

インターリーブ昇圧チョップと Dual Active Bridge コンバータを用いたワンコンバータ方式 DC-DC コンバータの損失解析

玉川 晟・渡辺 大貴・伊東 淳一(長岡技術科学大学)

1. はじめに

DC マイクログリッド⁽¹⁾や直流配電に適用する双方向絶縁型 DC-DC コンバータとして、DAB コンバータ⁽²⁾がさかんに研究されている。DAB コンバータは入出力電圧比と巻き数比が一致しない条件では ZVS 範囲の制限やインダクタ電流実効値が増加する問題がある。

本論文ではインターリーブ昇圧チョップと DAB コンバータのレグを共有化したワンコンバータ方式 DC-DC コンバータを提案する。半導体部品の損失解析結果より、従来の昇圧チョップと DAB コンバータの 2 ステージ方式と比較し、半導体の損失を最大 45%低減できたため報告する。

2. 回路構成および最大伝送電力について

図 1 に提案回路の回路図を示す。本回路は入力電源に直列にキャパシタを接続し電圧制御を行うことで、入出力電圧が変動した場合においても 1 次側と 2 次側のトランス電圧比を巻き数比に一致させるように動作が可能である。また伝送電力はキャリア位相シフト変調を用いる。

図 2 に昇圧比に対する最大伝送電力の関係を示す。従来の DAB コンバータでは印加電圧とインダクタ、トランスの巻き数比、スイッチング周波数により最大伝送電力が決定される。しかし、本回路は昇圧比に応じて各アームのデューティが変動する。そのため、昇圧比が低い領域では一次側下アームがほぼスイッチングしないため、トランス電流実効値が低下し、伝送電力が制限される。一方で昇圧比が 2 となる条件時に伝送電力が最大となる。これは本条件時にデューティが 50%となり、従来の DAB コンバータとほぼ同等の伝送電力が得られるためである。

3. 損失特性および損失解析結果

図 3 に従来の 2 ステージ方式と提案回路の半導体部品の損失特性を示す。図 3 より、提案回路の昇圧比が 2 となる条件で損失が最も低減でき、伝送電力 2kW 時では半導体部品の損失は最大 45%低減し、効率は 99.1%となった。従来回路では昇圧チョップがハードスイッチングするのに対し、提案回路では ZVS を達成でき、かつ通過素子数を削減できるため損失を低減できる。一方で昇圧比 1.5 の条件では損失が増加する。これは提案回路において一次側下アームがハードスイッチング条件になっているためである。昇圧比に対する ZVS 範囲は今後検討する。

図 4 に伝送電力 6kW 時における半導体部品の損失解析結果を示す。昇圧比 2 の条件で比較すると、2 ステージ方式ではチョップ回路がハードスイッチングするため、スイッチング損失が大きい。一方で提案回路は ZVS を行うためターンオン損失はほぼゼロとなる。また通過素子数の削減により導通損失も低減できている。一方、昇圧比 1.5 の条件では一次側下アームがハードスイッチング条件となり、スイッチング損失が増加する。よって本回路は昇圧比が 2 の条件で最も高効率が可能である。今後の予定として、昇圧比と ZVS 範囲の関係の明確化、磁気部品の最適設計、実機試験が挙げられる。

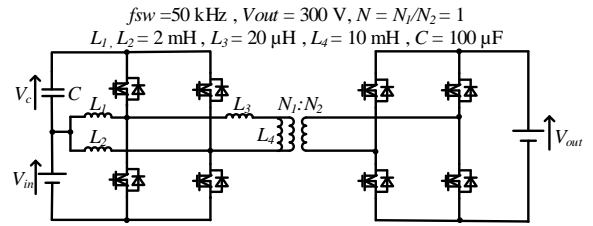


Fig. 1. Proposed converter.

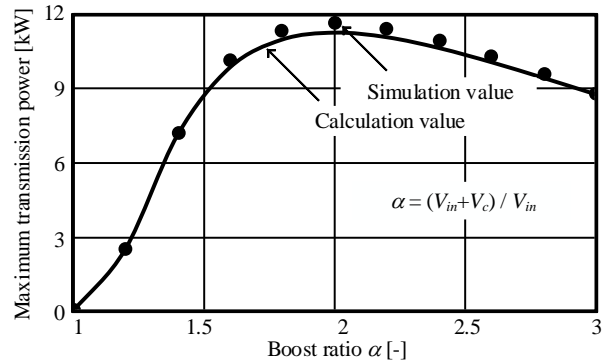


Fig. 2. Relationship between boost ratio and maximum transmission power.

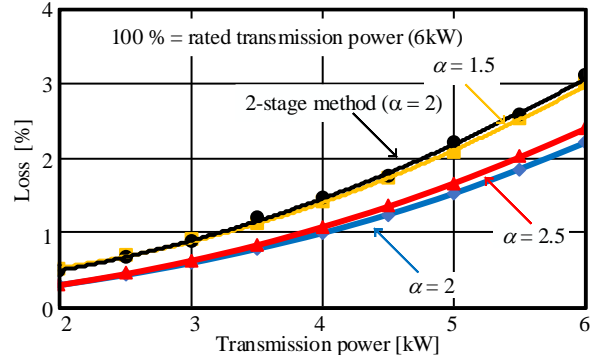


Fig. 3. Relationship between transmission power and loss.

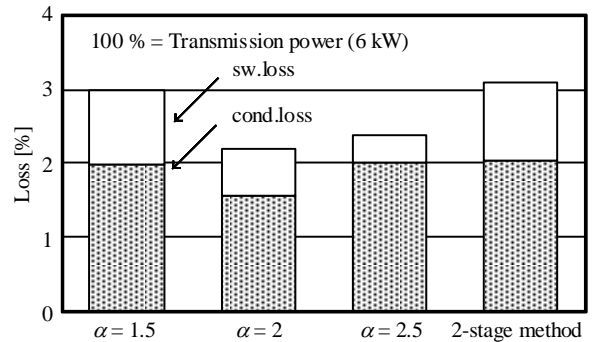


Fig. 4. Loss analysis result of each converter.

文 献

- (1) Nikos Hatzigiorgiou etc. : IEEE Power and Energy Magazine, vol.5, no.4, pp.78-94 (July-Aug. 2007)
 (2) R.W.A.A. De Doncker etc. : IEEE Transactions on Industry Applications, vol.27, no.1, pp.63-73 (Jan/Feb 1991)