

OBSAH

strana

1. ÚVOD	9
1.1. Nutnost regulace	9
1.2. Obecné zásady pro dobrou regulovatelnost	10
1.2.1. Teplotní spád soustavy	11
1.2.2. Potrubní síť	11
1.2.3. Otopná tělesa	11
1.2.4. Expanzní zařízení	12
1.2.5. Regulační armatury	12

2. ZÁKLADNÍ POJMY A ÚVOD DO REGULAČNÍ TECHNIKY	14
2.1. Regulovaná soustava	14
2.1.1. Statické charakteristiky	14
2.1.2. Dynamické charakteristiky	14
2.2. Regulační obvod a jeho členy	15
2.3. Regulátory	16
2.3.1. Vlastnosti regulátoru	17
2.4. Rozdělení regulátorů podle fyzikálního principu	18
2.4.1. Regulátory mechanické	18
2.4.2. Regulátory pneumatické	19
2.4.3. Regulátory hydraulické	19
2.4.4. Regulátory elektrické	19
2.5. Rozdělení regulátorů podle statických přenosových vlastností	19
2.5.1. Regulátory spojitě	19
2.5.2. Regulátory nespojitě	19
2.5.2.1. Dvoubodový regulátor	19
2.5.2.2. Tříbodový regulátor	20
2.6. Rozdělení regulátorů podle přenosových vlastností	21
2.6.1. Regulátor typu P	21
2.6.2. Regulátor typu PI	22
2.6.3. Regulátor typu PD	23
2.6.4. Regulátor typu PID	24
2.7. Volba typu regulátoru	24
2.8. Nastavování parametrů regulátoru	24

3. SOUČÁSTI REGULAČNÍCH OBVODŮ	26
3.1. Akční člen	26
3.2. Snímače	26
3.3. Snímače neelektrických veličin	27
3.3.1. Principy měření neelektrických veličin	27
3.3.1.1. Odporové tenzometry	27
3.3.1.2. Odporová čidla	27
3.3.1.3. Odporové snímače potenciometrické	28
3.3.1.4. Indukční snímače	28
3.3.1.5. Kapacitní snímače	29
3.3.2. Snímače teploty, tlaku, průtoku, vlhkosti a kvality ovzduší	29
3.3.2.1. Základní údaje o snímačích	29
3.3.2.2. Snímače teploty	30
3.3.2.2.1. Teploměry s odporovým vysílačem	30
3.3.2.2.2. Termistory	30

3.3.2.2.3.	Odporové snímače teploty	31
3.3.2.2.4.	Termoelektrické snímače teploty	32
3.3.2.3.	Snímače vlhkosti	33
3.3.2.3.1.	Příklady použití čidel vlhkosti	34
3.3.2.4.	Snímače tlaku	34
3.3.2.5.	Snímače průtoku	35
3.3.2.5.1.	Základní principy měření průtoku	35
3.3.2.5.2.	Stanovení základních parametrů měření	35
3.3.2.5.3.	Ultrazvukové měření průtoku v uzavřeném potrubí	36
3.3.2.5.4.	Měření průtoku pomocí sond typu Annubar® Dieterich Standard	37
3.3.2.5.5.	Měření průtoku pomocí průtokoměru s vířivým principem	38
3.3.2.6.	Čidla kontroly průtoku kapalin	38
3.3.2.6.1.	Mechanický průtokoměr	38
3.3.2.6.2.	Čidla průtoku kalorimetrická	38
3.3.2.7.	Čidla kvality ovzduší	39
3.4.	Umístění čidel v praxi	40
3.4.1.	Umístění teplotních prostorových čidel	40
3.4.2.	Příložná čidla	41
3.4.3.	Čidla s regulační elektronikou	42
3.4.4.	Rychlost proudění média v potrubí	42
4. REGULÁTORY		44
4.1.	Samostatné regulátory (s pevným algoritmem)	44
4.1.1.	Ekvitermní regulátor	44
4.1.1.1.	Adaptace topné křivky	46
4.1.2.	Regulátor kaskády kotlů	47
4.2.	Regulátor s předdefinovatelnými regulačními okruhy	49
4.3.	Regulátory volně programovatelné	49
5. REGULAČNÍ ARMATURY		50
5.1.	Základní pojmy	50
5.1.1.	Jmenovitá světlost DN	50
5.1.2.	Jmenovitý tlak PN	50
5.1.3.	Maximální pracovní teplota	50
5.1.4.	Průtokový součinitel	50
5.1.4.1.	Průtokový součinitel A_v	51
5.1.4.2.	Průtokový součinitel K_v	51
5.1.4.3.	Průtokový součinitel C_v	52
5.1.4.4.	Vzájemné převody průtokových součinitelů	52
5.1.4.5.	Převod ztrátového a průtokového součinitele	53
5.1.5.	Průtočná charakteristika	53
5.1.5.1.	Lineární průtočná charakteristika	53
5.1.5.2.	Rovnoprocentní průtočná charakteristika	54
5.1.5.3.	Zvláštní charakteristiky	55
5.1.5.3.1.	Parabolická průtočná charakteristika	55
5.1.5.3.2.	Průtočná charakteristika LDMspline®	56
5.1.6.	Regulační poměr	56
5.1.7.	Autorita ventilu	57
5.1.7.1.	Vliv autority na deformaci průtočné charakteristiky armatury	57
5.1.8.	Regulační charakteristika procesu	61
5.1.9.	Součinitel přenosu (zesílení) soustavy	62
5.1.10.	Netěsnost	64
5.1.11.	Kavitace	64

5.1.12.	Hluk	65
5.2.	Dvoucestné regulační ventily	67
5.2.1.	Návrh dvoucestného regulačního ventilu	68
5.3.	Třícestné regulační ventily	71
5.3.1.	Návrh třícestného regulačního ventilu	73
5.4.	Třícestné a čtyřcestné směšovací klapky	74
5.5.	Sériově a paralelně řazené ventily	75
5.5.1.	Návrh paralelně řazených ventilů	75
5.6.	Regulace diferenčního tlaku	77
5.6.1.	Přepouštěcí ventily	78
5.6.1.1.	Návrh přepouštěcího ventilu	79
5.6.2.	Regulátory diferenčního tlaku	80
5.6.2.1.	Návrh regulátoru diferenčního tlaku	81
5.6.3.	Porovnání regulace diferenčního tlaku a přepouštění	83
5.7.	Specifika návrhu směšovacích uzlů	84
5.7.1.	Třícestný ventil zatížený primárním tlakem	84
5.7.2.	Dvoucestný ventil v kombinaci s pevným zkratem	90
5.7.3.	Třícestný ventil zatížený primárním podtlakem	92
6.	ZDROJE TEPLA – KOTELNY	96
6.1.	Hydraulická zapojení	96
6.1.1.	Tlakový rozdělovač	97
6.1.2.	Beztlaký rozdělovač	99
6.1.3.	Zkrat v kotlovém okruhu	100
6.1.4.	Termohydraulický rozdělovač	102
6.1.5.	Hydraulický věnec	102
6.1.6.	Zapojení více kotlů	105
6.2.	Ochrana kotle proti nízkoteplotní korozi	110
6.2.1.	Minimální průtok kotle	112
6.2.2.	Požadavek na minimální teplotu ve vratném potrubí	113
6.2.3.	Požadavek na minimální průtok kotle a minimální teplotu zpátečky	115
6.2.4.	Stanovení dopravního tlaku čerpadla v obvodu kotle	117
6.3.	Zdroje tepla a ohřev TUV	120
6.4.	Příklady hydraulického zapojení kotlů	125
6.4.1.	Hydraulické zapojení s beztlakým rozdělovačem	125
6.4.2.	Hydraulické zapojení s termohydraulickým rozdělovačem	126
6.4.3.	Hydraulické zapojení s hydraulickým věncem	127
6.4.4.	Zdroj tepla s kondenzačním kotle jako vedoucím	128
6.4.5.	Zdroj tepla obsahující kotel s ekonomizérem a kotel pro špičkový výkon	129
6.4.6.	Termohydraulický rozdělovač a více kondenzačních kotlů	130
7.	ZDROJE TEPLA - VÝMĚNIKOVÉ STANICE	135
7.1.	Zapojení výměnikových stanic typu horká voda – voda	136
7.1.1.	Zapojení primární strany VS	136
7.1.1.1.	Zapojení pouze s regulačním ventilem s havarijní funkcí	136
7.1.1.2.	Zapojení s havarijním ventilem s funkcí regulace tl. difference	137
7.1.1.3.	Zapojení s ventilem s havarijní funkcí a regulátorem tlakové difference	138
7.1.1.4.	Zapojení s havarijním a regulačním ventilem a s regulací tl. difference	138
7.1.2.	Zapojení sekundární strany VS	140
7.1.2.1.	Regulace teploty prostřednictvím výměníku	140
7.1.2.2.	Regulace teploty směšováním	141
7.2.	Zapojení výměnikových stanic typu pára – voda	143
7.2.1.	Zvláštnosti regulace parních výměníků Glazer	148

7.3.	Výhody a nevýhody regulace na parní či kondenzátní straně	150
7.4.	Malé domovní stanice (změna koncepce zásobování teplem)	152

8. PŘÍPRAVA TUV 159

8.1.	Stanovení potřebného tepelného výkonu pro ohřev TUV	159
8.2.	Tlakové a teplotní parametry teplosnosného média	161
8.3.	Měření množství tepla	161
8.4.	Základní způsoby přípravy TUV	161
8.4.1.	Průtočný ohřev TUV	161
8.4.2.	Akumulační ohřev TUV ve stojatých či ležatých boilerech	162
8.4.3.	Průtočný ohřev TUV s použitím malé akumulační nádrže jako rozšířené potrubí	163
8.4.4.	Ohřev TUV ve výměníku tepla, který je paralelně přiřazen akumulační nádrži	164
8.4.5.	Speciální zapojení přípravy TUV	165

9. ZAPOJENÍ OKRUHŮ ROZDĚLOVAČŮ A SPOTŘEBIČŮ 166

9.1.	Úvod	166
9.2.	Okruhy s dvoucestnou armaturou	166
9.2.1.	Okruhy s dispozičním tlakem v primární části	166
9.2.2.	Okruh s pasivním tlakem v primární části	169
9.3.	Okruhy s třicestnou armaturou	169
9.3.1.	Okruhy s dispozičním tlakem v primární části	169
9.3.2.	Okruhy s pasivním tlakem v primární části	172
9.4.	Okruhy rozdělovačů	173
9.4.1.	Tlakový rozdělovač s konstantním průtokem	173
9.4.2.	Tlakový rozdělovač s proměnným průtokem	174
9.4.3.	Beztlaký rozdělovač	174

10. PŘÍKLAD ZAPOJENÍ REGULAČNÍHO SYSTÉMU 176

10.1.	Okruh č. 1 - regulace teploty výměníku tepla	176
10.2.	Okruh č. 2 - regulace teploty TUV	177
10.3.	Okruh č. 3 - regulace teploty ÚT	178
10.4.	Okruh č. 4 - poruchová signalizace	179
10.5.	Pravidla při zpracování projektů MaR	179

LITERATURA 181

1. ČSN EN 12831:2013 Tepelné ztráty budov – Výpočet
2. ČSN EN 12831:2013 Tepelné ztráty budov – Výpočet
3. ČSN EN 12831:2013 Tepelné ztráty budov – Výpočet

1.1. Normativní odkazy

Návrh každé soustavy musí být proveden výpočtem tepelných ztrát. Výpočet by měl být proveden pro každou místnost a pro celou soustavu. Výpočet by měl být proveden pro každou místnost a pro celou soustavu. Výpočet by měl být proveden pro každou místnost a pro celou soustavu.

Výpočet tepelných ztrát se může provádět nepřímo, podle ČSN EN 12831:2013, kde jsou mimo jiné definovány i oblasti výpočtové teploty, se kterými tento výpočet pracuje. Výpočtové teploty představují v dané oblasti statisticky téměř nejvyšší teploty v otopném období. Proto je každá soustava prakticky navrhována na nejnepríznivější stav, jehož časové trvání je během celé sezóny zanedbatelné, viz obr. 1.1, a proto je každá soustava pro naprostou většinu otopného období předimenzována.