

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検討

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スイッチング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。

本論文では，SCC においてスイッチの線形領域を利用することで，素子の電流容量増加なしに，サージ電流を抑制可能な制御法を提案する。

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。線形領域で使用するればドレイン電流 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，ピーク電流を抑制する。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コンデンサ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とする。(1)式から線形領域での動作時間 T_L は(2)式となる。

$$I_p T_L = \int_0^{10r_{on}C_s} i_{CS}(t)dt = \frac{2V_i - V_o}{2r_{on}} \int_0^{10r_{on}C_s} e^{-\frac{1}{2r_{on}C_s}t} dt \quad (1)$$

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

3. シミュレーション結果

図 3 に提案法によるシミュレーション結果を示す。ここでは，スイッチ S_1, S_3 に提案法を適用してシミュレーションを行った。また，線形領域での動作時間 T_L は，コンデンサ電流を $I_p=10A$ で抑制するものとして，(2)式より $T_L=3.43\mu\text{sec}$ とした。従来法ではスイッチが切り替わるタイミングで大きなサージ電流が発生しているが，提案法によりサージを抑制できている。

次に提案法の発生損失について考察する。ここでは， C_s と直列に抵抗を接続してサージ電流を抑制した場合に生じる損失 P_R と線形領域による損失 P_L を比較する。 $I_p=10A$ とすると，サージ抑制用の抵抗は 0.586Ω 必要となり， P_R は $11.8W$ とな

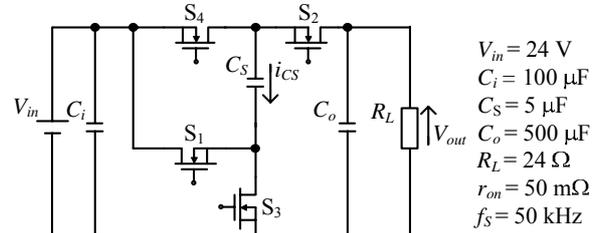


Fig. 1. Double boost type switched capacitor converter.

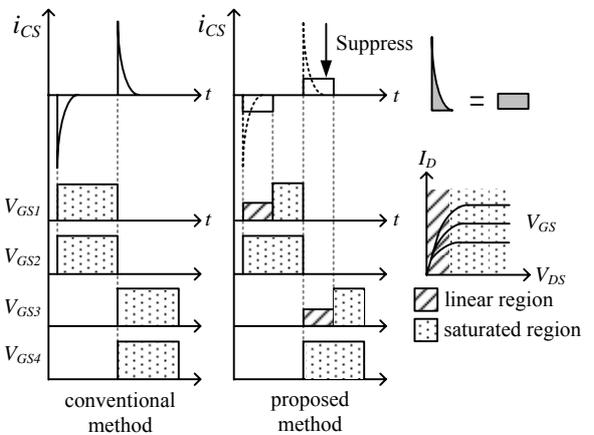
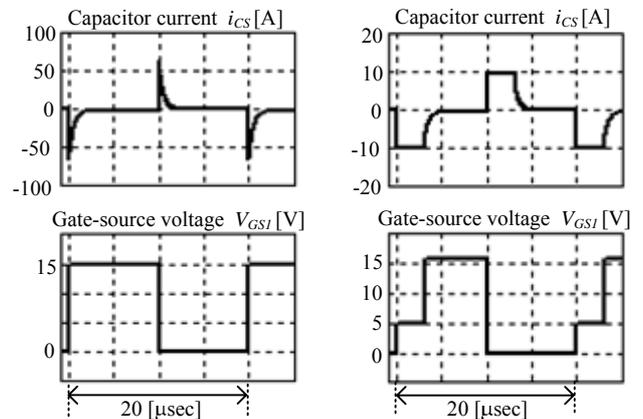


Fig. 2. Operation of the proposed control.



(a) Conventional method. (b) Proposed method.
Fig. 3. Simulation results of the proposed method.

る。一方，チャネル抵抗を $50m\Omega$ とした場合，損失 P_L は $1.72W$ となる。従って，提案法ではサージによる損失を $1/10$ 程度に削減できる。以上より，提案法の有用性を確認した。今後は実機による検証を行う。

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