

電気・情報関係学会九州支部連合大会の原稿

学生員 都 圭二郎 正員 戸高 孝
(所属 大分大学)

1 はじめに

磁気ギアドモータの構造としては様々タイプが提案されているが、原理はモータ部で高速ロータを回転させ、磁気歯車部で減速させて低速高トルクを得るのが一般的である⁽¹⁾。出力軸としては、モジュレータであるポールピース(PP)かあるいは多極の永久磁石回転子のどちらかを選択多能である。アウトーステータタイプ⁽²⁾ではモータ部のエアギャップが広がるため、最大伝達トルクが低くなる。また多極化も難しい短所がある。そこで、インナーステータタイプでモータ部のエアギャップをできるだけ小さくして、モータとしての特性を維持しながら、磁気歯車と組み合わせたモデルの検討を行った結果について報告する。

2 解析モデルと動作原理

Table1 に磁気ギアドモータの解析モデルの仕様を示し、Fig. 1 に解析モデルの概観を示す。図の内側からモータステータ、インナーロータ(磁気ギアの高速ロータを兼ねる)、ステーションナリー・ポールピース、磁気ギアのアウトロータの順で配置している。ステータのコイルに電流を流しインナーロータの内側の磁石を用いてインナーロータを回転させ、インナーロータの外側の磁石とステーションナリー・ポールピースとアウトロータの磁石を用いてトルクを減速比に従って増加させる。モータ部は高速回転を実現するため、磁気ギアの高速ロータ(外周上)は埋め込み磁石型とした。また、エアギャップが3つ必要となる構造であるため、磁気ギア部の磁石を補強し、多極構造の低速ロータには磁束集束配列を適用した。ポールピースの磁極数 N_s と高速ロータ局対数 N_h と低速ロータの極対数 N_l の関係は式(1)を満たし、減速比は式(2)で与えられる。

$$N_s = N_l \pm N_h \quad (1)$$

$$G_r = \mp N_l / N_h \quad (2)$$

Table1 Parameter of a magnetic geared motor model

モータ部分					
節点数	58225	巻数N	150	電流[A]	3
要素数	70269	巻線抵抗R[Ω]	0.888	周波数[Hz]	50
直径[mm]	130	厚み[mm]	130	回転数[rpm]	3000
ギア部分					
接点数	64944	回転数(HSR)[rpm]	3000	直径[mm]	170
要素数	106717	回転数(LSR)[rpm]	400	厚み[mm]	130

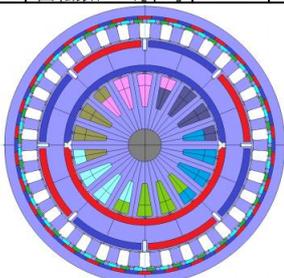


Fig 1. Analyzed model

3 解析結果及び検討

3.1 モータ部の特性

有限要素法を用いて、モータ部分の無負荷試験と拘束試験を行った。モータ部分は磁気ギア部分での減速比を

考慮して高速回転させることを目的に極数を 2 として 3000[rpm]で回転させている。また、ステータの磁気飽和や磁石形状を考えて磁石をボンド磁石とした。結果として、無負荷試験での誘起電圧は 100[V]、負荷試験で得られた停動トルクは 3.1[Nm]であった。

3.2 磁気ギア部の特性

拘束試験を行い、伝達トルクの検証ならびに磁気ギア部分の渦電流の影響を検討した。渦電流の有無による磁束分布の比較を Fig.2、渦電流を考慮した場合の瞬間的なジュール損失密度を Fig.3 に示す。渦電流を考慮した場合、ポールピース部の渦電流が原因で制動トルクが働き、ジュール損失が非常に大きくなっている。また、渦電流損による出力の減少のため、低速ロータのトルクは Fig.4 のように大幅に減少した。

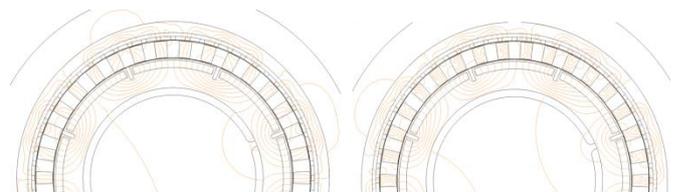


Fig 2. Flux lines

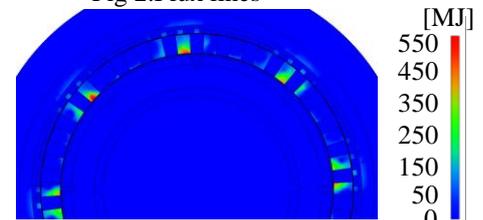


Fig3. Joule loss density

トルク(LSR)[Nm]

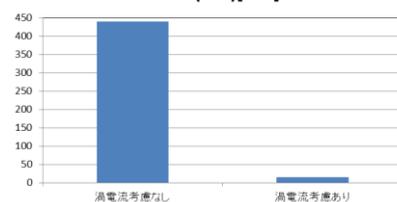


Fig 4. Comparison of torque

4 まとめ

磁気ギアの高減速比化に向けて、高速ロータの回転数を上げると、ポールピースに流れる渦電流によって大きな制動トルクが働き、伝達トルクが減少する結果となった。渦電流を低減させる方法としての薄型電磁鋼板や圧粉磁心の適用について検討を行った結果を発表時に報告する。

参考文献

- [1] X. Li , K.-T. Chau , M. Cheng , and W. Hua : “COMPARISON OF MAGNETIC GEARED PERMANENT MAGNET MACHINES”, Progress In Electromagnetics Research, Vol. 133, pp. 197-198, 2013
- [2] 平田勝弘:「次世代アクチュエータ原理と設計法」, 科学技術出版, pp.25-48, 2013