

氏名(本籍)	立花 邦彦 (高知県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第254号
学位授与年月日	平成26年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	整流コイルを用いたベアリングレスモータの研究 Study on Bearingless Motor with Rectified Circuit Coil

論文審査	(主査) 高知工科大学 教授 岡 宏一	高知工科大学 教授 竹田 史章
	高知工科大学 准教授 芝田 京子	高知工科大学 教授 熊谷 靖彦
	高知工科大学 教授 井上 喜雄	

## 審査結果の要旨

### 1. 論文の評価

本論文では、固定子、回転子ともに電磁石のみで構成され、共振を用いた電磁誘導による電力伝送と歯のタオレを特徴とする、新しい方式によるベアリングレスモータを提案している。回転子にエネルギーを供給する方法、固定子・回転子の構造や形状、浮上と回転制御についての提案を行うとともに、シミュレーションおよび実験により提案内容を検証し、ベアリングレスモータを具現化するにあたり、提案内容に問題がないことを示したものである。

具体的なモータの構成は、整流コイルと呼んでいる、回転子コイルに電力を伝送するための励磁電流を固定子コイルに印可し、回転子コイルに受電と磁石の機能を持たせたものである。この方式では、回転子に必要なコイルは1種類のみであり、構造および構成を簡単にできる利点がある。しかし、固定子と回転子の時速の向きが同じであるときに比べ、固定子と回転子の磁束の向きが逆の場合は、回転子・固定子間で発生する力が小さくなる問題がある。この問題に対し、FBS(Function Breakdown Structure)手法を用いて機能分解を行い、ベアリングレスモータの構成品と、個々の構成品にもたせる機能、課題とを明らかにしている。キーワードとしては、「回転子への電力伝送」、「小さな磁力を構造や形状により補う」、「浮上と回転の制御」である。「回転子への電力伝送」に関して、半端整流回路を用いた電力伝送と、電力伝送専用コイルを用いた電力伝送との比較を行っている。その結果、コンデンサを使用した共振を用いた電磁誘導(磁界共鳴)を使用することで、伝送効率が50%程度から、80%以上となること、スパイダー巻きと磁界共鳴を組み合わせると、コイル間隙が数mmのときには伝送効率がコイル間隙によらないという利点があることを確認している。この結果、多くの電力を安定して供給でき、回転子を強い電磁石として機能させることが可能であるとしている。

「小さな磁力を構造や形状により補う」に関して、モータの構造と形状に関して以下の検討と考察を行っている。1)各要素の配置を最適にするため、それら質量の違いを考え、中心から、電力伝送専用コイル、回転子、固定子とすることで、空間的な無駄がなく浮上させる構成品の質量を小さくできる。2)磁束の流れがスムーズになるようにZ軸方向の極を2層構造とする。3)電磁石の数を増やすことで発生する力を有効に利用できる。4)固定子、回転子の歯にタオレをつけることにより、Z軸方向(浮上方向)の力を発生させることが有効である。5)力の変動が小さくなるような歯端部の形状にテーパをつける。

6) 固定子コイルの巻き方について固定子に巻くコイルは平行巻きとする。これらの結果に基づいてベアリングレスモータの設計を行っている。

「浮上と回転の制御」では、浮上制御に関しては、3組の対向したコイル群を120度ごとに配置し、センサからの2軸信号を3軸信号に変換し、この信号に基づいて各コイル群の電流を制御し、回転子に磁気ベクトルの向きと大きさを調整し、回転子の浮上と位置の制御を行う。回転制御では、各固定子コイルに3相電流を与え、それらの電流を順次移動させることにより、回転子を回転させることとしている。以上のように新しいベアリングレスモータの提案を行い、有効な設計を行っていることは、独創的であり、設計のためにシミュレーションなどによる種々の学術的検討を行っている。以上のことから本論文は博士論文に値することが、審査員全員の意見として一致した。

## 2. 審査の経過と結果

- (1) 平成26年1月15日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成26年2月12日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成26年2月19日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、教育研究審議会で承認された。