

## 論文内容の要旨

氏名 日下 佳祐

近年、電気自動車やプラグインハイブリッド自動車、産業用機器、携帯機器等に対して電磁誘導現象を用いた非接触給電システムが適用され始めている。非接触給電の適用は、これらのユーザーの利便性改善だけでなく、電氣的絶縁による安全性の向上や信頼性の向上をもたらす。そのため、今後ますます非接触給電システムの導入が進められていくことが予想される。非接触給電システムは、系統へ接続されるフロントエンドコンバータ、1次側電力変換器、1次側伝送コイル、2次側伝送コイル、2次側電力変換器から構成され、これら電力変換器の構成や制御方法が非接触給電システムの特性を決定づける。しかしながら、これらの電力変換器で生じる損失はシステム全体で発生する損失に対して無視できない。そのため、非接触給電システムに適用する電力変換器の損失を低減する必要がある。

本論文では、非接触給電システムに適用する1次側電力変換器と2次側電力変換器の損失を低減するため、リアクタンスキャンセル機能を有する電力変換器を提案する。従来の非接触給電システムでは、1次側コイルと2次側コイルが磁氣的に疎結合となるため非接触給電部の漏れリアクタンスが増大する。これにより電力変換器の導通損失とスイッチング損失が増大する。また、高周波の非接触給電システムではインピーダンスの不整合により反射による損失が発生する。そこで本論文ではリアクタンスキャンセル機能を有するブリッジ形電力変換器を適用し、非接触給電システム内のリアクタンスをキャンセルすることにより、電力変換器で発生する損失のうち導通損失、スイッチング損失、反射による損失を低減する。本回路を各非接触給電システムに対して適用することで、提案システムの有用性を評価する。

第1章では、電磁誘導現象を用いた非接触給電システムの興りと、現状の非接触給電システムの問題点について述べる。

第2章では、先行研究における非接触給電システムの開発動向から、非接触給電システム向け電力変換器に要求されている性能について整理する。また、これを踏まえ非接触給電システムの損失を低減する手法としてリアクタンスキャンセル機能を有する電力変換器を提案する。第3章から第6章ではそれぞれ提案手法を適用した非接触給電システムの低損失化手法を提案し、提案システムの特徴及び性能について議論する。

第3章では、非接触給電部とリアクタンスキャンセル機能を一体化した電力変換器を、高圧インバータ向けゲート駆動用絶縁電源システムに適用する。本システムでは、フルブリッジインバータとフルブリッジ整流器の入出力に、非接触給電部の漏れリアクタンスのキャンセル機能を付与する。本回路の動作により、電力変換器のスイッチングデバイスがゼロ電流付近でスイッチングするため、スイッチング損失を低減できる。なお、非接触給電部と電力変換器及びリアクタンスキャンセル回路を一体化することで、回路の寄生パラメータを含めた設計が可能となり、高周波化が可能となる。本章では提案システムの等価回路を提案し、電磁界解析結果と等価回路のFパラメータを比較することで提案回路の妥当性を検証する。最後に、実験機を用いて提案回路の有用性を検証する。

第4章では2台のブリッジ形電力変換器を連動して動作させることで、非接触給電部の漏れリアクタンスを等価的にキャンセルする手法を提案する。非接触給電部の漏れリアクタンスをキャンセルすることで、変換器に通流する電流を抑制することができ、導通損失を低減できる。また、リアクタンスキャンセル回路の動作により1次側電力変換器と2次側電力変換器はゼロ電圧スイッチング動作となる。これによりスイッチング損失も低減できる。提案システムからなる非接触給電システムを構築し、簡易な回路構成で高効率に電力制御が可能であることを実験的に明らかにする。さらに、各スイッチのスイッチング波形を示すことで負荷電力によらずZVSが可能であることを実験的に示す。

第5章では高周波非接触給電システムの1次側電力変換器で生じる反射損失を低減可能なリアクタンスキャンセル機能を有するブリッジ形電力変換器を提案する。提案システムにより、1次側電力変換器の出力リアクタンスをキャンセルした上で、出力インピーダンスの実部を伝送線路の特性インピーダンスに一致させることで反射電力を抑制する。本回路を含めたインバータの出力インピーダンスの導出方法を示した後、本回路の設計法を明確化する。

第6章では高周波非接触給電システムの2次側電力変換器で生じる反射電力を低減することを目的とし、変換器の入力リアクタンスをキャンセル可能な電力変換器を提案する。提案システムにより2次側電力変換器の出力リアクタンスをキャンセルした上で、インピーダンスの実部を伝送線路の特性インピーダンスに一致させることで反射電力を抑制する。本章では、提案回路について回路の動作モードと制御方法について説明した後、実機検証を行い提案回路により回路の入力リアクタンスが有効にキャンセルされていることを示す。

最後に第7章では提案システムの有用性をまとめ、今後の課題について言及する。