

平成 27 年度工学系共通経費による顕彰と研究助成 成果報告書

所 属	理工学研究科電気電子工学専攻
研究者 (ふりがな)	杉元 紘也 (すぎもと ひろや)
タイトル	革新的薄型 1 軸制御シングルドライブベアリングレスモータの性能評価
助 成 名	平成 27 年度 工系若手奨励賞
採択金額	600,000 円

研究の背景

半導体製造装置や補助人工心臓などのファン、ブローア、ポンプにベアリングレスモータの要求が高まっている。ベアリングレスモータは、機械的な軸受を持たず、磁気軸受がモータに磁氣的に一体化されているため、非接触、長寿命、メンテナンスフリーなどの利点がある。本研究では、提案した 1 軸制御シングルドライブベアリングレスモータについて、3D-FEM 解析を行い、磁気支持力とトルクの性能を評価する。

結果と考察

図 1 に、提案した 1 軸制御シングルドライブベアリングレスモータの構造を示す。中央部分は、軸方向の磁気支持力とトルクを発生させるための固定子鉄心と巻線、回転子永久磁石で構成されたシングルドライブベアリングレスモータである。シングルドライブベアリングレスモータとは、軸方向の磁気支持力及びトルクを、1 組の 3 相巻線を用いて、それぞれ d 軸及び q 軸電流により発生させることが可能であり、1 台の 3 相インバータのみで磁気支持と回転を実現することができるシステムである。回転軸の両端には、半径方向および傾き方向の受動安定化のための反発受動型磁気軸受 (PMB) が備えられている。提案構造の特長は、半径方向の剛性が高く、大きな不安定なスラスト力に打ち勝つ軸方向の磁気支持力が発生できる点である。大きな軸方向の磁気支持力を発生させるために、中央部分の固定子鉄心および回転子永久磁石は、それぞれ 3 段構造である。また、xy 断面は一般的な表面貼付型永久磁石モータと同一であるため、他研究の 1 軸制御ベアリングレスモータに対して、比較的トルク密度を高めることができる。

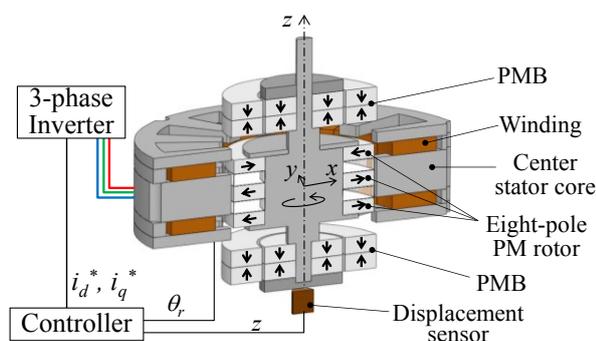


Fig. 1. Proposed single-drive bearingless motor.

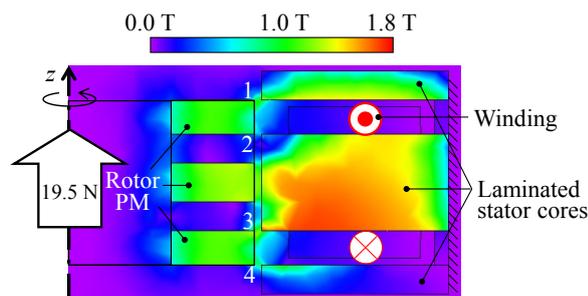


Fig. 2. Principle of active axial force generation at $i_d = 6.12$ A.

図 2 に、xz 断面図を用いて、軸方向の磁気支持力の発生原理を示す。巻線に正の d 軸電流を流した時、ギャップ 1, 3 の磁束密度は増加し、一方、ギャップ 2, 4 の磁束密度は減少する。結果的に、z 軸正方向に磁気支持力が発生する。負の d 軸電流を流した時は、z 軸負方向に磁気支持力が発生する。

図 2 に、xz 断面図を用いて、軸方向の磁気支持力の発生原理を示す。巻線に正の d 軸電流を流した時、ギャップ 1, 3 の磁束密度は増加し、一方、ギャップ 2, 4 の磁束密度は減少する。結果的に、z 軸正方向に磁気支持力が発生する。負の d 軸電流を流した時は、z 軸負方向に磁気支持力が発生する。

提案構造は、タッチダウンからスタートアップする時に、最も大きな磁気支持力が必要となり、定格電流の 5 倍程度の電流を流す必要がある。制御性の観点から、電流と磁気支持力の関係は線形であることが

望ましい。したがって、3次元有限要素法(3D-FEM)解析により、電流と磁気支持力の関係を明らかにする必要がある。

図3に、d軸電流に対する軸方向の磁気支持力を示す。 $i_d = 7\text{ A}$ 付近まで線形であることが明らかになった。また、スタートアップに必要な磁気支持力は約17Nであり、 $i_d = 6\text{ A}$ でスタートアップ可能であることが明らかになった。

図4に、q軸電流に対するトルクの関係を示す。定格トルクは、定格電流 $i_q = 1.73\text{ A}$ において、46.5 mNmであった。トルクは、q軸電流に対して線形であることが明らかになった。提案構造は、大きな軸方向の磁気支持力を発生させるため、磁気飽和が起りにくい設計となっているため、結果的に大きなトルクが発生可能であることが明らかになった。したがって、急な加減速など、瞬間的に大きなトルク変化が必要となるアプリケーションなどに有効であると考えられる。

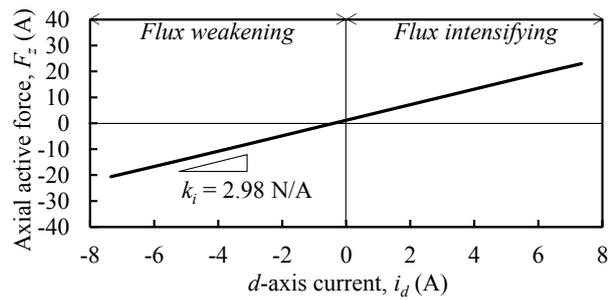


Fig. 3. Active axial force with respect to d-axis current.

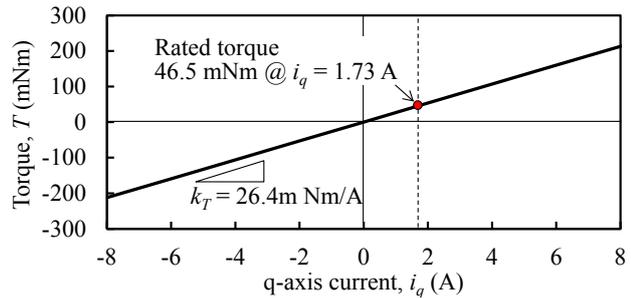


Fig. 4. Torque with respect to q-axis current.

結論と今後の課題

本研究では、提案した1軸制御シングルドライブベアリングレスモータについて、3次元有限要素法を用いた磁界解析によって、軸方向の磁気支持力とトルクの性能を明らかにした。磁気支持力とトルクは、それぞれd軸電流及びq軸電流に対して線形であることが明らかになり、スタートアップに必要な軸方向の磁気支持力を発生可能であることを示した。

今後は、磁気支持力及びトルクの測定を行い、実験的にd軸及びq軸電流に対する軸方向の磁気支持力及びトルクの間関係を明らかにする。また、実機を用いて、出力、損失、効率の測定を行い、実験的に性能評価を行う予定である。

使用内訳書

費目	内訳	金額
備品1		
備品2		
消耗品	ICMT2015 参加費など	165,590
旅費	IEEE ECCE2015@Montreal Convention Center	434,410
その他		
合計		600,000 円

記入上の注意：

備品は、品名ごとに記入。

差額が生じた場合は、消耗品で調整。

消耗品を購入しなかった場合は、経費の差額と補填した予算科目名を合計額の内訳欄に記入。