

高機能・高効率・高信頼性を備えたミニ UPS “Acrostar THB10K”の開発

Development of High Performance, High Efficiency, and High Reliability MINI-UPS “Acrostar THB10K”

留河英知* 竹原俊之* 山下健史* 中井脩介*
小見山慎二* 芦田有治* 岸本真治* 石本孔律*

Hidenori Tomekawa Toshiyuki Takehara Takeshi Yamashita Syusuke Nakai
Shinji Komiyama Yuji Ashida Shinji Kishimoto Yoshinori Ishimoto

Abstract

In recent years, there has been a rise in use of telecommunication systems which has led to increase in data centers. Furthermore, improvement in network technology has facilitated a rise in use of crowd computing resulting to increase in demand for medium and small capacity UPS equipment. A single phase 200 V, 10 KVA, 8000 W mini UPS “Acrostar THB10K” has been developed. In order to achieve a high efficiency, the Acrostar THB10K uses 3 level inverter method. Acrostar THB10K monitors input voltage and can be set to automatically switch from On-line UPS mode to Standby UPS mode when power quality stabilizes.

Key words: On-line UPS mode; Standby UPS mode; High efficiency UPS; RoHS compliant

1 まえがき

近年、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おり、増大する情報量への対応として大規模データセンターの計画が次々に発表されている。それに対して、ネットワーク技術の進歩によるクラウドの普及もありシステムが分散化していく傾向も同時に進み、導入される無停電電源装置(UPS)も大型データセンターによる大容量化と分散化電源による中・小容量化の需要双方が拡大している。この市場動向をうけ、中・小容量 UPS のミニ UPS では、ネットワーク対応と高機能・高信頼性が求められており、

当社はすでに、常時インバータ運転方式の高機能ミニ UPS「Acrostar THA シリーズ」¹⁻³を商品化している。

また、震災後の逼迫する電力事情のため、あらゆる機器で省エネおよび節電の要求が高くなっている。UPS にも装置自体の高効率化により通常使用時の省電力化に対する要求が高まっている。その一方、日本国内の電力品質は安定していることから、システムの重要度に応じては、高信頼性の常時インバータ方式以外の給電方式を採用する動向もみられる。

今回開発した常時インバータ運転方式、単相 200 V 仕様の 10 kVA8000 W のミニ UPS “Acrostar THB10K” は、3 レベルインバータ方式を採用することで常時インバータ方式でありながら高効率を実現するとともに、入力電圧を監視して、電力品質が安定した状態で

* 産業電池電源事業部 電源システム生産本部 開発部

あれば、常時インバータ運転方式から常時商用運転方式へ自動的に移行する省電力機能を備えることで、1つの装置でより柔軟な運用が可能となり、省電力への対応を実現した。

2 本装置の構成

2.1 主回路構成

本装置は、UPSユニットと入出力ユニットの2つのユニットで構成されている。図1に主回路の構成図を示す。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構成され、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回路構成にすることにより、無停止保守が可能となる。さらに、入出力ユニットにあるメンテナンスバイパス回路により、負荷への電力を供給した状態でUPSユニットの交換が可能であり、保守性の向上を実現した。

2.2 動作モード

2.2.1 保守バイパスモード

図1のAに示す。保守バイパスモードはUPS本体が主回路機能を停止させてバイパススイッチをONにすることで、入力電圧を直接出力する。充電を停止さ

せて、主にバッテリー交換を実施するモードである。

2.2.2 常時商用運転（自動移行）モード

本装置にて採用した新機能を、図1のBに示す。標準である出力電圧200V動作時の入力電圧と動作モードの概要を図2に示す。常時インバータ運転時に入力電圧を監視して、設定した期間中で入力電圧が安定した状態の場合は、常時商用運転モードに自動的に切り換わって動作する。入力電圧範囲外になれば、常時インバータ運転モードに移行し、さらに入力電圧異常時や停電時にはバッテリー運転モードに移行する。常時商用運転モードでは、インバータを停止して待機しており、整流器はバッテリーを充電する電力だけを変換するため電力消費は最低限におさえられる。

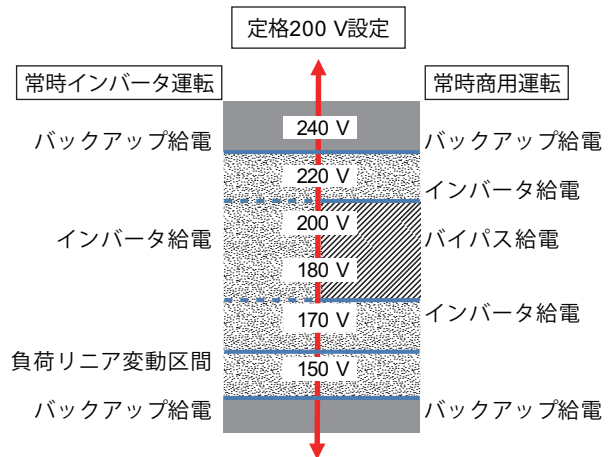


図2 入力電圧と動作モードの概要（出力電圧200V設定時）

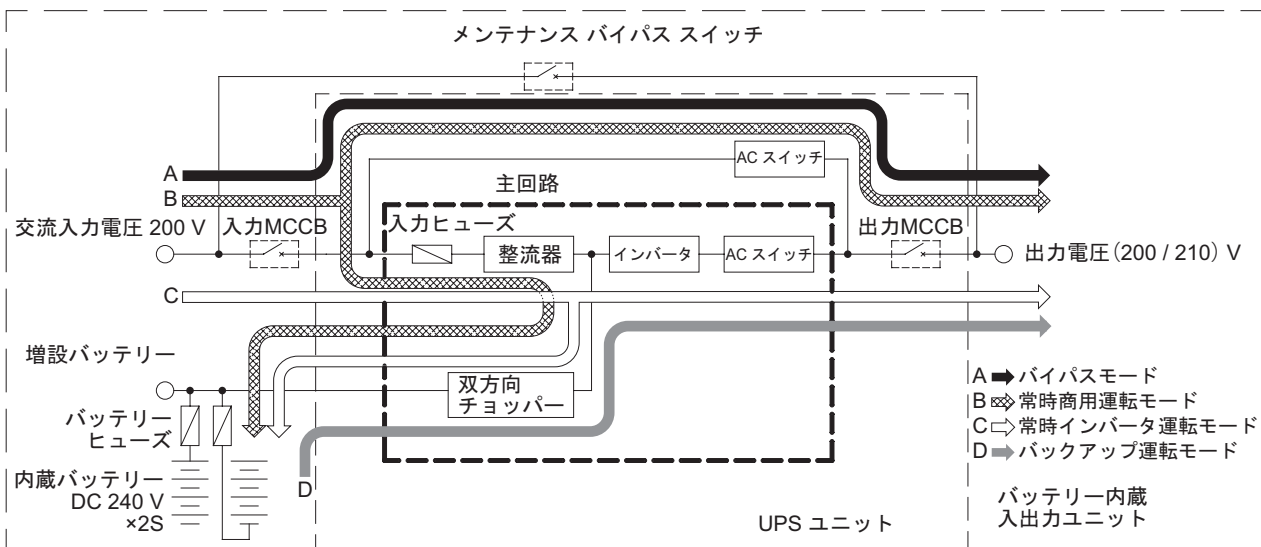


図1 THB10K-10 主回路構成

2.2.3 常時インバータ運転モード

図1のCに示す。入力電圧異常時に無瞬断でバッテリー運転モードへと移行し、負荷への給電を確保するモードである。

2.2.4 バッテリー運転モード

図1のDに示す。バッテリーから交流電力を供給し、負荷への給電を継続するモードである。

3 回路方式

3.1 インバータ回路

3.1.1 従来回路の課題

UPSに含まれる損失は、配線の抵抗分や半導体の導通時におけるジュール損失と、電力変換における半導体のスイッチング損失に分けられる。前者は上位の半導体素子の選択や電線を太く短くすることで改善されるが、装置の容量によってほぼ決まるため、大きな改善を見込めない。一方、電力変換はPWM制御で、半導体を高周波でON/OFFさせておこなっている。スイッチング損失は半導体のONとOFFの遷移期間中に印加される電圧と電流によって発生し、一定期間中のスイッチング回数によって損失量が決まる。よって、この損失は半導体のスイッチングする電圧と電流、周波数に依存するが、ミニUPSでは一般的な事務室内での使用を考慮し、可聴領域以上の20kHz前後でスイッチングをおこなっている。入出力仕様とスイッチング周波数が固定されている状態では、従来通りの回路方式では改善する余地が少なく、またその損失量はジュール損失よりも大きい。さらに、従来機種は回路構成上の制約から、後段に絶縁トランスが必要であるため、効率は85%程度であった。

3.1.2 今回の改善点

上記課題に対して、スイッチング損失を下げる目的で、インバータ回路を3レベルインバータ方式とした（この方式は、マルチレベルインバータの一種であり、耐圧の低い半導体で高電圧制御をおこなう目的で、鉄道分野の使用が多かったが、近年は専用素子の開発も進みUPS分野でも用いられるようになった）。この方式は従来のハーフブリッジ方式である2レベルスイッチングに対して、1段階増やし、3段階の電圧でスイッチングする方式であり、スイッチング損失の要因の一つである、ON/OFF遷移期間中の印加電圧を2レベルスイッチング時の1/2にすることができるメリットがあるため、スイッチング損失の低減にも大きな効果があり、装置の効率アップに寄与した。

3.2 新しい整流器回路

今回の装置は、従来機種同様、出力段に絶縁トランスを配置したモデルと、トランスをなくした入出力非絶縁のモデル双方を開発した。

入出力非絶縁方式では従来、整流器に昇圧型倍電圧回路を採用していたが、この場合、ハーフブリッジ方式インバータ回路の課題同様、スイッチング損失が大きくなる。そこで3レベルインバータ回路と同様な構成とし、上下を独立した昇圧回路構成に分割した。これにより整流器でも同様にスイッチング損失を抑えることができた。

3.3 双方向チョッパ回路

電池に接続している昇圧回路と充電器回路について、従来機種は一般的な非絶縁の昇圧回路で構成していたが、これらの回路も整流器同様に上下分割構成とすることで、スイッチング損失の低減をはかった。またTHA5000-10²で使用した双方向チョッパ回路の設計を踏襲することで回路部品を共通化した。

3.4 回路方式の改善結果

上述したそれぞれの回路方式では、スイッチング損失の低減には効果があるが、半導体素子数が倍になるため、素子のジュール損失は増えることになる。しかし、開発した10kVAクラスのリニアUPSでは一般的にスイッチング損失がジュール損失の3倍以上となっていたこと、また耐圧の低い素子の方が一般的にスイッチング特性が良いことから、半導体でのトータルの損失が低減し、総合効率で約4%向上した。

一方半導体の損失が小さくなることで、半導体の発熱量が低減し、放熱器のサイズを小さくすることが可能となった。さらに、インバータ素子の後段にあるLCフィルタのリアクトルに印加される電圧も1/2となり、リアクトル自体の小形化が可能となった。3レベルインバータ回路と新しい整流器回路、双方向チョッパ回路を採用した結果、変換部分であるUPSユニットは従来機種との体積比で約70%となり、小形化も実現できた。

4 機能

4.1 高信頼性

装置の高効率化には様々な手法があるが、今回採用した方式は、UPSとしての給電方式については高い給電品質が実現できる常時インバータ方式の延長である。そのため制御プログラムや主要な部品については大きな変更をせずに、従来機種で積み上げてきた実績

と高信頼性を踏襲している。また常時商用運転モードについても、制御プログラムの中で各動作モードがモジュール化されているため、基幹部分で大きな変更を必要とせずに、動作モードの追加が可能となった。

4.2 最適な出力電圧の選択

出力段にある絶縁トランスの結線を端子台で変更することにより、単相3線方式 100/200 V または単相2線方式 100 V の選択が可能である。さらに前面パネルの表示器の設定を変更することで、出力電圧の設定値を上昇させることができる。これにより、負荷設備の状況に応じた出力方式を選択することと、出力電圧設定値を上げることにより、出力電流が下がるため、さらに効率を向上することが可能である。

4.3 充実したバッテリー診断機能

起動時や手動（前面パネルの表示器）および、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、事前予告を出し、強制的に充電を停止して、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。

4.4 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を追加することで、最大 40 分間のバックアップが可能である。またフロアマウント、出力コンセントボックスなど豊富なオプションを準備して、幅広いニーズに対応できる。

4.5 メンテナンスバイパスの標準装備

THA シリーズではオプションとしていたメンテナンスバイパスを標準装備することで、万一の UPS ユニットのトラブルやバッテリー、ファンなどの交換において、システムを停止することなく、安全かつ簡単に交換することを可能とした。

4.6 高機能な通信インターフェース

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”⁴の使用が可能である。この運用管理の機能としては、UPS の状態監視、バッテリー管理、コンピュータのスケジュール運転がある。またシャットダウン専用ソフト“Acroware-iGYups-Driver”を使用することで、停電時のシャットダウンのみにも対応している。

さらに、オプションスロットに UPS 用 LAN カード“Acroware-LAN AgentPRO”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、バッテリー管理、コンピュータのスケジュール運転が可能となる⁵。このオプションスロット用には、USB の通信インターフェースボードなどをすでに販売している。

THA ではオプションであった接点信号出力については、標準搭載して、A 接点・B 接点の 2 種類を用意しており、どちらかを一括で選択可能とした。

5 外観構造

5.1 外形寸法

Acrostar THB10K-10-200S/W の外観写真を図 3 に示す。これは、同容量の従来機種である BM10K-10FND II と同様、絶縁トランスを搭載しているため、出力電圧を単相 3 線方式または単相 2 線方式 100 V 出力を設定することができる。寸法は、528 幅 × (600 + 58) 高 × 590 奥行 (mm) で、その質量は 245 kg であり、従来の当社同容量の製品と比較して、質量 4% ダウン、体積 10% ダウンの小形化を実現した。またトランスを搭載しない Acrostar THB10K-10-200 は、出力電圧を単相 2 線方式 200 V 出力のみとしたモデルである。寸法は、352 幅 × (600 + 58) 高 × 590 奥行 (mm) で、その質量は 150 kg であり、世界最小クラスの UPS である。

5.2 表示器

表示器の写真を図 4 に示す。前シリーズである THA シリーズの表示方法を踏襲し、スイッチと LED を増やすことで、使用頻度の高い操作や様々な機能設定を簡単に実行できるようにした。また、動作モード追加にあわせて、より分かりやすく、LED とボタンを配置した。たとえば常時商用給電（自動移行）モードの設定（前述 2.2.2 項）は“AUTO”ボタンを押し、その表示 LED が点灯することで確認できる。

5.3 背面

THB10K-10-200S/W の背面には、入出力端子台、増設バッテリー用コネクタ、外送信号端子台、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。THB10K-10-200 の背面には、上記に加えてコンセント出力を配置した。

6 電気的特性

6.1 仕様

THB10K-10-200S/W、THB10K-10-200 の電気的仕様を表 1 および表 2 に示す。



図3 THB10K-10-200S/Wの外観写真



図4 表示器拡大写真

表1 THB10K-10-200S/Wの仕様

項目	仕様	備考	
交流出力	出力容量	10 kVA(8000 W)	定格負荷
	運転方式	常時インバータ運転モード 商用同期形	常時商用運転モード -
	切換時間	同期無瞬断	10 ms 以内
	相数	単相 3 線	
	定格電圧	100(105) V / 200(210) V	
	電圧精度	±3%	注2
	定格周波数	50 / 60 Hz	周波数自動切替
	周波数精度	±0.5%	バックアップ時
	波形歪率	5% 以下	線形定格負荷時
	過渡電圧変動	±7% 以内 (整定時間 100 ms 以内)	電源急変 ±10% 負荷急変 0% ⇄ 100% 時
交流入力	相数	単相 2 線	
	電圧	200 / 210 (最大 240 V - 最小 (150 - 170) V / 0 - 100% 負荷) V	200 / 210 (±10%) V
	周波数	50 / 60 Hz ±3 Hz	
	定格容量	10 kVA	11.5 kVA
バッテリー	入力力率	95% 以上	定格負荷時
	停電保持時間	10 分以上	注3
	充電時間	7.5 時間	定格放電時, 90% 回復充電時間
その他	機種	小形制御弁式鉛蓄電池	高率放電, 長寿命タイプ
	使用温度範囲	0 - 40 °C	
	相対湿度	20 - 90%	無結露
	冷却方式	強制風冷	
	騒音	50 dB 以下 (55 dB 以下 ファン高速回転時)	正面 1 m 定格負荷時
	高調波雑音	VCCI クラス A 準拠	
	外形寸法	W 528 × D 590 × H 600 mm	飛び出し部, キャスター部を除く
	質量	約 245 kg	
	塗装色	ブラック	
	絶縁抵抗	5 MΩ以上	DC 500 V メガーにて
絶縁耐圧	AC 1500 V 1 分間	入力 - 出力 - 接地間	

注1: インバータ故障時は除く

注2: 常時商用運転モードではバックアップ時の値

注3: 25 °C / 6 kW 負荷 / 初期値

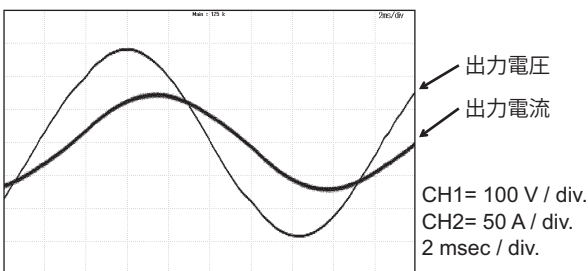
表2 THB10K-10-200の仕様

項目	仕様	備考		
交流出力	出力容量	10 kVA(8000 W)	定格負荷	
	運転方式	常時インバータ運転モード 商用同期形	常時商用運転モード -	
	切換時間	同期無瞬断	10 ms 以内	注1
	相数	単相2線		
	定格電圧	200(210) V		
	電圧精度	-1%, +3%		注2
	定格周波数	50 / 60 Hz		周波数自動切替
	周波数精度	±0.5%		バックアップ時
	波形歪率	3% 以下		線形定格負荷時
	過渡電圧変動	±7% 以内 (整定時間 100 ms 以内)		電源急変 ±10% 負荷急変 0% ⇔ 100% 時
交流入力	相数	単相2線		
	電圧	200 / 210 (最大 240 V - 最小 (150 - 170) V / 0 - 100% 負荷) V	200 / 210 (±10%) V	
	周波数	50 / 60 Hz ±3 Hz		
	定格容量	9.5 kVA	11.5 kVA	定格負荷時
	入力力率	95% 以上	-	定格負荷時
バッテリー	停電保持時間	10 分以上		注3
	充電時間	7.5 時間		定格放電時, 90% 回復充電時間
	機種	小形制御弁式鉛蓄電池		高率放電, 長寿命タイプ
その他	使用温度範囲	0 - 40 °C		
	相対湿度	20 - 90%		無結露
	冷却方式	強制風冷		
	騒音	50 dB 以下 (55 dB 以下 ファン高速回転時)		正面 1 m 定格負荷時
	高調波雑音	VCCI クラス A 準拠		
	外形寸法	W 352 × D 590 × H 600 mm		飛び出し部, キャスター部を除く
	質量	約 150 kg		
	塗装色	ブラック		
	絶縁抵抗	5 MΩ以上		DC500 V メガーにて
	絶縁耐圧	AC1500 V 1 分間		入力 - 出力 - 接地間

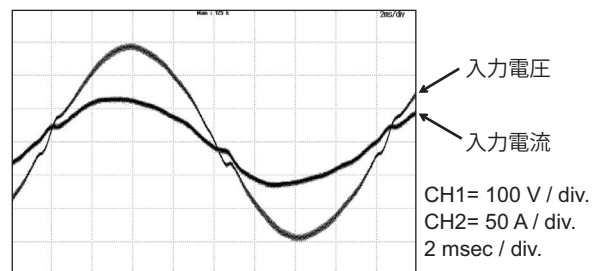
注1: インバータ故障時は除く

注2: 常時商用運転モードではバックアップ時の値

注3: 25 °C / 6 kW 負荷 / 初期値



入力電圧200 V / 60 Hz
出力容量10 kVA / 8 kW



入力電圧200 V / 60 Hz
出力容量10 kVA / 8 kW

図5 THB10K-10-200S/W 出力電圧・電流波形

図6 THB10K-10-200S/W 入力電圧・電流波形

6.2 特性

6.2.1 入出力波形

図5に本UPSの出力電圧・電流波形を、図6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。

6.2.2 静特性

THB10K-10-200S/W および THB10K-10-200 の効率を図7から図9に示す。比較として従来機種 BM10K-M10-10FND II の効率を併記する。THB10K-10-200S/W の効率は定格入力電圧である図7において、定格出力 8000 W 時に 88.5% を示しており、従来機種と比較して約 4% 向上していることが分かる。また、THB10K-10 で比較すると単相 2 線 200 V 出力固定モデルである THB10K-10-200 の効率が 200S/W より約 4% 向上していることが分かる。出力電圧の選択可という利便性と効率・スペースとのトレードオフにはなるが、電源の負荷環境に合わせて最適な提案が可能となった。

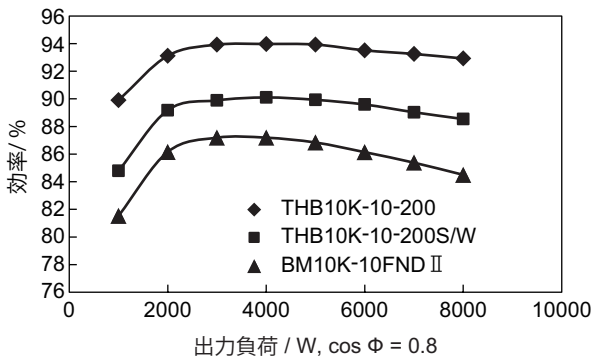


図7 入力電圧 200 V / 60 Hz における UPS の効率比較

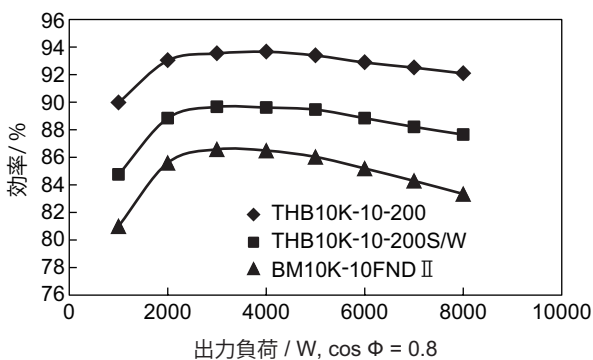


図8 入力電圧 170 V / 60 Hz における UPS の効率比較

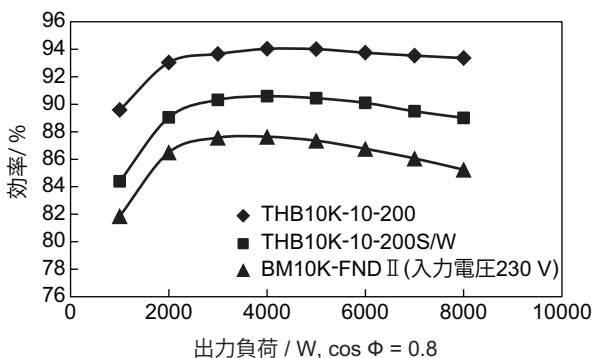


図9 入力電圧 240 V / 60 Hz における UPS の効率比較
*従来機種は入力仕様範囲上限：230 V で取得

7 むすび

“Acrostar THB10K” は 3 レベルインバータ回路を採用したことにより、常時インバータ給電方式 10 kVA/8000 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した。さらに、入力電圧の状態を監視して常時商用給電方式の UPS として動作することで、省電力性能を向上した製品を開発することができた。また、ネットワーク対応、環境対応することにより、現在の市場の要求に応える高機能・高効率・高信頼性を備えた UPS となっており、様々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。

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. 山下健史, 武本修一, 留河英知, 松原一郎, 山中雅雄, 岸本真治, *GS Yuasa Technical Report*, **5**(1), 44(2008).
3. *GS Yuasa Technical Report*, **5**(2), 39(2008).
4. 今泉博文, 今川徹之, 坂根誠, *GS Yuasa Technical Report*, **3**(2), 42(2006).
5. 今泉博文, 小見山慎二, 坂根誠, *GS Yuasa Technical Report*, **8**(2), 35(2011).