

審査の結果の要旨

氏名 下出 大輔

本論文は「鉄道用大容量走行中非接触給電の二次コイルシステムに関する研究」と題し、パンタグラフ等を用いた接触給電が困難な電気鉄道、特に超高速で走行中の鉄道車両に大電力を非接触で給電する装置に関して、2次コイルシステムを中心に研究を行った成果をまとめたものである。電磁誘導方式の非接触給電装置の設計・検証手法を示し、停車中から高速走行中の鉄道車両への大容量非接触給電を温度上昇などの問題を生じることなく実現し、同時に2次コイルの軽量化も実現することについて議論している。論文は7章から構成されている。

第1章は「序論」であり、非接触給電技術の歴史と方式、および電気自動車用と鉄道用を中心にその開発動向を紹介した後、鉄道用非接触給電装置の基本要件と課題について説明し、その上で本研究の目的と論文の構成について述べている。

第2章は「鉄道用非接触給電装置の基本構成」と題し、大容量走行中非接触給電を検討するにあたって、1次コイルとして平行2線式コイルを鉄道線路沿線に敷設することとし、2次コイルとして長方形のコイルを鉄道車両の底面に複数個設置する構成を示し、これらのコイルの基本的な寸法設計の考え方を整理している。また、非接触給電の方式は1次回路と2次回路それぞれに直列共振コンデンサを挿入した電磁誘導方式とし、鉄道用非接触給電装置の基本構成と数値例をあげて、その性能目標を示している。

第3章は「2次コイルの電気性能向上と大容量化」と題し、大容量給電を実現するための2次コイル断面形状と磁性体形状について検討している。大容量化のためには、2次コイル単体の大容量化と複数の2次コイルを用いた給電を検討する必要がある。そこでまず、2次コイル単体の電気性能を向上させるために、自己インダクタンスが小さく、誘導電圧が大きい2次コイルの最適な断面形状を検討している。続いて、2次コイル系の軽量化のために、複数の薄い磁性体を接合して大型化した磁性体がコイルの電気性能に与える影響を示し、設計上の留意点を整理している。

第4章は「機械的強度を考慮した2次コイルの磁性体の構成」と題し、機械的強度を満足しつつ、必要な電氣的性能が得られる、軽量の2次コイル用磁性体の構成を検討している。従来用いられてきた磁性体を連続的に配置した構造では、軽量化のために磁性体の厚みを薄くすると、磁性体が破損する懸念が高まる。そこで、磁性体の体積を増加さ

せずに短冊状の磁性体を離散的に最適配置することで、機械的強度が高く、電氣的な性能が低下しない、軽量の2次コイル用磁性体構成を提案し、性能目標である12 kWの給電が可能であることを示している。

第5章は「2次コイルの走行中給電特性と実用性」と題し、磁性体を離散配置した2次コイルを用いた鉄道用非接触給電装置により、100 km/hから300 km/h以上の走行中において安定して給電できることをフィールド試験で実証した結果を示している。また、効率、温度特性、長期耐久性を試験装置にて検証し、2次コイル単体を用いた非接触給電装置を鉄道に適用することが可能であることを示している。なお、環境磁界についてもICNIRP 2010の基準値を順守できることを電磁界解析により示し、これらの結果から超高速鉄道を含む鉄道に2次コイル単体を用いた非接触給電装置が適用可能であることを示している。

第6章は「複数の2次コイルを用いた大容量給電時の特性」と題し、複数の2次コイルを用いた大容量給電を実現することについて検討している。2次コイル間の相互インダクタンスが存在し、隣接する2次回路の共振状態が異なる場合、2次コイル間で電力の授受が発生するので、それを設計上留意する必要がある。また、1次側と2次側の両方に制御系が存在する場合、2次コイルの総給電容量が増加すると制御干渉が生じる懸念があることから、非接触給電装置の線形解析モデルと実験モデルを提案し、一例として制御系のゲインによる安定性に関する解析例を示している。これらの手法を用い、鉄道用の非接触給電装置において、3両編成を想定した240 kWの給電が実現可能であることを示している。

第7章は「結論」であり、本研究の成果を総括している。

以上これを要するに、超高速鉄道を含む走行中の鉄道車両への大容量非接触給電を実現するために、電磁特性と軽量化および機械的強度等の要求を満たす電磁誘導方式の非接触給電2次コイルシステムを提案し、設計したコイルシステムの長期耐久性や温度特性などを含む実用性を、フィールド試験等を通じて実証したもので、現在注目されている非接触給電技術の応用拡大につながる成果であり、電気工学、特に電磁エネルギー変換工学に貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。