

第4回インテリジェント・システム・シンポジウム

Fuzzy, Artificial Intelligence, Neural Networks and
Computational Intelligence

FAN Symposium'04 in Kochi

講演論文集

2004年10月9日(土)～10日(日)

高知工科大学

- 主催:  日本知能情報ファジィ学会
- 共催: 計測自動制御学会、電気学会、システム制御情報学会、
電子情報通信学会、人工知能学会、日本神経回路学会、
日本ロボット学会、日本機械学会、情報処理学会、
日本エム・イー学会、バイオメディカル・ファジィ・システム学会、
日本AEM学会、高速信号処理応用技術学会
- 後援: 高知工科大学、高知県

2-106 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-

○学 荒谷広宣 (高知工科大) 陳麗 (高知工科大)
正 岡宏一 (高知工科大)

Hironobu ARATANI, Kochi University of Technology, Tosayamada-cho, Kochi
CHEN Li, Kochi University of Technology
Koichi OKA, Kochi University of Technology

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

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圧を加え、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異なる。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磁力を制御することによって磁気支持する。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。またステータの磁極を制御することにより、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圧とロータ-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生じる磁力とロータコイルに生じる誘導電圧、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。にステータコイルは

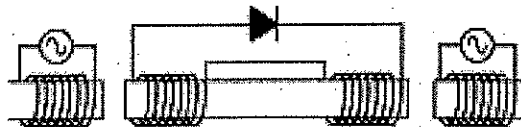


Fig.1: Illustration of Rotor and Stator

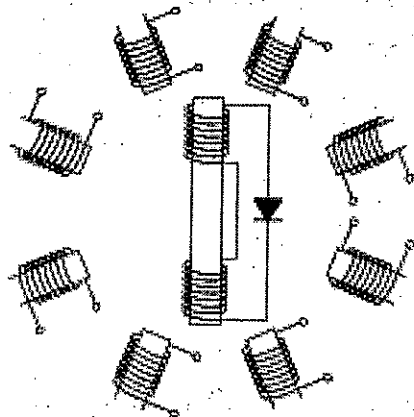


Fig.2: Illustration of 8 Poles Stator Arrangement

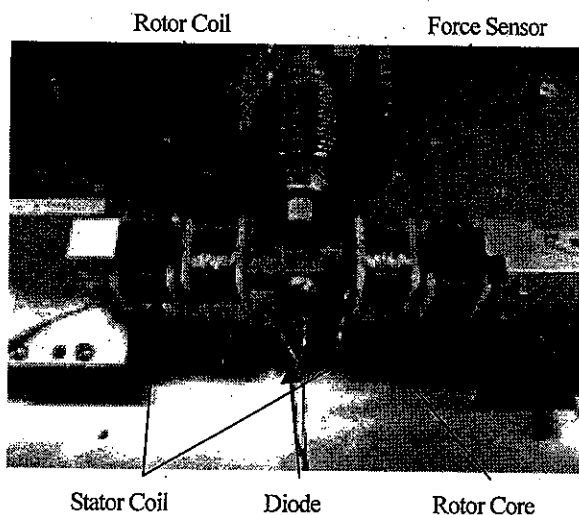


Fig.3: Photograph of Experimental Setup

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。ロータコイル、ステータコイルともに0.5mmのエナメル線をコイルひとつあたり200回巻いてある。

3.1 コイルに生じる磁力の測定

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回と変えて行った。結果をFig.4に示す。

3.2 誘導電圧の測定

ステータコイルに交流電圧を加え、ロータコイルに発生する誘導電圧を測定した。ステータに加える交流電圧は10V~120Vまで10Vきざみで加え、周波数は1Hzとして測定した。ロータコイルに発生する電圧をロータ両端と各ステータの距離を0~5mmの間、0.5mmきざみで測定した。結果をFig.5に示す。

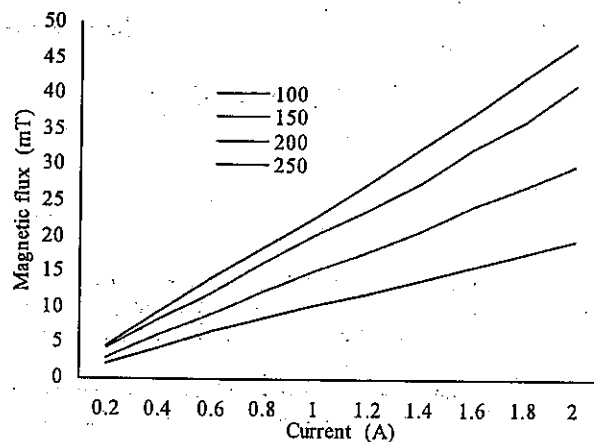


Fig.4: Magnetization about Coil Current and Turn

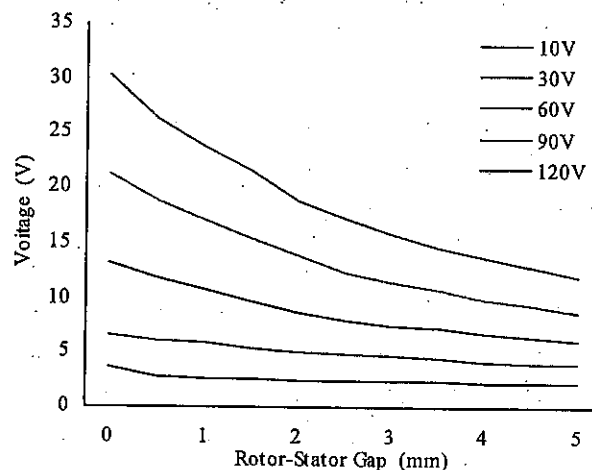


Fig.5: Excited Voltage

3.3 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、その一端側のステータはロータから十分に距離をとっておき、もう一端側の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0.1mm間隔で0~3mmまで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それぞれFig.6, Fig.7に示す。ただしFig.3に示すロータの右方向を正とする。

3.4 測定結果

コイルに生じる磁力はFig.4より流す電流の大きさとコイルの巻き数に比例して大きくなる。ロータコイルに生じる誘導電圧は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、高い電圧をステータコイルに加えることで大きくできる。またロータ-ステ

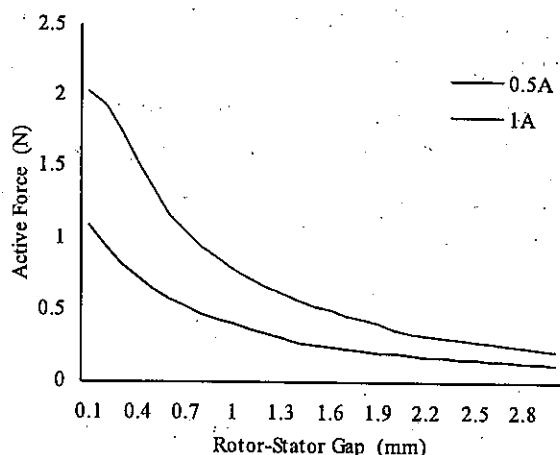


Fig.6: Genealogy Force about Gap and Current

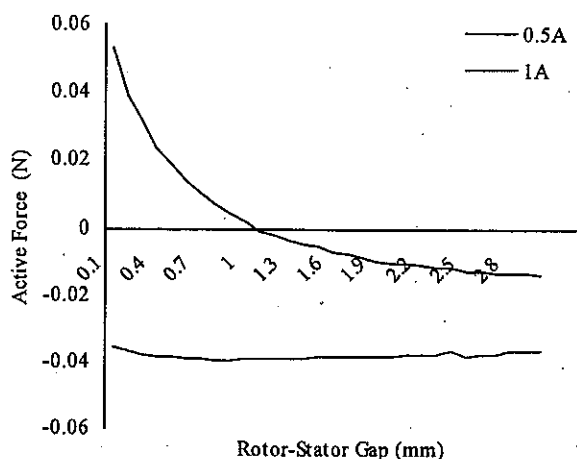


Fig.7: Suspension Force about Gap and Current

ータ間に働く吸引力もロータ-ステータ間の距離を小さくすることとコイルに流れる電流を大きくすることで大きくできる。しかし、反発力の測定結果は 0.5A の場合、ロータ-ステータ間の距離が小さいと吸引力が働き 1mm より大きくなる付近から反発力が次第には働きだす。1A の場合は反発力が距離に関係なくほぼ一定になっている。また 0.5A、1A とともにロータ-ステータ間に働く反発力の大きさは最大で-0.04N から-0.02N 程度と吸引力に比べ小さい。この状態ではロータを吸引する力のみが働きロータを回転させるには不十分である。

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

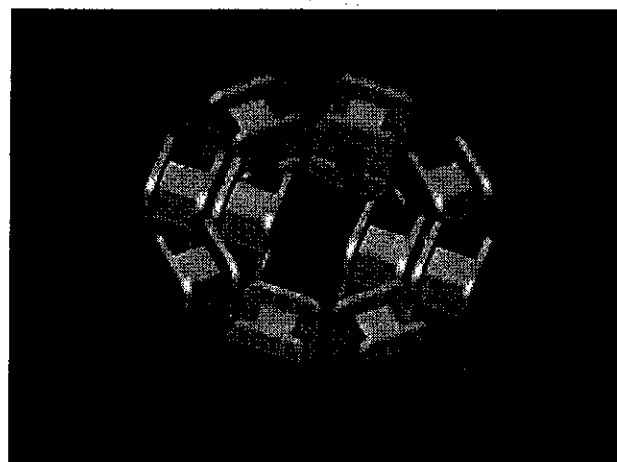


Fig.8: 3DCAD of New Experimental Setup

離を小さくしステータコイルに加える電圧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、ロータコイルに 0.5A、ステータコイルに 1A 流した場合、ロータ-ステータ間の距離が小さいと吸引力が働く。このことも、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生じた磁力によって磁化され、ロータに生じる磁極が反転し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生じ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。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の 3DCAD を Fig.8 に示す。ステータコアの直径は 60mm 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圧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に加わる誘導電圧とロータ-ステータ間に働く吸引力については満足いく結果が得られたが、反発力については満足いく結果を

得られていない。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極に増やし、回転しやすい構造にする。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