

IPMSM の零相インダクタンスを用いた PFC のトルク振動低減の検討

◎伊藤 洋介, 芳賀 仁 (長岡技術科学大学)

1. はじめに

家庭用コンセントを用いる電気自動車(EV)等のオンボード充電器には電流高調波規制の観点から力率改善(PFC)回路が必要となる。回路の小型化を実現するため、IPMSM の零相インダクタンスを入力リアクトルとした PFC 回路を用いた IPMSM ドライブシステムが提案されている^[1]。しかし、EV 用オンボード充電器のように IPMSM を停止させて動作する際のトルク振動については検討されていない。

本稿では、IPMSM の零相インダクタンスを用いた PFC 動作時に生じるトルク振動を低減する制御法を提案し、実験によりその有効性を確認したので報告する。

2. 回路構成及び制御方式

図 1 に回路構成を示す。三相インバータの 3 Leg と追加の 1 Leg を用いてフルブリッジ型の PFC 回路を構成する。IPMSM の中性点に単相交流電源を接続し、零相インダクタンスを PFC 回路の入力リアクトルの代わりに用いることで力率改善を行う。IPMSM の各相のインダクタンスは回転角によって変化するため、インバータ側の 3 Leg に同じデューティを与えた場合、各相で流れる電流は異なり、IPMSM のトルク発生につながる。

PFC 回路で得られた DC 電圧を用いて IPMSM の正相分を制御し、インバータのゼロ電圧ベクトルと IPMSM の零相インダクタンスで PFC 動作を行う方法^[1]を用いてトルク振動の低減が可能であると考えられる。ここでは、dq 軸電流指令値を 0 A として与えることでトルク振動を抑制し、算出された各相電圧に零相電圧分を重畳することでフルブリッジ PFC と同様の動作を行う。

また、図 2 に示す制御ブロック図に従って各相電流が同じになるようにそれぞれ電流制御を行うことによってもトルク振動の低減が可能であると考えられる。出力 DC 電圧制御は通常のフルブリッジ PFC と同様で、算出された入力電流指令値 i_{ac} を 3 等分し、各相電流の指令値とする。追加の 1 Leg は、算出された三相分のデューティ比の最も大きい相に合わせてスイッチングを行う。各相電流にそれぞれ制御器を用いることで相電流の不平衡をなくし、トルク振動を抑制する。

3. 実験結果

実験には $L_d = 10.2$ mH, $L_q = 20.1$ mH で極対数 2 の家庭用 IPMSM を用いた。入力 AC 電圧 $100 V_{rms}$, 出力 DC 電圧指令値 250 V, 負荷 1.1 kW とし、トルク波形は相電流から求めた dq 軸電流を用いて算出した。図 3 から図 5 に通常のフルブリッジ制御、dq 軸電流指令値を 0 A とした制御、各相電流個別制御の実験波形をそれぞれ示す。図からいずれも入力電流は電源電圧と同位相の正弦波状となっており、入力力率はともに 99.6% であった。また、通常のフルブリッジ PFC と比較して dq 軸電流指令値を 0 A として与えた方法でトルク振動は P-P 値で 50.0%, 提案制御法で 54.8% 低減することを確認した。

4. おわりに

本稿では、IPMSM の零相インダクタンスを用いたリアクトルレス PFC の動作時に発生するトルク振動を制御法ごとに実験で確認した。提案する制御法により、振動が通常のフルブリッジ PFC と比較して 54.8% 低減されたことを確認した。

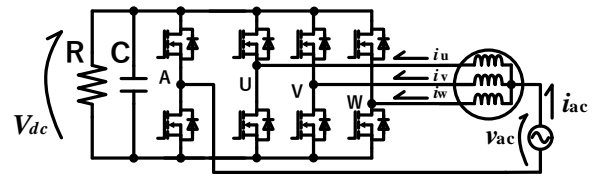


Fig. 1 Reactor-less PFC circuit.

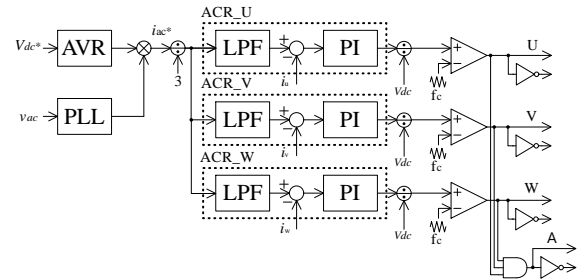


Fig. 2 Control block diagram.

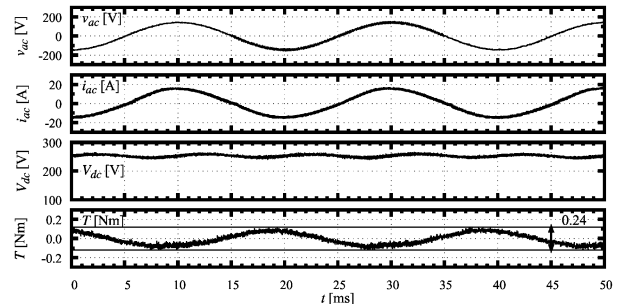


Fig. 3 Experimental results of conventional method.

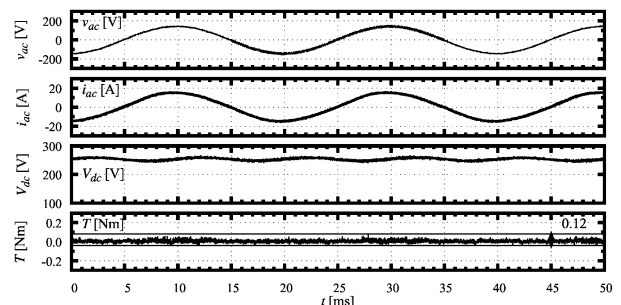


Fig. 4 Experimental results of references [1].

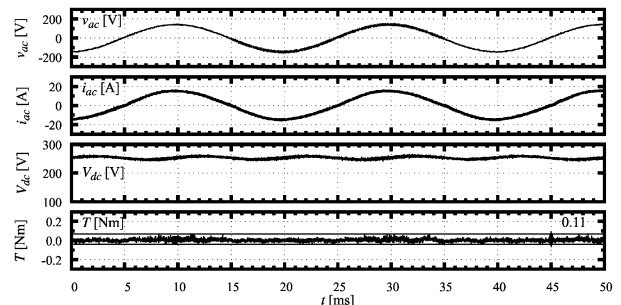


Fig. 5 Experimental results of proposed method.

参考文献

1. 伊東 淳一, 石井 新一, 電学論 D, vol.121, no.2, pp. 219-224, (2001)