

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	洋上風力発電用直流送電における直流事故時の供給信頼度向上に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	榎本光芳
Author(English)	Mitsuyoshi Enomoto
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275号, 授与年月日:2025年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:佐野 憲一郎,藤田 英明,浦壁 隆浩,萩原 誠,河邊 賢一,中島 達人
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第275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	榎本 光芳	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	佐野 憲一朗	助教	河辺 賢一	准教授
	審査員	藤田 英明	教授	中島 達人	東京都市大学 教授
		浦壁 隆浩	特任教授		
		萩原 誠	准教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「洋上風力発電用直流送電における直流事故時の供給信頼度向上に関する研究」と題し、将来導入が進むと考えられる洋上風力発電による発電電力を、陸上に向けて送電するための直流送電システムの構成・制御法・保護方式について論じている。特に、直流送電システムの供給信頼度を向上するため、直流送電線で事故が発生した際に、風力発電設備の脱落を回避し、運転継続を実現する方法について、対称単極構成、双極構成、および多端子構成の場合について、理論と実験の両面から詳細に検討したものである。本論文は、以下の7章から構成されている。

第1章「序論」では、直流送電システムの特徴、技術開発の方向性、直流事故に対する保護方式について説明している。洋上風力発電用の電力輸送に直流送電を適用した場合、供給信頼度面に課題があり、それを改善するためには、直流事故による洋上風力発電設備の脱落を回避し、運転を継続させる必要があるとしている。そのためには、大電流を高速に遮断可能なハイブリッド式直流遮断器や耐事故交直変換器を必要とせず、既存のモジュラーマルチレベル変換器（ハーフブリッジ型MMC）を用いた直流送電システムに適用できる新しい制御・保護方式の必要性について論じている。

第2章「直流送電の基本構成および制御法と事故時の保護方式の文献調査」では、直流送電システムの基本構成と制御法を概説し、これまでに報告された種々の直流事故時の保護方式に関する研究・開発の動向を詳細に述べ、各方式の得失を明らかにしている。その応用範囲を洋上風力発電用の電力輸送に拡張する際の技術的課題を整理し、本論文が提案する再構成手法の位置づけを明確にしている。

第3章「洋上風力発電設備の運転継続を可能とする再構成の提案」では、ダイオードを用いた多回線直流送電システムに着目し、洋上風力発電設備の運転継続を実現するための再構成手法を提案するとともに、シミュレーションおよび縮小モデルを用いた実験により動作を検証している。再構成手法では、事故の影響を受けた洋上風力発電設備の接続先を事故回線から健全回線に切り替えて送電を再開する。これは、既存の風力発電設備が有する事故時運転継続性能とハーフブリッジ型MMCの短絡動作、および高速遮断器により実現できることから、システムの複雑化やコスト増加を回避できる可能性のある有望な手法であるとされている。

第4章「再構成と機械式直流遮断器を組み合わせた保護方式による風力発電設備の運転継続」では、第3章で対象とした多回線直流送電システムにおいてダイオードによって潮流方向が制限される課題があることを受けて、ダイオードを機械式直流遮断器に置き換えたシステムを検討している。この際、機械式直流遮断器は事故電流の遮断に要する時間が長く、この間に風力発電設備が脱落する懸念があった。この課題に対して、再構成手法と協調させた制御法を新たに考案することにより、機械式直流遮断器を適用した構成においても風力発電設備の運転継続を実現できることを、縮小モデルを用いた実験により検証している。

第5章「再構成の応用による2端子双極直流送電における風力発電設備の運転継続」では、双極2端子構成の直流送電システムに再構成手法を適用するための検討を行っている。第3章および第4章で想定した対称単極構成と比べて、双極構成はより大容量の送電に適するものの、送電線事故時の直流電圧低下幅が大きく、前節までに示した再構成手法では事故電流の遮断が困難である。そこで本章では、再構成手法と接地抵抗や低圧直流遮断器を組み合わせた手法を提案し、事故時の電

流遮断がより厳しい双極構成であっても、風力発電設備の運転継続を実現できることを、シミュレーションにより検証している。

第6章「多端子双極直流送電における部分再構成の提案」では、洋上風力発電から陸上交流系統への送電に加えて、陸上交流系統間の電力融通を実現するための、双極3端子構成の直流送電システムを対象とし、再構成手法を適用するための検討を行っている。本章では多端子双極直流送電の潮流制御の自由度に着目し、より簡素な設備で風力発電設備の運転継続を実現する方法を論じている。具体的には、第5章に示す手法では洋上と陸上側の変換器双方で再構成を行う必要があるのに対し、本章では洋上側の変換器のみに再構成手法を適用することにより、陸上側端子では再構成に必要な機器を省略しつつ、直流事故時の供給信頼度を向上できることが示されている。

第7章「結論」では、本論文における成果を要約し、今後の展望について言及している。

以上を要するに、本論文は、直流送電システムを洋上風力発電用の電力輸送に適用するにあたり、直流送電線で発生した事故による風力発電設備の脱落を回避し、運転継続を実現するために、再構成手法を提案している。そして、対称単極構成、双極構成、多端子構成の各システム構成における適用方法を明らかにし、その妥当性を詳細に検討したものである。これらの成果は、工学および学術上貢献するところが大きく、本論文は博士（工学）の学位論文として十分に価値があるものと認められる。

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。