

審査の結果の要旨

氏名 セーコック ウォーラウト

本論文は、「Applications of New Types of Rotating Power Apparatus with Advanced Control Systems for Power System Stabilization Rotary Type Frequency Converter and Superconducting Generator- (電力系統安定化のための先端的制御システムを備えた新しい回転型電力機器(回転型周波数変換装置と超電導発電機)の適用)」と題し、8章よりなる。

第1章は「Introduction(序論)」で、電力システムの変遷について述べ、その電力システムへの適用が期待されているパワーエレクトロニクス応用電力機器、及び超電導応用電力機器について紹介するとともに、本研究では、回転型周波数変換装置と超電導発電機を採り上げ、それらに対して電力システムの系統安定度向上等を目的とする先端的な制御系を開発することを述べている。

第2章は「Power System Stability, New Types of Rotating Power Apparatus, and Control Methods(電力系統安定度、新しい回転型電力機器とその制御手法)」と題し、電力システムの運用において考慮すべき系統安定度について説明している。次に、パワーエレクトロニクス技術と超電導技術を適用した新しい回転型電力機器(可変速機、回転型周波数変換装置、超電導発電機)を紹介し、これらの特徴、電力系統導入上の利点について述べている。最後に、系統安定度を向上させるために適用する制御手法とパラメータ最適化手法の概要を紹介している。

第3章は「Rotary Type Frequency Converter(RFC)(回転型周波数変換装置)」と題し、可変速発電電動機を用いた回転型周波数変換装置のモデル化を行っている。まず、可変速機のモデル、等価回路及び回転型周波数変換装置のモデルと等価回路について述べ、回転型周波数変換装置の特徴である従来の静止型周波数変換装置にない回転体の蓄積エネルギーを有効利用することによって、電力融通のみならず、系統安定化機能も持たせることが可能であることを示している。また、回転型周波数変換装置の機械的な連結の部分の軸ねじれ振動現象の問題について述べている。

第4章は「Control System Design of Rotary Type Frequency Converter(回転型周波数変換装置の制御系設計)」と題し、軸ねじれ振動現象を抑制し、系統安定度を向上するための回転型周波数変換装置の制御系を設計している。固有値感度に基づいたパラメータ最適化手法、エネルギー関数に基づいた制御手法、フィードバック線形化制御手法をそれぞれ適用して制御系を設計し、それぞれの制御系の性能、回転体エネルギーの効果的な利用、系統安定度向上、軸ねじれ振動抑制への貢献をモデル系統において検討し、いずれの制御系でも効果的に抑制されることを確認している。特に、フィードバック線形化制御系が最も効果的であることを示している。

第5章は「Superconducting Generator(超電導発電機)」と題し、小型軽量、高発電効率などの特長を持つ超電導発電機について、構造、特徴及び系統導入上の問題などを述べ、本解析で用いる超電導発電機の等価回路(低速応励磁型と超速応励磁型)を説明している。

更に、超速応励磁型超電導発電機に特有で系統安定度向上に期待できる回転子超電導巻線の SMES 効果のモデル化について述べている。

第 6 章は「Control System Designs of Superconducting Generators with High Response Excitation(超速応励磁型超電導発電機の制御系設計)」と題し、系統安定度を向上するための SMES 効果を考慮した超速応励磁型超電導発電機の励磁制御系を設計している。固有値感度に基づいたパラメータ最適化手法、エネルギー関数に基づいた制御手法、フィードバック線形化制御手法をそれぞれ適用し、合わせて無効電力制御系も設計している。この励磁制御系の性能をモデル系統において検討し、SMES 効果を効果的に利用して系統安定度を向上させ、電圧調整能力も向上できることを確認している。特に、エネルギー関数に基づいた制御系(SMES 効果の無効電力制御機能付き)が、最も効率的であることを示している。

第 7 章は「Installation Schemes of Superconducting Generators in Power System (超電導発電機の電力系統導入手法)」と題し、系統安定度向上を目的として、電力システムの支配固有値を考慮した低速応励磁型超電導発電機の電力系統導入地点、機器パラメータ決定手法について述べている。本研究では、2 つの手法を提案しており、手法 1 は、グローバルな地域間モードとその近似固有値感度を用いて、導入地点を求めるための評価指標を計算し、同期リアクタンスと過渡開放時定数を固有値感度に基づいたパラメータ最適化手法で求めるもので、複数地点候補を評価することができる。手法 2 は、階層遺伝的アルゴリズム(HGA)を用いて、同時に超電導発電機の導入地点と超電導発電機のパラメータを求めるもので、一つの解が簡単に得られる利点がある。2 つの提案手法をモデル系統において検討し有効性を確認している。

第 8 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、パワーエレクトロニクスの可変速技術を適用した回転型周波数変換装置と超電導技術を適用した超電導発電機の二つの最新回転型電力機器に対して、それぞれの特長を活かした様々な先端的な励磁制御系の設計を行い、さらに超電導発電機の最適な系統導入地点の選定を通じて、これらの機器が本来の機能に加えて電力系統の安定度向上に大きく寄与すること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。