



SICE4

2009年度
学会

技術講演会
四国支部

2009年度



整流コイルを用いたベアリングレスモータの

ロータの歯幅の違いによる特性検討

A study of feature by differences of rotor teeth width of Bearingless Motors with Rectified Circuit Coil

佐伯真司（高知工科大学） 岡宏一（高知工科大学）

Shinji SAIKI, Kochi University of Technology
Koichi OKA, Kochi University of Technology

1. はじめに

通常一般的な電気モータにはロータを支持するために、ボールベアリングなどの機械的支持機構が用いられている。しかし、機械的ベアリングは、高速回転時に、摩擦や磨耗などの問題が起きる。また、潤滑油などの定期的なメンテナンスが必要である。他方ベアリングレスモータでは、ロータが磁気支持であるため、非接触で駆動できる。そのため、無潤滑、高速回転が可能である。また、非接触により無保守化が可能であり、潤滑油による汚損もなくなるため、整備保守の困難な場所や汚損を嫌う医薬品や食品製造機械用のモータなどへの応用が期待されている。このように、多くの利点を持つためベアリングレスモータは、様々な特徴を持った機構が開発されている^(1,2)。

多くのベアリングレスモータは、非接触駆動を実現するためにロータに永久磁石を用いている。通常、永久磁石は大きな磁力を得ることが出来るため、ロータとステータの空隙を比較的大きくしても有効な駆動が可能であり、さらにモータの小型化にも有効である。しかし、永久磁石の性質上、機械的強度や高温での消磁の問題がある。

この問題の解決のため、新しい構造のベアリングレスモータが提案されている⁽³⁾。この機構の利点は、以下の4点が挙げられる。ロータに整流回路が接続しているコイルを用いることにより、ロータコイルに誘導起電力を発生させ、流れる電流を整流することによってロータの磁極を固定し、永久磁石を用いる場合と同様に扱える。ロータの磁極を固定することにより有効な支持および回転を実現させる。整流コイルを用いる利点として、ロータコア全体を電磁鋼板で製作することが可能となるため、機械的強度が向上する。また、高温での消磁の問題も解決できる。

本報告では、整流コイルを用いたベアリングレスモータのロータの歯幅を変更し、特性の検証を行った結果を報告する。

2. 整流コイルを用いたベアリングレスモータの原理

整流コイルの原理を説明するため、直線状に簡略化したロータ、ステータ、およびコイルを Fig.1 に示す。両側にあるステータには2種類のコイルが巻かれている。一方は、誘導用コイルであり、交流電流を流しロータコイルに誘導電流を流すのに使用する。もう一方は制御コイルである。制御用コイルは、水平方向に働く力を発生させるために使用する。ロータコイルは、直列に接続されており、ダイオードが接続してある。誘導用コイルに交流電流を流すと、ロータコイルに誘導電流を生じる。この電流は整流され、一方向に流れることによりロータの磁極を固定できる。これにより、永久磁石をロータに取り付けたのと同様に扱えると考えられる。誘導用コイルに印加される交流電圧によ

って、ロータコイルに流れる誘導電流とロータの磁束密度変化のシミュレーション結果を Fig.2 に示す。誘導用コイルに交流電圧を印加すると、ロータコイルに流れる電流は一定方向となっていることがわかる。ロータの極の磁束密度は、脈動しているが磁束の方向は同じであり、磁極が固定されていることがわかる。

整流回路を用いたベアリングレスモータの基本的な構造を Fig.3 に示す。ロータコアは4極、ステータコアは8極である。Fig.3 のように周囲にステータを配置した場合においても Fig.1 と同様な方法でロータの磁極を固定することができる。制御用コイルに電流を流し、ロータに働く力を制御することによって磁気支持が可能となる。具体的にはロータが Fig.3 の位置にある場合、下側の極ではロータに反発力を与え、上側の極ではロータを吸引するように力を働かせることにより磁気支持が可能となる。また、各極の誘導用コイルに流れる電流の直流成分を制御することにより、回転トルクを制御でき、非接触で PM ステッピング・モータのように駆動できる。

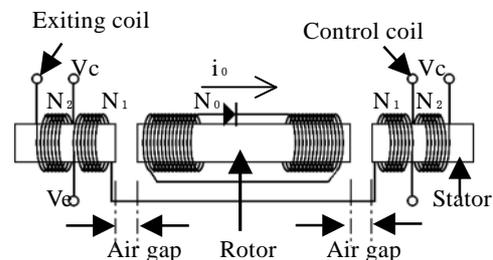


Fig. 1 Schematic of rectified rotor and stat

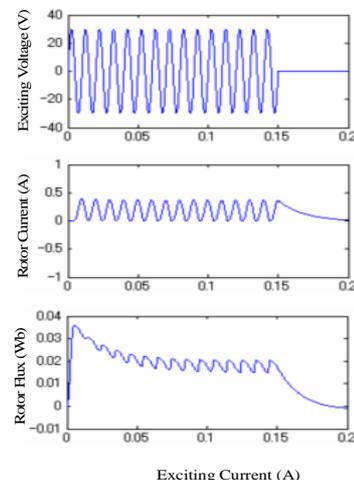


Fig. 2 Function of rectified circuit coil

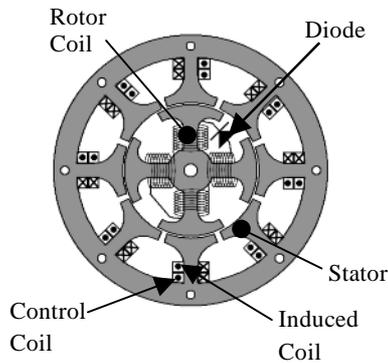


Fig.3 Illustration of rectified bearingless motor

3. 回転方法

ロータを回転させる回転信号には、ステッピング・モータの原理を応用した。その方法として、2相励磁, 1-2相励磁, micro step 励磁(sine cosine 励磁)の3種類を用いた。

4. ロータの歯幅

これまでの実験装置の形状を, Fig.4 に示す。ロータの直径は, 約 60mm とし, 互いに向い合う面積が大きくなるようステータとロータの形状は扇形に似た形にした。また, ステータの歯幅は 20° , ロータの歯幅は 30° となっていた。この形状の場合, ロータとステータが Fig.5 のような位置の時, ロータの歯がステータ3極の歯に向かい合う。そのため, microstep 励磁での回転時に励磁信号がうまく付加されていないことが考えられた⁽⁶⁾。

今回の実験ではロータの歯幅を Fig.6 に示すように, ロータの歯がステータ3極の歯に向かい合わない形状のモノを選んだ。その形状として, 今回ロータの歯幅は 22.5° とした。

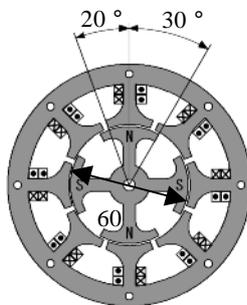


Fig.4 Shape of prototype



Fig.5 Illustration of rotor width of teeth 30°



Fig.6 Illustration of rotor width of teeth 22.5°

5. ロータの歯幅の違いによる検討結果

micro step 励磁の回転方法を用いて, ロータの歯幅が 30° と 22.5° のものを, 0° から 90° の間で, 回転方向を時計回りと反時計回りとし, 回転の入力信号を 1° ごとに与え, 角度の測定を行った。その結果を Fig.7, Fig.8 に示す。

Fig.8 の結果より, Fig.7 に比べ回転方向の違いによるロータの角度変化が小さいことがわかる。この結果より, micro step 励磁を用いた回転時において, ロータの歯幅が 22.5° の場合, ロータコアへの励磁信号がうまく付加されていると考えられる。しかし, Fig.7, Fig.8 共に励磁信号が切り替わる角度では, ロータが一定の角度で停止せず, 今後切り替え点での改善が必要だと考えられる。

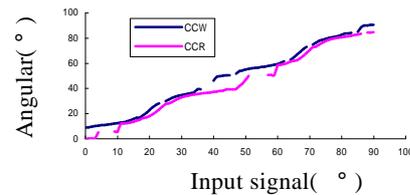


Fig.7 Angle displacement of rotor teeth width 30°

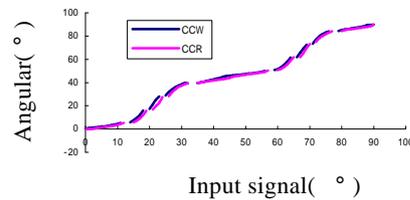


Fig.8 Angle displacement of rotor teeth width 22.5°

6. まとめ

今回の実験では整流コイルを用いたベアリングレスモータの開発に向けて, ロータの歯幅を変更し, 回転時でのロータの磁化性能向上を検討実験で確認した。

参考文献

- (1) K. Ohmori, S. J. Kim, T. Masuzawa and Y. Okada, "Design of an axial type self-bearing motor for small axial pump," Proc. of the Eighth international symposium on magnetic bearings, pp. 15-20, August 2002
- (2) A. Chiba, Desmond T. Power, and M. Azizur Rahman, "Analysis of no-load characteristics of a bearingless induction motor," IEEE Transactions on industry applications, vol. 31, No.1, pp.77-83, January/February 1995
- (3) Andres O. Salazar, A. Chiba and T. Fukao, "A review of developments in bearingless motors," 7th international symp. on magnetic bearings, pp.335-340, August, 2000.
- (4) Koichi Oka, "Bearingless motor with rectifier circuits," 8th international symposium on magnetic bearing, Mito, Japan pp.271-275, August, 2002.
- (5) Hironobu Aratani, Koichi Oka, Chen Li, "Development of Bearingless Motors with Rectified CircuitCoil," The 17th symposium on electromagnetics and dynamics, pp.493-496, Jun, 2005
- (6) Shinji Saiki, Koichi Oka, "Rotating torque characteristic of Bearingless Motors with Rectified CircuitCoil," The Paper of Joint Technical Meeting on Semiconductor Power Converter and Linear Drivers, IEE Japan, pp.85-90, December, 2008