

論文内容の要旨 Abstract of Dissertation

氏名Name 熊谷 崇宏

地球温暖化対策の一環として、二酸化炭素やメタン、一酸化二窒素などの温室効果ガス排出量の削減が必要とされる。そのため、太陽光発電をはじめとした再生可能エネルギーの普及促進のみならず、無駄なエネルギー消費を低減する技術が求められる。近年、電動機は家電製品や産業用途のみならず、自動車や油圧システムにも取り入れられており、電動機の消費電力は、世界の全電力消費の40%以上を占めている。そのため、エネルギー消費を低減にあたり、電動機の高効率化が求められる。電動機の効率はコアに用いられる磁性材料の特性に大きな影響を受ける。そのため、限られた資源のなかで、電動機の磁性材料の特性を最大限に活用した高効率化技術が重要である。

そこで、電動機の高効率化を目的とし、動的B-H軌跡モデルに基づく高効率設計法について検討する。本論文では、提案した動的B-H軌跡モデルを適用することで、線形性を有しない磁気飽和や鉄損を正確に考慮することが可能であり、磁性材料の特性を活かした高効率化が実現できる。

第1章では、温室効果ガスの削減を実現するために、電動機の電力消費の低減が必要とされている背景について述べる。また、効率や省資源化の観点で優れている集中巻モータの欠点について説明し、それらの欠点が、近年開発が進んでいる良磁性材料によって改善されつつあることを示す。また、集中巻モータにおいて、高効率化のためには鉄損と磁気飽和を正確に考慮することが重要であることを示し、本論文において検討する動的B-H軌跡モデルに基づく高効率設計法の重要性について述べる。

第2章では、効率改善のために重要な要素であるトルクと損失の特徴に関して整理し、それらの線形性について明確にする。また、従来の線形モデルに基づく効率改善手法に関して、それぞれの特徴と問題点を整理する。とりわけ、これらの線形モデルに基づく効率改善手法では、線形性が成り立たない磁気飽和と鉄損が問題であることを説明する。また、これらの従来モデルに基づく効率改善手法の問題点を解決するために、動的B-H軌跡モデルに基づく高効率設計法を提案し、本論文の位置づけを示す。

第3章では、動的B-H軌跡モデルに基づく磁気飽和を考慮した高効率モータの自動設計法を提案する。従来の自動設計法では、簡単化のため磁気飽和を無視したパーミアンス法を元にモータの代表寸法の初期設計を行っていた。しかし、これらの手法では磁性材料の特性を最大限活かすことはできず、効率の悪化や体積の増加に繋がる問題があった。そこで、提案した動的B-H軌跡モデルを元に可変磁気抵抗を導出し、パーミアンス法に適用することで、磁気飽和を考慮した自動設計法を実現する。提案する自動設計法の具体的な
また、飽和磁束密度の異なる複数の磁性材料を用いた設計例を示し、材料特性を活かした設計が可能であることを示す。

第4章では、初期設計モータの更なる効率改善を目的に、動的B-H軌跡モデルに基づく正確な鉄損評価法とそれに基づく設計法を提案する。従来の鉄損評価法では、磁束密度の高調波解析と磁性材料の鉄損曲線に基づく計算が行われていた。しかし、これらの手法では鉄損の非線形性を考慮することができないため、正確な鉄損評価が困難であった。そこで、事前にリングコアにより動的B-H軌跡モデルを取得し、それらを鉄損計算手法であるプレイモデルに当てはめることで、高い精度での鉄損解析を実現する。また、実際に打抜いたケイ素鋼板やアモルファスを用いて、モータを試作し、実験値と計算値を比較することで、提案手法の優位性を確認する。

第5章では、動的B-H軌跡モデルを元に導出した鉄損の評価関数を元に、鉄損を低減するパルスパターンを提案する。従来のパルスパターンの導出に用いていた評価関数では、高調波解析により分離した各高調波成分の振幅値を元に計算していた。しかし、これらの手法では、周波数重ね合わせが成り立たない鉄損においては有効ではない。そこで、動的B-H軌跡モデルに基づきパルスパターン印加時の鉄損の評価関数を導出し、導出した評価関数を元に、鉄損を低減するパルスパターンを実現する。また、導出した鉄損評価関数と従来の高調波解析に基づく評価関数の精度を実験的に確認し、動的B-H軌跡モデルに基づき評価関数の妥当性を確認する。加えて、導出した最適パルスパターンにより鉄損を低減することを確認し、鉄損低減効果を明らかにする。

第6章では、本論文の有用性と各省で提案した動的B-H軌跡モデルに基づく高効率設計法の総括を述べ、今後の課題についてまとめる。