

空間ベクトル変調を基にした PDM 制御を適用した 高周波単相-低周波三相マトリックスコンバータの動作検証

◎中田 祐樹, 伊東 淳一 (長岡技術科学大学)

1. はじめに

近年, 非接触電力伝送向けの高周波回路が盛んに研究されている⁽¹⁾。受電した電力を商用系統に連系するシステムを想定すると, 入力が高周波, 出力が商用周波数の低周波である交流-交流電力変換器が必要となる。

そこで著者らは, 交流-交流電力変換器としてパルス密度変調(PDM)制御を適用した高周波単相-低周波三相マトリックスコンバータ(MC)を提案している⁽²⁾。提案方式は, PDM 制御を用いることでゼロ電圧でのスイッチングが可能となり, スwitching損失低減が可能である。

本論文では, PDM 制御法を適用したダイレクト形回路による試作機を製作し, 提案する空間ベクトル変調(SVM)を基にした PDM 制御の基本動作を確認したので報告する。

2. 回路構成と制御方式

図 1 に高周波単相-低周波三相 MC の回路構成を示す。この回路は 6 個の双方向スイッチで構成されており, 従来の整流器-平滑キャパシタ-インバータシステムと比較して変換回数が 2 回から 1 回に減るため損失が小さくなる。

提案回路の入力に非接触給電の受電端を想定すると, 単相-三相 MC の入力が高周波の正弦波電圧である。入力電圧の半周期を PDM 制御のパルスとして扱い, スwitchingを行うことで PDM 制御を適用できる。PDM 制御では一定幅のパルスの密度およびその正負で波形を形成する。また, 入力の半周期毎に現れるゼロクロス点でスwitchingすることで, スwitching損失をほぼゼロにできる。

図 2 に SVM を基にした PDM 信号生成ブロックを示す。SVM による選択ベクトル信号を D-FF に入力し, 入力電圧のゼロクロス検出信号を CLK に入力することで, 出力 Q はゼロクロス検出信号のエッジで同期する。この信号はスswitching信号生成器によりスswitchingパターンに変換される。また, 入力の極性により上下アームのスswitching信号を入れ替える必要があるため, 入力電圧極性信号とスswitchingパターンの EXNOR をとっている。

3. 実験結果

本実験では, 提案する制御法の基本動作を確認するため, 100W での負荷試験を行った。ここで, SVM のキャリア周波数を 5kHz, 入力電圧を 70.7V, 100kHz, 出力電圧を 40V, 50Hz として実験を行った。

図 3 に動作波形を示す。(a)の出力には 50Hz の正弦波電流が得られていることから, 出力には周波数 50Hz の正弦波電圧が出力されている。(b)に(a)における区間 A の拡大図を示す。(b)より, インバータは入力電圧のゼロクロス付近でスswitchingできていることが確認できる。しかし, 大きなサージが発生している。これは, 上下アームのスイッチの切り換えで, 転流失敗が発生しているためである。

図 4 に高調波解析結果を示す。(a)より出力電圧は出力周波数 50Hz に対して低次高調波をほとんど含んでいない。出力電圧のひずみ率(THD)は 40 次までで 1.82% となった。また, SVM のキャリア周波数 5kHz と, 入力電圧周波数 100kHz の 2 倍の周波数である 200kHz の整数倍高調波を多く含んでいる。(b)より, 入力電流は, 入力基本波成分 100kHz の整数倍成分を多く含んでいる。これは図 3(b)からも分かるように, 入力電流は矩形波のためである。THD は 10 次までで 49.3% であることを確認した。

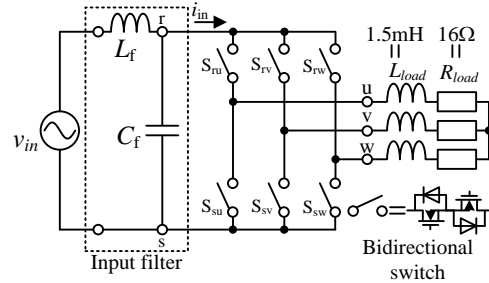


Fig. 1. Single-phase to three-phase matrix converter.

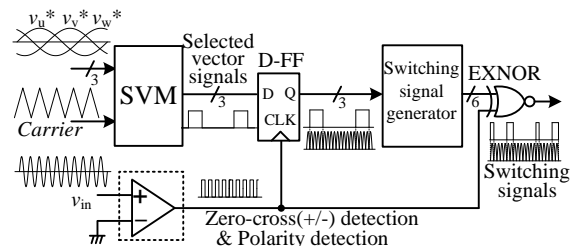


Fig. 2. Control block diagram based on SVM.

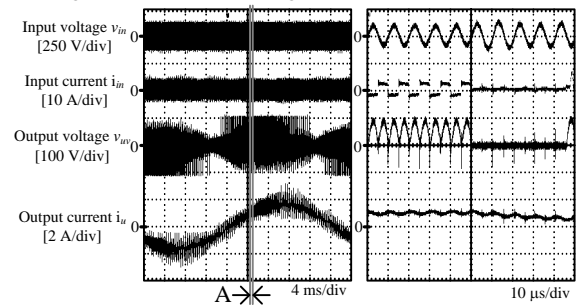


Fig. 3. Operation waveforms of the proposed circuit.

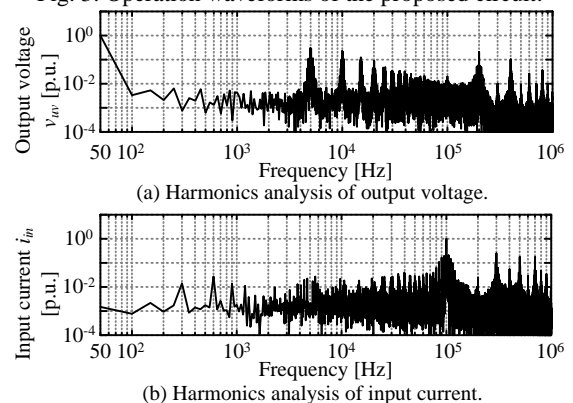


Fig. 4. Harmonics analysis of output voltage.

以上の結果より, 提案した PDM 制御法の動作が確認できる。今後の課題として, 転流動作の確立が挙げられる。

参考文献

- 黒田忠広：電子情報通信学会誌, Vol.93, No.11 pp.964-968 (2010)
- Yuki Nakata and Jun-ichi Itoh : IEEE ECCE 2012, pp. 1753-1759 (2012)