



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	A study on design optimization and anomaly detection of wireless power transfer [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Gong, Yunyi
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第15551号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/89510
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Yunyi_Gong_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (情報科学) 氏名 Gong Yunyi

審査担当者 主 査 教 授 五十嵐 一
 副 査 特任教授 小笠原 悟司
 副 査 教 授 北 裕幸
 副 査 准教授 野口 聡

学位論文題名

A study on design optimization and anomaly detection of wireless power transfer

(非接触給電の最適設計および異常検出に関する研究)

本学位論文では電磁誘導を用いた非接触給電 (以下, 非接触給電) のための磁性体のトポロジー最適化および, 異物検出とコイルの位置ずれ量を電氣的に推定するための新しい方法について論じている. 非接触給電は, 1 次コイルが発生する磁界により 2 次コイルに誘導起電力を生じさせることにより, 非接触で電気エネルギーを伝送する. この際, 1 次コイルと 2 次コイルを共振させることで伝送効率を向上させる. 非接触給電はスマートフォンから産業用ロボット, 電気自動車に至るまで, 広い対象に用いることができる. 著者は非接触給電の伝送効率を改善するために, コイル近傍に設置される磁気コアの最適設計を行った. この結果, 磁氣的結合係数を従来と同程度に保ちつつ, 漏れ磁束を減少させることができた. また著者は, 非接触給電装置の 1 次コイルの入力インピーダンスと検出コイルの信号から, 金属異物の存在とコイルの位置ずれ量を同定する機械学習法を開発した.

1 章では, 研究背景と目的および論文の構成について述べている.

2 章では, 非接触給電のための磁気コアのトポロジー最適化について議論している. トポロジー最適化手法としてはガウス基底を基礎とした ON-OFF 法を用いた. 従来研究では, 磁氣的な結合係数を最大化するトポロジー最適化がなされていたが, 本研究では, 結合係数の最大化と漏れ磁束の最小化を行う多目的最適化を行った. 多目的最適化のために遺伝的アルゴリズムをベースとする NSGAII を用いた. 非接触給電装置としては円形コイル型と DD コイル型を考えた. この結果, 従来の非接触給電装置と同程度に結合係数を保ちつつ, 漏れ磁界がより小さな磁気コア形状が得られた.

3 章では, 非接触給電装置のためのコイル形状のトポロジー最適化について議論している. コイル形状は 2 章と同じく, ガウス基底を用いた ON-OFF 法で表現している. コイル間の位置ずれが存在しても, 結合係数を保つようなコイル形状が得られた.

4 章では, 非接触給電の金属異物の推定と, コイルの位置ずれ量の推定のために, 機械学習を基礎とした新しい方法を提案している. まず 1 次コイルの入力インピーダンスのみから金属異物の有無

を推定する方法について議論している。このとき、金属異物の位置やコイルの位置ずれに依存して入力インピーダンスが変化するため、これらの変化があっても正しく金属異物の有無を推定する必要がある。このため、金属異物の有無と、金属異物の位置およびコイルの相対位置位置を様々に変化させて、学習データを構成した。推定にはニューラルネットワーク (NN: Neural Network), サポートベクターマシン, ベイズ推論を用いた。数値結果と実験結果から, NN が最も推定精度がよく, アルミ円筒とアルミ缶の場合には 95% 以上の精度で推定することができた。つぎに, 差動コイルからなる検出コイルと 1 次コイルの電圧から, 金属異物の有無とコイルの位置ずれ量を同時に推定する方法について論じている。機械学習には NN を用いた。この方法では, コイルの巻き数が 15 ターンの場合, 金属異物の有無の推定精度が 95% 以上, コイルの位置ずれ量の推定精度が 97% 以上であることがわかった。これらの結果から, 開発した機械学習による方法は金属異物とコイル位置ずれ量の推定に有効であることが示された。

5 章では本研究の結論をまとめている。

これを要するに著者は, 非接触給電装置の磁性体コアの多目的トポロジー最適化法を開発し, 優れた特性を有する磁性体コア形状を見出した。また金属異物の有無とコイルの位置ずれ量を同時に推定するための新しい方法を開発し, その有効性を数値解析および実験により示している。これらの研究は, 情報科学, 電気工学に寄与するところ大なるものがある。よって, 著者は北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与される資格ある者と認める。