

(様式第3号)

論文要旨

論文題目

“Study on Advanced High-Efficiency Energy Storage System for Renewable Power Plants”

(和訳：自然エネルギー発電設備のための先端的高効率電力貯蔵装置に関する研究)

近年のパワーエレクトロニクス技術の進歩に伴い高耐圧大容量自己消弧デバイスを用いた電力変換器が実用化されているが、これらのデバイスの制御はスイッチング時に急峻な電圧・電流変化を生じるためスイッチング損失が増大し、デバイスへの電圧・電流ストレス増加、システムの温度上昇、効率低下、電磁ノイズ(伝導性・放射性)の発生など周囲環境も含めた問題が生じる。これらの問題解決として、LC要素を付加した共振回路を構成することによるソフトスイッチング方式が有効である。高周波ソフトスイッチング方式の利点は、効率向上、インダクタンスおよび放熱処理冷却装置の小型化、これらに起因して出力密度・エネルギー密度の増加、コスト削減などの利益をもたらす。

本論文では、ハードスイッチング時におけるスイッチング損失を低減する(効率向上)のための新しい回路構成および制御方式(ソフトスイッチング方式)について論じている。また、電力貯蔵装置などに適用可能な回路構成として、双方向性を有するソフトスイッチング方式について検討している。本論文は7章から構成されており、各章の概要を以下に示す。

第1章では、パワーエレクトロニクス技術の現状から問題点について述べ、それらの問題点における解決方法について説明する。

第2章は、電気二重層キャパシタ(Electric Double-Layer Capacitor: EDLC)をエネルギー貯蔵媒体とした新しい電力貯蔵装置について記述している。提案システムの有効性は風力発電システムの出力電力平準化および端子電圧制御を行うことで検証している。

第3章では、第2章で提案したシステムのスイッチング損失低減のための初期検討として、双方向DC-DCコンバータの零電流ソフトスイッチング方式について記述している。提案方式は、充放電時に同一の共振素子を用いているため、回路構成がシンプルになる利点を有する。

第4章は、第3章で提案したシステムの全体効率改善のため、電流形インバータの零電流ソフトスイッチング方式について記述している。提案システムの有効性はハードスイッチング方式と比較することにより検証している。

第5章は、電圧形インバータおよびEDLCを用いた新しい電力貯蔵装置および制御方式について記述している。提案装置の有効性は風力発電システムの出力制御について検証している。

第6章は、電力貯蔵装置として超電導エネルギー貯蔵装置(Superconducting Magnetic Energy Storage System: SMES)を用いた回路構成および制御方式について説明している。提案システムの有効性は大容量風力発電システムの潮流制御および発電器端子電圧制御、また、風力発電機の単独運転時の制御を行うことで検証している。

第7章は、各章で提案方式について結論を述べ、今後の課題について記述している。

氏名金城達人

平成18年2月13日

琉球大学大学院
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏名 千住 智信



副査 氏名 清水 敏久



副査 氏名 佐藤 之彦



学位（博士）論文審査及び最終試験の終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	専攻名 総合知能工学専攻	氏名 金城 達人	学籍番号 048659B
指導教員	千住 智信		
成績評価	学位論文	合格	不合格
		最終試験	合格
論文題目	Study on Advanced Energy Storage System for Renewable Power Plants (和文題目:自然エネルギー発電設備のための先端的電力貯蔵装置に関する研究)		
<p>審査要旨 (2000字以内)</p> <p>地球温暖化の原因となる二酸化炭素の増加・化石燃料の枯渇など環境問題やエネルギーセキュリティ観点から自然エネルギー発電方式が注目を集めている。しかし、自然エネルギーを電力源とする発電方式は連系システムに対して、電圧・周波数変動などの悪影響を与える。そこで、近年パワーエレクトロニクス技術(パワエレ技術)を駆使した FACTS(Flexible AC Transmission System) およびマイクログリッド構想が提唱され、自然エネルギー発電方式の安定性、信頼性、利用率向上などが期待できる。一方、パワエレ技術の進歩に伴い高耐圧大容量自己消弧デバイ</p>			

(次頁へ続く)

スを用いた電力変換器が実用化されているが、これらのデバイスの制御はスイッチング時に急峻な電圧・電流変化を生じるためスイッチング損失が増大し、デバイスへの電圧・電流ストレス増加、システムの温度上昇、効率低下、電磁ノイズ(伝導性・放射性)の発生など周囲環境も含めた問題が生じる。

本研究では、自然エネルギー発電方式における上述の問題を解決するために、最先端のエネルギー貯蔵要素を用いた電力貯蔵装置の開発について研究を行っている。提案システムの制御方式は瞬時電力理論を扱うことで急峻な電力・電圧変動を補償できる。また、提案システムの性能向上を目的として、ハードスイッチング時におけるスイッチング損失を低減(効率向上)するための新しい回路・制御方式(ソフトスイッチング方式)について研究を行っている。

本研究の成果を要約すると以下のとおりである。

1. 電力貯蔵装置として超電導エネルギー貯蔵装置(Superconducting Magnetic Energy Storage System : SMES)を用いた回路・制御方式を提案し、系統応用として自然エネルギー発電設備に適用している。自然エネルギーを電力源とした発電システムは連系系統へ悪影響を与えるが、提案システムは瞬時電力を扱うことで急峻な電力・電圧変動を補償できる。また、実用的見地から離島などの小規模独立システムを対象に大容量風力発電システムの潮流制御および発電機端子電圧制御、風力発電機の単独運転が可能であることを検証している。
2. 電気二重層キャパシタ(Electric Double-Layer Capacitor : EDLC)をエネルギー貯蔵媒体とした新しい電力貯蔵装置の回路・制御方式を提案している。EDLCは充放電サイクルが二次電池の数百倍という利点を持ち、自然エネルギー活用に最適である。提案システムの有効性は風力発電システムの出電力平準化および端子電圧制御により検証している。
3. EDLCを用いた提案システムの性能向上を目的として、スイッチング損失低減のための双方向性ソフトスイッチング三相PWMインバータを提案している。双方向性を有するソフトスイッチング方式は、電力貯蔵装置のみならず、電気鉄道、電源など電力変換器を用いる全てのシステムに応用でき、損失低減により効率向上、冷却装置の小形化などの利点を有する。提案システムの有効性はハードスイッチング方式と比較することにより検証している。

以上のように、本研究は電力貯蔵装置の開発により自然エネルギー発電方式の安定性、信頼性、利用率向上に大いに寄与し、また、電力変換器の性能向上を達成している。したがって、本研究は工学的に価値のある新しい成果を得ているため、提出された学位論文は博士の学位論文に値するものとして学位論文の審査を合格とする。また、論文発表会における発表ならびに質疑応答の結果、申請者は専門分野および関連分野の十分な知識ならびに本学大学院博士後期課程修了者として十分な研究能力を有していることが確認できたので最終試験も合格とする。