

高機能瞬時電圧低下補償装置 「SANUPS C23A」の開発

太田 章一

Shouichi Ohta

奥井 芳明

Yoshiaki Okui

中村 直哉

Naoya Nakamura

木村 成秋

Nariaki Kimura

柳沢 実

Minoru Yanagisawa

三浦 明

Akira Miura

高杉 満

Mitsuru Takasugi

棚橋 克俊

Katsutoshi Tanahashi

1. まえがき

パラレルプロセッシング方式を採用した無停電電源装置(以下、UPSという)「SANUPS E」シリーズ¹⁾は、今までUPSが不得意としてきた動力負荷などの生産設備分野へも市場を広げ活躍を続けている。

しかし、生産設備分野では保守性、費用対効果や省スペースなどが重要視されているため、瞬時電圧低下補償装置(瞬低補償装置)などが導入されている場合が多い。

そこで、UPS「SANUPS E23A」をベースに電気二重層キャパシタを組み合わせ短時間定格仕様とした瞬時電圧低下補償装置「SANUPS C23A」を開発した。本稿では「SANUPS C23A」の特長について紹介する。

2. 開発の背景

近年、生産システムの複雑化や高度化により瞬時電圧低下(以下、瞬低という)が影響を及ぼす範囲が広がってきており、半導体や液晶などの製造工場では瞬低によって多大な被害を受けてしまうことも少なくない。瞬低により機械などが緊急停止することで製作中や搬送中の製品や設備を破損させてしまうこともある。また、停止した機械を復旧させるために過大な労力を必要とする場合もある。

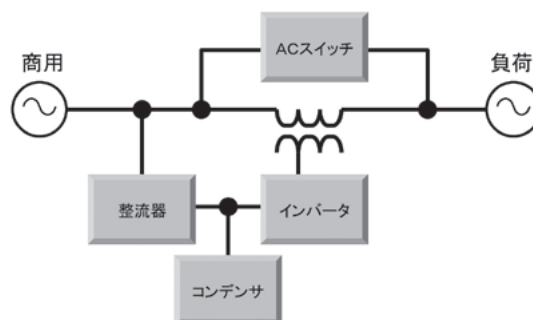
瞬低の主な原因は落雷によるものである。送電線などへの落雷により、そのポイントを中心に電圧が低下する現象が発生する²⁾。この電圧低下状態は保護リレーが働くまでの0.07～0.3秒程度継続する³⁾。結果、落雷ポイントの切り離しにより電源供給が停止する地域が生じ、切り戻しや系統切換えまでの短時間において電源が喪失する。これが瞬時停電(以下、瞬停という)である。

日本の電力事情は改良や近代化により、停電が発生することも極めて稀となっているが、落雷などによる事故は避けることができないため、瞬低・瞬停の対策は重要である。資源エネルギー庁長官の私的諮問機関「電力利用基盤強化懇談会」でも瞬低が物理的に不可避な現象で、負荷機器側あるいは需要家端での対策が合理的との答申がなされている⁴⁾。このことから、需要家端で瞬低・瞬停の対策を行うことは必要不可欠といえる。

需要家端での瞬低・瞬停の対策において、瞬低補償装置やUPSが生産システムへ導入される例が多い。

図1に瞬低補償装置の主な例を示す。

(a)の直列補償方式と(b)のトランスタップ切換え方式は、商用電

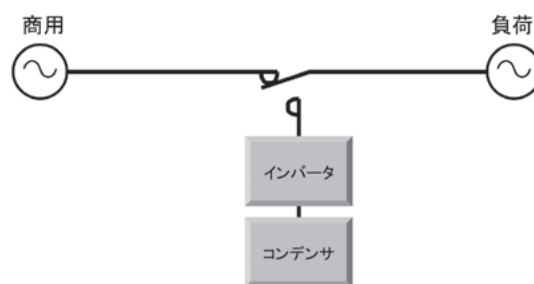


(a) 直列補償方式



タップ付きトランス

(b) トランスタップ切換え方式



(c) 常時商用方式

図1 瞬低補償装置の主な例

源の電圧変動を抑える方式であるため、瞬低しか補償できない。また、瞬停や停電時に電源が開放できないため、動力設備などの安全停止や復電後の順次投入などで支障をきたすことが考えられる。

(c)の常時商用方式は、瞬低・瞬停のどちらも補償が可能であり、電源開放となるため、瞬停や停電時は動力負荷の安全停止や順次投入に対応することができる。

しかし、いずれの方式も無瞬断ではなく、切換え時に最短でも

2msec 程度の瞬断が発生してしまう。

図2にUPSの主な例を示す。同図に示したようにUPSは常時インバータ方式と常時商用方式に分類される。

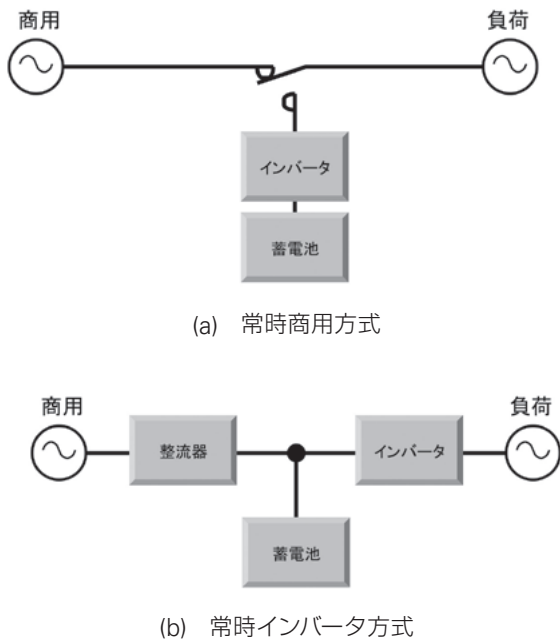


図2 UPSの主な例

(a)の常時商用方式は蓄電池を除き瞬低補償装置と同一構成である。中には蓄電池の代わりにフライホイールを用いたタイプもある。電力変換器が1つで小型・低コストであり、通常運転中の電力損失を抑えることができる。しかし、商用電源の異常時は瞬断をともなうことがある。

(b)の常時インバータ方式は常にインバータが負荷へ電力を供給するため、商用電源異常時にも無瞬断で高品質な電力を供給できる。しかし、電力変換器が2つであるため、通常運転中の電力損失は大きい。

表1に瞬低補償装置とUPSの比較を示す。

表1 比較表

	瞬低補償装置			UPS	
	直列補償方式	常時商用方式	トランスタップ切換え方式	常時商用方式	常時インバータ方式
瞬低	○	○	○	○	○
瞬停	×	○	×	○	○
無瞬断	△	△	△	△	○
運転効率	○	○	○	○	×
質量	○	○	×	×	×
寿命	○	○	△	×	×
動力負荷	○	○	○	○	×

図1に示した瞬低補償装置では完全な無瞬断とはならないため、負荷機器の瞬低耐量とのマッチングが必要となり、図2に示した常時インバータ方式UPSは無瞬断であるが運転効率が悪く動力負荷などの生産設備には不向きである。また、UPSは主に鉛蓄電池を使用しているため、寿命が短くメンテナンスが必要となる。

また、瞬低・瞬停とは別に生産設備分野ではシステムの高度化や高速化により、モータなどの動力設備始動時の過大な消費電力(ピーク電流)や停止時の回生電力が発生することが多くなってきている。その際発生する商用電源のフリッカや電圧上昇は、他の装置の性能低下や、装置を停止させるなど影響を及ぼすことがある。従来、ピーク電流に対しては、受電設備再選定や配線の容量アップがおもな対策であるが、余計な工事費用が必要となってしまう。一方、回生電力に対しては、余計な電力を逃がすための設備(大容量コンデンサや抵抗)を追加することになるため、多大な設備投資が必要となる。

そこで、常時商用方式のように動力負荷へも給電ができ、無瞬断であるパラレルプロセッシング方式UPS「SANUPS E23A」に短時間定格仕様として電気二重層キャパシタを組み合わせ長寿命・メンテナンスフリーとし、ピーク電流や回生電力の問題についても、設備側を見直すことなく電源装置側で吸収することができる、高機能でオールインワンの瞬時電圧低下補償装置「SANUPS C23A」を開発した。

3. 「SANUPS C23A」の概要

3.1 基本構成

本装置の基本回路構成を図3に示す。

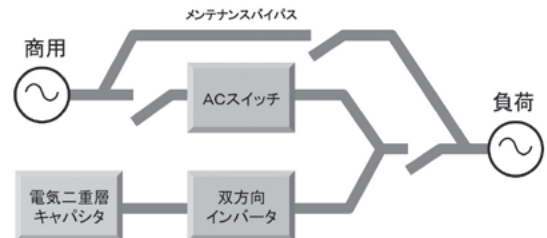


図3 「SANUPS C23A」の基本回路構成

「SANUPS C23A」はパラレルプロセッシング方式を採用しており、蓄電素子には電気二重層キャパシタを使用している。

パラレルプロセッシング方式とは、「SANUPS E」シリーズ¹⁾の方式と同じで、インバータは商用電源と並列(パラレル)に接続され、おもな電力はACスイッチのみの経路で給電される。この時、インバータは商用電源と並列冗長運転のごとく動作させるとともに、高調波電流を抑制するアクティブフィルタ機能およびキャパシタへの充電機能を同時に行っている。つまり、「電力は商用電源から、品質はインバータから」供給されることになり、通常運転中は「品質」の分のみをインバータを介して供給するため、電力損失が飛躍的に少なく、高効率・高品質で電力を供給することができる。

また、商用電源が異常の場合は、直ちに商用電源を切り離しインバータが給電し続けることで、負荷へ無瞬断で供給できる信頼性の高い方式である。

蓄電素子には電気二重層キャパシタを採用した。電気二重層キャパシタは鉛蓄電池やリチウムイオン電池よりも出力密度が高く、瞬低のような数秒間のバックアップに適している。この電気二重層キャパシタは基本的に電解コンデンサと同じであり、使用環境や使用率での寿命換算が可能であることより長寿命設計することができる。また、電気二重層キャパシタは鉛などの有害物質を含んでいないため、廃棄時は一般廃棄物として取り扱えるので環境への負荷が軽減できる。

3.2 仕様

「SANUPS C23A」の標準仕様を表2に示す。また、定格容量200kVAタイプの外観を図4に示す。



図4 「SANUPS C23A」の外観(200kVA)

表2 標準仕様

項目	型名	C23A103	C23A203	C23A303	C23A503	C23A104	C23A204	備考	
定格容量		10kVA	20kVA	30kVA	50kVA	100kVA	200kVA		
定格出力		8kW	16kW	24kW	40kW	80kW	160kW		
盤構造		鋼板製自立閉鎖盤式(保護等級 IP2X)							
運転方式		パラレルプロセッシング方式						常時インバータ並列方式	
冷却方式		強制空冷							
蓄電素子		電気二重層キャパシタ							
交流入力	相数・線数	三相3線							
	定格電圧	210V (200V, 220V)							
	定格周波数	50Hzまたは60Hz							
	歪み電流補償	補償容量	定格容量以内						
		高調波電流	補償率85%以上						100%整流器負荷時
	補償次数	2~20次高調波							
	入力力率	0.98以上						定格運転時	
交流出力	相数・線数	三相3線							
	定格電圧	210V (200V, 220V)						交流入力と同じ	
	電圧精度	商用運転時	定格電圧 -8, +10%以内						設定で変更可
		キャパシタ運転時	定格電圧 ±2%以内						注1
	定格周波数	50Hzまたは60Hz							
	周波数精度	商用運転時	定格周波数 ±4%以内						
		キャパシタ運転時	定格周波数 ±0.1%以内						注1
	負荷力率	定格	0.8(遅れ)						
		変動範囲	0.7~1.0(遅れ)						注2
	電圧波形歪率 (キャパシタ運転時)	線形負荷時	2%以下						
		整流器負荷時	5%以下						
	電圧不平衡(キャパシタ運転時)		2%以内						全容量の1/3負荷を1線間に挿入
	過渡電圧変動 (キャパシタ運転時)	変動率	±5%以内						
		整定時間	50ms以内						
	過負荷耐力(直送回路)		200%-30秒, 800%-0.5秒						
過電流保護		定格出力の110%でインバータ停止し, 商用直送給電します。 定格電流以下となればインバータが自動起動し平常運転します。							
出力電力回生 処理	最大回生電力	50%以下						装置定格化	
	最大回生電力量	10kW	20kW	30kW	50kW	100kW	200kW		
キャパシタ給電への 切替時間		0秒(無瞬断)							
瞬低補償時間		1秒以上(定格負荷時)						注3	
初期充電時間		240秒以内	180秒以内	60秒以内				キャパシタ電圧0→100%	
再充電時間		10秒以内						瞬低1秒を定格補償後	
騒音		59dB以下			65dB以下			A特性	
使用環境		周囲温度: 0~40°C, 相対湿度: 30~90%(結露しないこと)							

4. 「SANUPS C23A」の特長

4.1 小型・省スペース

鉛蓄電池を搭載した当社UPS「SANUPS E23A」(200kVA)と比較して、容積比、設置面積比ともに約50%に低減された。

4.2 低ランニングコスト

高効率により常時インバータ方式に比べ定常的な電力損失を減らすことができる。また、電気二重層キャパシタや長寿命ファンの採用により、定期交換部品がない。したがって、電力損失費と保守費を合わせて削減することができる。

4.3 高機能

(1) 完全な無瞬断

商用電源とインバータが常に並列冗長運転をしているように制御を行い⁵⁾、商用電源異常時は当社独自の方法で商用電源をACスイッチにより高速で切り離し⁶⁾、図5に示すように無瞬断で電力を供給できる。また、復電時もインバータの出力は商用電源異常直前の出力電圧と周波数が保持されているため、復電後の同期投入時間を最短にでき、ACスイッチを投入して即座に並列給電に戻ることができる。同期投入時間を短くすることにより瞬停補償時間以外に必要な電気二重層キャパシタの容量を少なくし、容量を最適選定できる。

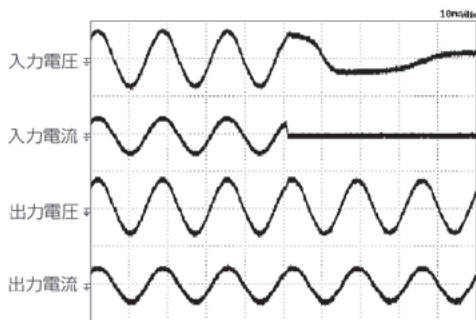
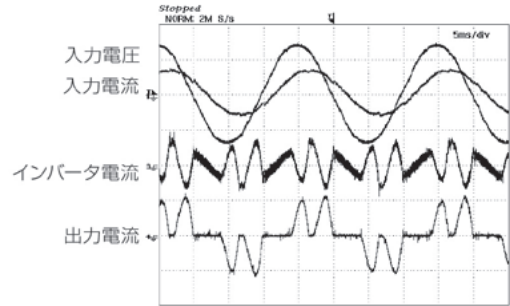


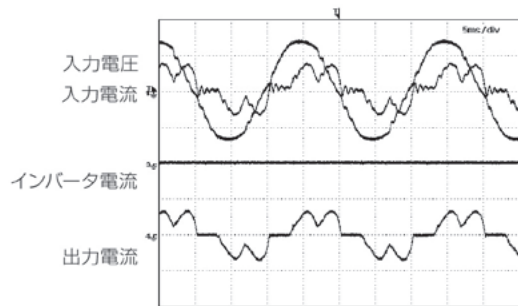
図5 無瞬断波形

(2) 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1となるように制御される。図6(a)にアクティブフィルタ機能がある時の入出力波形を示し、同図(b)にはアクティブフィルタ機能がない時の波形を示す。アクティブフィルタ機能がないと入力電圧(商用電源)を歪ませていることがわかる。アクティブフィルタ機能によって商用電源に高調波障害を発生させない。



(a) アクティブフィルタ動作時の波形



(b) アクティブフィルタ非動作時の波形

図6 アクティブフィルタの効果

(3) ピークカット機能

負荷装置のピーク電力に対し、ピークカットの設定電力を超えた分の負荷電力を電気二重層キャパシタからアシストすることにより、商用電力の平準化を行うことができる。図7にピークカット動作時の電力パターン例を示す。ピークカット設定を超えた分の負荷電力が電気二重層キャパシタから放電され、その後放電した分を充電することにより商用電力がピークカット設定以下に平準化されていることがわかる。

ピークカット機能による電力平準化によって商用電源のフリッカの抑制、受電設備費用の低減ができる。

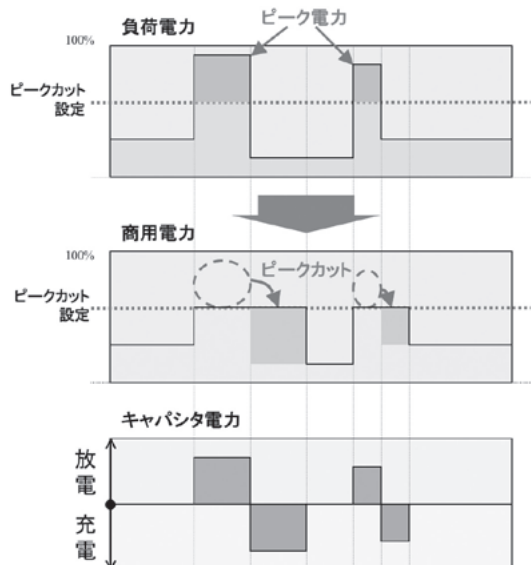


図7 ピークカット動作時の電力パターン

(4) 回生電力の使用

動力負荷などで発生する回生電力を商用電源に戻さず電気二重層キャパシタへ充電し、負荷装置へ再利用することができる。図8に回生電力発生時の電力パターンを示す。負荷装置で発生した回生電力は電気二重層キャパシタへ充電され、その後負荷装置へ放電される。回生電力を商用電源に戻さないため大容量コンデンサや抵抗など設備での対策が不要となる。

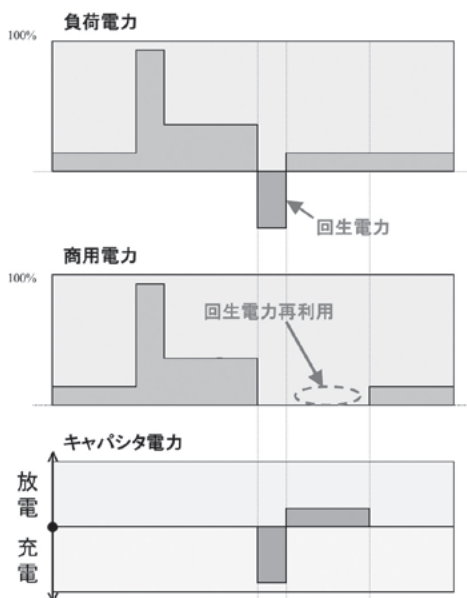


図8 回生電力発生時の電力パターン

4.4 高信頼

商用電源からの給電のまま、自動で定期的に電気二重層キャパシタからの給電動作テストを行うことで、実際の瞬低時に確実に動作することができる。電気二重層キャパシタの劣化時は給電を保持したままアラームが発生し交換を促すことができる。

5. むすび

電気二重層キャパシタを採用したオールインワンの高機能瞬時電圧低下補償装置「SANUPS C23A」の製品概要について紹介した。

今後は、400V系大容量無停電電源装置「SANUPS E33A」の瞬低補償装置化やピークカット専用機など顧客のニーズに合わせて各機能に特化した電源装置を開発し体系の充実を図っていく所存である。

文献

- (1) 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).
- (2) 九州電力: 「瞬時電圧低下による影響とその対策について」パンフレット, p.5 (2003)
- (3) 瞬時電圧低下対策専門委員会: 「瞬時電圧低下対策」, 電気共同研究会第46巻第3号, pp.15-16 (1990)
- (4) 奥井: 「クーリングルーム内にも設置可能なパラレルプロセッシング方式無停電電源装置」, クーリングテクノロジー Vol.15 No.1 (2005)
- (5) Y.Okui, S.Ohta, N.Nakamura, H.Hirata and M.Yanagisawa, "Development of Line Interactive type UPS using a Novel Control System", Proceedings of IEEE International Telecommunications Energy Conference (INTELEC'03), pp.796-801, 2003.
- (6) 柳沢: 「オンリー・ワンの製品づくり～省エネ時代のハイブリッド型UPS「SANUPS E23A」～」, 山洋電気テクニカルレポート No.24, pp6-10 (2007).



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。



柳沢 実
1980年入社
パワーシステム事業部 設計第1部
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。博士(工学)。



三浦 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。



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。



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。



木村 成秋
2007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。



棚橋 克俊
1990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。