

パラレルプロセッシング方式 UPS 「BiDSTRAR シリーズ」の開発

Development of Parallel processing UPS "BiDSTRAR series"

山下 健史* 竹石 文彦* 河原林 一 王*
瀬戸 康太* 西山 泰義*

Takeshi Yamashita Fumihiko Takeishi Kazuo Kawarabayashi
Kota Seto Yasuyoshi Nishiyama

Abstract

Power saving is strongly demanded for back-up power supplies of tunnel lighting where our company has maintained a high market share. Although short-break time occurs at time of power failure, the high-efficiency "hold standby" type UPS (AC uninterruptible power supply) has been used until now. In recent years, loads that do not permit interruption such as IP transmission loads and information boards have increased, and demand for uninterruptible switching is high. Based on this demand, we have developed the parallel processing type UPS "BiDSTAR series" that can be switched without interruption (within 2 ms) and has a high efficiency (electric power saving equivalent to the "hold standby" type UPS can be realized). Moreover there is a DC 100 V load system in the equipment for the tunnel lighting. Until now an UPS and another DC uninterruptible power supply were required. However, since this system is a DC100 V system, it is possible to deal with a single "BiDSTAR".

Key words: Parallel-processing-UPS, Active filter, commutation circuit

1 まえがき

近年、省エネルギー要求の更なる加速と、通信設備など瞬断が許されない負荷設備の増加から、交流無停電電源装置（以下、UPS）には「高効率かつ無瞬断」という性能を満たす需要が高まってきている。トンネル照明用のバックアップ電源もその一つであり、照明装置の LED 化が進んでいることに加え、瞬断を許容

しない負荷（IP 伝送負荷や情報盤等）が接続されるようになってきた。従来は、負荷のほとんどが照明装置であったことから、停電時の瞬断は発生するが、高効率である休止待機型 UPS（直流電源「TRUSTAR-S」と休止待機インバータ「REQSTAR-CT」を合わせたシステム）が用いられ、当社が高いシェアを維持してきた。しかしながら、休止待機型 UPS では今後増加が予想される「高効率かつ無瞬断」という要求を満たすことが難しい。一方で、当社がラインナップしている常時インバータ給電 UPS「BACSTAR」は完全無瞬

* 電源システム生産本部 開発部

断であるが、システム上、通常運転時の効率が休止待機型ほど高くない。

今回、「高効率かつ無瞬断」という需要の両方を満足する製品として、パラレルプロセッシング方式UPS「BiDSTARシリーズ」を開発した。

以下、今回開発した「BiDSTARシリーズ」の概要について述べる。

2 外観及び仕様

BiDSTARシリーズにはDC400V系の蓄電池と組み合わせ可能なBiDSTAR-PとDC100V系の蓄電池と組み合わせ可能なBiDSTAR-Dがある。BiDSTAR-Pの容量帯は7.5～50kVAをラインナップしておりUPS盤、入出力盤、蓄電池盤を組み合わせた3面構成となる。BiDSTAR-Dの容量帯は7.5～40kVAをラインナップしている(2016/11現在)。BiDSTAR-Dは10kVA以下では、蓄電池盤、UPS盤の2面構成仕様も可能で、15kVA以上は蓄電池盤、入出力盤、UPS盤の3面構成となる。双方共に入出力盤の個別仕様変更を行うことで、多様な現場に対応可能である。またBiDSTAR-Dのみ直流負荷の接続が可能であり、装置容量帯に応じて30～100A(充電電流含む)の出力が得られる。本製品の外観図の一例をFig.1に示し、BiDSTAR-Dの標準仕様一覧をTable1に示す。

3 システム構成と動作概要

Fig.2にBiDSTARのシステム構成を示す。本製品は順変換・逆変換の両方を行う双方向コンバータ、系統異常時に素早く系統と装置を切り離すACSW、バイパスと商用の給電切替回路、直流負荷電圧を範囲内に調整する負荷電圧補償装置(BiDSTAR-Dのみ)で構成される。主幹機能を担う双方向コンバータ、ACSW、電圧補償装置は、ユニット化することで保守時の作業



Fig.1 Exterior of BiDSTAR.

※ Bidirectiona: 双方向性の/両方向兼用の から BiDSTAR と命名。

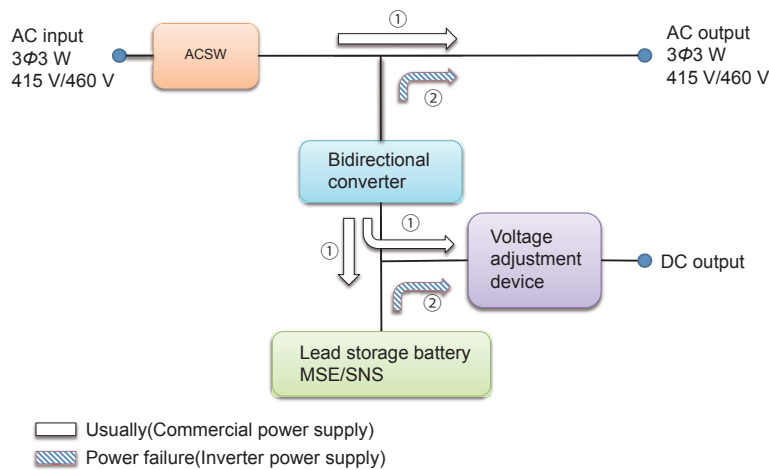


Fig.2 Overview of BiDSTAR operation.

Table 1 Specifications of BiDSTAR.

Items		Standard specifications						Notes	
Rated output capacity	/ kVA	7.5	10	15	20	30	40		
	/ kW	6.75	9	13.5	18	27	36		
Type	Operating system	System using parallel processing							
	Cooling system	Air circulation							
AC input	Phase	Three phases-three lines							
	Voltage	415 V ± 10						Available for 460 V systems	
	Frequency	50 or 60 Hz ± 5%							
	Rated input capacity / kVA	12.2	14.7	23	28	43	55		
	Input power factor	More than or equal to 98%						At rated operation	
	Distortion current (Compensation rate)	More than or equal to 75%						At rectifier load 100%	
DC section	Nominal voltage	108 V						54 cell	
	Compliant battery type name	MSE or SNS							
	Standard backup time	30 min.						Available for 10 min.	
	Charging voltage (Floating)	120.4 V							
DC output	Rated output current / A	30	30	50	50	80	100	Including charging current	
	DC voltage (Voltage adjustment device)	90 ~ 110 V							
	DC current (Voltage adjustment device) / A	2 to 20	2 to 20	3 to 30	3 to 30	3 to 30	3 to 30		
	Constant voltage accuracy (Floating)	Within ± 1.5%							
	Limiting current	Less than or equal to rated current of 110%							
AC output	Phase	Three phases-three lines							
	Rated voltage	415 V						Available for 460 V systems	
	Rated frequency	50 or 60 Hz							
	Rated load power factor	0.9 (Delay)						Available for the value of 0.8	
	Load power factor variable range	0.7 ~ 1.0 (Delay)							
	At commercial power supply	Constant voltage accuracy	Input voltage drop 2% or less						
		Frequency accuracy	Same as input frequency						
		Durability for over-load	700% for 2 s						
	At inverter power supply	Constant voltage accuracy	Within ± 1%						
		Frequency accuracy	Within ± 0.1%						
		Durability for over-road	125% for 10 min. 150% for 1 min.						
		Voltage-wave from distortion factor	Less than or equal to 2%						Linear load
Less than or equal to 8%						Rectifier load 100%			
Output power voltage instantaneous variable factor	Within ± 5%						Sudden change of load : 0 ⇔ 100%		
	Voltage adjusting time	Within 50 ms							
Needed time	Automatically change	At power failure	Uninterrupted (Less than or equal to 2 ms)						Commercial ⇒ Inverter
		At power recovery	Uninterrupted						
	Manually change	Uninterrupted						Commercial ⇔ Bypass	
Efficiency	Inverter efficiency / %	83	84	85	86	87	87	Rated output power	
	Total efficiency / %	91	91	91	92	92	93	Rated input-output power, floating charge	
Others	Calorific value / kJh ⁻¹	2,400	3,200	4,800	5,600	8,500	9,800		
	Noise / dB	a 60	a 60	a 65	a 65	a 65	a 65	Front area A characteristics	
	Usable environment surrounding temperature	-10 ~ 40°C							
	Relative humidity	25 ~ 85%						Condensation-free	
	Setting place	In the room with little harmful gases, salts, and dust							

性が向上し MTTR（平均修復期間）の短縮を図っている。またユニット化の効果として構造レイアウト設計時の設計時間短縮に大きく貢献している。

3.1 動作概要

系統安定時は ACSW を ON し系統電力を負荷へ供給しながら双方向コンバータで順変換を行い、蓄電池を充電する（商用給電状態）。この時、双方向コンバータはアクティブフィルタとしても動作することで、負

荷による入力高調波電流を抑制している。（Fig. 2-①動作）

系統異常時、瞬時に ACSW を OFF することで系統から装置を切り離し、双方向コンバータを逆変換動作に切換えることで、蓄電池によるバックアップ運転となる（インバータ給電状態）。（Fig. 2-②動作）

3.2 アクティブフィルタ動作

常時商用給電状態では負荷の特性により、入力電流

の歪み、力率の悪化が生じる場合がある。これは、上位電力設備の大型化や、同一系統に接続される他の装置へ悪影響を及ぼす恐れがあり、高調波電流を低減することが望ましい。そこで本製品では商用給電時、双方向コンバータによる充電動作を行いながら負荷により生じる入力高調波電流や無効電流を抑制するアクティブフィルタ動作を行う。

アクティブフィルタ動作時の動作イメージを Fig. 3 に示す。アクティブフィルタ動作では、負荷電流より演算した電流をコンバータに流すことで負荷によらない入力高力率運転を実現している（負荷力率 0.7 ～ の範囲で入力力率 0.98 以上）。また、本製品は 100% 整流器負荷時、補償率 80% 以上^{*1} と高い高調波抑制能力を示している。

アクティブフィルタ動作の制御ブロック図を Fig. 4 に示す。アクティブフィルタ制御は入力電流目標値 I_{in}^* から負荷電流を減算することでコンバータ電流目標値 I_{conv}^* を決定する。 I_{in}^* は入力電圧に同期した正弦波を CPU 内で演算し、直流電圧エラー値を乗算することで生成する。負荷電流はデジタルフィルタを通して CPU 内に取り込む。本製品では最適化した負荷電流用のデジタルフィルタにより高い電流補償率と制御の安定性を両立している。また、アクティブフィルタ動作時にも直流出力電圧精度は $\pm 1.5\%$ の性能が

※ 1 補償率 = $(1 - (\text{交流入力電流歪率}) / (\text{交流出力電流歪率})) \times 100$

負荷電流の高調波成分を入力でどれだけ抑えられたかを示す値

あり、従来の整流器と同等の精度を実現している。

3.3 無瞬断給電切換

無瞬断給電切換には、停電検出の高速化と ACSW による系統からの高速分離が重要技術である。高速分離を行うことで系統短絡発生時でも、インバータ出力の短絡点へ流れ込みを最小限に抑え、負荷への給電を確保する。

停電検出は実効値検出に加え瞬時電圧を監視している。この瞬時電圧検出機能により停電後、200 μs 以内の停電検出が可能である。停電検出をトリガにインバータ給電への切換、ACSW の OFF 動作を行う。

次に、ACSW による系統からの高速分離については、サイリスタと新規開発した転流回路により実現した。系統との切り離しはサイリスタを消弧する必要があるが、サイリスタは自己消弧できない素子であるため、条件によっては高速での切り離しが難しい。本製品では、ACSW を高速で OFF する確実な方法として、サイリスタを外部回路から強制的に消弧させる転流回路を採用した。今回開発した転流回路は、独自の設計により小型化を実現し、ACSW ユニット内に実装することで、大幅な省スペース化を図った。

また、BiDSTAR は休止待機型と違い、商用給電時もインバータ制御 PLL を動作させており、瞬時にコンバータ動作からインバータ動作への切換が可能である。

4 表示モニタパネル

BiDSTAR は盤面に表示モニタパネルを実装しており、装置運転状態、各種計測項目の確認が可能である。

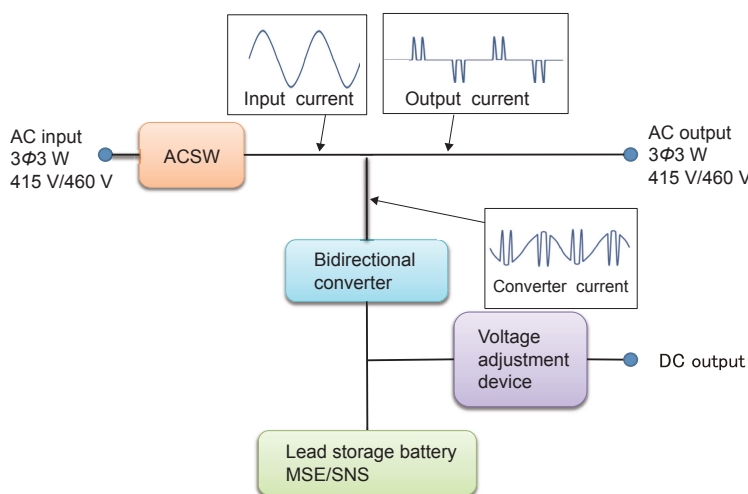
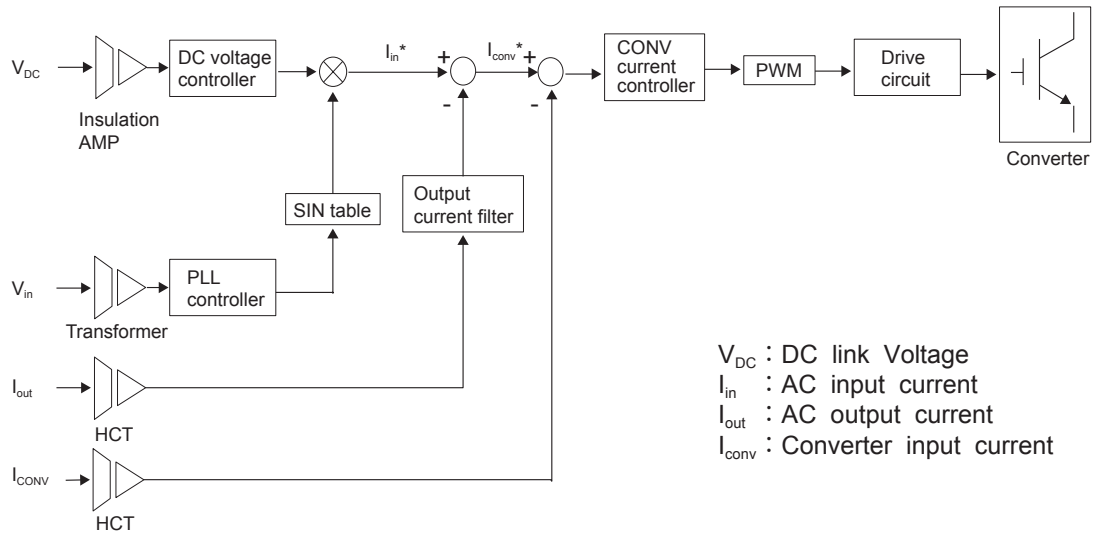


Fig. 3 Image of active filter operation.



V_{DC} : DC link Voltage
 I_{in} : AC input current
 I_{out} : AC output current
 I_{conv} : Converter input current

Fig. 4 Block diagram of active filter control.

装置状態を常に監視し、異常発生時はアラーム音発報・パネルで異常の表示を行う。また、運転状態・発生中の故障は外部信号で送出することができる。

操作面では表示モニタに手順を表示するガイダンス機能を有しており、マニュアルを見ることなく起動・停止操作が可能である。Fig. 5 は商用給電状態の系統図表示イメージである。

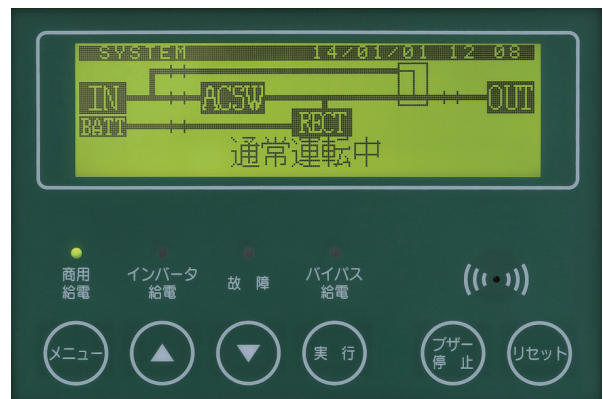


Fig. 5 Fig. 5 Monitor panel display screen.

5 特性

Fig. 6 に商用給電時アクティブフィルタ動作の各部測定波形を示す。負荷にはコンデンサインプット型の整流負荷を用いて、高調波電流を流している。アクティブフィルタ動作により、負荷電流に対し、入力電流は高調波成分が抑制され正弦波に近い波形となっていることがわかる。測定波形では入出力電圧と電流の位相がずれているように見えるが、これは線間電圧と相電流を測定しているためである。

次に商用給電状態からインバータ給電状態への切換特性を以下に述べる。

本製品はあらゆる条件においても 2 ms 以下の切換を実現している。Fig. 7 に一例として入力短絡停電発生時の切換波形を示す。

また、インバータ給電状態の性能としては線形負荷時の出力電圧歪率 2% 以下、出力電圧瞬時変動率（負荷 0 ⇔ 100% 変動時）5% 以下と高い性能を実現した。

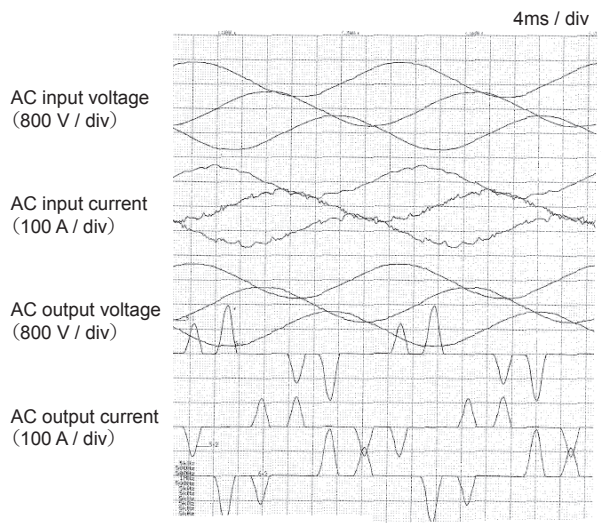


Fig. 6 Active filter operation waveform (BidSTAR-P 50 kVA).

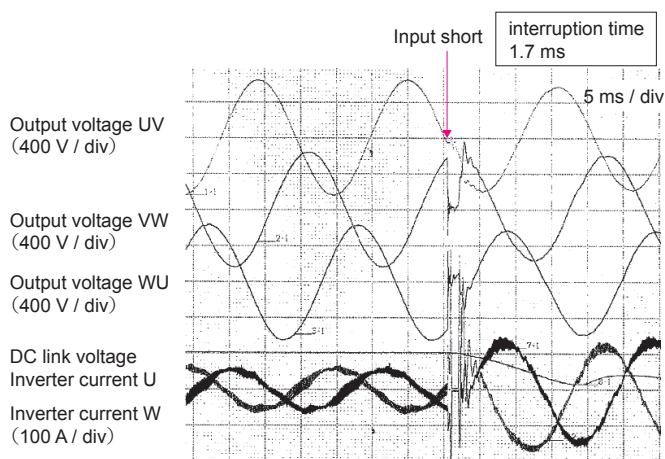


Fig. 7 Active filter operation waveform (BiDSTAR-P 50 kVA).

6 まとめ

本製品は最大効率 97% ※2, 停電時無瞬断切換（瞬断時間 2 ms 以下）を達成し、「高効率かつ無瞬断」

※2 BiDSTAR-P 50 kVA の場合

という今後要求の拡大が想定される仕様を実現できた。また、アクティブフィルタにより、入力高力率運転を可能とした。加えて、主幹機能のユニット化は、保守面・構造レイアウト設計に大きく貢献している。

近年、UPS はバックアップ機能の信頼性に加え、今回対応した入力高調波の抑制、効率の向上、さらに供給する電力品質の向上、遠隔監視などの要求が広がっている。このような状況で本製品は市場の要求に応える機能を備えた UPS であるといえる。今後は新しい技術を積極的に取り入れるとともに本製品の開発により培った技術を活用することで様々な市場の要求に答えられる UPS 開発を続けていく所存である。

文献

- 1) 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, 新形無停電電源装置「BACSTAR」シリーズの開発, *GS Yuasa Technical Report*, **2**(1), 47(2005).