

電流不連続モードで動作する

三相 DAB 型 AC-DC インダイレクトマトリックスコンバータの基礎検証

小野寺 陵希・楠居 琳太郎・渡辺 大貴・中田 祐樹・伊東 淳一（長岡技術科学大学）

1. はじめに

近年、電気自動車向け大容量充電器への適用を想定した三相-三相マトリックスコンバータ(MC)を用いた三相 DAB 型 AC-DC コンバータが提案されている<sup>(1)</sup>。しかし、提案回路では軽負荷時に系統電流 THD が悪化する問題がある。一方、文献(2)では三相-単相 DAB-MC において同様の問題に対し、インダクタ電流にゼロ電流期間を設ける電流不連続モード(DCM)の適用が報告されている<sup>(2)</sup>。そこで本稿では提案回路に DCM を適用し、軽負荷・降圧条件下で電流ひずみを改善したことをシミュレーションにて確認する。

2. 提案制御手法

図 1 に検討回路構成を示す。本回路は三相-三相 MC と高周波トランス、二次側三相インバータで構成される。なお、本論文では基礎検証であり、制御方式の簡単化の観点から、一次側にはインダイレクトマトリックスコンバータ(IMC)を用いている。

図 2 に提案制御法のゲートパルス波形を示す。IMC の電流形整流器(CSR)は空間ベクトル変調を用いて系統電流を制御する。また、IMC は系統側の三相電流平衡と電圧型インバータ(VSI)の各相の出力電圧時間積の一致をそれぞれ達成する必要がある。そのため、CSR が最大相電圧  $V_{max}$ 、中間相電圧  $V_{mid}$  を出力している期間  $T_{max}$ 、 $T_{mid}$  それぞれで VSI は u, v, w 相全てに対して電圧を出力する(図 2(a))。しかし、 $T_{mid}$  が  $3T_{sw2}$  以下となる領域では過変調となり、電流がひずむ。そこで、 $T_{mid} < 3T_{sw2}$  となる期間では  $T_{mid}$  中に u, v, w 相のうち一相のみ出力する。また、三相電流平衡のために CSR のスイッチング 1 周期ごとに u, v, w 相を順番に出力する。これにより、過変調を避けつつ、DCM 動作範囲を拡大する。

3. シミュレーション結果

図 3 に 0.02p.u.出力時の動作波形を示す。図 3(a), (c)は提案手法、(b), (d)は従来手法の動作波形である。また r 相電流  $i_r$  は観測用にスイッチング周期で周期平均した波形である。図 3(a)と(b)より、それぞれの制御手法では力率がおおよそ 1 である。しかし、(b)では相電圧の大小関係の切り替わり時に不連続なパルスが出力されている。また、図 3(c)と(d)から DAB のインダクタ電流  $i_{L1}$  にゼロ電流期間があることから、DCM で動作している。

図 4 に系統電流の高調波解析を行った結果を示す。図 4 より、提案法の系統電流 THD は 4.4% であり、従来手法に対して電流高調波を 61% 低減した。

本提案法では、電圧比 0.5 において 0.05p.u. までしか伝送できない。これは  $T_{mid} < 3T_{sw2}$  の場合に VSI のスイッチング周期が短くなり、伝送可能な電力に制約が生じるためである。今後は同期 PWM の適用により動作範囲拡大を検討する。

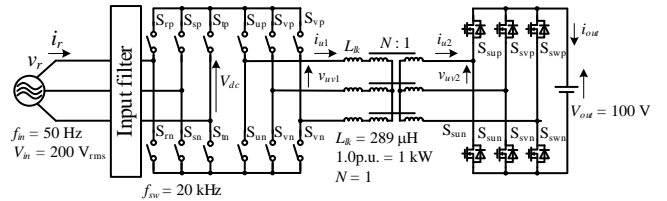


Fig. 1. Three-phase DAB type AC-DC converter with IMC.

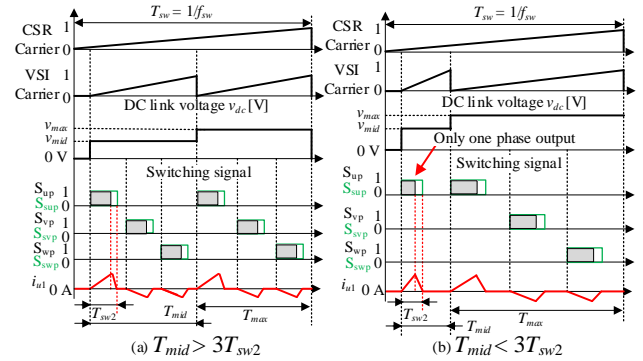


Fig. 2. Gate pulse waveforms for DCM.

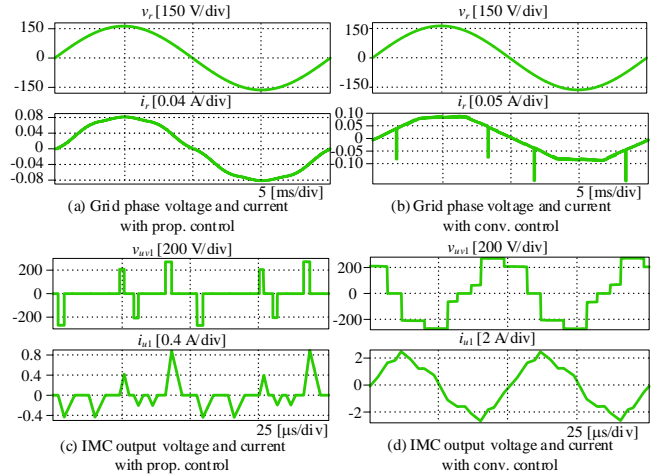


Fig. 3. Operating waveforms at 0.02p.u.

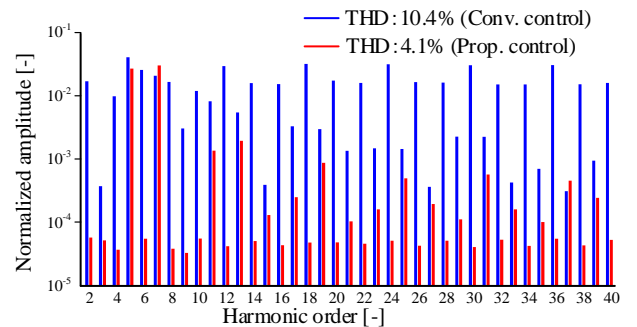


Fig. 4. Harmonic analysis results of input currents.

文 献

- (1) 山ノ口 他：電学論 D, Vol.144, No.2, pp. 37-44 (2024)
- (2) 宅間 他：電学論 D, Vol.141, No.8, pp. 591-597 (2021)