

Überprüfung von Automatisierungsfunktionen heiz- und raumluftechnischer Anlagen

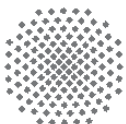
Von der Fakultät Maschinenbau der Universität Stuttgart zur Erlangung
der Würde eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte Abhandlung

vorgelegt von

Robert F. Grob

aus Alitzheim

Hauptberichter:
Prof. Dr.-Ing. Michael Schmidt
Mitberichter:
Prof. em. Dr.-Ing. Heinz Bach
Tag der Einreichung:
29.01.2003
Tag der mündlichen Prüfung:
23.04.2003



Kurzfassung

Es wird eine Methode vorgestellt, mit der Automatisierungsfunktionen heiz- und raumlufttechnischer Anlagen unabhängig vom Stand des Baufortschritts und der Anlageninstallation überprüft werden können. Auf diese Weise wird die Inbetriebnahme solcher Funktionen aus dem bisher fest vorgegeben zeitlichen Ablauf des Bauprozesses herausgelöst. Auf der Basis von grundsätzlichen Überlegungen zur Überprüfung von Automatisierungsfunktionen sowie von in der Praxis ermittelten Anforderungen werden InbetriebnahmeprozEDUREN für Automatisierungsfunktionen erarbeitet. Die Prozeduren werden in einem eigens hierfür entwickelten Emulator für Automatisierungssysteme heiz- und raumlufttechnischer Anlagen durchgeführt. Der Emulator dient dabei als virtuelle Testumgebung, in der eine Betriebssimulation der zu steuernden und zu regelnden Anlagen mit dem zu überprüfenden Automatisierungssystem verbunden wird. Das Verhalten der einzelnen Anlagenkomponenten wird in der Simulation mit Kennlinienmodellen beschrieben. Diese werden mit Hilfe vom Hersteller vorgegebenen oder direkt an der betreffenden Komponente gemessenen Betriebspunkten parametrisiert. Die entwickelte Methode wird schließlich in einem Anwendungsbeispiel auf das Automatisierungssystem einer realen, im Betrieb befindlichen Anlage angewandt.

Abstract

A method is presented for the testing of automation functions within HVAC systems independent from the installation status at the building. With this method it is possible to take the commissioning of these functions out of the otherwise fixed sequence of construction and installation processes. Commissioning procedures are developed based on a fundamental analysis of the testing of automation functions as well as on practical needs. The procedures are applied within a specific emulation testbench for HVAC automation systems. The test bench serves as a virtual test environment. Within the emulator a simulation is connected to the automation system which has to be commissioned. This simulation model describes the operating behavior of all HVAC systems which are in reality controlled by the considered automation system. The behavior of the single HVAC components is described within the simulation by using characteristic curve models. The parameters of these models are either given by the manufactures or determined on the basis of measurements taken at the regarding component. Finally the presented method is applied to the automation system of real HVAC system which is already in operation.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Literaturübersicht	3
2.1	Allgemeines	3
2.2	Gebäudeautomatisierung	3
2.3	Betriebssimulation heiz- und raumluftechnischer Anlagen	5
2.4	Emulatoren als Testumgebung in der Heiz- und Raumluftechnik	6
3	Praxis der Inbetriebnahme von Automatisierungssystemen	8
3.1	Allgemeines	8
3.2	Inbetriebnahme der Klimaanlage eines Hallenbads	8
3.2.1	Beschreibung des Projekts	8
3.2.2	Ablauf	9
3.2.3	Beobachtungen bei der Inbetriebnahme	9
3.3	Fachtechnische Abnahme der Gebäudeleittechnik einer großen Liegenschaft	10
3.3.1	Beschreibung des Projekts	10
3.3.2	Ablauf	10
3.3.3	Beobachtungen während der fachtechnischen Abnahme	12
3.4	Anforderungen für InbetriebnahmeprozEDUREN	12
4	Verfahren zur Überprüfung von Automatisierungsfunktionen	14
4.1	Ausgangssituation	14
4.2	Basis für die Entwicklung von Testprozeduren	15
4.2.1	Bestehende virtuelle Testumgebung	15
4.2.2	Lebenszyklusansatz für die Betriebssimulation	16
4.3	Testprozeduren für Automatisierungsfunktionen	18
4.3.1	Grundlegender Aufbau der Testprozeduren	18
4.3.2	Vorbereitungsphase der Testprozeduren	21
4.3.3	Testphase im Open-Loop-Modus	21
4.3.4	Testphase im Closed-Loop-Modus	23
4.4	Anforderungen an die virtuelle Testumgebung und die Betriebssimulation	25
4.4.1	Vorgehensweise beim Ermitteln der Anforderungen	25
4.4.2	Anforderungen an die virtuelle Testumgebung	25
4.4.3	Anpassungen in der Betriebssimulation	26

5	Emulator für die Inbetriebnahme von Automatisierungssystemen	30
5.1	Voraussetzungen	30
5.2	Grundlegende Struktur und Aufbau	31
5.2.1	Prinzipieller Aufbau von Emulatoren	31
5.2.2	Datenstruktur der Emulationsschnittstelle	32
5.3	Technische Umsetzung	34
5.3.1	Aufbau des Emulationsversuchsstands	34
5.3.2	Programmierung der Emulationsschnittstelle	38
6	Simulationsmodelle für die Emulation	47
6.1	Voraussetzungen	47
6.1.1	Modellanforderungen in der Emulation	47
6.1.2	Vorgehensweise bei der Modellierung	48
6.2	Hydraulische Modelle	50
6.2.1	Verteilsysteme	50
6.2.2	Strömungsmaschinen	56
6.3	Thermische Modelle	60
6.3.1	Wärmeübertrager	60
6.4	Zeitliche Modelle	66
6.4.1	Klappen	66
6.4.2	Stellglieder	67
6.4.3	Emulationsmodul	70
7	Anwendung in einer realen Anlage	73
7.1	Vorgehensweise	73
7.2	Beschreibung der Demonstrationsanlage	73
7.2.1	Aufbau und Nutzung des Gebäudes	73
7.2.2	Raumlufttechnische Anlage	75
7.2.3	Installiertes Automatisierungssystem	76
7.3	Ergebnisse der Anwendung der Testprozeduren	78
7.3.1	Anfahrverhalten des Automatisierungssystems	78
7.3.2	Vergleich der Lufterwärmerregelungen	81
7.3.3	Auslösen eines Frostschutzalarms	84
7.3.4	Schaltsequenz der Komponenten bei der Zulufttemperaturregelung .	87
7.3.5	Überprüfen einer Ventilatorregelung	90
8	Zusammenfassung	93
	Literaturverzeichnis	95
	Anhang	99