

Bibliografische Beschreibung

Baumgart, Rico

Thema: Reduzierung des Kraftstoffverbrauches durch
Optimierung von Pkw-Klimaanlagen

Dissertation an der Fakultät für Maschinenbau der Technischen Universität Chemnitz, Institut für Konstruktions- und Antriebstechnik, Professur Maschinenelemente, Chemnitz, 04.06.2010

Seitenzahl: 231

Anzahl der Abbildungen: 117

Anzahl der Tabellen: 19

Anzahl der Literaturzitate: 57

Referat:

Die Mehrheit der heutigen Automobile ist bereits serienmäßig mit einer Klimaanlage ausgestattet. Allerdings führt deren Benutzung mitunter zu einem erheblichen Kraftstoffmehrverbrauch und damit auch zu einer zusätzlichen CO₂-Emission.

In der vorliegenden Arbeit wird zunächst ein geometrie- und prozessbasiertes Simulationsmodell hergeleitet, welches die gesamte Klimaanlage einschließlich der Fahrgastzelle abbildet. Anschließend werden mit Hilfe dieses Simulationsmodells verschiedene Optimierungsansätze hinsichtlich der erreichbaren Kraftstoff- und CO₂-Einsparungen untersucht.

In den bisherigen Publikationen zu dieser Thematik werden oftmals nur hochsommerliche Umgebungsbedingungen betrachtet. Allerdings wird die Klimaanlage auch in den kälteren Jahreszeiten genutzt, um ein Beschlagen der Scheiben zu vermeiden. Daher sind, wie in dieser Arbeit gezeigt wird, zur Bewertung der einzelnen Modifikationen auch stets die Kraftstoffeinsparungen heranzuziehen, die innerhalb eines gesamten Jahres erreicht werden können.

Die Ergebnisse dieser Arbeit machen deutlich, dass sich mit verschiedenen Maßnahmen der Kraftstoffverbrauch teilweise beträchtlich reduzieren lässt und somit ein wesentlicher Beitrag zur Steigerung der Umweltverträglichkeit zukünftiger Fahrzeuge geleistet werden kann.

Schlagworte:

Pkw-Klimaanlagen, Kraftstoffverbrauchssenkung, Optimierung von Klimaanlagen, Simulation von Klimaanlagen, Reduzierung des CO₂-Ausstoßes

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen	XV
1 Einleitung	1
1.1 Aufbau und Funktionsweise einer Pkw-Klimaanlage.....	2
1.1.1 Kältekreisprozess	2
1.1.2 Kältemittelverdichter.....	3
1.1.3 Kondensator	5
1.1.4 Verdampfer.....	6
1.1.5 Thermostatisches Expansionsventil	6
1.1.6 Kältemittel.....	8
1.1.7 Klimagerät.....	8
1.2 Stand der Technik.....	9
1.3 Ziele und Aufbau der Arbeit	12
2 Simulationsmodell für den Kältemittelverdichter	15
2.1 Kinematische Grundlagen.....	15
2.2 Beschreibung des dynamischen Ventilverhaltens	19
2.2.1 Dämpfungskraft.....	21
2.2.2 Federkraft	23
2.2.2.1 Federkraft am Auslassventil.....	24
2.2.2.2 Federkraft am Einlassventil.....	29
2.2.3 Massenträgheitskraft	32
2.2.4 Druckkraft	35
2.2.5 Bewegungsgleichungen der Ventile.....	40
2.3 Beschreibung der Massenströme an den Ventilen	41
2.4 Beschreibung der thermodynamischen Vorgänge im Zylinder.....	44
2.5 Verdichtersimulation.....	48
2.6 Leistungen im Verdichter.....	52
2.6.1 Verlustleistungen und indizierte Leistung am Kolben.....	52
2.6.2 Verlustleistung an der Schwenkscheibe und Bestimmung des Kurbelgehäuse- druckes	61
2.6.3 Verlustleistungen an der Antriebswelle	66
2.6.4 Verlust- und Antriebsleistung des Verdichters	69
2.7 Kältemittelmassenströme im Verdichter.....	70
2.8 Druck und Temperatur am Ein- und Ausgang des Verdichters	72
2.9 Verdichterwirkungsgrade und Optimierungspotentiale	78
2.10 Vergleich von Simulations- und Messergebnissen	84

3 Simulationsmodell für die Wärmeübertrager	87
3.1 Grundlagen des Modells.....	87
3.2 Äußerer Wärmeübergangskoeffizient	89
3.3 Energiebilanzen für die Wärmeübertragerelemente.....	92
3.3.1 Massenstrom \dot{m}_L^i und Wassergehalt $x_{L,aus}^i$ der Luft.....	93
3.3.2 Enthalpien $h_{R,ein}^i$ und $h_{R,aus}^i$ des Kältemittels.....	95
3.4 Simulation der Wärmeübertrager	96
3.5 Simulationsergebnisse.....	97
4 Simulationsmodell für das Expansionsventil	101
5 Simulationsmodell für die Fahrgastzelle	107
5.1 Grundlagen des Modells.....	108
5.2 Wärmeübertragung durch langwellige Strahlung	110
5.2.1 Diskretisierung der Flächen	111
5.2.2 Numerische Bestimmung der Einstrahlzahlen	113
5.2.3 Berechnung der Strahlungswärmeströme.....	118
5.3 Sonnenstrahlung.....	120
5.3.1 Direkte Bestrahlung einer geneigten Fläche	120
5.3.2 Diffuse Bestrahlung einer geneigten Fläche	125
5.3.3 Reflektierte Strahlung von der Fahrbahn	123
5.3.4 Bestrahlung des Fahrzeuges.....	127
5.4 Wärmeübertragung durch Konvektion.....	128
5.4.1 Nußeltzahl bei erzwungener Konvektion.....	128
5.4.2 Nußeltzahl bei freier Konvektion.....	129
5.4.2.1 Geneigte und vertikale Flächen.....	131
5.4.2.2 Horizontale Flächen	132
5.4.3 Wärmeübergangszahl am Fahrer.....	133
5.4.4 Berechnung der konvektiven Wärmeströme	133
5.5 Atmung und Transpiration des Fahrzeuginsassen.....	135
5.6 Gleichungen zur Beschreibung des Klimas in der Fahrgastzelle.....	138
5.6.1 Zeitliche Änderung der Wasserdampfmasse in der Fahrgastzelle	138
5.6.2 Zeitliche Änderung der Temperatur in den Luftzonen.....	139
5.6.3 Zeitliche Änderung der Bauteiltemperaturen.....	142
5.7 Simulation des Klimas in der Fahrgastzelle.....	143
5.8 Vergleich von Simulations- und Messergebnissen	143
6 Simulation der gesamten Klimaanlage	149
6.1 Simulation des Kältekreisprozesses	149

6.2 Fahrzyklen und Umgebungsbedingungen	154
6.3 Behaglichkeitszustand in der Fahrgastzelle	158
6.4 Simulation der Klimaanlage.....	159
7 Betriebsverhalten und Kraftstoffmehrverbrauch einer Pkw-Klimaanlage	161
8 Reduzierung des Kraftstoffverbrauches durch Optimierung der Klimaanlage	171
8.1 Erhöhung der maximalen Luftaustrittstemperatur am Verdampfer	171
8.2 Unterbindung des Regelmassenstromes.....	174
8.3 Einsatz einer Riemenscheibe mit integrierter Magnetkupplung	175
8.4 Einsatz eines kleineren Verdichters mit geringerem maximalen Hubvolumen	177
8.5 Einsatz eines Zweigang-Riemenscheibengetriebes.....	180
8.5.1 Riemenscheibengetriebe mit Übersetzung ins Schnelle.....	180
8.5.2 Riemenscheibengetriebe mit Übersetzung ins Langsame	185
8.6 Stufenloser Antrieb eines Verdichters mit festem Hubvolumen.....	189
8.7 Zusammenfassung der Ergebnisse	193
8.8 Einsparpotentiale im Neuen Europäischen Fahrzyklus.....	195
9 Zusammenfassung und Ausblick	199
Literaturverzeichnis.....	203