

氏名(本籍)	大立 泰治(愛知県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第 27 号
学位授与年月日	平成 7 年 3 月 24 日
専攻	電子情報システム工学専攻
学位論文題目	電磁アクチュエータの有限要素法を用いた計算機支援設計に関する研究
学位論文審査委員	(主査)教授 小鹿 丈夫 (副査)教授 田中 嘉津夫 教授 池田 尚志 助教授 河瀬 順洋

論文内容の要旨

本論文は、高性能で高応答な電磁アクチュエータの最適設計を対象として、有限要素法を用いた計算機支援による電磁アクチュエータの設計において、解析を用いることにより、電磁アクチュエータの出力特性などを算出している。特に電磁アクチュエータの応答性を求めるために、電磁アクチュエータの可動部の移動に対して、有限要素解析の入力データである分割図を自動で作成する手法を検討し、さらに電磁アクチュエータを制御するシステムの動作条件も考慮した解析手法の確立を目的としており、6章からなっている。

第1章の緒論では、電磁アクチュエータの有限要素法を用いた計算機支援設計についての研究動向と問題点を梗概し、本研究の目的と意義について述べている。

第2章では、電磁アクチュエータの出力特性や応答性を計算するために、マクスウェルの電磁方程式から導かれる二次元場あるいは軸対称三次元場の磁界の基礎方程式を、有限要素法によって定式化する方法について述べている。次に、その有限要素法における鉄心材料の非線形特性、鉄心内に発生する渦電流を考慮するための時間依存項やマクスウェルの応力法を用いた、電磁アクチュエータの可動部に作用する電磁力の数値解析法について述べている。さらに、可動部の移動に伴う分割図の変更を自動的に構築する手法についても述べている。

第3章では、自動車用電磁弁において高応答な電磁弁を最適設計するために、電磁弁の各種の設計因子がどのように応答性に影響するかについて検討している。その設計因子としては、まず鉄心材料の材料定数である比透磁率や抵抗率において、リング試験片を用いて磁束の立ち上がり速度などの評価することにより、基礎的な検討を行っている。次に実際の形状において、比透磁率や抵抗率の材料定数が電磁弁の応答性への影響について検討している。これにより、最適な材料定数を明らかにしている。さらに、その他の設計因子である可動子鉄心及び固定子鉄心の形状や戻しばねのばね定数についても検討している。これにより、最適設計を行い設計諸元を明らかにしている。また、鉄心の形状の最適化に

対して、所定の特性となる鉄心の寸法を、反復法を用いることにより自動で最適形状を決定する方法、いわゆる最適値問題の手法について検討している。また、反復法の収束性についても検討している。さらに、一般的な電磁弁では戻しばねは必須であるが、その戻しばねを用いない永久磁石方式の電磁弁を提案し、その応答性についても検討している。これにより、従来のプランジャタイプと比較検討し、永久磁石方式の電磁弁の応答性において優位であることを明らかにしている。

第4章では、電動車両に用いられる誘導電動機の応答性解析を行うために、まず誘導電動機の基本特性である誘起電圧や拘束トルクの特性解析を行うことにより、有限要素解析の精度を実測値との比較により、解析手法の妥当性を確認している。次に、速度に関するステップ応答について検討している。ステップ応答の解析を行うため、制御システム全体は速度制御系を有しており、その部分に用いる比例+積分制御のそれぞれの制御定数が、ステップ応答にどのように影響するかについて明らかにしている。

第5章では、電動車両の非接触給電に用いられる分離型変圧器の出力特性を解析する上で、その解析手法である複素数近似法についてまず述べている。さらに、分離型変圧器の空隙が大きくなると、出力特性において二次元解析では、実測値に対して大きな誤差が生じる場合がある。そのため、実測により求めた出力特性に対して、二次元解析と三次元解析における解析精度を比較し、三次元解析の有用性を明らかにしている。さらに、三次元解析を用いて、1次鉄心と2次鉄心の位置ずれの影響について述べている。

第6章では、第2章から第5章で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、高性能で高応答な電磁アクチュエータの最適設計を対象として、有限要素法を用いた計算機支援による設計において、磁界解析を基本とした運動方程式及び電気回路方程式との連成解析により出力特性などを算出している。特に応答性を求めるために、可動部の移動に対して有限要素解析の入力データである分割図を自動で作成する手法を明らかにし、さらに電磁アクチュエータを制御するシステムの動作条件も考慮した解析手法の確立を目的としており、得られた成果は次のとおりである。

(1) 電磁アクチュエータの出力特性や応答性を計算するために、有限要素法による数値解析法について明らかにしている。さらに、電磁アクチュエータの可動部の移動に伴う分割図の変更を自動的に構築する手法についても明らかにしている。

(2) 自動車用電磁弁において、高応答な電磁弁を最適設計するために、電磁弁の各種の設計因子がどのように応答性に影響するかについて明らかにしている。また、鉄心の形状において自動で最適形状を決定する方法(最適値問題)について明らかにし、さらにそ

の収束性についても明らかにしている。

(3) 新しい戻しばねを用いない永久磁石方式の電磁弁を提案し、その応答性について明らかにし、従来のプランジャタイプの電磁弁に対して、永久磁石方式の電磁弁は応答性において優位であることを明らかにしている。

(4) 電動車両に用いられる誘導電動機の応答性解析を行うために、まず有限要素解析の精度を実測値との比較により、解析手法の妥当性を検証している。この解析手法を用いることにより、制御システム全体の制御定数が、ステップ応答にどのように影響するかについても明らかにしている。

(5) 電動車両の非接触給電に用いられる分離型変圧器の出力特性を解析する上で、その解析手法である複素数近似法について示し、実測より求めた出力特性に対して、二次元解析と三次元解析における精度を検証し、三次元解析の有用性を明らかにしている。さらに、分離型変圧器の1次鉄心と2次鉄心の位置ずれの影響について明らかにしている。

以上要するに、本論文は電磁アクチュエータの最適設計において、有限要素法を用いた計算機支援設計により、各種の設計因子が出力特性にどのように影響するかについて多くの知見を得たものであり、学術上、實際上寄与することが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学術論文として価値あるものと認める。