

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 12884 号
------	---------------

氏 名 Mostafa Salaheldin Ahmed Abdalaziz Noah

論 文 題 目

Study of Integrated Magnetic Components in Resonant DC-DC Converters
(共振型DC-DCコンバータの統合磁気部品に関する研究)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	山本 真義
委員	名古屋大学	教授	加藤 丈佳
委員	名古屋大学	教授	塩川 和夫
委員	豊田工業大学	教授	藤崎 敬介

論文審査の結果の要旨

Mostafa Salaheldin Ahmed Abdalaziz Noah君提出の論文「Study of Integrated Magnetic Components in Resonant DC-DC Converters (共振型 DC-DC コンバータの統合磁気部品に関する研究)」は、絶縁トランスを持つDC-DCコンバータにおける磁気部品の視点からの小型軽量化、並びに高効率化に対する性能指標と設計指針を明らかにしている。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、社会的位置づけからCO₂排出や大気汚染の視点から電動化技術の将来的な有効性について近年の実例を踏まえて説明している。また、移動体に搭載される電力変換回路の高効率化・高電力密度化の重要性についても述べており、論文の位置づけや各章構成についても説明されている。

第2章では、従来独立した形で構成される高周波トランスが3個必要な三相マルチフェーズLLC共振型コンバータにおいて、各相の巻線を単一の磁性体コアで構成した統合磁気部品のシンプルな電氣的等価回路導出手法について議論している。本論文ではラグランジュ形式による解析力学を用いて等価回路導出手法について提案している。また、提案する等価回路の妥当性については磁気回路のエネルギー表式が得られた等価回路と一致することで確認されている。

第3章では、統合磁気部品を用いた三相マルチフェーズLLC共振型コンバータを提案し、解析から設計、試作実験まで議論を展開している。試作実験では、従来の独立したトランス3つ用いる手法と相対比較する形で検証されており、提案する複合磁気部品の設計妥当性と体積低減効果について確認されている。実験結果として、従来の3つ独立したトランスを用いる手法と比較して統合磁気部品を適用することで磁性体コアのサイズを43%の低減できることを実証している。

第4章では、統合磁気部品を用いた3相LLC共振型コンバータの共振電流の電流アンバランス抑制手法について提案している。本論文では、共振タンクの前段に電流バランス用トランスを用いて電流バランス化させる手法について提案している。従来では制御の視点やトランス結線を変更して電流バランス化させていたのに対して電流バランス用トランスを用いることで、容易に実装できる点が利点として挙げられる。

第5章では、シングルフェーズLLC共振型コンバータについて共振用インダクタとトランスを統合磁気部品について議論を展開している。この章での特徴として、一般的に一次側に設置された共振用インダクタまたは一次側二次側に分散した共振回路において回路が設計されるが、本論文ではトランス二次側の漏れインダクタンスの影響について議論を実施している。また、二次側のみに漏れインダクタンスを制御するための新しいトランス構造についても図説し、従来方式との相対実験により、下記知見が得られている。1) 二次側漏れインダクタンスのみを積極利用する場合では高効率動作が実現可能、2) 周波数変調で制御される当該コンバータで、二次側漏れインダクタンスのみで共振タンクを構成する場合であると制御帯域が拡大してしまうこと、がそれぞれ示されている。

第6章では、本研究の結論を与えている。

以上のように本論文では、絶縁トランスを用いたDC-DCコンバータにおける小型軽量化並びに高効率性能を定量的に明示している。これらの評価方法並びに得られた結果は、小型軽量化と高効率電力変換が求められる移動体用DC/DCコンバータにおいて、小型化性能、高効率性能を両立させることが可能な設計手法確立という位置づけから、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者であるMostafa Salaheldin Ahmed Abdalaziz Noah君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。