



Doctoral Thesis

Exergy minimization strategies for using advanced heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) systems

Author(s):

Kim, Moon Keun

Publication Date:

2014

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-010256809> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS. ETH NO. 22032

***EXERGY MINIMIZATION STRATEGIES FOR USING
ADVANCED HEATING, VENTILATION, AND AIR
CONDITIONING (HVAC) SYSTEMS***

A thesis submitted to attain the degree of
DOCTOR OF SCIENCES of ETH ZURICH
(Dr. sc. ETH Zurich)

Presented by

MOON KEUN KIM

Master of Science, The Pennsylvania State University, U.S.A

Born on 20.04.1975

Citizen of Republic of Korea

accepted on the recommendation of

*Prof. Dr. Hansjürg Leibundgut, examiner
ETH Zurich*

*Prof. Dr. Jelena Srebric, co-examiner
University of Maryland*

2014

Abstract

This research aims to identify improved designs for advanced heating, cooling and ventilation strategies to save energy in buildings, and to present a novel ventilation strategy incorporating a CO₂ capture device. This study shows novel Low exergy Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC) strategies to minimize exergy destruction and to improve high-performance building technologies. In order to investigate methods for improving the energy efficiency of buildings in specific climates, this study proposes new optimized models, advanced low energy decentralized HVAC systems that integrate both passive and active components, and an Airbox convector hydronically connected in series with chilled radiant ceiling panels. Simulation and measurement studies for specific ventilation strategies are provided to compare the proposed system setup with conventional centralized Heating, Ventilation and Air-conditioning systems (HVAC). In addition, this study discusses the performance of a CO₂ capture device and its utilization to contribute to the development of Zero Emission Building Technologies and to reduce the complexity of the mechanical installations. This study shows the possibility of implementing a CO₂ capture device in the operation of a ventilation system for high performance air cooling and heating. This innovative strategy provides a means to recirculate indoor air to save energy for a certain period of time and to achieve an energy-efficient operation of buildings.

The urban thermal environment is influenced by the effect of local weather conditions, building geometry, façade materials and other environmental impacts. These effects are highly connected to building energy efficiency. In order to show strategies for reducing the environmental impacts, this study initially compares the effects of several boundary conditions and of urban thermal environments on the energy efficiency of the system. This research's findings can in turn be applied to the field of building systems to create integrated systems considering specific climate conditions and urban thermal environments. Current case studies reveal that ventilation models have 1) significant functional limitations for cooling and dehumidification schemes in specific local environments; 2) need for an additional device to prevent moisture condensation caused by humidity gains in hot and humid climates; and 3) possible

over prediction of minimum mechanical ventilation requirements when using a CO₂ capture device in buildings.

These new low exergy ventilation strategies subsequently reduce the overall energy and exergy demand of buildings, and increase the system efficiency.

Zusammenfassung

Diese Forschungsarbeit zeigt methodische Strategien und technische Systeme, die Exergieverluste von Gebäudelüftungsanlagen minimieren und die Leistungsfähigkeit der Gebäudetechnik insgesamt steigern.

Von besonderer Wichtigkeit ist dabei, wie in verschiedenen Klimaregionen der Energieverbrauch gesenkt werden kann.

Mit optimierten Modellen ist es möglich entsprechende Simulationen und Messungen von Ventilationssystemen durchzuführen und somit neu entwickelte Systeme mit konventionellen zentralisierten Heizungs-Lüftungs- und Klimaanlage zu vergleichen.

Es werden verbesserte dezentrale Lüftungssysteme vorgestellt, die aus aktiven und passiven Komponenten bestehen und einen geringen Energieverbrauch haben. Speziell enthalten diese einen Luftregister, der hydraulisch mit einem gekühlten Strahlungsdeckenpaneel in Serie geschaltet ist.

Des Weiteren wird die Möglichkeit des Einsatzes eines CO₂-Adsorptionsgeräts im Zusammenhang mit einem Vollklimasystem betrachtet. Dafür wird die Leistungs- und Anwendungsfähigkeit des CO₂-Adsorptionsgeräts insbesondere unter dem Ziel eines emissionsfreien Gebäudebetriebs und der Reduzierung komplexer mechanischer Installationen, überprüft. Diese innovative Strategie bietet die Möglichkeit Innenluft zurückzuführen, um sie für einen gewissen Zeitraum zu speichern und damit den gesamten Gebäudebetrieb effizienter zu gestalten.

Der thermische Einfluss auf ein Gebäude im städtischen Umfeld wird nicht nur vom Klima, sondern auch vom lokalem Wetter, der Gebäudegeometrie, den Fassadenmaterialien und weiteren Umwelteinwirkungen bestimmt. All diese Aspekte haben erheblichen Einfluss auf die Energieeffizienz der Gebäude. In der Studie werden daher zunächst die Auswirkungen des städtischen thermischen Umfelds und andere Randbedingungen in Hinsicht der Energieeffizienz der Systeme verglichen, um dann Möglichkeiten für die Reduktion von negativen Umwelteinflüssen aufzuzeigen. Diese Ergebnisse werden dann wiederum auf Gebäude übertragen und bieten somit integrierte Lösungen, die Gegebenheiten der Klimaregion und der städtischen Umgebung mit einbeziehen.

Die durchgeführten Fallstudien zeigen, dass herkömmliche Lüftungsmodelle 1) deutliche funktionale Einschränkungen bei der Kühlung und Entfeuchtung unter lokalen Umwelteinflüssen aufweisen 2) zusätzlich ein Gerät zur Verhinderung von Kondensation durch die hohe Luftfeuchtigkeit in warmen und feuchten Klimagebieten benötigen und 3) die notwendige mechanischen Lüftung überbemessen, wenn ein CO₂-Adsorptionsgerät genutzt wird.

Die neuen Low Exergy Lüftungsmethoden, die in dieser Arbeit vorgestellt werden, reduzieren hingegen den allgemeinen Energie- und Exergieverbrauch von Gebäuden und verbessern die Systemeffizienz.