ROHAN

Regelungstechnische Gesamtoptimierung einer Rotationswärmepumpe mittels DigitalTwins - RotatiOn Heat digitAl twiN

Programm / Ausschreibung	Energieforschung (e!MISSION), Energieforschung, Energieforschung 6. Ausschreibung 2019	**Status**	abgeschlossen
Projektstart	01.12.2020	**Projektende**	31.05.2023
Zeitraum	2020 - 2023	**Projektlaufzeit**	30 Monate
Keywords	Rotationswärmepumpe, Digitalter Zwilling, Regelungsoptimierung, Industriewärmepumpe		

Projektbeschreibung

Kompressionswärmepumpen sind in gewissen Bereichen bereits sehr gut etabliert, jedoch finden sie in der Industrie noch eher selten Anwendung. Ein wesentlicher Grund dafür ist das in Kompressionswärmepumpen das Arbeitsmittel auf Grund der thermodynamischen Eigenschaften den Einsatz stark einschränkt. Hier bieten Rotationswärmepumpen von ecop den Vorteil eines in Bezug auf die Temperatur flexiblen Prozess mit umweltfreundlichen, nicht brennbaren Arbeitsgas. Die Anwendung hat sich bereits im Betrieb einer Referenzanlage und Prototypen als erfolgreich gezeigt, jedoch konnte die Steuerung bisher nur manuell ausgeführt werden. In Bezug auf die Regelung stehen für Kompressionswärmepumpe zahlreiche Publikationen und theoretische Grundlagen sowie kommerzielle Regler zur Verfügung. Diese können über “Default Einstellungen” für z.B. das Expansionsventil bereits vorab ein gut abgestimmtes System liefern. Die wesentlichen Unterscheidungsmerkmale einer Rotationswärmepumpe zu konventioneller Wärmepumpe in Bezug auf Grundprinzip, Aufbau und Wirkungsweise erfordern den Aufbau von Grundlagenwissen und die detaillierte Analyse von einzelnen Komponenten. Regelsysteme und Strategien für kommerzielle Wärmepumpen können nicht übertragen werden, da sowohl zusätzliche Regelparameter vorhanden sind als auch weitere nicht vergleichbare komplexe Zusammenhänge eingebracht werden müssen.

Das Projekt ROHAN zielt darauf ab den völlig neuartigen Prozess und aufgrund der fehlenden Literatur damit einhergehendes Neuland in Bezug auf die unüblichen physikalischen Zusammenhänge der Komponenten einer Rotationswärmpumpe zu untersuchen. Diese Komponenten weisen phänomenologische Zusammenhänge auf für die keine theoretischen Grundlagen existieren und wurden in wissenschaftlichen Arbeiten nur für einzelne Betriebspunkte mit festen Randbedingungen erstellt weshalb diese nun mittels Strömungssimulationen im gesamten Betriebsbereich mit variablen Randbedingungen erstellt werden müssen, um daraus an eine dynamische Simulationsumgebung übergeben werden zu können. Diese dynamische Simulationsumgebung bildet über physikalische Zusammenhänge der Einzelkomponenten das Gesamtsystem einer Rotationswärmepumpe als DigitalTwin ab um daraus die Grundlagen eines Regler und Regelstrategie entwickeln zu können. Darüber hinaus werden auch komplexe transiente Vorgänge durch Sprungantworten von äußeren Einflussfaktoren untersucht und regelungstechnische Maßnahmen entwickelt um z.B. kritische Betriebszustände der Rotationswärmepumpe zu unterbinden. Für eine Evaluierung wird der entwickelte Regler zuerst auf der Maschinensteuerung (SPS) mittels Controller in the Loop und in weiterer Folge auf einer realen Anlage implementiert und getestet.

Die wesentlichen Ergebnisse in ROHAN umfassen:

- das Aufarbeiten von physikalischen Zusammenhängen der thermodynamischen Abläufe innerhalb der Komponenten einer Rotationswärmepumpe.
- Auf Basis dieser Zusammenhänge wird in einer dynamischen Simulationsumgebung ein DigialTwin generiert.
- Der DigitalTwin bietet die Grundlage für die Erstellung einer funktionalen Regelung welche schlussendlich an einer realen Anlage demonstriert wird.

Das Konsortium bestehend aus AIT und ecop hat für den gesamten Umfang des Projektes ROHAN umfassendes notwendiges Know-How. Die ecop bringt ihr Know How insbesondere in den Bereichen Prozess, Simulation der Komponenten sowie für die Implementierung des Reglers auf der Maschinensteuerung ein. Das AIT hat umfassendes Wissen im Bereich der Kompressionswärmepumpen sowie in der Erstellung von komplexen Reglern mittels dynamischer Simulationsumgebungen.

Abstract

Compression heat pumps are already very well established in certain areas, but they are still rarely used in industry. One of the main reasons for this is that the thermodynamic properties of the working fluid in compression heat pumps severely restrict their use. Here, Rotation Heat Pumps from ecop offer the advantage of a flexible process in terms of temperature with environmentally friendly, non-flammable working fluid. The application has already proven successful in the operation of a reference plant and prototypes, but up to now the control could only be carried out manually. With regard to control, numerous publications and theoretical principles and commercial controllers are available for compression heat pumps. These can provide a well-tuned system in advance via "default settings" for e.g. the expansion valve. The main differences between a Rotation Heat Pump and a conventional heat pump in terms of basic principle, design and mode of operation require the development of basic knowledge and the detailed analysis of individual components. Control systems and strategies for commercial heat pumps cannot be transferred, as additional control parameters are available and further non-comparable complex correlations must be introduced.

The ROHAN project aims to investigate the completely new process and, due to the lack of literature, the associated uncharted territory with regard to the unusual physical relationships of the components of a Rotation Heat Pump. These components show phenomenological correlations for which no theoretical basics exist and have been developed in scientific studies only for single operating points with fixed boundary conditions. Therefore, these correlations have to be developed by means of flow simulations in the whole operating range with variable boundary conditions in order to transfer them to a dynamic simulation environment. This dynamic simulation environment maps the entire system of a Rotation Heat Pump as DigitalTwin by means of physical connections of the individual components in order to develop the basics of a controller and control strategy. In addition, complex transient processes are also investigated by step responses of external influencing factors and control engineering measures are developed, e.g. to prevent critical operating states of the Rotation Heat Pump. For an evaluation, the developed controller is first implemented and tested on the machine control system (PLC) by means of Controller in the Loop and subsequently on a real plant.

The main results in ROHAN include:

- the processing of physical relations of the thermodynamic processes within the components of a rotary heat pump.

- Based on these correlations a DigialTwin is generated in a dynamic simulation environment.
- The DigitalTwin provides the basis for the creation of a functional control system which is finally demonstrated on a real plant.

The consortium consisting of AIT and ecop has comprehensive know-how for the scope of the ROHAN project. ecop contributes its know-how especially in the areas of process, simulation of the components as well as for the implementation of the controller on the machine control system. AIT has extensive knowledge in the field of compression heat pumps as well as in the creation of complex controllers using dynamic simulation environments.

Projektkoordinator

- ECOP Technologies GmbH

Projektpartner

- AIT Austrian Institute of Technology GmbH