

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Study of Bidirectional Chopper with Single Full-Bridge Auxiliary Converter for Onboard Battery Energy Storage Systems
著者(和文)	NGHIFFARI ABY M
Author(English)	Ghiffari Aby Malik Nasution
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京科学大学, 報告番号:甲第349号, 授与年月日:2025年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:萩原 誠,藤田 英明,竹内 希,清田 恭平,佐野 憲一郎,小原 秀嶺
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第349号, Conferred date:2025/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Ghiffari Aby Malik Nasution	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	萩原 誠	准教授	佐野 憲一郎	テニユアト ラック助教
	審査員	藤田 英明	教授	小原 秀嶺	横浜国立大 学准教授
		竹内 希	准教授		
清田 恭平		准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Study of Bidirectional Chopper with Single Full-Bridge Auxiliary Converter for Onboard Battery Energy Storage Systems」と題し、移動体用電池電力貯蔵システムへ適用される従来型双方向チョッパ回路に使用するインダクタが大型・高重量であるためシステムの小型・軽量化の実現が困難であるという技術的課題に着目し、単一の単相フルブリッジ変換器より構成される補助変換器を適用した非絶縁型双方向チョッパ回路の提案・検討を行い、数値解析と実験検証により有効性・妥当性を確認したものである。本論文は、以下の6章から構成されている。

第1章「Introduction」では、世界的に注目が集まっている移動体用電池電力貯蔵システムの導入目的に関して概説し、架線電圧の安定化の役割、緊急時の電源としての役割、回生動作時の電力貯蔵などの役割に関して詳述している。また、上記電池電力貯蔵システムに適用される非絶縁型直流-直流変換器(双方向チョッパ回路)に使用するパワーデバイスが損失低減の観点から高スイッチング周波数化が困難であり、その結果、変換器に使用するインダクタが大型化・高重量化するという技術的課題を指摘している。次に、回路構成を工夫することにより、インダクタの小型・軽量化を実現するという研究目的に関して言及し、最後に本論文の構成を略述している。

第2章「Literature Review」では、国内外で提案されている各種非絶縁型直流-直流変換回路に関する学術論文を調査しながら、各種変換回路方式の得失を論じ、本研究の目的・意義を明確化している。特に、近年世界中で検討が行われている、単位セルをカスケード接続することにより構成するマルチレベル変換器の技術を応用した直流-直流変換器、および車載用途で適用実績のある3レベルライニングキャパシタ型直流変換器の研究動向について網羅的に概説している。

第3章「Bidirectional Chopper with Single Auxiliary Full-Bridge Converter」では、単一の単相フルブリッジ変換器からなる補助変換器を用いた双方向チョッパ回路に着目し、回路構成・制御法・動作原理に関して詳細に論じている。上記は、従来型双方向チョッパ回路と等価な主変換器と補助変換器から構成され、本章では両変換器とも同一の三角波キャリアを適用している。損失の最小化を実現するための各種条件を導入し、上記条件導入時におけるインダクタ電流に発生するリップル電流の定量化を行っている。その結果、従来型双方向チョッパ型回路と比較し、インダクタ電流に含まれるリップル電流の最大値を4/9に低減できることを明らかにしている。更に、他の変換器方式とインダクタ体積、変換器損失・効率の詳細比較を行い、提案回路方式の有効性を明らかにしている。また、提案回路方式の有効性は2 kW ミニモデルを用いた実験により確認しており、具体的には定常特性、始動特性、過渡特性に関して検証している。

第4章「Evaluation of Phase Shift Application in BCSAC」では、主変換器と補助変換器の三角波キャリア間に位相シフトを設けることで、更なるリップル電流低減を試みている。具体的には、第3章においては変換器間の位相シフトは零としたが、本章では変換器間の位相シフトを90度としている。本章では、上記位相シフト適用時におけるインダクタ電流に発生するリップル電流の定量化を行っている。その結果、従来型双方向チョッパ型回路と比較し、インダクタ電流に含まれるリップル電流の最大値を1/4に低減できることを明らかにしている。更に、他の変換器方式とインダクタ体積、変換器損失・効率の詳細比較を行い、提案回路方式の有効性を明らかにしている。また、提案回路方式の有効性は2 kW ミニモデルを用いた実験により確認しており、具体的には定常特性、始動特性、過渡特性に関して検証している。

第5章「AC Component-Based Control Supplementary Application in BCSAC」では、第3章および第4章で提案したインダクタ電流制御法を適用した場合、インダクタ電流直流分が零の場合、補助変換器に使用する直流コンデンサ電圧が制御不可という技術的課題に着目し、インダクタ電流に含まれるキャリア周波数と同周波数の交流成分を用いた直流コンデンサ電圧制御法を提案してい

る。本章では、具体的な制御法と動作原理に関して詳述し、提案法の有用性は2 kW ミニモデルを用いた実験により確認している。また、本制御法と第3章と第4章で検討した直流成分を用いた直流コンデンサ電圧制御法の切替時の実験を行い、過電圧・過電流を生じることなく良好に制御切替が可能であることを実証している。

第6章「Conclusion and Future Research」では、本論文における結論に関して言及し、次に各章の成果を要約している。

以上を要するに、本論文では従来型の移動体用直流-直流変換器に適用するインダクタが大型・高重量という技術的課題に取り組み、上記を解決する手段として単一の単相フルブリッジ変換器からなる補助変換器を用いた双方向チョッパに着目し、実験と数値解析を併用しながら上記変換器の妥当性を検証し、かつ有効性を提示したものであり、工学および学術貢献するところが大きい。よって本論文が博士(工学)の学位論文として十分に価値があるものと認める。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東京科学大学リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。