

氏 名	おお せ なが と 大 瀬 長 門
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 乙 第 17 号
学位授与の日付	平成 6 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 題 目	Modeling and Model Reduction for Computer-Aided Design of a Class of Refrigerator Systems (冷凍冷蔵システムの計算機援用設計のためのモデリングおよびモ デル低次元化)
審 査 委 員	(主査) 教 授 大 住 晃 教 授 三 宮 信 夫 教 授 山 本 鎮 男 教 授 齋 藤 憲 司 京都大学 教 授 片 山 徹

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、家庭用冷凍冷蔵システムの計算機援用設計 (CAD=Computer-Aided Design) 法の確立を目的とし、実データよりシステムの数学モデルを構築し、さらにそのモデルの低次元化法の開発を主軸として、冷凍・冷蔵両庫内温度変化ならびに消費電力量の予測法について研究したものである。

すなわち、従来の熱力学に基づく静的モデルによる冷凍冷蔵システムの種々の運転状況下における諸物理量の動的予測法とは異なり、動的数学モデルの構築を行い、なるべく少ない実験データから構築したモデルのパラメータを同定し、システムのモデリングを行い、さらに、システムのシミュレーションの簡単化、解析・設計の容易さを目的として、確立されたシステムモデルを低次元化している。従来より提案されている種々の低次元化手法とは異なり、低次元化に際して、モデルの状態変数とパラメータの実システムとの対応関係を議論の対象とし、設計仕様を反映するパラメータを低次元モデルに保持している。その結果、オリジナルモデルが確立された運転条件とは異なる条件下においても、低次元化モデルがシミュレーション、解析・設計に有効となっている。

本論文は 2 部にわかれ、第 1 部は 7 章より、第 2 部は 8 章から構成されている。

第 1 部においては、消費電力量を評価するために必要な数学モデルが確立され、このモデルを用いて、冷凍冷蔵システムの様々な運転条件下での両庫内温度と消費電力量の予測法が確立されている。第 1 章の緒言においては、本研究遂行に対する目的とこれまでの問題点が指摘されている。

第 2 章で準備された PDD (Pull Down Data) と呼ばれるシステムの最大冷却性能をあらわす実データに対して、第 3 章では、冷凍・冷蔵庫内温度、消費電力等に関する数学モデルが確立されている。モデルのパラメータは PDD を基礎データとして同定される。

第 4 章では、運転率という概念を導入することにより、庫内温度モデルのパラメータが修正されて、サーモスタットによるオンオフ制御運転における庫内温度変化の挙動が推定され、さらに消費電力量が予測されている。

第 5 章では、ランダムな扉開閉動作によって乱された庫内温度変化の統計量を評価することによって得られる平均消費電力を用いて、消費電力量が評価されている。

第 6 章においては、PDD 採取時とは条件が異なる周辺外気温度における冷凍冷蔵システムの消費電力量が、ゲイン・スケジューリング法によって過去の 3 種の経験値のみを用いて予測する手法が提案されて

いる。

第7章は第1部のまとめである。

第2部においては、消費電力量予測のための計算機によるシミュレーションおよびシステムの解析・設計を容易に行うという目的でもって、第1部において確立された数学モデルをそれぞれの目的に応じて設計仕様パラメータを保持しつつ低次元化する方法が開発されている。第8章は第2部のための緒言であり、従来の低次元化法が概観されている。

第9章では、シミュレーションを簡単に実施するために連立2階微分方程式で記述される両庫内温度モデルを連立1階微分方程式に低次元化したモデルを提案し、そのモデルに基づいて冷凍冷蔵システムの庫内温度制御運転における消費電力量が第4章において提案した手法を用いて評価されている。

第10章では、前章において提案した低次元モデルに正規性白色雑音で記述される修正項を付加することによって、オリジナルモデルで得られる温度の定常値よりも、より実データのそれに近くなるようにする定常値補正法が開発されている。

第11章においては、庫内温度変化のようなシステムの設計仕様と運転性能との関係を簡単に図式表現するために、連立2階微分方程式で記述される庫内温度モデルを各庫内温度に関して互いに独立な1階微分方程式に低次元化する方法が提案されている。その結果これら低次元モデルの解過程を片対数方眼紙上に直線で表現することにより、システムの解析・設計が容易になることが示されている。

第12章では、前章と同一構造を有する確率低次元モデルの定常出力の共分散を指定することによって未知パラメータを決定する手法が述べられている。具体的には、低次元モデルのシステムマトリックスならびにフィードバックゲインが、オリジナルモデルと低次元モデルの出力差の定常値に関する汎関数を最小にし、かつ指定された共分散特性を満足するように決定されている。

第13章においては、入力項に設計仕様を反映する物理パラメータを有する線形可制御系に対して、これらのパラメータをそのまま保持した低次元システム・モデルの構成法が提案され、さらにこのモデルがオリジナルモデルの代表根を保持した低次元モデルであるための数学的条件が導出されている。

第14章では、CADのまとめとして、キャビネット設計、冷凍サイクルの設計・選択法が概略されている。

第15章は、第2部における諸結果のまとめである。

なお、本論文では2室2ドア家庭用冷凍冷蔵システムのモデリング、解析ならびに設計に関する議論に限定されているが、多室多ドア冷凍冷蔵システムに対する研究についても容易に拡張可能である。

論文審査の結果の要旨

本研究は、従来の静的モデルに基づいた設計法とは本質的に異なった動的数学モデルに立脚した冷凍冷蔵システムの設計法をシステム制御工学の観点から確立している。すなわち、数少ない実測データから如何にして最小限度数の数学モデルを構築し、さらに庫内温度制御運転に要する消費電力量を予測するかという問題に対する有用な手法を、CADという立場から確立したことは極めて独創性に富む業績であり、一連の研究成果は学術的に体系付けられている。さらに、本研究成果は容易に実用化可能であり、学術上はもとより工業界の発展にも大いに寄与するものと認められる。

よって、本論文は博士号（工学）を授与するに十分値するものと認める。