

モータ動力線から位置検出器へ直流電力を供給可能な変流器と負荷の設計

中垣 拓海・田中 元粋・渡辺 大貴・伊東 淳一（長岡技術科学大学）
 桐淵 岳（オムロン） 森本 茂雄（大阪公立大学）

1. はじめに

永久磁石同期電動機(PMSM)に備えられた位置検出器の駆動電力を、モータ動力線に挿入した変流器(変流器)を介して供給する手法が検討されている⁽¹⁾。これまでに抵抗負荷での検討例⁽²⁾はあるが、ダイオード整流器負荷では非線形性や電圧降下の影響が懸念される。本稿では、変流器二次側にダイオード整流器を接続し、負荷に所望の電力を供給可能な変流器と平滑コンデンサを設計する。

2. 変流器の設計

図1にシステム構成図を示す。本システムでは、モータ動力線に変流器を挿入し、モータ駆動電流から位置検出器への供給電力を得る。変流器の場合、ダイオード整流器の入力電流が電流源とみなせる。また、簡単化のため、今回は負荷を抵抗のみとした。

2.1. 変流器の巻数：

一次側巻数 N_1 が 1 の場合、二次側巻数 N_2 は負荷への供給電力より(1)式で表される。

$$N_2 = \frac{2i_p V_L}{\pi R_L} \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 V_L 、 P_L は負荷に供給する電圧、電力、 i_p はモータ電流のピーク値である。

2.2. 励磁インダクタンス：

ダイオード整流器負荷を等価抵抗とすると⁽³⁾、分流則から一次側電流に対する励磁電流の比 $\%I_{mag}$ を用いて励磁インダクタンス M_e は(2)式で表される。

$$M_e = \frac{8R_L}{\omega\pi^2 N_2^2} \sqrt{\frac{1}{\%I_{mag}^2} - 1} \dots\dots\dots(2)$$

ここで、 R_L は負荷抵抗、 ω はモータ回転角周波数である。

2.3. 平滑コンデンサ容量：

平滑コンデンサ容量 C は、負荷の許容電圧リプル率 $\%V_L$ より(3)式で表される。

$$C = \frac{\pi}{\omega R_L \%V_L} \left\{ \cos\left(\sin^{-1} \frac{2}{\pi}\right) + \frac{2}{\pi} \sin^{-1} \frac{2}{\pi} - 1 \right\} \dots\dots\dots(3)$$

2.4. ダイオード整流器の影響

図2に $\%I_{mag}$ の特性を示す。縦軸は設計したパラメータによる $\%V_L$ の理論値とシミュレーション結果の誤差率 ε_{vL} を表している。図2より、 $\%I_{mag}$ が20%を超えると ε_{vL} が1%を超え、(3)式から誤差が大きくなる。つまり励磁電流が大きい場合、ダイオードの電圧降下の影響が大きくなり、所望の出力電力を得られない。よって、誤差率の許容範囲内で $\%I_{mag}$ を決定する必要がある。

図3に変流器をT型等価回路で表した回路図と設計したパラメータを示す。本稿では位置検出器への供給電力、電圧を1W、5Vとしてパラメータを設計した。このとき、 $\%I_{mag}$ を1%、 $\%V_L$ を5%とした。

3. シミュレーション評価

図4に設計した各パラメータを用いたシミュレーション結果を示す。シミュレーションでは、電力変換器を理想電圧源とし、一定トルクを与えた。図4(a)より、負荷

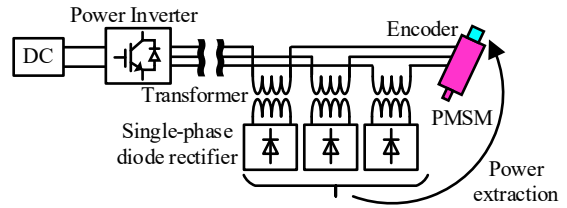


Fig.1 Configuration of power extraction system.

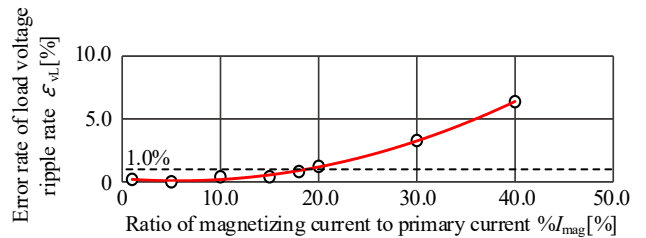


Fig.2 Characteristics of $\%I_{mag}$.

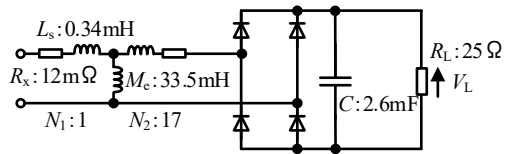
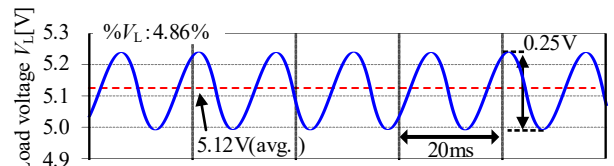
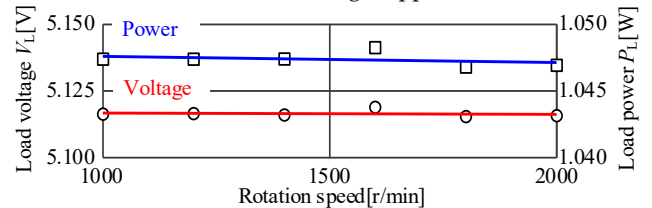


Fig.3 Configuration of transformer and diode rectifier.



(a) Load voltage ripple



(b) Speed characteristics

Fig.4 Load characteristics.

電圧の平均値は5.12V、 $\%V_L$ は4.86%であり、設計値と一致していることが確認できる。また、図4(b)より、モータの回転数によらず約5.12Vと約1.047Wの一定出力が得られており、所望の出力特性となっていることが確認できる。本稿では、設計時に理論値を切り上げて設計値とした。そのため、設計値とシミュレーション結果で誤差が生じていると考えられる。以上により、本稿で示した設計法の妥当性を確認できた。

本稿の設計法では変流器の M_e が大きく、体積も大きくなると予想される。今後は体積の最小化法を検討する。

文 献

- (1)桐淵他, SPC-22-149 MD-22-084 (2022)
- (2)桐淵他, PE-23-024 PSE-23-030 SPC-23-080 (2023)
- (3)R.L. Steigerwald : IEEE Trans. Power Electron, vol.3, No.2, pp. 174-182,(1988)