

# Inhalt

<b>Vorwort zur 2. Auflage</b> .....	<b>V</b>
<b>Vorwort zur 1. Auflage</b> .....	<b>VII</b>
<b>1 Einleitung und Vorschau auf die Kapitel 2 bis 9</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Drehzahlverstellung zur bedarfsabhängigen Regelung von Verdichtern und Verflüssiger-Ventilatoren</b> .....	<b>9</b>
2.1 Funktionsprinzip des Frequenzumrichters .....	10
2.2 Bedarfsgerechte Leistungspassung von Verdichtern.....	13
2.2.1 Verdichterstart mit FU-Unterstützung .....	15
2.2.2 Energetische Einsparungen bei Verdichterbetrieb mit Frequenzumrichtern.....	16
2.3 Druckregelung von luftgekühlten Verflüssigern.....	20
2.3.1 Einsparungen bei der Regelung von luftgekühlten Verflüssigern mit Frequenzumrichtern.....	23
2.3.2 Regelkonzepte zur Drehzahlverstellung von Verflüssiger-Ventilatoren mit FU .....	24
2.4 Drehzahlverstellung von Verflüssiger-Ventilatoren mit EC-Motoren .....	27
2.5 Drehzahlverstellung von Verflüssiger-Ventilatoren durch Phasenanschnittsteuerungen.....	29
2.6 Amortisation von Frequenzumformern, EC-Motoren und Phasenanschnittsteuerungen.....	31
<b>3 Vorteile durch Austausch thermostatischer Expansionsventile (TEV) gegen elektronische Expansionsventile (EEV)</b> .....	<b>33</b>
3.1 Thermostatische und elektronische Expansionsventile: Funktion, konstruktive Ausführung und deren Wirksamkeit.....	34
3.2 Energetische Vorteile elektronischer Expansionsventile .....	41
3.3 Verdampferseitige Voraussetzungen zum optimalen Betrieb mit EEV .....	44
3.4 Anlagenseitige Voraussetzungen zum optimalen Betrieb mit EEV .....	45
3.4.1 Gleichmäßige Kältemittelverteilung auch bei kleinster Verdampferbelastung .....	46

3.4.2	Kontinuierliche Ölrückführung aus dem Verdampfer unter allen Betriebsbedingungen.....	50
3.4.3	Sicherstellung und Einfluss der Unterkühlung.....	51
3.5	Einsparpotenzial durch Einsatz von EEV .....	54
3.5.1	Einsparungen durch Absenkung des Verflüssigungsdrucks.....	55
3.5.2	Einsparungen durch Verkleinerung der Überhitzung.....	57
3.6	Grenzen für die Absenkung der Verflüssigungstemperatur .....	59
3.7	Unterschiede bei der Auslegung von TEV und EEV .....	60
3.8	Verflüssigungsdruckregelung – Vor- und Nachteile unterschiedlicher Regelungsverfahren bei Trockenexpansion.....	61
3.9	Beispiel : Welche prozentualen Einsparungen lassen sich jährlich mit EEV im Vergleich zu TEV realisieren? .....	64
3.9.1	Allgemeiner Lösungsvorschlag zu Bestimmung der jährlichen prozentualen Einsparungen nach Austausch der TEV gegen EEV.....	68
3.10	Amortisationsrechnung .....	69
<b>4</b>	<b>Wärmerückgewinnung bei gewerblichen und industriellen Kälteanlagen.....</b>	<b>73</b>
4.1	Wärmequellen in Kälteanlagen mit Hubkolbenverdichtern – Quantifizierung und Temperaturniveaus.....	77
4.1.1	Die Überhitzungswärme .....	79
4.1.2	Die Verflüssigungswärme .....	81
4.1.3	Die Überhitzungs- und Verflüssigungswärme.....	83
4.1.4	Wärmenutzung der Zylinderkopfkühlung .....	84
4.2	Ölkühler als Wärmequelle in Kälteanlagen mit Schraubenverdichtern.....	85
4.2.1	Wärmeleistung des Ölkühlers aus der Überhitzung .....	87
4.3	Wasserkreislauf der WRG.....	89
4.4	Rohrschaltungen und Anordnung der Wärmetauscher in WRG-Systemen .....	90
4.4.1	Wahl des WRG-Systems und der Rohrschaltung.....	93
4.5	Funktion und Konzepte der Regelung von WRG-Systemen .....	94
4.5.1	Vor- und Nachteile unterschiedlicher Bauarten von Kältemittelsammlern.....	97
4.6	Grundsätzliches zur Reihenschaltung von WRG-Verflüssigern .....	99
4.6.1	Reihenschaltung mit mechanischer Regelung .....	101
4.6.2	Reihenschaltung mit elektronischer Regelung .....	104
4.7	Grundsätzliches zur Parallelschaltung von WRG-Verflüssigern.....	107
4.7.1	Parallelschaltung mit mechanischer Regelung zur Warmwasserbereitung .....	109
4.7.2	Parallelschaltung mit elektronischer Regelung.....	115
4.7.3	Parallelschaltung mit mechanischer Regelung zur Lufterwärmung .....	118
4.8	Grundsätzliches zur gemischten Schaltung von WRG-Verflüssigern .....	120

4.8.1	Gemischte Schaltung mit mechanischer Regelung zur Kondensatableitung .....	121
4.8.2	Gemischte Schaltung für WRG-Verflüssiger oder Enthitzer mit kleinen Leistungen .....	125
4.8.3	Gemischte Schaltung mit elektronischer Regelung und Motorventil oder mit mechanischer Regelung zur Lufterwärmung .....	127
<b>5</b>	<b>Abwärmenutzung in der Kältetechnik .....</b>	<b>131</b>
5.1	Beispiel Mehrzweckhalle .....	135
5.2	Beispiel Warenhaus .....	138
5.3	Beispiel Anbindung Kunsteisbahn-Schwimmbad .....	139
5.4	Weitere Anwendungen zur Abwärmenutzung .....	142
<b>6</b>	<b>Energetische Auswirkungen durch Verunreinigung von Ammoniak-Kälteanlagen durch Fremdgase und Wasser .....</b>	<b>145</b>
6.1	Ursachen für die Ansammlung von Fremdgasen und Wasser in Ammoniak-Kreisläufen .....	146
6.2	Verfahren zum Nachweis von Fremdgasen und Wasser im Kältemittelkreislauf .....	149
6.3	Einfluss von Fremdgasen in Ammoniak-Kälteanlagen auf den Energieverbrauch .....	152
6.4	Einfluss von Wasser in Ammoniak-Kälteanlagen auf den Energieverbrauch .....	155
6.5	Beseitigung von Fremdgasen aus dem Kältemittelkreislauf .....	158
6.6	Entfernung von Wasser aus dem Kältemittelkreislauf .....	160
6.7	Auswirkung von Verunreinigungen auf Zuverlässigkeit und Lebensdauer von Ammoniak-Kälteanlagen .....	161
<b>7</b>	<b>Verluste durch Verschmutzungen an Wärmetauschern erkennen, begrenzen und beseitigen .....</b>	<b>167</b>
7.1	Entwicklung und Formen der Ablagerungsbildung .....	169
7.2	Verschlechterung des k-Werts durch Fouling .....	172
7.3	Maßnahmen gegen Fouling .....	176
7.3.1	Vorbeugende Maßnahmen gegen Fouling in der Projektierungsphase .....	177
7.3.2	Fouling während des Betriebes erkennen und begrenzen .....	179
7.3.3	Überwachung des Foulingverhaltens von Wärmetauschern .....	182
7.3.4	Überblick und Beispiele zu Reinigungsverfahren .....	185
<b>8</b>	<b>Abtauen von Verdampfern – ökonomisch und energiesparend .....</b>	<b>189</b>
8.1	Maßnahmen zur energetisch vorteilhaften und schonenden Abtauung .....	191
8.1.1	Die Entstehung von Reif und Eis einschränken .....	192

8.2	Verringerung des Energiebedarfs und Verbesserung der Betriebssicherheit bei Anwendung der gängigen Abtauverfahren.....	195
8.2.1	Umluft-Abtauerung.....	196
8.2.2	Elektrische Abtauerung .....	196
8.2.3	Heißgas-Abtauerung .....	198
8.2.4	Vermeidung von Störfällen bei Heißgas-Abtauerung .....	200
8.2.5	Abtauerung mit Warmsole .....	201
8.3	Einflüsse auf die Wirksamkeit verschiedener Abtauverfahren.....	205
8.3.1	Der Abtauwirkungsgrad – ein bedeutendes Kriterium zur Bewertung des Abtauprozesses .....	206
8.3.2	Einfluss des Abtauverfahrens auf den Abtauwirkungsgrad .....	213
8.4	Betriebsarten der Abtauerung .....	214
8.4.1	Zwangsabtauerung .....	214
8.4.2	Bedarfsabtauerung .....	215
8.5	Ausblick auf zukünftige Entwicklungen zur Abtauerung von Verdampfern .....	218
<b>9</b>	<b>Nutzung fortschrittlicher Automatisierungstechnik zur Energieeinsparung und zur Steigerung der Betriebssicherheit.....</b>	<b>219</b>
9.1	Automatisierungstechnik zur Modernisierung von Bestandsanlagen .....	219
9.2	Beispiele für den Einsatz fortschrittlicher Kälte-Elektronik .....	221
9.2.1	Anwendung und wichtigste Funktionen des Verbundleistungsreglers AK-PC 551 .....	222
9.2.2	Einsatz und Anwendung des Mess- und Diagnoseverfahrens, ClimaCheck Performance Analyser’ .....	226
	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>231</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>235</b>
	<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>241</b>