

可変界磁 PM モータの運転性能を向上する空間ベクトル変調の検討

山田 幹太*, 野口 季彦 (静岡大学)

Space Vector Modulation to Improve Operation Performance of Adjustable Field PM Motor

Kanta Yamada, Toshihiko Noguchi (Shizuoka University)

1. はじめに

筆者らは運転領域の拡大を目的に 0 軸電流 i_0 を利用した可変界磁 PM モータと Fig. 1 に示すデュアルインバータ方式による駆動回路を提案してきた⁽¹⁾。本稿では、デュアルインバータのスイッチング状態の冗長性を利用して、 i_0 の 3 次周波数成分を低減する空間ベクトル変調 (SVM) を提案し、シミュレーションを通して運転性能の向上を確認したので報告する。

2. PM 磁束の脈動を低減する空間ベクトル変調

Fig. 1 の INV2 直流バス中性点電位 v_{n2} は下式で表される。

$$v_{n2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \{R_z + p(L_z + M_z)\} i_0 = \frac{E_{dc}}{3} (S_{u1} + S_{v1} + S_{w1} - S_{u2} - S_{v2} - S_{w2}) \quad (1)$$

ここで、 R_z , L_z , M_z は変調巻線の抵抗, 自己インダクタンス, 相互インダクタンス, E_{dc} は直流バス電圧である。(1) よりスイッチング状態により決定する v_{n2} に含まれる高調波成分は i_0 に重畳し, Fig. 2 に示した関係に基づき PM 磁束 Ψ_f の脈動を引き起こす。 Ψ_f の脈動はトルクリプルや鉄損増加の原因となるため, v_{n2} に含まれる高調波成分を低減する必要がある。

< 2・1 > 変調率 $0 \leq m < 0.5$ 時の SVM 法

提案法では, $\alpha\beta$ 軸電圧指令値 v^* を出力する際に v^* の存在領域を囲む 3 つの電圧ベクトルを選択することで THD の改善を図る。Fig. 3 に示した #1 の領域では (V_z , V_{0in} , V_{60in}) を選択する。ここで, V_z を出力するスイッチング状態を V_{0in} , V_{60in} の出力時に発生する v_{n2} が制御周期平均で 0 軸電圧指令値となるように制御する。つまり, (111)(000)' と (000)(111)' を適切に組み合わせて選択し, v_{n2} の制御周期偏差を 0 V にする。

< 2・2 > 変調率 $0.5 \leq m < 0.866$ 時の SVM 法

#2 の領域では v^* を出力する際に (V_{0in} , V_{0out} , V_{30out}) を選択するが, V_{30out} を出力するスイッチング状態では v_{n2} は常に 0 V である。よって, V_{0out} の出力時に発生する v_{n2} を打ち消すように, V_{0in} を出力する (100)(000)' と (100)(111)' を適切に組み合わせて選択することで, v_{n2} の制御周期偏差を 0 V にできる。

< 2・3 > 変調率 $0.866 \leq m < 1$ 時の SVM 法

< 2・2 > の SVM 法は, (V_{0in} の出力時間) \geq (V_{0out} の出力時間) に限定されるため, $m \geq 0.866$ では適用できない。そこで, V_{0in} を出力するスイッチング状態には (100)(000)' のみを選択し, v_{n2} の制御周期偏差を低減しつつ, 電圧利用率を改善する。

3. シミュレーションによる運転性能の確認

Fig. 4 に各変調方式を適用したときの i_0 の FFT 結果を示す。ここで, 直流バス電圧は 150 V, 0dq 軸の各電流指令値はそれぞれ 2.2 A, 0 A, 50 A である。同図より提案法を適用することで従来法 (V_z と V_{out} のみを選択) よりも 3 次周波数成分を

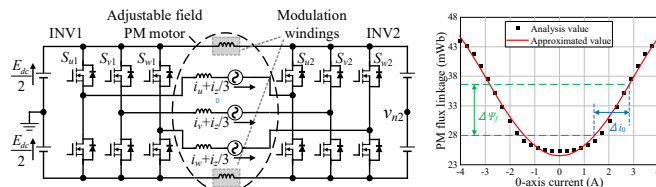


Fig. 1. Dual inverter system.

Fig. 2. PM flux linkage.

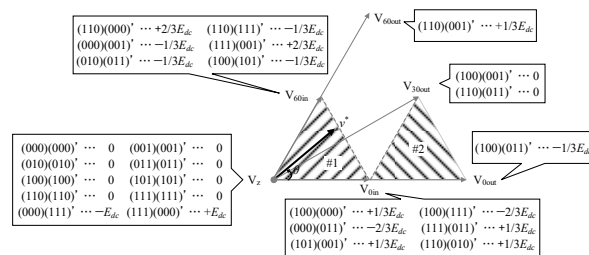
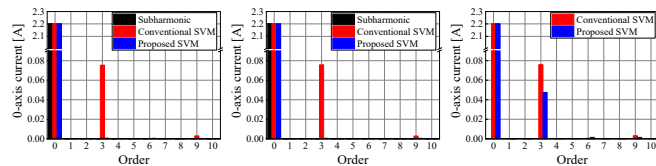


Fig. 3. Principle of proposed SVM.

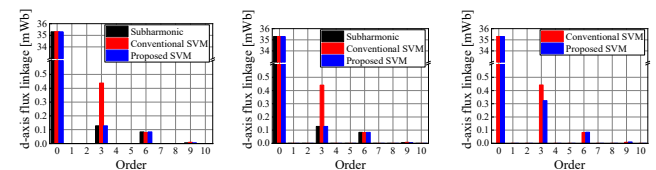


< 2.1 > $n_m = 3600$ r/min. < 2.2 > $n_m = 6000$ r/min. < 2.3 > $n_m = 8400$ r/min.

Fig. 4. FFT results of 0-axis current.

Table 1. Comparison of total harmonic distortions.

Modulation method	$n_m=3600$ r/min	$n_m=6000$ r/min	$n_m=8400$ r/min
Subharmonic	1.16	0.670	Over modulation
Conventional SVM	1.27	0.772	0.394
Proposed SVM	0.725	0.459	0.347



< 2.1 > $n_m = 3600$ r/min. < 2.2 > $n_m = 6000$ r/min. < 2.3 > $n_m = 8400$ r/min.

Fig. 5. FFT results of d-axis flux linkage.

大幅に低減できることがわかる。また, Table 1 に U 相巻線電圧の THD, Fig. 5 に Fig. 4 の i_0 を可変界磁 PM モータに通流したときの d 軸磁束鎖交数 (= Ψ_f) の FFT 結果を示す。以上の結果より電圧利用率を低下させずに, THD の改善と PM 磁束の高調波成分の低減を同時に実現し, i_0 を用いた可変界磁 PM モータに適した提案法の優位性を確認することができた。

文 献

(1) 山田他: モータドライブ/家電・民生合同研究会, MD-22-059.