

昇圧マトリックスコンバータにおける損失解析

○小岩 一広・加藤 康司・伊東 淳一（長岡技術科学大学）

1. はじめに

電解コンデンサなしで交流から交流へ直接変換可能であるマトリックスコンバータ⁽¹⁾⁽²⁾(以下 MC) の出力電圧範囲は入力電圧の 0.866 倍に制限される。本論文では、MC に V 結線の交流チョッパを挿入することで昇圧を可能とする昇圧 MC を提案する。ここでは、(1)提案回路のスイッチング素子及びダンピング抵抗の損失を解析(2)ダンピング抵抗の最適化(3)提案回路と BTB の損失比較を行い、提案回路の有効性を確認したので報告する。

2. 回路構成

図 1 に提案する昇圧 MC の回路図を示す。本回路は、MC の入力側に V 結線のチョッパを挿入し、昇圧する。ここで MC の制御法は文献(1)を用いる。また、チョッパはオープンループ制御で昇圧比を固定しているため、簡単に制御できる。そのときの提案回路の入出力電圧関係は以下ようになる。

$$v_{out} = \lambda_{mc} v_{in} \beta_{chop} \quad (1)$$

ここで、 λ_{mc} は MC の変調率 ($0 \leq \lambda_{mc} \leq 0.866$)、 β_{chop} はチョッパの昇圧比である。提案回路は昇圧比に応じて MC の出力電圧を広範囲に制御できる。

3. シミュレーション結果

図 2 に負荷 1.5kW、入力電圧 200V、出力電圧 200V としたときの入出力波形を示す。従来の MC では出力電圧は 173V に制限されるが、提案回路は出力線間電圧 200V を得られており、昇圧形 MC の基本的な動作を確認できる。

図 3 にダンピング抵抗 R の損失解析結果を示す。ここで、R は L に並列及び直列、C に並列及び直列の 4 パターンで解析する。また、損失は定格電力で規格化している。R を L に並列に挿入した場合、チョッパのスイッチングリップルにより L の両端の電位差が増大するため R の損失が大きい。また、L に直列に挿入、C に並列に挿入した場合、基本波成分の損失が発生するため、損失が増大する。よって、損失面を考慮すれば R は C に直列に挿入するパターンが最良である。

図 4 に BTB と提案回路の損失解析結果を示す。このときの効率は BTB が 96%、提案回路が 96.1% となる。両者の回路において導通損は電流通過素子数が同じため、ほぼ同等となる。また、一制御周期中のスイッチング回数は、BTB が 12 回に対して提案回路は 8 回でとなるため、提案回路のスイッチング損失は BTB の約 2/3 倍となっている。以上の結果より提案回路の有用性を確認した。

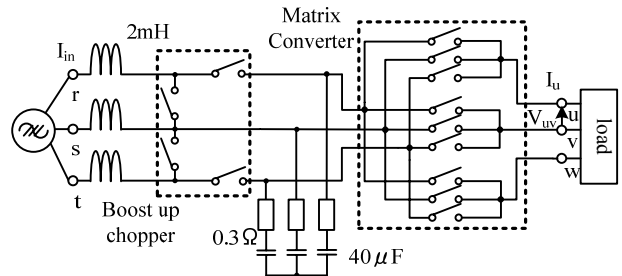


Fig. 1. Proposed circuit.

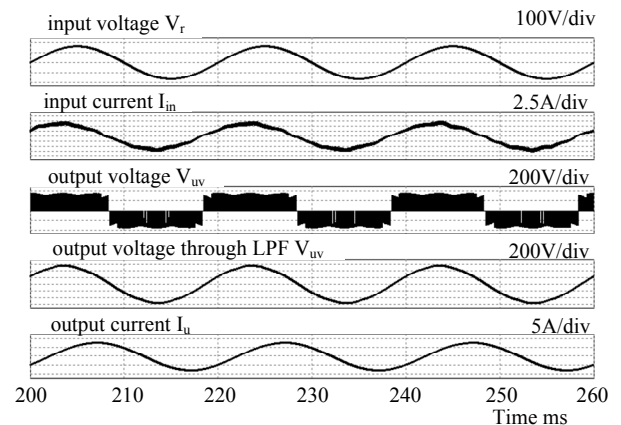


Fig. 2. Simulation results.

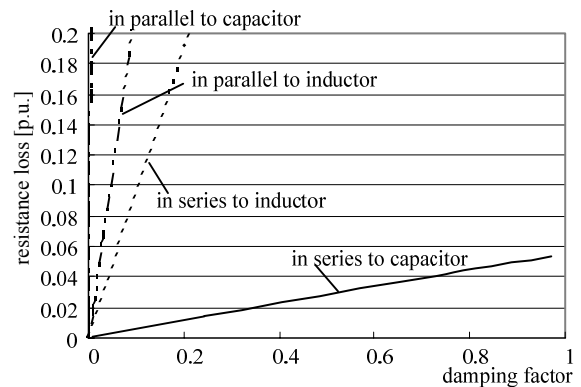


Fig. 3. Loss analysis of damping resistor.

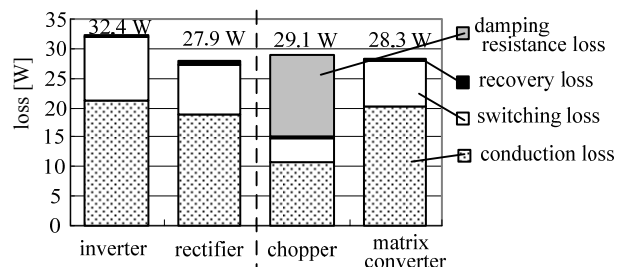


Fig. 4. Loss analysis of the proposed circuit and BTB.

参考文献

(1) 伊東他, 電学論D, 124巻5号, P457, 2004
 (2) Pawel Szczesniak et al, EPE-PEMC 2008, P165