



Doctoral Thesis

Ueberwachung eines Heizregelsystems

Author(s):

Sprecher, Peter

Publication Date:

1991

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000599522> →

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](#).

Überwachung eines Heizregelsystems

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

Peter Sprecher

Dipl. El.-Ing. ETH

geboren am 10. September 1955

von Jenaz GR

Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. W. Schaufelberger, Referent

Dr. J. Tödtli, Korreferent

Prof. Dr. L. Guzzella, Korreferent



CatE

31. 7. 91

W. Schaufelberger

1991

BS Schiers

Zusammenfassung

Bei einem Heizregelsystem für ein Wohngebäude können verschiedene Fehler von Anfang an vorhanden sein oder mit der Zeit eintreten, ohne dass sein Benützer dies bemerkt. In der vorliegenden Arbeit wird versucht, solche Fehler anhand der üblicherweise vorhandenen Messungen zu erkennen. Dazu wird dem Regelsystem eine Überwachungsstufe überlagert.

In Kap. 1 wird eine Grobstruktur für die Überwachungsstufe vorgeschlagen. Deren wichtigste Komponente ist ein Fehlererkennungssystem, das aus einer Detektionsstufe und einer Diagnosestufe besteht. Die Detektionsstufe soll anhand der verfügbaren Prozesssignale allfällige Fehlerauswirkungen entdecken und nötigenfalls einen 'Alarm' auslösen. Die Diagnosestufe soll für festgestellte Fehlerauswirkungen tieferliegende Fehlerursachen suchen und anzeigen.

Zur Erprobung von Überwachungsverfahren wird in Kap. 2 ein Modell für das thermische Verhalten eines Gebäudes und seiner Heizanlage zusammengestellt und in Kap. 3 mit einem Regler versehen.

In Kap. 4 wird die Diagnosestufe entworfen. Zunächst werden Fehlerursachen zusammengetragen. Aus einigen Fehlerursachen werden mit einer induktiven Analyse Fehlerauswirkungen abgeleitet. Die Zusammenhänge zwischen diesen Ursachen und Auswirkungen werden mit einem kausalen Netzwerk dargestellt. Zur Berücksichtigung von Unsicherheiten wird ein auf kausale Netzwerke abgestütztes, subjektives Bayes-Verfahren vorgesehen. Dieses verlangt als Eingabedaten bei jeder Fehlerauswirkung ein Wahrscheinlichkeitsverhältnis. In dieses Verhältnis gehen diejenigen Beobachtungen ein, welche für die betreffende Fehlerauswirkung relevant sind. Das Bayes-Verfahren gestattet dann, bei einem schleifenfreien kausalen Netzwerk für gegebene Beobachtungen die a posteriori-Wahrscheinlichkeiten der Fehlerursachen zu schätzen. Der Diagnosealgorithmus wird an zwei einfachen Netzwerken angewendet.

In Kap. 5 wird die Aufgabe der Detektionsstufe mit Methoden der Mustererkennung angegangen. Pro Fehlerauswirkung wird ein Detektor vorgesehen. Jeder Detektor besteht aus einem Mustererkennungssystem und einem Wahrscheinlichkeitsverhältnisschätzer. Im Mustererkennungssystem wird ein Prozesssignalausschnitt als Muster aufgefasst

und einer der beiden Klassen 'Fehler' / 'kein Fehler' zugeordnet. Dabei wird entschieden, ob die betreffende Fehlerauswirkung vorliegt oder nicht. Bei der Merkmalgewinnung werden Methoden der Zeitreihenanalyse eingesetzt. Zur Klassifikation werden nichtparametrische statistische Tests benützt. Die Klassifikatoren aller Detektoren bilden zusammen einen Bonferroni-Test. Im Wahrscheinlichkeitsverhältnisschätzer wird eine subjektive Schätzung für das von der Diagnosestufe bei jeder Fehlerauswirkung verlangte Wahrscheinlichkeitsverhältnis bestimmt. Diese Schätzung basiert auf anschaulichen Merkmalen der Prozesssignale. Die Detektoren sind weitgehend unabhängig voneinander. Drei Detektoren werden vollständig ausgearbeitet. Dabei gelingt es nicht, Merkmale oder verbesserte Musterfunktionswerte zu gewinnen, welche die Bildung hinreichend unabhängiger Stichproben erlauben. Damit ist die wichtigste Voraussetzung für die Anwendung nichtparametrischer Tests schlecht erfüllt. Ihre Fehlalarmraten weichen von den gewünschten Werten ab und sind nicht konstant. Um dieses ungünstige Verhalten etwas zu korrigieren, wird ein Verfahren zur Adaption von Alarmschwellen und eines zum Ersetzen von Referenzstichproben eingesetzt.

Abstract

In a residential heating control system different faults can be present from the beginning or appear gradually, without being noticed by the occupier. In this work it is tried to detect such faults using the normally available measurements. For that a supervision stage is placed over the control system.

In chapter 1 an outline of the supervision stage is proposed. Its main component is a fault recognition system consisting of a detection stage and a diagnosis stage. The purpose of the detection stage is to detect occurring fault effects using the available process signals and to trigger an alarm if necessary. The purpose of the diagnosis stage is to search and display fault causes for the detected fault effects.

To test supervision methods a model for the thermal behaviour of a building and its heating system is compiled in chapter 2 and provided with a controller in chapter 3.

In chapter 4 the diagnosis stage is designed. First fault causes are collected. With an inductive analysis fault effects are deduced from some fault causes. The connections between these causes and effects are described with a causal network. To take uncertainties into consideration a subjective Bayesian method based on causal networks is provided. This method requests as input data a likelihood ratio for each fault effect. This ratio depends on the observations that are relevant for the considered fault effect. Given the observations and a loop free causal network the Bayesian method then permits to estimate posterior probabilities for the fault causes. The diagnosis algorithm is applied to two simple networks.

In chapter 5 the task of the detection stage is tackled using pattern recognition methods. For each fault effect a detector is provided. Each detector consists of a pattern recognition system and a likelihood ratio estimator. In the pattern recognition system a process signal clipping is taken as pattern and assigned to one of the two classes 'fault' / 'no fault'. With this it is decided whether the considered fault effect is present or not. In the feature extraction stage methods of time series analysis are

applied. Classification is done using nonparametric statistical tests. The classification stages of all detectors form together a Bonferroni test. The likelihood ratio estimator computes a subjective estimate of the likelihood ratio, that the diagnosis stage requests for each fault effect. This estimate is based on comprehensible features of the process signals. The detectors are independent of each other to a large degree. Three detectors are worked out completely. In these examples there is no success in obtaining features or improved pattern function values, that allow the formation of sufficiently random samples. So the most important premise for the application of nonparametric test is badly fulfilled. Their false alarm rates differ from the desired values and are not constant. To somewhat correct this unfavourable behaviour a method for the adaptation of alarm thresholds and a method for the substitution of reference samples are used.