

Title	Decentralized Robust Load-frequency Control Synthesis in Restructured Power Systems
Author(s)	Bevrani, Hassan
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11094/1785">http://hdl.handle.net/11094/1785</a>
DOI	
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏名	ベウラニ ハッサン Bevrani Hassan
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 19034 号
学位授与年月日	平成 16 年 9 月 30 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	Decentralized Robust Load-frequency Control Synthesis in Restructured Power Systems (規制緩和後の電力系統における分散型ロバスト負荷周波数制御の構成 に関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 辻 毅一郎  (副査) 教授 伊瀬 敏史    教授 熊谷 貞俊    教授 伊藤 利道 教授 杉野 隆    教授 佐々木孝友    教授 西村 博明 教授 中塚 正大    教授 斗内 政吉 九州工業大学工学部教授 三谷 康範

### 論文内容の要旨

本論文は規制緩和後の電力系統における負荷周波数制御 (LFC) の設計法を論じたものである。電力系統は、規制緩和環境でも従来設定されてきた信頼性を維持するように運用しなければならないが、現在のところ、LFCに参加している電気事業者が単純で経験的な手法により制御系の調整を行っているだけである。本論文では、多地域連系システムを想定し、規制緩和環境におけるより高度な分散型 LFC を構築することを目的とした。

第 1 章では、古典的 LFC 制御方法について記述するとともに、文献等ですでに知られている知見を簡単にまとめ、本論文の目的を明らかにした。

第 2 章では、古典的な LFC 方式を変更し、規制緩和後の電力系統運用に関する環境の変化を考慮に入れたモデルを導出した。この方法によれば、従来の LFC の概念をモデルに取り入れることが可能となる。

第 3 章では、構造化特異値理論を用いた設計法 ( $\mu$  設計法) を適用した 2 種類のロバストな分散型制御について述べた。第 1 の方法は、多地域連系システムにおける部分的な負荷周波数制御設計を繰り返し適用することによって体系的に設計を行うものである。ロバスト性は構造化特異値として表現され、制御性能を現す 1 つの尺度として扱った。第 2 の方法は、電力系統を複数の LFC 方式に基づく制御地域の集合体として捉え、各制御地域がその地域に電力供給を行う余裕がある発電事業者から電力を買い自身の LFC を遂行する方法である。多地域連系システムモデルを用いて制御系設計過程を説明するとともにその効果を示した。

第 4 章では、H 無限大制御に基づく静的な出力フィードバックとして分散型 LFC の設計を定式化した。最適値の求解法として線形行列不等式 (LMI) を繰り返し用いる方法 (ILMI) を適用し、多地域連系システムにおける等価な比例積分 (PI) 制御の設計法を提案した。広い周波数領域の負荷変化を想定し、従来型の LFC に適用した場合と相対取引に基づく LFC に適用した場合の両者についてそれぞれ多地域連系システムにおける提案手法の効果を示した。

第 5 章では、LFC を H2 と H 無限大制御を併せた多目的制御設計問題として捉え、多地域連系システムのロバストな

LFC 制御系を設計、さらに、モデルの不確かさも考慮したロバストな PI 制御系を設計した。これらの有効性を、純粹に H 無限大制御に基づく設計を行った場合との比較を行うことにより示した。

第 6 章では本研究で得られた知見を総括し、本論文の結論を述べた。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は規制緩和後の電力系統における負荷周波数制御 (LFC) の技術的課題に関して論じたものである。規制緩和を想定した電力系統モデルを導出するとともに、分散型で、ロバストかつ簡単な構造の制御系を導くことを目的として、制御系の設計方法を提案している。得られた成果は以下の通りである。

- (1) 規制緩和後の系統運用状況を想定した負荷周波数制御解析モデルを導出している。本モデルは従来型の制御方式をも考慮できるモデルであり、規制緩和環境における負荷周波数制御系の設計と解析に適したモデルである。
- (2) 多地域連系系統において、構造化特異値解析を適用して部分的な制御系設計を連続的に適用して全体の制御系を設計する手法を提案し、高い制御効果を示している。
- (3) 規制緩和後の LFC モデルとして、複数の LFC 地域の集合体モデルと相対取引モデルを構成し、それに対してロバスト LFC を設計している。提案した制御を適用することにより、各制御地域はあらかじめ指定した発電事業者から電力を購入することにより自身の LFC を遂行できることを示している。
- (4) 線形行列不等式の繰り返し適用により H 無限大制御と等価な制御系として、静的な出力フィードバック制御の形で構成した比例・積分型の制御系を導いている。従来型 LFC と相対取引ベースの LFC を用いた多地域連系系統モデル系統において広い周波数領域の負荷変化を与え提案手法の効果を示している。
- (5) 使用できる発電機に制約があり、モデルの不確かさが存在する中で、周波数の適正化、負荷追従性、連系線潮流の指定値への維持といった多目的の負荷周波数制御を実現するために、H<sub>2</sub> 制御と H 無限大制御を併せて用いる制御系設計法を導いている。最終的に線形行列不等式の繰り返し適用により比例・積分型の静的出力フィードバックによって目的とする制御系を構築する方法を提案し、H 無限大制御をそのまま適用した場合の結果と比較することにより提案手法の効果の高さを示している。

以上のように、本論文は規制緩和後の電力系統における負荷周波数制御に関して分散型でロバストでありかつ構成の簡単な制御系設計方法を導き、モデル系統を用いた効果の検証によって際だった効果の高さを実証しており、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。