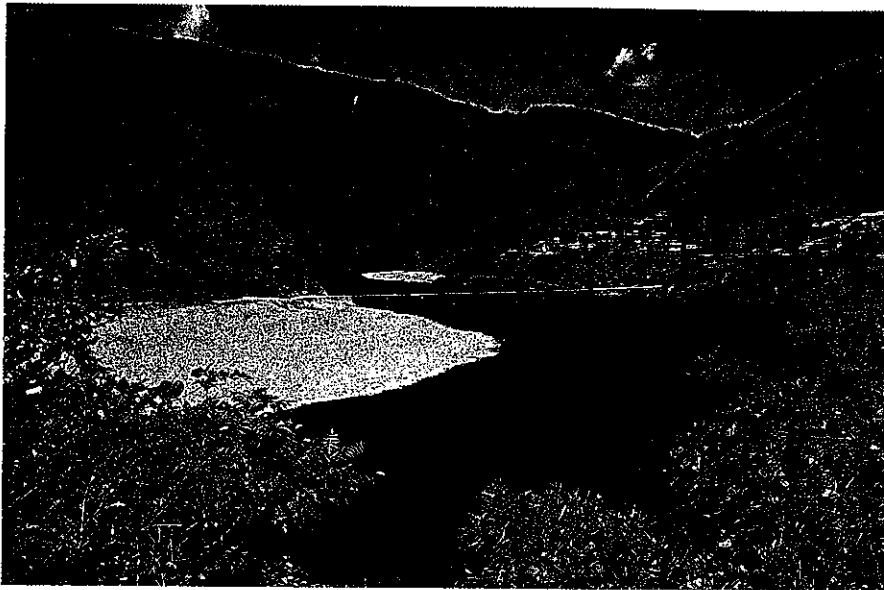


講演論文集

第17回

「電磁力関連のダイナミクス」 シンポジウム



The 17th Symposium on Electromagnetics and Dynamics



2005年
6月22日水～6月24日金

高知市文化プラザかるぽーと

主催：日本AEM学会 共催：電気学会 日本機械学会



整流回路を用いたベアリングレスモータの開発 - 回転機構に関する考察 -

Development of Bearingless Motors with Rectified Circuit Coil - Study of Rotation Mechanism -

荒谷広宣 (高知工科大) 学生員
陳麗 (高知工科大)
岡宏一 (高知工科大) 正員

Hironobu ARATANI
CHEN Li
Koichi OKA

Kochi University of Technology Student Member
Kochi University of Technology
Kochi University of Technology Member

In this paper, a new type of bearingless motor is introduced and some basic experiments on the motor is examined. The feature of this motor is that the rotor has coils with rectified circuit. The rectifier circuit magnetize the rotor in a fixed direction by applying AC power of stator coils. The activated rotor will be rotated as a PM motor. First, the principle of the proposed motor is explained. Next, basic experiments of activation, such as the induced voltage of the rotor coil, the intensity of magnetization of the rotor, and the generating force of suspension and rotation is examined. From these results of experiments, the feasibility of the proposed bearing less motor is discussed.

Key words: Bearingless Motor, Rectified Circuit, Magnetic Levitation, Magnetic Bearing

1. はじめに

モータにはロータを支持するために、通常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。しかし高速回転をする場合、機械的ベアリングは摩擦、磨耗、メンテナンスなどの問題が生じる。ベアリングレスモータは、ロータを磁気支持させて回転させる機構のモータである。磁気支持であるため非接触であり、無潤滑、高速回転が可能である。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り、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。

本研究の目的は、整流回路を用いたベアリングレスモータを開発することである。このモータの特徴は、ロータにコイルを取り付け、そのコイルに整流回路が接続してあることである。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する。ロータの磁極を固定させることにより有効な支持および回転を実現させる。

今回の発表では、ロータコイルに流れる電流と磁力によって生ずるロータ-ステータ間に働く力を測定し、その値を考慮し回転に関する考察を行った結果を報告する。

2. 整流回路を用いたベアリングレスモータの基本原理解 [1]

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.1, Fig.2 に示す。ロータコイルに誘導電流を生じさせ、その電流を整流し流れる電流の方向を一定方向にする。これによりロータの磁極が固定され永久磁石を取り付けたロータと同じようにあつかえる。Fig.1 のようにロータに取り付けたコイルに整流器としてダイオードが取り付けられており、ステータに取り付けたコイルに交流電流を流し、ロータ側に一定方向の誘導電流を流す。このときの誘導電流の大きさによって、ロータに生じる磁力の大きさがきまる。Fig.2 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。このときステータコイルに流す電流を変化させ、ロータに加わる力を制御することによって磁気支持が可能となる。ロータが Fig.2 の位置にある場合、下側二つのステータでロータを支持し、上側のステータでロータを吊り下げるように力を働かせることにより磁気支持できる。またステータの磁極を制御するこ

連絡先: 荒谷 広宣, 〒782-8502 高知県香美郡土佐山田町宮ノ口 185, 高知工科大学工学部防衛機械システム工学科, e-mail: 095201v@kochi-tech.ac.jp

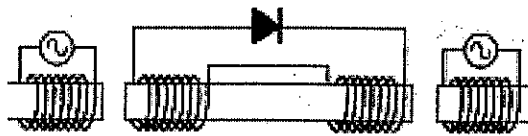


Fig. 1: Illustration of Rotor and Stator

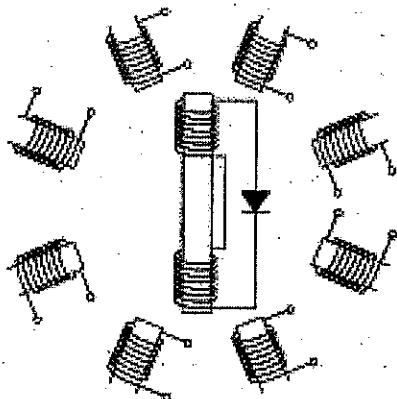


Fig. 2: Illustration of 8 Poles Stator Arrangement

とにより、反発力と吸引力を適時反転させることでロータを回転させることができる。

3. ロータに生じる誘導電流とロータ-ステータ間に働く力の測定

誘導電流によってロータ-ステータ間に働く力の大きさが、ロータを支持回転させるのに十分であるかを検証するため、実験装置を製作した。実験装置の外観を Fig. 3 に示す。この実験装置によってコイルに発生する磁力とロータコイルに発生する誘導電流、ロータ-ステータ間に働く吸引力と反発力の大きさを測定した。ステータコイルは可動式の台に固定した鉄心に装着し、ロータコイルは力センサに固定した鉄心の両端に装着した。コイルは 0.5mm のエナメル線をロータコイルは 232 回巻きを、ステータコイルは 116 回巻きが 2 つ巻いてあるものを使用した。

3.1 コイルに発生する磁力の測定

コイルに生じる磁力の大きさをステータの鉄心にコイルを取り付け、電流を 0.2A 間隔で 2A まで流して測定した。コイルの巻き数を 100 回、150 回、200 回、250 回と変え

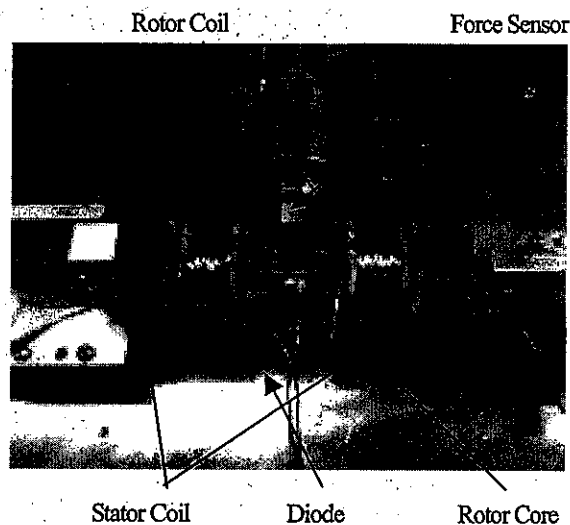


Fig. 3: Photograph of Experimental Setup

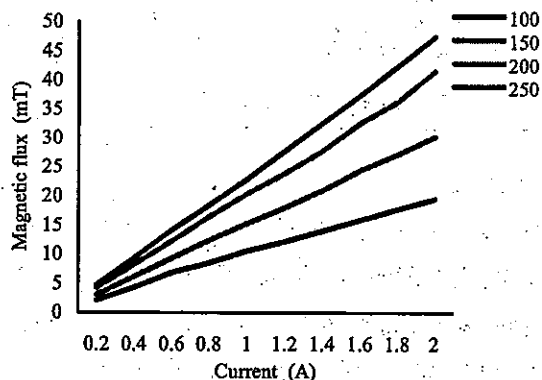


Fig. 4: Magnetization about Coil Current and Turn

を行った。結果を Fig. 4 に示す。

3.2 誘導電流の測定

ステータコイルに交流電流を流し、ロータコイルに流れる誘導電流を測定した。ステータに流す交流電流は 0.5A~3A まで 0.5A 間隔で加え、周波数は 500Hz として測定した。ロータコイルに流れる電流をロータ両端と各ステータの距離を 0.1~1mm の間、0.1mm 間隔で測定した。結果を Fig. 5 に示す。

3.2 ロータ-ステータ間に働く吸引力、反発力の測定

ロータを力センサに固定し、ステータとロータの間に働く吸引力と反発力の大きさを測定した。ロータコイルに直流電流 0.5A と 1A を流し、ステータコイルには直流電流 1A を流した。ロータとステータの距離を 0.5mm にし、ステータコイルに流す誘導電流用の交流電流を 2A、

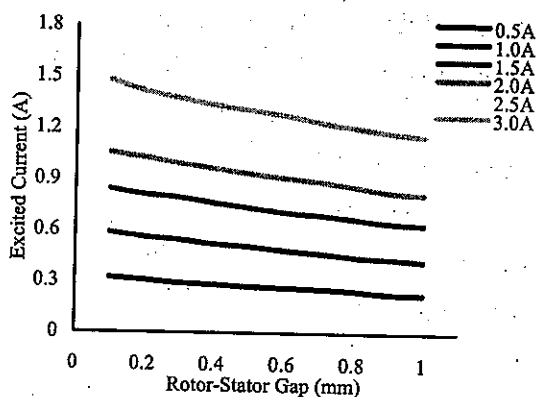


Fig. 5: Excited Current

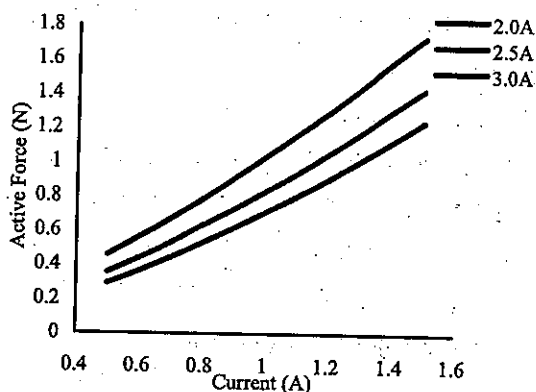


Fig. 6: Genealogy Force about Gap and Current

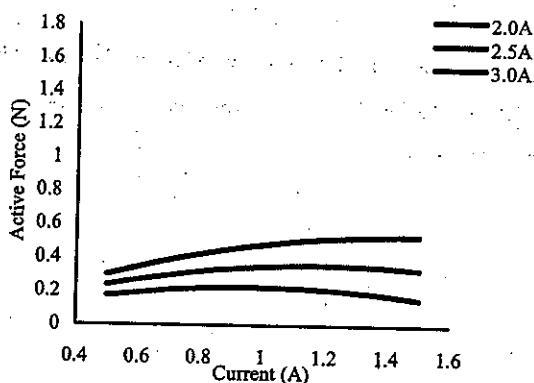


Fig. 7: Suspension Force about Gap and Current

2.5A, 3A, 磁極固定用の直流電流を0.1A 間隔で0.5~1.5A 流した時の吸引力と反発力をそれぞれ測定した。吸引力と反発力の測定結果を Fig.6, Fig.7 に示す。

3.4 測定結果

コイルに発生する磁力は、Fig.4 に示されるように、コイルの巻き数と電流に比例して大きくなる。ロータコイルに流れる誘導電流は Fig.5 からわかるように、ロータ-

ステータ間の距離を狭くし、大きな電流をステータコイルに流すことで大きくできる。またロータステータ間に働く吸引力もステータコイルに流れる誘導電流用と磁極固定用の電流を大きくすることで大きくできることが測定結果からわかる。しかし、反発力では磁極固定用の電流を一定以上大きくすると反発力が小さくなっていく。また、電磁誘導用のコイルに流す電流の大きさによって反発力が小さくなり始める直流電流の値が変わっている。このことから、ステータの磁力がロータの磁力より大きくなることで、反発力が小さくなっていくと考えられる。

4. 回転に関する考察

整流回路を用いたベアリングレスモータを回転させるため、コイルの巻き数と電流、磁力の関係を調べた。また、ロータに誘導電流がどの程度流れ、ロータステータ間に働く力が十分であるかを測定した。その結果、ロータに誘導電流を多く流すにはロータステータ間の距離を小さくしステータコイルに流す電流を大きくすればよいことが Fig.5 からわかる。ロータステータ間に働く力は、反発力が、吸引力に対して小さいため、十分な回転トルクが生じないことが予想される。Fig.7 に示した反発力を測定したグラフより、ある値より大きい直流電流を磁極固定用のコイルに流すと反発力が小さくなることも、回転トルクが生じないと予想される要素のひとつである。この原因として、ロータの鉄心がステータ側に発生した磁力によって磁化され、ロータに生じる磁力が打ち消されていることが予想される。ロータに生じる磁力よりステータに生じる磁力が大きい場合、または逆にロータに発生する磁力が大きくステータに生じる磁力が小さい場合にこの現象が起きると考えられる。ロータとステータの磁力が釣り合わなければ、反発力以上に吸引力が働くため、ロータに生じる誘導電流の大きさによって、ステータに流す電流の大きさを変化させることが必要になってくる。この現象は、反発力が吸引力に比べ小さいことにも影響していると予想される。ロータコイルによって生じる磁力が、ステータの磁力によって生じた磁力に減磁され、ロータステータ間に働く反発力が小さくなっていると考えられる。よって現在の構成では回転できない。

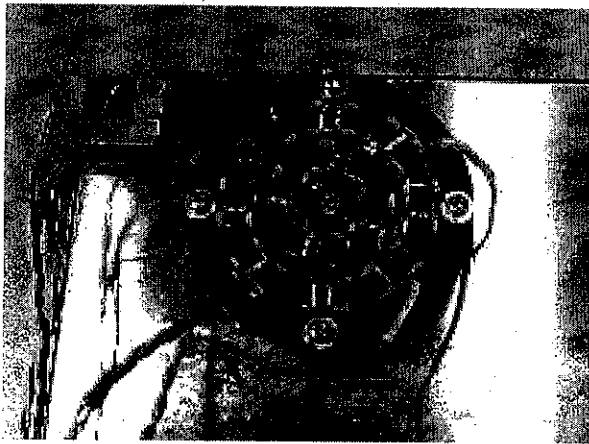


Fig.8: Photograph of New Experimental Setup

今後は、以上のロータ-ステータ間に働く力に関する問題の解決を行う必要があり、この問題の解決によってロータを回転させることができる。

5. 実験装置の改良

新しい実験装置のロータとステータをFig.8に示す。ステータコアの直径は70mmである。今回製作した実験装置では形状上、回転実験を行うときにロータ-ステータ間の距離を小さくできない。また、ステータ各極のコアが独立して設置されているため磁気の損失が大きい。新しく製作する実験装置は、このことを考慮しロータコアとステータコアの端の形状に丸みをつけロータ-ステータ間の距離を小さくできるようにする。さらにステータは磁気の損失を小さくするために各コアを一体化する。この

実験装置の製作後、誘導起電力を発生させる交流電流の周波数を高くするなど、今回の行った実験の条件を変え実験を行う。

6. まとめ

整流回路を用いたベアリングレスモータの、ロータに流れる誘導電流とロータ-ステータ間に働く吸引力、反発力の測定実験を行った。現在のところロータ-ステータ間に働く吸引力については浮上回転に十分な吸引力が得られたが、反発力については、十分な結果が得られていない。また、誘導電流については、十分な反発力が働くほどロータに磁力が発生していないため、さらに、大きい誘導電流を流す必要がある。今後、十分な反発力を得られるようこの問題の解決に当たっていく。また、ロータの極数を4極に増やすことによって、回転力が働きやすい構造にする。上記の問題が解決され次第、回転に関する実験を行い、その結果により、ロータの磁気支持に関する実験を行う。最終的には整流回路を用いたベアリングレスモータの安定した駆動を目指す。

参考文献

- [1] Koichi Oka, BEARINGLESS MOTOR WITH RECTIFIER CIRCUITS, Proc. of The 8th Int. Symp. on Magnetic Bearings, pp.271-276, 2002