

検出電流を用いた多段 DFT による電流センサオフセット誤差補償法の実機検証

◎西澤 慶信, 西澤 是呂久, 田村 浩志, 伊東 淳一 (長岡技術科学大学)

1. はじめに

近年の環境規制の強化を背景にハイブリット電気自動車 (HEV) が急速に普及している。低コスト化のために低精度な電流センサを用いることでオフセット誤差が検出電流に重畳しトルクリプルが発生するといった問題がある。そのため電流センサのオフセット誤差の補償方法が提案されている⁽¹⁾。従来の補償方法では電流センサのオフセット誤差推定用パラメータを、繰り返しシミュレーションを行って取得する必要があったため補償アルゴリズム設計に時間がかかった⁽²⁾。これに対して、著者らは上記の問題を解決するため、検出電流に多段離散フーリエ変換を適用することでオフセット誤差を推定する手法を提案している⁽³⁾。

本論文では、定常状態におけるモータ駆動時において提案手法の有用性を実機実験にて明らかにしたので報告する。

2. 制御方法

図 1 は提案手法の制御ブロック図である。永久磁石同期電動機 (PMSM) を電流フィードバック制御により駆動する際には、PMSM の相電流を電流センサから検出するが、検出値 i_{us} , i_{vs} , i_{ws} には電流センサのオフセット誤差 i_{uerr} , i_{verr} , i_{werr} が重畳する。提案手法では、検出電流を多段離散フーリエ変換に適用することで、検出電流に重畳するオフセット誤差を (1) 式により推定する。

$$\begin{cases} i_{udx} = \sum_{n=0}^{N-1} i_{us}(n) / N \\ i_{vdx} = \sum_{n=0}^{N-1} i_{vs}(n) / N \\ i_{wdx} = \sum_{n=0}^{N-1} i_{ws}(n) / N \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 i_{us} , i_{vs} , i_{ws} はそれぞれ UVW 相電流センサ検出値であり、 i_{udx} , i_{vdx} , i_{wdx} はそれぞれ UVW 相の電流センサオフセット誤差推定値である。また N は 1 周期あたりのサンプリング数である。抽出した推定値 i_{udx} , i_{vdx} , i_{wdx} を検出電流値から減じることで補償を行う。

3. 実験結果

図 2 に提案法適用前後の U 相電流 i_{ucp} , U 相オフセット誤差電流設定値 i_{uerr} , U 相オフセット誤差電流推定値 i_{udx} , トルク計算値の波形を示す。運転条件は図 1 に示した。また各相のオフセット誤差は定格電流の 5.0% より小さく設定した。提案法を適用後、オフセット誤差電流推定値が 0.96A まで推定している。これにより電流センサ検出のフルスケールに対しての 0.2% まで推定できている。設定値に対して推定値に誤差が残る原因は、電流検出値を A/D 変換した際の離散化誤差が影響するためである。提案法を適用することで、トルクリプル計算値が 0.82Nm(55%) 低減している。

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。高調波解析結果の直流成分がモータの定常的な平均トルクである。電流オフセット誤差によって生じるトルクリプルの基本波成分は、インバータの出力周波数と一致するので 15Hz となる。提案法の適用することでトルクリプルの基本波成分を 91% 低減できている。以上の結果より、検出電流値を用いた多段 DFT によるオフセット誤差補償法の有用性を実機実験によって確認できた。今後は従来法と提案法の利点に着目した、オフセット誤差補償法の切り替え手法について検討する予定である。

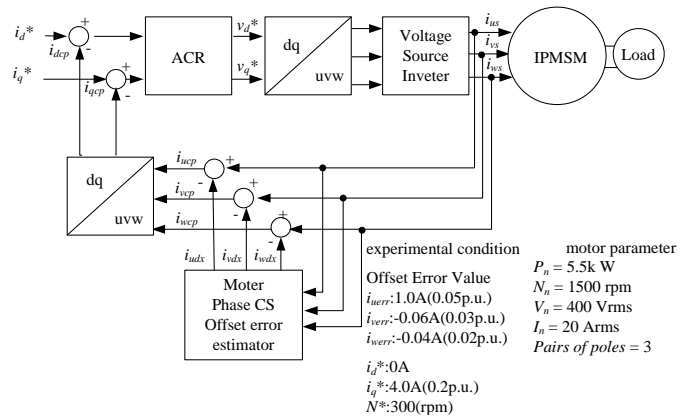


Fig.1 Control block diagram of the proposed method.

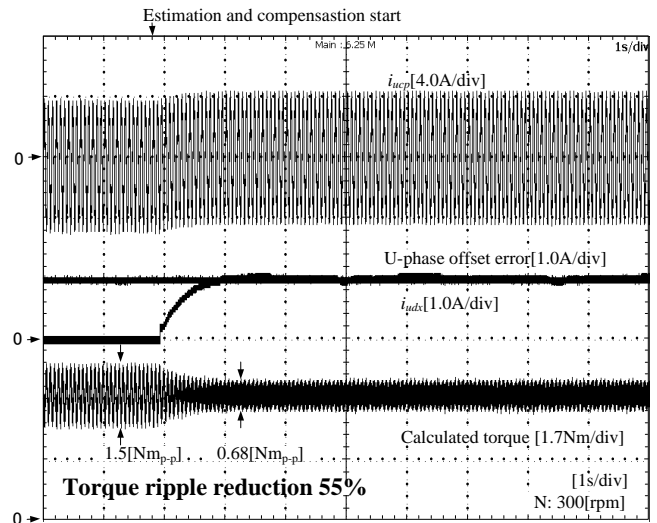


Fig.2 Waveforms of i_{ucp} , i_{uds} and calculated torque. with proposed method

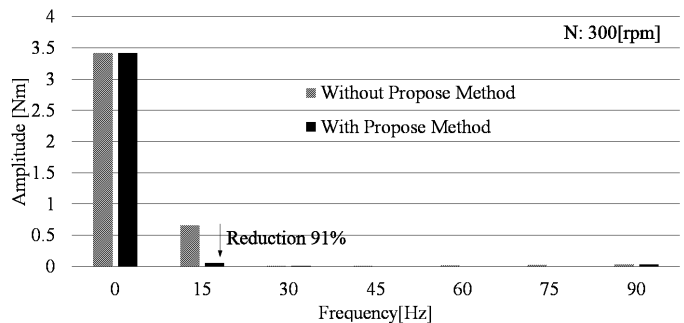


Fig.3 Harmonic analysis result of torque.

参考文献

- (1) Y.Uenaka et al.: IEEJ Trans.IA, Vol.131,pp.9, (2011)
- (2) H.Tamura et al.: EPE'13 ,ECCE-Europe pp.10, (2013)
- (3) H.Tamura et al.: IPEC'14,ECCE-Asia pp.7, (2014)