

発電機電源におけるマトリックスコンバータの入力電流ベクトル制御

春名 順之介*, 伊東 淳一(長岡技術科学大学)

Input Current Vector Control for a Matrix Converter Connected a Generator Power Supply
Junnosuke Haruna, Jun-ichi Itoh (Nagaoka University of Technology)

1. はじめに

近年, 交流電源から直流リンクを介さずに任意の電圧, 周波数の交流に直接変換可能なマトリックスコンバータが盛んに研究されている⁽¹⁻²⁾。その背景には, マトリックスコンバータが従来の電力変換器と比較し, 小型, 軽量, 長寿命, 高効率の点で優れていること等が挙げられる。

一方, マトリックスコンバータの用途は, 現在用いられているエレベータ等の他にも多数検討されており, 一例として, 風力発電との連系システムやハイブリッドEVなどの発電機を入力部に接続したシステムが考えられる。この場合, 発電機の出カインピーダンスが大きいためシステムが不安定化するが, 筆者らはこれまでに, 入力電流の安定化制御法, および, 電圧利用率が向上する最適入力力率制御⁽¹⁾を提案している。

本論文では, 入力電流の安定化制御と最適入力力率制御が同時に可能となる入力電流のベクトル制御⁽³⁾を導入する。提案法の有用性を実験により検証したので報告する。

2. 入力電流ベクトル制御

図 1 に発電機を電源とするマトリックスコンバータの回路構成を示す。入力フィルタは発電機の同期リアクタンスとフィルタコンデンサで構成できる。発電機が電源の場合, 電圧利用率を最大にするために, 逆起電力と入力電流の位相が一致するように入力力率を制御しなければならない。従って, 逆起電力の位相情報が必要となる。よって, 本稿では磁極位置センサを用いて発電機の逆起電力の位相を検出する。逆起電力位相は入力端子電圧, 入力電流, および同期リアクタンスから算出可能であるが, 演算量が増加するために高速制御を行う上では不利である。

これまで提案してきた入力電流の安定化制御法では, マトリックスコンバータの入力側の電流をオープンループ制御している。従って, 発電機側の電流を直接制御が出来ない。軽負荷時の発電機電流はフィルタコンデンサに流れる電流の影響を大きく受けるために位相が進み, 入力力率が悪化する。入力力率が悪化した場合, 電流振幅が大きくなるために発電機の損失が増加する。ハイブリッド EV に本システムを適用した場合, 電動機は軽負荷で運転する場合が圧倒的に多いため, 効率の低下が懸念される。そこで,

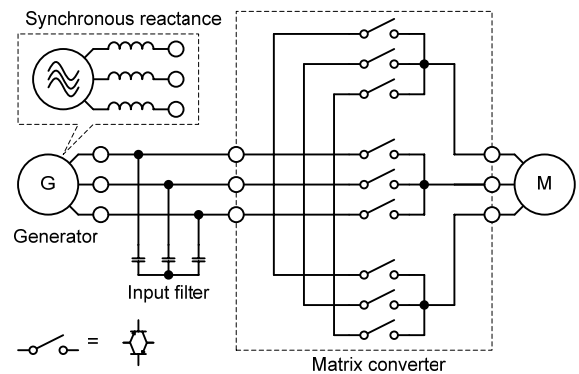


Fig. 1. Configuration of the matrix converter and the generator power supply.

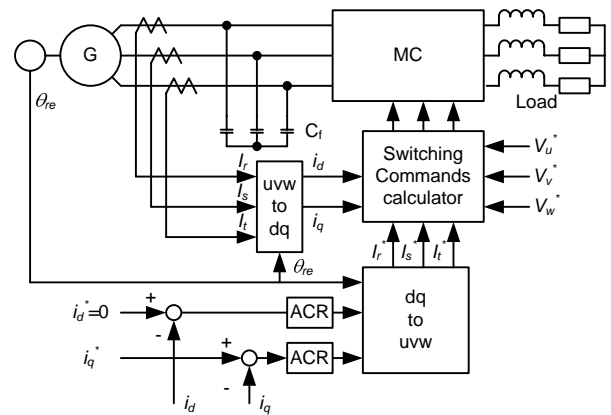


Fig. 2. Block diagram of proposed input current vector control.

入力電流の安定化と力率改善が可能な入力電流フィードバックを用いたベクトル制御を適用する。

図 2 に提案する入力電流ベクトル制御のブロック図を示す。発電機に付属する磁極位置センサより磁極位置信号を検出し, PLL により正確な位相情報を得る。得られた位相情報を用いて発電機電流を回転座標変換し, フィードバック制御する。これにより, 入力電流位相と逆起電力位相を常に同相に制御可能になり, 電圧利用率の最適化と軽負荷時の入力力率改善が同時に達成できる。

入力電流はフィルタ共振の影響を受けるため, 大きな振動が発生する。さらに, その影響でフィルタコンデンサが

Table 1. Generator parameter.

Rated power	3.7 [kW]	Stator resistance	0.695[Ω]
Rated rotational frequency	1800 [rpm]	d-axis inductance	6.2[mH]
Rated Voltage (line-to-line)	180 [Vrms]	q-axis inductance	15.3[mH]
Back e.m.f. (line-to-line)	150 [Vrms]	Number of pole	6

接続されている入力端子電圧が大きく上昇し、システムが不安定になる。そこで、入力電流の振動を抑制するために、電流制御には PID 制御を適用する。微分項を付加することで瞬時的な電流の変動を抑制し、入力電流を正弦波に制御する。また、PID 制御によって入力電流の振動が抑制できるため、入力端子電圧の急峻な変動も同時に抑制可能になり、システムが安定化する。

3. 実験結果

図3に表1の発電機を用いた場合のRL負荷における実験結果を示す。ただし、発電機の回転速度は低負荷時を想定しているため1200[rpm]としている。入力端子電圧、入力電流に大きな振動が存在しないことから、ベクトル制御の導入によって端子電圧の上昇と入力電流の振動が抑制され、システムが安定化しているのが確認できる。入力電流ひずみ率は6.44[%]であり、これまでの入力電流安定制御と同程度の振動抑制結果が得られている。また、入力側に大きなひずみが発生していないため、出力電圧、電流共に正弦波に制御でき、出力側の制御も良好であることが確認できる。出力電圧が指令値通りの出力がされていることから、発電機の逆起電力を推定することでマトリックスコンバータの最大電圧利用率を常に最適に出力可能であることが確認できる。

図4に入力電流ベクトル制御の有無による入力電流高調波成分の比較結果を示す。安定化制御を適用しない場合、11次、13次高調波成分が特に大きく、同期リアクタンスとフィルタコンデンサによる共振が発生しているのが確認できるが、ベクトル制御を適用することで共振成分を抑制できる。また、全体的に高調波成分を低減できる。

図5に入力電流ベクトル制御を用いた場合の、電力の変動による入力端子電圧、入力電流、入力力率の変動を示す。ただし、入力力率は入力端子電圧基準である。ベクトル制御では入力電流は発電機の逆起電力と同相制御されるため、電力の増加によって端子電圧に対して進み力率となる。従って、図より最適入力力率制御が行われていることが確認できる。また、入力端子電圧は同期リアクタンスに流れる発電機電流によって上昇するため、入力電流の増加に伴い上昇する。

4. まとめ

本論文では発電機電源を接続したマトリックスコンバータに入力電流ベクトル制御を導入し、実機検証により有用性を確認した。今後は制御ゲインの最適化と電動機負荷へ

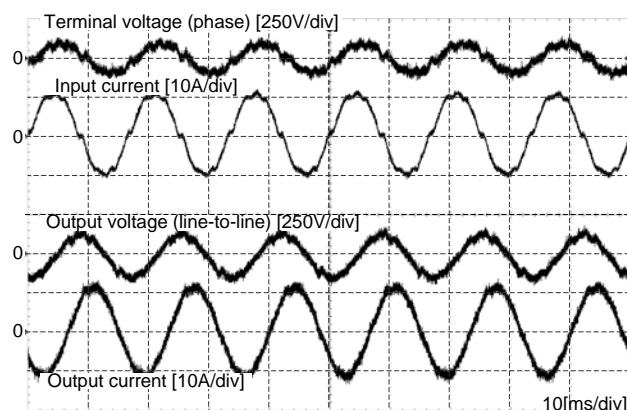


Fig. 3. Experimental results of input and output waveforms.

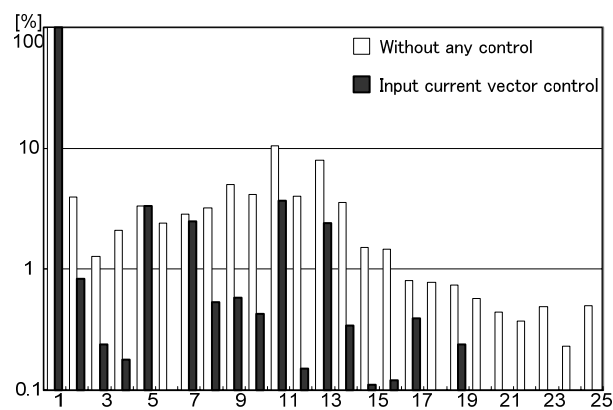


Fig. 4. Harmonics spectral analysis results.

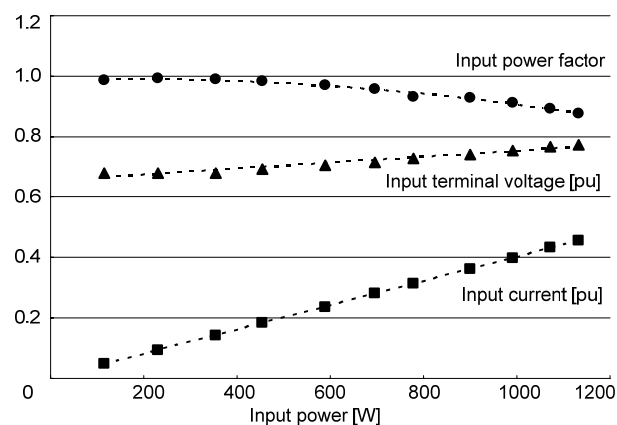


Fig. 5. Relationship between load power and power factor.

の適用を行う予定である。なお、本研究は平成17年度産業技術研究助成事業の支援を受けており、関係各位に感謝の意を表します。

文献

- (1) 春名順之介・伊東淳一, JIASC2007, pp.I-223-I-226 (2007)
- (2) I. Sato, J. Itoh, H. Ohguchi, A. Odaka, and H. Mine, IPEC-Niigata, pp.546-551 (2005)
- (3) 杉本英彦・小山正人・玉井伸三:「AC サーボシステムの理論と設計の実際」, 総合電子出版社