

(続紙 1)

京都大学	博士 (エネルギー科学)	氏名	Mohammad Lutfur Rahman
論文題目	Hybrid Offshore-wind and Tidal Turbine generation system (HOTT) (洋上風力・潮力ハイブリッド発電システム)		
(論文内容の要旨)			
本論文は、洋上風力発電に潮力発電を一体化させたスタンドアローンのハイブリッド発電システムを提案し、その構成要素・回路構成・制御法の設計検討を通して、出力変動の平滑化効果・系統連系時の影響を論じた結果をまとめたもので、本文4章と付録4章からなっている。 第1章は序論であり、洋上風力および潮力の潜在資源量について述べ、先行研究の調査を踏まえて研究の背景について述べている。風力発電については、単機容量の増大とともに、ウィンドファームとしても大容量化が進み、洋上風力発電システムも導入されてきているが、それに伴い出力変動の連系系統への影響が顕在化している。一方潮力発電は、出力変動は小さいものの大型化に難があり本格的な実用化に到っていない。本論文では、両者を一体化させたハイブリッドシステムを提案し、両者の長所を生かしたシステム構成・制御法を検討し、その有用性を明らかにすることを目的として提示している。 第2章では、提案する洋上風力・潮力ハイブリッド発電システムの構成要素・回路構成の設計を行うため、電力系統過渡シミュレーションソフトウェア(PSCAD/EMTDC)を用いて実施したシミュレーション研究について述べている。各構成要素のシミュレーションモデルを構築し、風力と潮力の二種の発電システムを交流系あるいは直流系で連系したのち直流送電する回路構成を取り上げ、6.3MWクラスのシステムを設計している。連系点電圧と直流送電電力を制御対象として電力変換器の制御系を設計し、典型的な風況の変動に対する動特性応答シミュレーションを行い、ハイブリッド化による出力変動の抑制を確認している。さらに、大きな風力変動を入力として、交流連系および直流連系それぞれでシミュレーションを実施し、直流連系が安定性において有利であることを明らかにしている。 この章に関連して付録A,Bに、構築したモデルの詳細と基本運転シミュレーション結果を掲載している。 第3章では、前章のシミュレーション結果をもとに設計製作したハイブリッド発電システムの試作実験モデルとこれを用いたモデル実験について述べている。試作モデルシステムでは、風力発電モデルは、大容量を想定して同期発電機とダイオードブリッジ整流器による単純な構成としている一方、潮力発電モデルは、小容量を想定し、出力の制御が容易となるよう誘導機と双方向コンバータからなる構成としている。さらに潮力タービン(サーボモータで模擬)から誘導機へのトルク軸に一方向クラッチを設け、誘導機をフライホイールとして動作させエネルギー貯蔵機能を持たせる構成を新たに提案			

している。二つの発電モデルは直流で連系され、昇圧チョッパ回路を介して系統連系コンバータで所内電源につながる。モデル実験では、まず連系点直流電圧を系統連系コンバータの最大電力追従制御(MPPT)によって制御することで、ハイブリッド発電システムが安定に動作することを確認している。続いて、風力発電の出力変動を補償することを目的として、潮力発電の出力制御に関して2ケースの模擬実験を行っている。まず、潮力タービンからの入力を制御することで、一方向クラッチをon/off動作させ、誘導機を発電機モードから電動機モードあるいはその逆にスムーズに移行できることを示している。電動機モードでは回転エネルギーによるエネルギー蓄積によって、エネルギーの貯蔵・回生(フライホイール運転)ができることを確かめている。次に、双方向コンバータのPWM制御によって潮力発電用誘導機に印加する電圧の周波数を制御することで、潮力発電の出力が高速に制御できることを示している。最後に、風力発電の出力が変動した場合に、前述した潮力発電出力制御によってこれを補償する模擬実験を行い、システムの有用性を確認している。

この章に関連して、試作模擬実験システムの詳細を付録Cに掲載している。

第4章では、大容量化する洋上風力発電システムでの風況による出力変動を抑制するため、提案した洋上風力発電に潮力発電を一体化したハイブリッド発電システムは、それぞれの短所を補完しあって安定した発電システムとなるとことを明らかにしたと結論し、その他本論文で得られた成果および今後の展望についてまとめている。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、洋上風力発電システムと潮力発電システムを一体化したハイブリッド発電システムを提案し、その構成要素・回路構成・制御法の設計検討を通して、出力変動の平滑化効果・系統連系時の影響を論じた結果をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 洋上風力発電と潮力発電を一体化したスタンドアローンのハイブリッド発電システムを初めて提案し、その構成要素・回路構成・制御法を示した。

2. 電力系統過渡解析ソフトウェア上で提案システムのシミュレーションモデルを構築し、構成要素・回路構成の設計を行った。二つの発電システムを交流系あるいは直流系で連系したのち直流送電する回路とその制御系を設計して、典型的な風況の変動に対する動特性応答シミュレーションを行い、ハイブリッド化による出力変動の抑制を確認するとともに、直流連系が安定性において有利であることを明らかにした。

3. 出力変動を抑制する機能を持つハイブリッド発電システムの試作実験モデルを設計製作してモデル実験を実施し、連系点直流電圧を系統連系コンバータの最大電力追従制御によって制御することで、ハイブリッド発電システムが安定に動作することを確認した。

4. 潮力タービンから誘導機へのトルク軸に一方向クラッチを設け、誘導機の回転数をタービンのそれより大きくしてタービンを切り離し、誘導機を電動機運転させてフライホイールとして動作させ、エネルギー貯蔵機能を持たせる構成を新たに提案した。

5. 提案したシステムについて、潮力タービンからの入力を制御することで、一方向クラッチをon/off動作させ、誘導機を発電機モードから電動機モードあるいはその逆にスムーズに移行できることを示した。電動機モードでは回転エネルギーによるエネルギー蓄積・回生ができることを確認した。

6. 潮力発電用誘導機の双方向コンバータのPWM制御によって、誘導機に印加する電圧の周波数を制御することで、潮力発電の出力を高速に制御できることを示した。

7. 風力発電の出力が変動した場合に、前述の潮力発電出力制御によってこれを補償する模擬実験を行い、システムの有用性を実験的に示した。

以上、本論文は、大容量化する洋上風力発電システムでの風況による出力変動を抑制するため、洋上風力発電に潮力発電を一体化したハイブリッド発電システムを提案し、これがそれぞれの短所を補完しあって安定した発電システムとなることを明らかにしており、得られた成果は、学術上、實際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（エネルギー科学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成22年7月30日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。

論文内容の要旨及び審査の結果の要旨は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。特許申請、雑誌掲載等の関係により、学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降