

昇降圧切り替え可能なリバーシブルインダイレクトマトリックスコンバータの動作切り替えアルゴリズムの検討

◎奥園 広大, 芳賀 仁 (長岡技術科学大学)

1. はじめに

筆者らはAC-AC直接変換の電圧利用率を改善する一手法として、降圧動作と昇圧動作の回路トポロジを切り替えられるリバーシブルインダイレクトマトリックスコンバータを提案している⁽¹⁾。提案方式では、回路トポロジを切り替えることで昇降圧の切り替えが可能である。本稿では、切り替えアルゴリズムについてシミュレーションにて検討を行ったので報告する。

2. 切り替えアルゴリズム

Fig.1 に提案回路を示す。提案回路では、入力側コンデンサ切り替えスイッチ S_{r-t} と出力側コンデンサ切り替えスイッチ S_{u-w} を切り替えることで回路構成を切り替える。また、回路構成に合わせて制御アルゴリズムを変えて主回路 $S_{rp} \sim S_{wn}$ のスイッチングパターンを与えることで昇降圧の切り替えを実現する。

本稿では、動作切り替えの際の切り替えアルゴリズムの検討を行う。まず、切り替え時の制約条件として S_{r-t} と S_{u-w} の同時オンは発生しないことがある。そのうえで、切り替えアルゴリズムのひとつとして、三相同時に切り替えることを行う。Fig.2 に切り替えシーケンスを示す。この手法では、インダクタに流れる入力電流やコンデンサにかかる電圧に関わらず、降圧動作から昇圧動作へ切り替わる際 S_{r-t} を同時にオフとし、 S_{u-w} を同時にオンとすることで切り替える。昇圧動作から降圧動作へ切り替える際は S_{r-t} を同時にオンとし、 S_{u-w} を同時にオフとする。切り替えの際 S_{r-t} , S_{u-w} は同時にオンしてはならないため、デッドタイムを挿入し、切り替えスイッチ S_{r-t} , S_{u-w} が全てオフとなる期間を設ける。この手法では入力電流が急峻に変化することから過電圧の発生が考えられる。

3. シミュレーション結果

切り替えアルゴリズムに関するシミュレーションを行った。Fig.3 に降圧動作から昇圧動作、昇圧動作から降圧動作への切り替えを行ったときのシミュレーション結果を示す。入力線間電圧 200Vrms/50Hz, 出力周波数 30Hz, 入力リアクタ 2mH, 入出力キャパシタ 20μF, 負荷は 15Ω, 3mH の RL 負荷とした。また、切り替えスイッチ間でのデッドタイムは 2μs としている。

Fig.3 より、降圧動作から昇圧動作への切り替え、昇圧動作から降圧動作への切り替えが行えていることが確認できる。また、昇圧動作から降圧動作へ切り替わった際に定常状態に移行するまでに時間がかかっている。これは降圧モードではフィードバック等の制御を行っておらず、オープン制御のみで制御しているためである。

切り替わり時の過電流、過電圧に関しては、三相のうち S 相電流が大きくオーバーシュートしていることが確認できる。一方、R 相電流はスムーズな移行が行えている。出力電流、電圧に関しては大きなオーバーシュートのない切り替えが確認できる。昇圧動作時は入力電流を PI 制御しているため、指令値がステップ状に切り替わるためオーバーシュートが発生する。そのため、切り替えのタイミングでピーク付近を迎える相では大きくオーバーシュートが発生し、ゼロ付近の相ではスムーズに切り替えが行われる。この結果より、三相同時に切り替える手法では、昇降圧の切り替えを行うことができるが、切り替えのタイミングによってオーバーシュートが発生する相ができる。

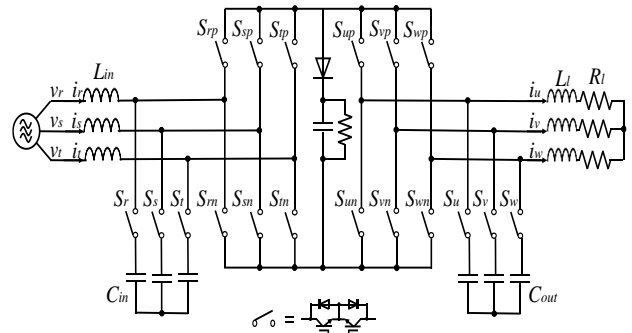


Fig.1 Reversible Indirect Matrix Converter

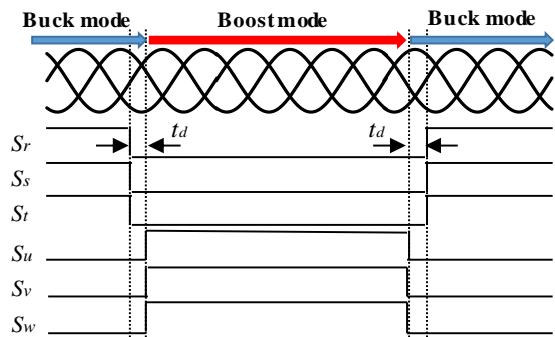


Fig.2 Mode switching sequence

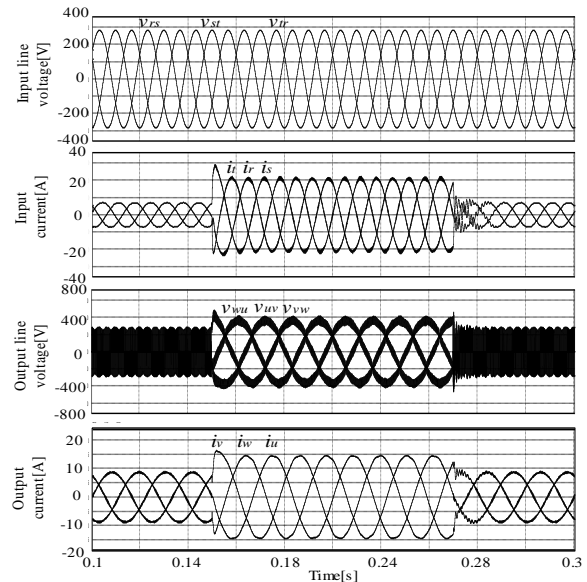


Fig.3 Simulation result at mode switching

4. まとめ

本稿では、昇降圧可能なリバーシブルインダイレクトマトリックスコンバータの昇降圧時動作切り替えアルゴリズムについてシミュレーションにより検討を行った。今後の課題としては、動作切り替え時のオーバーシュートの抑制と、実機による切り替え実験が挙げられる。

参考文献

- [1] 奥園, 芳賀: 「AC-AC 変換の昇降圧動作と昇圧時の波形改善を実現するリバーシブルインダイレクトマトリックスコンバータ」, 電気学会産業応用部門大会, 1-44, pp.126 (2018)