

審査の結果の要旨

氏名 張 雋

本論文は、「Application of Interline Power Flow Controller(IPFC) to Optimal Power Flow Control and Stability Enhancement in Power Systems (送電線間潮流制御装置(IPFC)による電力系統最適潮流制御と安定度向上制御)」と題し、7章よりなる。

第1章は「Introduction (序論)」で、FACTS(Flexible AC Transmission Systems)機器、そのなかでも電圧型インバータを系統に直列に接続するタイプの機器についてその概要を述べ、最適潮流(OPF)制御、各種安定度向上制御へのFACTS機器の適用について概観している。最後に、本論文の構成を述べている。

第2章は「Mathematical Modeling of IPFC and UPFC (IPFCとUPFCの数学モデル)」と題し、IPFCとUPFCの等価回路に基づいた安定度解析に適したIPFCの数学モデルの開発について述べている。ここでは、電力系統安定度の計算機シミュレーションのために、系統に直列接続されるIPFCの変圧器両端の母線での有効電力源、無効電力源によってIPFCを等価的に表す電力注入モデルを提案している。この有効・無効電力源は、系統の電気的変数とIPFCの制御変数によって明示的に表現されており、IPFCを既存の潮流計算プログラムや最適潮流計算プログラム、安定度計算プログラムに容易に組み込むことが可能になっている。

第3章は「Application of IPFC to Optimal Power Flow (OPF) Control (IPFCの最適潮流制御への適用)」と題し、まず、多目的OPF制御手法に基づいたUPFCの運用によって、発電量の再配分を行わないで送電線の混雑を解消し、系統内の全有効電力損失とIPFCの設置容量の両方の同時最適化(最小化)が達成されることを示している。また、OPF制御手法に基づいたIPFCの運用による送電線運用容量の拡大の可能性についても検討し、確率的数値シミュレーションにより、IPFCが送電線運用容量の拡大に有効であることを示している。加えて、有望なFACTS機器の一つであるUPFC(Unified Power Flow Controller)とIPFCとの比較を行い、UPFCは系統に並列接続する比較的大容量の電圧型インバータを必要とすることから、同じ効果を達成するための機器容量はIPFCの方がかなり小さくなることを示している。

第4章は「Power System Transient Stability Improvement by IPFC (IPFCによる電力系統過渡安定度向上)」と題し、IPFCの電力系統過渡安定度向上制御への適用とその効果について検討している。まず、エネルギー関数に基づく過渡安定度向上のためのIPFCの非線形制御則を提案している。この制御則に基づいてIPFCを運用することにより、系統の総エネルギーがより速く減衰することになり、その結果、過渡安定度が向上する。この制御には、非線形の制御系が複雑にならないように、ローカルに測定可能な変数を用いている。一機無限大母線系統、多機系統に対して数値シミュレーションを行い、提案した制御

系の有効性を示している。

第 5 章は「Power Oscillation Damping Improvement by IPFC (IPFC による電力動揺抑制)」と題し、IPFC の設置送電線通過電力の一定制御のための PI 制御系を提案し、その通過電力動揺抑制制御にも効果があることを示している。この PI 制御系に加えて、ダンピングの弱いモードを改善するための PSS(Power System Stabilizer) 型の制御系も提案している。この PSS 型制御系は、系統の固有値感度を用いた線形計画法を用いて設計される。時間領域での数値シミュレーションと周波数領域での固有値解析によって、提案する IPFC 制御系の有効性を確認している。また、IPFC の電力動揺抑制の性能を UPFC と比較している。UPFC は系統に並列接続された電圧型インバータによって母線の電圧変動も抑制することができるが、第 3 章で述べた同じ理由で、UPFC は IPFC より大容量となる。一方、IPFC は UPFC より多くの系統に直列接続された電圧型インバータを持つので、電力動揺抑制や位相角変動抑制において、UPFC より優れていることを示している。

第 6 章は「Development and Analysis of the IPFC Detailed Dynamic Model (IPFC の詳細動的モデルの開発と解析)」と題し、より詳細な定態安定度解析、電力動揺解析のために、IPFC の電圧型インバータ間 DC キャパシタの動的方程式を考慮した IPFC の動的モデルを導出している。このモデルでは、DC キャパシタ電圧維持のために IPFC の設置母線電圧位相に一致する電圧型インバータの注入電圧成分の PI 制御を行っている。数値シミュレーションにより、DC キャパシタ電圧の変動が、電力系統が動揺しているときでさえ極めて小さいことが示されており、また、この IPFC の詳細動的モデルと第 2 章で開発した IPFC の電力注入モデルを比較して、第 5 章までの電力注入モデルの使用が、安定度解析において妥当であることも示されている。

第 7 章は「Conclusions (結論)」で、各章の結論をまとめ、今後の課題を述べている。

以上を要するに、本論文は、FACTS 機器の一つである IPFC を電力系統における最適潮流制御と各種安定度向上制御に適用するための手法を提案し、電力系統の最適運用、安定度向上に大きく寄与すること、及び UPFC に対する優位性をシミュレーションによって明らかにしたもので、電気工学上貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。