

マトリックスコンバータの FRT 時における系統無効電流の出力範囲拡大の検討

◎浅井 亨太, 長野 剛, 片岡 拓也, 伊東 淳一 (長岡技術科学大学)

1. はじめに

近年, 再生可能エネルギーへの注目が高まり, 風力発電の導入が進められている。系統連系用マトリックスコンバータを用いた FRT(Fault ride through)制御において, 瞬低中の運転継続と系統無効電流制御, 発電機トルク制御を同時に達成できることが報告されている⁽¹⁾。しかし, 注入可能な系統無効電流に制限があるため, 残電圧によっては FRT 要件を満たすことが困難なことがある。

本論文では, 瞬低時に文献[1]のチョップ動作に基づいたスナバ導通モードに代わり, 発電機力率制御モードを適用することで, 系統無効電流の出力範囲拡大を図り, その妥当性をシミュレーションにより確認したので報告する。

2. 制御方法

図 1 に回路構成を示す。本論文では, 仮想 AC/DC/AC 変換方式に基づき⁽²⁾, 電流形整流器(CSR)と電圧形インバータ(VSI)で構成する間接型マトリックスコンバータ(IMC)に置き換え, 瞬低時の変調法を検討する。

図 2 に瞬低時の変調ブロックを示す。仮想 CSR は文献[2]の一相変調法を使用し, 瞬低中は系統に無効電流のみを注入するため入力力率 0 に制御する。仮想 VSI は発電機力率制御モード(1 線間だけ短絡), 文献[1]の直流リンク導通モード(ゼロ電圧ベクトル以外)と還流モード(ゼロ電圧ベクトル)を切り替え, 発電機トルクおよび系統無効電流を制御する。電流制御系により三相電圧指令の生成後, セクタ判別およびデューティ計算により発電機力率制御のデューティを生成する。すなわち, 系統無効電流の大きさはダイオード整流器のオフ期間では, 直流リンク導通モードと還流モードの出力時間の比率 k により制御する。

図 3 に仮想 IMC の仮想 VSI とスナバ回路で構成される等価回路を示す。瞬低時, 仮想直流リンク電圧がゼロになることから, 直流リンク部を短絡して表記する。表 1 にダイオード整流器の導通状態を基にした発電機力率制御モード時の仮想 VSI のパルス表を示す。表 1 に従い発電機を短絡させる線間電圧を選択することで, ダイオード整流器に流れ込む電流方向を制御し発電機電圧を制御する。ここでは, ダイオード整流器の導通状態に着目して空間電圧ベクトルと定義し, V1 から V6 の中で電圧指令 v_{α}^* , v_{β}^* に最も近い 2 つの出力電圧ベクトルを選択する。提案手法では, 電流制御系により i_q は一定のまま i_d を注入することで力率を低下させ, 発電機の電流振幅を増加する。これにより, 仮想直流リンク電流が増加し, 系統無効電流が増加できる。ただし, 本手法はダイオード整流器の電流方向の制限により, 力率 $\cos 30^\circ$ 以内の範囲に動作が制限される。

3. シミュレーション結果

図 4 に k に対する瞬低時の系統無効電流値を示す。従来手法の系統無効電流特性の最大値は 0.86 p.u. である。提案手法は, 従来手法と同様, 系統無効電流は k に対して比例となり, 最大値は 0.99 p.u. となる。従来手法と比較すると最大値は 15% 改善できる。この結果 1% の電圧低下に対し, 2% の系統無効電流を注入する規定では, FRT 範囲を残電圧 57% 以上の領域(電圧低下率 43% 以下)から残電圧 51% 以上の領域(電圧低下率 49% 以下)まで拡大できる。今後は, 実機実験にて提案手法の妥当性を確認する予定である。

参考文献

- 高橋, 伊東 : 電学論 D, Vol.136, No.4 (2016)
- 伊東 他: 電学論 D, Vol.124, No.5 (2004)

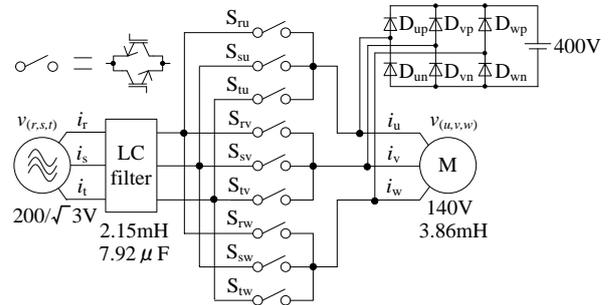


Fig.1. Circuit configuration of a matrix converter.

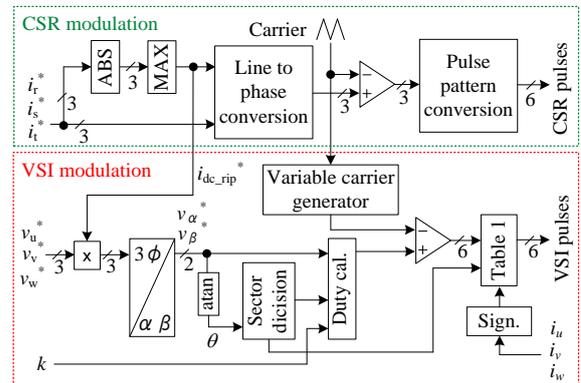


Fig.2. Modulation block diagram in FRT mode.

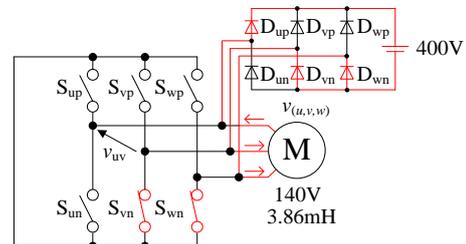


Fig.3. Equivalent circuit for VSI of IMC and snubber circuit.

Table 1. VSI pulse table.

Conduction state of diode rectifier [D_u, D_v, D_w]	VSI pulse (S_u, S_v, S_w)	Conduction state of diode rectifier [D_u, D_v, D_w]	VSI pulse (S_u, S_v, S_w)
V1 [1 -1 -1]	(0 -1 -1)	V4 [-1 1 1]	(0 1 1)
V2 [1 1 -1]	(1 1 0)	V5 [-1 -1 1]	(-1 -1 0)
V3 [-1 1 -1]	(-1 0 -1)	V6 [1 -1 1]	(1 0 1)

※ 1: Upper arm (D_{up}, S_{up}) ON 0: OPEN -1: Lower arm (D_{un}, S_{un}) ON $x = u, v, w$

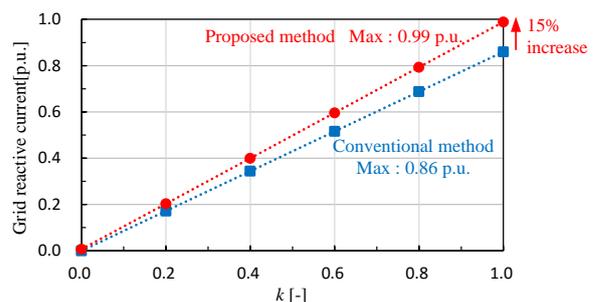


Fig.4. Grid reactive current characteristic with respect to k .