

ローレンツ磁気浮上モータの高度化に関する研究

Lorentz Force Type Self-Bearing Motor

05T1034F 北郷 将史

指導教員：増澤 徹 教授

1. 緒言

磁気浮上モータは機械的摺動部を完全に撤廃できるため、長寿命・高クリーン性を有しており、溶血や血栓形成が問題となっている連続流式人工心臓ポンプへの応用が研究されている。しかし、血液の流路やポンプケーシングの厚みを考慮すると、ステータとロータ間のワイドギャップは、磁気浮上回転性能を低下させる主要因となる。そこで、本研究ではワイドギャップでも十分な磁気浮上回転性能を有するローレンツ磁気浮上モータの開発を目的とする。本モータの高度化のために高磁束密度が発生可能な磁束集束配列永久磁石とハルバツハ配列永久磁石をそれぞれ用いた、スロットレス型ローレンツ磁気浮上モータの設計・製作・性能評価を行った。

2. 方法

2.1 ローレンツ磁気浮上モータの概要

Fig.1 にローレンツ磁気浮上モータの概要図を示す。ローレンツ磁気浮上モータは、ローレンツ力によりロータの径方向位置を制御すると同時に回転を行うセルフベアリングモータである。6 個のコイルを配置したステータと表面に 8 極の永久磁石を貼り付けたロータによって構成される。磁石配列について磁束集束配列永久磁石 (Concentrated Surface Permanent Magnet: CSPM) とハルバツハ配列永久磁石を採用した。Fig.2 に各磁石配列の構成図を示す。磁束集束型は、径方向に着磁された永久磁石 1 個と周方向に着磁された永久磁石 2 個により 1 極を構成し、計 16 個の永久磁石により 8 極を構成した。周方向着磁磁石により磁束を中央部に集束させることで、局所的な領域に永久磁石単体で得られる磁束密度よりも高い磁束密度を得ることができる。ハルバツハ型は、2 つのセグメントで 1 極を構成し、計 16 個の永久磁石により 8 極を構成した。ハルバツハ型は磁石の片側面にのみ大きな磁束密度を発生させるという性質を持つため、バックヨークを必要としないという利点を持つ。

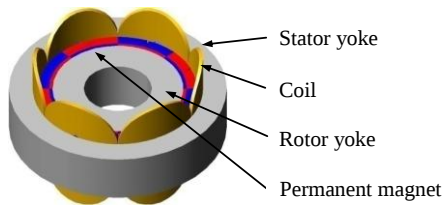


Fig.1 Lorentz force type Self-Bearing motor

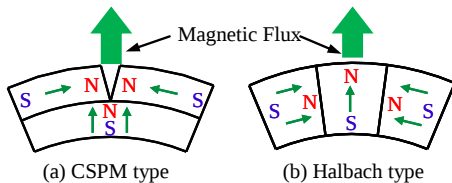


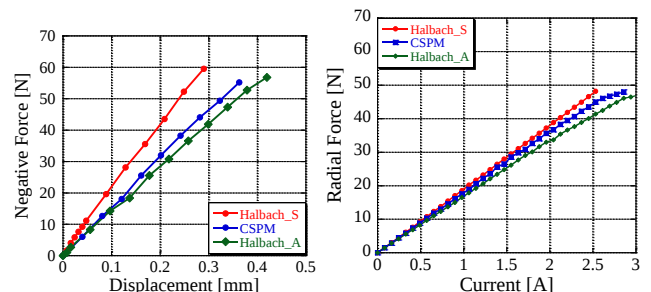
Fig.2 Two types of permanent magnet array

2.2 実験装置

製作した磁気浮上モータは、ロータ外径 93 mm、ステータ外径 128 mm、軸方向長さ 30 mm とした。ロータとステータ間のエアギャップはコイル厚み 2 mm を含め 3.5 mm とした。ステータには渦電流損の低減のために積層珪素鋼板を用い、1 コイル当たりの巻き数は 142 巻きとした。永久磁石はネオジム系を使用し、径方向長さの合計は 8 mm とした。ハルバツハ型はロータが磁性材料 (Halbach_S) と非磁性材料 (Halbach_A) を製作した。CSPM 型を含め 3 種類の磁気浮上モータについて負のばね力と径方向制御力の測定を行った。

3. 結果及び考察

Fig.3 に負のばね力の測定結果を示す。ロータの径方向変位に対する負のばね力は線形性を示し、負のばね定数は Halbach_S で 215 N/mm であり、CSPM は 152 N/mm、Halbach_A は 138 N/mm であった。Fig.4 は径方向制御力の測定結果を示す。制御電流に対して制御力も線形性を示し、電流 0 A から 2.5 A の範囲での力係数は、Halbach_S で 19.0 N/A、CSPM で 17.6 N/A、Halbach_A で 16.1 N/A であった。Halbach_S が最も大きい値を示したのは、ロータとステータ間において広範囲に高い磁束密度が発生可能であるためである。Halbach_A は、磁気回路内の磁気抵抗が大きく、磁石が発生する磁束密度が低くなったためである。しかし、ロータとステータ間のコイル厚みを含むエアギャップが 3.5 mm と広いことを考慮すると、どの磁気浮上モータも高い磁気支持性能を有していると考えられる。また、ロータが径方向に 0.2 mm 変位しても制御電流 2.5 A 流すことによって十分に磁気支持可能であることを確認した。



(a) Negative Force

(b) Radial Force

Fig.3. Experimental result

4. 結言

磁束集束配列永久磁石とハルバツハ配列永久磁石を用いたローレンツ磁気浮上モータを製作し、浮上性能の評価を行った。製作した 3 種類の磁気浮上モータは、磁気浮上のために十分な径方向制御力を発生できることを確認した。