

多重インターリーブ CW 回路を用いた高電圧電源とその出力遅れ補償法

鈴木 英紀*, 野口 季彦 (静岡大学)

High-Voltage Power Supply Using Multiple Interleaved CW Circuit and Its Output Delay Compensation

Hidenori Suzuki *, Toshihiko Noguchi (Shizuoka University)

キーワード : コッククロフト・ウォルトン回路, インターリーブ, スミス補償器

Keywords : Cockcroft-Walton circuit, interleave, Smith compensator

1. はじめに

X線 CT に用いられる高電圧電源は不要な被ばくを低減する目的などから出力電圧の高速応答化が求められている。また、高電圧発生部は高耐圧を要求するためモールドされており、素子の故障等であってもユニットごと交換する必要がある。したがって、コストと故障リスクを低減する目的から部品点数の大幅な削減も求められている。

2. 高電圧昇圧回路の構成と動作

一般的にインバータ後段に全波形コッククロフト・ウォルトン回路 (CW 回路) を適用したものが多いが、出力電圧のリップルが小さい反面部品点数が多くなる欠点をもつ。これに対して、提案する回路では半波形 CW 回路をインターリーブ動作により多重化することでリップルの低減と部品点数の削減を実現できる。

本稿では Fig. 1 に示す通り、半波形 2 段 CW 回路を直列接続し、3 相インターリーブ動作させる。設計に際して出力電圧の許容リップルから CW 回路の容量値を決定した。

出力電圧リップル ΔV は CW 回路のコンデンサ容量を C 、出力電流を I 、インバータ動作周波数を f 、出力電圧を V_{out} とすると (1) で表すことができる。

$$\Delta V = \frac{2I}{fCV_{out}} \tag{1}$$

上式からコンデンサ容量を決定し、シミュレーションにより確認を行った結果を Fig. 2 に示す。

また、Table 1 には全波形と提案方式で同様に昇圧を行った場合に必要となる部品点数を比較した。これから、提案方式では部品点数を大幅に削減できることがわかる。

3. 制御法の検討

多段構造をもった CW 回路では入出力間の遅れ時間が大きいので通常の PI 制御では安定かつ高速な応答を得ることが難しい。そのため制御系にスミス補償器を付加して出力電圧応答の改善を試みた。Fig. 3 (a) は PI レギュレータのみ、Fig. 3 (b) はスミス補償器を付加した場合のシミュレーション結果である。これらから、スミス補償器によって安定かつ高速な応答を実現できることがわかる。

4. まとめ

半波形 CW 回路をインターリーブ動作により多重化することで高電圧発生部の部品点数を削減できることを示した。

また、制御アルゴリズムにスミス補償器を導入すること

によって安定かつ高速応答が可能であることを示した。今後は全動作領域での制御特性検証と実機試作を進める。

文 献

- (1) 松原ほか:「高周波空心トランスを用いたコッククロフト・ウォルトン型高圧直流電源の開発」電学論 D, Vol. 126, No. 3, pp. 379-385 (2006).

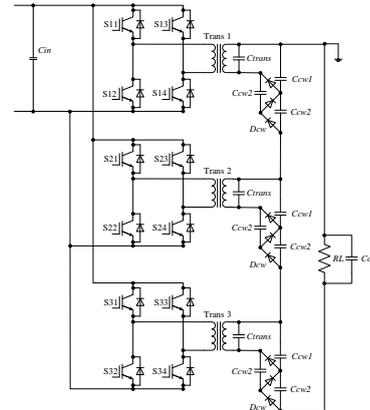


Fig. 1. Circuit diagram.

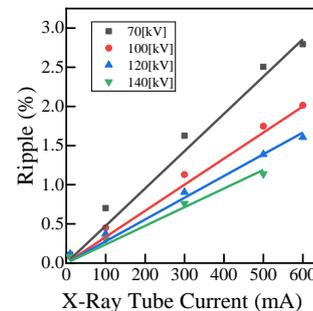
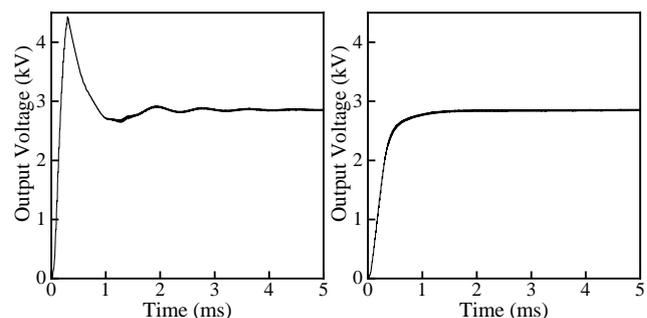


Fig. 2. Comparison of output voltage ripples between simulation and calculation results.

Table 1. Component counts.

CW Circuits	Capacitors	Diodes
Single 6-step full-wave type	18	24
Triple 2-step half-wave type	12	12



(a) Without smith compensator. (b) With smith compensator. Fig. 3. Step responses of output voltage.