

氏名	垣本直人 かきもとなおと
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博第754号
学位授与の日付	昭和57年3月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
研究科・専攻	工学研究科電気工学専攻
学位論文題目	TRANSIENT STABILITY ANALYSIS OF MULTI-MACHINE POWER SYSTEM VIA LYAPUNOV'S DIRECT METHOD (リアプノフの直接法による多機電力系統の過渡安定度解析)

論文調査委員 (主査) 教授 林 宗明 教授 上之園親佐 教授 木嶋 昭

論文内容の要旨

本論文は、電力系統の過渡安定度解析にリアプノフの直接法を適用するに際し、従来のシミュレーション手法に比べ高速で精度のよい判別結果を得るための、リアプノフ関数の組織的な構成法と系統の安定領域を示すしきい値の決定法の開発、および系統モデルに発電機の界磁回路の過渡現象の効果・AVR効果・励磁機の動特性を組み込んだ際の関数構成法ならびにそれらの安定度に対する影響に関する研究成果をまとめたものであって、次の5章より成っている。

第1章は序論で、本研究の背景と意義および本論文の構成を述べている。

第2章では、発電機の過渡リアクタンス背後の誘起電圧が一定とする、従来手法による多機電力系統の数式モデルを作り、これに対しリアプノフ法を適用して安定度を証価する方法を述べている。すなわちリアプノフの関数構成に際しては、複雑な系統に対しても適用可能な手法を開発するため、ポポフの安定条件を一般化している。これに基づき上記の系統モデルに対する関数を構成し、さらにここに含まれるパラメータを解析の目的にあうように選択している。次いで、リアプノフ関数による安定領域のしきい値の決定法に対しては、得られた関数をエネルギー関数と見做し発電機群の電圧相差角空間内にこの関数の等位置エネルギー面を画き、その形状を検討し、過渡安定度領域を新たに定義している。またここでは故障直後の第一動揺における安定性を重視し問題対象をこの安定性に絞れば、リアプノフ関数によるしきい値は故障継続下における系統運転点の軌跡が上記の過渡安定領域の境界を横切る際の位置エネルギー値となることを示し、またこの際得られる安定領域は従来得られていたものよりはるかに広いこと、ならびにこの方法によれば系統の不安定平衡点を求める計算を必要としないこと、さらにこの手法をモデル系統に適用しシミュレーション手法により得られる結果とよく一致すること等を明らかにしている。

更に、計算精度を左右する発電機間の伝達コンダクタンスについて検討している。従来のリアプノフ関

数は、この成分を無視して来たが、ここでは重負荷時における安定度評価の精度向上のため、これを関数の中に取り入れる工夫を行い、シミュレーション手法による結果と比較してその効果を確認している。

第3章は過渡時における電機子反作用による界磁回路の過渡現象を考慮した系統モデルに対し、第2章と同様の手法でリアプノフ関数の構成ならびにしきい値の決定を行い、これによる計算結果を検討し、界磁回路の過渡現象の影響は臨界遮断時間をかなりの時間短縮することを示し、また、この際、筆者が第2種の不安定性と名付けるところの新現象が起り得ること、すなわち、このときは、第2章で述べた、相角空間内で定義される安定領域が消滅することを明らかにしている。またこの条件下でシミュレーション手法で得られる結果と比較して、両者が一致することを示している。

第4章は、前章に使用した系統モデルに AVR と励磁系の動特性を組みこみ、これらを含むリアプノフ関数とそれによるしきい値を前記の手法により求めて検討した結果、AVR による安定性の向上を確認している。ただし、上記のポポフの安定定理によって求められるリアプノフ関数の構成においては、AVR のゲイン値に限度があり、それ以上の値に対しては本法による限り関数構成が不能になること、および、許される範囲のゲイン値に対しては第2章に用いた従来モデルに対する過渡安定度限界をこえることはできないことを明らかにしている。上記の難点を克服するために、本文では特に擬似リアプノフ関数を提案し、これにより実状に合う判定結果が得られることを述べている。

第5章は第4章までの各章で開発した解析手法等の研究成果をまとめている。

論文審査の結果の要旨

電力系統の規模の拡大に伴って、実系統の過渡安定度に対して信頼しうる解析法の確立は切実な課題となっている。一般に用いられているシミュレーションによる手法は比較的精度の高い結果を与えているが計算に長時間を要する欠点があり、一方非線形系の安定度問題に対し広く用いられているリアプノフの直接法による安定度解析は計算時間と判定の精度に問題があり、また各種補助機器の特性を組み込むことが困難である。本文は、リアプノフの直接法を改良して短時間に精度のよい判定結果を得るために行われた研究をまとめたものであって、主な成果を挙げればおよそ以下の通りである。

1. ポポフの安定定理を拡張し、多機電力系統に対し組織的な手段でリアプノフ関数を構成する手法を確立した。

2. リアプノフ関数によるしきい値の決定に当って、従来は不安定平衡点を求め、これを通るセパトリクスを安定境界と定めていたが、これより得られる結果は基だ控え目で、実用には程遠い値しか得られなかった。これに対し、系統の第一動揺のみに着目してリアプノフ法による安定限界を求めることにより、シミュレーション手法による判定結果と同等の精度を得ると同時に、その判定手続が簡単化され、また計算時間の短縮化が大幅に遂行される結果を得た。

3. 従来、関数構成の困難性のため無視されていた発電機間の相互コンダクタンスの影響を組み込み、特に重負荷時における判定の精度を向上する手法を開発した。

4. 上記の手法を拡張し、発電機の界磁磁束の変化の影響をリアプノフ関数の中に組み込み、得られた結果をシミュレーション手法による結果と比較し、両者は良く一致することを明らかにした。また磁束変

化に附随して第2の不安定性と呼ぶべき現象が系統故障時に現われ、安定領域が消滅する可能性のあることを指摘した。

5. 以上のように改善されたリアプノフ関数に、更に AVR および励磁機の動特性の影響を組み込む手法を開発した。これより得られるリアプノフ関数をモデル系統に適用して安定判別を行い、得られた結果はシミュレーション手法によるそれと良い一致を示すことを明らかにした。

以上要するに本論文は、多機電力系統の過渡安定度解析に際し精度の高い結果を得るため、従来シミュレーション手法で長時間を要していた欠点を解消し、リアプノフの直接法により、短時間で精度の良い安定判別を得るための手段を開発し、電力系統の安定運用に貢献したものであって、学術上、工業上寄与するところが少なくない。よって本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。