

# OBSAH

	<b>Přehled veličin . . . . .</b>	<b>10</b>
	<b>Úvod . . . . .</b>	<b>12</b>
<b>1</b>	<b>Základy automatické regulace chladicích zařízení . . . . .</b>	<b>13</b>
1.1	Podstata regulace . . . . .	13
1.2	Regulované soustavy . . . . .	14
1.2.1	Vlastnosti regulovaných soustav . . . . .	15
1.2.2	Tepelné soustavy chladicích zařízení . . . . .	19
1.3	Regulátory . . . . .	21
1.3.1	Spojité regulátory . . . . .	21
1.3.2	Nespojité dvoupolohové regulátory . . . . .	23
1.3.3	Nespojité stupňové regulátory . . . . .	25
1.3.4	Zpětná vazba . . . . .	26
1.4	Regulační obvod . . . . .	28
1.4.1	Regulační obvod se spojitou regulací . . . . .	28
1.4.2	Regulační obvod s nespojitou regulací . . . . .	30
1.4.2.1	Regulační obvod se závislostí množství energie, protékající soustavou, na hodnotě regulované veličiny . . . . .	31
<b>2</b>	<b>Regulace teploty chlazeného prostředí . . . . .</b>	<b>33</b>
2.1	Ustálený stav . . . . .	33
2.2	Prostředky k regulaci teploty chlazeného prostředí . . . . .	35
2.3	Dvoupolohová regulace . . . . .	35
2.3.1	Regulace prostorovým termostatem . . . . .	38
2.3.1.1	Diference chlazeného prostoru . . . . .	38
2.3.1.2	Střední teplota chlazeného prostoru . . . . .	39
2.3.2	Regulace výparníkovým termostatem a presostatem . . . . .	41
2.3.2.1	Srovnání s regulací prostorovým termostatem . . . . .	43
2.3.3	Délka pracovního cyklu dvoupolohové regulace . . . . .	45
2.3.4	Grafické řešení dvoupolohové regulace chladicích okruhů . . . . .	45
2.4	Hospodárnost regulace teploty chlazeného prostředí . . . . .	48
2.5	Regulace teploty velkých chlazených prostorů . . . . .	50
<b>3</b>	<b>Konstrukce elektrických regulátorů teploty a tlaku . . . . .</b>	<b>51</b>
3.1	Orgány citlivé ke změnám teploty . . . . .	51
3.1.1	Termostatické články založené na tepelné roztažnosti kovů . . . . .	51
3.1.2	Termostatické články založené na roztažnosti kapalin . . . . .	52
3.1.3	Termostatické články založené na teplotní roztažnosti při změně skupenství . . . . .	54
3.1.4	Termostatické články založené na závislosti tlaku a teploty nasycených par . . . . .	55
3.1.5	Termostatický článek založený na závislosti tlaku plynu na teplotě adsorbentu . . . . .	58
3.1.6	Elektrická čidla teploty . . . . .	58
3.1.6.1	Odporové teploměry . . . . .	59
3.1.6.2	Termočlánky . . . . .	59
3.1.6.3	Termistory . . . . .	60
3.1.6.4	Elektrické čidlo změny skupenství vody . . . . .	60

3.2	Mechanismy elektrických regulátorů teploty a tlaku . . . . .	61
3.2.1	Pružné členy kapalinových a parních článků . . . . .	62
3.2.2	Mechanismy zvyšující spínací výkon kontaktů . . . . .	65
3.2.2.1	Klopný mechanismus pružinový . . . . .	66
3.2.2.2	Klopný mechanismus magnetický . . . . .	68
3.2.2.3	Klopný mechanismus membránový . . . . .	69
3.2.2.4	Klopný mechanismus vačkový . . . . .	70
3.2.2.5	Spínací mechanismy s kontakty v inertní atmosféře . . . . .	71
3.2.2.6	Zhášecí magnet . . . . .	72
3.2.3	Spínací difference přístroje . . . . .	72
3.2.3.1	Mechanismy zvyšující spínací diferenci . . . . .	73
3.3	Prostorové termostaty s ohřívacími čidly . . . . .	75
3.4	Konstrukční uspořádání přístrojů . . . . .	75
<b>4</b>	<b>Expanzní ventily . . . . .</b>	<b>79</b>
4.1	Plovákové regulátory . . . . .	79
4.1.1	Nizkotlaké plovákové ventily . . . . .	79
4.1.1.1	Umístění plovákového ventilu nad výparníkem nebo pod výparníkem . . . . .	81
4.1.2	Nepřímé regulátory hladiny chladiva ve výparníku . . . . .	83
4.1.3	Vysokotlaké plovákové regulátory . . . . .	85
4.1.4	Výpočet plovákového mechanismu . . . . .	86
4.2	Termostatické expanzní ventily . . . . .	87
4.2.1	Přehřátí par vystupujících z výparníku . . . . .	88
4.2.2	Vliv náplně termostatického článku na přehřátí . . . . .	89
4.2.2.1	Náplň s méně strmou charakteristikou . . . . .	90
4.2.2.2	Náplň s posunutou charakteristikou . . . . .	91
4.2.2.3	Náplň adsorpční . . . . .	92
4.2.2.4	Omezená náplň . . . . .	92
4.2.3	Přehřátí a využití plochy výparníku . . . . .	93
4.2.4	Otevírací přehřátí a stabilita regulačního pochodu . . . . .	94
4.2.5	Časová konstanta čidla a stabilita regulačního pochodu . . . . .	95
4.2.6	Vnější vyrovnávání tlaku pod membránou ventilu . . . . .	96
4.2.7	Volba termostatického expanzního ventilu . . . . .	97
4.2.8	Termostatický expanzní ventil s ohřívacím čidlem . . . . .	98
4.2.9	Elektrický expanzní ventil . . . . .	98
4.2.10	Rozdělovače chladiva . . . . .	100
4.3	Automatický expanzní ventil . . . . .	103
4.4	Příklady konstrukce expanzních ventilů . . . . .	105
4.5	Kapilární trubice . . . . .	108
4.6	Průtok chladiva regulačním ventilem . . . . .	112
<b>5</b>	<b>Regulátory průtoku chladiva beze změny fáze . . . . .</b>	<b>117</b>
5.1	Tlakový škrticí ventil . . . . .	117
5.2	Termostatický škrticí ventil . . . . .	118
5.3	Vodní ventily . . . . .	119
5.3.1	Automatický vodní ventil . . . . .	120
5.3.2	Termostatický vodní ventil . . . . .	122
5.4	Zpětné ventily . . . . .	123
5.5	Servomechanismy . . . . .	124
5.5.1	Servoventily . . . . .	124
5.6	Elektrické ventily . . . . .	127
5.6.1	Elektromagnetické ventily . . . . .	127
5.6.2	Elektromotorické ventily . . . . .	128
<b>6</b>	<b>Automatizace provozu kompresorů . . . . .</b>	<b>131</b>
6.1	Chladič okruh a regulace výkonu kompresoru . . . . .	131

6.2	Pístové kompresory . . . . .	132
6.2.1	Rozběh kompresoru . . . . .	132
6.2.2	Točivý moment kompresoru při zchlazování . . . . .	134
6.3	Regulace výkonu kompresoru . . . . .	136
6.3.1	Dvupolohová regulace výkonu kompresoru . . . . .	137
6.3.2	Stupňová a spojitá regulace . . . . .	137
6.3.3	Škrcení průtoku par nasávaných kompresorem . . . . .	141
6.3.4	Přepouštění par z výtlaku do sání kompresoru . . . . .	142
6.3.5	Regulační mechanismy pístového kompresoru . . . . .	143
6.3.5.1	Stupňová regulace odtlačováním destiček sacích ventilů . . . . .	143
6.3.5.2	Regulace částečným obtokem . . . . .	146
6.3.5.3	Regulace zvětšením škodlivého prostoru . . . . .	147
6.3.6	Hospodárnost způsobů regulace výkonu . . . . .	148
6.4	Regulace teploty par vystupujících z kompresoru . . . . .	149
6.5	Automatizace šroubového kompresoru . . . . .	149
6.6	Regulace turbokompresoru . . . . .	150
6.7	Regulace proudových kompresorů . . . . .	152
<b>7</b>	<b>Regulace sorpčních zařízení . . . . .</b>	<b>154</b>
7.1	Regulace množství tepla přiváděného vypuzovači . . . . .	155
7.2	Regulace oběhu roztoku . . . . .	155
7.3	Regulace množství chladicí vody . . . . .	156
7.4	Regulace množství tepla odvedeného z rektifikátoru . . . . .	156
7.5	Regulace malých absorpčních zařízení . . . . .	157
<b>8</b>	<b>Chladicí zařízení s několika výparníky . . . . .</b>	<b>158</b>
8.1	Chladicí zařízení s několika výparníky v jednom chlazeném prostoru . . . . .	158
8.2	Chladicí zařízení s několika chlazenými prostory a společnou relativní dobou odvádění tepla $\psi$ . . . . .	159
8.2.1	Chladicí zařízení se společnou vypařovací teplotou . . . . .	159
8.2.2	Chladicí zařízení s několika vypařovacími teplotami . . . . .	162
8.3	Chladicí zařízení s individuální regulací teploty chlazených prostorů . . . . .	166
8.4	Chladicí okruhy s recirkulací kapalného chladiva . . . . .	169
<b>9</b>	<b>Regulace kondenzátorů . . . . .</b>	<b>173</b>
9.1	Kondenzační tlak . . . . .	173
9.2	Regulace vzdušných kondenzátorů . . . . .	175
9.2.1	Zaplavení vnitřní plochy kondenzátoru chladivem . . . . .	175
9.2.2	Vyřazování větví kondenzátoru . . . . .	177
9.2.3	Stupňová a spojitá regulace množství vzduchu procházejícího kondenzátorem . . . . .	177
9.3	Regulace vodních kondenzátorů . . . . .	180
9.4	Automatizace odpařovacího kondenzátoru a chladicí věže . . . . .	182
9.5	Regulace průtoku chladiva okruhem při nízkém kondenzačním tlaku . . . . .	182
9.6	Regulace tepelných čerpadel . . . . .	184
<b>10</b>	<b>Automatizace cirkulace oleje . . . . .</b>	<b>187</b>
10.1	Směs chladiva a oleje . . . . .	187
10.2	Olej ve výparníku . . . . .	188
10.2.1	Odlučovač oleje . . . . .	189
10.2.2	Odvádění podílu kapalného chladiva z výparníku . . . . .	190
10.3	Olej ve skříní kompresoru . . . . .	191
10.3.1	Udržování stavu oleje ve skříní kompresoru . . . . .	192
<b>11</b>	<b>Automatické odtávání výparníků . . . . .</b>	<b>194</b>
11.1	Tvorba námrazy a její důsledky . . . . .	194

11.2	Zdroje tepla pro odtávání . . . . .	195
11.2.1	Odtávání elektrickým proudem . . . . .	195
11.2.2	Odtávání horkými párami chladiva . . . . .	196
11.2.2.1	Odtávání gravitační . . . . .	196
11.2.2.2	Odtávání kompresním teplem . . . . .	197
11.2.2.3	Odtávání naakumulovaným teplem . . . . .	199
11.2.2.4	Odtávání tepelným čerpadlem . . . . .	201
11.2.3	Odtávání vodou nebo solankou . . . . .	204
11.2.4	Ochrana proti tvoření námrazy cirkulací solanky . . . . .	204
11.3	Signál k zahájení a ukončení odtávacího děje . . . . .	205
11.3.1	Odtávání poloautomatické . . . . .	205
11.3.2	Odtávání po každém cyklu dvoupolohové regulace . . . . .	205
11.3.3	Časové odtávání . . . . .	207
11.3.4	Ukončení odtávání výparníkovým termostatem . . . . .	208
11.3.5	Zahájení odtávání presostatem . . . . .	208
11.3.6	Zahájení odtávání diferenčním presostatem nebo termostatem . . . . .	209
<b>12</b>	<b>Automatické vypouštění nekondenzujících plynů . . . . .</b>	<b>211</b>
12.1	Fyzikální podstata odlučování nekondenzujících plynů . . . . .	211
12.2	Odlučovače nekondenzujících plynů . . . . .	212
<b>13</b>	<b>Regulace vlhkosti a složení atmosféry . . . . .</b>	<b>214</b>
13.1	Stavové změny vlhkého vzduchu . . . . .	214
13.2	Ustálený stav vlhkosti chlazeného prostoru . . . . .	215
13.3	Prostředky k regulaci vlhkosti chlazených prostorů . . . . .	218
13.4	Regulátory vlhkosti . . . . .	219
13.5	Umělá atmosféra chladíren . . . . .	220
<b>14</b>	<b>Jištění a sledování provozu chladicích zařízení . . . . .</b>	<b>221</b>
14.1	Ochrana proti překročení nejvyššího pracovního přetlaku . . . . .	221
14.1.1	Pojistné ventily . . . . .	222
14.1.2	Průrazové pojistky . . . . .	225
14.1.3	Přetlakový jistič . . . . .	227
14.2	Jištění proti nízkému sacímu tlaku . . . . .	228
14.3	Jištění poháněcího stroje kompresoru proti přetížení . . . . .	229
14.4	Jištění okruhu mazacího oleje kompresoru . . . . .	230
14.5	Jištění kompresoru proti kapalinovým rázům . . . . .	231
14.6	Jištění vodních kondenzátorů proti přerušení dodávky chladicí vody . . . . .	232
14.7	Jištění chladičů kapalin proti zamrznutí . . . . .	233
14.8	Jištění sorpčních zařízení s plynovým topením . . . . .	233
14.9	Sledování provozu chladicích zařízení . . . . .	234
<b>15</b>	<b>Příklady automatizace chladicích zařízení . . . . .</b>	<b>237</b>
15.1	Hlediska pro navrhování automatizace chladicích zařízení . . . . .	237
15.2	Chladicí zařízení pro jeden chlazený prostor se vzdušným kondenzátorem a regulací teploty prostorovým termostatem . . . . .	238
15.3	Chladicí zařízení s průtokovým chladičem kapaliny pro velký rozsah chladicích výkonů . . . . .	238
15.4	Navrhování elektrických schémat řízení s pomocí algebry logiky . . . . .	239
15.4.1	Chladicí zařízení se třemi chlazenými prostory . . . . .	240
15.4.2	Signalizace současně vychlazovaných prostorů . . . . .	243
15.4.3	Regulace výkonu kompresoru . . . . .	244
15.5	Servoventily v chladicích okruzích . . . . .	245
15.5.1	Chladicí zařízení s několika chlazenými prostory, regulací teploty termostatickými škrtkovými ventily a s odtáváním kondenzačním teplem . . . . .	247
15.5.2	Chladicí okruh klimatizačního zařízení . . . . .	248

15.6	Regulace dvoustupňových chladicích okruhů . . . . .	250
15.6.1	Chladicí zařízení s recirkulací kapalného chladiva . . . . .	253
<b>16</b>	<b>Provozní závady chladicích zařízení, související s automatizací . . . . .</b>	<b>257</b>
16.1	Změny množství a vlastností chladiva a oleje . . . . .	257
16.1.1	Nedostatek chladiva v okruhu . . . . .	257
16.1.2	Voda a nečistoty v chladivu . . . . .	258
16.2	Poruchy regulačních přístrojů . . . . .	261
16.2.1	Poruchy elektrických spínacích přístrojů . . . . .	261
16.2.2	Poruchy expanzních ventilů . . . . .	261
16.2.2.1	Netěsnost sedla a jehly expanzního ventilu . . . . .	261
16.2.2.2	Netěsnost krycí matice nebo šroubu automatického expanzního ventilu . . . . .	262
16.2.2.3	Prasknutí membrány automatického expanzního ventilu . . . . .	262
16.2.2.4	Únik náplně článku termostatického expanzního ventilu . . . . .	263
16.2.2.5	Zkoušení expanzních ventilů . . . . .	263
16.2.3	Kontrola těsnosti termostatických článků . . . . .	265
16.2.3.1	Kontrola těsnosti článků plněných mokrou párou . . . . .	265
16.2.3.2	Kontrola těsnosti článků s omezenou náplní M. O. P. a článků s adsorpční náplní . . . . .	265
16.2.4	Poruchy elektromagnetických ventilů . . . . .	266
16.2.5	Poruchy automatických vodních ventilů . . . . .	266
16.3	Projekční závady . . . . .	267
16.3.1	Kompresor je výše než výparník . . . . .	267
16.3.2	Montáž čidla termostatického expanzního ventilu . . . . .	268
16.3.3	Chladicí okruhy s několika výparníky . . . . .	269
16.3.4	Výparníky s rozdělovači chladiva . . . . .	271
16.3.5	Kolébání sacího tlaku . . . . .	272
16.3.6	Pára v kapalném chladivu přitékajícím k expanznímu ventilu . . . . .	273
<b>17</b>	<b>Ekonomické aspekty automatizace chladicích zařízení . . . . .</b>	<b>274</b>
17.1	Ekonomický efekt automatizace . . . . .	274
17.2	Spolehlivost automatizace . . . . .	275
17.2.1	Pravděpodobnost bezporuchové činnosti přístroje . . . . .	276
17.2.2	Střední doba bezporuchové činnosti . . . . .	276
17.2.3	Intenzita poruch . . . . .	277
17.2.4	Spolehlivost složitých zařízení . . . . .	278
17.2.5	Analýza malého počtu vzorků . . . . .	278
17.2.6	Metody zvyšování spolehlivosti . . . . .	280
	<b>Literatura . . . . .</b>	<b>282</b>