

リチウムイオン電池を用いた中容量UPS 「SANUPS E23A-Li」の開発

松崎 昭憲

Akinori Matsuzaki

奥井 芳明

Yoshiaki Okui

太田 章一

Shouichi Oota

高杉 満

Mitsuru Takasugi

中村 直哉

Naoya Nakamura

1. まえがき

ネットワーク化が進む中で、コンピュータをはじめとして各種情報・通信機器のバックアップ電源として無停電電源装置(以下、UPSという)は普及してきている。一方、産業の高度化・機密化にともない生産設備関連においても、電源異常による歩留まりの低下を招く場合があり、電源異常時のバックアップに対する意識が高まってきている。この生産設備関連における電源異常時の対策としては、費用対効果や設置スペースなどが重視され、瞬時電圧低下対策装置(瞬低対策装置)などが導入されていることが多い。しかし、瞬低対策装置は、1秒以下の電源異常時に対応しているものが多く、それ以上の電源異常時にはバックアップできない。また、生産設備関連では、保守のために生産ラインをとめることが難しいため、長寿命化などの要求が増加してきている。さらに、最近では、環境負荷の低減という観点から有害な鉛蓄電池の代替が必要となってきた。

今回、瞬時電圧低下から瞬時停電までバックアップできる、小型・軽量化、環境にやさしいUPSを目標にリチウムイオン電池を搭載した「SANUPS E23A-Li」を開発した。本稿では、その基本構成、特長などの概要について紹介する。

2. 開発の背景

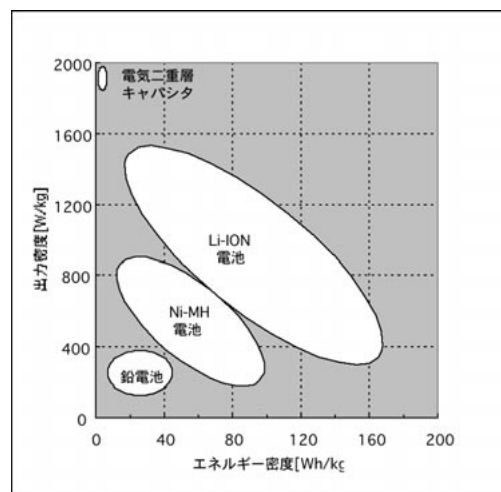
現在、日本の電力品質は世界的に見ても高水準品質を維持しているが、落雷など自然災害による事故は避けることは難しい。送配電線に障害が起きた場合、電力系統の安全性を維持するために、系統を瞬時に切り換えている。事故時は、故障点を中心に電圧が低下する瞬時電圧低下(瞬低)が0.07秒~0.3秒程度発生する。また、故障の発生した系統では、故障を除去してから再送電が開始されるまでは1分~2分程度の瞬時停電となる(瞬停)⁽¹⁾。

これらの瞬低・瞬停により工場の生産ラインが停止して大きな損害が発生する場合がある。従来、この対策としては、蓄電部にキャパシタなどを用いた瞬低対策装置を導入することがあ

る。しかし、キャパシタの場合は補償時間が1秒以下と短い場合が多く、瞬停・停電に関しては対応せず、瞬低のみに対応している。一方、生産ラインにUPSを導入しようとする、鉛蓄電池を使用しているために、設置スペースが広く、保守面においても定期点検・定期交換等の保守性が悪くなる。また、生産ラインによっては負荷の突入電流を含む変動が大きいため、過負荷耐量の大きいバックアップ電源を選定しなければならない。

このような背景のなか、高効率で過負荷耐量のあるパラレルプロセッシング方式UPS(当社ではハイブリッドUPSと呼ぶ)「SANUPS E23A」⁽²⁾のような生産設備電源に適したUPSの出現により、瞬低対策だけでなく瞬停や停電まで対策できるUPSが提案できるようになった。

ここで、パラレルプロセッシング方式UPSと瞬低対策装置を比較すると、その回路構成は類似しており、バックアップ時間により蓄電部が異なっている⁽³⁾。瞬低対策装置のように瞬低のみバックアップする場合には、電気二重層キャパシタが使用されていることが多い。また、UPSでは一般的に鉛蓄電池を使



エネルギー密度：1時間連続して使える電力容量
出力密度：瞬時に出力できる最大電力

図1 各電池のエネルギー密度と出力密度の関係

用しており、バックアップ時間は5分以上である。今回、瞬停までをバックアップするためには、電気二重層キャパシタよりエネルギー密度が高く、鉛蓄電池より出力密度が高い蓄電素子が適している。そのような蓄電素子として、「ニッケル水素電池」、「リチウムイオン電池」などが挙げられる。図1に各電池のエネルギー密度と出力密度の関係を示す。

図1のように、リチウムイオン電池は、鉛蓄電池と比較してエネルギー密度が約4~6倍、出力密度が3~4倍となる。また、ニッケル水素電池と比較するとエネルギー密度、出力密度が共に約2倍となる。一方、電気二重層コンデンサと比較すると出力密度ではやや劣るが、エネルギー密度が約30~50倍高い。1~2分の瞬停用バックアップに適している蓄電素子を考えると、エネルギー密度が高いリチウムイオン電池が適している。さらに、リチウムイオン電池は、高率放電特性のため、少ない容量で効率よくエネルギーを取り出せるため瞬停のバックアップに適しており、小型・軽量化ができる。

以上により、生産設備用電源のニーズに応えるため、「SANUPS E23A」に「リチウムイオン電池」を搭載し、小型・軽量、長寿命なUPSとして「SANUPS E23A-Li」を開発した。

3. 「SANUPS E23A-Li」の回路構成

3.1 基本構成

「SANUPS E23A-Li」の基本構成を図3に示す。

図3のように、「SANUPS E23A-Li」は、インバータ盤と蓄電池盤から構成されている。

インバータ盤はパラレルプロセッシング方式UPS「SANUPS E23A」を用いており、図3のように電力変換器は商用電源と並列（パラレル）に接続されている。通常時は商用電源から負荷へ給電をしながら電力変換器をアクティブフィルタ機能で負荷の発生する高調波電流を抑制し、充電器機能で蓄電池の充電を同時（パラレル）に処理（プロセッシング）している。負荷への給電形式は「電力は商用電源から、品質はインバータから」の状態です。通常運転時は「品質」の分しかインバータを介さないため、常時インバータ給電方式と比較すると電力損失が少なく、高効率で負荷へ電力供給できる。また、商用電源が異常の場合は、ただちに商用電源を切離し、電力変換器をインバータ動作させて負荷への給電を無瞬断で供給できる信頼性の高いUPSである。

また、蓄電池盤は長野日本無線株式会社殿の開発した電池モジュールとインタフェース回路とから構成されている。電池モジュールの基本構成を図4に示す。図4のように電池モジュールはリチウムイオン電池セル、バランス回路、保護回路1、及び保護回路2から構成されている

リチウムイオン電池セルをUPSに適用的するためには、単体で

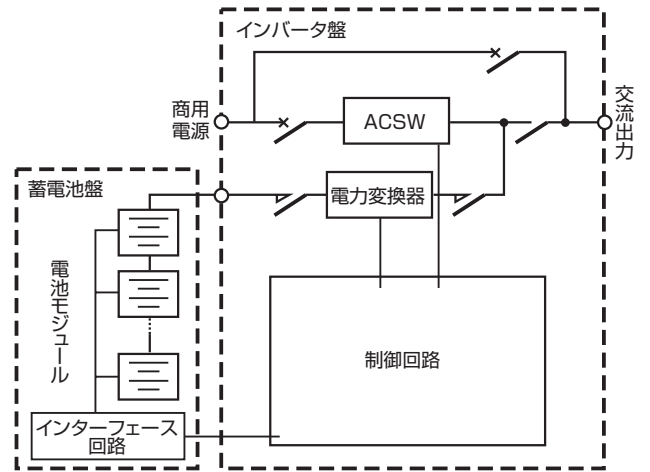


図3 「SANUPS E23A-Li」基本構成図

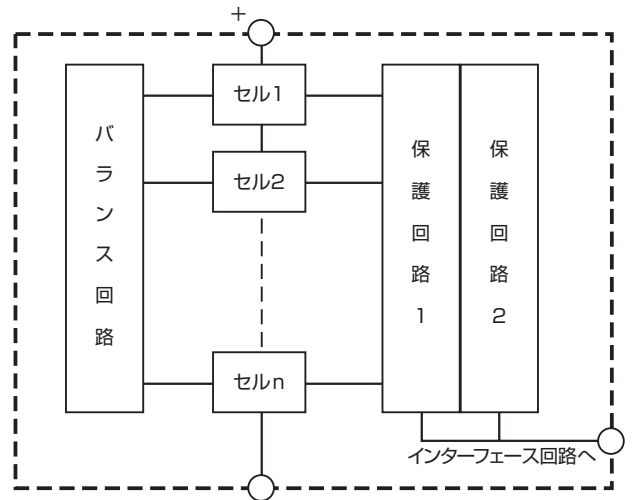


図4 電池モジュール基本構成

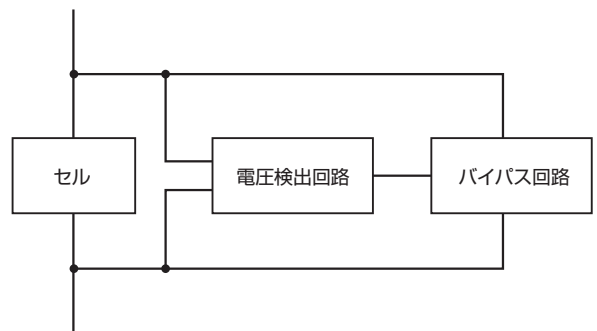


図5.1 バイパス方式

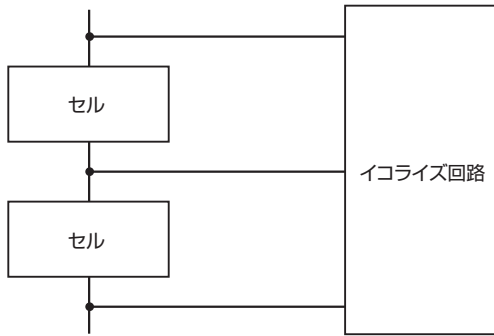


図5.2 イコライズ方式

は電圧が低く、セルを直列接続しなければならない。セルは、自己放電の違いから、電圧のバラツキが発生するので、容量の少ないセルが過充電や過放電となり寿命低下の要因となる。その対策として、電圧のバランス回路が必要となる。

セル電圧のバランス回路の主な例を図5.1, 図5.2に示す。バイパス方式は、セル電圧を電圧検出回路にて設定値を超えると充電電流をバイパスさせる方式である(図5.1)。また、イコライズ方式は、高電位の電池セルから、低電位の電池セルに電荷を移動させてセル電圧を均等化する(図5.2)。本開発では、任意の電圧でもセル電圧を均等化でき、均等化の精度がよく長寿命化に適しているイコライズ方式を採用した。さらに、バランス回路の故障時における過充電による電池の劣化・発熱等の防止と過放電防止のため保護回路を内蔵している。

保護回路1では、セル電圧の監視を行っており、異常時には充電を停止させる。さらに、インバータ盤に蓄電池電圧異常を検出する保護機能を持つことで2重化することにより、高い安全性を実現している。

保護回路2では、セル温度異常検出の監視を行っており2段階の温度検出を持つことにより安全性を高めている。1段階目の

表1 「SANUPS E23A-Li」標準仕様

項目	型名	E23AL203	E23AL503	E23AL104	E23AL204	備考	
定格出力容量(皮相電力/有効電力)		20kVA/16kW	50kVA/40kW	100kVA/80kW	200kVA/160kW		
形式	運転方式	パラレルプロセッシング方式					
	冷却方法	強制空冷					
交流入力	相数・線数	三相3線					
	定格電圧	200V(205, 210V)					
	定格周波数	50または60Hz					
	所要容量	20.0kVA以下	51.3kVA以下	102.6kVA以下	205.2kVA以下		
	力率	0.98以上				定格運転時	
	歪み電流補償	補償容量	定格容量以内				
		補償次数	2~20次高調波				
補償率		85%以上				100%整流器負荷時	
交流出力	相数・線数	三相3線					
	定格電圧	200V(205, 210V)				交流入力と同じ	
	電圧精度	商用運転時	定格電圧-8,+10%以内(出荷時)			電圧精度は変更できます。	
		バッテリー運転時	定格電圧±2%以内				
	定格周波数	50または60Hz				交流入力と同じ	
	周波数精度	商用運転時	定格周波数±4%以内(出荷時)			周波数精度は変更できます。	
		バッテリー運転時	定格周波数±0.1%以内				
	負荷力率	定格	0.8(遅れ)				
		変動範囲	0.7~1.0(遅れ)				
	電圧波形歪率	線形負荷時	2%以下				
		バッテリー運転時	整流器負荷時 5%以下				
	電圧不平衡率	バッテリー運転時	2%以内			全容量の1/3負荷を1線間電圧に挿入	
	瞬時電圧変動	変動率	±5%			バッテリー運転時	
		整定時間	50ms以内				
過負荷耐量	商用運転時	200%(30秒), 800%(0.5秒)					
	バッテリー運転時	150%(1分)					
バッテリー運転への切換時間	無瞬断						
バッテリー	種類	リチウムイオンバッテリー					
	バックアップ時間	2分					
	公称電圧	353V					
効率(AC-AC)	97%以上						
騒音	57dB以下	65dB以下		70dB以下	正面より1m, 高さ1m		
インタフェース	LANインタフェースカード(オプション)						
使用環境	周囲温度:0~40℃, 相対湿度:30~90%(結露しないこと)						

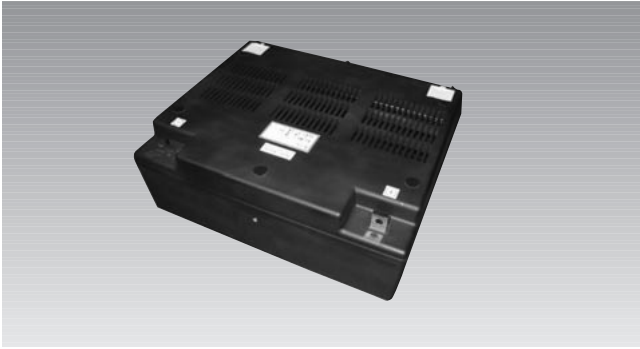


図6 リチウムイオン電池モジュール概観
(長野日本無線株式会社製)



図7 「SANUPS E23A-Li」の概観

温度異常を検出した場合は、冷却ファンを運転させ電池モジュールの冷却を行う。第2段目の温度異常を検出した場合は、安全性のため充放電を停止する。

リチウムイオン電池モジュールの概観を図6に示す。

3.2 仕様

「SANUPS E23A-Li」の標準仕様を表1、概観を図7に示す。

4. 「SANUPS E23A-Li」の特長

4.1 リチウムイオン電池搭載

(1) 安全性

本開発に用いたリチウムイオン電池は、マンガン系リチウムイオン電池を採用している。マンガン系リチウムイオン電池は、コバルト系リチウムイオン電池と比べて蓄電容量は低いですが、過充電・過放電による結晶構造の崩壊がないため破裂・発火がなく安全である。

(2) 長寿命化

生産設備用電源では保守面において長寿命化が必須である。リチウムイオン電池は鉛蓄電池と比較してサイクル充放電寿命が長くなっている。「SANUPS E23A-Li」では、電池使用率の最適設計、及び蓄電池のセル電圧の監視、温度の監視を行い、長寿命化に対応した。

4.2 軽量化

本開発では、最適なリチウムイオン電池を採用し、鉛蓄電池と比較して、質量比において約70%の低減を実現した。しかし、長寿命化、安全性を重視したため、体積においては鉛電池の場合とほぼ同等である。

4.3 高効率

本UPSでは、インバータ部は「SANUPS E23A」(パラレルプロセッシング方式UPS)のため、装置内部で発生する電力ロスが少なく最大97%の高効率である。

4.4 無瞬断

商用電源とインバータは常に並列運転しており、商用電源異常時は商用電源を高速で切り離し、負荷への給電を無瞬断で継続できる。また、商用電源の異常時間が短い場合やサージ発生時などには、インバータ内部の電解コンデンサにより負荷へ一時的に電力を供給する。この場合、リチウムイオン電池からの放電はなく不必要な放電を防止しており長寿命化にも適している。

4.5 アクティブフィルタ機能

アクティブフィルタ機能により負荷機器から発生する高調波電流の抑制と無効電力の補償が行われ、入力電流が正弦波かつ力率がほぼ1となるように制御される。そのため、入力電源に高調波障害を発生させない。

4.6 動力用途向け

通常運転時の主な給電は、インバータからではなく商用電源から供給されるため、高過負荷耐量(800%・0.5秒)となっている。これにより、負荷側の始動電流などの大きな過電流が発生した場合に対応できるので、動力負荷にも適している。

4.7 ネットワーク対応

オプションのLANインタフェースカードを使用することにより、当社開発のUPS管理ソフト「SAN GUARD、」と組み合わせて、停電時のオートシャットダウンをはじめスケジュール運転、運転状態、計測値表示などを有効利用することで保守対応の利便性が上がる。

5. むすび

リチウムイオン電池搭載の中容量UPS「SANUPS E23A-Li」を開発し、本稿ではその概要を紹介した。

今後は、リチウムイオン電池の性能アップに伴いさらなる小型・軽量化と、長時間バックアップ対応などの製品を提供していく所存である。

本装置の企画・開発・製品化にあたり、長野日本無線株式会社殿には多大なご協力を頂き、また、多くの関係者のご指導、ご協力に感謝する次第である。

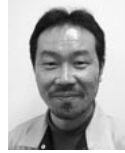
文献

- (1) 奥井：「生産設備分野に適した無停電電源装置「SANUPS E」」，山洋電気テクニカルレポートNo.18,pp.6-12 (2004)
- (2) 平田,奥井,太田,金子,中村：「中容量UPS「SANUPS E」の開発」，山洋電気テクニカルレポートNo.14,pp24-27 (2002)
- (3) 奥井：「バックアップ電源 (UPS) の動向と山洋電気のUPS」，クリーンテクノロジー2006.1,pp43-46 (2006)



松崎 昭憲

1981年入社
パワーシステム事業部 設計第1部
無停電電源装置の開発・設計に従事。



奥井 芳明

1992年入社
パワーシステム事業部 設計第1部
無停電電源装置の開発・設計に従事。工学博士。



太田 章一

1992年入社
パワーシステム事業部 設計第1部
無停電電源装置の開発・設計に従事。



高杉 満

1988年入社
パワーシステム事業部 設計第1部
無停電電源装置の機構設計に従事。



中村 直哉

1998年入社
パワーシステム事業部 設計第1部
無停電電源装置の開発・設計に従事