

論文要旨

論文題目

A Study on Transient Stability and Fuzzy Control of Hybrid Power Systems

In this dissertation, a detailed study is made on the application of the direct method of Lyapunov in stability analysis of nonlinear systems, with emphasis on power systems supplied by both synchronous and induction generators. These types of power systems, which we shall refer to as hybrid power systems, are very common in islands and remote areas, where power networks are not connected to the grid. The induction generators are usually driven by wind turbines, while diesel engines or steam turbines drive the synchronous generators. Also covered in this research is the use of intelligent means of control on the induction generator side of hybrid power systems.

First, a generalized Lyapunov function for the Liénard-type nonlinear system which is important as a representative system expressing *LRC* electric circuits, mechanical spring-mass systems and so on, is constructed using the Lagrange-Charpit method. The Lyapunov function includes particular nonlinear terms as arbitrary functions, by which the quadratic term appearing in the Luré-type Lyapunov function can be extended. The result yields all the conventional Lyapunov functions as special cases, by changing the forms of the arbitrary functions. To investigate the relation between the arbitrary function in the Lyapunov function and the stability region obtained, the stability boundaries for various types of the arbitrary functions are illustrated in the application to a simple system. In addition, numerical values of the time derivative of the Lyapunov function along the stability boundary are calculated to study the relation between the stability region and the values of the time derivative.

Next, a Lyapunov function is systematically derived for an induction generator infinite bus power system, in which the mechanical torque is obtained from a wind turbine. To achieve this goal, a relationship is proposed between induction generator slip and rotor angle. Self-excitation of the induction generator is through a terminal capacitor, the value of which becomes a parameter of the whole system. Transient Energy Function method is then used to derive energy functions for multimachine hybrid power systems in terms of the rotor angles, synchronous generator angular speed and induction generator slip. Flux decay effects in the electrical machines are taken into account. Simulation results are given in support of the proposed energy functions for practical purposes. Taking into account that most of the electrical loads worldwide are composed of induction motors, a Lyapunov function is also constructed for a synchronous generator supplying an induction motor load. Simulation results show close agreement between the critical clearing times obtained from step-by-step integration and those from the proposed energy functions.

Finally, fuzzy logic control is introduced in the control of the self-excitation capacitor and the wind turbine blade pitch angle, and the simulation results for different fault scenarios are compared with those obtained from conventional control techniques. The power system considered here is fed on one side by diesel, and on the other end by wind energy. The synchronous generator is equipped with a governor and an automatic voltage regulator. Self-excitation of the induction generator is again through a terminal capacitor, the value of which is controlled. The multimachine case is also considered, in which fuzzy logic controllers are now employed in the control of the diesel engine governor and the wind turbine pitch angle. Here, simulation results when fuzzy logic controllers are used indicate improved settling times of machine terminal voltages, synchronous generator rotor angle and induction generator slip over those from conventional control techniques.

氏名 Munda Josiah Lange

(様式第 5-2 号)

平成 14 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 宮城隼夫

副査氏名 山下勝己

副査氏名 玉城史朗



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 Josiah Lange Munda 学籍番号 998656B
指導教官	宮城 隼夫
成績評価	学位論文 (合格) 不合格 最終試験 (合格) 不合格
論文題目	A Study on Transient Stability and Fuzzy Control of Hybrid Power Systems
審査要旨 (2000 字以内)	
<p>当該論文では、非線形システムの安定性の解析に用いられるリアプノフの直接法によって、同期発電機と誘導発電機が混在したハイブリッド電力システムの安定性の解析を行っている。このようなハイブリッドシステムは、島嶼地域や遠隔地域の独立型小規模電力システムに多く見られ、同期発電機がディーゼルエンジンや蒸気タービンで駆動されるのに対し、誘導発電機は通常風力タービンによって駆動されている。本研究では、このようなハイブリッドシステムの安定判別の評価関数となるリアプノフ関数やエネルギー関数を構成し、これらを基に理論的な解析を行っている。また、誘導発電機を含む電力システムに対してファジィ推論を用いた知的制御を行い、その効果についても検証を行っている。</p> <p>まず、LRC 電気回路やバネ機械系等を表現するシステムとして重要な Lienard 形非線形システムに対し、Lagrange-Charpit 法によりリアプノフ関数を構成している。構成されたリアプノ</p>	

フ関数は、保証する安定領域の拡大に貢献する非線形項を任意関数の形で含んでおり、よく知られたLure形リアプノフ関数の拡張形になっている。このリアプノフ関数の特長は、非線形項の形を指定することにより従来報告されてきたリアプノフ関数も全て導出でき、一般化されているところにある。本論では、具体的なモデルシステムを用いて、非線形項の形と得られる安定領域との関係を図示することによって、非線形項の効果を検証している。

次に、風力タービンによって駆動される誘導機—無限大母線系のリアプノフ関数を系統立てて導いている。誘導機を含む電力システムのリアプノフ関数構成は極めて困難とされてきたが、これを克服するために、誘導発電機スリップと回転子角との一つの合理的な近似関係を提案している。また、誘導発電機の自己励磁はコンデンサにより行われるが、コンデンサは全体システムの一つのパラメータ値として取り扱っている。これに基づき、同期発電機の回転子角と角速度、誘導発電機スリップの変動によって記述される多機ハイブリッド電力システムのエネルギー関数を過渡エネルギー関数法によって導いている。ここでは同期機の鎖交磁束減衰の影響も考慮に入れている。提案するエネルギー関数の有効性を検証するため、具体的に沖縄電力株式会社の宮古島電力システムにこの関数を適用し、臨界故障除去時間の評価シミュレーションを行っている。その結果、コンピュータによる数値計算結果から導かれた真の値に近い評価が得られており、満足すべき結果になっている。さらに、多くの電氣的負荷が誘導電動機であることを考慮して、同期発電機から誘導機負荷に電力を供給する電力システムのリアプノフ関数も構成している。

最後に、自己励磁用コンデンサと風力タービンのピッチ角制御にFLC(Fuzzy Logic Control)を導入した新たな制御方式を提案し、数値シミュレーションによって、種々の故障に対する制御性能評価を従来の制御手法による結果との比較によって行っている。ここで対象とする電力システムは、ガバナ(調速機)とAVR(Automatic Voltage Regulator)を備えている。誘導発電機の自己励磁は再度励磁用コンデンサによって行われるが、ここでは、この値はファジィ制御器によって制御されるものとしている。FLCの多機系統への適用も行っているが、この場合、ファジィ制御はディーゼルエンジンのガバナと風力タービンピッチ角の制御に対して行われている。数値シミュレーション結果から、ファジィ制御器を用いたときの制御結果は、従来の制御手法に比べて端子電圧、同期機回転子角、誘導発電機スリップの定格値への収束が速くなっていることが示されている。

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、上記の者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することができたので、学位論文および最終試験とも合格とする。