

氏 名	あまのまさひこ 天野 雅彦
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論工博第3908号
学位授与の日付	平成18年7月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	大規模電力系統の安定度解析と安定化制御に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 大澤靖治 教授 引原隆士 教授 萩原朋道

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、大規模電力系統の安定度解析ならびに安定化制御設計を効率化するための新しい手法を考案し、モデル系統、実規模系統に適用してその有効性を検証した結果をまとめたものであって、6章からなっている。

第1章は序論であり、現在の電力系統の状況、課題などを整理して研究の背景を明らかにするとともに、本論文の位置づけを述べている。

第2章では、並列計算による電力潮流計算の高速化について論じている。並列計算方法は、計算方法自体は変更せず並列に計算できる部分を見つけて並列化する直接法と、並列化しやすいように計算方法自体を変更する間接法に大別されるが、本章では間接法であるブロックニュートン法によって並列計算する際の系統分割方法と、収束を改善するための加速手法について検討している。系統分割法として ϵ 分割法を適用し、分割されたブロックのサイズが均等化されるようスケールリング手法やブロック再結合方法などを考案した。加速手法としては、ミスマッチ計算の際に隣接ブロック母線の電圧値の変化方向に基づいて対象母線の電圧値を補正する方法を考案し、収束に要する繰り返し回数を大幅に低減できることを確認している。

第3章では、過渡安定度計算の回路計算部分の並列計算手法について検討を行っている。電力系統の過渡安定度計算は、発電機の動特性に関する微分方程式と回路条件を表す代数方程式とを時間刻みごとに交互に解く手法が一般的に用いられる。微分方程式は発電機ごとに独立しているため並列化が容易であるが、代数方程式は系統全体が結合しているため容易には分割できず、並列化に工夫が必要となる。本論文では、線形方程式を前進後退代入で解く際に、スパースベクトル法に基づいて分割計算する手順の一部分を逆行列法と呼ぶ並列化方法で置き換えることにより、並列化効率を向上させている。8プロセッサを仮定した積和演算数の比較の結果、IEEE・118母線系統において演算数比が従来手法の2.1倍から5.2倍に向上するとの結果を得ている。今後、実際の共有メモリ型並列計算機を用いた評価や、より大規模な系統モデルで評価することが必要であることを明らかにしている。

第4章、第5章は電力系統の安定化制御に関する章であり、第4章では、プローニー解析法を用いた発電機系統安定化装置PSSのパラメータ自動設定方法について述べている。プローニー解析法は、観測した時系列波形に含まれる振動モードを抽出し、各モードの周波数、減衰率、振幅、位相を推定するものであるが、本研究では、発電機の電圧、電流、回転速度などの変動波形からプローニー解析法により励磁系の伝達特性を推定して、対象とする動揺周波数でのPSSの位相特性を自動調整する方法を提案し、一機無限大母線系統および多機系統モデルでのシミュレーションにより、長周期動揺にも対応したパラメータ設定ができることを確認している。一般のシステム同定法を用いた適応制御と異なり、推定するパラメータを動揺周波数と励磁系位相遅れの二つだけとした結果、運転員にも理解しやすい方式となっており、実系統への適用が容易な手法であることを明らかにしている。

第5章では、ノイズを含む実測波形にプローニー解析法を適用する手法について検討を行っている。プローニー解析法は、シミュレーション波形などのノイズの少ない波形に対しては精度よくモード検出ができるが、実測波形などノイズが多く含

まれる波形では精度が極端に低下するとされている。本論文では、検出の対象を系統動揺、特に大規模系統で課題となっている長周期動揺とし、検出に用いるデータのサンプリング間隔を0.2~0.4秒程度と長めにとることにより、ノイズの影響が抑えられることを確認している。また、各モードの波形の面積に対応した指標を用いて、多数の動揺モードの中から系統動揺に対応する主要モードを自動検出する方法についても検討している。ノイズが非常に多く含まれる波形については、簡単なローパスフィルタの適用が有効であり、実測波形に対してもプロローニー解析法が十分に適用可能であることを確認している。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、大規模な電力系統の安定度解析の高速化ならびに安定化制御系の設計の効率化について検討を行っている。前者については、電力潮流計算と過渡安定度計算の高速化のために並列化手法を適用し、また、後者については、系統安定化装置（PSS）のパラメータの自動設定および動揺モードの抽出にプロローニー解析法を適用したものであり、得られた主な成果は以下のとおりである。

1. 改良ブロックニュートン法による電力潮流計算に関して、 ϵ 分割法を用いた系統分割による並列潮流計算手法を提案し、例題計算によってその効果を検証した。さらに、加速手法を適用し、収束に要する繰り返し回数が大幅に減少すること、解に近い初期値から計算する場合に並列化の効果が大きいことを明らかにした。
2. 過渡安定度計算の並列化にスパースベクトル法と逆行列法を組み合わせる手法を提案した。積和演算数によって並列化効果を評価し、スパースベクトル法のみの場合と比較して並列化効果が大幅に改善できることを示した。
3. 系統安定化装置（PSS）の自動設計のために、PSS出力と内部誘起電圧の動揺波形から励磁系の位相遅れをプロローニー法によって推定する方法、および、推定結果に基づいて比率加算型PSSの制御定数を自動設定する方法を提案し、シミュレーションによってその有効性を明らかにした。さらに、プロローニー解析による系統安定化効果の指標を提示し、それを用いて、位相補償要素の付加によって位相調整を行う手法の有効性を示した。
4. 電力系統でのノイズを含む実測データに対して、プロローニー解析法により動揺モードを検出する手法を提案した。検出に用いるデータのサンプリング間隔を長めにとることによって、少ないデータからノイズの影響を抑えて長周期動揺モードを検出できること、波形の面積に対応した指標により各モードの重要度が評価できることを明らかにした。

以上のように、本論文は、大規模電力系統の安定度解析の高速化ならびに安定化制御設計の効率化のために並列化手法ならびにプロローニー解析法をそれぞれ適用することを検討し、それらの有効性を確認したものであり、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（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成18年6月21日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。