三相ダイオードブリッジを主回路とするマルチレベル 電圧形整流回路の多重化法

正員 大口 國臣 (茨城大) 非会員 真木 康臣 (茨城大)

Multiple Phase-Shifted Multilevel-Voltage Source Type Rectifiers Having
Three-Phase Diode Bridge Circuits As Main Power Circuits
Kuniomi Oguchi, Member, Yasuomi Maki, Non-member (Ibaraki University)

キーワード：高調波障害，電圧形整流回路，多重化，大容量化，アクティブフィルタ

現在広く普及しているコンデンサ入力形ダイオード整流装置に起因する高調波障害対策として，アクティブフィルタ的機能をもつ簡単な回路(図1の破線内)を付加することにより，装置入力電圧をマルチレベル化して入力電流波形を改善することを提案した⁽¹⁾。本報告では，この方法を，中・大容量装置に実用されている変圧器多重化整流装置に適用するときに必要な工夫と，多重化に伴う利点と欠点を明らかにする。

図1に二重化整流回路の構成を示す。電圧 v_{nN} のレベル数 l によって各種の波形を合成することができるが，図1では回路構成が比較的簡単な $l=2$ の場合を示した。Rec.1とRec.2の2ユニットを 30° 位相差で動作させる点と三相変圧器の接続法は従来の電圧形多重インバータ⁽²⁾と同じであるが，提案方式では多重数に応じて単位回路の入力電圧波形を図2に示すように変えることが必要になる。

単一回路では12ステップ合成電圧波形を得るようにステップ幅 β を $30^\circ (=360^\circ/12)$ とする。ここで，第5または第7調波成分が0になるように k を決めると，これら二つの条件は同一になって， $k=2\sqrt{3}-3 (=0.464)$ となる。このときの合成電圧の含有高調波次数は $12m \pm 1$ (m : 自然数) で，各高調波の含有率は次数の逆数に等しい。第5および第7調波が変圧器結線により消去される二重化時には24ステップ合成電圧波形を得るように $\beta=15^\circ$ とし，第11または第13調波成分が0になるように k を決めると， $k=0.491$ となる。このときの合成電圧の含有高調波次数は $24m \pm 1$ である。同様に三重化時には36ステップ波形を得るように $\beta=10^\circ$ とし，第17または第19調波成分を0とおくと $k=0.496$ となり，合成電圧の

図1 二重化マルチレベル電圧形整流回路の基本構成(直流側並列接続， v_{nN} が2レベル電圧の場合)

Fig. 1. Dual-rectifier system with proposed multilevel-voltage source rectifiers.

含有高調波次数は $36m \pm 1$ となる。

二重化を例にとると， v_{nN} のレベル数 $l=2, 4, 6$ とすることにより，従来の変圧器二重化電圧形インバータの合成電圧波形のステップ数をそれぞれ，2，3，4倍化した24，36，48ステップの非常に良好な入力電圧波形が得られ，入力アクトル L_s の高調波抑制効果も作用して入力電流は正弦波に近くなる。

この入力電流波形を実効値 I_s の正弦波とみなすと i_{nN} の波形は図3のようになる。単一回路ではその実効値 $I_{nN}=0.416I_s$ となり，二重化時にはステップ幅 β が小さくなる結果 $I_{nN}=0.150I_s$ と小さくなる。各

図2 単位整流回路入力相電圧 v_{AN} 波形
Fig. 2. Input-voltage waveforms of unit rectifier.

図3 整流器入力端電圧と電流が同位相のときの
単相変圧器二次電流 (i_{nN}) 波形
Fig. 3. Waveforms of single-phase transformer secondary current.

相の入力電流、電圧が小さい期間中だけ付加回路は動作するので所要容量 (VA) は小さくてすむ。その目安として単相変圧器二次巻線容量 $V_{nN} I_{nN}$ の装置全入力容量に対する比を実測値から求めてみると、単一回路では 5.7% (直流出力 781 W のとき)、二重化時にはユニット当たり 1.1% (直流出力 635 W のとき) と小さな値であった。このように、多重数の増大と共に β が小さくなって付加回路容量比が大幅に減少する利点が生じる反面、入力電圧位相調整可能範囲が小さくなることと、 i_{nN} が不連続波形になるので図1の回路の単相変圧器二次巻線漏れインダクタンスの蓄積エネルギー処理対策が必要になる欠点が生じる。

図4に実測電圧・電流波形を示す。電圧・電流波形の両方とも従来方式に比較して提案方式のほうがリプルが小さくなっており、波形改善効果がよくわかる。

提案方式は、二重化直流側並列接続整流回路の相間リアクトルのタップ切換方式など⁽³⁾⁽⁴⁾と比較すると、

(a) 二重化ダイオード整流回路 (b) 二重化マルチレベル整流回路 ($l=2$)

上: v_{UN} (50 V/div), 下: i_a (5 A/div)

図4 実測相電圧・電流波形 (電源電圧 100 V, $L_s=5$ mH, 時間軸 2 ms/div)

Fig. 4. Measured input-voltage and-current waveforms.

回路構成がいくらか複雑化する欠点はあるが、(1) 直流側並列接続ばかりでなく直列接続も可能、(2) 二重化に限定されずに単一回路も三重化も実現可能、(3) 多重数の増加と共に付加回路の所要容量比は減少し、(4) $\pm\beta$ 以下の狭い範囲内ではあるが入力電圧位相調整が可能などの利点をもつので広範囲の用途の中・大容量整流装置への適用が期待できる。また、既設の整流装置に提案回路部を追加して、入力電流波形を更に改善する使い方も実用性が大きい。

(平成4年3月24日受付)

文 献

- (1) 大口・真木: 「三相ダイオードブリッジを主回路とするマルチレベル電圧形整流回路の提案」, 電学論 D, 112, 497 (平4-5)
- (2) 電気学会編: 半導体電力変換回路, p. 100
- (3) 榊川・飯田・宮入: 「コンデンサ入力形ダイオード整流回路の多重化と高調波低減」, 平3電気学会全大, No. 473
- (4) Y. Nishida, S. Iida, S. Masukawa & S. Miyairi: "A Method for Reducing Harmonics in Input Line Currents of Double Connected Diode Rectifier", EPE Firenze, 1991

大 口 國 臣 (正員)

昭和38年3月九州大学工学部電気工学科卒業。現在、茨城大学工学部助教授。電力変換回路、電動機、磁気浮上装置、照明の制御の研究に従事。

真 木 康 臣 (非会員)

平成4年3月茨城大学工学部電気工学科卒業。現在、同大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程在学中。電力変換装置とその制御の研究に従事。