

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	電力系統における周波数変動と周波数調整コストの双方を低減する広域負荷周波数制御に関する研究
Title(English)	Improved Cross Regional Load Frequency Control for Reduction of Frequency Variation and Frequency Control Cost in Power Systems
著者(和文)	徳光啓太
Author(English)	Keita Tokumitsu
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12188号, 授与年月日:2022年9月22日, 学位の種別:課程博士, 審査員:河邊 賢一,千葉 明,藤田 英明,萩原 誠,竹内 希,辻 隆男
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12188号, Conferred date:2022/9/22, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	電気電子 電気電子	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of
学生氏名： Student's Name	徳光 啓太		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	河辺 賢一 助教
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)	千葉 明 教授

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

わが国では、電力系統における需給調整や周波数制御に必要な発電設備 (以下、「調整力」と称す) の運用をより効率的かつ経済的に行うため、2021 年度より電力供給区域 (以下、「エリア」と称す) を越えた広域的な調整力の運用 (以下、「広域運用」と称す) が順次開始されている。各種調整力のうち、負荷周波数制御 (LFC: Load Frequency Control) で用いられる調整力 (以下、「LFC 調整力」と称す。なお、日本では「二次調整力①」と称されている) の広域運用 (以下、「広域 LFC」と称す) については、早期実現とコスト低減の観点から、現状の各エリアの LFC 機能を活用した上での実現が求められている。しかしながら、現状の日本の LFC はエリア毎に制御ロジックや制御周期が大きく異なっており、そのような状況で広域 LFC が行われると、周波数品質へ悪影響が及ぼされるのではないかと懸念されている。また、広域 LFC では周波数調整コストを低減するため、1kWh あたりの限界費用に基づいて LFC 調整力を発動する「メリットオーダー方式」の採用が志向されている。一方、現状の日本の LFC では、需給偏差の早期解消を目的として、出力変化速度に基づいて LFC 調整力を発動するエリアが太宗を占めている。このため、広域 LFC の導入に伴い、LFC 調整力の発動方式が出力変化速度に基づく方式からメリットオーダー方式に切り替わると、需給偏差の解消が遅れ、周波数変動の増大を招く恐れがある。

このため、本研究では電力系統の周波数変動と周波数調整コストの双方を低減する広域 LFC 手法を提案する。また、わが国における広域 LFC の実現に資するため、日本の電力系統を模擬したモデルを開発し、提案手法を日本の電力系統に適用した際の有効性の検証を、同モデルを活用したシミュレーションにより行う。

本論文の構成は以下の通りである。

第 1 章では、本研究の背景や目的、ならびに研究全体の概要について述べる。

第 2 章では、平常時 (想定外の設備故障が発生しておらず、周波数が基準値 ± 0.2 Hz 程度に収まっている状態) の周波数解析に適した火力発電プラントモデルを開発する。電力系統の周波数のシミュレーションを精度良く行うためには、主たる調整力である火力発電プラントのモデリングが重要となる。このため、本章では平常時の周波数解析における解析精度と計算負荷の低減を両立した火力発電プラントモデルを開発し、開発モデルの解析精度を実機の出力応動との対比により検証する。

第 3 章では、平常時の周波数解析における日本の電力系統モデルを開発する。わが国で広域 LFC を導入するためには、広域 LFC が日本の電力系統に及ぼす影響を定量的に評価することが重要となる。このため、本章では平常時における各エリアの LFC 機能や主要な発電プラント等を模擬した日本の電力系統モデルを開発する。また、開発モデルが平常時における日本の電力系統の周波数や連系線潮流、発電プラントの出力応動等を精度よく再現することができることを、実測データとの対比により検証する。

第 4 章では、エリアの需給偏差と需給調整コストの双方を低減する LFC の制御手法を提案する。広域 LFC は複数エリアを対象に行うことから、分析対象が多く、結果の考察等が煩雑となることが想定される。このため、本研究では段階的に検討を行うこととし、本章では単一エリアを対象に、需給偏差と需給調整コストの双方を低減する LFC 手法を提案する。また、提案手法が既存の LFC 手法と比べて需給偏差および需給調整コストを低減できることを、電気学会の標準モデルおよび関西エリアの電力系統モデルを用いたシミュレーションにより示す。

第 5 章では、電力系統の周波数変動と周波数調整コストの双方を低減する広域 LFC 手法を提案する。本章ではまず欧米それぞれで導入されている広域 LFC について、各手法の得失を整理するとともに、両者の特長を活かした広域 LFC 手法を提案する。さらに、第 4 章で提案した LFC 手法をベースとした広域 LFC 手法を併せて提案する。また、第 3 章で開発した日本の電力系統モデルを用いたシミュレーションにより、両提案手法が周波数変動や周波数調整コストに低減できることを検証する。

第 6 章では、本研究を総括し、広域 LFC の今後の展開について論じる。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	電気電子 電気電子	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	徳光 啓太		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	河辺 賢一 助教	
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)	千葉 明 教授	

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

In this study, we propose improved cross-regional load frequency control (LFC) for reduction of the frequency variation and frequency control cost in power systems. In Japan, to realize more efficient and economical operation of the automatic frequency restoration reserves (aFRRs), cross-regional LFC (CRLFC) will be introduced in FY 2026, which involves the sharing and cooperation of the aFRRs between control areas. The CRLFC in Japan is expected to reduce the frequency variation and frequency control cost, and the CRLFC method is under discussion. A similar CRLFC project is underway in continental Europe. In the European CRLFC, the aFRR interchange values between control areas are determined according to the common merit order list to minimize cost. However, these aFRR interchange values are determined without considering any ramping constraints; therefore, the frequency variation may increase. In addition, other CRLFC methods have been analyzed in some studies; however, to the best of our knowledge, no previous studies have proposed a CRLFC that can reduce both the frequency variation and frequency control cost. Therefore, we propose an improved CRLFC to reduce both the frequency variation and frequency control cost. The proposed CRLFC determines the aFRR interchange values between control areas using two distributions, namely, a pro-rata distribution of the net area control error and a merit-order distribution of the net already activated aFRR. The proposed CRLFC can reduce the frequency variation and frequency control cost by the former and latter distributions, respectively. The proposed CRLFC is verified via time domain simulations using a detailed AGC model of the western Japanese power system.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).