

Diss. ETH Nr. 9870

A Contribution to Heat Pump Design by Simulation

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
ZURICH

for the degree of
Doctor of Technical Sciences

presented by
MANUEL R. CONDE
Engenheiro Mecanico UP
born November 18th, 1953
citizen of Portugal

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. P. Suter, examiner
Prof. Dr. D. Favrat, co-examiner
Prof. Dr. G. Yadigaroglu, co-examiner

Zürich 1992



Juris Druck + Verlag Dietikon
1992

ABSTRACT

Heat pumps, both mechanically and thermally driven, do not always yield thermodynamic efficiencies according to the expectations. The reasons for this are that the efficiencies of heat pump components are lower than practically possible. Various methods to increase the efficiency of heat pumps may be followed: Better integration with the heating system, using for example thermal storage or variable speed; Better integration (matching) of the components in the heat pump itself; And, improvement of the heat pump's individual components. Although none of these methods excludes the others, this work deals with the better integration of the components in vapour compression heat pumps, and yielded as by-product tools that may as well be used to improve some of the components individually.

The approach presented uses mathematical modelling of the physical processes in the components for simulation by computer. The concept of the computer program has been developed as a modular framework permitting the simulation of various heat pump configurations, and of various heat transfer fluids for source and sink. The configuration detailed here as an example, is an air-to-water heat pump with a hermetic reciprocating compressor, a coiled-coaxial condenser, a thermostatic expansion valve, and a plate finned-tube coil evaporator. An experimental test rig has been built based on this configuration, and instrumented in detail to produce data for the verification of the simulation program. The results of this verification are discussed in detail. Studies of the effects of variation over large ranges of individual variables are also reported and discussed.

The simulation program will serve as a basis for future developments, which include the modelling of other types of components and configurations, and extension to variable speed heat pumps. A critical aspect of the whole process is the unavailability of good experimental data for verification and validation of the mathematical models and program modules.

Zusammenfassung

Mechanisch und thermisch angetriebene Wärmepumpen leisten nicht immer den erwarteten thermodynamischen Wirkungsgrad. Dies ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass die Effizienz der einzelnen Komponenten oft tiefer als praktisch möglich ist. Um die Leistungsfähigkeit von Wärmepumpen zu steigern stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung: die bessere Integration mit dem Heizsystem, zum Beispiel durch die Verwendung von Wärmespeicherung oder Drehzahlregelung, die Optimierung des Zusammenspiels zwischen den Komponenten der Wärmepumpe (matching) und schliesslich die Verbesserung der einzelnen Komponenten. Obwohl sich diese verschiedenen Verbesserungsmöglichkeiten nicht gegenseitig ausschliessen, befasst sich die vorliegende Arbeit mit der Verbesserung des Zusammenspiels zwischen den Komponenten bei Kompressionswärmepumpen, sowie mit der Verbesserung einzelner Wärmepumpekomponenten.

Die physikalischen Prozesse, die in den einzelnen Komponenten ablaufen, werden mit mathematischen Modellen beschrieben, welche in der Computersimulation eingesetzt werden. Das Simulationsprogramm ist modular aufgebaut und erlaubt die Simulation von verschiedenen Wärmepumpekonfigurationen und von verschiedenen Strömungsmedien für Quelle- und Senke. Als Beispiel dient eine Luft-Wasser Wärmepumpe mit einem hermetischen Hubkolbenverdichter, einem koaxialen Verflüssiger, einem thermostatischen Expansionsventil und ein Lamellenrohrwärmetauscher als Verdampfer. Aufgrund dieser Beschreibung wurde eine experimentelle Anlage aufgebaut und messtechnisch so ausgerüstet, dass Daten zur Verifikation des Simulationsprogrammes erfasst werden konnten. Die Resultate dieser Verifikation werden im Detail diskutiert. Der Einfluss der Veränderung der einzelnen Arbeitsbedingungen ist ebenfalls beschrieben und diskutiert.

Das Simulationsprogramm dient als Grundlage für die Modellierung von weiteren Komponententypen und Wärmepumpekonfigurationen sowie für die Ausdehnung auf drehzahlgeregelte Wärmepumpen. Eine der Schwierigkeiten bei der Verifikation und der Validierung von mathematischen Modellen und Programmen ist das Fehlen von zuverlässigen experimentellen Daten.