

広い速度領域でトルク脈動抑制する集中巻 IPMSM の制御法の検討

橋場 知広・芳賀 仁 (長岡技術科学大学)

1. はじめに

集中巻埋込磁石同期電動機(IPMSM)は高効率化,小型化,コスト低減化技術として様々な産業に応用されている。しかし,分布巻に比べ空間高調波を多く含むため大きなトルク脈動が生じる。著者らは,集中巻 IPMSM のトルク脈動抑制方法として高調波電流を重畳する手法を提案している⁽¹⁾。この制御法は定格速度においてはトルク脈動抑制の効果が十分得られない課題があった。

そこで本稿では,低速度域と高速度域において制御系を切り替えることによって,定格速度(2000rpm)までトルク脈動を抑制できる高調波電流制御系を提案し,シミュレーションで基本特性を確認したので報告する。

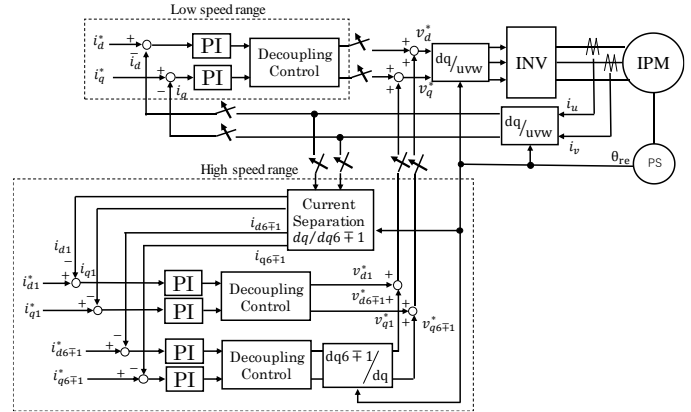


Fig.1 Control diagram of harmonic current control system

2. 提案制御法

Fig.1 に提案する制御ブロック図を示す。まず,モータの低速度域(300rpm以下)までは Eq.(1)の電流指令値を用いてトルク脈動抑制を行う。

$$\begin{aligned} i_d^* &= I \left(-\sin \beta - \frac{k_5 - k_7}{k_1} \sin 6\omega t \right) \\ i_q^* &= I \left(\cos \beta - \frac{k_5 + k_7}{k_1} \cos 6\omega t \right) \end{aligned} \quad (1)$$

k_i は起磁力分布係数であり, β は MTPA 制御における d 軸と q 軸電流指令値の位相差である。

つぎに,高速度域(300rpm以上)において Eq.(1)の電流指令値を各次数成分に分離を行い,高速度域における制御系に切り替え,各次数成分に同期した座標系でトルク脈動抑制する電流指令の制御を行う。

Fig.2 に高調波抽出のブロック図を示す。1 次成分に同期した座標系でハイパスフィルタ(HPF)を通過させて 1 次成分と 5 次 7 次を分離する。HPF 通過後に 5 次と 7 次に同期する座標系に変換を行い,5 次と 7 次を分離するローパスフィルタ(LPF)を通過させることによって 5 次と 7 次を抽出する。

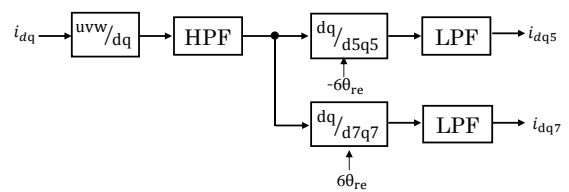


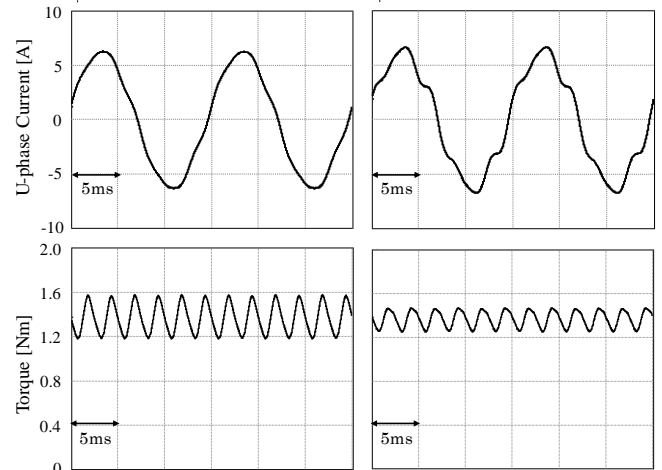
Fig.2 Harmonic current extraction method

3. シミュレーション結果

2000rpm 時, Fig.3(a)に高調波制御系を用いないで,トルク脈動抑制の電流指令値を与えたときのシミュレーション結果を示し, Fig.3(b)に高調波制御系を用いて,トルク脈動抑制の電流指令値を与えたときのシミュレーション結果を示す。HPF のカットオフ周波数を電気角周波数の 6 倍の約 1/10(40Hz)として,LPF のカットオフ周波数を電気角周波数の 12 倍の約 1/10(80Hz)とした。

高調波解析の結果から,高調波電流制御系を用いた場合と用いない場合を比較して,U 相電流の 5 次成分は 6.2%,7 次成分は 3.2%の重畳効果が改善されている。

6 次のトルク脈動成分は高調波電流制御系を用いると用いないときと比較して,51%の低減している結果が得られた。



(a)without proposal system (b)with proposal system

Fig.3 Simulation result

4. おわりに

本稿では,モータの速度によって,トルク脈動抑制の制御系を切り替えることによって2000rpmにおいてトルク脈動が51%低減したことを示した。

今後は,実機による検証を行い定格速度までのトルク脈動抑制効果を確認する。また,更なる6次の脈動成分の低減を行う。

参考文献

[1]川井由宇・芳賀仁・近藤正示:「電力変換器の動作特性を考慮した集中巻 IPMSM のトルク脈動抑制の特性比較」,電学論 D, Vol.134, No2, pp127-138(2014)