

電力の変動料金制における建築エネルギーシステムの蓄電池モデル予測制御

論文集 No.320

[推薦文]

本論文は、カーボンニュートラル社会の実現に向けて再生可能エネルギーの導入が進展する中、時刻ごとに変動する電力料金制度の下で、建築エネルギーシステムの電力コストを最小化することを目的とし、蓄電池システムに対するモデル予測制御手法を提案したものである。特に、モデル予測制御の計算法として、計算負荷が大きいメタヒューリスティックス手法に代え、高速な求解が可能であり、非線形問題にも適用可能な逐次二次計画法を採用することで、実システムへの適用性を高めている点が特徴である。逐次二次計画法に適した目的関数および制約条件を開発・定式化し、実在建物のエネルギーシステムを対象としたシミュレーションによりその有効性を検証している。

我が国ではエネルギー自給率向上の重要性が高まる一方、固定価格買取制度を背景として、太陽光発電を中心とした再生可能エネルギーの導入が急速に進展してきた。その結果、日中の逆潮流が電力系統に集中し、地域によっては安定運用に影響を及ぼす事例も生じている。こうした課題への対応策として、2022年度より電力の変動料金制を前提とする制度が導入され、需要家が蓄電池等のエネルギー貯蔵システムを活用して電力需給を柔軟に制御することが求められている。

本論文は、この社会的要請に応える技術的枠組みの一つを提示するものであり、主たる評価点は以下の三点である。

- 1) 蓄電池システムに対して潮流電力を制御するエネルギーフレキシブルモデル予測制御(EFMPC)を提案し、モデル予測制御に逐次二次計画法を適用するとともに、その目的関数および制約条件の定式化を体系的に行っている。
- 2) 太陽光発電および蓄電池を有する実在の中規模業務用建物を対象として、EFMPCの逐次二次計画法に適する機器モデルを構築している。具体的には、蓄電池の充放電切替に伴う不連続性をシグモイド関数により連続近似させ、ゲインを適切に設定することで、最適化計算を実行可能としている。
- 3) 電力負荷、日射量および電力単価が100%の精度で予測される仮定の下、従来制御方式との比較検証を行い、予測期間がおおむね24時間以上あれば、電力コスト削減は頭打ちとなり、一定値に収束することを示すとともに、改良したEFMPC-2により年間平均で約29%の電力コスト削減が可能であることを示した。併せて、実際の運用では、電力負荷、日射量および電力単価の予測には必ず誤差が生じること、機器の劣化やエネルギー負荷特性の変化等も考慮する必要があること、ならびにその対策として妥当な安全率の設定が必要であることを述べている。

以上のように、本論文は再生可能エネルギーと共存する建築エネルギーシステムの運用高度化に対し、理論的にも実用的にも価値の高い知見を提供している。カーボンニュートラル社会の実現に向けた今後の建築設備分野において、その学術的意義および実務的波及効果は極めて大きいと評価できる。

よって、本論文は空気調和・衛生工学会賞論文賞に値するものと認める。