



学位論文題目 Title	空調機内の分離・分配を伴う気液二相流に関する研究
氏名 Author	村上, 泰城
専攻分野 Degree	博士 (工学)
学位授与の日付 Date of Degree	2016-09-25
資源タイプ Resource Type	Thesis or Dissertation / 学位論文
報告番号 Report Number	甲第6741号
権利 Rights	
JaLCDOI	
URL	http://www.lib.kobe-u.ac.jp/handle_kernel/D1006741

※当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。

PDF issue: 2021-04-15

論文内容の要旨

氏 名 村上 泰城

専 攻 機 械 工 学

論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

空調機内の分離・分配を伴う気液二相流に関する研究

指導教員 富山 明男 教授

(注) 2, 000 字～4, 000 字でまとめること。

空調機開発では地球温暖化を抑制する観点から、エネルギー効率の向上が求められている。空調機内では冷媒の蒸発、凝縮や油の混在をとまうため、気液二相流の分離・分配が重要な役割をはたしている。空調機の冷凍サイクルでは圧縮機から吐出された冷媒が、サイクロン式油分離器、気液分離器、熱交換器用ヘッダ等の気液二相流の分離、分配をとまう要素機器を経由する。これまでサイクロン式油分離器については、実験や数値計算により分離特性が調べられてきたが、簡易的に分離特性を予測する手法は構築されておらず油分離器の改良が困難な状況にある。また、気液分離器については、冷媒流量が増加した場合に分離率が低下するため、表面張力を用いた分離構造で改良をはかった例がみられるが、構造や加工が複雑になるといった課題があり簡易的な構造は提案されていない。さらに、熱交換器用ヘッダについては、扁平管に多数の細径流路を備えた構造が最近活用されているが、気液二相冷媒の細径流路間の分配特性は十分に調べられておらず、傾斜設置による冷媒液の偏り等の問題がある。そこで本論文では、サイクロン式油分離器の予測モデル、気液分離器の分離率の向上、細径流路を備えた扁平管のヘッダ内の流量分配特性の把握と改良を通して、空調機のエネルギー効率の向上をはかる。

第 1 章では、本研究の背景、従来の研究、本研究の目的を示した。

第 2 章では、サイクロン式油分離器の油分離率を短時間に精度よく予測するモデルを構築することを目的とした。窒素-油を用いて容器内に流入する油滴の粒径分布を計測し、取得した実験データから冷媒-冷凍機油における油滴の粒径分布を推定した。また、広範な冷媒流量に対するサイクロン式油分離器の分離率を予測するため、遠心分離と重力分離の両方をモデル化し、先に求めた油滴径と油滴の飛散位置を変数とするモンテカルロ法を用いて油分離率を予測する手法を提案した。さらに、提案した予測手法を用いてビル用マルチエアコンの運転条件における油分離率を予測し、実機性能との比較から本予測手法の妥当性を確認した。その結果、油滴の流入速度を冷媒蒸気の流入速度のおよそ 0.5 倍とした場合に、冷媒流量 0.028～0.17 kg/s の範囲で実験結果と 3% 以内で一致することを確認した。また、サイクロン式油分離器の油分離率において、容器径と流入管径の依存性が高いことを示した。

第 3 章では、簡易な改良で気液分離器の蒸気分離率を向上することを目的とした。従来の気液分離器を用いて蒸気分離率を評価した。また、従来気液分離器で得られた知見から簡易な改良構造を考案し、改良気液分離器単体の蒸気分離効率を測定した。さらに、改良気液分離器を 7.1kW クラスのルームエアコンに搭載して冷房性能を調べた。その結果、従来の気液分離器では、冷媒流量 0.042kg/s で蒸気分離効率が 60% まで低下するが、改良気液分離器によりほぼ完全分離できることを確認した。また、改良気液分離器を 7.1kW のルー

(氏名： 村上 泰城 NO.2)

ムエアコンに搭載することで、気液分離器を搭載しない従来冷凍サイクルに比べて冷媒能力を約3%増加できることを確認した。

第4章では、細径流路を備えた扁平管のヘッダ内の流量分配特性の把握と改良を目的とした。狭い流路厚さの合流部のモデル試験を用いて傾斜設置した場合の分配特性を調べた。また、均一分配をはかるため、スリットを中央、上側、下側に設けた3種類のヘッダ形状の分配特性を調べた。さらに、取得した実験データから蒸発、凝縮ともに伝熱性能を向上できるヘッダ形状を考案し、改良ヘッダを熱交換器に搭載して傾斜設置した場合の伝熱性能を評価した。その結果、改良ヘッダを搭載した熱交換器は、改良を加えないヘッダに比べて熱通過率が蒸発時に5%、凝縮時に10%向上できることを確認した。

第5章では、サイクロン式油分離器、改良気液分離器、改良熱交換器用ヘッダを搭載した空調機における冷房COP(Coefficient of Performance:成績係数=能力/入力)の改善効果を評価することを目的とした。7.1kWクラスのルームエアコンを対象とし、室外および室内の円管熱交換器を同等熱交換能力、同等管内圧損の扁平管熱交換器に置き換えた冷凍サイクルを基準としてサイクルシミュレーションを実施した結果、サイクロン式油分離器、改良型気液分離器、改良熱交換器用ヘッダを個々に適用した際の冷房COP寄与度は0.04%、3.2%、2.9%となった。また、すべての要素を冷凍サイクルに適用することで冷房COPを約5.7%改善した。

第6章では、本研究の成果を総括した。

本研究では、サイクロン式油分離器の予測モデル構築、気液分離器の分離率の向上、細径流路を備えた扁平管のヘッダ内の流量分配特性の把握と改良を行い、各要素機器を空調機に搭載した場合の冷房COPの改善効果を明らかにした。

氏名	村上 泰城		
論文題目	空調機内の分離・分配を伴う気液二相流に関する研究		
審査委員	区分	職名	氏名
	主査	教授	富山 明男
	副査	教授	平澤 茂樹
	副査	教授	大村 直人
	副査	准教授	細川 茂雄
要 旨			
<p>空調機開発では地球温暖化を抑制する観点からエネルギー効率の向上が求められている。空調機内では冷媒の蒸発、凝縮や油の混在をともなうため、気液二相流の分離・分配が重要な役割をはたしている。空調機の冷凍サイクルでは圧縮機から吐出された冷媒が、サイクロン式油分離器、気液分離器、熱交換器用ヘッダ等の気液二相流の分離、分配をともなう要素機器を経由する。これまでサイクロン式油分離器については、実験や数値計算により分離特性が調べられてきたが、簡易的に分離特性を予測する手法は構築されておらず油分離器の改良が困難な状況にある。また、気液分離器については、冷媒流量が増加した場合に分離率が低下するため、表面張力を用いた分離構造で改良をはかった例がみられるが、構造や加工が複雑になるといった課題があり簡易的な構造は提案されていない。さらに、熱交換器用ヘッダについては、扁平管に多数の細径流路を備えた構造が最近活用されているが、気液二相冷媒の細径流路間の分配特性は十分に調べられておらず、傾斜設置による冷媒液の偏り等の問題がある。そこで本論文では、サイクロン式油分離器の予測モデル、気液分離器の分離率の向上、細径流路を備えた扁平管のヘッダ内の流量分配特性の把握と改良を通して、空調機のエネルギー効率の向上をはかることを目的としている。</p> <p>第1章には、本研究の背景・既存の研究・目的が整理されている。</p> <p>第2章では、サイクロン式油分離器の油分離率を短時間に精度よく予測するモデルの構築を目的としている。窒素-油を用いて分離器内に流入する油滴の粒径分布を計測し、実験データから冷媒-冷凍機油における油滴粒径分布を推定している。また、遠心分離と重力分離の両方を数理モデル化し、先に求めた油滴径と油滴の飛散位置を変数とするモンテカルロ法を用いて油分離率を予測する手法を提案している。さらに、提案手法を用いてビル用エアコン運転条件における油分離率を予測し、実機性能との比較から本手法の妥当性を確認している。その結果、油滴の流入速度を冷媒蒸気の流入速度のおよそ0.5倍とした場合に、冷媒流量0.028~0.17 kg/sの範囲で実験結果と3%以内で一致することを確認している。また、計算結果より、油分離効率に占める遠心分離と重力分離の割合を明らかにしている。</p> <p>第3章では、気液分離器の蒸気分離率を向上するための簡易構造構築を目的としている。まず、従来の気液分離器を用いて蒸気分離率を評価し、得られた知見から改良構造を考案し、改良気液分離器単体の蒸気分離効率を測定している。さらに、改良気液分離器を7.1kWクラスのルームエアコンに搭載して冷房性能を調べている。その結果、従来の気液分離器では、冷媒流量0.042kg/sで蒸気分離効率が60%まで低下するのに対し、改良気液分離器ではほぼ完全分離できることを確認している。また、改良気液分離器を7.1kWのルームエアコンに搭載することで、気液分離器を搭載しない従来冷凍サイクルに比べて冷媒能力を約3%増加できることを確認している。</p> <p>第4章では、細径流路を備えた扁平管のヘッダ内の流量分配特性の把握と改良を目的としている。狭い流路厚さの合流部模擬装置を用いて傾斜設置した場合の分配特性を調べている。また、均一分配を実現するため、スリットを中央、上側、下側に設けた3種類のヘッダ形状の分配特性を調べている。さらに、取得した実験データから蒸発、凝縮ともに伝熱性能を向上できるヘッダ形状を考案し、改良ヘッダを熱交換器に搭載して傾斜設置した場合の伝熱性能を評価している。その結果、改良ヘッダを搭載した熱交換器は、改良を加えないヘッダに比べて熱通過率が蒸発時に5%、凝縮時に10%向上できることを確認している。</p>			

氏名 村上 泰城

第5章では、本研究で第2章から第4章で提案した改良案を組み込んだ空調機のエネルギー効率向上効果を冷房成績係数を基に評価している。3種の改良要素機器の搭載により冷房成績係数は10.5%増加することを示している。

第6章には、本研究の成果が総括されている。

以上、本研究はサイクロン式油分離器の予測モデル、気液分離器の分離率の向上、細径流路を備えた扁平管のヘッダ内の流量分配特性の把握と改良を行い、各改良要素機器を空調機に搭載した場合のエネルギー効率改善効果も明らかにしたものであり空調機器設計について重要な知見を得たものとして価値ある集積である。提出された論文は工学研究科学位論文評価基準を満たしており、学位申請者の村上泰城は、博士(工学)の学位を得る資格があると認める。