

電流センサオフセット誤差補償による永久磁石同期電動機の

トルクリプル低減法の実機検証

西澤 是呂久・長野 剛・伊東 淳一（長岡技術科学大学）

1. はじめに

近年、環境規制強化を背景に、ハイブリッド電気自動車 (HEV) が急速に普及している。HEV の製造コストを抑える方法として安価で低精度な電流センサの適用が挙げられる。しかし、低精度な電流センサを適用した場合、オフセット誤差が電流検出値に重畳し、トルクリプル増大の原因となる。そのため、電流センサのオフセット誤差を補償する手法が盛んに研究されている⁽¹⁾。従来のオフセット誤差補償法は、 $i_d = 0$ 制御においてのみ誤差補償が行えるという制御法の制約がある。これに対し、提案手法では制御法の制約なしで誤差補償可能であることがシミュレーションにて確認されている⁽²⁾。本論文では定常状態でのモータ駆動時における提案手法の有用性を実験的に明らかにしたので報告する。

2. 制御方法

図 1 に提案手法の制御ブロック図を示す。初めに離散フーリエ変換と移動平均フィルタを用いて、出力電圧指令 v_u^* に現れるオフセット電圧 v_{uoff}^* を(1)式より抽出する。

$$v_{uoff}^* = \sum_{n=0}^{N-1} v_u^*(n) / N \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 N は 1 周期あたりのサンプリング数である。電流オフセット誤差推定値 i_{uest} は(2)式にて求められる。

$$\begin{cases} i_{uest} = i_{uestold} - \alpha \times v_{uoff}^* (v_{uoff}^* > 0) \\ i_{uest} = i_{uestold} + \alpha \times v_{uoff}^* (v_{uoff}^* < 0) \\ i_{uest} = i_{uestold} (v_{uoff}^* = 0) \end{cases} \quad \dots \dots \dots (2)$$

ここで、 α は電流センサ誤差推定用積分ゲインである。(2)式より、(1)式で抽出した電圧オフセットが 0 になるように推定値の前回値 $i_{uestold}$ から $\alpha \times v_{uoff}^*$ を加減算することで電流オフセットを推定する。推定した電流オフセット分 i_{uest} を検出値 i_{us} から差し引くことによって補償を行う。

3. 実験結果

U 相 4 A (定格電流の 20%)、V 相 2 A (10%)、W 相 6 A (30%) の電流をオフセット誤差として重畳した。オフセット誤差値を大きな値に設定したのは、効果の検証をわかりやすくするためである。モータの回転数は 100 rpm とした。また、誤差推定用積分ゲインは $\alpha = 0.1$ とした。

図 2 に提案法適用後の補償された U 相電流、U 相電流オフセット誤差推定値、トルク計算値の波形を示す。提案法適用後、U 相電流オフセット誤差推定値が 3.6 A (定格電流の 18%) まで増加していることから、オフセット電流誤差を 90% 推定できてきている。また、提案法を適用することによって、トルクリプルのピークが 7.4 Nm 低減しており、トルクリプルが 84% 低減したことを確認した。

図 3 に提案法適用前後におけるトルク計算値の高調波解析結果を示す。電流オフセット誤差によってトルクに生じるリップル分の基本波成分は、モータ回転数 100 rpm および極対数 3 より 5 Hz である。提案法適用前では、ト

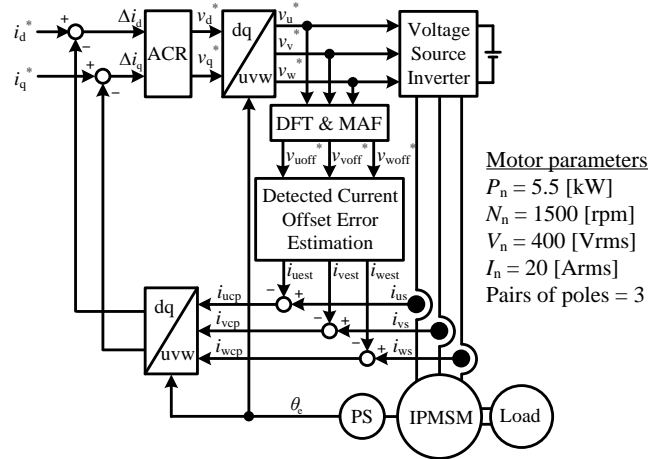


Fig.1 Control block diagram of the proposed method

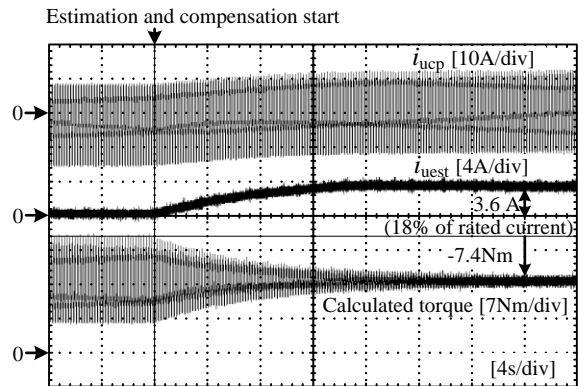


Fig.2 Waveforms of i_{ucp} , i_{uest} and calculated torque with proposed method

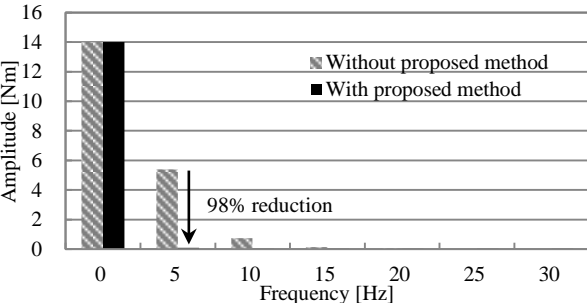


Fig.3 Harmonic analysis results of torque

ルクに基本波成分の整数倍の周波数を持つリップルが重畳している。一方、提案法を適用することによって、リップル分の基本波成分が 98% 低減したことを確認した。以上の結果より、提案法によって電流センサのオフセット誤差によって生じるトルクリプルを低減できることを実験によって確認した。

今後は、速度指令およびトルク指令を過渡的に変化させた場合において、誤差補償実験を行う予定である。

文 献

(1) Y.Uenaka et al.: IEEJ Trans.IA, Vol.131, No.10, (2011)
 (2) H.Tamura et al.: EPE'13 ECCE Europe, pp.1-10, (2013)