

パラメータミスマッチと電流ノルムの関係に着目した IPMSM の q 軸インダクタンスオフライン同定法

季 翔* 野口 季彦 (静岡大学)

Offline Identification of q -axis Inductance in Interior Permanent Magnet Synchronous Motor Based on Relationship between Its Parameter Mismatch and Current Norm

Ji Xiang*, Toshihiko Noguchi (Shizuoka University)

This paper proposes a new approach to identification of the q -axis inductance L_q in the interior permanent magnet synchronous motor (IPMSM) based on the current norm characteristics. The current norm depends on the mismatch of L_q , and the minimum or the maximum value of the current norm is obtained when the parameter is completely tuned. Using a simple method to search the minimum point of the current norm, it is possible to achieve the off-line parameter identification. This paper describes an improved technique to identify the motor parameters, which introduces a P controller and a PI controller to the current control system of the IPMSM. Identification characteristic is examined through computer simulations, and accurate identified value has been confirmed.

キーワード：埋込磁石同期モータ，パラメータ，同定，P 制御，PI 制御

Keywords : interior permanent magnet synchronous motor, parameter, identification, P control, PI control

1. はじめに

埋込磁石同期モータ (IPMSM) は小形, 高効率, 高出力であるため広い応用分野にわたって使用されている。IPMSM はベクトル制御によって駆動されるが, それにはあらかじめ測定されたモータパラメータが必要である。特に重要なパラメータは, d 軸インダクタンス L_d , q 軸インダクタンス L_q , 誘起電圧定数 (磁石磁束鎖交数) ψ であり, これらを種々の運転条件下で測定することが制御系設計時に求められる。

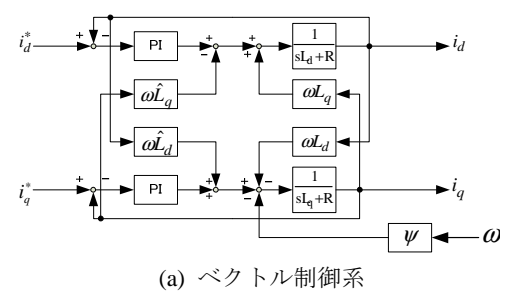
筆者らはすでにコントローラ側で設定されたモータパラメータと観測可能な電流ノルムとの関係に基づいてオフライン同定する手法を提案した⁽¹⁾。しかし, 過去の提案ではあるパラメータを同定する条件として, 他のパラメータが正確であることが前提となっていたため, 複数のモータパラメータが不正確である場合に適用が困難であった。そこで, 本稿では, q 軸インダクタンス L_q の同定を例に採り上げ, 複数のモータパラメータが不正確であっても, 電流ノルムに着目して順にそれらをオフライン同定していく手法を提案する。

2. IPMSM のモータパラメータ同定法

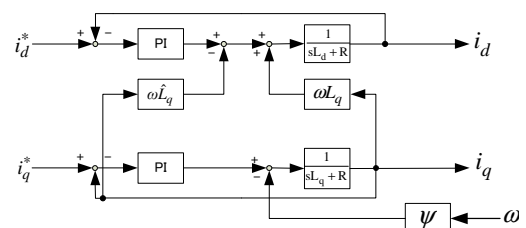
〈2・1〉 IPMSM のベクトル制御系と L_q 同定法

図 1 (a) は一般的な IPMSM のベクトル制御 (電流制御) 系を示して

いる。このように電流制御において非干渉化が行われるが, モータパラメータである L_d , L_q が必要とされる。今, L_d についてミスマッチがないとすれば, 同図 (b) に示したように d 軸から q 軸への干渉項を完全に消去することができる。残るは L_q のパラメータミスマッチに起因する q 軸から d 軸へ



(a) ベクトル制御系



(b) 電流ノルムに着目した L_q 同定法

図 1 ベクトル制御系と L_q 同定法

Fig. 1. Field-oriented control system and L_q identification.

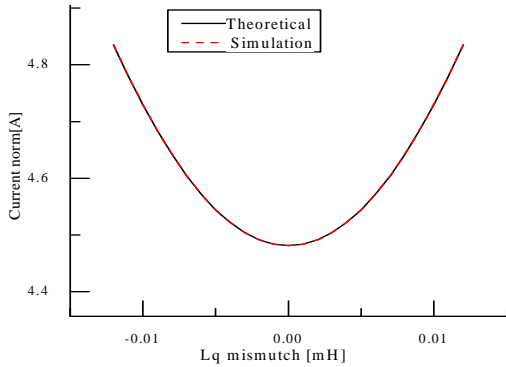


図2 L_q のミスマッチと電流ノルムの関係

Fig. 2. Relationship between L_q mismatch and current norm.

の干渉項だけとなる。この状態でコントローラ側で設定されたパラメータ \hat{L}_q と真値との誤差に対して電流ノルム

$|i| = \sqrt{i_d^2 + i_q^2}$ を測定すると図2のような特性が得られる。

したがって、山登り法などを用いて \hat{L}_q を適当に動かし電流ノルムの極小値を探索することによって L_q のチューニングを実現できる。

(2・2) IPMSM の L_q 同定シミュレーション結果 実際には L_q を同定する場合、上記のように L_d にミスマッチがないように設定することは困難である。そこで、 L_q を同定する場合には、 q 軸の電流制御にゲインを抑えた P (比例) 制御則を採用し、 d 軸の電流制御には PI (比例積分) 制御則を採用する。このようにすることで、定常的には L_d のミスマッチがあったとしても d 軸への干渉項は PI 制御器が自動的に補償するため問題とならない。

d 軸電流制御系における PI 制御器の比例ゲイン G_d 、積分時定数 τ_d はステップ応答にオーバーシュートが生じないような次のような設計値を用いる。

$$\tau_d = \frac{L_d}{R} \quad (1)$$

$$G_d = \omega_{cd} L_d \quad (2)$$

ここで、 ω_{cd} は d 軸電流制御系の交差角周波数であり、 R は巻線抵抗である。

図4に提案する L_q 同定法のシミュレーション結果を示す。コントローラ側の設定パラメータを時間とともに変更して行き、電流ノルムが極小値を迎えた時点で設定パラメータの変更を停止する方法で L_q の同定を行った。その結果、12.0 mH と同定され真値に収束することを確認できた。

3. まとめ

本稿では IPMSM のオフラインパラメータ同定法としてパラメータミスマッチと電流ノルムの関係に着目した手法を検討した。特にベクトル制御の非干渉電流制御系で必要

表1 埋込磁石同期モータのパラメータ

Table 1. Parameters of IPMSM.

Number of poles	4
Winding resistance	0.48 Ω
Rated output power	1.5 kW
Rated rotation speed	7200 r/min
Damping coefficient	0.00019 Ns/rad
q -axis inductance	12 mH
d -axis inductance	7.3 mH
Setup d -axis inductance	1.0 mH
Field flux linkage	0.06737 Wb
Setup field flux linkage	1.0 Wb
Rotation speed	3000 r/min

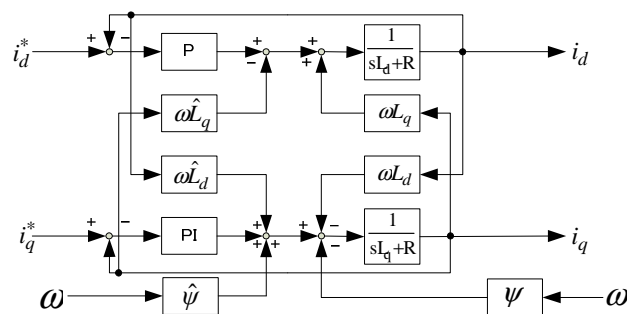


図3 提案する L_q 同定法

Fig. 3. Proposed L_q identification technique.

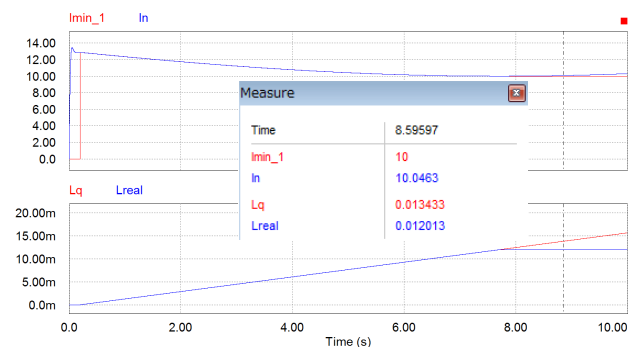


図4 提案する L_q 同定法のシミュレーション結果

Fig. 4. Simulation result of proposed L_q identification technique.

とされる L_d と L_q のうち L_q の同定を例に挙げ、P 制御と PI 制御を併用した同定法を提案した。シミュレーションにより提案法の同定特性を検証し、高精度に L_q を同定できることを示した。 L_d の同定については、 L_q の同定後に d 軸の電流制御を P 制御則、 q 軸の電流制御を PI 制御則に切り換えて、同様に電流ノルムに着目した L_d のチューニングを行えばよい。今後は、理論とシミュレーションだけでなく、実機検証を行って提案法の有効性を確認する。

文 献

- (1) 季 翔・野口季彦:「電流ノルムに着目した永久磁石同期モータのオフラインパラメータ同定法」平成 24 年電気学会産業応用部門大会講演文集, No. 3, 70, pp. 315-318 (2012)