

| | | | |
|--|---------------------------------|----------------------------|----------|
| 氏名 | 白川 知秀 | | |
| 授与した学位 | 博士 | | |
| 専攻分野の名称 | 工学 | | |
| 学位授与番号 | 博甲第 | 6402 | 号 |
| 学位授与の日付 | 2021年 3月 25日 | | |
| 学位授与の要件 | 自然科学研究科 | 産業創成工学専攻 (学位規則第4条第1項該当) | |
| 学位論文の題目 | 高降圧比 DC-DC コンバータの導通損失低減技術に関する研究 | | |
| 論文審査委員 | 教授 平木 英治 | 教授 金 錫範 | 教授 竹本 真紹 |
| 学位論文内容の要旨 | | | |
| <p>近年、通信設備用高圧配電システムや電気自動車の普及にともなって、高効率な高降圧比 DC-DC コンバータの需要が高まっている。高降圧比コンバータは二次側に大電流が通電されるため、この二次電流による磁気部品の巻線と整流回路における導通損失が大きな課題となる。そこで、本研究では、以下の(A)と(B)の二つの指針を基に DC-DC コンバータの二次側の導通損失低減を目的とした。</p> <p>(A)並列巻線を使った磁気部品に適用可能な簡便な銅損解析技術 磁気部品の銅損は高降圧比 DC-DC コンバータの主要な導通損失の一つである。DC-DC コンバータの磁気部品には高周波電流が通電されるため、近接効果によって巻線の電流は均一に流れるとは限らない。この近接効果は巻線配置の影響を強く受けることが知られている。したがって、巻線構造の最適設計は磁気部品の銅損低減に有望である。</p> <p>これまで提案されてきた銅損解析技術を活用すれば、多くの巻線構造の銅損の推定が可能となる。しかし、実際の産業現場の開発速度ではより素早い解析技術が求められる。また、従来の解析技術は解析結果から直接的に最適な構造を導き出すことは難しく、任意のパラメータの最適化のために、多くの解析点と理論カーブへの近似が必要となる。このような逆問題を素早く解決するためには、任意の設計パラメータと銅損との関係式を直接的に導出可能な解析手法が求められる。</p> <p>以上より、本稿では以下(i)(ii)の要件を満たした銅損解析の提案により、上記の課題の解決を目指した。</p> <p>(i)モデリングや計算過程が単純で解析に必要な時間が短い(数値計算を利用しない)。</p> <p>(ii)解析結果として、巻線構造と銅損・電流分布の関係を示した理論式を得ることができる。</p> <p>(B)整流回路の配線経路で起こる近接効果に着目した損失低減手法 近年、DC-DC コンバータを構成する回路部品の高性能化は目覚ましく、部品の単体での小型・効率化が進んでいる。部品の小型化の結果、部品同士を接続する配線経路は相対的に長くなり、この配線経路の導通損失も大きな課題の一つとなりうる。そこで本稿では、近接効果的に有利な部品配置を導き出し、この部品配置を実現するための新たな整流回路構成を提案する。</p> <p>以上の方針を基に提案した銅損解析技術や整流回路の新しい回路構成は実験的に検証され、コンバータの導通損失低減への有効性が確認された。提案技術が環境にやさしい省エネルギー社会の助力となることを期待する。</p> | | | |

論文審査結果の要旨

通信設備用高圧配電システムや電気自動車の普及にともなって、高効率な高降圧比 DC-DC コンバータの需要が高まっている。高降圧比 DC-DC コンバータは二次側に大電流が通電されるため、この二次電流による磁気部品の巻線や整流回路における銅損が大きな課題となる。

そこで、本研究では高降圧比 DC-DC コンバータの高周波トランス二次側並列巻線の電流分配比を推定し、二次巻線で生じる銅損を簡易に予測することが可能な解析手法を提案した。この提案手法をもとに、高周波トランスの巻線構造による銅損の違いを設計段階で容易に推定することが可能であることを実機検証した。FEM など従来用いられてきた解析技術は、解析結果から直接的に最適な構造を導き出すことは難しく、トランス設計に必要な任意のパラメータの最適化のために、多くの解析点と理論カーブへの近似が必要となる。このような逆問題を素早く解決するためには、本研究で提案する銅損解析手法は極めて有望である。さらに、高周波トランス二次側巻線の後段に接続される整流回路においても、近接効果の観点から有利な部品配置を取ることで銅損低減を狙った新しい回路構成を提案した。提案する回路構成は、巻線と整流素子を一体化することで近接効果が発生する配線経路を限定し、大幅な銅損低減が可能である。実証試験によりその有効性が確かめられた。

本研究によって得られた成果は、高降圧比 DC-DC コンバータのみならず大電流を伴う電力変換器の普及に向けて有用な知見を提供するものであり、工学的・学術的価値が高い。したがって、本研究は博士（工学）の学位に値するものと認められる。