

審査の結果の要旨

氏名 尹航

本論文は、「Thermodynamic Analysis and Optimization of HVAC System (空調システムにおける熱力学的解析とその最適化に関する研究)」と題して空調システムにおける熱交設備の性能向上と空調配管系における消費電力量の削減に着目し、数値流体解析、遺伝的アルゴリズム及びエクセルギー解析によって、熱交換器のフィン寸法最適化と空調システムの省エネルギー効果評価を行うものである。

空調システムのエネルギー使用量は建物全体のエネルギー使用量の中で大きな割合を占めていて、空調システムにおいて各機器の基本要素としての熱交換器の性能向上及びポンプとかの消費電力を削減することは建物の省エネルギーにとって極めて重要である。

そこで本論文では、まず伝熱によるエントロピー生成単位数と流れ抵抗によるエントロピー生成単位数の感度解析を行い、異なる熱媒条件下での熱交換器の主要な不可逆損失の種類を明らかにした。次に数値解析と遺伝的アルゴリズムを用いてエントロピー生成単位数の最小化を目的関数として、熱交換器の形状最適化を行った。さらに、システムの省エネルギー改善効果の把握に着目し、変流量制御方式と送水温度の差異が冷水搬送系のエクセルギー収支に及ぼす影響を分析した。最後は、実建築に導入された地中熱ヒートポンプシステムを研究対象として、実運転データに基づいてシステム改修前後の性能比較とエクセルギー解析を行った。

本論文は、全7章で構成される。

第1章では、研究背景、研究目的及び既往研究を提示し、本論文の構成を示している。

第2章では、熱交換器の熱力学的な理論、熱交換器の設計方法を述べている。また、空気-空気、空気-水及び水-水熱交換器に応じる熱力学的最適化の目的関数の導出過程を説明した。

第3章では、空気-空気、空気-水及び水-水熱交換器に応じる熱交換器の熱交

換率、エントロピー生成単位数、伝熱によるエントロピー生成単位数、流れ抵抗によるエントロピー生成単位数、及び流れ抵抗によるエントロピー生成単位数の割合が高低温流体入口温度の温度差、長さ直径比と Re 数の増加に伴う変化傾向を検討し、異なる熱媒条件下での熱交換器の主要な不可逆損失の種類を明らかにした。

第 4 章では、空調分野の水-水熱交換器を対象として、フィン高さ、フィンピッチ、フィン厚さとフィン長さを設計パラメータとして、数値解析によって伝熱因子・摩擦因子と熱交換器のフィン寸法及び入口レイノルズ数との関係を表す回帰式を導出し、遺伝アルゴリズムと数値解析を結び付け、エントロピー生成単位数を熱力学的最適化の目的関数として、プレートフィン型熱交換器のフィン寸法の最適化設計を行った。

第 5 章では、利用可能なエネルギーという視点から、端末空調機への冷水搬送系に着目して、搬送エネルギーと端末空調機の伝熱特性の両方を考慮するために、四種類の変流量制御方式（弁絞りによる制御、吐出圧一定制御、末端差圧一定制御、管路抵抗特性予測制御）及び二種類の送水温度（7° C と 12° C）条件下での冷水配管系のエクセルギー解析を行って、変流量制御方式と送水温度の差異が冷水搬送系のエクセルギー収支に及ぼす影響を分析した。

第 6 章では、実建築に導入された地中熱ヒートポンプシステムを対象に性能検証実験を行い、実性能を把握するとともに、それを向上させるための段階的な改修を行い、その効果を把握することを目的とする。更に冷水温度並びに冷水、冷却水搬送動力と熱交換器の更新はシステム性能に及ぼす影響を明確に把握するために、実運転データに基づいた改修前後のエクセルギー解析を行った。第 7 章は、本研究のまとめ、今後の課題を示している。

本論文は、熱交設備と空調システムの熱力学的解析及び最適化に関して論じたものである。数値解析及び遺伝的アルゴリズムを用いた便利な熱交換器の最適化手法を提案した。また、エクセルギー解析により、冷水温度並びに冷水、冷却水搬送動力と熱交換器の更新はシステム性能に及ぼす影響が明確になる。本研究で得られた知見は、空調設備のメーカーにとっても役立つと考えられ、工学的、社会的な有用性は極めて高い。

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。