



同期電動機のためのON/OFF法をもとにした位相最適化

メタデータ	言語: en 出版者: 公開日: 2023-11-29 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: スン, ジエン メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.15118/0002000153

氏名	SUN ZHE(スン ジェン)
学位論文題目	Topology Optimization Based on ON/OFF Method for Synchronous Motors (同期電動機のためのON/OFF法をもとにした位相最適化)
論文審査委員	主査 教授 渡邊 浩太 教授 川口 秀樹 教授 辻 寧英

論文内容の要旨

電気自動車や産業機械の電動化に伴い、電気モータへの注目度が高まっている。電気モータの性能は、生産品の競争力を直接左右することになる。電気モータの性能は基本的にモータの形状で決まる。構造最適化手法は、形状表現手法によるサイズ最適化、形状最適化、トポロジー最適化の3種類に分類できる。トポロジー最適化手法は、構造最適化の最先端手法であり、この手法では設計領域で材料を自由に分布させることができる。サイズ設計や形状設計といった他の形状設計手法と比較して、トポロジー最適化は形状表現の自由度が最も高い手法である。

本研究の目的は、電気モータの設計におけるトポロジー最適化手法の適用である。最適化された回転子は磁束分布を適切に分布させることができるため、画期的な形状の発見があるか期待できる。本研究では、4つの研究課題について、トポロジー最適化手法であるON/OFF法を導入した。

一つ目は、consequent-pole型永久磁石モータの設計である。このモータは、永久磁石の使用量を節約できる利点から近年注目されている。トポロジー最適化により、ローター鉄心の最適化を行ったところ、モータのコギングトルクやトルクリップルをかなり低く抑えられることが確認できた。

二つ目は、永久磁石同期リニアモータの設計にON/OFF法を導入し、永久磁石同期リニアモータの固有の欠陥とされていたend-effectをほぼ解消できることを明らかにした。

三つ目は、スイッチドリラクタンスモータのステータ振動を低減するために、ON/OFF法と電磁-構造マルチフィジックスシミュレーションを結合した。その結果、ローターポールに内窓を設けることと、アンカー型ローターポールを採用することが、半径方向の電磁力とステータ振動を低減する2つの設計手法であることがわかった。

四つ目は、永久磁石同期モータの設計において、トポロジー最適化とパラメータ最適化の両方が同時に必要であるという問題に着目し、両者を連動させるハイブリッド最適化手法を提案するものである。提案手法を用いて永久磁石同期モータの多目的最適化設計を行い、数値解析の結果、提案手法が永久磁石同期モータの初期概念設計に利用可能であることを示した。本論文で示した特殊モータの設計事例と最先端の構造設計手法であるトポロ

一最適化の適用研究が研究者やエンジニアの参考になることが期待できる。

ABSTRACT

With the electrification trend of electric vehicles and industrial machines, more and more attention has been paid to electric motors. The performance of a motor is basically determined by the motor structure, which can be optimized by many different methods according to the way of shape expression. The topology optimization method is a kind of state-of-art method for structural optimization, in this method, the material can be freely distributed in the design domain. Compared with other geometry design methods such as the size design and shape design, topology optimization has the highest freedom to express the shape.

The purpose of this study is to broaden the application boundaries of topology optimization techniques in the design of electric motors. The author believes that there may be unexpected discoveries using topology optimization techniques to design iron cores in electric motors by topology optimization method as the optimized core can modulate the flux distribution. To this end, a typical topology optimization method - the ON/OFF method, is introduced for four interesting research topics, and the research findings are elaborated.

In the first research topic, the ON/OFF method is introduced into the design of the consequent-pole permanent magnet motor, that has attracted much attention in recent years due to its advantages of saving the number of permanent magnets. As the design findings, it has been confirmed that the cogging torque and torque ripple of the motor can be suppressed to a rather low level if the iron poles are carefully designed.

In the second research topic, the ON/OFF method is introduced into the design of permanent magnet synchronous linear motors, and it is found that the end effect, which was considered an inherent defect of permanent magnet synchronous linear motors, can be almost eliminated.

In the third research topic, the ON/OFF method co-works with the electromagnetic-structural Multiphysics simulation to reduce the stator vibration of a switched reluctance motor. It is found that opening a inner window on the rotor poles and adopting anchor-shaped rotor pole are two design techniques for reducing radial electromagnetic force and stator vibration.

In the last research topic, aiming at the problem that both topology optimization and

parameter optimization are simultaneously needed in the design of permanent magnet synchronous motor, a technique of coupling topology optimization and parameter optimization is proposed. A multi-objective optimization design of a permanent magnet synchronous motor is carried out using the proposed technique, and the numerical results show that the proposed method can be used in the early conceptual design of a permanent magnet synchronous motor.