

# 高機能・高信頼性を備えたコンパクト設計の ミニ UPS 「Acrostar THA5000-10」 の開発

## Development of Compactly Designed Mini UPS "Acrostar THA5000-10" with High Performance and High Reliability

山下 健 史\*    武 本 修 一\*    留 河 英 知\*  
松 原 一 郎\*    山 中 雅 雄\*    岸 本 真 治\*

Takeshi Yamashita    Shuichi Takemoto    Hidenori Tomekawa  
Ichiro Matsubara    Masao Yamanaka    Shinji Kishimoto

### Abstract

Recently, the UPS of large and intermediate capacities has been replaced by the small one of 10 kVA or less with high performance and high reliability owing to the requirements from market field. Therefore, new on-line Mini UPS "THA5000-10" of 5 kVA/4000 W was successfully developed to achieve the smallest class in the world as tower type adopting new control method and suitable structural design, further adding multi-function and improved reliability. Thus, the compactness of new UPS preserving original features and functions for THA series was attained to be 10% and 35% reduction in mass and volume, respectively, compared with existing one.

*Key words:* On-line UPS; Lead free solder; RoHS

### 1 まえがき

近年、情報化社会のインフラとなる情報処理システムおよび、通信装置によるネットワークシステムは発展を続けている。コンピュータの高機能化と低価格化がシステムを分散化させ、その低消費電力化が加速している。また、その電源トラブル対策として、多くの無停電電源装置（UPS）が導入されている。システムの分散化により、市場分野は、大・中容量 UPS で

あったものが、10 kVA 以下のミニ UPS にシフトし、高機能・高信頼性が求められている。その場合、ネットワークの中で分散使用される UPS を効率よく運用管理するためのモニタリングシステムに対応することが必要となる。すなわち、ネットワークの中で分散使用される各 UPS 自身の故障を含む電源のトラブルが発生した際に、適切かつ迅速な対応をとるためには、サーバーや管理者が UPS と相互に通信できるモニタリングシステムがかかせない。一方、環境対応として、RoHS 指令対応といった化学物質管理や省資源、さらには、リサイクルなどを考慮した環境にやさしい設計が大きな市場の要求となってきている。このような要

\* (株)ジーエス・ユアサ パワーエレクトロニクス  
技術生産本部

求に対し、(株)ジーエス・ユアサ パワーエレクトロニクスでは、すでに世界最小クラスの1 kVA/800 Wの高機能ミニUPS "Acrostar THA1000-10<sup>1)</sup>"を商品化している。

今回開発した常時インバータ給電方式5 kVA/4000 WのミニUPS "Acrostar THA5000-10"は、このTHAシリーズの最大容量機種であり、シリーズ共通の機能・デザインを、据置きタイプとしては世界最小クラスのサイズで実現することができた。以下にその概要を報告する。

## 2 本装置の概要

### 2.1 主回路構成

本装置は、商用同期形の常時インバータ給電方式である。Fig. 1に主回路ブロック図を示す。主回路は入力交流電圧を直流に変換する整流器と直流を交流に変換するインバータで、安定した交流電圧を負荷に供給する。双方向チョッパ回路は、通常時は電池を充電し、入力停電など入力系統の異常を検出した場合は、電池電圧を昇圧し、無瞬断でインバータに電力を供給する。また、過負荷や故障時はACスイッチ回路により無瞬断でバイパス給電に切り換え、負荷への電力供給を継続する。定期メンテナンス時の電池交換は、バイパス回路により負荷へ電力を供給した状態で、充電回路を切り離すという回路構成にすることにより、無停止保守が可能となる。

これらの回路方式とブロック構成はTHAシリーズ共通の設計思想を踏襲し、機能の共通化を実現した。

### 2.2 外観構造

Fig. 2に本装置の外観写真を示す。寸法は、222幅×443高×535奥行(mm)で、その質量は、72 kgとなり、従来の当社同容量の製品と比較して、質量10%ダウン、体積35%ダウンの小形化を実現した。また、シリーズ共通の前面パネルを組み合わせて使用し、デザインの統合性を損なわないようにした。裏面には、入出力端子台、出力コンセントを4個、増設バッテリー用コネクタ、外送・通信コネクタ、LANカード・USBなどのオプションに対応するスロットを配置した。

### 2.3 機能および特長のシリーズ共通化

本装置は、以下にあげるTHAシリーズの機能と特長を全て満足している。



Fig. 2 External appearance of newly developed UPS model Acrostar THA5000-10.  
Dimensions: 222 mm W x 535 mm D x 443 mm H;  
Mass 72 kg.

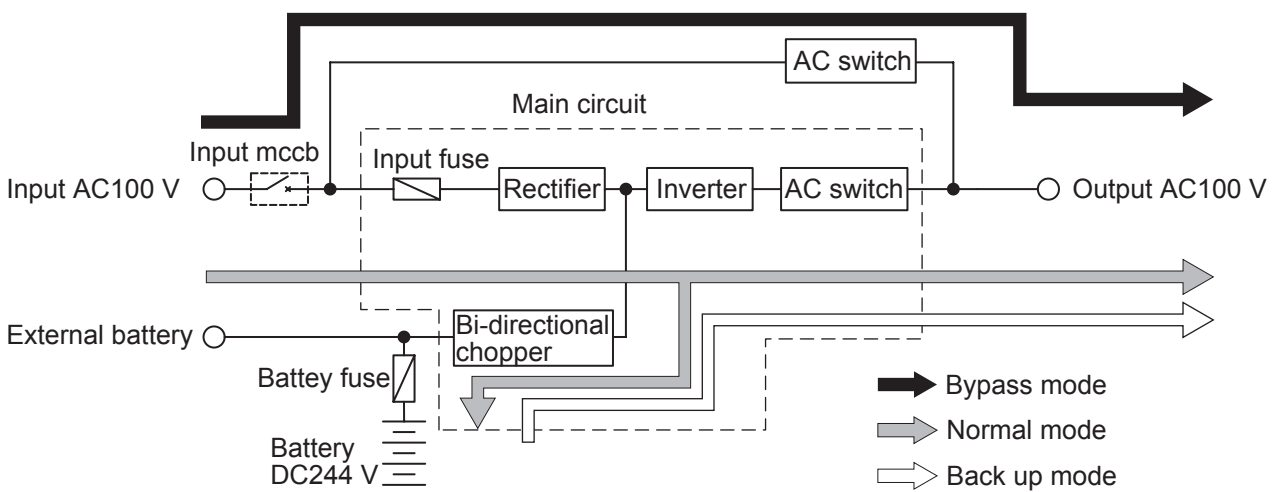


Fig. 1 Block diagram of newly developed UPS model Acrostar THA5000-10.

### 2.3.1 幅広い入力電圧範囲

入力電圧範囲は定格負荷の時に85～132V、負荷率が減れば下限値は70Vまで下がる。これにより瞬時入力電圧低下による頻繁なバッテリー運転への切り換え動作が軽減して、バッテリーの長寿命化に寄与できる。

### 2.3.2 充実したバッテリー診断機能

起動時や手動(正面スイッチ)、自動(管理ソフトウェア)によるバッテリー異常診断機能と温度監視により、バッテリーの劣化による障害を未然に防止することができる。バッテリー交換時期を超過した場合は、強制的に充電器を停止し、寿命末期のトラブルを未然に防止する。また、残寿命年数を表示することにより、交換時期の目安をユーザーに認識させることを可能とした。

### 2.3.3 わかりやすい状態表示

正面パネルの4つのランプと8セグメントLEDの表示状態により、UPSの運転状態、バッテリーレベルが一目で判定できる。また8セグメントLEDは切り換えスイッチにより負荷率のレベルを表示し、また、トラブル時はその内容を表示する。

### 2.3.4 豊富なオプション

バックアップ時間延長用の増設バッテリーボックス、メンテナンスバイパスボックス、キャスト台、バーチカルサポート、入出力電圧変換用のトランスボックスなど豊富なオプションを準備してあらゆるニーズに対応できるようにした。

### 2.3.5 バッテリーのホットスワップ交換

バック構造のバッテリーは、システムを停止することなく、正面パネルを取り外すことによって、安全かつ簡単に交換することを可能とした。

### 2.3.6 高機能なモニタリングシステム

本UPSは、シリアル通信インターフェースを標準装備することにより、当社の高機能モニタリングソフト“Acroware-BasePRO”<sup>2,3)</sup>の使用を可能にしている。この運用管理の機能としては、UPSの状態監視、バッテリー寿命管理、コンピュータのスケジュール運転がある。さらに、オプションスロットにUPS用LANカード“Acroware-LAN Agent3”を搭載することによりネットワーク経由でのUPSの状態監視、バッテリー寿命管理、コンピュータのスケジュール運転が可能となる。このオプションスロット用には、USBや外送端子台用の通信インターフェースボードなどを準備している。

## 3 回路方式

### 3.1 整流器とインバータ回路

整流器は昇圧形倍電圧回路、インバータはハーフブリッジ回路とし、シリーズ共通とした。この回路方式は、入出力の絶縁を省略することができるために、回路構成がシンプルで、高効率を実現することができる。またシリーズ共通の回路方式を採用したことによりファームウェアやドライブ回路の設計工数を低減することができた。

### 3.2 中間直流電圧の制御

#### 3.2.1 従来回路の問題点

整流器が出力する直流電圧が高ければスイッチングロスが増大する。スイッチングロスは装置全体の損失に占める割合が大きく、効率の低下を招くばかりでなくスイッチング素子である整流器とインバータのIGBTの温度上昇が大きくなり、放熱器が大形化する。また装置内部温度が上昇するために装置の小形化が困難となる。しかしながら、直流電圧を低くしようとすれば、交流入力電圧が高い時に正弦波のピーク付近で整流器の制御が不安定となり入力電圧範囲を広くできない問題点がある。

#### 3.2.2 今回の改善点

上記の問題点を解決するため、整流器が出力する直流電圧を入力交流電圧に合わせて変化させる制御方式とした。交流入力電圧が低い時は入力電流が増大し、ロスが増えるのでできるだけ直流電圧を下げる。また高いときは制御の不安定を解消するため、直流電圧を上げる。前述のとおり、直流電圧が上昇すればロスは増える方向となるが、入力電圧が高ければ電流は減るために、トータルのロスは相殺される。従来はアナログ制御であったために、この方式をとることが困難であったがマイコンによるデジタル制御により実現することが可能となった。

### 3.3 双方向チョップパ回路

従来の昇圧回路と、充電器回路はそれぞれ独立した回路であった。今回は2素子入りのIGBTモジュールを使用した。通常運転時は中間直流電圧を充電電圧まで降圧する。停電時はマイコンからのドライブ信号を切り換えることにより、バッテリー電圧を中間直流電圧まで昇圧動作するように制御した。これにより専用の充電回路およびその充電回路用の制御回路が省略された。

しかしながら、3.2節で説明したとおり、通常運転時に入力電圧が低いときには中間直流電圧も低くな

Table 1 Detailed specifications of newly developed UPS model Acrostar THA5000-10.

Model	Acrostar THA5000-10		
AC output	Power rating	5000 VA (4000 W)	Rated load
	Operating method	Normal Inverter power supply	
	Transfer mode	Synchronous switched method	See (1)
	Transfer time	Uninterruption	
	Rating type	100% continuous rating	
	Phase	1 phase 2 wire	Automatic selection At AC power failure At linear load At input voltage step $\pm 10\%$ or at 0% $\Leftrightarrow$ 100% linear load
	Voltage	100 V	
	Voltage stability	-1% , +3%	
	Frequency	50 / 60 Hz	
	Frequency stability	$\pm 0.5\%$	
	Voltage THD	Less than 3%	
	Transient response	Less than $\pm 10\%$ (Less than 100 mSec.)	
	AC Input	Phase	1 phase 2 wire
Voltage		100 (85-132 / full load 70-132 / 0-50% load) V	
Frequency		50 / 60 Hz $\pm 3$ Hz	
Typical power rating		5000 VA	
Battery	Power factor	More than 95%	See (2)
	Typical backup time	10 min.	
	Typical charging time	4.5 hours	
Others	Type	Small-sized valve regulated lead-acid battery	Without condensation  1 m from the front At rated load Excluding protuberances  At DC500 V megger Input & output-FG
	Operating temperature	0 - 40 °C	
	Humidity condition	30 - 90%	
	Cooling system	Forced-air cooling	
	Typical audible noise	50 dB (A) (55 dB (A) at fan high-speed)	
	Dimensions	222 mm W x 535 mm D x 443 mm H	
	Typical mass	Less than 72 kg	
	Color	Black	
	Insulation resistance	More than 5 M $\Omega$	
	Withstand voltage	1500 V/min.	

(1) Excluding inverter failure.

(2) At temperature 25 °C, load 3000 W and initial characteristic of battery.

る。この状態で停電した場合は昇圧動作への切り換えが遅れると、中間直流電圧が一時的に落ち込み、インバータの出力にも影響をおよぼす。これに対して、この一時的な落ち込みを急激に回復するために、切り換えの動作を急峻にすれば、過電流がバッテリーより放電され、条件によっては素子の定格を越える。このために、今回はバッテリー電流のピーク値を制限するリミッタ回路を追加した。これにより高速に切り換えることが可能となった。また、この回路は双方向の電流を検出できるため、充電器の保護回路としての動作も可能である。

### 3.4 制御回路

THA シリーズ共通の制御ボードを使用した。このボードに搭載されたワンチップマイコンは、内部に高速・高精度の A/D コンバータや PWM 制御等の周辺モジュールを内蔵しているので、整流器・双方向チョッ

パ・インバータ回路のすべてのシーケンス制御を 1 個で処理できる。そのために、制御回路の簡略化を実現できた。

## 4 内部構造

### 4.1 放熱設計

今回、装置を小形化するにあたっての課題は、内部構造を高密度化しながら適切な放熱設計をおこなうことであった。シリーズ共通の前面パネルを使用するために、ファンは前面に配置して、装置背面に吐き出す形とした。装置内部は階層構造にし、中段に発熱部品を集中配置して、2 個の前面ファンにより強制的に風をあてる。また風洞を使用して風の流れを制御し、チョークコイルを効率よく冷却した。電解コンデンサ等が配置する上段と、バッテリーを収納する下段を中

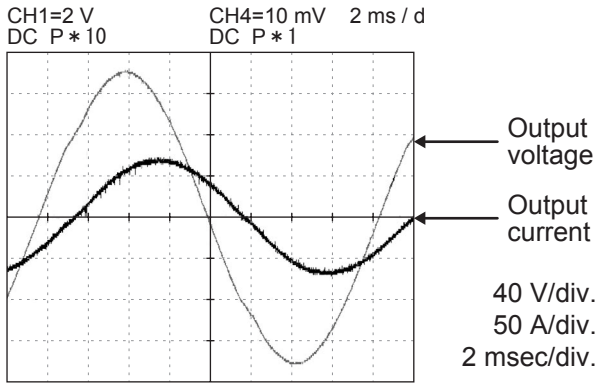


Fig. 3 Representative output waveform of newly developed UPS model Acrostar THA5000-10 at input voltage 100 V / 60 Hz and output load 5 kVA / 4000 W.

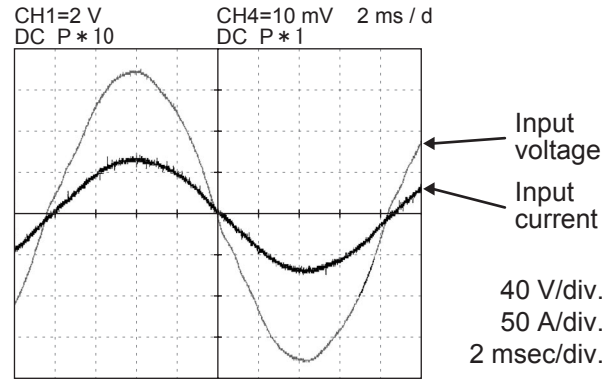


Fig. 4 Representative input waveform of newly developed UPS model Acrostar THA5000-10 at input voltage 100 V / 60 Hz and output load 5 kVA / 4000 W.

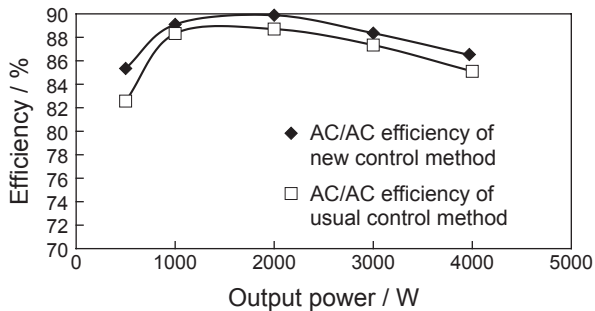


Fig. 5 Efficiency of UPS model Acrostar THA5000-10 at input voltage 100 V / 60 Hz.

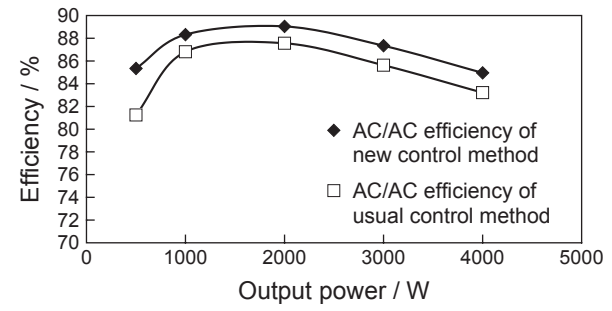


Fig. 6 Efficiency of UPS model Acrostar THA5000-10 at input voltage 86 V / 60 Hz.

段から仕切ることにより、寿命が温度に影響を受ける部品を中段部から極力遮熱するようにした。

#### 4.2 高密度化

大電流を扱う主回路部分を並列等にして、小形部品を使用することにより、ほとんどの部品を基板に実装した。また基板を適切に分け、ブロック化することで最適な配置をとり、高密度化を実現した。

### 5 電気的特性

Table 1 に本 UPS の要項表を示す。バッテリーは、高率放電特性にすぐれた長寿命小形制御弁式鉛蓄電池を採用し、変換効率の向上により 3000 W/10 分の保持時間を達成した。

#### 5.1 入出力波形

Fig. 3 に本 UPS の出力電圧・電流波形を、Fig.4 に入力電圧・電流波形を示す。

入力電圧に多少の歪みがあるが、出力電圧波形は影

響を受けず、歪みは少ない。デジタルによる正弦波瞬時ごとの電圧制御が良好に動作しており、従来のアナログ制御と同等以上の低歪みの波形を実現した。入力電流は、高力率コンバータ回路により、入力電圧波形と同相の低歪みの正弦波波形を実現した。

#### 5.2 静特性

Fig. 5 に交流入力 100 V、Fig. 6 に交流入力 86 V のときの本 UPS の効率特性を示す。AC/AC 変換効率は最大で 89.3% を示しており、3.2 節で説明した直流電圧を従来どおりに固定したときの場合と比較して平均で約 1% 上昇していることがわかる。

#### 5.3 動特性

Fig. 7 に本 UPS の停電時の波形を、Fig. 8 に負荷急変時の波形を示す。高周波マルチ PWM 方式の瞬時値制御をおこなっていることにより、負荷急変 0 ~ 100% においても、制御応答が適正であり、過渡電圧変動 ±10% を満足している。



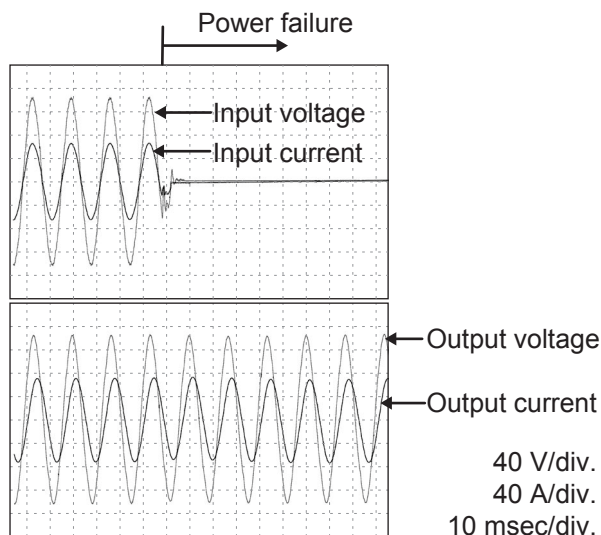


Fig. 7 Output waveform under AC input power failure / 60 Hz and output load 5 kVA / 4000 W.

## 6 むすび

今回開発した“THA5000-10”は、新しい回路方式を採用することにより、常時インバータ給電方式 5 kVA/4000 W の据置きミニ UPS としては、世界最小クラスのコンパクト設計を実現することができた。またネットワーク対応、環境対応をすることにより、現在の市場の要求に応えうる高機能・高信頼性の UPS となっている。また、この 5 kVA の機種とほぼ同時期に 1.5 k, 2 k, 3 kVA のものをリリースする予定である。今後、さらに、さまざまな顧客のニーズに最適な電源ソリューションを提供していく所存である。

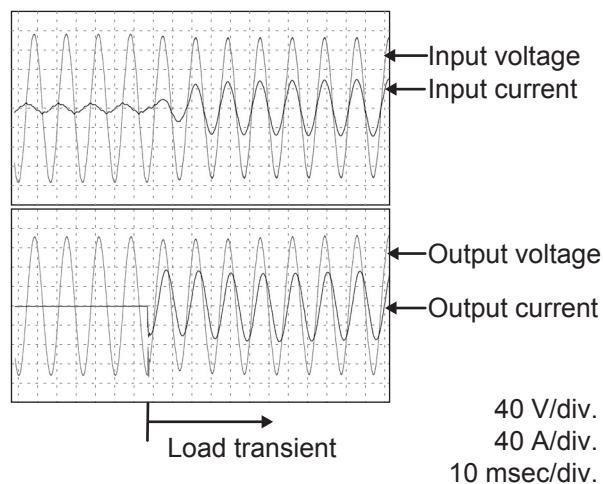


Fig. 8 Output waveform under transient response of output load (0 ⇒ 100%) and input voltage 100 V / 60 Hz.

## 文 献

- 1) 小見山慎二, 武本修一, 土手芳浩, 増岡裕晃, 山中雅雄, 岸本真治, *GS Yuasa Technical Report*, **4** (1), 44 (2007).
- 2) 松原一郎, 山下健史, 武本修一, *GS Yuasa Technical Report*, **2** (1), 55 (2005).
- 3) 今泉博文, 今川徹之, 坂根誠, *GS Yuasa Technical Report*, **3** (2), 42.