

令和 5 年 4 月 26 日現在

機関番号：13102

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2022

課題番号：21K14139

研究課題名（和文）漏えい磁界高調波ゼロを実現するワイヤレス給電用高周波電源の開発

研究課題名（英文）High-frequency power supply for wireless power transfer systems without harmonics components of radiated emission

研究代表者

日下 佳祐（Kusaka, Keisuke）

長岡技術科学大学・産学融合トップランナー養成センター・特任講師

研究者番号：40826202

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：ワイヤレス給電システムは、電気エネルギーを一時的に磁気エネルギーに変換することで電力を伝送する。したがって、伝送コイルの周辺に漏えい磁界が生じることが防げない。そこで本研究では、正弦波電圧を出力可能な高周波電源システムをワイヤレス給電システム用電源として開発した。本回路は、マルチレベルインバータ回路の半導体スイッチのうち1つをリニアアンプとして動作させることで、正弦波電圧を出力可能である。これにより、漏えい磁界のうち、他の無線機器に妨害を与える可能性がある高調波成分を抑制することが可能である。マルチレベルインバータ方式の高周波電源を開発し、漏えい磁界高調波が抑制可能であることを実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ワイヤレス給電システムから生じる漏えい磁界は、伝送コイル周辺に設置された電子機器の誤動作や、無線通信機器への妨害を与えることが知られており、ワイヤレス給電システム普及に向けては必ず解決しなければならない問題である。本成果により、伝送コイルから生じる漏えい磁界の高調波成分を抑制することが可能となったことから、周辺の機器へ影響を与えることなくワイヤレス給電システムの実現が可能となった。またこれは、ワイヤレス給電システムのさらなる大電力化にも対応可能であることを示唆している。

研究成果の概要（英文）：Wireless power transfer systems convert electrical energy into magnetic energy temporarily in order to transmit power wirelessly. Therefore, it is difficult to prevent the occurrence of leakage magnetic fields around the transmission coil. In this study, we developed a high-frequency power supply system for wireless power transfer systems that is capable of outputting sinusoidal voltages. This circuit is capable of outputting a sinusoidal voltage by operating one of the semiconductor switches in the multilevel inverter circuit as a linear amplifier. This makes it possible to suppress the harmonic components of the leakage magnetic field that may interfere with other wireless devices. We developed a high-frequency power supply system using a multilevel inverter and demonstrated that the harmonic components of the leakage magnetic field can be suppressed.

研究分野：電力工学

キーワード：ワイヤレス給電 漏えい磁界 マルチレベルインバータ 線形増幅

1. 研究開始当初の背景

近年、電気自動車の航続可能距離を延長するため、車載バッテリー容量の増加が進められている。これを背景とし、充電時間を短縮するためワイヤレス給電システムの大電力化が求められてきている。一方、製品化の観点からは、ワイヤレス給電システムから生じる漏えい磁界を CISPR が定めるガイドライン以下に抑制する必要がある。しかしながら、他の電子機器や通信機器の誤動作を防ぐため、CISPR では大電力ワイヤレス給電システムに対する漏えい磁界ガイドラインの高調波成分を 30dB 程度厳格化する動きがある (図 1)。ガイドラインの厳格化により、既存の漏えい磁界低減技術ではノイズとなるエネルギーを熱に変換することで遮蔽効果を得るため、大電力化と漏えい磁界ガイドラインの達成を両立できない問題があった。

2. 研究の目的

本研究は、大電力ワイヤレス給電システムから生じる漏えい磁界を国際規格 (CISPR11)未滿に抑制しつつ、大電力化を実現することを目的とし、漏えい磁界を抑制可能な新たな高周波電源回路トポロジーを開発した。

従来、漏えい磁界対策として、フィルタ回路や金属・磁性材料によってノイズとなる高調波成分を熱エネルギーに変換することで漏えい磁界を低減する手法が一般的にとられてきた。しかしながら、大電力化に伴って漏えい磁界抑制に伴う損失が増加するため、大電力化とガイドライン (CISPR11)への適合が両立しなかった。従来の手法に対し、本研究は漏えい磁界の原因となる電圧高調波成分を高周波電源から発生させないことで、漏えい磁界低減と大電力化の両立を目指した。

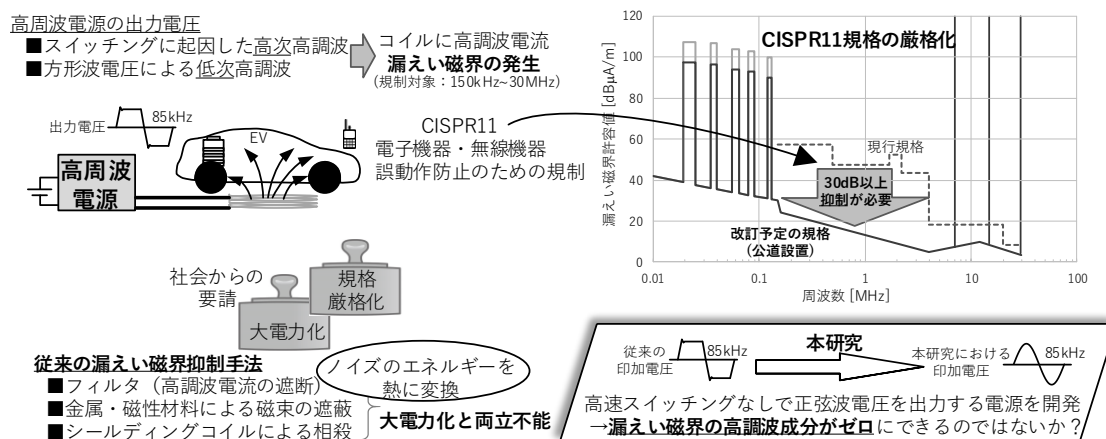


図 1 本研究の背景と目的

3. 研究の方法

本研究は漏えい磁界の原因となる電圧高調波成分を高周波電源から発生させないことで、漏えい磁界低減と大電力化の両立を目指す。そのため、図 2 に示す新たな高周波電源システムを開発する。

これまで、マルチレベルインバータと線形増幅回路を組み合わせた回路がモータ駆動回路として提案されていたが^[2], p チャネル型 MOSFET を必要としたためワイヤレス

給電のような高周波用途には適さなかった。しかし、申請者が発案した **n チャンネル型 MOSFET** のみで構成可能な新たなトポロジーを適用することにより、**85kHz** でも動作可能となり、漏えい磁界の高調波ゼロを実現できる。

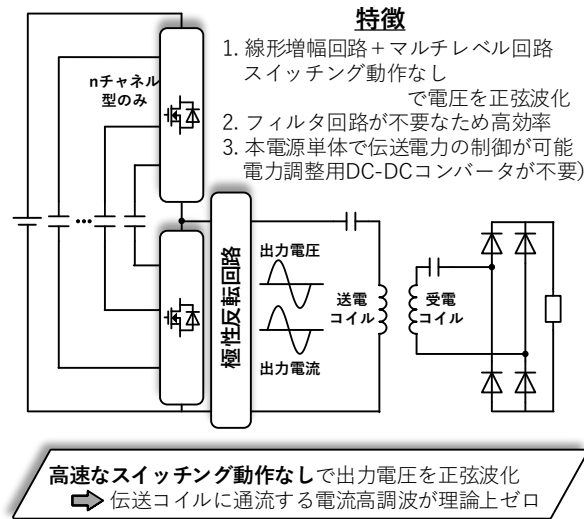


図2 漏えい磁界高調波成分ゼロを実現するワイヤレス給電システム

4. 研究成果

マルチレベルインバータトポロジーを電源として用いたワイヤレス給電システムを開発した。図3(a)にワイヤレス給電システムの動作波形をしめす。マルチレベルインバータトポロジーにより、1次側電圧（青）が正弦波状の電圧となっていることが確認できる。これによりワイヤレス給電システムの送電コイルに通流する電流が正弦波状となる。図3(b)は送電コイルに通流する電流の高調波解析結果である。結果より、従来（オレンジ）に対して、提案回路（青）の低次高調波成分が抑制されており、提案システムが漏えい磁界の抑制に効果的であることを示した。ただし、予期せぬデバイスのスイッチング動作及び共振により高次高調波成分がやや増加するという問題が得られた。この問題に対して、高周波成分をカットする低次通過フィルタ（LPF）を追加した結果が図3(b)内の灰色である。LPFの追加により、高次高調波成分についても抑制が可能である。以上のことから、当初想定した回路トポロジーから若干の変更があったものの、開発したマルチレベルトポロジーが漏えい磁界抑制に有用であることを実証した。

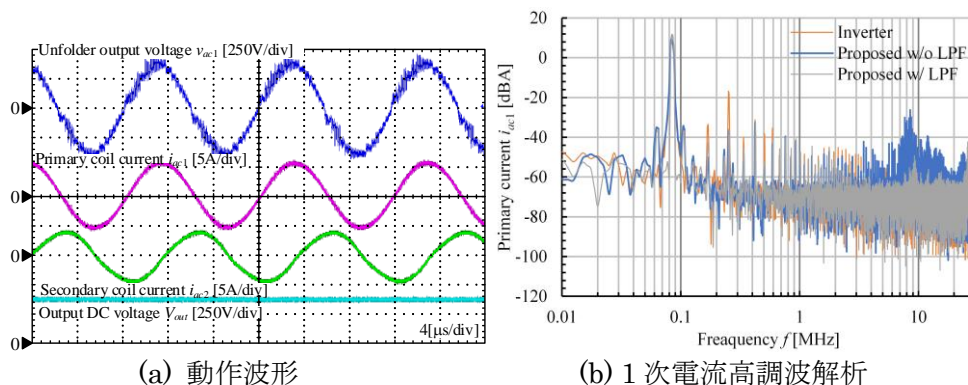


図3 マルチレベルインバータトポロジーによる漏えい磁界高調波の抑制

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 楠居琳太郎, 日下佳祐, 伊東淳一
2. 発表標題 フライングキャパシタ形線形増幅回路を用いた非接触給電システムにおける漏えい磁界の高調波低減
3. 学会等名 産業応用部門オンライン研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 楠居琳太郎, 日下佳祐, 伊東淳一
2. 発表標題 非接触給電システム向けフライングキャパシタ型線形増幅回路の電圧バランスの実機検証
3. 学会等名 令和3年電気学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 楠居琳太郎, 日下佳祐, 伊東淳一
2. 発表標題 非接触給電システム用フライングキャパシタ型線形増幅回路に適用可能な高周波ゲート駆動回路の開発
3. 学会等名 2021年電気学会産業応用部門大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 楠居琳太郎, 日下佳祐, 伊東淳一
2. 発表標題 駆動回路とパワーデバイスの周波数特性を考慮したフライングキャパシタ型線形増幅回路の安定性解析
3. 学会等名 半導体電力変換研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Rintaro Kusui, Keisuke Kusaka, Jun-ichi Itoh
2. 発表標題 Flying-capacitor Linear Amplifier with N-channel MOSFETs for Radiation Noise Reduction of Wireless Power Transfer System
3. 学会等名 5th International Electric Vehicle Technology Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Rintaro Kusui, Keisuke Kusaka, Jun-ichi Itoh
2. 発表標題 Flying-capacitor Linear Amplifier for Wireless Power Transfer Systems with Flying-capacitor Voltage Balancing
3. 学会等名 The 23rd European Conference on Power Electronics and Application (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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

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