

2011

論 文 要 旨

論文題目

Control Strategy Study of Windmill Power Systems

With production routed through conventional fossil fuel burning or through nuclear energy and wherever possible through hydro resources, all of these in addition to other disadvantages give rise to environmental issues of a varied nature. Wind energy is a clean and safe form of energy that does not pollute the global environment. Moreover, the effective utilization of wind energy is related to the assurance of future energy sources in Japan where fossil energy is scarce. Thus, the introduction of wind power generation system utilizing wind energy is considered to be a very important subject. A growing demand for this abundant, affordable and clean energy shows that wind energy is positioning itself to be a more and more important player in the energy marketplace of the 21st century.

Induction generators must provide, within stringent tolerances, an uninterrupted supply of power at a specific frequency and voltage to the loads present in power system, but the rapid response of the controller creates persistent low-frequency power angle oscillations which may interact in the power system to produce so-called dynamic instability. Since wind has rather unsteady speed characteristics, it is, therefore, necessary to have a proper control strategy to maintain a rated value of the wind power generation and the angular velocity although the wind speed changes in the considered range. We have proposed the following three control strategies to improve the performance of wind power generation.

- 1) In order to construct a controller that can be easily implemented to a real windmill generator, we designed an observer that estimates rotor currents from the other state variables that are measurable. The design of the observer is based on the solution of simultaneous Lyapunov equations.
- 2) A method for sliding surface design of VSC using frequency criteria of H^∞ control theory is presented in the control of windmill power systems.
- 3) By using quasi-linearization transform technique to windmill power system, we developed a type of equation which is suitable for H^∞ control full information problem. By solving the Riccati equations arising in H^∞ control full information problem, a stable sliding surface is decided.

(様式第 5-2 号)

平成 13 年 1 月 25 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

宮城隼夫

副査 氏 名

山下勝己

副査 氏 名

上里勝實



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 龍 游江 学籍番号 988659 B
指導教官	宮城 隼夫
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	Control Strategy Study of Windmill Power Systems
審査要旨（2000 字以内） 当該論文では、電力システムにおける風力発電機のピッチ角制御に対する新しい制御方式を提案すると共に、提案方式の有効性を沖縄県宮古島において 1994 年 12 月に観測された実風速データに基づいて検証している。 1970 年代における二度のオイルショックを契機に、石油・石炭などの代替エネルギーとして風力・太陽光・水力などの自然エネルギーが注目されはじめ、また、最近では地球規模の環境問題と関連して、同エネルギー源への関心が再び高まってきた。自然エネルギー源の開発および有効利用の研究は、ヨーロッパ諸国をはじめ世界各国において活発に推進されており、特に、化石エネルギーに乏しいわが国においては、将来のエネルギー源確保につながることから同エネルギー源の有効利用が重要視されている。風力エネルギー密度は希薄ではあるが普遍的に存在し、エネルギー比も大きくクリーンであることから、将来有望な自然	

エネルギー源として期待されている。なお、風力発電システムに用いる発電機としては種々のタイプが考えられるが、構造が簡単で堅牢、安価、かつ系統投入時に位相調整の必要がない等の理由からかご形誘導発電機が多用されている。本研究においても対象発電機としてかご形誘導発電機を取り上げている。その際、電力システムに接続された風力発電機に課せられる要求の一つに、空間・時間により大きく変動する不規則性風速の高風速時に発電機出力を定格出力に維持する一定スリップの一定速運転が挙げられる。特に、大容量の風力発電機を離島などの小容量の単独系統や配電線に接続している場合には、この要求は非常に重要な問題となる。この問題に対処するため、ブレードのピッチ角を変化させることにより風車を受ける入力エネルギー量を制御する可変ピッチ角制御を実施するが、風力発電システムは強い非線形性を有するため、安定なピッチ角制御系を構築するには、システム本来の非線形性を保存した数式モデルを用いなければならない。また、風力発電システムにおけるかご型誘導発電機の回転子電流の測定が非常に困難なことより、これらの状態量を推定し得るオブザーバの設計が必要不可欠になる。更に、電力システムパラメータを正確に測定することが非常に困難なことより、パラメータ変動に対してロバストな制御器の構築が望まれる。当該論文では、これらの問題点を勘案し、より実動的で有効な制御器の設計アルゴリズムを提案している。

まず、かご型誘導発電機の回転子電流の測定が困難であることから、これらの状態量を推定し得る非線形オブザーバの設計手法を提案している。すなわち、電力システムの状態変数の一つである角速度を入力変数として取り扱うことにより、風力発電システムのサブシステムである電圧方程式が双線形システムとなる点に着目し、推定誤差を指数関数に減少させ得る非線形オブザーバを構築している。更に、非線形オブザーバにピッチ角制御方式を併合した、併合システムの安定性も保証している。

次に、風力発電システムにおけるパラメータ変動に対してもロバストな制御器を構築するため、スライディングモード制御に基づいたピッチ角制御方式を提案している。すなわち、スライディング面への到達性およびスライディング面上での安定性を保証するため、非線形制御方式の導入およびスライディング面の H^∞ 理論に基づいた設計方法を提案している。また、 H^∞ 制御理論の混合感度問題に基づいて風力発電機に対するピッチ角制御器も構築している。なお、 H^∞ 制御系設計に際しては、伝達関数周波数応答ゲインの最大値である H^∞ ノルムを混合感度評価基準とする手法を用い、風力発電システムの出力に対する外乱の影響を少なく、かつ制御モデルに不確かさが含まれていてもシステムの安定性を図ることができる、実動的で有効な制御器の設計アルゴリズムの提案を行っている。

以上のように、本論文には工学的に価値のある新しい研究成果が示されており、また、上記のものは専門分野および関連分野の十分な知識を有することも確認できたので、学位論文および最終試験とも合格とする。