



Title	可変速制御ターボ冷凍機を用いた業務建物空調熱源システムの設計・運用手法に関する研究
Author(s)	上田, 憲治
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/57549
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	うえだ けんじ 上田 憲 治
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 3 3 7 8 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 21 年 9 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科環境・エネルギー工学専攻
学 位 論 文 名	可変速制御ターボ冷凍機を用いた業務建物空調熱源システムの設計・運用 手法に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 下田 吉之 (副査) 教 授 加賀 昭和 教 授 相良 和伸 准教授 高田 孝

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、最新のインバーターボ冷凍機の熱力学特性に合致した性能特性に着目し、業務用建物空調用熱源システムのエネルギー消費量削減の手法について研究を行った。以下の9章からなる。
第1章ではインバーターボ冷凍機の熱力学特性に合致した性能特性を原理的に確認するとともに、課題を示し、熱源システムの計画や運転手法の提案およびその効果など本研究の目的を示した。
第2章ではインバーターボ冷凍機の性能計測データと実機理想COPとを比較した上で基本特性を明らかにした。また、この性能特性を作り出す遠心圧縮機の基本特性に着目したCOP最高運転手法という新たな台数分割運転手法を示した。

第3章では熱源システムのエネルギー消費量に大きな影響を与える冷却塔からの冷却水温度を算定する手法の開発を行った。冷却水減流量域、導入空気の減風量域、冬期などを含めた低い外気条件における性能推定に重点をおいたシミュレーションシステムの構築を行った。その結果、通年で運転され、かつ冷却水対応温度帯が20℃から12℃まで拡大した最新のインバータ機を含めた熱源システムシミュレーションが可能となった。
第4章では最新の固定速機とインバータ機の性能特性に合致したそれぞれの最適運転手法として、業務建物空調負荷に対して、夏期昼間は固定速機を第一優先起動し100%付近の負荷をかけ、一方その他期はインバータ機の優先起動とCOP最高点運転制御を組み合わせる手法を提案した。シミュレーション手法を用い6台全台インバータのエネルギー消費削減効果を明らかにするとともに、6台中2台を固定速機とした場合であっても同等のエネルギー消費となる組み合わせ手法の有効性を示した
第5章ではインバータ機で構成される熱源システムにおいて、冷却源として未利用熱源を利用した場合のエネルギー消費量を算定し、固定速機と冷却塔方式の組み合わせと比較し、インバータ機の特性が未利用熱源の利用によるエネルギー消費量削減効果を固定速機よりも大きく促進させることを明らかにした。
第6章ではインバータ機の性能モデルを実機理想COPから再構築し、さらに冷水ポンプ、冷却水ポンプ、冷却塔のエネルギー消費特性を数式化して組み込むことで、単純な熱源システムにおいて、熱源システム性能特性を負荷率、湿球温度で示し、さらに冷水温度、冷却水流量、冷却塔それぞれを変数とした熱源システム性能特性を定量的に示した。その結果から、それぞれの補機制御について有効である領域、外気湿球温度・冷凍機負荷率とそれら領域との関係を示せ、外気湿球温度・冷凍機負荷率から決定できる平易な熱源システムの最適運転アルゴリズムを提案した。
第7章ではインバータ機と補機（冷却水ポンプ、冷却塔、冷水ポンプ）を外気湿球温度と冷凍機負荷率から決定できる運転制御アルゴリズムを用い、事務所建物、商業建物について、従来建物から将来仕様とのエネルギー消費の低減効果についてシミュレーション手法を用いて定量的に示した。
第8章ではインバータターボとデシカント装置を用いた潜顕熱分離空調を可能とする熱源システムについて、事務所建物、商業建物についてエネルギー消費の削減効果を算定し、COP最高点台数制御と冷却水流量と冷却塔台数制御のアルゴリズムが有効であることを確認した。潜顕熱分離装置として用いたヒートポンプデシカントシステムでは、冷水温度設定を上昇させることにより冷凍機の消費動力低減とデシカント装置の消費動力増加のバランス点が冷水温度15℃付近であることを見出した。
第9章は総括であり、各章のまとめ、今後の課題および本研究の発展性について述べた。

論文審査の結果の要旨

民生部門のエネルギー消費削減対策として、冷凍機など機器レベルでの効率向上にはめざましい進展が見られるものの、機器の効率向上を踏まえた業務建築や地域冷暖房システムにおける熱源プラントの設計・運用手法は未だ確立されておらず、大きな課題となっている。本論文は大型建物や工場空調に使用されるターボ冷凍機が、近年インバーターの採用により可変速化され、高効率化とともに成績係数の冷却水温度や負荷率に対する変化特性が大きく変化したことを踏まえ、業務建築を対象とした可変速制御ターボ冷凍機の最適設計・運用手法を開発したもので、主な成果は以下の通りである。

(1) 可変速制御ターボ冷凍機の COP (成績係数) 性能特性測定結果をその不確かさと期間成績係数への波及、冷媒特性から推定される理想 COP との比較の観点から評価し、後者では冷却水温度別に最適な運転負荷率領域を、その容量制御メカニズムとも関連づけて明らかにしていること。

(2) 業務建物の年間冷熱負荷発生状況の実測値を用いて、数値シミュレーションにより冷熱プラントにおける機器構成および運転手法の最適化を検討し、従来の機器の負荷率を最大化する運転手法とは大きく異なる最高 COP 運転手法を提案するとともに、プラント構成機器の一部に固定速機を含めた場合の設計・運転手法を提案し、一部に固定速機を含めた構成でも運用の工夫によりエネルギー効率がいずれ低下しないことを示していること。

(3) 可変速制御ターボ冷凍機の COP を決める大きな要因が冷却水温度であることから、冷却水として地下水や海水、河川水、下水処理水を利用した場合について、従来の固定速機をベースに評価した結果に対して可変速制御機では更に大きな省エネルギー効果があることを明らかにしたこと。

(4) 冷却水温度と負荷率だけでなく、冷水供給温度を変更した場合の性能変化を明らかにするため、冷媒の冷凍サ

イクル成績係数、圧縮機の機械的特性を用いた機器の成績係数評価モデルを開発し、搬送動力を含めたシステム成績係数が、与条件となる冷熱負荷と外気湿球温度に対し、冷水・冷却水の変流量化、冷水温度変化、冷却塔の容量制御等によりどのように変化するかを定量的に明らかにし、冷凍機の負荷率および湿球温度により定まる冷却水流量の最適制御域を示していること。

(5) 上記の結果を踏まえて、現状の建物熱負荷発生パターン、各種省エネルギー対策が普及した将来の建物熱負荷発生パターンそれぞれに対して、温熱供給も含めた熱源システムの年間最適運用手法を提案し、その効果をシミュレーションにより定量的に明らかにしていること。

以上のように、本論文の成果は今後我が国および海外で可変速制御ターボ冷凍機を含んだ民生業務建築の熱源プラントを設計・運用していく上での理論的な基礎を提供しており、環境・エネルギー工学の進展に寄与するところが多い。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。