

人工心臓用 IPM 型磁気浮上モータの開発

Development of an IPM type magnetically levitated motor for artificial heart

04T1018N 梅田 晶

指導教員：増澤 徹 教授

1. 緒言 従来の連続流型人工心臓用遠心ポンプでは溶血、血栓の形成や、摺動部の耐久性が問題となっている。その解決手段として磁気浮上技術を応用した遠心ポンプの開発が進められている。昨年度までに本研究室にて開発された人工心臓用ラジアル型磁気浮上モータは軸方向吸引力が小さく、受動安定性に問題があった。ラジアル型磁気浮上モータの高性能化において、軸方向の安定性の向上は重要検討項目である。本研究では、ラジアル型磁気浮上モータの受動安定性向上を目指した新型ロータの開発を目的とした。

2. 方法

2.1 ラジアル型磁気浮上モータの概要 Fig.1 にラジアル型磁気浮上モータの概略図を示す。本モータは中央にステータ、外側にロータを配したアウトロータの構造である。12 本あるステータ突極には浮上用、回転用のコイルがそれぞれ巻かれており、一つのステータで浮上、回転の 2 つの制御を独立して行うセルフベアリングモータを構成している。回転制御と同時に径方向のロータ位置を能動制御し、径方向の傾きと軸方向のロータ位置は受動安定で静的に支持されている。



Fig.1 Radial type levitated motor

2.2 SPM 型ロータと IPM 型ロータ 昨年度まで開発していたロータである SPM (Surface Permanent Magnet) 型ロータと新たに考案したロータである IPM (Interior Permanent Magnet) 型ロータを Fig.2 に示す。SPM 型ロータはロータ内側表面に永久磁石を貼り付けた構造であり、磁石がステータと直接向き合っているため強い磁場を作れる反面、接着構造による脆さ、ロータ・ステータ間に永久磁石が存在するために電磁石に対して抵抗になる等の問題がある。一方、IPM 型ロータはロータ内部に永久磁石を埋め込んだ構造であり、ロータに埋め込まれているため構造的強度が高く、ロータ・ステータ間に永久磁石が存在しないために SPM 型ロータに比べギャップ長を小さくできる等利点がある。

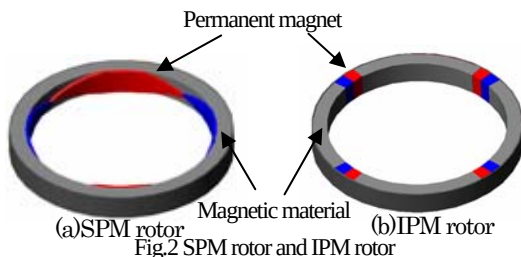


Fig.2 SPM rotor and IPM rotor

2.3 有限要素法による磁場解析 受動安定性の向上に最適な IPM 型ロータの形状・寸法を得るために、ラジアル型磁気浮上モータの有限要素法による三次元磁場解析を行った。SPM 型ロータと IPM 型ロータを使った磁気浮上モータの磁束密度、径方向吸引力を算出しその性能

を評価した。

3. 結果と考察 IPM 型磁気浮上モータ、SPM 型磁気浮上モータのバイアス磁束密度分布を Fig.3 に示す。SPM 型は磁束密度の波形が正弦波に近い波形になり、IPM 型は矩形波状になった。IPM 型では磁気回路の抵抗値が等しいために永久磁石間の突極に磁束が等しく分布されるためである。また、IPM 型ではバイアス磁束は小さくなったが、ギャップ間隔を縮める事ができたので制御磁束は大きくなった。

SPM 型、IPM 型ロータに働くステータによる径方向吸引力を Fig.4 に示す。同一励磁電流にて IPM 型ロータの方が小さかった。これはバイアス磁束が小さい事が原因である。

IPM 型ロータのバイアス磁束の増加のために、Fig.5 のようにロータ外周に厚さ 3 mm の永久磁石を貼り付けたモデルを作成して解析を行った。各電流値ごとの径方向吸引力を Fig.6 に示す。0.5 A の電流を流した時、SPM 型ロータよりも吸引力は約 22 % 大きくなった。ロータ外周に貼り付けた永久磁石によるバイアス磁束の増加とそれによる吸引力の増加を確認した。しかし、制御電流 0.5 A 以上ではステータは磁気飽和の兆候を示した。今後ステータ側の形状を改良する事で更なる性能向上が行えると考える。

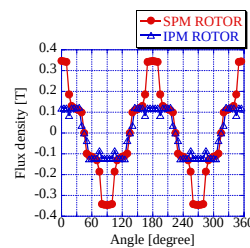


Fig.3 Magnetic flux density in air-gap

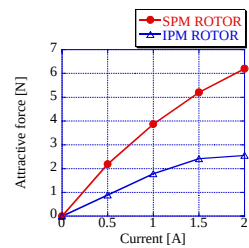


Fig.4 Attractive force

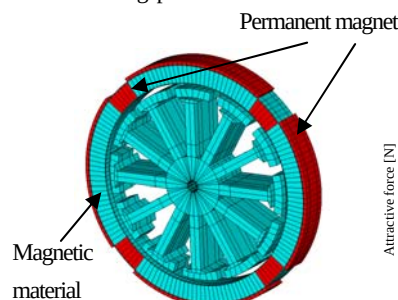


Fig.5 3D analytical model of an IPM rotor adhered magnet

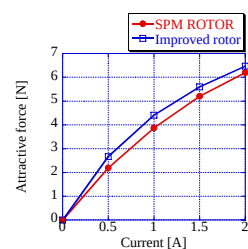


Fig.6 Attractive force with Improved rotor

4. 結言

ラジアル型磁気浮上モータの高性能化のため、IPM 型磁気浮上モータの考案、磁場解析による設計を行った。現在のロータ寸法を変更せずに径方向吸引力を増加する事ができた。これにより軸方向の受動安定性の向上した新型磁気浮上モータの開発が行えた。