

Title	高速移相器による電力動揺線形化に基づく電力システムのロバスト安定化制御に関する研究
Author(s)	北條, 昌秀
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3155401">https://doi.org/10.11501/3155401</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	北 條 昌 秀
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 14648 号
学位授与年月日	平成11年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電気工学専攻
学位論文名	高速移相器による電力動揺線形化に基づく電力系統のロバスト安定化制御に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 辻 毅一郎
	(副査) 教授 松浦 虔士    教授 熊谷 貞俊    教授 佐々木孝友 教授 平尾 孝    教授 山中 龍彦    教授 中塚 正大 教授 前田 肇    助教授 三谷 康範

### 論文内容の要旨

本論文は、高速移相器を用いた電力動揺の線形化による電力系統の安定化制御系のロバスト性向上に関する研究における成果をまとめたものであり、以下の7章より構成されている。

第1章では、電力系統の安定化制御に関して、問題点と現在の技術動向について述べ、本研究の目的を明らかにしている。

第2章では、本研究で電力系統の制御機器として用いる高速移相器について説明し、その容量に対する制御能力を電力相角度曲線上で制御可能領域として定義している。また、定義した制御可能領域を用いて過渡安定度の向上効果の評価を行うとともに、制御可能領域を有効に利用できる系統安定化制御方式についての検討を加えている。

第3章では、高速移相器の制御可能領域を有効に利用できる制御の一つとして、厳密な空間線形化手法に基づいて、電力動揺方程式を線形化する制御方式を導出している。また、電力相角度曲線上において電力動揺線形化の概念を解説し、ロバストな系統安定化制御の設計指針を与えている。

第4章では、電力動揺線形化に基づく系統安定化制御系を高速移相器を用いて構成する方法について詳しく述べている。さらにシミュレーション解析に基づき、提案する電力動揺線形化制御系の制御特性並びにロバスト性の評価を行っている。

第5章では、電力の制御機器として超伝導エネルギー貯蔵装置を用いた場合の電力動揺線形化による系統安定化制御系を構成し、シミュレーション解析に基づいて制御特性並びにロバスト性の評価を行っている。さらに、高速移相器による同制御との比較検討を行っている。

第6章では、高速移相器を含む模擬電力系統に対して電力動揺線形化による系統安定化制御を実装し、系統安定化実験を行った結果について述べている。実験結果に基づき制御系の特性評価を行い、提案する制御の有効性について述べている。

第7章では、本研究により得られた知見を総括し、本論文の結論としている。

## 論文審査の結果の要旨

本論文では、電力系統に求められているロバスト性の高い安定化制御を実現することを目的として、高速移相器により発電機出力を直接制御して電力動揺特性を線形化する電力系統安定化制御方式を提案し、原理から設計、構成方法に至るまで詳しく述べ、その有効性について計算機シミュレーション及び実験結果に基づき多角的な評価を行っている。得られた成果は以下の通りである。

- (1) 高速移相器が有する制御能力を電力相差角曲線上における制御可能領域として一般的に定式化し、発電機出力制御における制御効果の評価方法を確立している。その結果、過渡安定度向上効果を定量的に評価できるようになるとともに、制御可能領域を有効に利用することができる系統安定化制御の方式についての知見を明らかにしている。
- (2) パワーエレクトロニクスを用いた系統制御機器を応用して、発電機出力を直接制御することにより電力動揺を線形化する制御方式を提案している。提案制御方式は、厳密な空間線形化理論に基づいて導出されることを示し、その特徴として、制御系設計段階で制御の仕様として制動と同期化力を与えることができることを示している。さらにその仕様は系統の運用状態が変更されるような場合にも一定に維持されることから、提案制御方式が優れたロバスト性を持つことを明らかにしている。
- (3) 送電線の潮流制御機能が強く評価されている高速移相器を用いて発電機の出力を過渡的に制御する方法について述べ、その発電機出力制御に基づいて、電力動揺線形化制御を構成している。制御信号のうち検出が困難と考えられるものについて近似的に信号を生成する方法を開発して、提案制御をモデル系統に適用した結果、設計仕様として与えた制動効果および同期化力を得るとともに、期待通りの過渡安定度向上効果が得られることを、計算機シミュレーションによって確認している。さらに、事故後の回線開放によって平衡点が変わるような場合にも、新しい平衡点において同じ制御効果が得られることが確認され、制御系の持つロバスト性の高さを明らかにしている。
- (4) 並列型制御機器の一つである SMES によっても電力動揺線形化制御が実現できることを、高速移相器の場合と同じ手法で導いている。このとき、制御の効果を比較することにより、電力系統の固有動揺特性の影響を受けにくいという点で、移相器を用いた場合の方が有利であることを明らかにしている。
- (5) 以上の結果を実証するために、模擬電力系統に設置された高速移相器に対して電力動揺線形化制御を実装し、実験に基づく制御効果の検証を行っている。系統安定化実験により、制御の仕様をほぼ実現できることが確かめられ、動態安定度の向上により送電電力の増大が図られることならびに、系統の運用状態が変化した場合にも制御効果がほぼ一定に保たれることが確認されている。

以上のように、本論文は、電力系統のロバストな安定化制御を実現するための手法として、高速移相器を用いた電力動揺線形化制御を新しく提案し、シミュレーションに基づく電力系統の安定化効果の検証により、構成した制御系の妥当性を明らかにするとともに、模擬電力系統実験により提案制御を実証しており、電力系統工学の進展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。