

【日本機械工業連合会会長賞】

階調制御型パワーエレクトロニクス機器 (UPS、パワーコンディショナ)

三菱電機株式会社

東京都千代田区

1. 機器の概要

無停電電源装置（以下、UPS）や太陽光用パワーコンディショナは、配電系統に接続されるパワーエレクトロニクス機器である。UPS は停電時に負荷への電力供給をバックアップする装置であるが、停電に備えて常時系統に接続されていることから、常時の発生損失を抑え高効率化する必要があった。また太陽光発電システムでは、パワーコンディショナの変換効率を向上させて太陽光で発電した電力をより有効に使えるようにすることが課題であった。

UPS やパワーコンディショナには直流を交流に変換するインバータ回路が必要である。今回当社はインバータ部分に高効率の階調制御型インバータを用いて、パワー半導体素子のスイッチング損失やフィルタ回路での損失を大幅に低減した。その結果、UPS では損失を従来比約66%低減し95%の高効率化に成功した。また、太陽光用のパワーコンディショナでは損失を従来比44%削減し、変換効率を97.5%まで高めることに成功した。



写真1 階調制御型 UPS
(AX-P10-1.5k)



写真2 階調制御型パワーコンディショナ
(PV-PN40G)

2. 機器の技術的特徴および効果

2.1 技術的特徴

UPS やパワーコンディショナに用いた階調制御型インバータについて、従来方式と比較しながら技術説明を行う。

図1に示される従来のインバータ回路はPWM (Pulse Width Modulation) インバータ方式と呼ばれる。出力電圧波形は、目標出力電圧に応じてパルス幅がコントロールされた高周波の矩形波状となっている。そしてインバータの後段には矩形波を平滑化するフィルタ回路が設けられている。PWM インバータ方式では、出力電圧の振幅が大きいいためインバータ用パワー半導体素子のスイッチング損失が大きく、また平滑用フィルタが大容量であるため損失が大きいという課題があった。

図2に示されるインバータ回路は階調制御型インバータ方式と呼ばれ、例えば2進数や3進数の関係にある複数の単相インバータを直列に接続し、それらの出力電圧の組み合わせで波形を出力するものである。

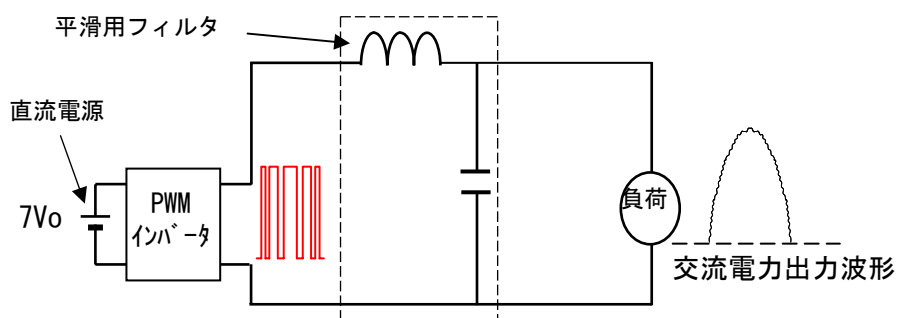


図1 PWM インバータ回路

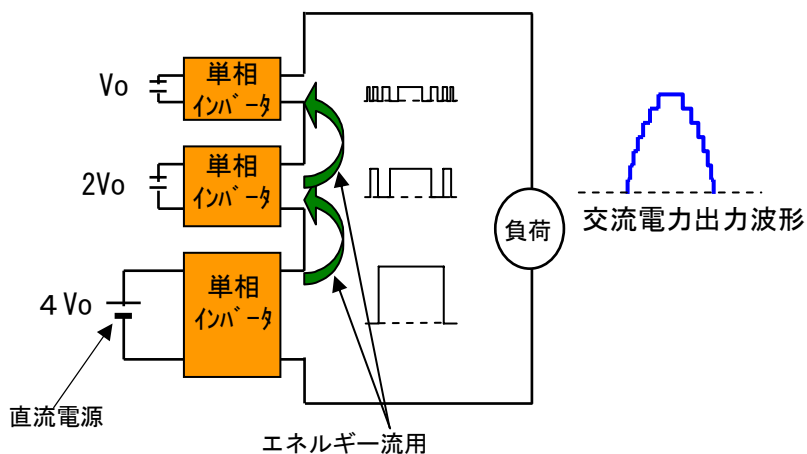


図2 階調制御型インバータ回路

階調制御型インバータ方式では、各単相インバータの組み合わせにより階段状の擬似正弦波が出力される。インバータの出力電圧の変化が非常に小さいため、半導体素子のスイッチング損失を大幅に小さくすることができる。またインバータの出力波形が擬似正弦波であるため、後段の平滑フィルタをなくしたり、あるいは大幅に容量を低減できる。その結果フィルタ回路での損失も低減することができる。

階調制御型インバータ方式では複数の単相インバータを直列に接続しているが、そのままでは単相インバータに直流電源が複数個必要となりコスト高になってしまう。階調制御型インバータをパワーエレ機器に適用する上で、単相インバータ部の直流電源数を低減するか、もしくは電源容量を大幅に低減することが重要な課題であった。そこで、電圧の大きな単相インバータから小さな電圧の単相インバータへ電力を移行しながら波形を生成するエネルギー流用制御技術を開発した。具体的には、小さな電圧の単相インバータの直流部に流入する電力量が平均的にゼロとなるよう、出力電圧の組み合わせパターンを高速に制御した。

2.2 効果

UPS やパワーコンディショナに階調制御型インバータを適用することにより、当社従来機種に比べ以下のような効率向上が図れた（代表機種のみ記載）。

①タワー型 UPS（AX-P シリーズ、0.75kVA～1.5kVA）

当社従来機種効率 85%→階調制御型機種効率 95%
(損失 66%低減)

②太陽光用パワーコンディショナ（PV-PN シリーズ、4kW 機）

当社従来機種効率 95.5%→階調制御型機種効率 97.5%
(損失 44%低減)

図 3 に階調制御型パワーコンディショナ PV-PN40G の効率の特性を示している。PV-PN40G は定格点効率が 97.5%、最大効率は 98%以上が得られている。また、効率向上によって内部で発生する熱が低減したことで、放熱用の空気流入口が不要となり密閉度が高まった。これにより、耐湿性能が大幅に向上し、従来設置できなかった脱衣室・洗面所への設置が可能となった。

また、「階調制御インバータ方式」による電圧振幅の低減で、フィルター回路の

リアクトル（コイル）から発生する音も抑制している。これにより、実運転状態で業界トップクラスとなる低騒音 30dB を達成した。

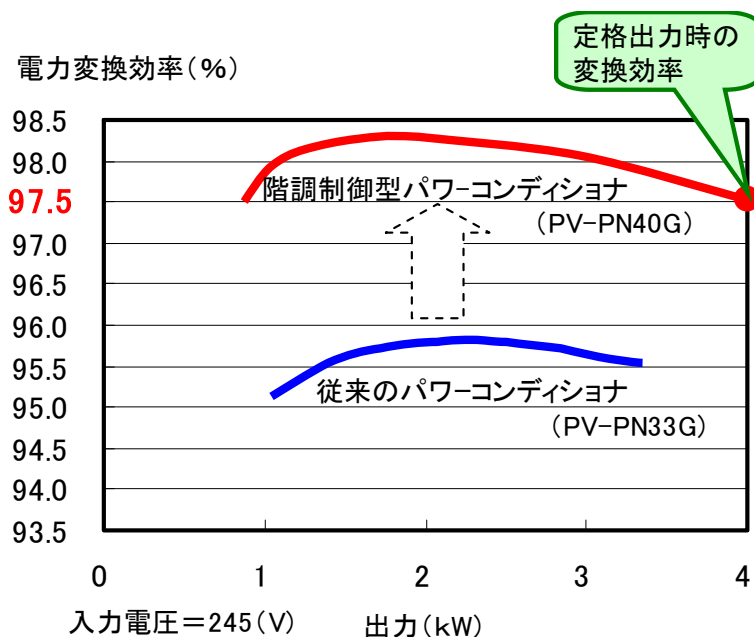


図3 階調制御型パワーコンディショナ PV-PN40G の特性

階調制御型インバータを用いた UPS やパワーコンディショナは、以下のように 2004 年から順次製品化され、省エネに大きく貢献している。

- ・ 2004 年 階調制御型瞬低保護装置の製品化開始
現在 1 ～15kVA の合計 6 機種発売済み
- ・ 2005 年 階調制御型ラックマウント UPS 製品化
1.5、3.0kVA の 2 機種を発売済み
- ・ 2006 年 階調制御型タワー型 UPS の製品化
0.75、1.0、1.5kVA の 3 機種を発売済み
- ・ 2007 年 階調制御型ラックマウント 10 年寿命バッテリー搭載 UPS の製品化
3.0、5.0kVA の 2 機種を発売済み
- ・ 2008 年 階調制御型太陽光用パワーコンディショナを製品化
4kW 機、5.5kW 機を発売済み