【113】

氏名	Husain (フセイン) Mustafa (ムスタファ)
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第　26179　号
学位授与年月日	平成25年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科知能・機能創成工学専攻
学位論文名	Design and Development of Magnetic Variable Transmission （磁気可変速機の設計開発）
論文審査委員	（主査） 教授　平田　勝弘 （副査） 教授　荒井　栄司　教授　中谷　彰宏　教授　南埜　宣俊 教授　浅田　稔　教授　安田　秀幸　教授　菅沼　克昭

論文内容の要旨

The objective of this study is the development and analysis of techniques to realize magnetic variable transmission. At the time of the beginning of this study, there were many patents and researches on magnetic transmission but no published research on variable transmission. Magnetic variable transmission is useful in many applications such as wind power generation, power tools, automotives, and so on.

The magnetic gear is contactless and quiet in operation, and it requires no lubrication. In addition, it slips when overloaded. On the other hand, the mechanical gear requires frequent maintenance and may break down when overloaded.

A high performance magnetic gear based on the concept of modulated magnetic flux was theoretically investigated by Atallah et al in 2001 based on an improved design of an old patent. The developed gear was operational at a fixed gear ratio.

In this work, several techniques have been proposed to realize magnetic variable transmission. The first technique is based on the concept of pole changing. This technique has been validated by finite element analysis (FEA) and by experiment. The second technique uses several magnetic gears with different topologies forming a multi-element magnetic gear. This method has been validated by FEA. The developed techniques

are a good beginning of a new research that is predicted to grow rapidly towards industrial and commercial applications.

The theory of operation of magnetic gears has been improved using a basic model that gives a clear and simple insight into the concept of the magnetic gearing. Torque equations that include design parameters have been derived. In addition, guidelines for the design and optimization of magnetic gears have been developed which can be used as a tool for a quick and approximate design process before making an FEA model.

論文審査の結果の要旨

近年、磁気を利用して非接触で動力を伝達する技術の研究が盛んで、その中でも磁気減速機が注目を集めている。磁気減速機は、従来の機械式減速機とは異なり、非接触で動力を伝達するため、摩耗が発生せず、メンテナンスフリー運転が実現可能である。また、過負荷時には脱調するため、トルクリミッターを使わなくても、装置保護や人命保護に効果的である。したがって、クリーンルーム内の搬送装置、宇宙空間の機器、さらにヒューマノイドロボットの関節など、機械式減速機を利用するのが困難な部分への適用が期待されている。特に、高調波磁束を利用した磁気減速機は高い減速比と伝達トルクを実現できることから注目されている。しかし、従来提案されてきた磁気減速機の減速比は固定で可変することができないため、可変速可能な磁気減速機への要求が高まっている。

本研究の目的は、減速比を変化可能な磁気減速機を提案し、有限要素法解析を用いて動作原理を明らかにするとともに、試作機による実験検証を行い、提案した磁気可変速機の有効性を明らかにすることにある。また、本磁気減速機の動作原理について、設計パラメータを含むトルク式を導出し、有限要素法解析に入る前段階にて活用できる簡易設計ツールを開発した。本論文で明らかにされている主な点は、具体的には以下の通りである。

(1) 従来、２つの磁気歯車に磁石が利用されていたが、これを電磁石に置き換え、各磁極に巻かれたコイルに印加する電流を指定することによって、２つの磁気歯車の磁極数の組み合わせを変化させることができる磁気減速機を提案し、その有効性について有限要素法解析と実機による実験検証にて明らかにしている。

(2) 第二の方法として、トポロジで複数の磁気歯車を使用して多素子の磁気減速機を形成する構造を提案している。このマルティエレメント磁気減速機について、有限要素法を用いた解析によってその有効性を明らかにしている。

(3) 等価磁気回路にもとづく理論による磁気減速機の簡易特性予測ツールを開発している。これにより、有限要素法による詳細解析の前段階にて設計パラメータの絞り込みを可能とできる。

以上の研究は、産業用および商用アプリケーションとして急速に成長すると予測されている磁気減速機の基盤技術となると思われる。

よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。