

審査の結果の要旨

氏名 益田 泰輔

本論文は「可制御な多数台の需要家機器を利用した電力系統需給制御に関する研究」と題し、8章よりなる。

第1章は「はじめに」で、本研究の背景と目的を述べている。再生可能エネルギー電源の大量導入に伴う系統安定化対策としては蓄電池の利用が一般的であるが、蓄電池はそのコスト高からできるだけ設置容量を小さくすることが必要で、蓄電池の代替となりうる可制御負荷としてヒートポンプ給湯機（HP 給湯機）と電気自動車（EV）を取り上げ、これらの需要家機器を利用した新しい電力系統需給制御手法を提案することを述べている。

第2章は「電力系統需給制御」と題し、現在の電力系統で行われている需給制御（負荷周波数制御:LFC）についてまとめ、近年注目を集めている可制御負荷の需給制御応用に関する研究動向および本研究での可制御負荷の利用について説明している。また、本研究における可制御負荷の制御システムについても述べている。

第3章は「周波数解析モデル」と題し、電力系統周波数解析のためのシミュレーションに用いる解析モデルと、その構成要素である EDC（Economic Dispatching Control）システムモデル、火力プラントモデル、BESS（Battery Energy Storage System）モデルについて述べている。

第4章は「ヒートポンプ給湯機群の制御およびモデリング」と題し、電力系統需給制御への利用を考えている可制御な需要家機器である HP 給湯機について、その集約制御手法を提案している。まず、ローカルコントロール（LC）センターごとの一般家庭の多数の HP 給湯機の運転制御方法を提案し、シミュレーションにより、個々の需要家の不確実性を考慮した上で、個々の需要家の利便性を損なうことなく HP 給湯機群を効果的に LFC に利用できることを明らかにしている。次に、中央給電指令所からの制御システムを設計する際に必要となる多数台の HP 給湯機の動作を模擬する統計的集約モデルを提案し、その妥当性をシミュレーションによって検証している。

第5章は「電気自動車群の制御およびモデリング」と題し、電力系統需給制御への利用を考えているもう1つの可制御な需要家機器である EV について、その集約制御手法を提案している。ここでは、多数台の EV への制御システムおよび通信ネットワークをできるだけ簡易なものとするを目的として、LC センターごとの EV 群の SOC を同期して変化させることができる LFC 信号の割当手法（SOC 同期制御手法）を提案し、この制御手法を前提とした多数台の EV の動作を模擬する集約 EV モデルを設計し、シミュレーションによって SOC 同期制御手法及び集約 EV モデルの妥当性を示している。

第6章は「ヒートポンプ給湯機群と電気自動車群を利用した負荷周波数制御」と題し、電力系統の負荷変動のうち数分～数十分程度の変動成分を補償する LFC に対して、多数台

の HP 給湯機と EV の両方を利用した新たな制御手法を提案し、シミュレーションによりその効果を検証している。本手法では、補償すべき制御信号（LFC 信号）をその変動の周期と大きさに応じて、可制御な発電機群、BESS、HP 給湯機群、EV 群に割り当てるものとしている。大量の再生可能エネルギー電源が導入された電力系統においては、応答の速い BESS の設置が必要となるが、その BESS の必要設置容量を削減できるという点で、HP 給湯機群と EV 群を利用した LFC 手法は効果的であることをシミュレーションによって明らかにしている。

第 7 章は「ヒートポンプ給湯機の経済負荷配分制御への応用」と題し、火力発電の運転コスト（起動費および燃料費）を考慮した電力系統需給制御への需要家機器制御の応用を検討している。ここでは、kWh 価値の高い HP 給湯機群を経済負荷配分制御（EDC）に利用するものとし、系統全体で確保すべき LFC 調整容量を制約条件として考慮し、火力発電の運転コストを最小化する HP 給湯機群の運転計画作成手法を提案し、HP 給湯機群の運転開始時間を適切に制御することで、火力発電の運転コストを下げられることを示している。

第 8 章は「おわりに」で、各章の結論をまとめている。

以上を要するに、本論文は、大量の再生可能エネルギー電源が導入され需給制御が困難となる電力系統において、可制御な需要家機器である多数台のヒートポンプ給湯機と電気自動車の蓄電池を需給制御に利用するための集約モデル化手法やそれらに基づいた周波数制御手法、そして火力発電の経済的な運用を考慮したヒートポンプ給湯機群の運転計画手法を提案し、効果的な需給制御を行うことが可能であることをシミュレーションにより明らかにしたもので、電気工学、特に電力システム工学に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。