



Doctoral Thesis

Hierarchische Wärmepumpenregelung mit Fuzzy Control und Robust Control

Author(s):

Ginsburg, Simon Thomas

Publication Date:

1999

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-003861286> →

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 Nr. 13365

Hierarchische Wärmepumpenregelung mit Fuzzy Control und Robust Control

Abhandlung
zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

Simon Thomas Ginsburg
Dipl. Maschineningenieur ETH
geboren am 14. August 1967
von Zürich ZH

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. H. P. Geering, Referent
Prof. Dr. U. B. Meyer, Korreferent

1999

Zusammenfassung

Ein Grossteil des heutigen Energiebedarfes in der Schweiz wird für Heizungszwecke verwendet. Die Heizenergie wird überwiegend durch Öl- oder Gasheizungen produziert. Da diese einen vergleichsweise schlechten Konversionsgrad aufweisen, müssen sie durch rationellere Systeme wie die Wärmepumpentechnik ersetzt werden, um den Primärenergiebedarf senken zu können.

Die Reglerstruktur und auch die verwendete hydraulische Schaltung des Wärmeverteilsystems müssen allerdings an die spezifischen Anforderungen der Wärmepumpentechnologie angepasst werden. Heutige Wärmepumpenregler basieren nach wie vor auf jahrzehntealten Strukturen für ölbefeuerte Kesselheizungen. Da die Anforderungen für Wärmepumpen stark von denen für Kesselheizungen abweichen, drängt sich eine Neuentwicklung einer auf Wärmepumpenheizsysteme ausgerichteten Reglerstruktur auf.

In dieser Arbeit wird der Aufbau einer hierarchischen Regelungsstruktur beschrieben. Aufgrund der Messung der Rücklauftemperatur und der Ausstemperatur berechnet ein mittels H_∞ -Methode entworfener robuster Regler die zur Einhaltung einer durch den Bewohner vorgegebenen Raumtemperatur notwendige Wärmeleistung der Fussbodenheizung. Die in den Reglerentwurf einflussende thermische Gebäudedynamik wird durch Auswertung der Messdaten mittels Parameteridentifikation ermittelt.

Eine Pulsbreitenmodulation formt das Stellsignal des robusten Reglers in den binären Einschaltbefehl der Wärmepumpe um. Da die Laufzeit der Wärmepumpe vom Elektrizitätswerk zwangsunterbrochen werden kann, wird die Pulsbreitenmodulation mit einer Sperrzeitenprognose erweitert. Damit können die Laufzeiten ausserhalb der Sperrzeiten geplant werden. Eine Kurzzeitwetterprognose wird eingesetzt, um solare Wärmegewinne vorauszusagen. Der Regler ist damit in der Lage, durch gezielte Verminderung der Heizleistung ein Überheizen zu verringern. Die Wetterprognose und eine Prädiktion der Sperrzeiten werden mit Methoden der Fuzzy Regelung entwickelt.

Die neue Reglerstruktur wird in Simulationen getestet und mit einem Zweipunktregler verglichen. Anschliessend wird auf einem Wärmepumpenprüfstand durch Emulationsversuche die reale Wärmepumpe geregelt. Der Regler wird zuletzt in einer Pilotanlage in einem Echtzeitrechner implementiert, wo er zur vollen Zufriedenheit der Bewohner funktioniert hat.

Dank dem geringen Rechenaufwand pro Abtastschritt und der tiefen Abtastfrequenz lässt sich diese Regelstruktur mit vergleichbar geringem Aufwand in einem existierenden Heizungsregler implementieren. Dies ermöglicht eine industrielle Anwendung des Reglers mit geringen Modifikationen.

Abstract

A large amount of today's total energy demand in Switzerland is used for space heating. This energy is mainly produced by oil or natural gas burning heating systems. As their conversion efficiency is relatively poor, more efficient systems such as heat pumps are needed to reduce the primary energy demand.

In order to operate a heat pump system economically and ecologically, the controller design and the heat distribution hydraulics need to be adapted to the specific requirements of the heat pump technology. However, heat pump controllers for domestic heating systems today are still based on the static controllers developed decades ago for oil-burning heating systems. Since the requirements for heat pumps vary significantly from those for systems using an oil or gas boiler, a new controller design is needed in order to optimize domestic heating systems with heat pumps.

In this thesis a new hierarchical control scheme is developed. Based on measurements of the return flow temperature and the ambient temperature, a robust controller designed with the H_∞ method calculates the required heat flow of the heating system in order to have the room temperature match a demanded value set by the dwellers. The thermal dynamics needed for the controller design is calculated using parameter identification based on measurements of an actual building.

Pulse-width modulation is used to convert the output of the robust controller into a binary value to switch the heat pump on or off. As the electric power provider may set cutoff time periods for the heat pump, the pulse-width modulation algorithm has been modified to avoid them using a cutoff time prediction. A short-time weather forecast predicts solar gains which enables the controller to reduce the heating power in advance and hence to reduce overheating. The weather forecast and the cutoff time prediction are realized using fuzzy control methods.

The new controller is tested with simulations, and its performance is compared with a relay-type conventional controller. The controller is then run on a heat pump test bench where the building dynamics have been emulated using the same model as for the controller design. The controller finally is included in the hardware loop of an actual building and proves to run satisfactorily.

The control scheme described here has proven to work under real environment conditions. Due to the relatively small number of calculations per update cycle and the slow sample time, it easily fits today's off-the-shelf micro controllers. This permits an industrial application with only minor modifications.