

高機能瞬時電圧低下補償装置 「SANUPS C33A」の開発

奥井 芳明

Yoshiaki Okui

太田 章一

Shouichi Ota

中村 直哉

Naoya Nakamura

木村 成秋

Nariaki Kimura

太田 拓弥

Takuya Ota

藤井 大司

Daiji Fujii

久保田 祐三

Yuuzou Kubota

1. まえがき

パラレルプロセッシング方式を採用した400V系瞬時電圧低下補償装置(以下、瞬低補償装置)「SANUPS C33A」を開発した。本「SANUPS C33A」の開発では、瞬低補償装置としては業界で初めてとなる完全個別並列運転制御を実現し、高信頼を達成しながら、柔軟に中容量帯のラインアップ拡充が図れるようにした。また、回生電力を再利用できる機能により、積極的に省エネ化が図れる。さらに、電力ピークカット機能を持っており、フリッカの抑制ができるため、設備費用を低減することもできる。つまり、従来の瞬低補償装置は瞬時電圧低下対策のための装置であったのに対し、「SANUPS C33A」は瞬低対策を含む電力品質向上及び省エネ化が図れ、モータ設備を多く持つ工場に最適な高機能電源装置である。

今回、150kVAを基本ユニットとして、ひとまず150kVA、300kVAをラインアップした。本稿では「SANUPS C33A」の特長について紹介する。

2. 開発の背景

近年、半導体製造メーカを中心とした製造業において瞬時電圧低下(以下、瞬低)対策が進められており、瞬低補償装置の導入が図られている。ここ数年の動向としては、工場受電端の高圧において、数MWクラスを一括でバックアップする大容量の瞬低補償装置の導入が展開された。この一括バックアップ方式は管理が簡単になるものの、初期導入費用や故障時の影響が大きい。そこで、低圧において適材適所に配置する分散方式の要求も出てきている。分散方式の場合、バックアップが必要な場所のみに配置するため費用対効果が高くなる。また、計画的な導入もでき、初期費用の平準化や低減ができる。

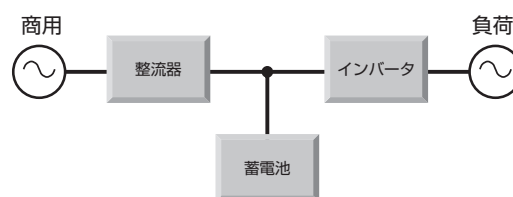
また、地球温暖化問題から製造業においても工場を省エネ化する取組みが進んでいる。生産設備には多くのモータが使用されており、減速時の回生電力は回生抵抗により消費されている場合も多く、課題である。さらに、瞬時に大きなトルクを発生させる力行時には、配電設備が脆弱であるとフリッカと呼ばれる瞬低現象が発生することがあり、電力会社の送配電系における瞬低のみならず電源品質の低下を招くこともある。その他にも、ダイオード整流器による高調波電流によって配電電圧を歪ませるような電源品質低下の問題などもある。

このような工場においての電源品質問題や省エネへの対策ができる装置として、「SANUPS C33A」の開発を進めることとした。ベースとなる機種「SANUPS E33A」は、2002年に開発した高効率パラレルプロセッシング方式無停電源装置である。無瞬断特性や高調波抑制するためのアクティブフィルタ特性は十分な実績を積んでいる。また、当社独自の完全個別並列運転制御により、高信頼かつ柔軟に中容量帯のラインアップの拡充が図れるものとした。さらには、回生電力を再利用できる機能や、モータ力行時の大きな電力をアシストすることにより、フリッカを抑制できるピークカット機能も新たに搭載することとした。つまり、省エネルギー・高品質・高信頼の400V系パラレルプロセッシング方式瞬低補償装置の開発を目指した。

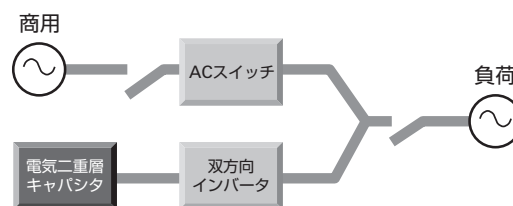
3. 「SANUPS C33A」の特長

3.1 基本構成

図1にUPSの基本回路構成について示した。(a)は常時インバータ給電方式であり、(b)はパラレルプロセッシング方式である。今回「SANUPS C33A」ではパラレルプロセッシング方式を採用しており、インバータは商用電源と並列(パラレル)に接続され、主な



(a) 常時インバータ方式の基本回路構成



(b) パラレルプロセッシング方式の基本回路構成

図1 UPSの基本回路構成

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共に、高調波電流を抑制するアクティブフィルタ機能および蓄電池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」給電されることになり、通常運転中は「品質」の分しかインバータを介さないで、同図(a)の2つの変換器を経由する常時インバータ給電方式と比較すると、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、高効率かつ容易に容量展開が行えるように、パラレルプロセッシング方式のUPSを基本ユニットとして、並列システムを構築できるようにしている。一般的にUPSを並列運転させる場合、各UPSユニットの出力が交流であることから、その電圧振幅と位相および周波数を一致させなければならない。これらに少しでも差があると、各UPSユニット間に電圧差が生じる。また、各UPSユニット間は配線のみで接続されるため、その間のインピーダンスは非常に小さく、僅かな電圧差でも「 $\text{電流} = \text{電圧差} / \text{インピーダンス}$ 」の関係から過大な電流が各UPSユニット間に流れることになる。これを横流という。この場合、各UPSユニットはこの過大電流を供給できなくなり停止することになる。この横流を抑制するためには、図2(a)のように並列運転させるための制御部があり、各UPSユニットに同一の電圧指令や位相・周波数指令を分配することで並列運転するのが最も確実な方法となる。しかし、このような共通部となる制御回路が存在すると、この制御部の故障により全システムを停止させることにもなる。したがって、個々のUPSユニットの信頼性が非常に高いものであっても、この共通制御部の信頼性が低ければシステム全体の信頼性は低いものとなる。そこで、図2(b)のように、並列運転させるための共通制御部を設けず、個々のUPSユニットが単独で並列運転できるようになっていれば、共通制御部の信頼性に支配されことなくシステム全体として高信頼化が図れる。また、全システムの信頼性を高くするためには、個々のUPSユニットの信頼性も高くする必要があるが、今回採用したパラレルプロセッシング方式は、常時インバータ給電方式より部品点数が少なく故障率が低いので、より高信頼のシステムを構築できる¹⁾。

3.2 主な特長

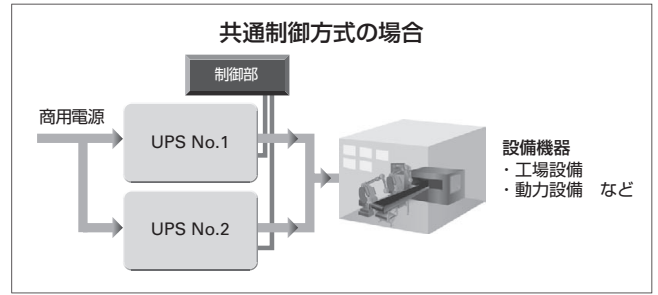
ここでは、高品質・高信頼を提供する主な特長について紹介する。

3.2.1 無瞬断特性とソフトスタート機能

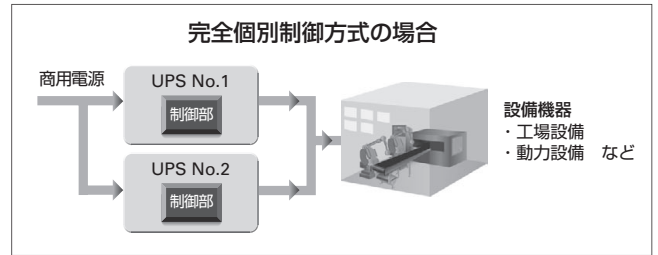
商用電源とインバータが常に並列冗長運転しているように制御を行い²⁾、商用電源異常時は当社独自の切替え技術により商用電源をACスイッチにより高速で切り離し³⁾、図3に示すように無瞬断で電力を供給できる。

3.2.2 アクティブフィルタ機能

アクティブフィルタ機能とは、負荷機器から発生する高調波電流と無効電力をインバータが補償し、入力電流が正弦波かつ力率が1となるように制御する機能のことである。図4にアクティブフィルタの動作波形を示した。アクティブフィルタ機能がないと入力電圧(商用電源)を歪ませることになり、本機能がない瞬低補償装置では電圧歪みにより同じ系統に接続される他の機器へ影響を及ぼしたり、自身でも停電検出の誤動作を招く原因ともなる。



(a) 共通制御方式



(b) 完全個別制御方式

図2 並列運転のための制御方式

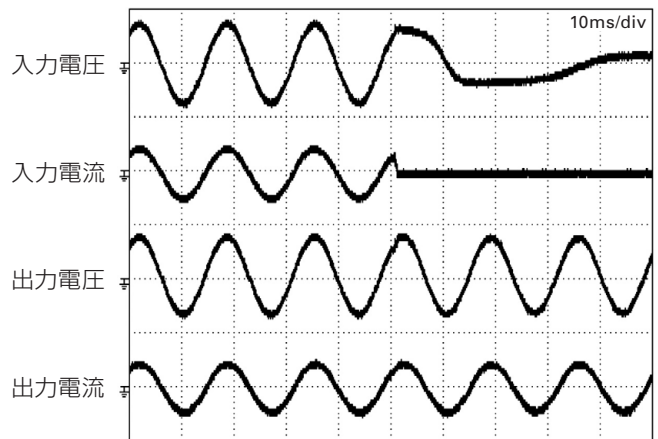


図3 無瞬断波形

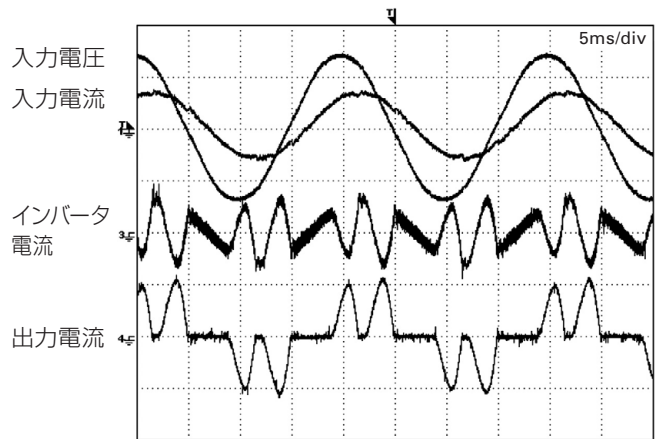


図4 アクティブフィルタの動作波形

3.2.3 回生電力の使用

瞬低補償装置では蓄積エネルギー源に電気二重層キャパシタ (EDLC) を用いており、鉛蓄電池と比較して充放電特性に優れているため、積極的に充放電を行うことができる。

そこで、モータなどの動力負荷装置で発生する回生電力を商用電源に戻さず EDLC へ充電し、負荷装置へ再利用するようにした。図5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を抵抗で消費せず、電気二重層キャパシタへ充電する。その後、モータの次の力行時に使用することで無駄な電力消費を抑えることができる。

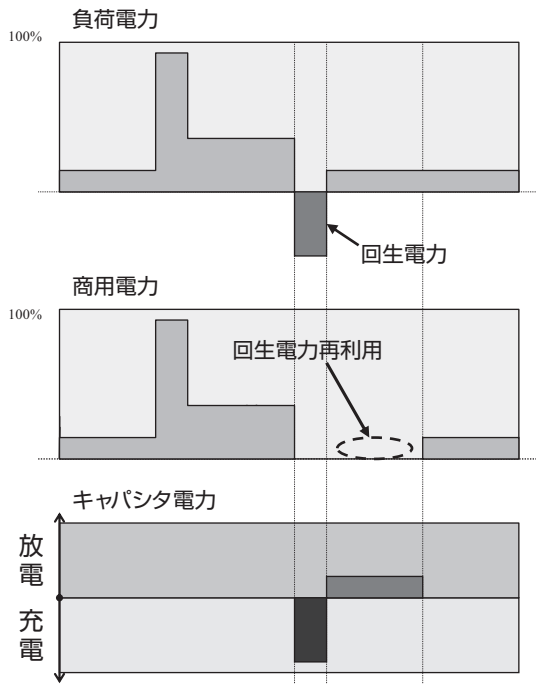


図5 回生電力発生時の電力パターン

3.2.4 ピークカット機能

動力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 EDLC 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6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 EDLC 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とすることができ、電力の平準化ができる。本機能により、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。

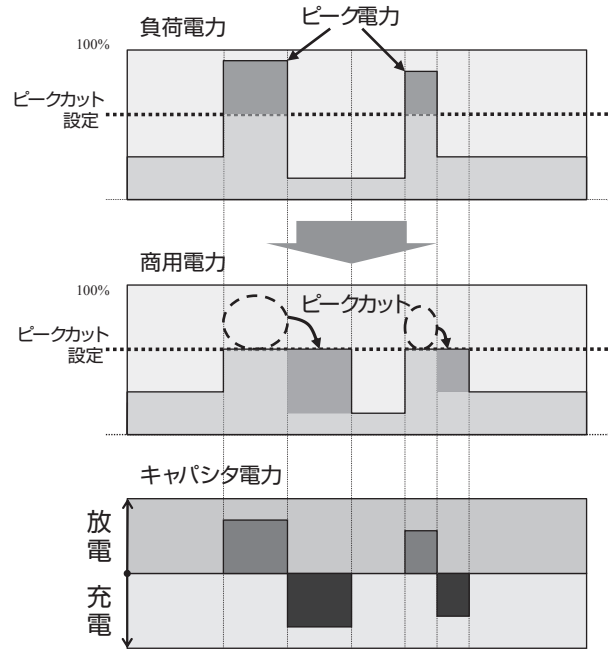


図6 ピークカット動作時の電力パターン

4. 仕様

表1に標準仕様を示した。また、図7に今回開発した「SANUPS C33A」の150kVA UPSユニットの外観写真を示した。瞬低補償装置150kVAとしては業界最小であり、寸法：W700mm、D800mm、H1950mm、重量：550kgと小型化が図られている。



図7 今回開発した「SANUPS C33A」

ラインアップとしては、150kVAを基本UPSユニットとし、今回は150kVAおよび300kVAとした。さらなる増容量化は、完全個別並列制御を採用しているため今後容易に展開できる。また、単機以外の場合はn台のUPSを集約する入出力盤とUPSユニットで構成される。入出力盤を導入当初に想定される最大電源容量を選定しておけば、各UPSユニットは計画的に順次導入することも

可能である。また、この他にEDLC盤が構成されるが、UPSユニット毎に配置する個別EDLC盤と各UPSユニットで共有する一括EDLC盤のどちらでも対応できるようになっている。

また、n台の場合において1台のUPSユニットが故障しても負荷がn-1台の容量であれば、手動にて通常運転に戻すことができるようにしているためMTTRの短縮を図ることができる。

表1 標準仕様

項目		型名	C33A154	C33A304	備考	
定格容量			150kVA	300kVA		
定格出力			120kW	240kW		
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		420V(380, 400, 415V)			
	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 75% 以上		100% 整流器負荷時
		補償次数		2 ~ 20 次高調波		
入力力率		0.97 以上		定格運転時		
交流出力	相数・線数		三相3線			
	定格電圧		420V(380, 400, 415V)		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		
	過負荷耐量(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		装置定格比
最大回生電力量			150kW	300kW		
キャパシタ給電への切換時間			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			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			70dB 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)			

注1：定格入力電圧、定格周波数からキャパシタ運転に移行した場合、インバータの性能を示します。

注2：連続状態(最大回生電力量以内の短時間の変動は許容します)

注3：定格負荷：負荷力率80%遅れ、周囲温度25°Cの場合です。瞬低補償時間の延長もできます。

5. むすび

400V系大容量パラレルプロセッシング方式「SANUPS C33A」の製品概要について紹介した。今回の開発により容易に並列運転できる完全個別並列運転制御方式が確立できたことから、順次、装置容量の拡大をしてシリーズの拡充を図る予定である。

文献

- 1) Y.Okui, S.ohta, N Nakamura, H.Hirata and M. Yanagisawa, "Development of Parallel Processing Type UPS Using a Novel Independent Control for Parallel-Connected UPS Units", Proceedings of IEEE International Telecommunications Energy Conference (INTELEC '09), PC8-3, 2009.
- 2) 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.
- 3) 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) .



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)。



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。



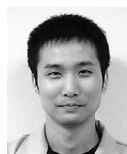
中村 直哉

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。



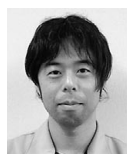
木村 成秋

2007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。



太田 拓弥

2009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。



藤井 大司

1999年入社
パワーシステム事業部 設計第1部
無停電電源装置の設計に従事。



久保田 祐三

1983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。