

SRM の V/f 制御におけるゼロ相電流量に着目した始動法

◎加藤 大貴, 西川 滉大, 伊東 淳一 (長岡技術科学大学)

1.はじめに

Switched Reluctance Motor (SRM)は安価かつ堅牢という特徴があり, この特徴を活かすには位置センサレス化が望まれている⁽¹⁾。そこで著者らは SRM の V/f 制御を提案している⁽²⁾。V/f 制御は従来のセンサレス駆動法と比較して実装が容易であるが, SRM はリラクタンストルクのみで駆動するため V/f 制御時の始動トルクの発生法は明らかにされていない。

本稿では SRM のトルク式に基づき始動トルクを確保する手法を明らかにする。具体的には, 所望の始動トルクに対し, 重畳すべきゼロ相電流を明らかにする。理論値と実験値の比較を行ったので報告する。

2.トルク式に基づく始動時のゼロ相電流の導出

本稿ではインバータ出力電圧ベクトルの方向を δ 軸と定義し, δ 軸より 90deg .遅れた軸を γ 軸とする $\gamma\delta$ 軸直行座標系を用いる。

図 1 に $\gamma\delta$ 軸座標に基づく SRM の V/f 制御ブロック図を示す。本制御手法は安定化制御を含む V/f 制御, ゼロ相電流制御, 高効率制御から構成されている⁽²⁾。

V/f 制御における SRM のトルク式を(1)式に示す。

$$T_e = \sqrt{2}PL_{ac}i_q \dots\dots\dots(1)$$

ここで, T_e はトルク, P は極数, L_{ac} は基本波インダクタンス成分, i_q, i_0 は各軸の電流, δ は負荷角である。SRM の出力トルクは, モータのゼロ相電流と q 軸電流との積により決定される。本稿では式の自由度を制限するために, 始動時の q 軸電流が 1.0p.u. となるよう V/f 制御のブースト電圧を設定する。そのため, 始動トルクを確保するために必要なゼロ相電流が一意に決定される。

本稿では定格加速時間での始動を可能とするゼロ相電流を導出する。定格加速時間は(2)式で表される⁽³⁾。

$$T_R = \frac{J\omega_{mr}}{T_{er}} \dots\dots\dots(2)$$

T_R は定格加速時間, J は機械系全体の慣性モーメント, ω_{mr} は定格角速度, T_{er} は定格トルクである。(1)式および(2)式より定格加速時間での始動に必要なゼロ相電流は(3)式となる。

$$i_0 = \frac{J\omega_{mr}}{\sqrt{2}PL_{ac}T_R i_q} \dots\dots\dots(3)$$

(3)式より定格加速時間での始動に必要なゼロ相電流量は一意に決定される。

3.実験結果

表 1 にモータパラメータを示す。表 1 および(2)式より, 本論文で用いた SRM の定格加速時間は 0.72sec .である。加えて(3)式より始動時に重畳するゼロ相電流は 1.0p.u. となる。以下, 求めたゼロ相電流の重畳により始動試験を行い, 定格加速時間での始動時における始動トルクの値を理論値と実験値で比較をする。

図 2 にゼロ相電流を 1.0p.u. 重畳した時の始動試験結果を示す。実験では, 始動時に q 軸電流が 1.0p.u. となるよう位置決めを手動で行っている。図 2 より重畳したゼロ相電流 1.0p.u. に対して加速期間中における推定始動トルクの平均値は 0.98p.u. であり, 理論値である 1.0p.u. に対して誤差 2%で一致した。

図 3 に重畳するゼロ電流を 1.0p.u. と 0.9p.u. で変えた時の比較結果を示す。 0.9p.u. 時には推定始動トルクの平均値が 0.88p.u. であり定格トルクの 88%しか得られていない。そのため始動時間が $i_0=1.0\text{p.u.}$ 時と比較して 113%要しており, 設定した加速時間での始動が出来ていないことを確認した。

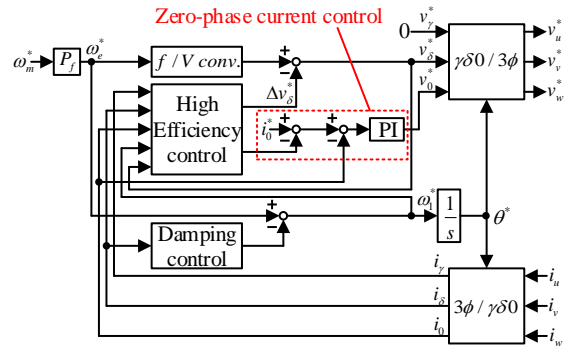


Fig. 1. V/f control method based on $\gamma\delta$ axis.

Table 1. Motor parameters.

Rated power	2.2 kW
Base speed	4800 rpm
Max. torque	4.38 Nm
DC voltage	300 V
Poles	Stator: 18, Rotor: 12
Inertia	$62.3 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$
Resistance	0.45 Ω
DC inductance	7.48 mH
AC inductance	5.42 mH
Rated current (i_q, i_0)	6.7 A

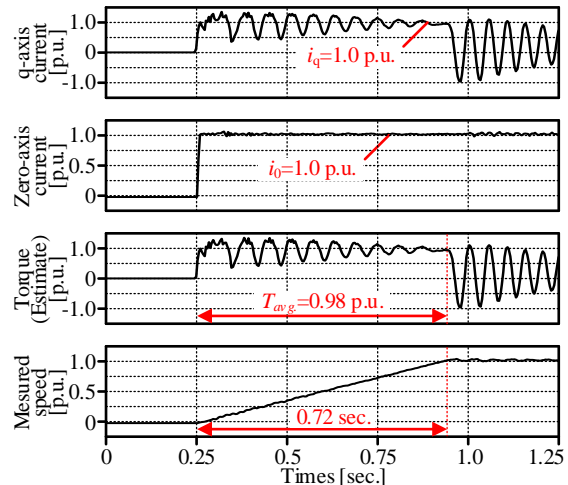


Fig. 2. Starting result at $i_0=1.0\text{p.u.}$

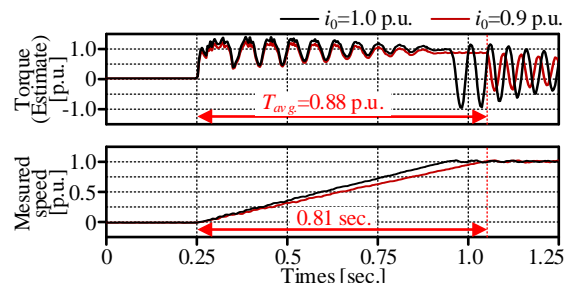


Fig. 3. Comparison of Starting time between $i_0=1.0\text{p.u.}$ and 0.9p.u.

参考文献

1. D. Xiao, et.al.: IEEE Trans., Vol.8, No.1 pp.1209-1227 (2022)
2. 熊谷, 他: JIASC2021, 3-37, pp.271-276 (2021)
3. 杉本, 他:「AC サーボシステムの理論と設計の実際」, 総合電子出版社 (1990)