

# スロットレス超高速 PM モータにおける 磁気飽和とパワー密度に着目した固定子設計に関する検討

小森 健裕\*, 野口 季彦 (静岡大学)

Study on Stator Design Focusing on Magnetic Saturation and Power Density of Slotless Ultra High-Speed Permanent-Magnet Motor

Takehiro Komori\*, Toshihiko Noguchi (Shizuoka University)

## 1. まえがき

筆者らは車載用スーパーチャージャの電動化を目的として、12 V 電源で駆動される超高速永久磁石モータ (1.5 kW, 150,000 r/min) の開発を推進してきた<sup>(1)</sup>。本稿では、近年開発を進めているスロットレス超高速 PM モータの固定子形状について磁気飽和とパワー密度に着目して比較検討したので報告する。

## 2. 磁気飽和とパワー密度に着目した継鉄幅の設計

車載を前提とする本モータでは高効率化と小形化の観点から固定子継鉄幅の最適化が重要である。Fig. 1 の解析モデルで固定子内径を  $\phi 41.6$  mm に固定し、継鉄幅を設計変数として変化させ、電磁界解析にて固定子形状を詳細に検討した。

Fig. 2 に継鉄幅 3 mm と 6 mm における磁束密度ベクトル分布を示す。磁束密度ベクトルを比較すると継鉄幅が減少するにつれて、鉄心中の磁束密度は上昇していることがわかる。また、継鉄幅の変化に伴い、磁束密度ベクトルの流れが変化しており、この変化がトルクに影響を及ぼす。Fig. 3 に継鉄幅を 3 mm から 6 mm まで変化させたときのトルク波形を示す。継鉄幅 3 mm から 4 mm ではトルクリプルが大きく、磁気飽和が生じていることがわかる。また、継鉄幅 5 mm ではトルクリプルが小さいものの、磁気飽和の影響を受け始めていることが確認できる。Fig. 4 に固定子内径を一定とし、継鉄幅を変化させたときの損失計算結果とパワー密度を示す。継鉄が磁気飽和状態になると磁束密度波形に歪が生じて、誘起電圧波形に 3 次、5 次の空間高調波が重畳し、誘起電圧波形が歪む。それに伴い、所望のトルクを出力するために多くの駆動電流が必要となり、銅損が増加するため効率が低下する。継鉄幅を大きくすることで鉄損は減少し効率改善に寄与するが、高効率と高パワー密度を同時に実現するために継鉄幅を極力小さく設計しパワー密度の最大化を図る。

## 3. まとめ

本稿では、スロットレス超高速 PM モータの固定子形状について磁気飽和とパワー密度に着目して比較検討した。継鉄幅 5 mm 以下では磁気飽和が生じてトルクリプルが発生するため、継鉄幅 6 mm すなわち固定子外径  $\phi 53.6$  mm とすることにより、効率、パワー密度、トルクリプルを高い次元で両立させることができる。

文献

(1) 鹿野・野口：「150,000 r/min-1.5kW PM モータのパーミアンス係数最適化による効率改善」電気学会産業応用, vol.III, pp.335-338 (2006)

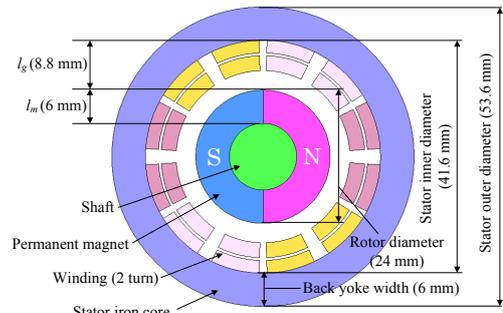


図 1 スロットレス超高速 PM モータの断面図  
Fig. 1. Cross section diagram of slotless ultra high-speed PM motor.

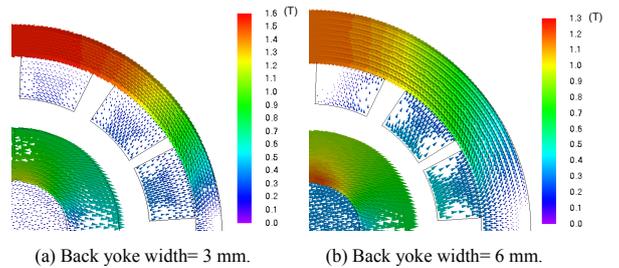


図 2 磁束密度ベクトル分布

Fig. 2. Flux density vector distribution.

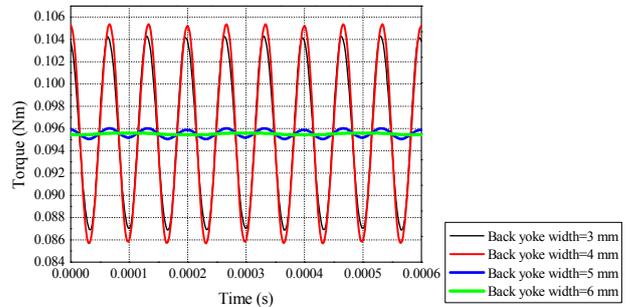


図 3 各継鉄幅のトルク特性

Fig. 3. Torque characteristics with respect to back yoke widths.

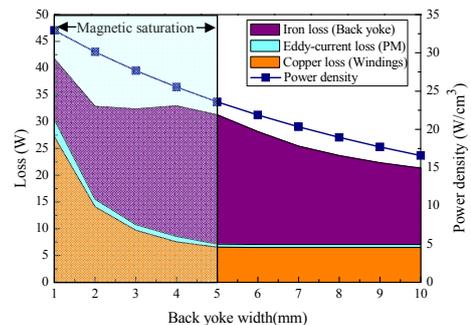


図 4 継鉄幅に対する損失分析結果とパワー密度

Fig. 4. Loss analysis and power density results with respect to back yoke width.