

高機能・高効率・高信頼性を備えた ミニ UPS “Acrostar THA2-1000” の開発

Development of High Performance and High Efficiency, High Reliability Mini-UPS “Acrostar THA2-1000”

留 河 英 知* 中 村 亨* 中 西 孝* 中 島 貴 浩*
溝 田 一 貴* 吉 澤 圭 介* 山 下 健 史* 竹 原 俊 之*

Hidenori Tomekawa Toru Nakamura Takashi Nakanishi Takahiro Nakashima
Kazutaka Mizota Keisuke Yoshizawa Takeshi Yamashita Toshiyuki Takehara

Abstract

We were developed “Acrostar THA2-1000”, which is the flagship model of “Acrostar THA2 series” to get the goals of sustainable society for protect environment of the earth, because of increasing network systems due to the development of network technology. This is more power-saving than the conventional mini UPS “Acrostar THA series” as same compact size, by using the function of “Smart-ECO Mode”, it is possible to further save power.

Key words : On-line UPS, Smart-ECO mode UPS, UL 1778

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目覚ましい発展を続け、システムおよび設備の重要度が増大している。一方、各地で自然災害が多発しており、電源トラブル対策として無停電電源装置 (UPS) の需要が拡大することが見込まれている。さらに、次世代移動通信規格である 5 G の設備構築が加速する中、それに伴って、UPS の需要も拡大することが考えられる。

UPS の用途範囲としては、大規模データセンター

や設備一式を対象とする大容量装置と、システムの分散化による各拠点、各端末機器を対象とする中・小容量装置などがあり、ミニ UPS では、主に後者を意図した製品群である。ミニ UPS には、自身の高機能・高信頼性をはじめ、管理者が UPS と相互に通信できるようなネットワーク対応が求められており、当社ではすでに、常時インバータ運転方式の、「Acrostar THA シリーズ」¹⁻³ を商品化している。

今回開発したミニ UPS 「Acrostar THA2-1000」は、定格負荷容量が 1 kVA 800 W であり、その前身である、「Acrostar THA1000-10」¹ の後継モデルとなっている。本モデルでは、従来機からの機能強化として、表示部の改善や出力継続性の強化、UL 規格 (UL 1778 第 5 版) に対応している。また、本製品の高効率化によって装置の消費電力を抑えることで、今後

* 産業電池電源事業部 電源システム生産本部
開発部

CO₂の削減に貢献する。さらに、スマートエコモード*1を搭載し、より一層の省電力に貢献できる製品を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 外観構造

2.1.1 外形寸法

Acrostar THA2-1000-10の外観写真を図1に示す。置き換え用途を意識して、従来機と同じ寸法の、143幅×222高×395奥行(mm)で、その質量も同じ16kg以下とした。

2.1.2 正面の表示器

操作表示部の拡大写真を図2に示す。本製品では、出力状態を表すLEDのほかに、視認性の向上を目的として、LCDを搭載した。UPSはその特性上、正常時は仕様どおりの電力供給がされているため、頻繁に操作されるものではないが、定期的なメンテナンスや故障対応時の保守・操作性は重視される傾向にある。現在の状態を、従来機種では8セグメントLEDで表示していたが、文字表記とすることで、より伝わりやすくなっている。

ブザーストップボタンを個別に配置することにより、誰が見てもブザーを停止できるように配置し、LCDの操作を直観的に操作できるように上下左右のボタンを配置した。また、出力のON/OFFボタンを他のボタンから1段奥に落とし込み、カバーを取り付けることで、意図しない操作による出力停止の誤操作を防止している。

また、本製品は従来モデルと同様、縦置き／横置き



図1 「THA2-1000-10」の外観写真
Fig.1 Exterior of "THA2-1000-10".

*1 スマートエコモード：当社登録商標

の設置方向があり、どちらの設置方向にしても正位置で文字が認識できるように配慮している。

2.1.3 背面

従来機と同様、入力プラグケーブル、出力コンセントを4個、増設バッテリー用のコネクタ、外送・通信用コネクタおよびオプション対応スロットを配置している。変更点としては、ファンの配置とコンセント形状を挙げる。ファンは従来機では前面配置の吸気構成としていたが、本製品では、背面配置の排気構成としている。また、UL規格への対応として、コンセント形状を抜け止めタイプからNEMA5-15Rに変更した。抜け止めの代替機構としてケーブルクランプの使用により、従来の電源コード抜け防止機能を維持した。

2.2 主回路構成

本製品は、商用同期形の常時インバータ給電方式であり、常時商用運転モードに切り換わるスマートエコモードを搭載している。図3に主回路ブロック図を示す。

2.3 動作モード

2.3.1 保守バイパスモード

図3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のACスイッチをONにすることで、入力電圧を直接出力する。充電器を停止させて、主にバッテリー交換を実施するモードである。

2.3.2 常時商用運転モード（スマートエコモード設定時）

図3のBに示す。これは、常時インバータ運転時



図2 操作表示部の拡大写真
Fig.2 Enlarged image of the LCD and switch unit.

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ている状態の場合に、常時商用運転モードに自動的に切り換わって動作するモードである。このモードの電力使用は、UPS動作に必要な固定消費分と充電器の動作に必要な電力消費のみであるため、内部消費電力が最低限におさえられる。

2.3.2 常時インバータ運転モード

図3のCに示す。入力の整流器と出力インバータを常時運転し、定電圧を出力するモードである。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。

2.3.3 バッテリー運転モード

図3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 従来機種をもとに使用している特徴的回路

3.1.1 インバータ回路

インバータは従来シリーズと同様、ハーフブリッジ回路とした。この回路方式を踏襲することで、入出力の絶縁を省略することができ、シンプルな回路構成で高効率の実現につながっており、ファームウェアやドライブ回路の設計工数も低減することができている。

3.1.2 整流器（力率改善回路）

整流器は昇圧形倍電圧回路を踏襲し、入力交流電圧に合わせた中間直流電圧を変化させる制御方式を組み込むことで、従来機に対して効率を改善することができている。

3.1.3 双方向コンバータ

1個のリアクトルを正負独立して交互に変換制御する昇圧回路と双方向コンバータの回路構成を踏襲することで、従来機と同様の高効率を維持することができる。

3.1.4 スマートエコモード

本機能は、電力事情の比較的良好な日本国内向けに、常時インバータ運転方式とラインインタラクティブ方式の中間的な要素を含んだ機能である。本モードの利点としては、一般的なラインインタラクティブ方式のUPSよりも高性能でありながら、同方式に必要な電圧変換トランスが不要となることで、コンパクトかつ軽量となることが挙げられる。

本製品を含めた「THA2シリーズ」では、100V出力設定時のみ設定可能なモードであり、入力電圧と動作モードの概要を表1に示す。

表1 スマートエコモード中の入力電圧と動作モードの概要

Table 1 Correspondence table of input voltage and operation mode under smart-ECO mode.

Input voltage	Normal commercial power supply	Normal inverter power supply
138 V		Battery power supply
110 V		
100 V	Commercial power supply	Inverter power supply
90 V		
85 V		
70 V	Inverter or battery power supply (depend on the load)	
	Battery power supply	

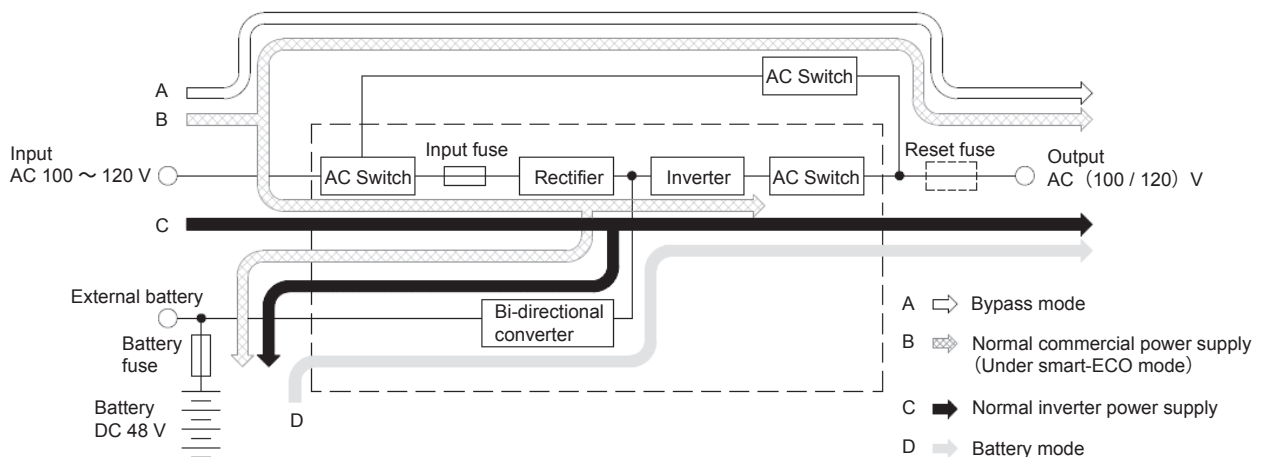


図3 THA2-1000-10のブロック図
Fig.3 Main block diagram of THA2-1000-10.

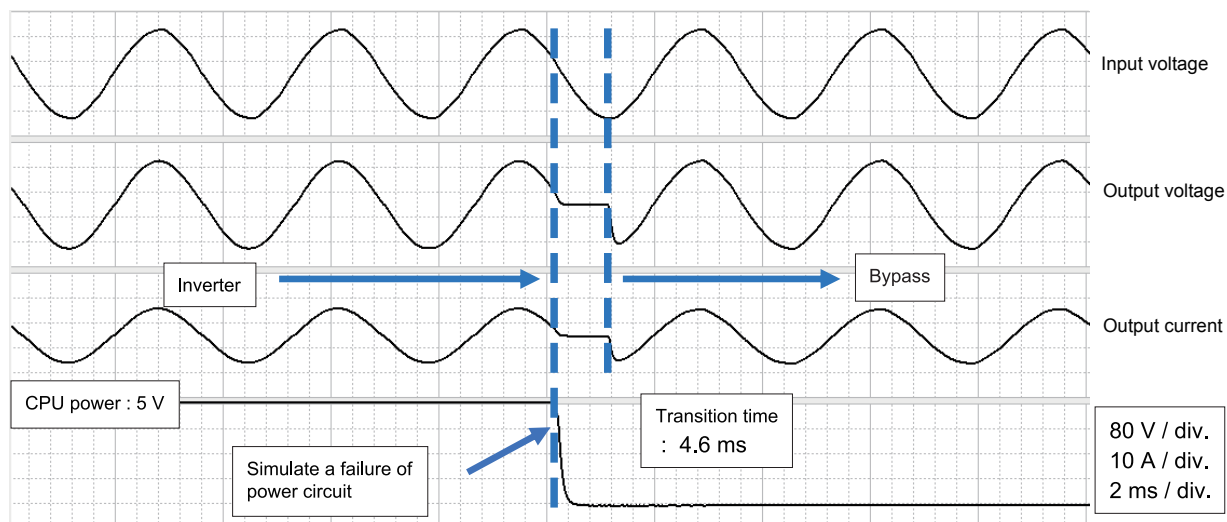


図4 出力維持機能の波形例

Fig. 4 Waveform example with enhanced output continuation function.

3.2 二重化電源によるバイパス回路の出力継続機能強化

3.2.1 従来機の課題

従来機種では、通常の故障ではCPUが異常を検知し、バイパス回路に切り替えることで出力を維持する。発生頻度は極めて低いが、制御電源が喪失するような故障が発生した場合は、バイパス回路を駆動する電源もなくなるため、出力停止するモードがあった。

3.2.2 今回の改善方法

本製品では、バイパス回路を駆動する部分の電源を、主電源と予備電源によって二重化することで、出力維持機能の強化を実現している。二重化電源の回路構成範囲を広くすると、それ自体の故障率が上昇してしまうため、最低限である出力状態を維持する機能と、アラームLED表示機能を確保することとした。なお、二重化の電源をUL規格の要件となる入力切り離し用スイッチの電源として併用することで、必要な回路を最適な構成とすることができた。

また、その他の部品故障時についても、内部電圧や電流変化を高速検知することで出力瞬断時間を10ms以内とすることを可能としている。

例として、UPSを制御するCPUの5V電源において、故障が起きた場合の出力電圧継続性を示す波形の例を図4に示す。

3.3 高効率化のための内部消費電力削減

効率改善の方法としてインバータ回路に3レベル

方式があるが、小容量帯では主変換素子の損失低減量が部品数増加のコストアップに見合わないため、従来のハーフブリッジ方式にて、主素子の最適設計を実施し、整流器とインバータ、双方向コンバータ回路部について、合計で約10Wの内部消費電力を低減した。

また、3.2.2で電源を2重化したことにより、内部消費電力の増加となったが、主素子の最適化以外にも、追加した1.7Wの電力に対して、インバータとバイパスの切換スイッチの省電力駆動回路方式の採用や、制御電源の高効率化などにより合計3.9Wを削減し、内部電源部分において2.2Wの低減に成功し、軽負荷時での効率改善に大きく寄与している。

4 信頼性向上の機能

4.1 内部構造

4.1.1 従来構造の問題点

内部の発熱部品を冷却するために、ファンを使用した強制空冷方式を採用している。一般的にファンの特性として、吸い込み側よりも吹き付け側の方が空気の流量や圧力が大きく、吸い込んだ製品周囲の空気を発熱部品に直接当てることで、効率よく冷却できるメリットがあり、従来機ではこの方式を採用している。しかし、この方式は、内部の高密度化実装の影響で、意図しない小さな部品に空気が吹き付けられ、導電部の腐食が生じる事例があり、対策としてコーティングや保護材の追加が必要であった。

4.1.2 今回の改善点

本UPSではファンを背面に配置し、吸い込み側のエアフローで筐体内部の部品に対して過度なストレスが生じない構造とした。吸気冷却に比べて冷却性能は劣るが、製品の効率アップによって内部の温度上昇を抑制し、風洞により流路を最適化することによって、同等の性能を維持したまま、不要なコーティングや保護材の削減を実現することが可能となった。

4.2 UL 1778 (第5版) に適合

従来機の標準仕様では、100V出力の設定のみであったが、UL規格への適合は120V設定が必要だったため、本製品は100Vおよび120Vの出力電圧設定を可能としたことにより、UL規格への適合を標準展開することができた。

4.3 充実したバッテリー診断機能

起動時や手動(正面の表示操作部)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、残寿命年月をLCDで数値表記とすることで、ユーザーが交換時期の目安を容易に認識できるようにした。

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、メンテナンスバイパスボックス、接点ボードなどの追加機能のオプションや、キヤスター台、チャンネルベース、簡易固定金具など従来機と同等の構造オプションを準備してあらゆるニーズに対応できる。

4.5 モニタリングシステムへの対応

本UPSは従来機と同様に、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-iGYnetwork-Agent」^{5,6}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 電気特性

表2に本UPSの要項表を示す。従来機と同様に、長寿命小形制御弁式鉛蓄電池を採用し、600W 10時間の保持時間を達成している。

5.1 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。出力電圧波形は、マイコンによる電圧制御が良好に動作しており、歪みの少ない正弦波形を生成できていることがわかる。入力電流も同様に、高力率コンバータ回路の制御により、入力電圧波形とほぼ同相の歪みの少ない正弦波形を実現している。

5.2 静特性

図7に交流入力100V時、図8に電池電圧48V時における、従来機と比較した効率データを示す。AC/AC変換効率では、定格負荷時で91.3%(2.3%の改善)を実現し、100W負荷時においても81.5%(5.6%の改善)が実現できており、全領域において省エネルギー化を達成できている。さらに、スマートエコモードの常時商用運転で動作すると、定格負荷時における変換効率は95.8%と高い値を得た。また、DC/AC変換効率では、定格負荷時で88.6%(2.6%の改善)を実現し、100W負荷時においても82.9%(7.5%の改善)が実現できている。

5.3 動特性

図9に停電時の波形を、図10に負荷急変時の波形を示す。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、過渡電圧変動は±10%を満足している。

また、図11にスマートエコモード時の常時商用運転時に入力電圧が低下した波形を示す。入力電圧が±10%を外れると、即時に常時インバータ給電へと切り換わり、使用している負荷設備に安定した電力供給ができることが分かる。

6 むすび

今回開発した製品「THA2-1000-10」は、従来モデルのコンパクトな寸法のまま、高機能、高効率、そして高信頼化を追求した後継モデルを実現できた。「Acrostar THAシリーズ」は、600VA~5kVAの全6種の容量モデル展開があり、「Acrostar THA2シリーズ」も同じ容量のモデル開発を予定している。

今後も市場要求の変化に素早く対応し、高機能・高

表2 THA2-1000-10の要項表
Table 2 Specifications of THA2-1000-10.

Items	Model : Acrostar THA2-1000-10		Notes	
AC Output	Power rating	1000 VA (800 W)		
	Operating method	Normal inverter power supply	Normal commercial power supply	
		Synchronous switched method	-	
	Transfer time	Uninterruption	Less than 10 ms	See (1)
	Phase	1 phase 2 wire		
	Voltage	100 / 120 V	100 V	
	Voltage stability	- 1 % , + 2 %		See (2)
	Frequency	50 / 60 Hz		Automatically selects
	Frequency stability	Within ± 0.1 Hz		At AC power failure (battery mode)
Voltage THD	Less than 3 %		At linear load	
Transient response	Within ± 10 % (Less than 100 ms)		At input voltage step ± 10 % Output load between 0 % and 100 %	
AC Input	Phase	1 phase 2 wire		
	Voltage	100 (max. 138 V to min. 70 - 85 V at 50 - 100 % load) V 120 (max. 138 V to min. 84 - 90 V at 50 - 100 % load) V	100 (± 10 %) V	
	Frequency	50 / 60 Hz ± 3 Hz		
	Typical power rating	1.0 kVA	1.2 kVA	At rated load
	Power factor	More than 95 %	-	At rated load
Battery	Typical backup time	More than 10 minutes	See (3)	
	Typical charging time	6 hours		
	Type	Small-sized Valve Regulated Lead-Acid battery	High rate discharge and long life type	
Others	Operating temperature	0 - 40 °C		
	Humidity condition	10 - 90 %	Without condensation	
	Cooling system	Forced-Air cooling		
	Typical audible noise	Less than 40 dB (A) (Less than 48 dB (A) at fan high-speed)	1 m from the front At rated load	
	Dimensions	W 143 × D 395 × H 222 mm	Exclude protuberances	
	Typical mass	Less than 16 kg		
	Color	Black		
	Insulation resistance	More than 10 M Ω	At DC 500 V megger test	
	Withstand voltage	AC 1500 V, 1 minute	Input & output - FG	

(1) : Except when a specific part breaks down.

(2) : The value is in battery mode when it was using for Normal commercial power supply method under smart-ECO mode.

(3) : Initial characteristic of battery at temperature 25°C, load 600 W.

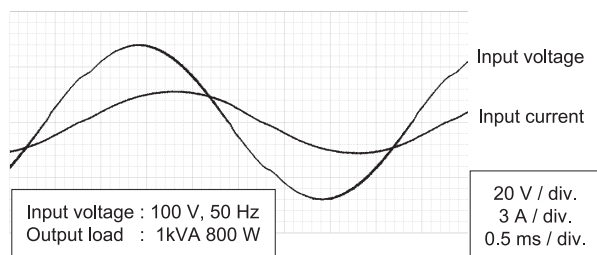


図5 THA2-1000-10 出力電圧・電流波形
Fig. 5 Representative output waveform of THA2-1000-10.

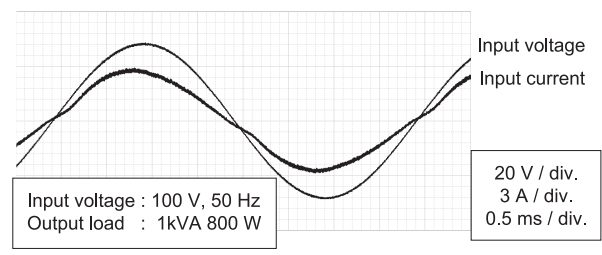


図6 THA2-1000-10 入力電圧・電流波形
Fig. 6 Representative input waveform of THA2-1000-10.

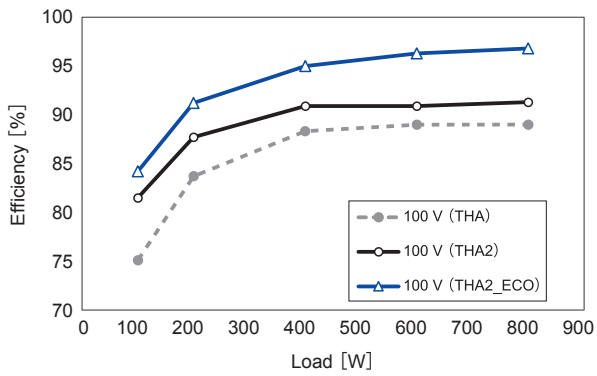


図7 交流入力電圧 100 V, 50 Hz における UPS の効率比較
 Fig. 7 Comparison of representative efficiency characteristic of AC/ AC mode.

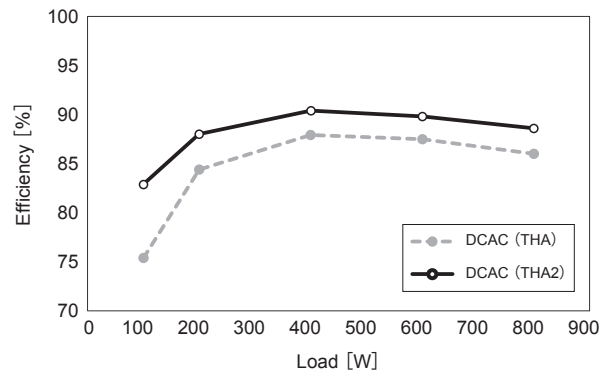


図8 バッテリー電圧 48 V における UPS の効率比較
 Fig. 8 Comparison of representative efficiency characteristic of DC/ AC mode.

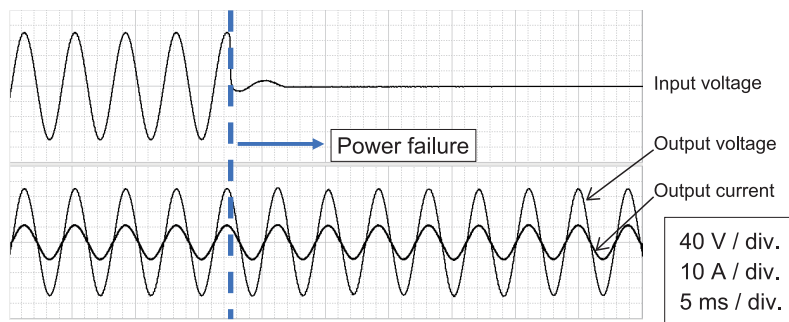


図9 停電時の出力波形 (800 W, 50 Hz)
 Fig. 9 Representative output waveform under AC input power failure with 800 W of the output load at 50 Hz.

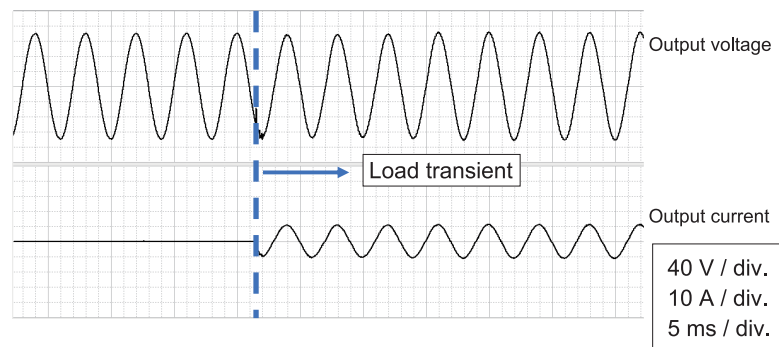


図10 負荷急変時 (0 → 100 %) の出力電圧波形 (800 W, 50 Hz)
 Fig. 10 Representative output waveform under transient response of output load from 0 to 100 % at 800 W, 50 Hz.

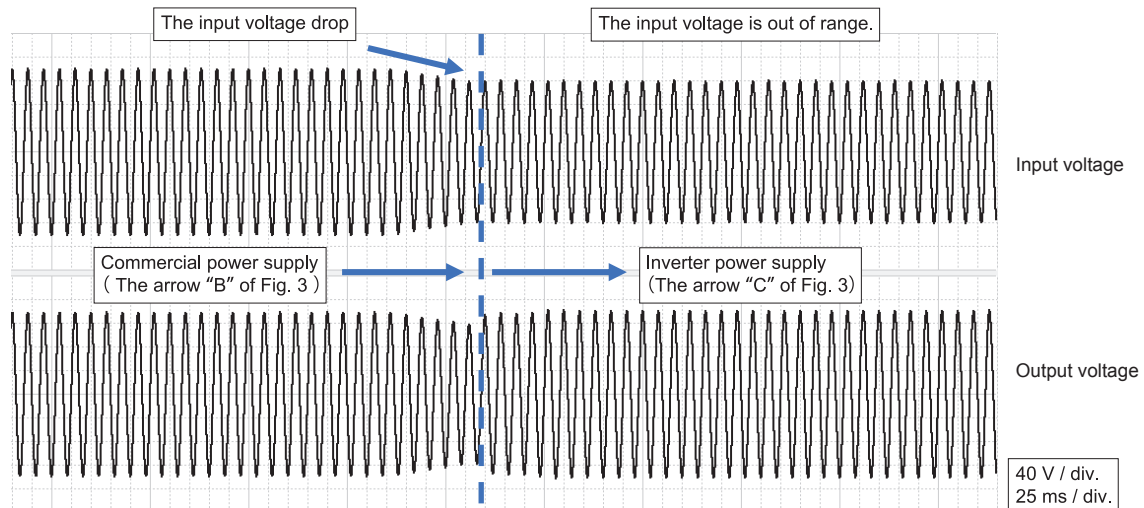


図 11 入力低下時の商用運転からインバータ運転への切換波形の代表例

Fig. 11 Representative waveform of mode transient to inverter from bypass when the input voltage drops in smart-eco mode.

効率・高信頼性を備えた UPS を開発し、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, 内堀富勝, 高坂幸雄, 北方伸明, GS Yuasa Technical Report , 11 (2), 36 (2014).
6. GS Yuasa Technical Report , 15 (2), 24 (2018).