接触器で構成されたいわゆるハイブリッド形切換スイッチを設けている。常時はインバータ側の接点を閉じることにより、インバータの良質な交流電力を供給するシステムである。

BACSTAR シリーズは、基本的に出力容量 20 kVA 以下では UPS 盤・蓄電池盤の二面構成、出力容量 30 kVA 以上では入出力盤・UPS 盤・蓄電池盤の三面構成とした。これは、多様な顧客のニーズに柔軟に対応できるように考慮したものであり、客先仕様により大きく変化する入出力盤と、比較的サイズ志向で設計できる UPS 盤に分割したものである。

UPS 盤においては、回路方式の検討と高密度実装設計により装置の小形・軽量化をはかり、さらにコンバータ・インバータの主要パワー部のユニット化に

よって保守を容易にして MTTR（平均修復時間）の短縮化をはかっている。

パワーユニットには、最新の電力半導体素子である第五世代の IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）を全面的に採用し、スイッチングロスの低減をはかった。また、電解コンデンサから IGBT に至る高周波スイッチング回路は、配線インピーダンスを極力下げる必要があるため、電解コンデンサを基板実装として、素子の接続導体に直接接続する方法を採用し、結果としてスナバレスを実現した<sup>1)</sup>。

### 2.2 制御回路

BACSTAR シリーズの開発にあたっては、とくに信頼性の向上と回路の簡素化に努めた。そのためにシステム全体の制御回路構成を全面的に見直して、コンバータ制御、インバータ制御、シーケンス制御ともにワンチップ RISC（Reduced Instruction Set Computer）マイコンによるデジタル制御方式を採用した。その結果、従来の制御回路に比べて、部品点数の削減（40% 削減）およびソフトウェアによる調整ヶ所の簡略化（16 → 2ヶ所）により信頼性の向上をはかることができた。

### 2.3 整流器（コンバータ）制御

Fig. 2 にコンバータ制御回路のブロック図を示す。コンバータ部は、入力電流指令値（ $I_c^*$ ）と入力電流瞬時値（ $I_c$ ）が一致するように入力電流制御器により

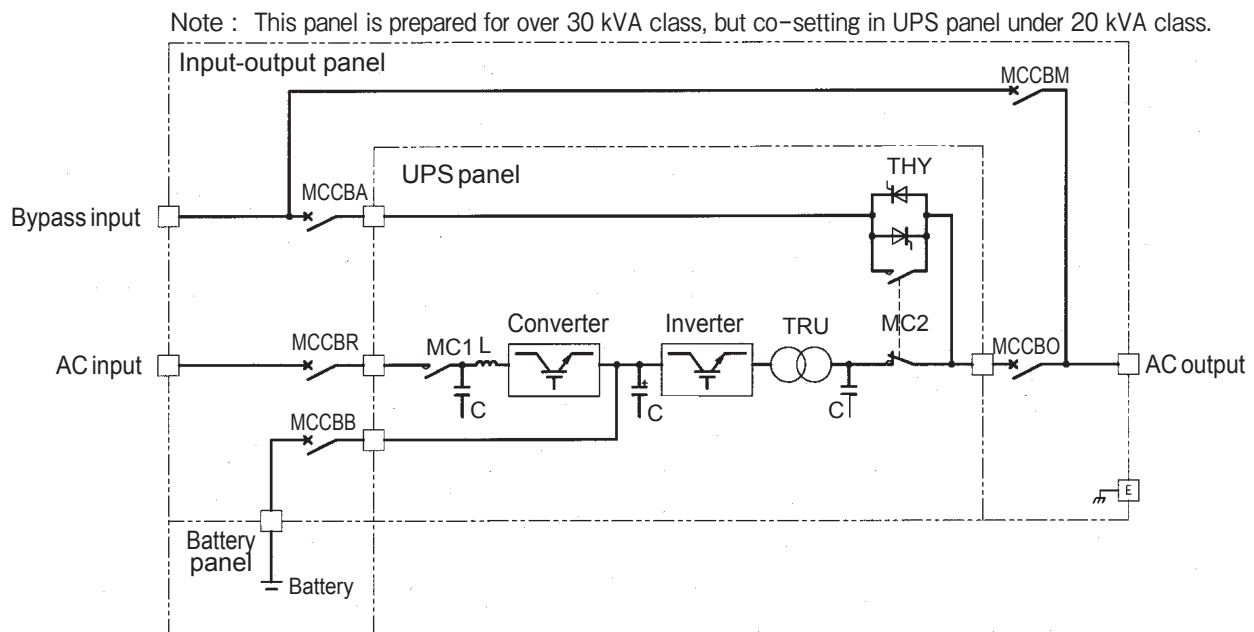


Fig. 1 Main circuit diagram of newly developed UPS "BACSTAR".

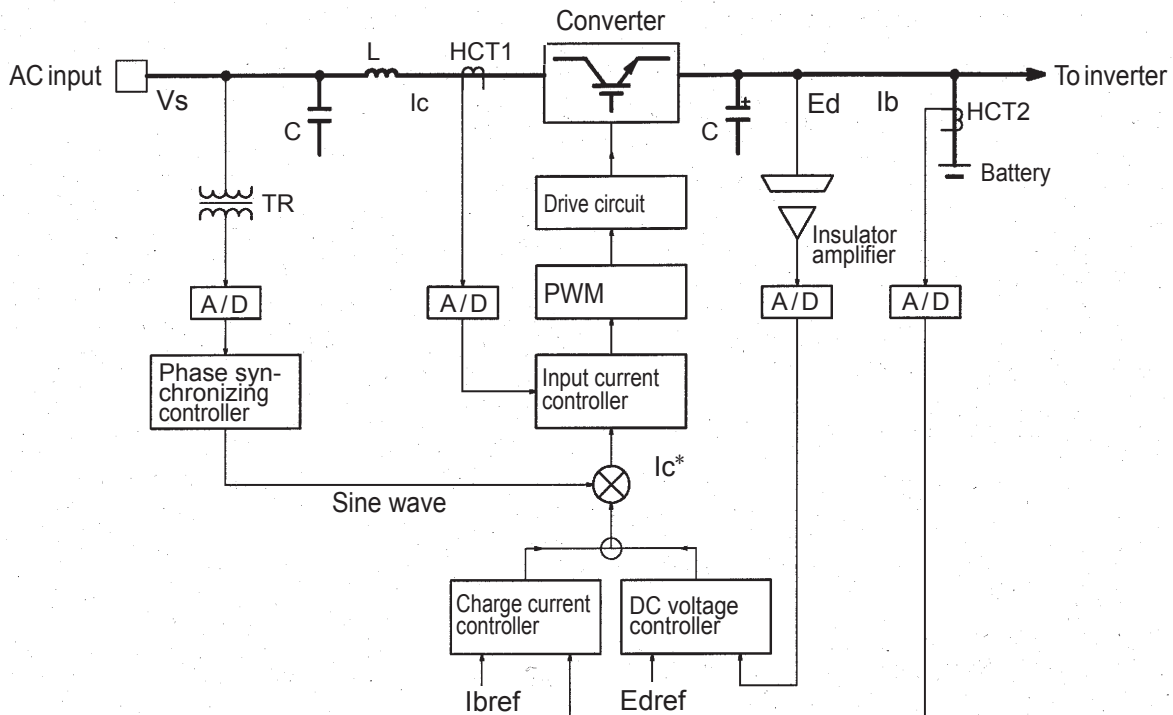


Fig. 2 Block diagram of converter control circuit.

制御している。入力電流指令値 ( $I_c^*$ ) は、交流入力電圧 ( $V_s$ ) と同位相とするために、位相同期制御器で生成した電流基準正弦波を利用し、その振幅を直流電圧操作量により制御している。その直流電圧操作量は、直流電圧基準 ( $E_{dref}$ ) と直流電圧検出値 ( $E_d$ ) を直流電圧制御器で比較増幅して作っている。さらに、コンバータ部としての制御は、直流電圧制御以外に、蓄電池の充電制御、停電回復時の入力電流のソフトスタート制御もおこなっている。

#### 2.4 インバータ制御

Fig. 3 にインバータの制御回路ブロック図を示す。インバータ出力電圧とバイパス電圧を同期させるために、位相同期制御器によりバイパス電圧に同期した電圧基準正弦波を生成する。この正弦波と出力電圧制御器で得られた振幅指令値を乗算した出力電圧指令値 ( $V_u^*$ ) に出力電圧 ( $V_u$ ) が一致するように瞬時出力電圧制御器で制御している。出力短絡等の過大な電流に対してはピークカット回路によりドライブ信号を瞬時に遮断して、過大な電流が流れないように主回路素子の保護をおこなっている。

#### 2.5 出力切換・シーケンス制御

Fig. 4 に切換回路の主回路構成とその制御回路を示す。主回路構成は、サイリスタと電磁接触器併用の回路いわゆるハイブリッド方式とした。回路の簡素化と

いう観点からみた場合、サイリスタのみを使用した方式もあるが、運転効率の向上と高信頼性を可能とするために本方式を採用した。制御部では、UPSの各電圧・電流の監視、状態・故障に基づいたシステム動作、保護連動をおこなうとともに、電磁接触器の駆動制御、サイリスタの点弧制御をおこなう。

### 3 インテリジェントパネル

Fig. 5 にインテリジェントパネル、Fig. 6 に液晶画面 (LCD) の表示例を示す。インテリジェントパネルでは、UPSの動作状態をグラフィック表示するとともに、各部の計測値や警報内容などの情報を液晶画面に表示するようにした。その他にRS-232Cを使った通信などの機能もそなえている。

UPSの操作時には、マニュアルを見ずに起動・停止・メンテナンスの操作ができるように、その手順を液晶画面に自動的に表示するようにした。

警報表示についても充実をはかり、19項目の故障を常時監視し、異常が発生した場合にはその故障について項目・内容・発生時刻を液晶画面に表示するようにした。また、故障および状態変化の履歴も発生順に時刻データを含めて記録している。停電発生時には、現状負荷において残り何時間のバックアップが可能か

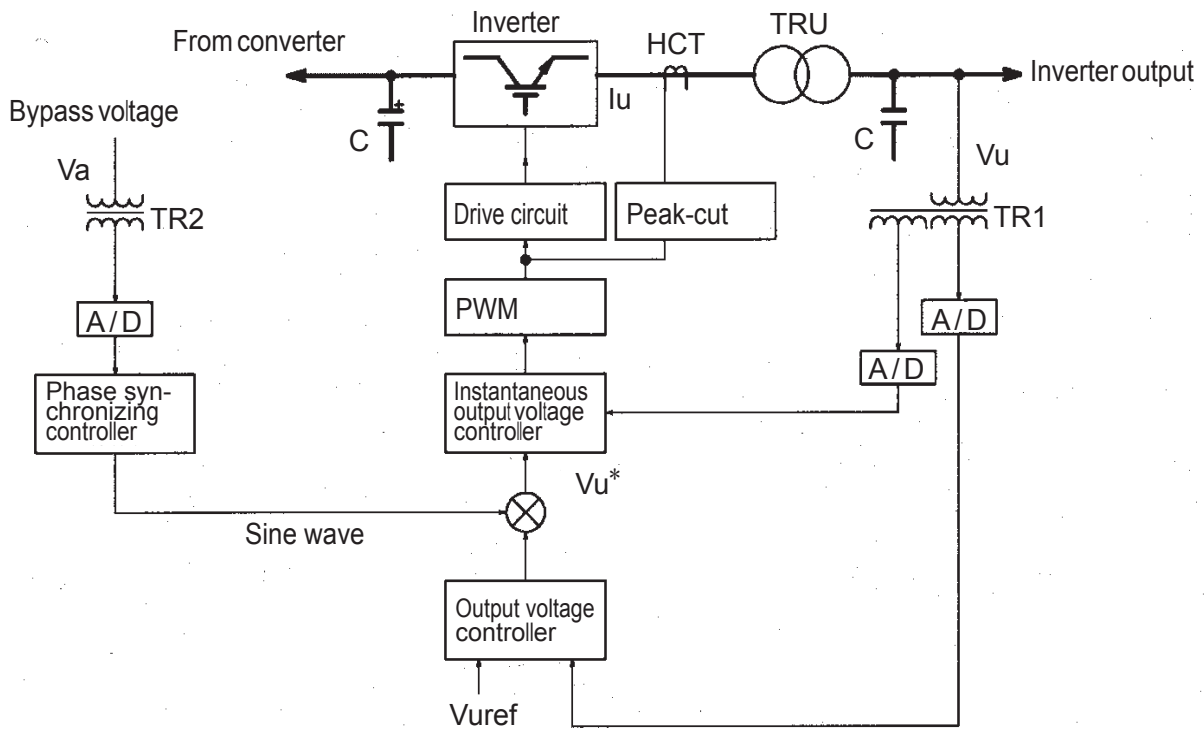


Fig. 3 Block diagram of inverter control circuit.

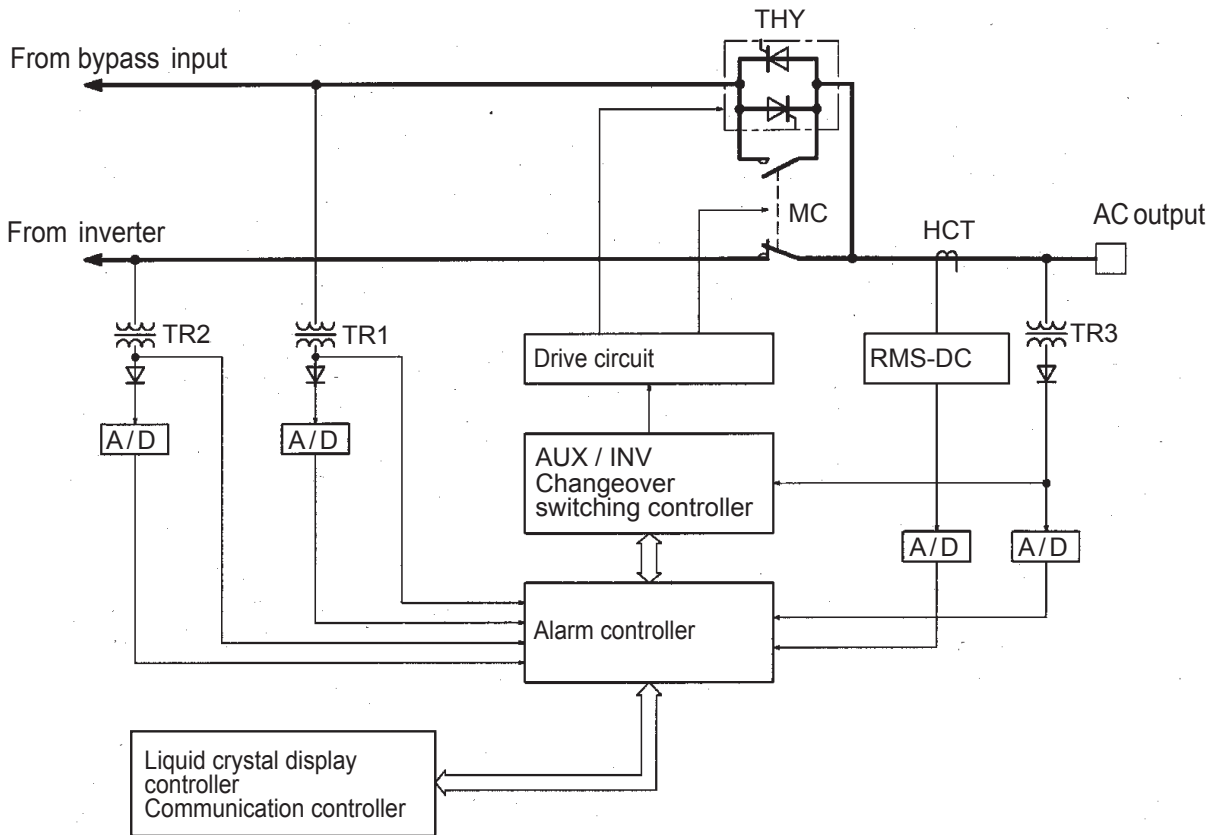


Fig. 4 Block diagram of AC switch control circuit.

を知ることが必要であることから、停電経過時間、放電量および放電残時間を表示している。さらに、蓄電池の保守を効果的に行うために、蓄電池交換の推奨時期を点滅して知らせるLEDを装備した。

#### 4 適合蓄電池

BACSTAR シリーズでは、理想的なカップリングを実現できる各種蓄電池を用意し、需要家の多様なニーズに応えるようにした。適合蓄電池の形式として、SNS・REH・MSEを標準としている。これらはすべて制御弁式鉛蓄電池であり、メンテナンスの省力化をはかっている。Fig. 7にその一例(MSE)を示す。

#### 5 仕様と外観

BACSTAR シリーズの標準仕様を Table 1 に示す。従来品と比べて本シリーズの変更点は、制御回路の改善により、定電圧および周波数精度の特性向上と電圧波形歪率の低減とを達成した。単相出力 20 kVA の外観を Fig. 8 に示す。従来品と比べて容積対比で -15%、重量対比で -25% と小形・軽量化を実現できた。寸法は幅×奥行×高さ：700×600×1500 (mm) とコンパクトである。オフィスやコンピュータ室への設置を前提とし、OA 機器としてのUPSのイメージを表現するために、色、パネルの配置等のデザインを決定した。

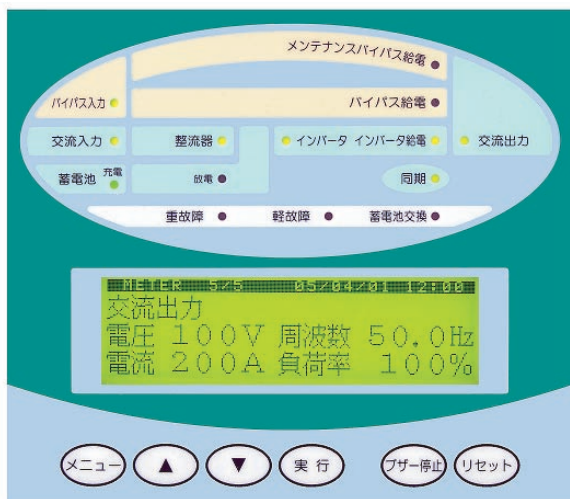


Fig. 5 Intelligent panel for newly developed UPS "BACSTAR".

#### メインメニュー画面

MAIN MENU 05/01/01 12:00	
メインメニュー	
1 計測表示	3 警報、履歴
2 操作ガイダンス	4 設定、その他

#### 計測項目選択画面

METER 05/01/01 12:00	
計測項目選択	
1 直流電圧	3 IN V, バイパス
2 蓄電池	4 交流出力

#### 残時間表示画面(停電時)

METER 2/5 05/01/01 12:00	
蓄電池電流 放電	10 A
蓄電池温度	25 °C
放電残時間	1時間10分

#### 計測表示画面(交流出力)

METER 5/5 05/01/01 12:00	
交流出力	
電圧 100V	周波数 60.0Hz
電流 100A	負荷率 100%

#### 装置履歴表示画面

SYSTEM RECORD 05/01/01 12:00	
累計運転時間	1 2 3 4 5 6 時間
累計停電時間	1 2 3 時間 1 2 分
停電回数	1 0 回

SYSTEM RECORD 05/01/01 12:00	
蓄電池温度	最高 49 °C
	平均 25 °C
	最低 7 °C

Fig. 6 Indication examples of liquid crystal display for newly developed UPS "BACSTAR".



Fig. 7 External appearance of valve regulated lead-acid batteries specially designed for UPS.

Table 1 Standard specification of newly developed UPS "BACSTAR series".

Items		Standard specifications										Notes	
Rated output capacity		/ kVA	5	7.5	10	15	20	30	40	50			
		/ kW	4	6	8	12	16	24	32	40			
Usable environment surrounding temperature			-10 ~ 40°C										
	Relative humidity		25 ~ 85%										Condensation-free
	Altitude		Below 1000 m										
	Setting place		In the room with little harmful gases, salts, and dust										
AC input	Phase		Three phases-three lines										
	Voltage		200 or 210 V ± 10%										Available for 220 V and 400 V systems
	Frequency		50 or 60 Hz ± 5%										
	Rated input capacity	/ kVA	5.0	7.5	10	15	20	30	39	48			
	Max. input capacity	/ kVA	6.5	8.9	12	18	23	34	43	54		Max. at recovery charging condition	
	Input power factor		More than or equal to 98%										Rated operation condition
	Current-wave form distortion factor		Less than or equal to 5%										At the rated input and output condition
Bypass input	Phase		Single phase-two lines										
	Voltage		100 V, 105 V, or 110 V ± 10%					200 V or 210 V ± 10%					
	Frequency		50 or 60 Hz ± 5%										
Type		Inverter regular power supply with bypass system											
Nomal	Cooling system		Air circulation										
	Classification		100% in continuation										
DC section	Serial number of battery		180 in all series										Resritcly limited to VRLA stationary battery
	Nominal voltage	/ V	360 in all series										Resritcly limited to VRLA stationary battery
AC output	Phase		Single phase-two lines										
	Rated voltage		100 or 105 or 110 V					200 or 210 V					
	Constant voltage accuracy		Within ± 1.0%										
	Rated frequency		50 or 60 Hz										
	Frequency accuracy		Within ± 0.01%										With bypass power frequency for synchronizing Capable for setting of ± 0.5 ~ 3.5%
	Synchronizing frequency range		Within ± 2%										
	Rated load power factor		0.8 (Delay)										Available for the value of 0.9
	Load power factor variable range		0.7 ~ 0.9 (Delay)										Usable at lower condition for higher than 0.8
	Voltage-wave form distortion factor		Less than or equal to 2%					Less than or equal to 5%					Linear load Rectifier load 100%
	Output power voltage instantaneous variable factor		Within ± 5%										Sudden change of load : 0 ⇔ 100%
	Voltage adjusting time		Within 50 msec.										
Durability for over-load		125% for 10 min.,					150% for 1 min.						
Total efficiency in min.	/ %	81	82	82	83	83	84	84	85		Rated input-output power, floating charge		
Needed time	Automatically change		Uninterrupted (Synchronizing time)										Inverter ⇔ Bypass
	Manually change		Uninterrupted (Synchronizing time)										Inverter ⇔ Bypass
Others	Calorific value	/ kJ h <sup>-1</sup>	3400	4700	6300	8800	11800	16500	21900	25400			
	Noise	/ dB	a.60	a.60	a.60	a.65	a.65	a.65	a.65	a.65		Front area · A characteristics	
	Painting color		5Y7/1 in all series										



Fig. 8 External appearance of newly developed UPS "BACSTAR" (1Ph 20 kVA).

## 6 特性

20 kVA UPS の評価試験で得られた代表的な特性について、その試験結果を報告する。

### 6.1 交流入力電流特性

Fig. 9 に定格入出力時の交流入力電圧と入力電流波形を示す。電圧波形と電流波形の位相差は三相入力の線間電圧と相電流を測定していることからきているものであり、測定値は力率で0.99以上、歪率においては3.2%と非常に良好な結果が得られた。

### 6.2 交流出力電圧特性

Fig. 10 に100% 整流負荷を接続したときの交流出力電圧と出力電流波形を示す。瞬時値電圧制御による高周波PWM制御をおこなっているために、高調波成分を多く含んだ負荷に給電した場合においても、出力電圧波形歪率が4.3%と良好な値が得られたことから、コンピュータなどに内蔵されているコンデンサ入力形整流負荷に対しても歪みの少ない安定した交流電力を供給できる。

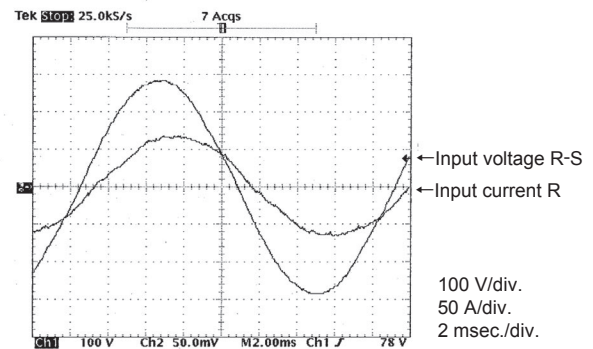


Fig. 9 Input voltage and current waveforms of input-output rating for newly developed UPS "BACSTAR" (20 kVA).

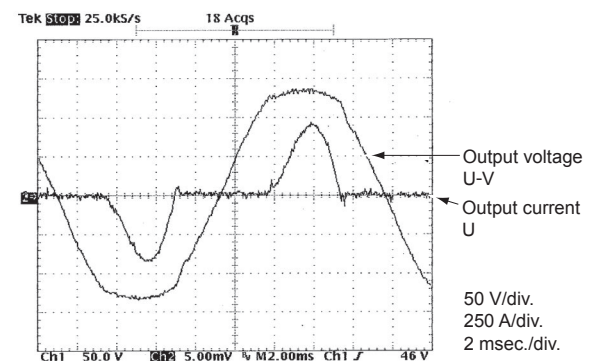


Fig. 10 Output voltage and current waveforms of 100% non linear load for newly developed UPS "BACSTAR" (20 kVA).

### 6.3 負荷急変特性

Fig. 11 に0 ⇄ 100% 負荷急変時の各部電圧電流の過渡変動特性を示す。図から、蓄電池の接続がないにもかかわらず、0 → 100%において- 3.5%, 100 → 0%において+ 3.0%と非常に良好な特性となっているこ

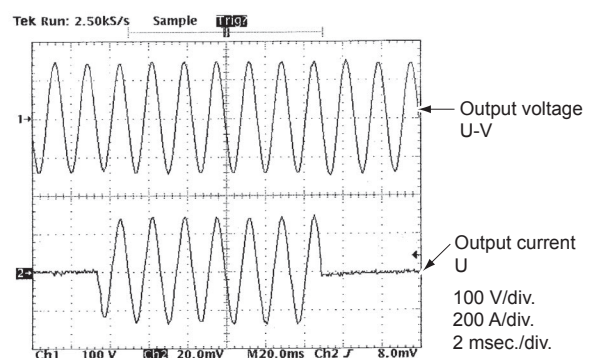


Fig. 11 Sudden load change characteristics for newly developed UPS "BACSTAR" (20 kVA). Load change : 0 ⇄ 100%.

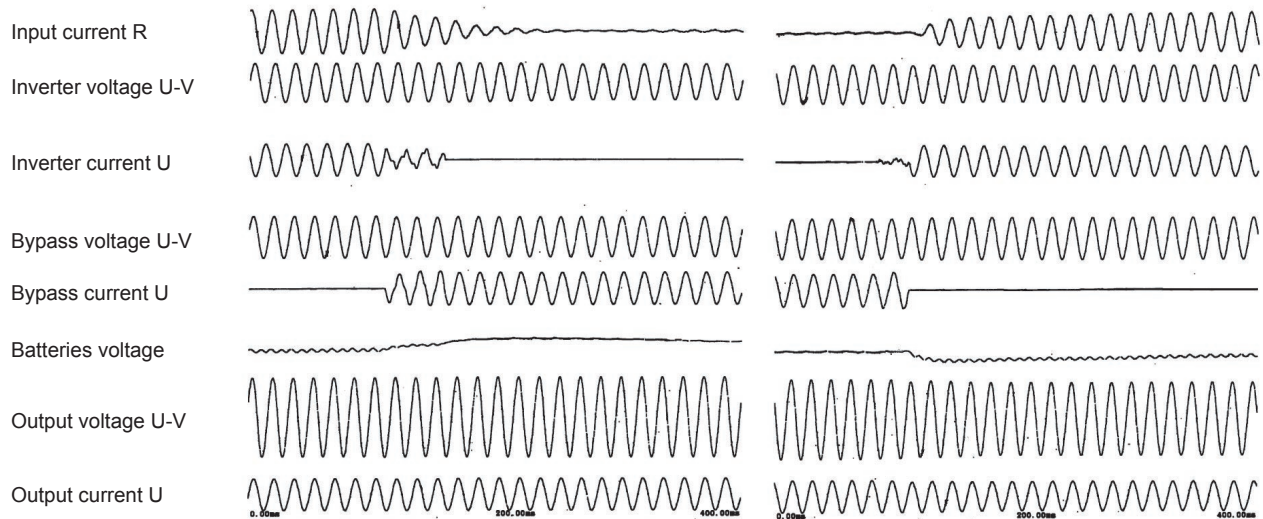


Fig. 12 Characteristics of changeover switches under normal operation for newly developed UPS "BACSTAR" (20 kVA).

とがわかる。また整定時間についても2サイクル目には定電圧精度範囲に戻っており、過渡変動および整定時間ともに仕様を満足している。

#### 6.4 切換特性

Fig. 12は通常運転時にインバータ給電⇄バイパス給電の切り換えをおこなったときの特性を示す。交流出力電圧波形が示すとおり、インバータ給電からバイパス給電に移った時点とその逆の時点において瞬断なく切り換えられているのがわかる。また、切り換え時点ではインバータ出力は0⇄100%の急変をしているにもかかわらず、交流入力電流は滑らかな電流変化となっている。

## 7 まとめ

近年、高速スイッチング素子であるIGBTなどに代表されるパワーデバイスの技術革新により、高周波化技術を基本としたUPSが製品化され、負荷や入力電源システムに対する高調波レスの考え方が普遍化

されてきた。このような状況において今回開発したBACSTARシリーズは、まさに負荷や電源環境に優しいUPSであるといえよう。さらには、インテリジェントパネルの採用により、より一層操作性・保守性を高め、人に優しい機器としてあらゆる分野で役立つことと確信している。また、主回路、制御回路技術は、今後展開を予定している三相出力UPSの高性能化・高信頼化、および小形化につなげていきたいと考えている。

今後も、新しい技術を積極的に取り入れ、蓄電池メーカーとしてのノウハウを最大限に生かした製品づくりに取り組んでいく所存である。

## 文献

- 1) 田中三郎, 足立伸介, 山下貴士, 時井敦志, ユアサ時報, **84**, 24 (1998).
- 2) 菊田重則, 河原林一王, 山本利男, *GS News Technical Report*, **61** (2), 30 (2002).