

省エネルギー・高品質・高信頼の大容量無停電電源装置「SANUPS E33A」の開発

奥井 芳明

Yoshiaki Okui

太田 章一

Shouichi Ohta

中村 直哉

Naoya Nakamura

柳沢 実

Minoru Yanagisawa

平田 博

Hiroshi Hirata

山口 大輔

Daisuke Yamaguchi

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400V系大容量無停電電源装置「SANUPS E33A」を開発した。本「SANUPS E33A」の開発では、200V系の「SANUPS E23A」と同様に高効率・高品質であり、かつ業界で初めてとなるパラレルプロセッシング方式によ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大容量化が図れる技術を確認した。今回、100kVAのUPSを基本ユニットとして、並列タイプは100～300kVAまで、並列冗長タイプは100+100kVA、200+100kVAをラインアップした。

本稿では「SANUPS E33A」の特長について紹介する。

2. 開発の背景

地球温暖化問題から各分野でクールアースへの推進が活発になっている。電源インフラにおいても、抜本的な技術革新が重要な課題のひとつとなっている。このような中、無停電電源装置(UPS)も無駄なエネルギーを使用しないよう高効率化への期待は益々大きくなっていく。当社ではこの高効率UPSの開発にいち早く取り組み、2002年に無瞬断パラレルプロセッシング方式UPSをリリースした¹⁾。このパラレルプロセッシング方式UPSは、従来の常時インバータ給電方式の90%前後の効率から97%と大幅に向上している。さらに、常時商用給電方式にはないアクティブフィルタ機能や無瞬断切替え特性²⁾を有していることから高品質であり、省エネ時代の新型UPSとして活躍している。

また、最近では機器だけでなく配電経路のロスを低減する20kV級/400V配電方式の検討もされている³⁾。この方式は、需要家において6.6kV受電から400V直接受電となり、構内でも400V配電により以下のメリットがあると言われている。

- 1) 使用電圧で受電することにより、変圧器の軽減・省略化が図られ受電コストが低減。
- 2) 保守メンテナンスを行う電気設備が低圧設備となるため保安メンテナンスのコストが低減。
- 3) 配電ケーブルのサイズダウンにより電力損失が低減。

このような低炭素社会の実現に向けた社会情勢から、機器に要求される電圧も200V系だけでなく、400V系も増えてくることが予想される。そこで、今回400V系パラレルプロセッシング方式UPSを開発し、「SANUPS E」シリーズの拡充を行った。また、同シリーズは、これまで

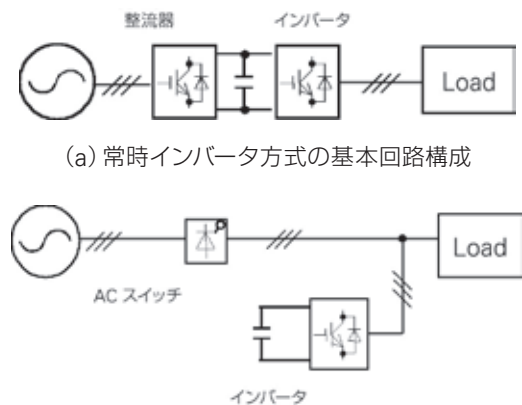
UPSが苦手としていた動力機器のバックアップも得意とすることから情報通信分野だけでなく、工場などの生産設備用バックアップ電源としても期待されている。これら動力機器は大容量な電力を要求するものも多いため、容易に並列できるシステムを構築し、柔軟に大容量化が行えることをコンセプトとした。そこで、本開発では当社独自の完全個別並列運転制御による高信頼化技術を確認して、省エネルギー・高品質・高信頼の400V系大容量パラレルプロセッシング方式UPSの開発を目指した。

3. 「SANUPS E33A」の特長

本章では今回開発した「SANUPS E33A」の特長について述べる。

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 E33A」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



(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

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、本「SANUPS E33A」では高効率かつ容易に大容量化が行えるように、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を生じる。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「電流＝電圧差／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、より高信頼型のシステムを構築できる。

3.2 主な特長

ここでは、高品質・高信頼を提供する主な特性について紹介する。

(1) 無瞬断特性とソフトスタート機能

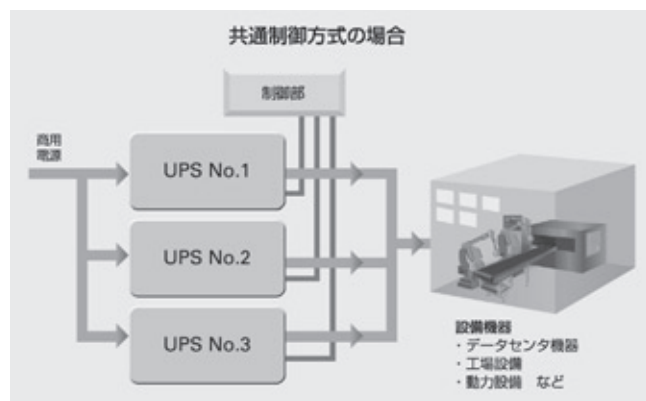
商用電源とインバータが常に並列冗長運転しているように制御を行い²⁾、商用電源異常時は当社独自の切替え技術により商用電源をACスイッチにより高速で切り離し⁴⁾、図3に示すように無瞬断で電力を供給できる。また、復電時も図4に示すように入力電流がソフトスタート機能を有しているため、入力電源から見ると過渡変動が生じない。したがって、エンジン発電機がある場合でも不必要に電圧変動や周波数変動を生じさせない。

(2) アクティブフィルタ機能

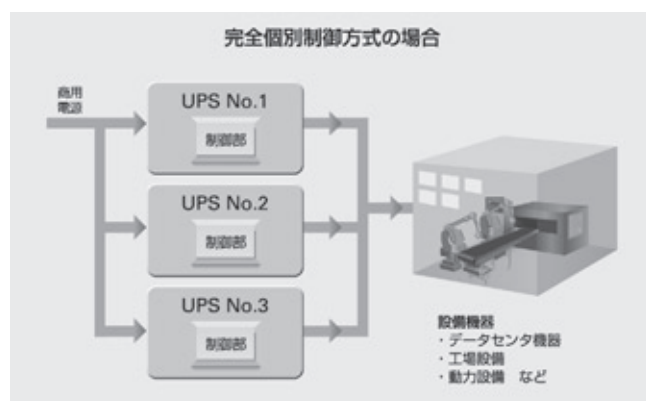
アクティブフィルタ機能とは、負荷機器から発生する高調波電流と無効電力をインバータが補償し、入力電流が正弦波かつ力率が1となるように制御する機能のことである。図5(a)にアクティブフィルタ機能がある時の入出力波形を示し、同図(b)にはアクティブフィルタ機能をOFFとした時の波形を示す。アクティブフィルタ機能がないと入力電圧(商用電源)を歪ませていることがわかる。常時商用給電方式では、この機能がないためこの電圧歪みにより同じ系統に接続される他の機器へ影響を及ぼしたり、自UPSでも停電検出の誤動作を招く原因ともなる。

(3) 並列運転特性と選択遮断特性

並列冗長UPSの場合、1台が故障しても故障号機を直ちに切り離



(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

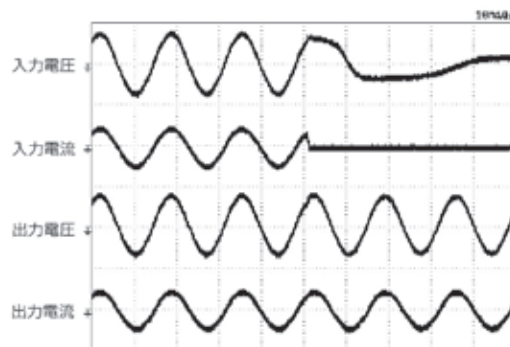


図3 無瞬断波形

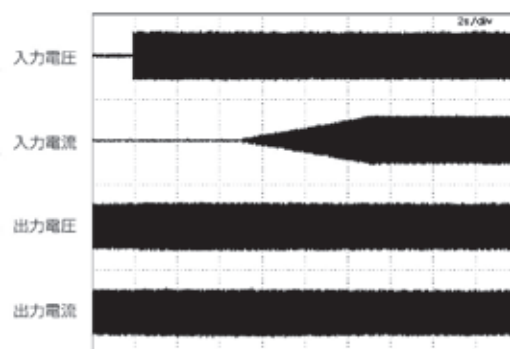
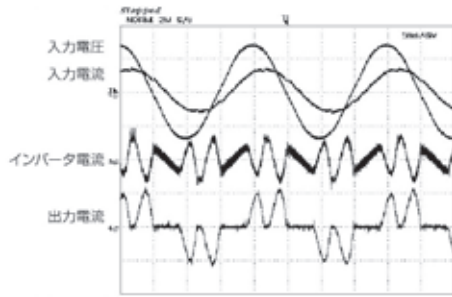
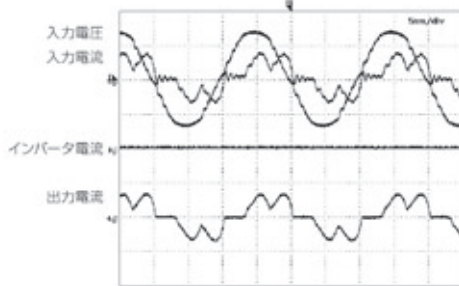


図4 復電時の波形



(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5 アクティブフィルタの効果

し、他の並列UPSにより給電を継続することができる。図6(a)に3台構成でUPS No.3が故障した場合の波形を示す。UPS No.3は故障と同時に直ちに切り離され、総合出力電流には影響を与えずにUPS No.1, No.2が均等に分担されていることが分かる。また、復帰時も図6(b)のように直ちに3台で均等に分担している。

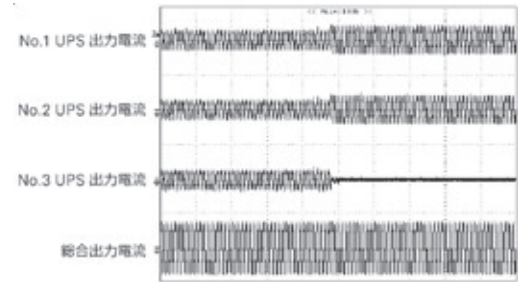
4. 仕様

表1に標準仕様を示した。また、図7に今回開発した並列冗長タイプ(200+100kVA)の概観写真を示した。

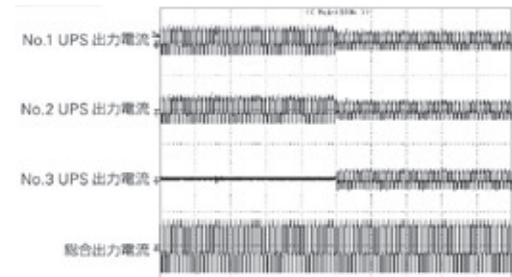
100kVAを基本UPSユニットとし、並列タイプは100～300kVA、並列冗長タイプは100+100kVAおよび200+100kVAをラインナップした。単機以外はn台のUPSを集約する入出力盤とUPSユニットで構成される。入出力盤を導入当初に想定される最大電源容量を選定しておけば、各UPSユニットは計画的に順次導入することも可能である。また、この他にバッテリー盤が構成されるが、UPSユニット毎に配置する個別バッテリーと各UPSユニットで共有する一括バッテリーのどちらでも対応できるようになっている。



図7 今回開発した「SANUPS E33A」
(並列冗長タイプ：200+100kVA)の概観写真



(a) 1台故障(UPS No.3)時の波形



(b) 故障復帰(UPS No.3)時の波形

図6 UPSユニット切離し、復帰(再投入)特性

5. むすび

400V系大容量パラレルプロセッシング方式「SANUPS E33A」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) 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) 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) 鈴木, 岩船:「配電電圧昇圧による省エネルギー・CO₂削減効果の評価」, 日本電機工業会機関誌 電機6月号, Vol.647, 日本電機工業会配電電圧昇圧による省エネ推進委員会, pp39-44 (2002) .
- 4) 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) .

表1 標準仕様

| 項目 | 型名 | E33A104 | E33A204 | E33A304 | E33AR104 | E33AR204 | 備考 | |
|-------------|----------|---------------------------|----------------|---------|----------|----------------------|--------------|--|
| 方式 | | 並列運転 | | | 並列冗長運転 | | | |
| 定格出力容量 | 皮相電力 | 100kVA | 200kVA | 300kVA | 100kVA | 200kVA | | |
| | 有効電力 | 90kW | 180kW | 270kW | 90kW | 180kW | | |
| 運転方式 | | パラレルプロセッシング方式 | | | | | | |
| 交流入力 | 相数・線数 | 三相3線／三相4線 | | | | | | |
| | 定格電圧 | 415V (380,400,420V) | | | | | | |
| | 定格周波数 | 50 / 60Hz | | | | | | |
| | 所要容量 | 120kVA | 240kVA | 360kVA | 120kVA | 240kVA | | |
| | 歪み電流補償 | 補償容量 | 定格容量以内 | | | | | |
| | | 補償回数 | 2 ~ 20次高調波 | | | | | |
| | 補償率 | 75% | | | | | 三相3線の場合 | |
| 入力力率 | 0.97以上 | | | | | 定格運転時 | | |
| 交流出力 | 相数・線数 | 交流入力と同じ | | | | | | |
| | 定格電圧 | 415V (380,400,420V) | | | | | 交流入力と同じ | |
| | 電圧精度 | 商用並列運転時 | + 10%, - 8% 以内 | | | | | |
| | | バッテリー運転時 | ± 2% 以内 | | | | | |
| | 定格周波数 | 50 / 60Hz | | | | | 交流入力と同じ | |
| | 周波数精度 | 商用並列運転時 | ± 5% 以内 | | | | | |
| | | バッテリー運転時 | ± 0.5% 以内 | | | | | |
| | 負荷力率 | 定格 | 0.9 (遅れ) | | | | | |
| | | 変動範囲 | 1.0 ~ 0.7 (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 | | | | | |
| | 瞬時電圧変動 | 変動率 | ± 5% 以内 | | | | バッテリー運転時 | |
| 過負荷耐量 | 商用並列運転時 | 200% (30 秒), 800% (0.5 秒) | | | | | | |
| | バッテリー運転時 | 150% (1 分), 125% (10 分) | | | | | | |
| バッテリー運転への切換 | | 無瞬断 | | | | | | |
| 効率(商用並列運転) | | 98%以上 | | | | UPSユニット単体特性, 負荷力率1.0 | | |
| 騒音 | | 70dB | 73dB | 76dB | 73dB | 76dB | 正面より1m, 高さ1m | |
| 使用環境 | 設置場所 | 屋内 | | | | | | |
| | 周囲温度 | 0°C ~ 40°C | | | | | | |
| | 相対湿度 | 20% ~ 90%(結露しないこと) | | | | | | |
| | 標高 | 1000m 以下 | | | | | | |



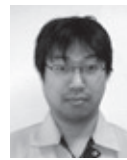
奥井 芳明
1992年入社
パワーシステム事業部 設計第1部
無停電電源装置の開発・設計に従事。
博士(工学)。



平田 博
1985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。



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。



山口 大輔
2005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。



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。



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。