

共振負荷をもつ三相/高周波三相マトリックスコンバータの 転流失敗抑制法

山ノ口 皓喜・宅間 春介・日下 佳祐・伊東 淳一（長岡技術科学大学）

1. はじめに

近年、EV 充電などの大容量給電用途に三相コイルを適用した非接触給電システムが報告されている⁽¹⁾。送電側変換器にマトリックスコンバータ(MC)を用いると、電解コンデンサが不要になり、変換器とコイルの一体化によるシステムの小型化が期待できる。しかし、従来の電圧転流では電源短絡による系統電流ひずみや入力フィルタの大型化の課題がある。

本稿では共振を利用した三相/三相 MC の出力電流方向推定法及び転流方式を提案し、シミュレーションにより有効性を確認したので報告する。

2. 制御手法

図 1 に MC を用いた非接触給電システム図を示す。ここで三相コイルは文献 1 のコイルを用いる。本稿では MC の制御に仮想 AC/DC/AC 方式を採用し、変調方式は電流形整流器(CSR)で PWM 変調、電圧形インバータ(VSI)で 1 パルス変調を用いる⁽²⁾。スイッチング回数低減のため、キャリアの山谷に CSR のゼロベクトルを配置し、そのゼロベクトル内に VSI セクタ切り替わりを配置する。

図 2 に MC の出力電流方向推定と転流方式を示す。提案する転流方式は電流転流を基本とし、負荷電流ゼロクロス付近で 4step 電圧転流を採用する。なお、全領域を電圧転流にすると転流失敗の際に主回路に短絡電流が流れるため、保護が難しい。また、転流方式を組み合わせることにより、誤差補償をしなくても転流に伴う誤差を打ち消すことができる。共振負荷では基本波成分に対するリアクタンスが非常に小さく、負荷力率 1 となる。そのため、VSI 指令ベクトルから電流方向が推定できる。本変調方式ではキャリアの山谷で電流方向が反転するが、転流誤差による遅れを考慮するとゼロベクトル期間 T_z の中心で電流方向が反転する。キャリアの山谷から電流方向が反転するまでの遅れ時間 T_p は(1)式で表わされる。

$$T_p = \frac{3T_d}{2} \dots\dots\dots (1)$$

ここで T_d はデッドタイムである。共振周波数のずれにより T_p は誤差時間 T_E を有するが、 T_E が電圧転流期間 T_{VCOMM} 内であれば電流転流による電流源開放を防止できる。一方、入力力率 1 の場合、本変調法ではキャリアの中間付近で入力電圧大中小関係が切り替わる相の間の転流が発生する。そこで、電圧転流による電源短絡防止のために、転流時間を考慮した T_{VCOMM} を(2)式で設計する。

$$T_{VCOMM} = \frac{1}{4}T_{sw} - 3T_d \dots\dots\dots (2)$$

3. シミュレーション結果

図 3(a)に MC の入出力波形、(b)に RS 相大小関係切り替わり付近の入出力波形と出力電流方向推定、転流方式を示す。図 3(a)では転流失敗なく制御でき、かつ出力電

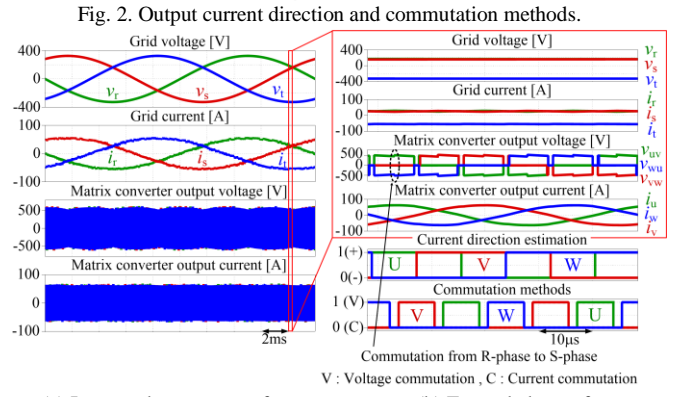
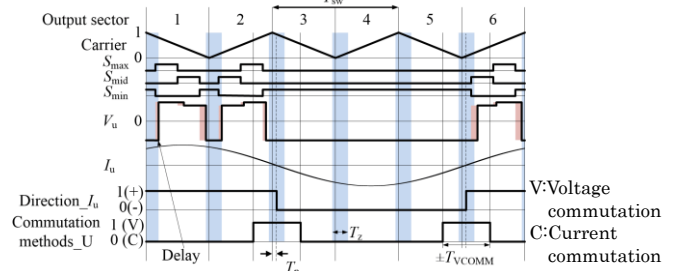
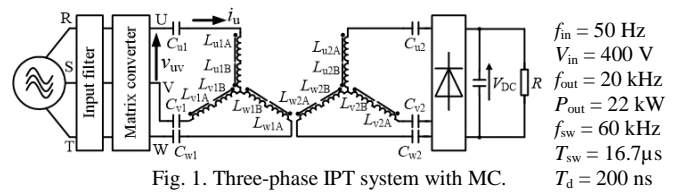


Fig. 3. Operation waveforms.

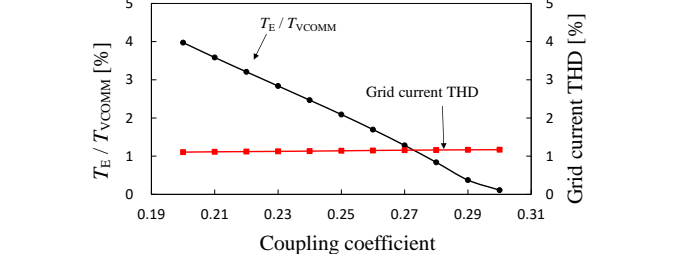


Fig. 4. Influence of coupling coefficient fluctuation.

圧及び出力電流は高周波出力が得られている。同図(b)では出力電流方向が推定でき、電流方向反転時に電圧転流、RS 相間の転流(丸印)時に電流転流となっている。

図 4 に三相コイルの結合係数 k をノミナル値 0.25 に対して 0.2~0.3 に変動させたときの電流方向推定誤差と系統電流 THD を示す。図 4 より推定誤差は T_{VCOMM} に対して 4%以下となり、 k の変動に対しても有効であることが確認できる。また、系統電流 THD はいずれの k においても 1.1%程度と良好な結果を示している。

文 献
(1) 日下 他, SPC-17-127(2017)
(2) 増田 他, SPC-18-012(2018)