OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Study on the Mathematical Modeling of Motors with Magnetic Geared Effect
Author(s)	Shi, Hyoseok
Citation	大阪大学, 2019, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/73558
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

Form 3

Abstract of Thesis

Name （ SHI HYOSEOK ）	
Title	Study on the Mathematical Modeling of Motors with Magnetic Geared Effect (磁気ギア効果を有するモータの数学的モデリングに関する研究)

Abstract of Thesis

In recent years, there is a growing interest in magnetic gears that can replace mechanical gears in many industries. Mechanical gears have a high torque transmission capability. However, since the various gear pieces are directly in contact with each other to transmit torque, they have problems such as a vibration, noise and efficiency, and require a gear lubrication and cooling. On the other hand, since the magnetic gear is made of a non-contact type torque transmitting structure using magnetic force, it is possible to eliminate losses caused by the friction of the mechanical gear, and it is not necessary to incur the maintenance cost.

However, conventional magnetic gears have a problem that a practical transmission torque is insufficient due to a narrow facing area. In order to solve this problem, various types of magnetic gears have been proposed. In particular, coaxial magnetic gears driven by harmonics are attracting attention because they have a high torque density. Accordingly, various novel structures such as a vernier motor and a magnetic geared motor, which are based on the operational principle of a magnetic gear operated by harmonics of an air gap magnetic field, have been actively studied.

In this study, the operational principle is described in detail by the mathematical modeling of the air gap magnetic field distribution according to the structural characteristics of the motors with a magnetic gear effect, and the effectiveness is evaluated by comparing the analytical calculation results with the FEM results.

In Chapter 1, the types and history of magnetic gears are discussed. Next, the operational principles of magnetic gears using magnetic flux harmonics are explained and the purpose of this study is presented.

In Chapter 2, the mathematical modeling of the air gap magnetic field distribution of a magnetic geared motor with two air gaps is described. The results of magnetic flux density, back-emf and n-T characteristics of the inner and outer air gaps were evaluated and compared with FEM and prototype's experimental results. The analytical results showed a good agreement with FEM results and experimental results.

In Chapter 3, the mathematical modeling of the air gap magnetic flux density of the vernier motor is described first. Secondly, the analytical calculation results are compared with FEM and evaluated, and the analysis of the characteristics according to various pole combinations is performed. Next, a method to obtain design parameters with optimum values of the magnetic flux density space harmonic using the analytical calculation method is proposed and evaluated its effectiveness by comparing FEM and results.

In Chapter 4, this paper is summarized and future works of each chapter are described.

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名	（　SHI HYOSEOK　）

	(職)	氏　名
論文審査担当者		
主 査	教授	平田　勝弘
副 査	教授	菅沼　克昭
副 査	教授	中谷　彰宏
副 査	准教授	宮坂　史和

論文審査の結果の要旨

高トルクへの期待から磁気ギア効果を有するモータとして磁気ギヤードモータやバーニアモータなどの磁気高調波を利用したモータが注目されている。本論文ではこれらの高調波モータを取り上げて、高精度な数学モデルを提案するとともに、有限要素法（FEM）による解析結果及び試作機による実験結果との比較により提案モデルの有効性について明らかにしている。

第 1 章では、高調波を利用した磁気ギアモータ、バーニアモータとその動作原理を説明するとともに、これらのモータ研究の経緯や磁気構成について分類・整理し、本研究の目標を明確にしている。

第 2 章では、磁気ギアと同期モータの一体型タイプである磁気ギヤードモータの数学的モデリングを行っている。2 つのエアギャップを有する磁気ギヤードモータに対して磁束を計算し、その高調波磁束から逆起電力とトルク方程式を導出している。これにより、モータの N-T 特性を計算する手法について明らかにしている。提案した数学モデリングは、FEM 解析結果と試作機を用いた実験結果との比較により、その有効性を示している。

第 3 章では、バーニアモータの数学的モデリングを行っている。特に、モデリングの過程において、スロットのオープン割合に応じて変化するエアギャップパーミアンスのモデリング式を導出し、エアギャップパーミアンスがバーニアモータを駆動する高調波磁束に与える影響について明らかにしている。次に、数学モデリングの計算結果と FEM 解析結果との比較から本数学モデルの有効性を明らかにしている。また、ステータスロットのオープン割合と磁石厚さが逆起電圧・トルクへ与える影響を求め、FEM 解析結果と比較して、数学モデルの有効性を示している。最後に、数学モデルを用いて、トルクが最大となる最適パラメータを決定するとともに、極とスロットの組み合わせを変えた 8 つのバーニアモータ設計へ適用し、その汎用性についても確認している。

第 4 章では、以上の研究成果を総括し、論文をまとめている。

以上のことから、本論文で提案された磁気ギア効果を持つ磁気高調波モータの数学的モデリングの提案により、高精度な解析を実現している。また、数学モデリング用いたバーニアモータの最適設計へ活用して、その有効性を確認している。今後、バーニアモータ及び磁気ギヤードモータなどの磁気高調波モータ設計技術として有効に活用されるものと期待される。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。