

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	車載電力貯蔵システムへの適用を目的とした補助変換器を用いた非絶縁型チョッパ回路に関する研究
Title(English)	Study of Non-Isolated Bidirectional Choppers with Auxiliary Converters for Onboard Energy Storage Systems
著者(和文)	ジャーベルハムゼ ジャマール アフマド
Author(English)	Hamzeh Jamal Ahmad Jaber
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12129号, 授与年月日:2021年9月24日, 学位の種別:課程博士, 審査員:萩原 誠,千葉 明,藤田 英明,竹内 希,清田 恭平,三浦 友史
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12129号, Conferred date:2021/9/24, 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

(博士課程)

## 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	Hamzeh Jamal Ahmad Ahmad	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	萩原 誠	准教授	清田 恭平	准教授
	審査員	千葉 明	教授	三浦 友史	長岡技術科学 大学教授
		藤田 英明	教授		
	竹内 希	准教授			

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Study of Non-Isolated Bidirectional Choppers with Auxiliary Converters for Onboard 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プ回路、もしくは昇降圧チョップ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、単相フルブリッジ変換器セルをカスケード接続することに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プ回路、および非絶縁型昇降圧チョップ回路の提案・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7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(双方向チョップ回路もしくは昇降圧チョップ回路)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-直流変換器の研究動向について網羅的に概説している。

第3章「Interleaved Bidirectional Chopper With Auxiliary Converters」では、インターリーブ構成をした補助変換器を用いた双方向チョップ回路に着目し、回路構成・制御法・動作原理に関して詳細に論じている。提案回路の有効性は、2 kW ミニモデルを用いた実験検証により確認している。その結果、従来型双方向チョップ回路と比較し、同じ電流リップルという条件下においてインダクタンス値を1/10以下に低減できることを実証している。さらに従来型のインターリーブ構成双方向チョップ回路と本論文で検討する補助変換器を用いた双方向チョップ回路の効率・重量・体積に関して詳細な検討を行い、特に重量・体積の項目において、従来型と比較し1/3以下の低減効果を確認している。

第4章「Start-up and Circuit-Breaker Operation of the Interleaved Bidirectional Chopper With Auxiliary Converters」では、上記補助変換器を用いた双方向チョップ回路の過渡特性に関して着目している。具体的には、補助変換器に使用する直流コンデンサ電圧の初期充電法に関して検討し、補助回路を使用することなく初期充電を実現できることを示している。また、補助変換器の直流遮断器としての機能に着目し、パワーデバイス短絡故障時においても、直流遮断器として良好に動作することを実証している。

第5章「Bidirectional Buck-Boost Chopper With Auxiliary Converter」では、補助変換器を用いた昇降圧チョップ回路に着目し、制御法と回路構成に関して論じた後に、2 kW ミニモデルを用いた実験検証により有効性を確認している。また、従来型の昇降圧チョップとの重量・体積・効率に関する詳細な比較検討を数値解析に基づき行い、大幅な重量・体積低減効果を実現できると同時に、効率に関しても従来型回路と同等の変換器効率が実現できることを示している。

第6章「Modified Phase-Shifted PWM for Interleaved Bidirectional Chopper With Auxiliary Converters」では、補助変換器に適用する搬送波を従来の三角波から2種類の鋸波に変更することで、低圧側電流のリップル電流低減効果が得られることを詳細に論じており、鋸波を用いた変調法の有効性は実験検証により確認している。

第7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補助変換器を用いた双方向チョッパ、および昇降圧チョッパ回路に着目し、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(philosophy)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、東工大リサーチポジトリ(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。