

論 文 要 旨

Abstract

論文題目

Title:

Design and Control of the Wind Energy Conversion System for the Modern Smart Grid

(和訳：スマートグリッドのための風力発電システムの設計と制御)

Because of the large amount of renewable energy, the renewable power system (wind, solar, biofuel, hydro, tidal, etc.) will be the major sources of the energy system in future. If we are to integrate a large amount of renewable energy into the power system and an efficient socio-economic way, we must rethink and reconfigure our energy systems. The intelligent power grid or smart grid is the key to realize this transformation. Among the several renewable sources, multi-megawatt wind energy conversion systems (WECSs), often organized in a wind farm, are the back-bone of the modern smart grid. However, wind energy is a fluctuating resource which can diverge quickly. Due to the wind speed variations, the output power of wind turbines is fluctuated. It causes frequency deviation from the rated value and creates voltage flicker at the buses of the power grid. Frequency deviation and voltage flicker provide poor power quality and originate instability problems in the power system, when there are loads sensitive to accept high voltage and frequency variations. Therefore from the perspective of smart grid, WECS should ensure to control the frequency deviation, power fluctuating and robust control abilities. Firstly, in this thesis, to achieve the maximum output power from the wind turbine a maximum power point tracking control (MPPT) method with parameter identification has been analyses. Secondly, To reduce the power fluctuation for a wind turbine, the power smoothing methods composed of the controlling kinetic energy with fuzzy control systems which provides a cost effective power smoothing for a WECS. A simple shunt circuit is included to the DC-link circuit, and it can ensure the stable operation of the WECS during the system fault condition. Thirdly, a new approach to design and implement a digital H_{∞} controller for a permanent magnet synchronous generator (PMSG) based wind energy conversion system (WECS) is proposed. Due to wind energy is an uncertain fluctuating resource, requires tight control management. Therefore, the proposed model-based digital H_{∞} controller scheme comprises for both generator and grid interactive power converters, and the control performance is compared with the conventional PI controller. Simulation results confirm the efficacy of the proposed method which is ensured the WECS stability, mitigate shaft stress, and improving the DC-link voltage and output power qualities. Fourthly, a frequency control scheme for a small power system by a coordinated control strategy of a wind turbine generator and a battery energy storage system. A minimal order observer is utilized as a disturbance observer to estimate the load of the power system.

Name: HOWLADER ABDUL MOTIN

平成25年 8月12日

琉球大学大学院
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 浦崎 直光

副査 千住 智信

副査 金城 寛

副査 関根 秀臣



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 生産エネルギー工学専攻 氏名 HOWLADER ABDUL MOTIN 学籍番号 108654F
指導教員名	浦崎 直光
成績評価	学位論文 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格 最終試験 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格
論文題目	Design and Control of the Wind Energy Conversion System for the Modern Smart Grid (スマートグリッドのための風力発電システムの設計と制御)
審査要旨（2000字以内） 現在、我が国では、自然エネルギーへのエネルギー転換が重要な課題となっており、風力、太陽光、バイオマス、水力等の発電システムが研究ならびに開発されている。これらの中でも、風力発電は有望な自然エネルギー利用発電システムの一つといえる。しかしながら、風力発電システムの欠点は発電出力が風速に応じて変動することである。特に、ウィンドファームを構成する数メガワット級の風力発電	

(次頁へ続く)

システムの出現により、電力系統への風力発電システムの導入率が上昇し、電力系統における周波数変動等の電力品質の低下が問題となっている。従って、風力発電システムの発電出力を制御することが重要な課題となっている。

本論文は、風力発電システムの出力制御に関して論じており、数値シミュレーションによりその妥当性を検証している。本論文の研究成果は以下のように要約できる。

1. 風力発電機には風速に応じて出力電力が最大となる最適な回転速度が存在する。その最適値の理論式に用いられる風力発電機のパラメータをオンラインで同定することを提案しており、常に最適動作点近傍で風力発電システムを動作させることに成功している。
2. 風力発電システムに対して、風車の慣性エネルギーを利用した出力平滑化を提案している。本手法は、風車自身の慣性エネルギーのみを制御するため、他のエネルギー貯蔵装置を利用しないことから安価な風力発電システムの実現が期待できる。また、平滑化の度合いを風速変動に応じて調整することで、風速変動が大きい場合に平滑化を強め、風速変動が小さい状況では、平滑化を弱め、上記の最大出力制御を行うことで、風速変動状況に応じた出力変動の抑制と最大出力制御の両方を達成している。
3. 風力発電システムに対する H_{∞} 制御器の設計と実装について検討している。風力発電システムは出力変動が大きい場合、古典的なPI制御器では、出力変動抑制性能が十分ではない。本研究では、スマートグリッドを想定し、風力発電機の可変速制御に加え、系統電圧を制御するシステムを構築している。これらの制御システムに対し、 H_{∞} 制御器とPI制御器を適用した場合の制御結果を比較し、提案手法による制御性能の向上を確認している。
4. スマートグリッドの概念に基づいて、小規模電力系統に対する周波数変動対策を検討している。電力系統の規模が小さくなると風力発電システムのみでの対処では周波数変動抑制が困難となることから、風車ブレードのピッチ角制御と蓄電池装置の充放電制御を協調して出力平滑化を行う。すなわち、出力変動の低周波成分についてはピッチ角制御による出力平滑化、高周波成分については蓄電池の充放電制御による出力平滑化を行うことで、効果的な周波数変動の抑制を達成している。

以上のように、本研究は風力発電システムの出力制御の発展に大いに寄与し、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と研究能力を有していることが確認できたので、最終試験を合格とする。