

スイッチトキャパシタコンバータの線形領域を利用したサージ抑制法の動作検証

◎松浦浩一 伊東淳一

(長岡技術科学大学)

1. はじめに

近年、リアクトルなしで小型、軽量のDC/DCコンバータを実現する方法として、スイッチトキャパシタコンバータ(SCC)が盛んに研究されている⁽¹⁾⁽²⁾。しかし、スイッチングにおいて素子に大きなサージ電流が発生するため、制限抵抗や大容量素子が必要であった。そこで筆者らは、スイッチの線形領域を利用することで、素子の電流容量及び、部品点数の増加のない、サージ電流抑制法を提案し、シミュレーションでその有用性を確認してきた⁽³⁾。

本論文では、実機により提案法の基本的な動作を確認したので報告する。

2. 提案方法

図1に2倍昇圧形SCCの回路図を、図2に提案するゲート電圧の制御法を示す。線形領域で使用すればドレイン電流 I_D はゲート・ソース間電圧 V_{GS} とドレイン・ソース間電圧 V_{DS} にて制御できる。よって、サージを抑制する時間のみ線形領域でスイッチを動作させることで、ピーク電流を抑制することができる。また、線形領域ではスイッチにおける損失が大きくなるため、サージ電流を抑制した後は飽和領域で動作させる。

(1)式に従来法と提案法のキャパシタ間を移行する電荷量の関係式を示す。ただし、 I_p は抑制後の電流最大値、 τ は時定数とする。(1)式から線形領域動作時間 T_L は(2)式となる。また、(1)式において、右辺の定数は従来法のピーク電流を表すが、実際には回路上の配線インダクタンスの影響で、従来法のピーク電流は理論値よりも小さくなる。

$$I_p T_L = \int_0^{\tau} i_{CS}(t) dt = \frac{2V_i - V_o}{2r_{on}} \int_0^{\tau} e^{-\frac{1}{2r_{on}C_S}t} dt \quad (1)$$

ただし、 $\tau = 2r_{on}C_S$

$$T_L = \frac{C_S(2V_i - V_o)}{I_p}(1 - e^{-5}) \quad (2)$$

3. 実験結果

図3に、負荷100W、入力電圧24Vにおける従来法と提案法の実験結果を示す。実験条件は図1に示す通りである。ここでは、スイッチ S_2 、 S_4 に提案法を適用して検証を行った。また、線形領域動作時間 T_L は、キャパシタ電流 i_{CS} を $I_p=10A$ で抑制するものとして、(2)式より $T_L=1.9\mu\text{sec}$ とした。

結果より、従来法では、大きなピーク値を持ったキャパシタ電流が流れているが、提案法により電流のピーク値を10A程度に抑制できていることが確認できる。なお、キャパシタ電流波形が共振しているが、これは主回路に約100nHのインダクタンス成分が含まれているためであり、共振の様子はシミュレーションにおいて確認している。負荷100W、入力電圧24Vにおいて、従来法、提案法の効率それぞれ、84.0%、90.4%となっ

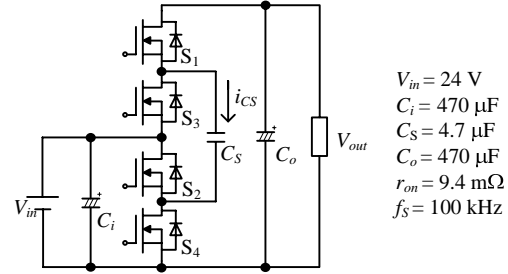


Fig. 1. Double boost type switched capacitor converter.

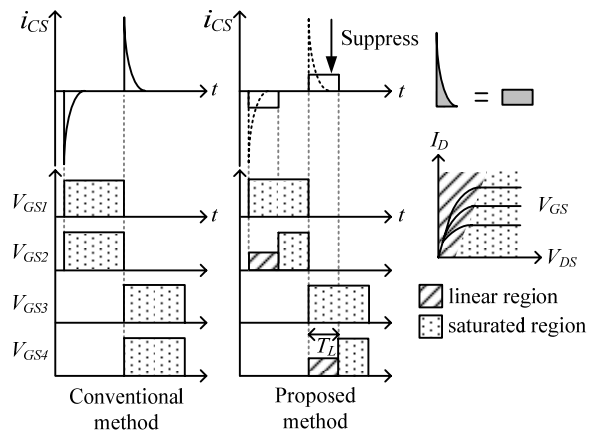


Fig. 2. Operation of the proposed control.

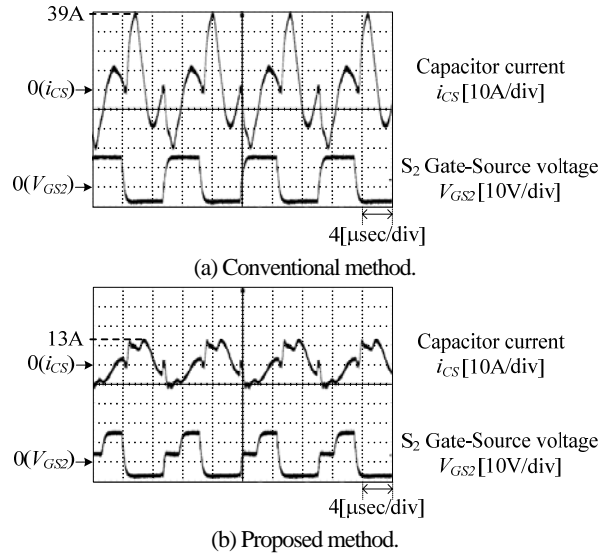


Fig. 3. Experimental results.

おり、実機における提案法の有効性を確認できた。

今後は負荷効率特性の検討、及び制限抵抗を接続した場合との効率比較を行う。

参考文献

- (1) M.Shoyama,T.Ninomiya: PCC-Nagoya 2007, LS3-44
- (2) 佐野・藤田, 電学論D, 128 巻10号, 2008
- (3) 松浦・伊東, 北陸支部連合大会, [A-75], 2009