

リング形スイッチトキャパシタ(SC)コンバータの 負荷変動対応について

○ 寺田晋也 (崇城大学工学研究科), 大田 一郎 (熊本電波工業高等専門学校)

江口 啓 (静岡大学) 上野 文男 (崇城大学情報学部)

1. はじめに

スイッチトキャパシタ(SC)コンバータは、コイルを用いないコンバータとして注目されている. その中でリング形SCコンバータ[1]は、1. プログラマブルに電圧変換が可能である. 2. 出力電流の大きい負荷において高効率であるという特長をもつ. 本論文は、充電するキャパシタの個数 $r(1 \leq r < N)$ が小さい時、充放電に関係ないキャパシタを並列接続して、負荷に関係なく出力電圧のリプルを軽減できる制御方法を提案する. 有効性を確認するために、hspiceによりキャパシタの個数 $N=5$, 変圧比 $1/r$ の場合について、提案回路の特性を解析する.

2. 提案するコンバータ

図1は、キャパシタ N 個の場合のリング形SCコンバータである[1]. 同回路は、キャパシタ(C_j, C_0)と半導体スイッチ($S_{gj}, S_{rj}, S_{ij}, S_{oj}$)で構成されている($1 \leq j \leq N$). 図1の回路は、各スイッチの信号を制御することによって電圧変換を行う.

2.1 従来の制御方法

スイッチ S_{gj} は重なり合わない N 相クロックパルス Φ_{gj} , スイッチ S_{rj} は、 Φ_{gj} を反転したパルス Φ_{rj} によって駆動される. また、スイッチ S_{ij} および S_{oj} は、 Φ_{gj} のためのパルスを循環的にずらしたパルス Φ_{ij} および Φ_{oj} によって駆動される. 放電するキャパシタの個数が1個の場合でありかつ、無負荷の場合、出力電圧は、 $V_{out}=(1/r) V_{in}$ で与えられる.

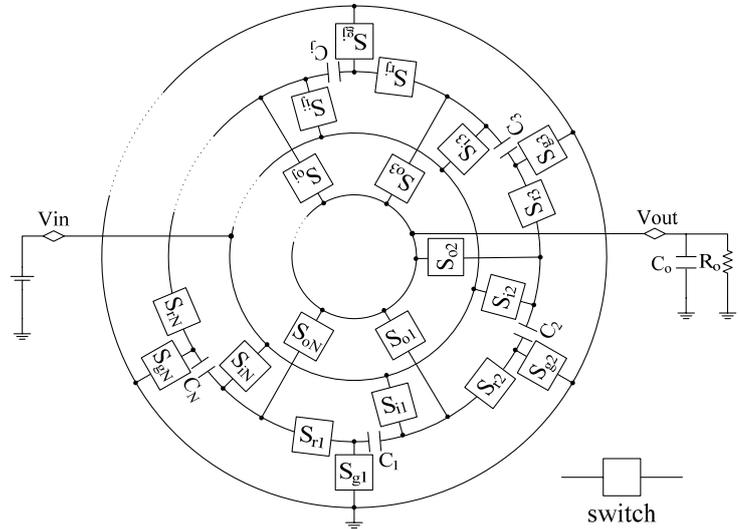


図1 リング形スイッチトキャパシタ(SC)コンバータ

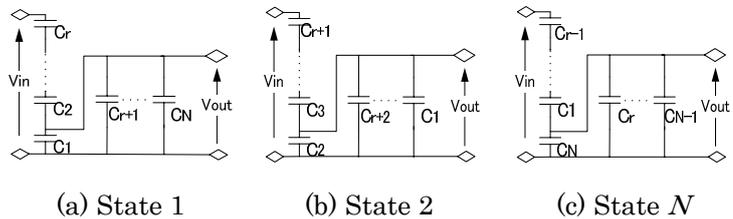


図2 提案する制御方法の瞬時等価回路

2.2 提案する制御方法

図2に、提案する制御方法を適用した場合の瞬時等価回路を示す. $r=N$ の場合には従来の制御方法とまったく同じであるが、 $r < N$ の場合には、従来手法において充電および放電に利用しなかったキャパシタを出力端子に接続する. このことによって、出力電圧のリプルを軽減することができる. なお、無負荷の場合における出力電圧は、従来と同じ $V_{out}=(1/r) V_{in}$ で表すことができる.

3. シミュレーション

提案する制御方法の有効性を明らかにするために、図1と図2において $N=5$ の場合について、回路シミュレータ hspice によるシミュレーションを行った. 入力電圧 $V_{in}=10V$, キャパシタ $C_1=\dots=C_N=C_0=3\mu F$, 動作周波数 $f_s=200kHz$, 各スイッチのオ

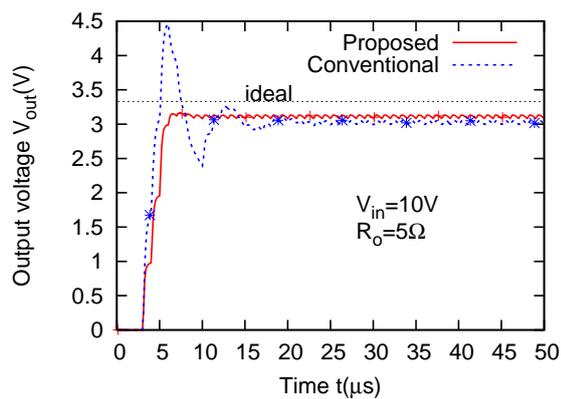
ン抵抗 $R_{on}=0.16\Omega$ の条件で行った．図 3 に，変圧比 1/3 の場合の(a)過渡特性と (b)電力変換効率 η およびリップル V_{p-p} の特性を示す．スタートアップ時に，従来の制御方法では，オーバーシュートが発生しているが，提案している制御方法は，各コンデンサ電圧を平均化しているため発生していない．また，図 4 には，変圧比を変えた場合の電力変換効率およびリップルを表す．充電するキャパシタ r が少ないほど，電力変換効率およびリップルが良いことが分かった．

4. まとめ

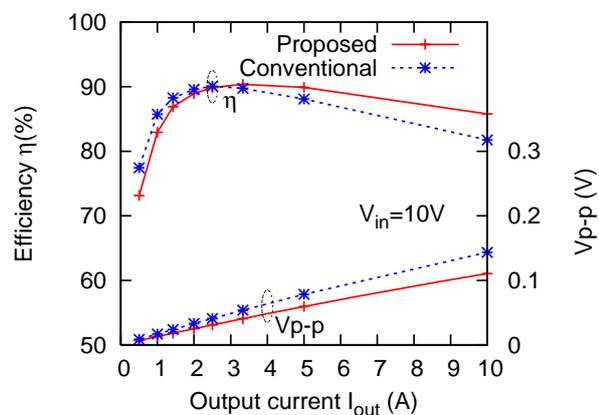
リング形 SC コンバータにおいて，活用していないキャパシを平滑キャパシタとして活用した制御方法を提案し，回路シミュレーションによりその諸特性を明らかにした．その結果，本提案する制御方法は，リップルの軽減と電力変換効率の向上に寄与できることがわかった．回路構成が同一のため負荷電力が小さい場合は従来の制御方法で動作させ，負荷電力の大きい場合は本方式を採用し，更に PFM 制御方式を併用することによって，負荷に対する電力変換効率の最大化を更に充実させることができる．

参考文献

- [1] S.Terada, I.Oota, K.Eguchi and F.Ueno, "A ring type switched-capacitor (SC) programmable converter with DC or AC input/ DC or AC output", IEEE MWSCAS 2004 Hiroshima, Japan, July 2004



(a) 過渡特性



(b)電力変換効率 η およびリップル V_{p-p}

図 3 変圧比 1/3 のコンバータ特性

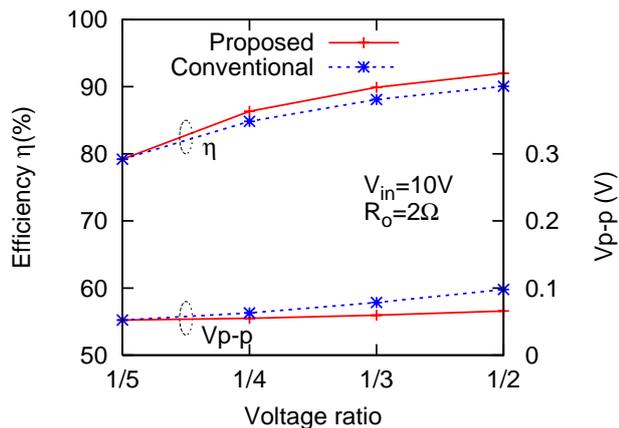


図 4 変圧比を変えたときの電力変換効率 η およびリップル V_{p-p} の特性

問い合わせ先： 崇城大学情報学部 上野 文男

Tel : 096-326-3617 E-mail : ueno-f@cis.sojo-u.ac.jp