

OBSAH

1. ÚVOD	10
2. HYDRAULICKÝ VÝPOČET POTRUBNÍCH SÍTÍ	11
2.1 Základy mechaniky tekutin	11
2.1.1 Statika tekutin	13
2.1.2 Proudění tekutin	14
2.1.3 Základní vztahy	15
2.1.3.1 Rovnice kontinuity	16
2.1.3.2 Rovnice pohybová	17
2.1.3.3 Věta o změně hybnosti	19
2.1.3.4 Rovnice energie	20
2.2 Tlakové ztráty	21
2.2.1 Tlaková ztráta třením	21
2.2.2 Určení hydraulického exponentu	26
2.2.3 Tlakové ztráty místními odpory	27
2.2.4 Celková tlaková ztráta	28
2.2.5 Vztah mezi jmenovitým průtokem k_v a měrným hydraulickým odporem C	29
2.2.6 Části potrubních úseků za sebou – sériové řazení ...	30
2.2.7 Části potrubních úseků vedle sebe –paralelní řazení	31
2.2.8 Hydraulický exponent sítě jako celku	33
2.3 Charakteristika potrubní sítě a čerpadla	34
2.4 Volba oběhového čerpadla	35
2.5 Volba oběhového čerpadla na základě pracovního bodu	36
2.6 Regulace čerpadel	38
2.6.1 Změna dopravního množství škrcením	42
2.6.2 Regulace dopravního množství obtokem	44
2.6.3 Regulace změnou otáček	45
2.6.4 Regulace na konstantní dopravní tlak ($\Delta p - c$).....	47
2.6.5 Regulace na variabilní dopravní tlak ($\Delta p - v$)	48
2.6.6 Regulace podle teploty ($\Delta p - T$)	48
2.6.7 Využití fuzzy-logiky k řízení čerpadel	49
2.7 Přepočtové vztahy	49
2.8 Sériový a paralelní provoz čerpadel	51
2.8.1 Paralelní provoz čerpadel	51
2.8.2 Sériový provoz čerpadel	51
2.9 Čerpadlo v obtoku kotle	54
2.9.1 Minimální průtok kotlem	57
2.9.2 Požadavek na minimální teplotu zpátečky	58
2.9.3 Požadavek na minimální průtok kotlem a minimální teplotu zpátečky	62
2.9.4 Stanovení dopravního tlaku čerpadla v obtoku kotle..	64

3. PRVOTNÍ NASTAVENÍ POTRUBNÍ SÍTĚ VÝPOČTEM	67
3.1 Protiproudá vertikální dvoutrubková otopná soustava	67
3.2 Protiproudá horizontální dvoutrubková otopná soustava	68
3.3 Souproudá dvoutrubková otopná soustava	72
4. VYVÁŽENÍ POTRUBNÍ SÍTĚ VYVAŽOVACÍMI VENTILY	74
4.1 Vyvažovací ventil a modul	74
4.1.2 Vyvažování modulu	75
4.1.3 Hierarchie modulů a vyvažovacích ventilů	76
4.1.4 Vyvažování rozvodů TUV	78
4.2 Metody vyvažování potrubních sítí	79
4.2.1 Metoda přednastavení	79
4.2.2 Metoda iterační	80
4.2.3 Metoda proporcionální	80
4.2.4 Metoda kompenzační	83
5. REGULAČNÍ ARMATURY	86
5.1 Charakteristiky a základní veličiny	86
5.1.1 Jmenovitý průtok - k_v hodnota	86
5.1.2 Autorita ventilu P_v	88
5.1.3 Charakteristiky ventilů	91
5.1.4 Změna výkonu	94
5.2 Termostatické ventily pro otopná tělesa	97
5.3 Regulátory tlakové difference	108
5.3.1 Návrh regulátoru tlakové difference	111
5.3.2 Stabilizace tlakové difference u regulačního ventilu ...	114
5.4 Regulátory objemového průtoku	115
5.5 Přepouštěcí ventily	118
5.5.1 Návrh přepouštěcího ventilu	120
5.5.2 Porovnání regulace tlakové difference a přepouštění ..	122
5.6 Trojcestné armatury	122
5.7 Čtyřcestné armatury	125
6. HYDRAULICKÁ ZAPOJENÍ	130
6.1 Hydraulická zapojení regulačních ventilů	130
6.1.1 Zapojení bez čerpadla v okruhu zdroje tepla	131
6.1.2 Zapojení s čerpadlem v okruhu zdroje tepla	131
6.1.3 Tlakový rozdělovač	137
6.1.4 Beztlaký rozdělovač	137
6.1.5 Zkrat v kotlovém okruhu	137
6.1.6 Termohydraulický rozdělovač	137
6.1.7 Zapojení více kotlů	141
6.2 Hydraulická zapojení a dimenzování směšovacích armatur ...	147
6.2.1 Autorita ventilu P_v	147
6.2.2 Průtok otopnou soustavou – okruhem	147
6.2.3 Průtok kotlovým okruhem	158

6.2.4 Požadovaná tlaková ztráta směšovače	148
6.2.5 k_{ys} – hodnota zvoleného směšovače	148
6.2.6 Skutečná tlaková ztráta vybraného směšovače	148
6.2.7 Rychlost proudění teplotnosné látky v místě připojení směšovače	149
6.2.8 Příklady	149
6.2.9 Hydraulické zapojení s beztlakým rozdělovačem	154
6.2.10 Hydraulické zapojení s termohydraulickým rozdělovačem	156
6.2.11 Soustava s kondenzačním kotlem jako vedoucím ...	157
6.2.12 Soustava obsahující kotel s ekonomizérem a kotel pro špičkový výkon	158
7. ŘÍZENÍ OTOPNÝCH SOUSTAV	160
7.1 Řízení – ovládání	160
7.2 Regulace a regulátory	161
7.3 Členění regulátorů	164
7.3.1 Nespojité regulátory	164
7.3.2 Spojité regulátory	168
7.3.2.1 P-regulátor	168
7.3.2.2 I-regulátor	171
7.3.2.3 PI-regulátor	174
7.3.2.4 D-regulátor	175
7.3.2.5 PID-regulátor	176
7.4 Nastavení regulátorů u spojitých lineárních regulačních obvodů	177
7.4.1 Nastavení podle Zieglera a Nicholse	178
7.4.2 Nastavení podle Chien, Hrones a Reswicka	178
7.4.3 Charakteristiky regulačního obvodu	179
8. REGULACE TEPELNÉHO VÝKONU	181
8.1 Kvalitativní regulace	181
8.2 Kvantitativní regulace	182
8.3 Zónová regulace	184
8.4 Decentralizovaná regulace jednotlivých místností	185
8.5 Centrální regulace jednotlivých místností	185
8.6 Regulace teploty přívodní vody	186
8.6.1 Regulace teploty kotlové vody	186
8.6.2 Regulace podle venkovní teploty – ekvitemní	187
8.6.3 Regulace podle vnitřní teploty vzduchu	187
8.7 Regulace teploty přívodní vody podle venkovní teploty vzduchu – otopná křivka	188
8.7.1 Nastavení otopné křivky	189
8.8 Regulace teploty přívodní vody podle venkovní teploty s využitím směšovače	191
8.9 Ekvitemní regulace se zpětnou vazbou na vnitřní teplotu	193

8.10	Ekvitermní regulace s vlivem zátěže	195
8.11	Regulace podle zátěže	195
8.12	Úsporný (útlumový) provoz	197
8.13	Přerušovaný provoz	198
8.14	Regulace teploty TUV	201
8.14.1	Centrální regulace TUV	202
8.14.2	Přednostní zařazení ohřevu TUV	203
8.14.3	Doběh čerpadla při ohřevu TUV	204
8.15	Regulace výkonu zdroje tepla	205
8.15.1	Regulace kotle	205
8.15.1.1	Jednostupňový provoz	205
8.15.1.2	Četnost sepnutí hořáku a proměnná spínací difference	207
8.15.1.3	Dvou a vícestupňový provoz	226
8.15.1.4	Modulovaný provoz kotle	227
8.15.1.5	Regulace kotlů v kaskádě	227
8.15.2	Regulace výměníků	229
8.15.2.1	Regulace výměníků voda – voda	230
8.15.2.2	Regulace výměníků pára – voda	231
9.	Elektrická a elektronická regulace	235
9.1	Elektronické regulátory	235
9.1.1	Programovatelné časové spínače	237
9.1.2	Programovatelné pokojové termostaty	237
9.1.3	Ekvitermní regulátory	238
9.1.4	Skladebné regulátory	239
9.2	Úrovně seřízení regulátorů	241
9.3	Funkce regulátorů	241
10.	Centrální řídicí technika a komunikační systémy	242
10.1	Centrální řídicí technika	242
10.2	Komunikační systémy	244
10.2.1	Typy sběrnic	247
11.	LITERATURA	250
Doslov		252