

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	単相フルブリッジ変換器を用いたHVDC用直流遮断器評価装置の設計と制御に関する研究
Title(English)	Study of Hardware Design and Control of H-Bridge Cell Based HVDC Circuit Breaker Test Benches
著者(和文)	KRNETANikola
Author(English)	Nikola Krneta
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12187号, 授与年月日:2022年9月22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,佐野 憲一郎,磯部 高範
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12187号, Conferred date:2022/9/22, 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		Krnetta Nikola		
			氏名	職名			
論文審査 審査員	主査		萩原 誠	准教授	佐野 憲一朗	テニユア トラック助教	
	審査員		千葉 明	教授	磯部 高範	筑波大学 准教授	
				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 Hardware Design and Control of Cascaded H-Bridge Cell Based HVDC Circuit Breaker Test Benches」と題し、近い将来に導入が期待される多端子直流送電(HVDC)システム実現に必要な不可欠な直流遮断器評価装置に焦点を当て、従来の評価装置が多端子直流送電システム用直流遮断器評価に不十分という技術的課題に着目し、最新の半導体電力変換技術を適用した4種類の直流遮断器評価装置の提案を行い、制御法と設計手法に関して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、太陽光・風力発電に代表される再生可能エネルギーの導入拡大を背景とし、直流送電システムの導入が世界的に進捗している現状について述べている。特に、多端子直流送電システム導入の必要性に関して言及し、上記システム実現には高性能・高信頼性な直流遮断器の導入が必要不可欠であることを述べている。次に、一般的な直流遮断器の構造、および事故時の挙動に関して詳述し、各動作モードにおいて直流遮断器評価装置に求められる仕様に関して明らかにしている。最後に、本研究の目的および研究手法に関して示している。

第2章「Literature Review」では、国内外で発表された学術論文を調査しながら、従来型直流遮断器評価装置の概要に関して包括的に論じている。初めに、直流遮断器評価に要求される電圧・電流定格に関して言及し、電流に関しては最大で50 kA、電圧に関しては500 kV以上を出力することが直流遮断器用評価装置に要求されることを明らかにしている。次に、交流遮断器評価に適用されている各種従来型評価装置の動作原理と問題点に関して言及している。具体的には、「Charged Capacitor方式」「Charged Inductor方式」「発電機短絡方式」に基づく評価装置の動作原理と問題点に言及し、従来型評価装置が、他端子直流送電システム用直流遮断器評価の仕様を満足しないことを明確化している。次に、近年検討例が増えている「半導体電力変換器方式」の直流遮断器評価装置の将来性に関して言及し、各種評価装置を整理した上本論文の位置づけを明確化している。

第3章「H-Bridge Cell MMCC based HVDCB Test Bench」では、単相フルブリッジ変換器セルを複数カスケード接続した変換器から構成される評価装置を提案し、動作原理、変換器仕様、制御手法、素子の設計手法に関して詳細に論じている。また、動作上問題となる内部抵抗の取得方法、電流制御系の定常速度偏差抑制手法、直流遮断器の挙動が評価装置に及ぼす影響に関して説明している。提案した評価装置の妥当性はミニモデルを用いた実験検証により確認している。一方、上記評価装置は、任意の事故電流生成が可能、任意の絶縁評価試験が実現できる等の利点が存在する一方、半導体素子を多数使用する観点から、従来手法に関するコスト低減が大きな課題であることを指摘している。

第4章「Design and Analysis of HVDC Circuit Breaker Test Bench Based on Cascaded H-Bridge Cells」では、第3章で提案した評価装置の半導体素子数を低減する1手法として、カスケード接続した変換器と従来手法である「Charged Capacitor」方式の評価装置を直列に接続した方式を提案し検討している。直列接続することで、本来半導体電力変換器が出力すべき直流電圧の一部をコンデンサが代替で出力できるため、コスト削減を実現できる。本章では、上記評価装置の動作原理、変換器仕様、制御手法、素子の設計手法に関して詳細に論じ、評価装置の妥当性はミニモデルを用いた実験により確認している。

第5章「Dual Circuit Based Test Bench Design for HVDC Circuit Breaker Verification」では、第4章で提案した評価装置の更なるコスト低減を目的とし、カスケード接続した変換器と従来手法である「Charged Capacitor」方式の評価装置を並列に接続した方式を提案し検討している。その際、カスケード変換器は、直流遮断器に短絡電流を供給することのみを目的とし、「Charged Capacitor」方式の回路は、直流遮断器の絶縁評価のみに機能を限定する。上記の結果、カスケード変換器の電圧容量を大幅に低減できるため、半導体素子数の低減とコスト削減を実現できることを明らかにしている。

本章では、上記評価装置の動作原理、変換器仕様、制御手法、素子の設計手法に関して詳細に論じ、評価装置の妥当性はミニモデルを用いた実験により確認している。

第6章「Reconfigurable Large Current and High Voltage Test Bench for HVDCB Verification」では、第5章の評価装置が直流遮断器に一定の絶縁電圧しか供給できないという技術的課題に着目し、カスケード接続した変換器の直並列構成を変更可能な評価装置を提案している。具体的には、短絡電流を直流遮断器に供給する際は、カスケード変換器同士を並列接続することで電流容量を増大し、絶縁評価を行う際はカスケード変換器同士を直接接続することで電圧容量を増大する点に特長がある。本章では、上記評価装置の動作原理、変換器仕様、制御手法、素子の設計手法に関して詳細に論じ、評価装置の妥当性はミニモデルを用いた実験により確認している。

第7章「Conclusion」では、初めに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、最後に今後の展望について述べている。

以上を要するに、本論文では従来型直流遮断器評価装置が多端子直流送電システム用直流遮断器の評価に不十分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半導体電力変換器をベースとした4種類の評価装置を提案し、実験と数値解析を併用しながら上記評価装置の妥当性を検証し、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。