

外乱オブザーバによるデッドタイム誤差補償法を用いた誘導機駆動システムの低速域における負荷特性の検証

◎星野哲馬 伊東淳一 (長岡技術科学大学)

1. はじめに

モータドライブシステムではインバータのデッドタイムによる出力電圧の誤差が大幅な制御性能の劣化をもたらす⁽¹⁾。特に、誘導機の V/f 制御ではオープンループ制御であるため、制御性能の劣化が著しい。

著者らは外乱オブザーバによるデッドタイム誤差補償法を提案し、 V/f 制御に適用して良好な結果を得ている⁽²⁾。しかし、負荷に対する特性は明らかにされていない。

本論文では、 V/f 制御に提案するデッドタイム誤差補償法を導入した場合の負荷特性を検証する。

2. 2 並列外乱オブザーバの提案

図1に提案するデッドタイム誤差補償のシステムを示す。回転座標変換の d 軸方向が二次磁束ベクトルと一致していると仮定すれば、 q 軸の二次磁束 ϕ_{2q} がゼロとなり q 軸の一次電圧 v_{1q} は(1)式で計算できる。

$$v_{1q} = (R_1 + R_2 + pL_\sigma) i_{1q} - \omega_1 L_\sigma i_{1d} + \omega_m \phi_{2d} \quad (1)$$

ただし v_{1q} : q 軸一次電圧, i_{1q} : q 軸一次電流, i_{1d} : d 軸一次電流,
 ϕ_{2d} : 二次磁束, R_1 : 一次抵抗, R_2 : 二次抵抗, p : 微分演算子,
 L_σ : 漏れインダクタンス, ω_1 : 一次周波数, ω_m : 二次周波数を表す。

(1)式において、各項の周波数特性に着目すれば $\omega_m \phi_{2d}$ の項が低周波域に、残りの項が高周波域に存在する。 q 軸電流の誤差電圧を推定するには高速な外乱オブザーバ(F)ですべての項を推定しておき、低速な外乱オブザーバ(S)で逆起電力項を推定、クロスタームを計算して演算すればよい。

3. 実験結果

図2に提案するデッドタイム誤差補償法を用い、定格すべり周波数 2.67Hz で駆動中に負荷トルクを加えた結果を示す。ここでは 200V, 750W の汎用誘導機にて実験を行った。横軸に回転数[r/min], 縦軸には定格トルクに対する出力トルクの比を示す。図中の実線はすべりに基づく理論値である。■は従来法(電流方向に応じた電圧フィードフォワード), ●は提案法を併用した場合の出力トルクを示す。

従来法の静止時における出力トルクは 16.1%であったが、提案法を併用した場合は、 V/f 制御でも 89.8%と 5.58 倍の起動トルクを確認した。

図3に 5Hz にて駆動中にステップ状の定格トルクを加えた波形を示す。ステップ負荷に対してストールせず、提案方式は過渡状態でも安定して動作することを確認した。トルク印加時にデッドタイム電圧誤差の残存が起因していると思われるトルクリプルが存在するが、高速オブザーバ、低速オブザーバの時定数の設計の最適化により軽減できると考えている。最適設計については今後の課題とする。

4. まとめ

本論文では、誘導電動機駆動システムに外乱オブザーバによるデッドタイム誤差補償法を適用し、低速域での出力トルクの向上を確認した。今後はトルクリプルの評価、ハードウェアによる高速制御を行う。

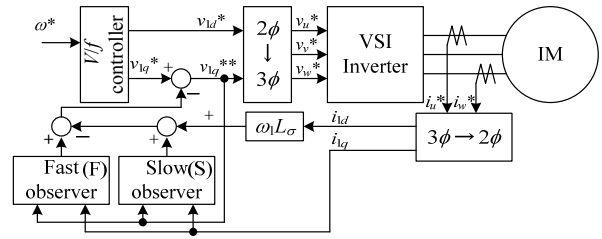


図1 外乱オブザーバの構成
 Fig. 1. Constraints of disturbance observer.

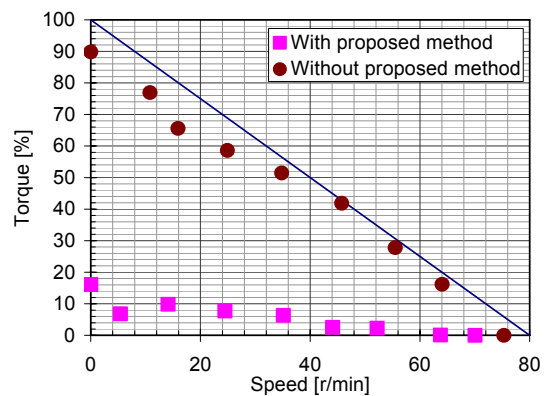


図2 提案法による負荷特性の改善
 Fig. 2. Improvement of characteristics under load condition with proposed compensation method.

表1 実験条件

Table 1. Experimental conditions.

制御器	値	制御器	値
DC バス電圧	280V	高速オブザーバ時定数	1msec
スイッチング周波数	20kHz	低速オブザーバ時定数	50msec
デッドタイム	3μsec	dq 軸自動ブースト時定数	10msec

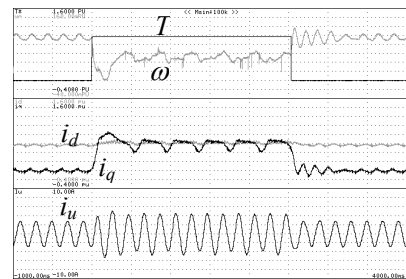


図3 ステップ負荷に対する過渡特性
 Fig. 3. Transient characteristics against step-form torque.

参考文献

- 杉本英彦・小山正人・玉井伸三:「AC サーボシステムの理論と設計の実際」, 総合電子出版社
- 星野哲馬・伊東淳一:「外乱オブザーバによるデッドタイム誤差補償を用いた誘導機駆動システムの中高速領域での運転」, 電気関係学会北陸支部連合大会, (2006.9)