

学 位 論 文 概 要

題 目 プロセス産業における省エネルギー化のための実用的な高度制御に関する研究
(A Study on Practical Advanced Control Technologies for Energy Conservation in Industrial Processes)

氏名 小比賀 理延

国内装置産業においては、地球環境保全の観点から省エネルギー化が強く推進されている。本研究においては、装置産業における省エネルギーを達成するための、制御技術について考察する。実用性を考慮した場合、以下の要件が必要となる。

- (1) 制御アルゴリズムが簡潔であること (安全要件)
- (2) 計算負荷が低いこと (実装要件)

省エネルギー化のためには画一的な方法はなく、装置毎に省エネルギー化のための観点や方策は異なる。本論文では、産業界で多く用いられている装置に対する省エネルギー化の方策について検討する。このため、制御対象は、化学分野における培養や製品品質試験等において広く用いられる環境試験機 (恒温恒湿機)、石油化学の分野で多く用いられ、なおかつ多量の蒸気を消費する多重効用缶 (濃縮設備)、3 つ目に石油・石油化学において最もエネルギーを消費する装置の一つである加熱炉を選定し、それぞれに対して実機適用を通して、提案する省エネルギー化のための制御手法の有効性を検証する。本論文は、以下に示す 5 章から構成される。

第 1 章では、研究の背景にある、装置産業のおかれている現状、及びそれらに対する制御の役割、重要性について述べる。今後の装置産業の省エネルギー化においては、上記の実装要件を満たした高度な制御技術開発が幅広い普及のための要件であることを示し、本論文の視点が社会的にも大きな意義をもつことを説明する。

第 2 章では、環境試験機に対する省エネルギー化のための制御設計について述べる。試験機内部 (槽内) では、加熱器・冷凍器・加湿器を操作することで所望の温度と湿度を作り出すことができる。従来の制御方法では、3 つある操作端 (加湿, 加熱, 冷凍) に対して、制御量が 2 つ (温度, 湿度) であったため、制御に冗長性が生まれることによるエネルギーロスが生じていた。これを解消し省エネルギー化を実現すると同時に、制御性能も改善するための新しい省エネルギー型多変数制御系を提案し、実用例を示しその有効性について考察する。

第 3 章においては、多重効用缶濃縮設備に対する省エネルギー化の考え方、及びその制御系設計について述べる。多重効用缶における濃縮の進行度合いは、各缶におけるヒートバランス/マテリアルバランスの均衡度合に加えて、各缶での滞留時間によってほぼ決定される。特定の缶の滞留時間安定化は、他缶の滞留時間の変動を助長する干渉系であることから、プラントワイドな制御設計が必要となる。この解決策として、各制御ループの制御の強度を最終製品濃度が安定化するように最適化する新しい手法を提案する。実運用を通じてその有効性を検証する。

第 4 章においては、産業界で最もエネルギーを消費する装置の一つである加熱炉に対する省エネルギー化制御について述べる。加熱炉制御の省エネルギー化に際しては、排ガス O_2 濃度を低減化し排ガス熱損失を最小化することが重要となる。酸素濃度安定化のためには、酸素の分析・検出遅れを短縮することが重要であるため、この機能を物理モデルと統計的手法の組み合わせによって実現することで推定性能と安全性の両方を改善する方法を提案する。実用例を通じてその有用性を考察する。

第 5 章においては、本研究を総括するとともに、その社会的意義及び今後の展望についてまとめる。