

電圧利用率を改善する電流形9スイッチインバータの空間ベクトル変調法

藤井 一彌・芳賀 仁 (長岡技術科学大学)

1. はじめに

2つの独立した負荷を駆動するための電力変換器として、パワーデバイスの素子数を削減するためにアームを共通にした構成の電圧形9スイッチインバータが提案されている^[1]。しかし、電圧形9スイッチインバータは変調率の制約があり、直流電圧利用率の合計が最大で1となるため負荷当たりでの直流電圧利用率が低下する問題がある。本稿では負荷当たりの直流電圧利用率の向上を目的に、電流形9スイッチインバータの2つの独立した負荷への適用を検討する。本稿では空間ベクトル変調を用いた電圧利用率改善を検討する。提案法の有効性をシミュレーションにより確認したので報告する。

2. 提案する手法

図1に電流形9スイッチインバータの回路図を示す。便宜的に、上、中間アーム ($S_{xH}, S_{xM}, x = U, V, W$) の6つのスイッチから構成される Inverter 1 と、中間、下アーム ($S_{xM}, S_{xL}, x = U, V, W$) の6つのスイッチで構成される Inverter 2 を考え、二つの出力には独立なモータ負荷を想定した RL+E (逆起電力) 負荷をそれぞれ接続する。図2に空間ベクトル変調の概念図を示す。各出力の指令値の位相と振幅より出力するベクトルの duty を算出しスイッチングを行う。電流形インバータでは損失の観点から入力電流 I_{DC} は小さくすることが望ましい。そのため、零ベクトルの出力期間が0となるように前段のチョッパにより入力電流を制御する。本稿では回生動作についても考慮するため4象限チョッパを用いる。インバータ部では出力電流位相と各出力の比率を制御する。入力電流および各 duty は次の式で表される。

$$I_{DC} = I_1 \cos(\theta_1) + I_2 \cos(\theta_2) \quad (1)$$

$$d_{xa} = m_x \sin\left(\frac{\pi}{6} - \theta_x\right), x = 1, 2 \quad (2)$$

$$d_{xb} = m_x \sin\left(\frac{\pi}{6} + \theta_x\right), x = 1, 2 \quad (3)$$

インバータ入力電圧 V_{DC} はスイッチングの状態に応じた負荷線間電圧が現れるが、平均値は二つの負荷の線間電圧の出力電流比による重み付け平均となる。平均値が直流電源電圧 V_{IN} よりも小さければ前段のチョッパによる入力電流制御が行える。そのため、一方の負荷線間電圧が低い場合や負荷当たりの直流電圧利用率が1以下の場合には、直流電圧利用率の合計が1以上の領域においても動作できる。

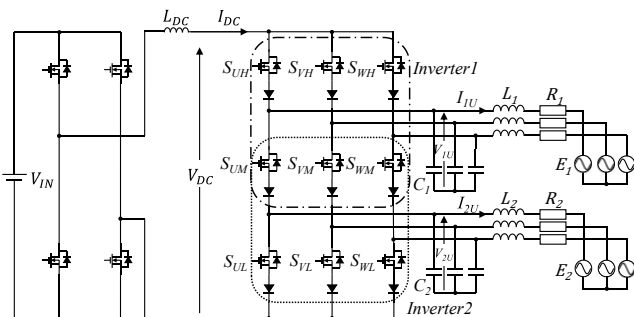
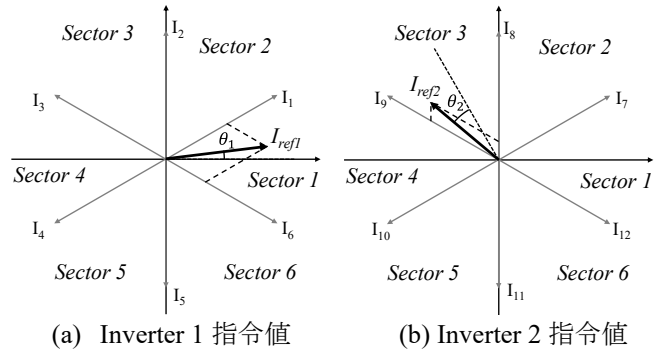
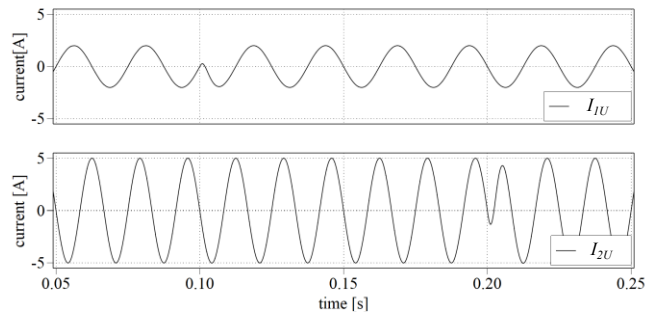


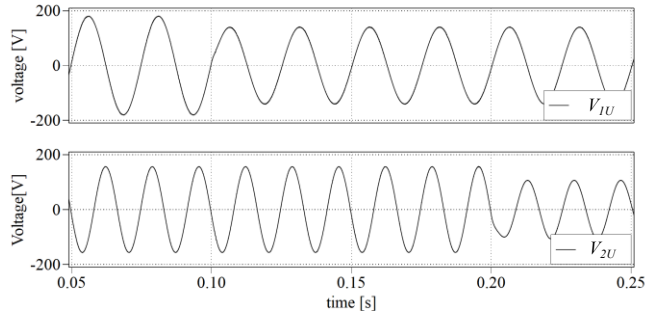
図1 電流形9スイッチインバータ



(a) Inverter 1 指令値 (b) Inverter 2 指令値
図2 空間ベクトル変調の概念図



(a) U 相負荷電流



(b) U 相負荷電圧

図3 シミュレーション結果

3. シミュレーション結果

直流電源電圧 V_{IN} は 260V とし、Inverter 1 の出力周波数は 40Hz、Inverter 2 は 60Hz としてシミュレーションを行った。 $t = 0.1s, 0.2s$ でそれぞれ負荷 1、負荷 2 の順で出力電流の位相を変え回生動作に切り替えている。図3(a)に U 相負荷電流、(b)に U 相負荷電圧を示す。 $t < 0.1s$ の領域で $V_{UW} = 180V, V_{VU} = 156V$ となっており、直流電圧利用率は 2.24 と 1 以上であることを確認した。また、出力電流制御も互いに干渉していないことを確認した。

4. おわりに

本稿では、負荷当たりの直流電圧利用率の向上を目的に空間ベクトル変調を適用した電流形9スイッチインバータを用いる手法を提案し、シミュレーションにより有効性を確認した。

参考文献

[1] S. M. Dehghan Dehnavi, M. Mohamadian, A. Yazdian and F. Ashrafzadeh, "Space Vectors Modulation for Nine-Switch Converters," *IEEE Trans. on Power Electronics*, vol. 25, no. 6, pp. 1488-1496, June 2010.