

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」～

柳沢 実

Minoru Yanagisawa

1. まえがき

情報化社会の発展、ことに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・通信機器の電源として供される無停電電源装置(以下、UPSという)は、いかなる場合においても電力を供給する使命と信頼性が求められてきた。しかし、近年のネットワーク化の急増につれて、いろいろな問題が発生してきている。例えば、ネットワークビジネスにはデータセンタの存在が欠かせないが、そのデータセンタに使用するコンピュータの処理能力が増すにつれ、1台の消費電力も増え、さらにコンピュータの小型化によりラックに搭載できる台数も増えている。コンピュータの小型化と消費電力の増加の相乗効果により、フロア当たり、さらにはデータセンタビルとしての消費電力が増大している。この増大した電力を扱うUPSには信頼性だけでなく、高効率化・省スペース化の要求が強まっている。これは地球規模での環境保全の観点からも必須の要求である。

このような背景から、従来の電源供給信頼度を維持しつつ、高効率、小型、軽量の次世代のUPSとして「SANUPS E23A」(当社では、ハイブリッド型の無瞬断UPSとして販売)を提案している。「SANUPS E23A」は、電力変換器を1つで構成することにより高効率、小型化を実現するとともに、新しい制御方式により電源供給の信頼性を確保したオンリーワンのUPSである。本稿では、「SANUPS E23A」の制御技術・特長などの概要を紹介する。

2. UPS各種給電方式の比較

UPSには、現在様々な方式のものがあるが、システムの構成により大別すると、電力変換器を2台用いた常時インバータ給電方式UPSと電力変換器が1台で構成されている常時商用給電方式UPSに分類される。表1にそれぞれの特徴を比較して示した。

表1 UPS給電方式比較

項目	方式 常時インバータ 給電方式UPS	方式 常時商用 給電方式UPS
出力電源品質	◎無瞬断	△瞬断有り
電力損失	△変換器2台	◎常時商用
動作信頼性	◎連続動作	△非連続動作
製品価格	△変換器2台	◎変換器1台

常時商用給電方式UPSは、変換器が一つであるため小型で低コストなUPSである。さらに、常時は商用から電力を供給するため通常運転時の電力損失を抑えることができる。しかしながら、停電などの電源異常時に、異常検出してからインバータ動作をさせるので出力に瞬断をともなった。そのため、負荷システムによっては使用が制限されていた。一方、常時インバータ給電方式UPSは、通常時に商用電力を整流器・インバータの2つの電力変換器を介してAC→DC→ACと変換しているため、電源異常時でも出力に瞬断をともわず常に高品質な電力を供給できた。しかし、電力変換器を常に2つ介して電力を供給しているため、電力損失が比較的大きい特性となっている。ここで、常時商用給電方式UPSの問題点が解決できれば、信頼性・高効率(省エネルギー)・低コストを併せ持つUPSとなる。

3. 新方式無瞬断ハイブリッド型UPSの概要と無瞬断技術

「SANUPS E23A」は、第2項で述べたような常時インバータ給電方式UPSと常時商用給電方式UPSの両方のメリットを併せ持った新方式(無瞬断ハイブリッド型)のUPSである。

本装置の基本構成を図1に示す。図1に示すように、商用電源が異常な場合に切り離すためのACSWと、ひとつの電力変換器(インバータ)で構成されている。

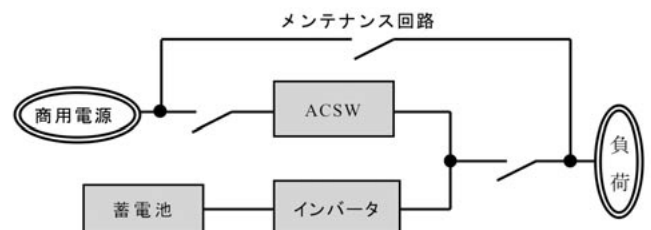


図1 「SANUPS E23A」の基本構成

本方式では、インバータはACSWを介した商用電源と並列に接続し運転している。この時、インバータは商用電源と同じ電圧を

出力している。さらに、インバータは負荷側の歪んだ電流分のみを出力することができ(アクティブフィルタ機能)、商用電源からは歪みのなくなった正弦波電流の供給、すなわち有効電力のみの供給となる。同時にインバータは再生電流により蓄電池へ充電をしている(充電器機能)。常時インバータ給電方式UPSでは、有効電力は2つの変換器を通過していたが、本方式では有効電力は変換器を介さないの、電力損失が少なく、高効率で負荷へ電力を供給することができる。

また、商用電源とインバータは並列冗長運転しているため、商用電源に異常があった場合は、商用電源を切り離し蓄電池よりインバータを介して負荷への給電を継続し、インバータに故障があった場合は、インバータを切り離し商用電源より電力を負荷へ供給できる信頼性の高いUPSである。ここで商用電源を切り離す際の無瞬断技術について紹介する。

無瞬断のための必要技術

停電などの電源異常時に出力を瞬断させず安定な電力供給を継続するためには、

- ①インバータが停電検出時に高速にかつ確実にバッテリー運転に切り換えること
- ②商用電源とインバータを高速に切り離すこと
- ③交流入力の異常を高速に検出すること
- ④停電および瞬時電圧変動以外の電源変動に停電動作(蓄電池放電)しないこと

が重要である。

①の技術：インバータ制御技術

常時商用給電方式UPSは、通常運転時は商用電源よりバッテリーへ充電するため、インバータ回路はAC/DC変換をおこない、制御もバッテリー電圧を制御しており、交流出力側がインバータ回路の入力部となっている。そのため停電時にはバッテリー側を入力部とするDC/AC変換にインバータ回路とその制御を切り換える必要がある。このように常時商用給電方式UPSはインバータ回路の変換方式、および制御方式を切り換えなければならないため、切り換え後の交流出力電圧が安定するまでに一定時間必要であり、瞬断をとまってしまう。また、切り換え後の制御に対しても通常時に使用していない制御部を使うこととなり、制御部の動作の補償はなく、信頼性にも欠けてしまう。

「SANUPS E23A」は、蓄電池へ充電をおこなうインバータ回路にインバータの交流出力電圧を取り込み制御する電圧制御回路を組み込んでいる。制御系統図を図2に示す。これにより、通常運転時インバータ回路はバッテリーから交流出力へ電力を変換するDC/AC変換をおこない、安定した交流出力電圧を出力する機能を有している。このように、インバータ回路のDC/AC変換と商用電源とは並列冗長運転をおこなっており、商用電源側の事故・停電時に商用電源を切り離しインバータ回路はそのDC/AC変換を

継続することで、インバータの出力電圧、すなわちUPS装置の交流出力電圧は変動が発生しない安定した電圧を継続して出力することができる。

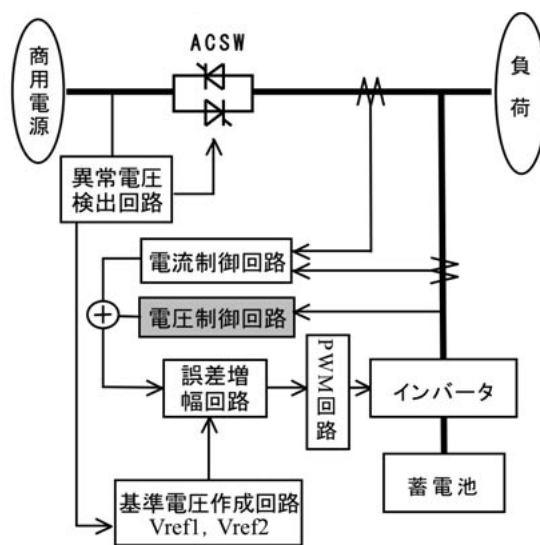


図2 制御系統図

②の技術：交流スイッチ遮断技術

商用電源が異常となった場合、インバータが安定した電圧を出し続けることが可能となっても、電源とインバータを高速に切り離さなければ商用電源の異常な電圧を負荷側に供給し続けることになってしまう。通常、交流を高速で遮断する機器としては、高速遮断機または強制消弧回路を付加したサイリスタ機器があるが、どちらも高価で大掛かりな機器である。

「SANUPS E23A」は商用電源とインバータの切り離し部分は高速遮断が可能となるサイリスタを使用している。サイリスタは完全にOFFするまでに最大で商用周波数の半サイクルの時間が必要であり、サイリスタを強制的に消弧させる必要がある。一般的にサイリスタを強制消弧させるには例えば図3のような回路が必要であり、大掛かりなものとなってしまうが、「SANUPS E23A」ではこのような外付け回路なしでサイリスタを高速に切り離す制御技術を達成した。

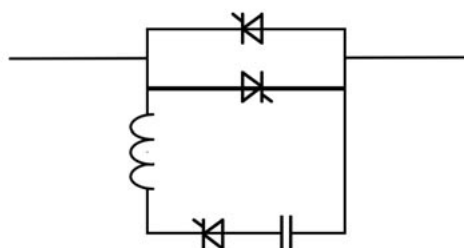


図3 強制消弧回路を付加したサイリスタスイッチ

図2に「SANUPS E23A」のACSW-サイリスタ消弧に関する回路の系統図を示す。図でインバータは基準電圧作成回路によって作成される基準正弦波電圧に基づいて逆変換動作をおこなう。ここで基準電圧作成回路の一つの基準電圧Vref1は、基準正弦波電圧として用いたときにインバータの出力電圧が商用電源と等しくなる基準電圧で、もう一つの基準電圧Vref2はVref1と位相が等しく電圧が高い基準電圧を用意している。商用電源が正常時には、基準電圧作成回路は商用電圧と等しい基準電圧Vref1を選択しインバータはこれに基づいて動作している。商用電源が異常となり、異常電圧検出回路が動作すると、その信号で基準電圧作成回路は商用電圧より高いVref2を選択しインバータを動作させる。これにより導通状態にあるサイリスタに対して逆バイアスとなる電圧がインバータから出力され、交流スイッチは高速に選択遮断することができる。図4にサイリスタの電流を消弧する様子を図示した。

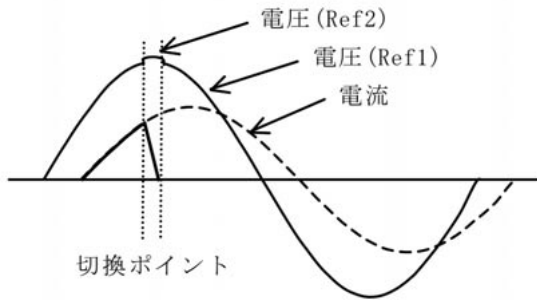


図4 サイリスタの消弧波形の動作

③の技術:高速異常電圧検出技術

図2の中に示す異常電圧検出回路は、交流入力電圧を平均化し異常を判定する回路とあわせて、交流入力波形と位相が等しく交流入力定格の電圧のときその振幅レベルが等しくなる基準正弦波に対し、この基準正弦波を上下にオフセットしバンドを持たせた検出回路を用意している。平均化電圧の異常検出は、スピードは遅いが交流電圧の実効値の異常を精度よく判断し、バンド電圧は交流入力の異常波形を高速に判断し、異常信号を次の回路に送出する。このように異常電圧検出回路は2段階の検出レベルを持ち、高速かつ高精度の異常検出をおこなうことができる。図5にバンド電圧を使った異常電圧検出回路の動作を示す。

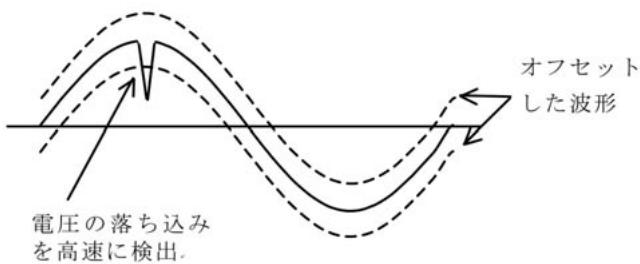


図5 異常電圧検出回路の動作

④の技術:蓄電池放電防止技術

①～③までの技術は、商用電源の停電および電圧異常時にUPS出力電圧が瞬断もなく連続して安定した電圧を出力するための技術である。しかし出力電圧に瞬断がなくても、商用電源の停電以外の電圧変動、つまり蓄電池でエネルギーを補わなくても良い電圧変動、さらには商用電源のノイズなどに反応し蓄電池の放電をとまぬ動作をすれば、蓄電池が不要な放電をしてしまい、実際の停電時に負荷へ電力の供給ができなくなってしまう事象が発生する。「SANUPS E23A」では不要な蓄電池放電をなくすために次の技術を開発した。

交流入力の異常が発生し異常検出回路が動作した場合、図6に示すようにACSWを直ちにOFFし、無瞬断でインバータ出力に切り換える。この際、インバータ回路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。異常時間が短ければ、直ちにACSWをONするため図7に示すように蓄電池からの放電はない。また、図8に示すようなサージ(リングウェーブ)が発生しても、同様に蓄電池の放電はせず、出力に接続される負荷をサージから保護できる。

さらに、交流入力異常が継続すると図9、10に示すように電力変換器はインバータ機能として動作し、蓄電池からインバータを介して負荷へ電力を供給する。

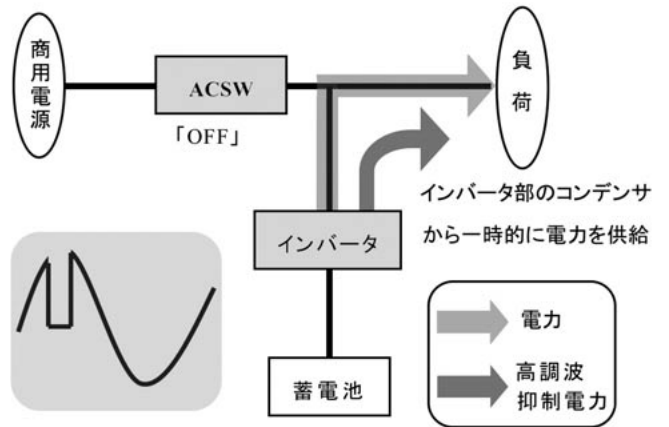


図6 コンデンサ給電の動作

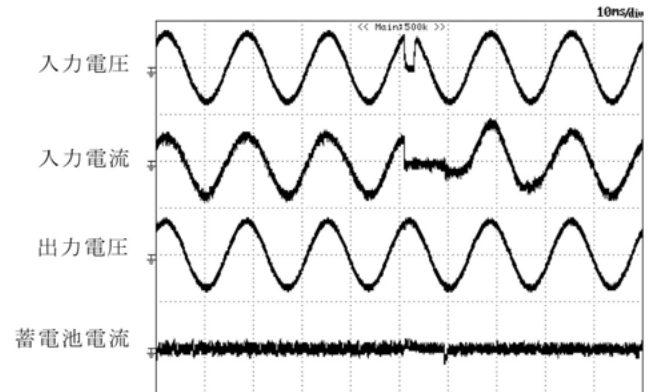


図7 コンデンサ給電時の波形

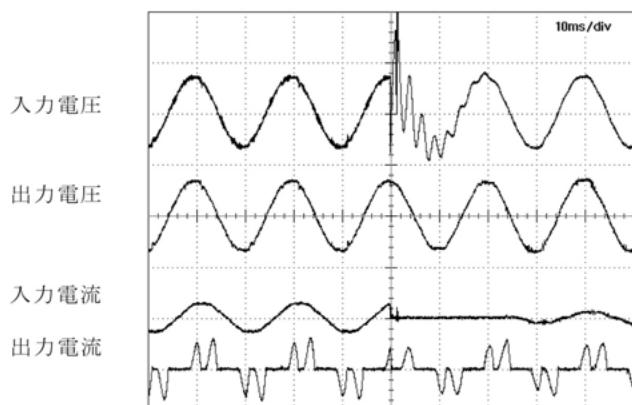


図8 サージ印加時の波形

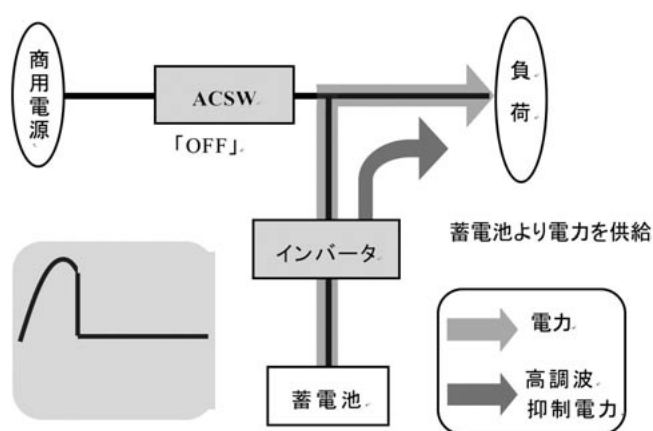


図9 蓄電池給電時

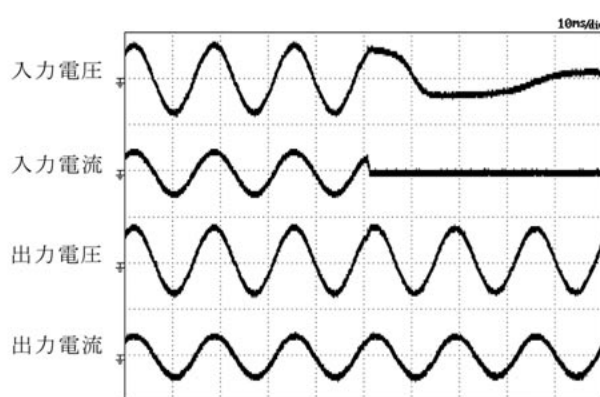


図10 蓄電池給電時切り替え波形

4. 無瞬断ハイブリッド型UPS 「SANUPS E23A」の特長

上述したように常時商用給電方式と同じような回路構成で、常時商用給電方式より高性能なハイブリッド型の無瞬断方式UPSである「SANUPS E23A」の特長を紹介する。また、図11に本装置で20kVA機の外観を示す。

(1) 高効率

常時インバータ給電方式と比較して装置内部で発生する電力ロスが少ないため、常時インバータ給電方式の最大効率87%に対して97%と高効率である(「SANUPS AMA T3」20kVA機との比較)。

(2) 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、サージ発生時などでも保護ができ、この時、不必要な蓄電池放電を防止している。(常時商用給電方式の場合、2ミリ秒～半サイクル程度の瞬断をとまう。)

(3) 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) 動力用途向け

通常運転時の主な電力は、インバータからではなく商用電源から供給されるため、過負荷耐量は800%・0.5秒となっており、当社従来機(800%・2サイクル)と比較して大きくなっている。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でも対応でき、動力負荷にも適している。

(5) 小型・高信頼・経済的

電力変換器が一つで構成されているため、回路構成が簡素化され部品点数が減少できる。そのため、小型、低コストとすることができる。また、部品点数が少ないため平均故障間隔時間(MTBF)も長くなり、給電の信頼性が向上する。

(6) 蓄電池チェック機能

蓄電池は定期的な診断をすることが好ましい。本UPSでは、蓄電池チェック時に給電状態を変えないため安心であり、また自動で定期的に蓄電池をチェックできる機能が搭載されている。

(7) ネットワーク対応

ネットワーク接続に対応しており、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、計測値表示などの機能が使用できる。



図11 「SANUPS E23A」外観

5. むすび

コンピュータのみでなく設備分野も合わせて高信頼な無停電電力の消費は増大している。本稿で紹介した無瞬断ハイブリッド型UPS「SANUPS E23A」は、そのオンリーワンの特長から高信頼・低損失な無停電電源を構築でき、お客さまの消費エネルギーの削減に貢献する。このように地球環境に優しい設備構築の手助けになるものと信じる。

今後は、さらなる高効率かつ信頼性の向上を目指し、業界をリードする製品を提供していく所存である。



柳沢 実

1980年入社

パワーシステム事業部 設計第一部
電源装置の開発, 設計に従事。