

V/f 制御を基にした周期的な負荷変動に対する速度リップを低減する制御法の検討

内藤 雅久・熊谷 崇宏・渡辺 大貴・伊東 淳一 (長岡技術科学大学)

1. はじめに

磁石同期電動機(PMSM)は高効率、小型といった特徴から、家電製品に幅広く用いられている。製品コストを抑えるため、複雑な演算やセンサ、モータパラメータを必要としない V/f 制御が注目されている⁽¹⁾。しかし、エアコンや冷蔵庫に用いられるコンプレッサは周期的な負荷変動が発生するため、トルクを制御できない V/f 制御では大きな速度リップが発生する。そこで本論文では、V/f 制御における速度指令を補正することにより、速度リップを低減する手法を提案する。

2. 提案する制御法

図 1 に提案する制御系の制御ブロック図を示す。γδ軸電流 i_γ , i_δ を用いて表した SPMSM の出力トルク T_e と負荷角 δ の関係は(1)式で表される。

$$T_e = P_f \psi_m \sqrt{i_\gamma^2 + i_\delta^2} \sin \delta \dots\dots\dots(1)$$

ただし、 i_γ , i_δ : γ, δ軸電流, P_f : 極対数, ψ_m : 逆起電圧係数である。(1)式より、負荷角 δ を変化させることにより、任意の出力トルクを得ることができるとわかる。また、負荷角 δ と角速度の関係は(2)式で表される。

$$\Delta\delta = (\omega_{ie} - \omega_{me})\Delta t \dots\dots\dots(2)$$

ただし、 ω_{ie} : インバータ電気角速度, ω_{me} : モータ電気角速度である。(2)式において、モータ電気角速度 ω_{me} は負荷トルクや出力トルクによって変化する。一方、インバータ電気角速度 ω_{ie} は任意に操作できる。よって、負荷トルクの変動に対して、所望の負荷角 δ を得るために指令値 ω_{ie}^{ref} に電気角速度 $\omega_{ie,c}$ の補正を加えればよい。

図 2 に提案する制御系の速度補正部分の制御ブロック図を示す。ここで、本論文では速度補正の効果のみを確認するため、負荷トルクの概形は既知であり、その大きさは未知であるとする。本制御法では、インバータの機械角 θ_{im} と最大補正速度 ω_{ie_MAX} の関数である速度補正関数 $f(\theta_{im}, \omega_{ie_MAX})$ を用いて速度補正値を決定する。速度補正関数 $f(\theta_{im}, \omega_{ie_MAX})$ の概形は負荷トルクの概形と同一とする。また、山登り法に基づいて速度リップ ω_{m_rip} が最小となる最大補正速度を決定する。決定した最大補正速度を用いて速度補正関数の高さを決定し、機械角に応じた速度補正量を出力する。しかし、指令値 ω_{ie}^{ref} に速度補正 $\omega_{ie,c}$ を加えた場合、本来のモータ速度指令値 ω_{ie}^{ref} と補正後の指令値の平均値 $\omega_{ie_c}^{ref}$ にずれが生じ、所望の回転速度が得られない。そのため、補正速度の周期平均値 ω_{ie_AVG} を速度補正値 $\omega_{ie,c} + \omega_{ie_AVG}$ から減算することによって、所望の回転速度を達成する。また、速度補正の探索には実際のモータ速度を用いている。

3. シミュレーション結果

図 3 に提案手法により速度指令を補正した際の速度補正量および速度とトルクのシミュレーション結果を示す。ここで、モータ速度指令値は 0.1p.u とした。また、負荷トルクとして平均が 1.0p.u の三角波状のトルクを与えた。提案法を適用して、速度指令を補正することで、速度リ

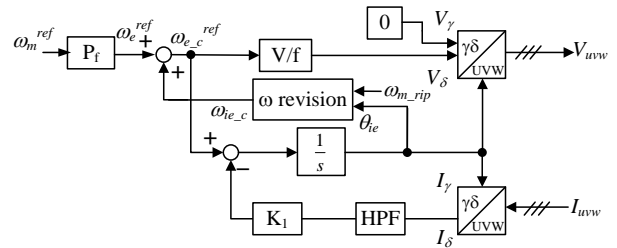


Fig. 1. Control block diagram of proposed method

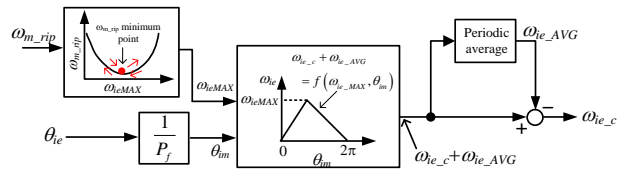


Fig. 2. Diagram of ω-revision

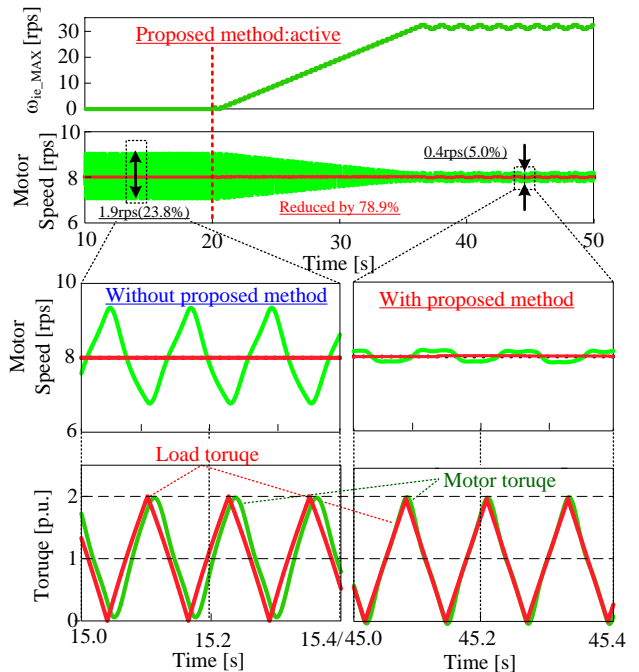


Fig. 3. Motor speed and torque waveform ($\omega_{ie}^{ref}=0.1p.u.(0.8rps)$)

ップが減少していくことがわかる。また、速度リップが最小となる補正量で収束し、最大で速度リップを 72.6% 低減することを確認できる。また、速度補正を行うことにより、負荷トルク変動時の負荷トルクと出力トルクの差が減っていることがわかる。これは、V/f 制御では負荷トルクの変動に対して出力トルクに遅れが発生するが、本制御法では負荷トルクの変動に対してフィードフォワード的に補償を行うことによって、負荷トルクへの追従性が高まるためである。今後は、負荷トルクの推定方法とモータ速度を用いない速度補正の探索方法の検討を行う予定である。

文 献

(1) J. Itoh et al, T.IEE Japan, Vol. 122, No. 3, pp. 253-259 (2002)