

電源同期スイッチング AC-AC コンバータにおける 低力率負荷時の変調法の基礎検討

◎辻 弘兵, Le Hoai Nam, 長野 剛, 日下 佳祐, 伊東 淳一 (長岡技術科学大学)

1. はじめに

近年、無停電電源装置をはじめとする系統機器向けに、三相 AC-AC コンバータが盛んに研究されている⁽¹⁾。しかし、従来回路の駆動法では常時高速スイッチングを行うため、スイッチング損失が常に発生し効率を悪化させる。そこで著者らは従来回路に比べてスイッチング回数を 90% 以上低減可能な電源同期スイッチング AC-AC コンバータを提案しており、また、変調法を拡張することで、系統擾乱時にも出力電圧を補償できる⁽²⁾。しかし、系統擾乱を補償する降圧動作時において、負荷力率が低下すると出力波形がひずむ問題がある。

本論文では、インバータ側を降圧チョップとして動作させ、出力電圧波形の補償する方法を検討しシミュレーションにて確認したので、これを報告する。

2. 提案法

図 1 に提案する Vienna 整流器と T-type インバータで構成される電源同期スイッチング AC-AC コンバータを示す。系統擾乱がなく、負荷力率 1 の時は、電気位相角 60deg 毎にスイッチングをすることで、スイッチング損失を大幅に低減できる。提案回路は電源同期スイッチングの変調法を拡張することで昇圧動作と降圧動作が可能である。

図 2 に降圧動作時における提案回路の等価回路を示す。降圧動作では Vienna 整流器は最大相、中間相、最小相電圧が直流中間にそれぞれ接続されるように電気位相角 60deg 毎にスイッチングする。一方、図 2 より T-type インバータは V 結線チョップ回路とみなすことができ、 S_1, S_2, S_3, S_4 をスイッチングすることで出力電圧を制御する。

図 3 に降圧動作時の制御ブロック図を示す。本手法では、出力フィルタコンデンサ電圧を制御することで、出力電圧と入力電流の脈動を補償する。V 結線チョップ回路に基づく降圧動作では、検出した三相交流成分に対して三相二相変換を行うことで、主回路の三相交流から電圧ベクトルの大きさの情報のみを検出することができる。したがって、交流側の検出値を直流量として見なせるため、制御遅れなしに出力電圧の大きさのみを制御可能である⁽³⁾。図 3 の PWM 信号から電源同期スイッチングのスイッチングテーブル⁽²⁾により、等価回路上の S_1, S_2, S_3, S_4 に該当するスイッチを駆動する。

3. シミュレーション結果

図 4 に力率 0.79 におけるオープンループ時と AVR 時の動作波形を示す。AVR により出力電圧と入力電流の高調波がそれぞれ 72.5%, 44.8% 低減されている。

図 5 に負荷力率毎の出力電圧 THD と入力電流 THD を示す。オープンループと AVR の両方の場合において、力率が低下するとともに、高調波が増加していることがわかる。図 5(a)より、力率 0.74 時のオープンループ動作に比べ、AVR を適用することで高調波が 80.3% 低減しており、出力電圧の高調波を 5% 以内に抑制できている。同様に、図 5(b)より、力率 0.74 時のオープンループに比べ、AVR を適用することで高調波は 53.4% 低減している。今後の予定として、実機実験にて本手法の妥当性を確認する。

参考文献

- (1) Saurabh Tewari 他, IECON2013, 4822-4828, (2013)
- (2) 米田・伊東, 全国大会, Vol. 4, No. 64, pp.106-107 (2016)
- (3) 伊東・田島・大沢, 電学論 D, Vol.123, No. 3, (2003)

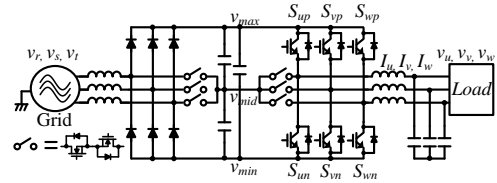


Fig.1 Proposed AC-AC converter with grid synchronous switching

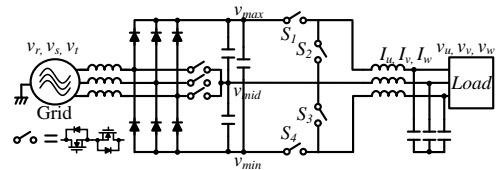


Fig.2 Evaluation circuit of proposed circuit in buck operation on per state

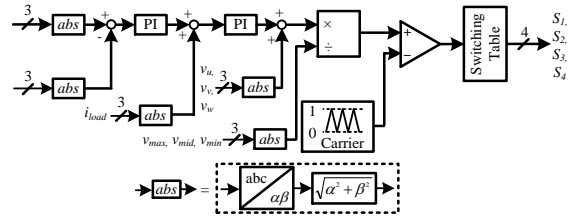


Fig.3 Control block for buck operation

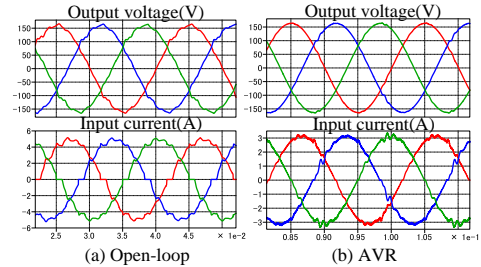
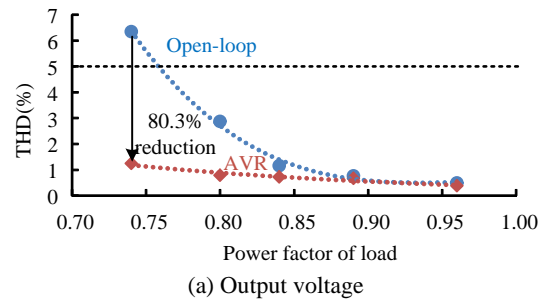
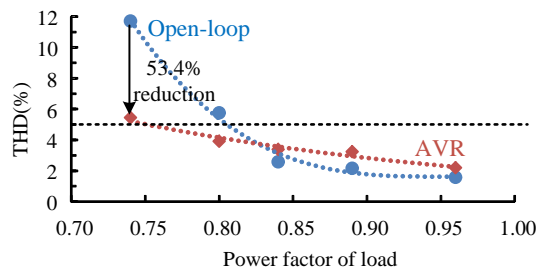


Fig.4 Waveform of output voltage and input current



(a) Output voltage



(b) Input current

Fig.5 THD characteristic with respect to power factor of load