

修士学位論文要約（令和 4 年 3 月）

冷却ファン用高速 PM モータの材料・構造に関する研究

于 越

指導教員：中村 健二

A Study of Magnetic Material and Structure of High-Speed PM Motor for Cooling Fans

Yue YU

Supervisor: Kenji NAKAMURA

In today's world, electric motor market is moving towards high performance and high efficiency world widely. Especially, the type of permanent magnet motor (PM motor) which used permanent magnet have been attracting attention as part of energy conservation and global warming countermeasure. Among all the different type of motor, the PM motor which have the advantage of high-power density that makes motor can be easily to be designed as a compact, high-speed motors. Recently, with the current situation where 50-60% of Japan total power generation is consumed by motors, with the demand for higher performance and higher efficiency motor is increasing. The energy saving, and high efficiency of motors are the most important issues at present. Moreover, with the developing of information and communication technology, the demand for fan motor in data centers also increased, due to the heat density, which is occurred from server have been increased, the problem with heat from the servers becoming difficult to cooling down with conventional fan motor. Therefore, in this research, I am choosing study low-loss and high-efficiency motors from the viewpoint of motor materials and structure, with the aim of improving the performance of permanent magnet (PM) motors for cooling fans..

1. はじめに

近年、情報通信技術の発展に伴い、データサーバの高密度・高発熱化の問題が顕在化している。これらの冷却に用いるファンは冷却性能向上のため、大型化、並びに高速回転化による風量・風圧の増大が必須であり、その駆動用モータには高トルク化、高速回転化が求められている。

先行研究では、冷却ファン用の永久磁石 (PM) モータの性能向上に関して、インセット型 PM モータを設計し、実機の試験を行ったことで、モータの効率が大きく向上することを実証した。

本研究では、さらなるモータの高性能化・高効率化を目的として、新材料・構造について、モータの性能に関わる基礎的な検討を行ったので報告する。

2. NANOMET[®]を用いたインセット型 PM モータ

NANOMET[®]はナノ結晶軟磁性合金の一つであり、Fe の含有量が他のナノ結晶軟磁性合金よりも高いため、磁束密度が高くかつ低損失である。ここでは、熱処理後の NANOMET[®]薄帯を積層し、含侵接着により積層コアを作製し、先行研究で開発したインセット型 PM モータ¹⁾を検討対象とし、その固定子鉄心を、従来の無方向性ケイ素鋼板 (35A300) から NANOMET[®]積層コアに置き換えた際の特性について、3D-FEM による解析と試作試験の両面から評価した。Fig. 1 に

NANOMET[®]積層コアの $B-H$ 曲線の実測値と鉄損曲線の実測値を示す。Fig. 2 に、先行研究で開発したインセット型 PM モータの形状・寸法を示す。

Fig. 3 から Fig. 6 に FEM と実機試験で得られた効率特性および鉄損特性を示す。これらの図を見ると、NANOMET[®]積層コアを適用したインセット型 PM モータの効率は全運転領域で向上したことがわかる。実機の最高効率は 95.1% であり、先行研究のモータに対して、さらなる効率向上を達成した。

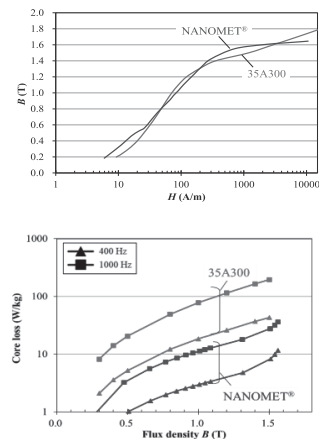


Fig. 1 Comparison of $B-H$ and core loss curves.

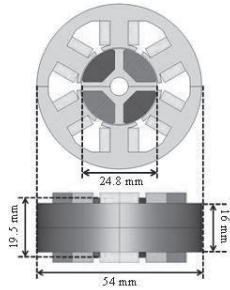


Fig. 2 Shape and dimensions of InPM motor.

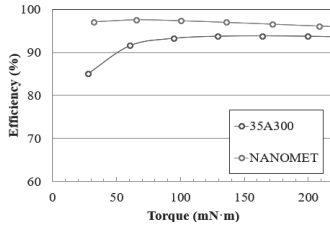


Fig. 3 Calculated efficiency characteristics.

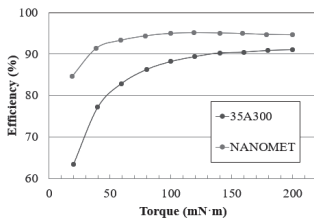


Fig. 4 Measured efficiency characteristics.

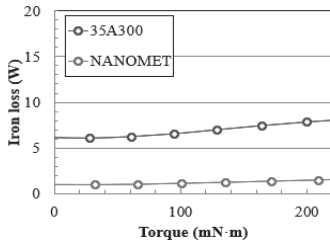


Fig. 5 Calculated loss characteristics.

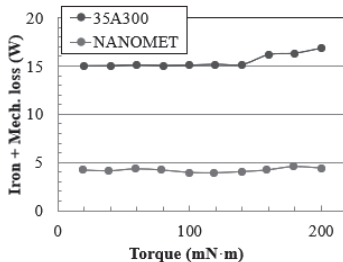


Fig. 6 Measured loss characteristics.

3. フラックスリバーサルモータに関する基礎検討

本研究では、さらなる高性能化・高速回転化へ向けて、新たな構造であるフラックスリバーサルモータ (FRM)²⁾について基礎検討を行った。Fig. 7 に、検討に用いた FRM の諸元を示す。3 相 8 極 6 スロットのアウトロータ型のモータであり、固定子極先端に磁石が張り付けられているのが、構造上の特徴である。

Fig. 8 に、本研究で設計した FRM の効率の計算値を示す。定格点効率は 71% であり、改善の余地がある。損失の主な要因は、固定子極先端に張り付けられた磁石の渦電流損であることから、今後は磁石分割やバンド磁石の採用など、損失低減策の検討が必要不可欠である。

4. まとめ

本研究では、冷却ファン用高速 PM モータの高効率化を目的として、材料および構造から種々の検討を行った。まず始めに、先行研究のインセット型 PM モータに NANOMET[®]を適用したところ、鉄損が大幅に低減し、幅広い回転数領域で効率が改善した。次いで、新たな構造であるフラックスリバーサルモータ (FRM) について基礎検討を行った。効率は未だ低いことから、今後は損失の低減に取り組み、性能向上を目指す予定である。

文献

- 1) Y. Uchiyama, K. Nakamura, O. Ichinokura, H. Goto, and H. J. Guo, *T. Magn. Soc. Jpn. (Special Issues)*, **4**, 67 (2020).
- 2) Y. Liao, F. Liang, and T. A. Lipo. *IEEE Trans. Ind. Applicat.*, vol. 31, pp. 1069 - 1078, Sept./Oct. 1995.

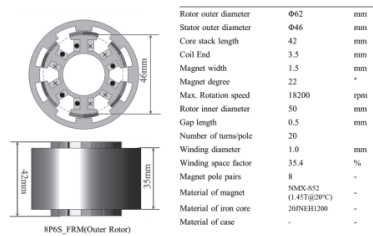


Fig. 7 Specifications of FRM.

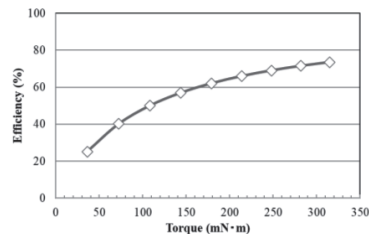


Fig. 8 Calculated Efficiency of FRM.