

埋込磁石型磁気ギヤのトルク向上に関する検討

水穴裕真, 中村健二, *鈴木雄真, *大石悠平, *立谷雄一, *操谷欽吾
(東北大学, *(株)プロスパイン)

Torque Improvement of Interior Permanent Magnet Magnetic Gear
Y. Mizuana, K. Nakamura, Y. Suzuki, Y. Oishi, Y. Tachiya, K. Kuritani
(Tohoku University, *Prospine Co., Ltd.)

はじめに

磁気ギヤは非接触で増減速可能であるため、機械式ギヤと比べて振動や騒音が小さく、保守性に優れる。その中でも磁束変調型磁気ギヤは、他の磁気ギヤと比べてトルク密度が高いことから¹⁾、実用化が期待されている。一方、回転子磁石には非同期の高調波磁束に由来する渦電流損が生じることが知られている。これに対し、回転子磁石をスポーク状に埋め込むことで、磁石渦電流損を低減する手法が提案されているが²⁾、有効磁束の減少に伴う、トルクの低下が懸念される。

本稿では、回転子磁石の形状に着目し、埋込磁石型 (IPM) 磁気ギヤのトルク向上に関する検討を行ったので報告する。

IPM 磁気ギヤのトルク向上に関する検討

Fig. 1 に、従来の IPM 磁気ギヤを示す。回転子磁石はスポーク状に埋め込まれており、磁気ブリッジがギャップ側に設けられている。また、バックヨークには非磁性のステンレスを用いることで、磁気回路の短絡を防いでいる。

Fig. 2 は、比較対象とした表面磁石型 (SPM) 磁気ギヤである。全磁石体積が、Fig. 1 の IPM 磁気ギヤと等しくなるように設計してある。

Fig. 3 に、本稿で提案する IPM 磁気ギヤを示す。内外回転子磁石の形状を台形にすることで、Fig. 1 および 2 の磁気ギヤと同体格のまま、磁石量を増加させた。また、磁気ブリッジをギャップ側ではなく、非磁性ヨーク側に設けることで、ブリッジ部での漏れ磁束の低減を図った。

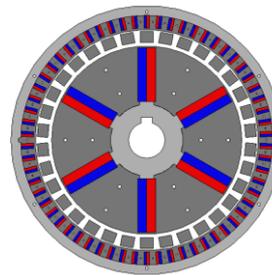
Fig. 4 に、3次元有限要素法で求めた、外側回転子の最大トルクと効率の算定結果を示す。なお、この時の高速側の回転数は 300 rpm である。同図(a)を見ると、提案する IPM 磁気ギヤ (Trapezoid) の最大トルクは 39.2 N·m であり、従来の IPM 磁気ギヤ (Conventional) の 2.5 倍以上であることがわかる。さらに、SPM 磁気ギヤに対しても、トルクは約 20% 上回っている。また、同図(b)から、効率についても提案の IPM 磁気ギヤが最も優れていることがわかる。

なお、本研究の一部は JSPS 科研費 基盤(B) JP16H04310 の助成を受け行った。

参考文献

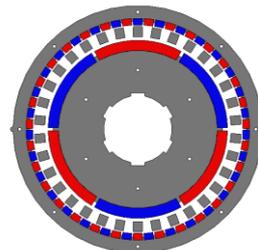
1) K. Atallah and D. Howe, *IEEE Trans. Magn.*, **37**, 2844 (2001).

2) T. Ikeda, K. Nakamura, and O. Ichinokura, *J. Magn. Soc. Jpn.*, **33**, 130 (2009).



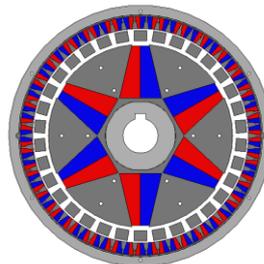
Gear ratio	10.33
Outer diameter	150 mm
Axial length	25 mm
Inner pole-pairs	3
Outer pole-pairs	31
Number of pole-pieces	34
Core material	35A250
Magnet material	Sintered Nd-Fe-B

Fig. 1 Specifications of a conventional IPM magnetic gear.



Gear ratio	10.33
Outer diameter	146 mm
Axial length	25 mm
Inner pole-pairs	3
Outer pole-pairs	31
Number of pole-pieces	34
Core material	35A250
Magnet material	Sintered Nd-Fe-B

Fig. 2 Specifications of an SPM magnetic gear.



Gear ratio	10.33
Outer diameter	150 mm
Axial length	25 mm
Inner pole-pairs	3
Outer pole-pairs	31
Number of pole-pieces	34
Core material	35A250
Magnet material	Sintered Nd-Fe-B

Fig. 3 Specifications of a proposed IPM magnetic gear.

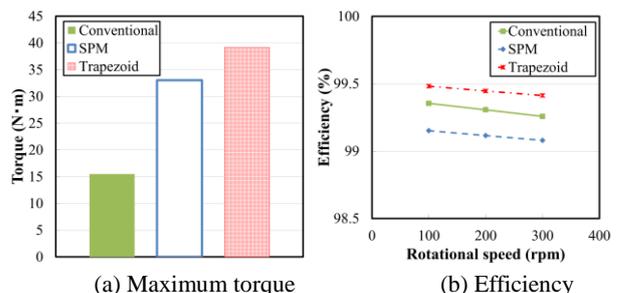


Fig. 4 Comparison of torque and efficiency of the magnetic gears.