

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K03998

研究課題名（和文）軽量・低損失を実現する走行中ワイヤレス給電用アルミニウムリッツ線コイルの開発

研究課題名（英文）Development of lightweight low-loss aluminum litz wire coil for running wireless power transfer

研究代表者

ト 穎剛（BU, YINGGANG）

信州大学・工学部・特任准教授

研究者番号：70647940

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は電気自動車のワイヤレス給電のアルミリッツ線コイルに磁性テープの装荷により効率向上と軽量化を目的としている。

製作した磁性テープを線形0.21mm素線数168本のアルミリッツ線の表面に巻き付け構造の適用により抵抗が81.3mΩから69.2mΩに低減し、伝送効率は89.8%から90.9%まで約1.1%を向上した。受電コイルが送電コイルから400mm走行した位置で、効率が90.8%になり、磁性テープが実装したコイルの90.5%より約0.3%が向上した。さらに、磁性テープアルミリッツ線コイルの質量は同じサイズの銅リッツ線コイルと比べ309gから177gまで約43%の軽量化ができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

環境問題に起因するガソリン車の規制により、電気自動車の普及が進んでいる。その給電について、利便性や安全性が優れたワイヤレス給電が注目されている。

しかし、ワイヤレス給電に用いられる銅リッツ線コイルは非常に質量が重く、軽量のアルミニウムをコイルに用いることによりコイルの重量の軽減ができるが、アルミニウムは電気伝導率が低く、電力伝送時の損失が増え伝送効率が低下する問題がある。本研究はアルミリッツ線コイルに磁性テープの装荷によりコイルの近接効果に起因する交流抵抗の低減により給電効率の向上および軽量化が実証された。これにより今後電気自動車ワイヤレス給電の社会実装の可能性が広がる効果が期待される。

研究成果の概要（英文）：This study aims to improve efficiency and reduce weight by magnetic tape on aluminum litz wire coils for wireless power transfer in electric vehicles.

By wrapping the magnetic tape around the surface of an aluminum litz wire with 168 strands of linear 0.21mm wire, the resistance was reduced from 81.3mΩ to 69.2mΩ, and the transmission efficiency was improved by approximately 1.1%, from 89.8% to 90.9%. When the receiving coil was 400 mm away from the transmitting coil, the efficiency was 90.8%, which was approximately 0.3% higher than the 90.5% of the coil with magnetic tape. Furthermore, the mass of the magnetic tape aluminum litz wire coil was reduced by approximately 43%, from 309g to 177g, compared to a copper litz wire coil of the same size.

研究分野：電気磁気学

キーワード：ワイヤレス給電コイル 磁性コンポジット材料 磁性テープアルミリッツ線コイル 銅リッツ線コイル

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

電気自動車の連続航続距離を延ばすために電力供給を受けながら走行可能な『走行中ワイヤレス給電システム』が注目を集めている。走行路に送電用コイルを埋め込み、車両に受電用のコイルを搭載し、車両走行のためのエネルギーを走行しながら無線で給電する。これにより、バッテリー容量を低減しながら航続距離を延ばせるといった利点がある。さらに、ワイヤレスで充電することによる利便性の向上や車体重量の軽減に伴う燃費の改善可能という特長があり、SDGs の観点からも注目されている。

非接触充電システムは、電気抵抗を下げて銅損を低減するために銅リッツ線が利用されることが多い。しかしながら、銅リッツ線コイルには以下 2 点の不利点がある。1メートルあたりのリッツ線の製造費用が数千円/mと高価である。銅は密度が大きく、質量が大きくなりやすい。

送電用コイルは走行路に配置することを考慮すると、多くのコイルが必要になるため価格の低減は不可欠である。また、質量の増加は送電コイル設置の作業性低下、受電コイルには燃費低下といった問題につながる。以上の理由により、走行中ワイヤレス給電システムの実現にはこれらの課題の解決が求められる。

そこで、我々が着目するのは「磁性テープ巻アルミニウムリッツ線コイル」である。このコイルには以下の特長がある。銅の 1/3 程度の価格で製造可能であること。密度が低いため、同一出力を得るための質量は銅に比べて 1/2 以下で製造可能であること。アルミニウムは銅に比べて抵抗率は大きくなるが、磁性テープをコイルの周囲に適切に巻く技術を利用することで、高周波駆動時の交流抵抗は銅と同等まで低減可能であること。

2. 研究の目的

本研究の目的は、走行中ワイヤレス給電の送電コイル間通過時における伝送効率低下の発生に対して、アルミニウムリッツ線コイルへの磁性テープの装荷が有効であることを実証する。また、磁性テープの成分や配置構成とコイル損失の関係を明らかにし、軽量のアルミリッツ線の効率を向上させる。

3. 研究の方法

：磁性テープの磁気特性向上

電力伝送周波数帯 85kHz では、コイルの損失のうち、交流銅損の比率が大きくなるため、磁性テープを適切に装荷し、コイルへの磁束鎖交を抑制することが求められる。しかし、磁性テープの使用量が増えると鉄損の増大につながるため、磁性テープには比透磁率の向上とともに、低鉄損の両立が求められる。そこで、磁性テープの磁気特性を向上するために、磁性粉 (Fe 系アモルファス合金粉、ナノ結晶材など) の種類・配合比率を探索的に研究する。また、粒径の大きな磁性粉(40 μ m)間の隙間に小さな粒形(5 μ m)の磁性粉を配置し、充填率向上を図ることで、走行中給電に適した磁気特性を満足する(比透磁率 10, 鉄損係数 0.5W/m³)磁性テープを求める。

：電力伝送時の損失低減効果

I で得られた磁性テープをリッツ線の外周に巻いた磁性テープ巻アルミニウムリッツ線を製作し、SAE 規格 WPT-2-Z1・3kW 電力伝送で静止した状態の送電実験を行う。相対位置ずれなしの損失が銅リッツ

線に比べて2%低減し、最大効率92%を明らかにする。また、送受電コイルの相対位置ずれを考慮したテープ巻き構成を求め、100mm位置ずれ時の効率低減に対する抑制効果を確認し、効率88%を実証する。さらに、磁性テープは熱伝導率が高く、コイルで発生した熱を周囲に効率よく放出可能とするので、巻線の低発熱化も考慮した磁性テープの巻き構成を明らかにする。以上より、位置ずれを考慮して平均効率90%を実現する。

：走行中給電の性能向上効果

で損失低減効果が大きいコイル構成で走行中給電実験を行い、磁性テープ巻きアルミニウムリッツ線コイルが銅リッツ線コイルよりも給電効率が高いことを明らかにする。走行中給電実験に搭載可能なコイルを試作し、そのアルミニウムリッツ線コイルに磁性テープを装荷することで、走行中ワイヤレス給電効率90%が可能であることを明らかにし、コイルの軽量化・低価格化・低損失化の並立性を達成する。

4．研究成果

本研究の成果は、新規製作した鉄系磁性コンポジット材料をもちいた磁性テープをアルミニウムリッツ線コイルの表面に巻き付けることにより、効率の改善効果を確認した。

磁性テープは10 μ mのFe基アモルファス鉄粉と樹脂バインダーを混合したものをローラーの圧力で成形し、高充填率の72.5vol%を実現した。周波数85kHzでの複素透磁率は13.4となり、想定値の10以上になった。製作した磁性テープを線形0.21mm、素線数168本のアルミニウムリッツ線の表面に巻き付け構造にした。この磁性テープ巻きアルミニウムリッツ線を用いて、小型電動車両に搭載できる外寸160mmの受電コイルを製作し、実験用ワイヤレス給電システムを構築した。アルミニウムリッツ線受電コイルの抵抗は、磁性テープ適用により、81.3m Ω から69.2m Ω に低減した。伝送効率は89.8%から90.9%まで約1.1%を向上した。また、短距離で移動可能な実験用台車装置を構築し、走行可能なワイヤレス給電実験を行った。受電コイルが送電コイルから400mm走行した位置で、磁性テープアルミニウムリッツ線コイルの効率が90.8%になり、磁性テープが実装したコイルの90.5%より約0.3%が向上した。さらに、磁性テープアルミニウムリッツ線コイルの質量は同じサイズの銅リッツ線コイルと比べ、309gから177gまで約43%の軽量化ができた。

これらの実験結果により、磁性テープが実装したアルミニウムリッツ線コイルが、電気自動車のワイヤレス給電システムにおいて、コイルの給電効率の向上および軽量化が実証された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 松坂由宇
2. 発表標題 磁性皮膜リッツ線コイルを用いた走行中ワイヤレス給電における伝送効率の向上
3. 学会等名 令和5年電気学会全国大会，講演番号4-100
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 柴田和尚
2. 発表標題 磁性テープを用いた走行中非接触給電システムの伝送効率向上
3. 学会等名 令和4年度電気学会全国大会，講演番号2-096
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤鵬之
2. 発表標題 走行中給電へ向けた磁性塗布リッツ線コイルを用いた位置ずれ時における効率低下の抑制
3. 学会等名 令和4年度電気学会全国大会，講演番号4-071
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 片桐有優
2. 発表標題 磁性被膜を適用したアルミニウムリッツ線の走行中ワイヤレス給電効率の向上
3. 学会等名 電気学会マグネティックス/リニアドライブ合同研究会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

自動車走行中の非接触給電システムの高効率化
<https://www.shinshu-u.ac.jp/faculty/engineering/chair/mizunosato/researchcontents/wireless.html>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	佐藤 光秀 (Sato Mitsuhide) (80793968)	信州大学・学術研究院工学系・准教授 (13601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------