

常時インバータUPSの新機種 “FW-S 100V2.0 / 3.0kVA”

丸山晋一郎*
藤原賢司**

New Model of Online Type Uninterruptible Power Supply "FW-S 100V 2.0/3.0kVA"

Shinichiro Maruyama, Kenji Fujiwara

要旨

安定した電力供給が求められるFA(Factory Autom-ation)機器や通信機器といった重要設備用のUPS(Uninterruptible Power Supply)でも、近年の省エネルギー志向の高まりから高い電力効率が求められている。

FA環境は、過大な電源電圧変動・電圧歪(ひず)みや、過大な突入電流・不平衡電流・高調波電流などの過酷な電源負荷環境下にあるが、このようなFA環境でも安心して使用するために、従来の常時インバータUPSの耐電源・耐負荷特性を維持して高効率化する必要がある。

耐電源・耐負荷特性を維持して高効率を実現した常時インバータUPS“FW-S 100V 2.0/3.0kVA”を開発した。その特長は次のとおりである。

(1) 3レベルインバータ回路方式の採用とAC/DCコン

バータ回路電圧制御最適化で電力損失低減を図り、総合効率91%を実現(従来品効率85%)した。

(2) 多彩な外部入出力信号で、UPSや負荷設備の状態監視機能を強化した。

(3) 縦置き(タワー)／横置き(ラックマウント)共用構造によって設置性を向上した。

(4) 商用電源起動・バッテリー起動の双方に対応して、電源環境に応じた利用用途を拡大した。

①商用電源起動：バッテリー劣化や過放電時でも商用電源でUPSの起動が可能である。

②バッテリー起動：停電状態でもバッテリーのエネルギーで起動して、停電時の非常用電源として活用可能である。



縦置き(タワー)



横置き(ラックマウント)

常時インバータUPS“FW-S 100V 2.0 / 3.0kVA”の設置例

常時インバータUPS FW-S 100V 2.0/3.0kVAは、FA環境に適合した高耐電源・高耐負荷特性を維持しながら高効率化を実現した。縦置き(タワー)、横置き(ラックマウント)両方の設置が可能である。

1. ま え が き

FA市場でも電子化及び自動化が更に進み、高性能・高精度製造装置が増加して安定した連続稼働が求められており、厳しい電源環境や多様な負荷に対応するバックアップ電源として常時インバータUPSが存在する⁽¹⁾。常時インバータUPSは優れた耐電源環境性能を持つが、常に電力変換しているため電力損失が多く、あらゆる機器に対して省エネルギーが求められている近年では損失低減が大きな課題となっている。

そこで、耐電源環境性能・過負荷耐量を維持して電力変換効率を改善した常時インバータUPS FW-S 100V 2.0/3.0kVAを開発した。

本稿では、開発品の特長・適用例及び高効率化技術について述べる。

2. 製品の特長

2.1 自在な電源出力

- (1) 出力電圧を100Vから120Vまでの範囲で、ユーザーによる1V単位での変更が可能
- (2) 電源の電圧・周波数に影響されずにユーザーが設定した電圧・周波数で出力可能であるため、電源周波数変換器としての適用が可能

2.2 高効率化

耐電源環境性能・過負荷耐量を維持しつつ、通常運転時(入力電圧100V)の総合効率91%以上を実現した。詳細は3章で述べる。

2.3 FA環境・FA機器との適合性進化

2.3.1 高い耐電源負荷環境性能

FA市場では、動力系の負荷設備で消費される電力が間欠的で変動が大きく、また、突入電流や不平衡電流が発生しやすく、パワーエレクトロニクス機器から発生する高調波高周波電圧、電流が過大である。そのため、電源での電源電圧変動、周波数変動、電圧歪みが大きくなる。

このような厳しい電源負荷環境に対応するため、常時インバータUPS“FW-Sシリーズ”では電源環境と負荷環境を分離するために、電源から電力を得る電源パワー回路(AC/DCコンバータ部)と負荷設備に電力を供給する負荷側パワー部(インバータ部)を独立させて相互の影響を少なくできる常時インバータ給電方式を採用した。

2.3.2 FA機器との連携強化

多彩な外部入出力信号で、UPSや負荷設備の状態監視機能を強化した(図1)。

(1) ブレーカ連動機能

通常、負荷設備は上位のブレーカのオンオフで起動停止できるのに対して、UPSを設置した場合は、負荷設備を起動停止させるためにUPSの起動停止操作が必要になる。

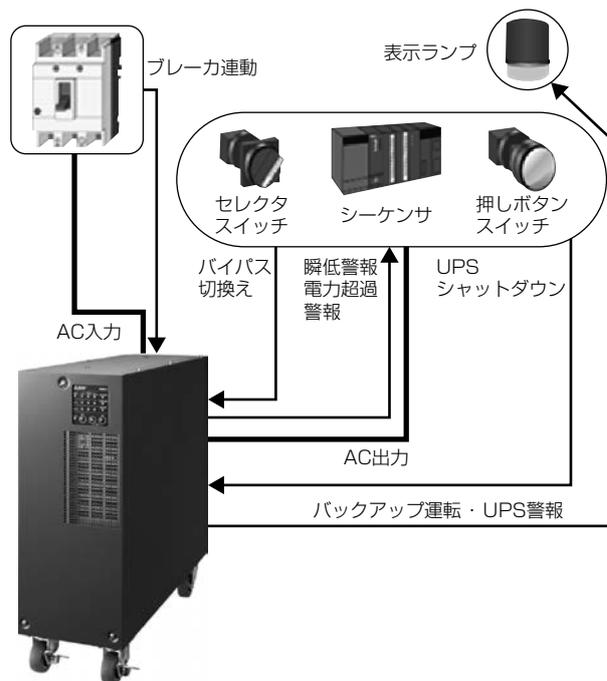


図1. FA機器との接続の例

このため、ブレーカのオンオフ操作で負荷設備を起動停止できるように、ブレーカの補助接点信号の状態を検出して電源異常による停電とユーザーのブレーカオフ操作による停電とを区別して、ブレーカオフ操作の場合はUPSを停止することで、不要なバックアップ運転を防止できる。

(2) 遠隔バイパス切換え機能

UPSの保守時に、UPSの入出力を保守バイパス回路でバイパスするためには、UPSをバイパス運転にして入出力電圧を同一にしておく必要がある。遠隔バイパス指令入力を設けて、保守時はこの入力を有効にしておくことで確実な保守作業が行える。

(3) 瞬低警報

瞬低発生時は、負荷設備の停止を伴わずに生産品にダメージを与えるおそれがある。UPSで瞬低保護をしている設備は瞬低の影響を受けないため、瞬低の発生を特に検知する必要はないが、UPSを設置していない周辺の設備では適切な処置をする必要があり、瞬低発生を把握することは重要である。負荷設備の瞬低耐量に相当するレベル(瞬低電圧・瞬低時間)を設定して、そのレベルを超える瞬低が発生した場合には瞬低警報信号を接点出力することで処置が必要な瞬低発生を把握できる。

(4) 電力超過警報機能

接続する負荷設備の消費電力に応じて警報を出力する値を設定しておくことで、劣化や故障で負荷設備の消費電力が異常に大きくなった場合に警報を出力して、負荷設備の消費電力をきめ細かく監視することができる。

2.4 縦置き／横置き共用構造による設置性向上

縦置き(タワー)と横置き(ラックマウント)の両方が可能

であり、設置スペースによって設置姿勢を選択できるようにした。

2.5 商用電源起動・バッテリー起動対応

バッテリー劣化時や過放電時でも商用電源でUPSの起動が可能で、かつ停電状態でUPSが停止している状態からでもバッテリーのエネルギーで起動して停電時の非常用電源として活用できるようにバッテリー起動回路を搭載した。

3. 高効率化技術

総合効率91%を実現した高効率化技術について述べる。

常時インバータUPSの回路構成を図2に示す。UPSには、大別して4つの運転モードがある。入力電圧が印加された状態で負荷設備に電力を供給していない“出力停止”と入力電圧が印加された状態でAC/DCコンバータ・インバータを介して負荷設備に電力を供給する“通常運転(商用運転)”と入力電圧が印加された状態で入力電圧をそのまま負荷設備へ供給する“バイパス運転”，停電・瞬低時などの電源異常時にバッテリーからコンバータ・インバータを介して負荷設備に電力供給する“バックアップ運転”の4つである。このUPSの稼働時間で、そのほとんどを占める通常運転の高効率化を検討した。

通常運転時に発生する損失は、負荷設備に電力を供給するインバータ回路部と電源から電力を得るAC/DCコンバータ回路部の導通損失、スイッチング損失、フィルタ部損失が大部分を占めるため、インバータ回路部とAC/DCコンバータ部に着目して損失低減を実施した。

3.1 インバータ回路の高効率化

3.1.1 インバータ回路の3レベル化

従来の常時インバータ方式では、ハーフブリッジ2レベルインバータを採用してきたが、スイッチングする電圧が大きくスイッチング損失が大きいため、インバータ回路の3レベル化でスイッチング電圧を下げてもスイッチング損失の改善やフィルタ回路の小型化を行った。

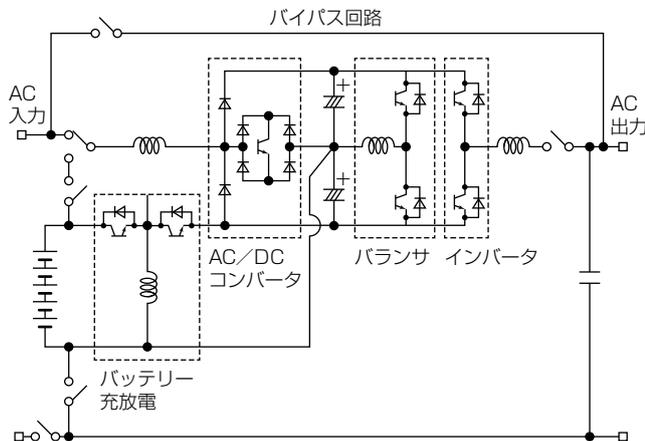


図2. 常時インバータUPS回路構成(従来品)

また、実装面積等を考慮して、従来品からの増加素子数が少ない中性点スイッチタイプの3レベルインバータを採用した(図3)。

3.1.2 インバータ回路3レベル化の課題

インバータ回路の3レベル化によって、スイッチング損失とフィルタ部損失を低減して効率改善が可能となるが、整流器負荷などの場合、出力電流のゼロクロス近傍での出力電圧波形歪みが発生する(図4)。

3.1.3 出力電圧波形歪みの対策

開発当初の3レベルインバータは、インバータの目標出力電圧と目標出力電流に応じてインバータの出力極性を決定していた。インバータの出力極性を固定するとインバータの出力電圧範囲が限定されるため、ゼロクロス近傍で出力電流の電流制御性能が低下して、図4に示すように出力電圧波形歪みが発生していた。

出力電圧波形歪みを低減するため、インバータの目標出力電圧と目標出力電流の2要素に加えて、出力電流誤差極性(インバータの目標出力電流とインバータ電流検出値の誤差)を条件に取り入れた3レベルインバータ出力極性切換え判定方式を採用した。

この方式では、出力電流誤差極性の判定を高速に行うため、極性判定部分をPLD(Programmable Logic Device)へ移植した。これによって、線形負荷と整流器負荷のどち

方式	2レベル(従来品)	3レベル(開発品)
回路		
波形		
メリット	部品数少	スイッチング損失小
デメリット	スイッチング損失大	部品数増/制御複雑化

図3. インバータ回路方式の比較

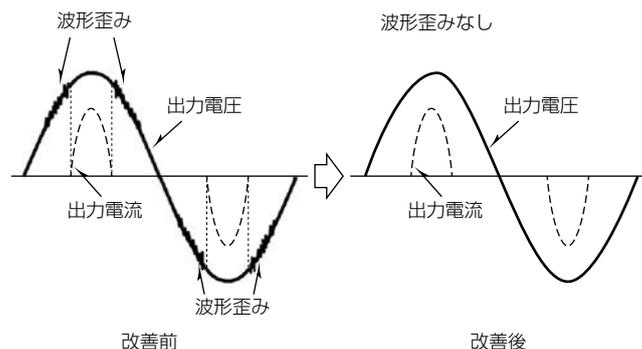


図4. 出力電圧波形歪みの改善効果

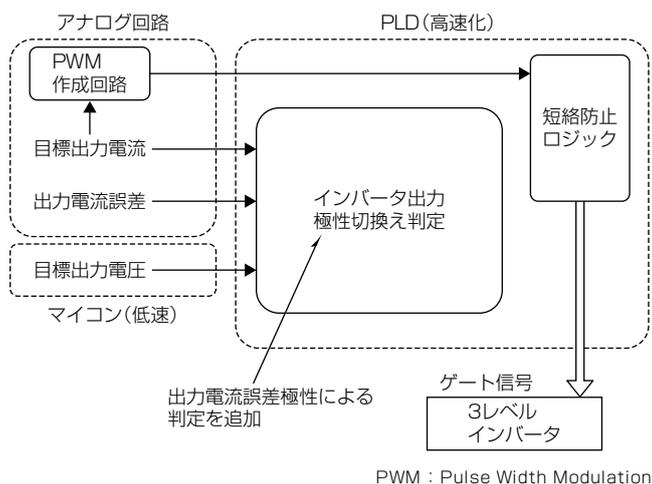


図5. インバータ出力極性切換え判定

らでも出力電圧波形歪みを抑制でき、低高調波の出力を実現できる(図5)。

3.2 AC/DCコンバータの高効率化

3.2.1 DCリンク電圧の低減効果と課題

AC/DCコンバータ回路部は、AC入力電圧のピークより高いDCリンク電圧(コンデンサ電圧)へ電圧変換している。そのため、DCリンク電圧を下げるとAC/DCコンバータの昇圧率が下がり、損失低減が見込める。

しかし、停電でのバックアップ運転への切換え中にDCリンク電圧を下げると、出力電圧ピークを出力するための電圧レベルが不足して出力電圧のピーク付近の波形が歪み、負荷設備に影響を与えてしまうおそれがある。このため、従来品では切換え時の電圧低下を考慮してDCリンク電圧の目標値を高めに設定していた。

3.2.2 バックアップ運転切換え時の電圧制御

FW-S100V 2.0/3.0kVAでは、バッテリーからDCリンク電圧(コンデンサ)を充電するための昇圧回路部分は図6に示すように、2つの昇圧回路が上側と下側のコンデンサをそれぞれ充電して、バランス回路で同電圧になるように制御している。

昇圧回路1は通常運転からバックアップ運転への切り換え時にメカニカルリレーの切換え待ち時間があるため、その間に電圧が下がってDCリンク電圧の低下を抑制することができないが、昇圧回路2はメカニカルリレーの切換えがないため、停電検出直後の昇圧開始が可能である。短時間であれば昇圧回路2だけでも定格負荷相当の電力を供給可能であるため、これを利用して、バックアップ運転切換え時のDCリンク電圧の低下を抑制した。

従来は昇圧回路1, 2ともに目標電圧に対するフィード

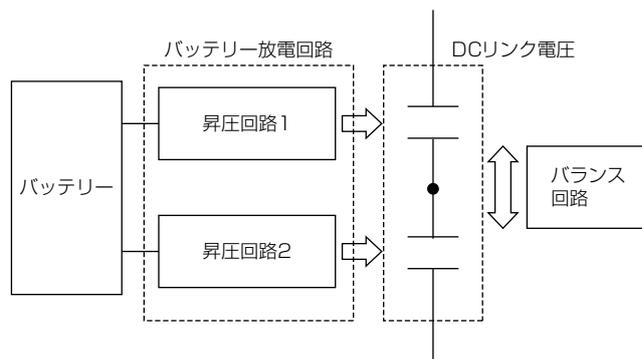


図6. 昇圧回路の構成

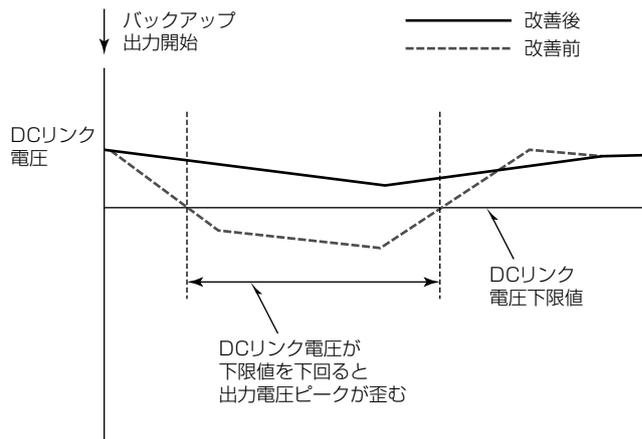


図7. バックアップ切換え時の電圧制御

バック制御だけであったが、昇圧回路2の制御に負荷率を考慮したフィードフォワード制御を追加することで、バックアップ運転切換え時に昇圧回路2から下側のコンデンサを急速に充電してバランス回路で下側から上側のコンデンサを充電する。これによって、図7に示すようにバックアップ運転切換え時のDCリンク電圧を下限値以上に維持することが可能である。

4. む す び

FA市場に対応できる常時インバータUPS“FW-S 100V 2.0/3.0kVA”の特長及びUPSの通常運転モードでの高効率化技術について述べた。

今回確立した技術を今後の常時インバータ開発機種にも適用して、UPSの高効率化を推進していく。

参 考 文 献

- (1) 畠山善博, ほか: F Aに適合した新形常時インバータ方式UPS“FW-Sシリーズ”, 三菱電機技報, 85, No.4, 261~264 (2011)