

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

**MOŽNOSTI ŘÍZENÍ TEPELNÉHO VÝKONU OTOPNÝCH
SOUSTAV SE ZAMĚŘENÍM NA MÍSTNÍ REGULACI**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Hornák** Jméno: **Martin** Osobní číslo: **459542**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav techniky prostředí**
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Možnosti řízení tepelného výkonu otopných soustav se zaměřením na místní regulaci

Název bakalářské práce anglicky:

Options of Heat Output Control for Heating Systems with Focus on the Local Control Possibilities

Pokyny pro vypracování:

Vypracujte rešeršní přehled možností regulace ve vytápění. Zaměřte se na místní regulaci výkonu otopných těles regulačními ventily s možnými variantami regulátorů. Zhodnoťte varianty s termostatickou hlavicí (přímočinný proporcionální regulátor), termopohonem či servopohonem komunikujícími s P-proporcionálním nebo PI-proporcionálně integračním regulátorem.

Seznam doporučené literatury:

Bašta, J.: Regulace v technice prostředí staveb. Česká technika nakladatelství ČVUT. Praha 2014, 194s., ISBN 978-80-01-05455-0
Bašta, J.: Hydraulika a řízení otopných soustav. Praha: Ediční středisko ČVUT, 2003. 252 s., 209 obr., ISBN 80-01-02808-9.
Bašta, J.: Hydraulické chování regulačních ventilů s P regulátorem. In: VVI, 2008, roč. 17, č. 1, s. 10-13. ISSN 1210-1389.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D., ústav techniky prostředí FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **26.04.2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **04.06.2018**

Platnost zadání bakalářské práce:



prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce



doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry



prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

26.4.2018

Datum převzetí zadání

Hornák

Podpis studenta

SOUHRN

Práce si klade za cíl předložit stručný přehled základních principů řízení tepelného výkonu otopných soustav a vybrané vzorky termostatických hlavice z portfolia nabízeného na našem trhu. Nejprve představuje různé typy regulátorů používaných k řízení tepelného výkonu a dále pak zobrazuje a popisuje hlavní části otopných soustav s důrazem na zdroje tepla, tepelné rozvody a otopná tělesa. Následující část popisuje místní regulace tepelného výkonu s ohledem na platné zákony a normy, ze kterých vychází. Zároveň jsou v ní popsány konkrétní typy regulací a vlastnosti vybraných vzorků termostatických hlavice, které jsou v nabídce na trhu od našich i zahraničních výrobců, a které jsou nejvíce zastoupeny v konkrétních aplikacích. Ze znalosti teoretických principů a výsledků jejich analýzy, zmíněných v prvních částech této práce, vychází i zhodnocení jednotlivých typů hlavice. V závěru práce je zhodnocen současný stav řešení problematiky regulace tepelného výkonu s důrazem na místní regulaci.

SUMMARY

The aim of this bachelor thesis is to bring a concise survey of main principles of the heat power control in heating systems and chosen examples of thermostatic heads from market portfolio accessible in the Czech Republic. At first, it introduces various kinds of regulators which are used for heat power control and then it displays and describes main parts of heating systems with focus on heat sources, heat distribution and heating elements. Next part describes local heat power control, focuses on effective laws and standards, particular types and properties of chosen thermostatic heads. Samples being produced by local and foreign producers and are the most often represented. Thermostatic heads evaluation comes out from the theoretic principles and results of their analysis, mentioned in introduction part of this thesis. Contemporary situation for heat power control solution is evaluated in the thesis conclusion.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Možnosti řízení tepelného výkonu otopných soustav se zaměřením na místní regulaci“ vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Jiřího Bašty Ph.D., s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze 01. 06. 2018

Martin Horňák

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu prof. Ing. Jiřímu Baštovi, Ph.D. za užitečné rady a připomínky, které mi pomáhaly při tvorbě této práce.

Děkuji také panu Ing. Petru Janouškovi a panu Ing. Radku Prejzovi z firmy INTECHA Praha s.r.o. za četné konzultace, při kterých mi umožnili získat všechny potřebné informace o problematice regulací v reálných situacích.

Můj vděk patří také všem, kteří mě při této práci podporovali, a to hlavně mým rodičům.

OBSAH

1. REGULACE TEPELNÉHO VÝKONU	8
1.1 Kvalitativní regulace	9
1.2 Kvantitativní regulace	10
2. OTOPNÁ SOUSTAVA	12
2.1 Zdroje tepla.....	13
2.1.1 Teplárny	13
2.1.2 Lokální kotelny	15
2.1.3 Domovní kotelny.....	16
2.2 Rozvod tepla.....	19
2.2.1 Rozdělovače.....	19
2.2.2 Oběhová čerpadla	21
2.2.3 Odvzdušňovací systémy.....	21
2.3 Zabezpečení otopných soustav	22
2.4 Pojistný ventil.....	22
2.5 Otopná tělesa	23
3. MÍSTNÍ REGULACE TEPELNÉHO VÝKONU	24
3.1 Legislativa	25
4. DRUHY MÍSTNÍ REGULACE	27
5. DRUHY TERMOSTATICKÝCH HLAVIC	28
5.1 Termostatické hlavice s paroplynovou náplní.....	29
5.2 Termostatické hlavice s kapalinovou náplní	30
5.3 Vlastnosti termostatických hlavic.....	31
5.4 Elektronické (digitální) termostatické hlavice	33
6. P-REGULÁTOR (PROPORCIONÁLNÍ)	36
7. PI-REGULÁTOR (PROPORCIONÁLNĚ-INTEGRAČNÍ).....	37
8. PRAKTICKÉ VYUŽITÍ	38
8.1 Termostatické hlavice s paroplynovou náplní.....	38
8.2 Termostatické hlavice s kapalinovou náplní	38
8.3 Digitální termostatické hlavice.....	40
8.4 Termopohony	44
8.5 Servopohony.....	46
8.6 P-regulátory	48
8.7 PI-regulátory.....	50
9. ZÁVĚR	54
10. SEZNAM LITERATURY	55

SOUPIS POUŽITÉHO ZNAČENÍ

K	[-]	zesílení regulátoru
Q	[W]	tepelný výkon
S	[m ²]	teplosměnná plocha
c	[J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]	měrná tepelná kapacita
e	[-]	regulační odchylka
k	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	součinitel prostupu tepla
m	[kg.s ⁻¹]	hmotnostní tok
t	[°C]	teplota
w	[-]	řídící veličina
x	[-]	regulovaná veličina
y	[-]	akční veličina
z	[-]	poruchová veličina
Δ	[-]	střední rozdíl veličin
Ψ	[-]	poměrný průtok soustavou
δ	[-]	rozdíl veličin
φ	[-]	zatížení otopné soustavy
indexy		
N		jmenovitý
P		P regulátor
e		venkovní oblastní výpočtový
$'e$		venkovní
i		vnitřní výpočtový
n		teplotní exponent otopné plochy
$w1$		přívodní voda
$w2$		vratná voda

1. REGULACE TEPELNÉHO VÝKONU

V dnešní době využíváme různé typy otopných soustav, které je třeba s ohledem na úspory energie a efektivitu užívání regulovat. Pokud se hovoří o regulaci otopných soustav, myslí se tím jak regulace dodávky tepla do vytápěného prostoru, tak i hydraulické vyvážení otopné soustavy. Pokud se rozhodujeme pro regulaci nějaké otopné soustavy, musíme brát v úvahu několik hledisek a pravidel. Předně musíme zvolit vhodný typ regulace k dané budově, to znamená, že zvolíme jiný způsob regulace ve velké administrativní budově nebo v rodinném domě. Vliv na výběr vhodné regulace má také celkový počet osob, který bude budovu využívat. Také musíme respektovat vlastnosti budovy, stavební materiály, tloušťku tepelné izolace nebo velikost zasklené plochy. Dalším důležitým faktorem pro výběr vhodného způsobu regulace je okolí budovy a klima působící na budovu. Tím je myšlena například poloha budovy v terénu či vůči světovým stranám. Jinou regulaci použijeme pro budovu, která je orientována na sever a jinou pro stavbu, která je orientovaná jižním směrem, protože čelí slunečnímu záření po delší dobu. Dále se musíme zaměřit přímo na otopnou soustavu, tedy její druh, velikost i účel. A v neposlední řadě bychom neměli zapomenout na finanční aspekt, to znamená, že projektanti se musí držet stanoveného rozpočtu a brát v úvahu poměr investic na otopnou soustavu k celkovým investicím na budovu. Není také od věci zohlednit speciální požadavky zadavatele. [1]

Regulaci tepelného výkonu můžeme dosáhnout regulací zdrojů tepla, centrální regulací otopné soustavy, místní regulací spotřebičů tepla nebo kombinací uvedených způsobů. Vodní otopné soustavy můžeme regulovat kvalitativně, kvantitativně nebo kvazikvalitativně, což znamená použití čtyřcestných směšovacích armatur. Aby otopná soustava byla co nejefektivnější, používá se často kombinovaná regulace, která kombinuje kvalitativní a kvantitativní regulaci. [1]

1.1 Kvalitativní regulace

Při kvalitativní regulaci se mění teplota otopné vody, ale průtok je konstantní. Tuto regulaci můžeme provádět směřováním v trojcestných nebo čtyřcestných směšovacích armaturách nebo v pevném bodě potrubní sítě. V praxi to znamená, že klesne-li venkovní teplota, roste teplota otopné vody, a naopak. Do otopných soustav se tak dostává přesně tolik tepla, kolik odpovídá tepelným ztrátám objektu a aktuální venkovní teplotě. [1][2]

Zatížení otopné soustavy se určí jako poměr skutečného přenášeného výkonu do místnosti ke jmenovitému výkonu pro totéž místo:

$$\varphi = \frac{Q}{Q_N} \approx \frac{t_i - t'_e}{t_i - t_e},$$

kde skutečný přenášený výkon Q je závislý na venkovní teplotě t'_e a jmenovitý výkon Q_N na venkovní oblastní výpočtové teplotě t_e . A teplota t_i je vnitřní výpočtová teplota. [1]

Z poměru výkonů otopné plochy určených z kalorimetrické rovnice se stejnými průtoky vyplývá:

$$\varphi = \frac{Q}{Q_N} = \frac{m \cdot c \cdot (t_{w1} - t_{w2})}{m \cdot c \cdot (t_{w1N} - t_{w2N})} = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{(t_{w1} - t_{w2})_N} = \frac{\delta t}{\delta t_N},$$

kde m je hmotnostní průtok pro oba výkony konstantní, c je měrná tepelná kapacita, která je taktéž konstantní, t_{w1} je teplota přívodní vody, t_{w2} teplota vratné vody a δt a δt_N jsou skutečné a jmenovité ochlazení na otopné ploše. [1]

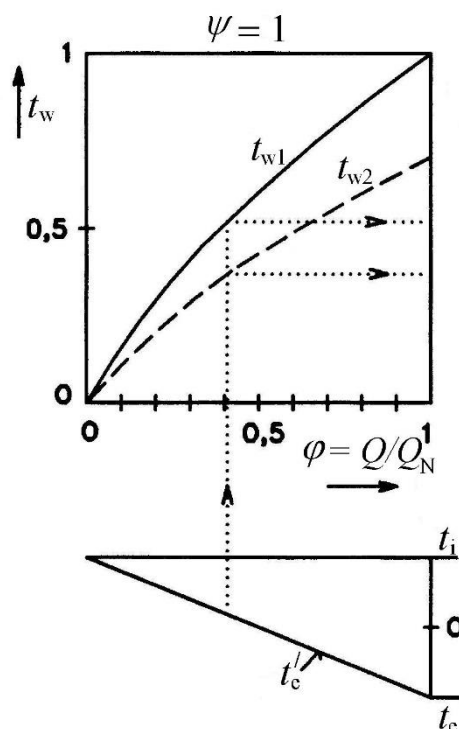
Z poměru výkonů otopné plochy určených prostupem tepla teplosměnnou plochou je určen další vztah:

$$\varphi = \frac{Q}{Q_N} = \frac{k \cdot S \cdot \left(\frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} - t_i \right)}{k \cdot S \cdot \left(\frac{t_{w1N} + t_{w2N}}{2} - t_{iN} \right)} = \left[\frac{\left(\frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} - t_i \right)}{\left(\frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} - t_i \right)_N} \right]^n = \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_N} \right)^n,$$

kde n je teplotní exponent otopné plochy, Δt a Δt_N jsou skutečný a jmenovitý střední teplotní rozdíl mezi teplotou teplotnosné látky a teplotou okolí. [1]

Řešením výše uvedených rovnic dostáváme pro otopnou plochu výslednou závislost regulované teploty t_{w1} na zatížení soustavy φ :

$$\begin{aligned} t_{w1} &= t_i + \left(\frac{t_{w1N} + t_{w2N}}{2} - t_{iN} \right) \cdot \left(\frac{t_i - t'_e}{t_i - t_e} \right)^{\frac{1}{n}} + \frac{t_{w1N} - t_{w2N}}{2} \cdot \frac{t_i - t'_e}{t_i - t_e} = \\ &= t_i + \Delta t_N \cdot \varphi^{\frac{1}{n}} + \frac{\delta t_N}{2} \cdot \varphi \quad [1] \end{aligned}$$



Obr. 1-1 Kvalitativní regulace (závislost teploty přívodní vody a teploty vratné vody na zatížení otopné soustavy pro článková otopná tělesa s teplotním exponentem $n = 1,25$) [1]

1.2 Kvantitativní regulace

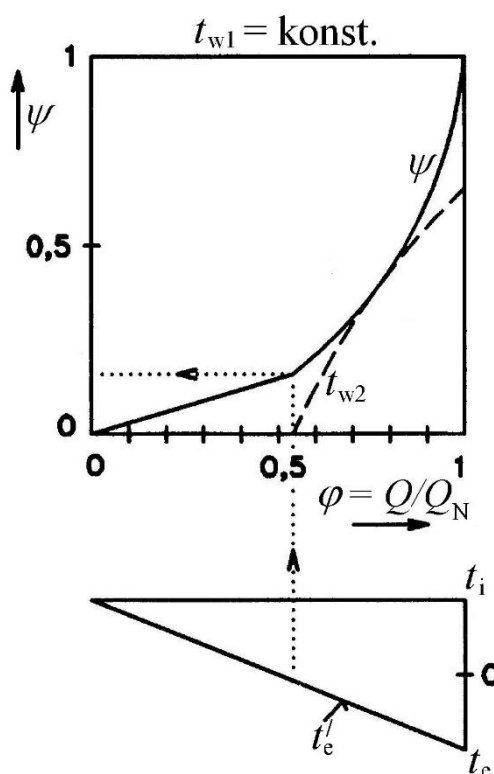
Při této regulaci se mění hmotnostní průtok a teplota zůstává konstantní. Kvantitativní regulaci můžeme uskutečnit škrcením nebo rozdělením proudu v trojcestné rozdělovací armatuře nebo v pevném rozdělovacím bodě potrubní sítě. Při této regulaci můžeme z otopné soustavy odebírat pouze takové množství tepla, které je zapotřebí k dosažení vnitřního tepelného komfortu – teplota, na kterou jsou nastaveny hlavice ventilů na otopných tělesech. Pokud vnitřní teplota stoupá, hlavice pozvolně uzavírají průtok teplé vody do otopných těles. Pokud naopak vnitřní teplota klesne, ventily

se otevírají a teplota se vyrovná. Kvantitativní regulace je nejpoužívanější, ale na druhou stranu má nejnižší účinnost. Pro kvantitativní regulaci používáme nejčastěji termostatické regulační ventily. [1][2]

Pro zatížení otopné soustavy platí vztah:

$$\varphi = \frac{Q}{Q_N} = \frac{m \cdot (t_{w1} - t_{w2})}{m_N \cdot (t_{w1N} - t_{w2N})} = \Psi \frac{t_{w1} - t_{w2}}{(t_{w1} - t_{w2})_N},$$

kde m a m_N jsou skutečný a jmenovitý hmotnostní průtok vody soustavou a Ψ je poměrný průtok vody soustavou. [1]

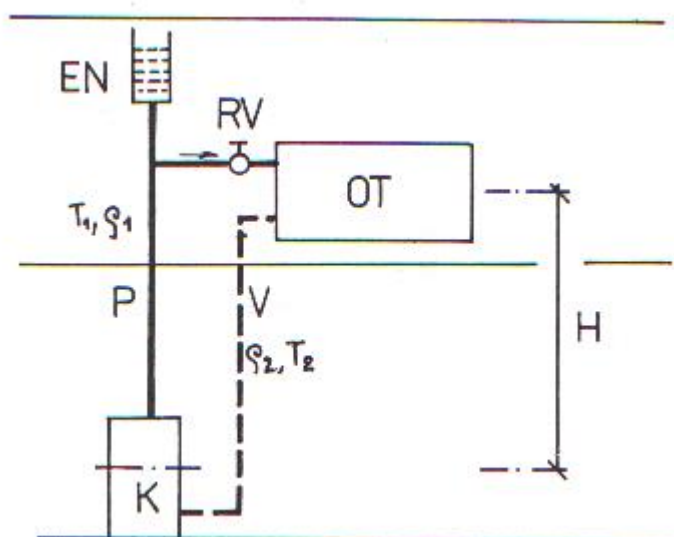


Obr. 1-2 Kvantitativní regulace (závislost poměrného průtoku otopnou soustavou na zatížení otopné soustavy pro článková otopná tělesa s teplotním exponentem $n = 1,25$) [1]

2. OTOPNÁ SOUSTAVA

Otopná soustava je obecně propojené seskupení objektů určené pro vytápění obsahující zdroje tepla, potrubí pro rozvod tepla, otopná tělesa regulační zařízení a další. Zdrojem tepla jsou především kotle nebo například tepelná čerpadla. [5][12]

Teplovodní soustavy se využívají nejčastěji a používají jako teplonosnou látku vodu do teploty 110 °C. U přirozeného oběhu se teplá voda pohybuje samovolně díky rozdílné teplotě, tj. i hustotě teplé a chladné vody a následnému působení přirozeného vztlaku. U nuceného oběhu je potřeba využít oběhová čerpadla, jejichž dopravní tlak pokrývá tlakovou ztrátu potrubní sítě. Trubky k přirozenému oběhu jsou dražší než u nuceného a zátop trvá déle. Teplovodní otopné soustavy mohou teplo předávat otopnými tělesy nebo sálavými plochami (ty jsou umístěny nejčastěji v podlaze). [5][12]

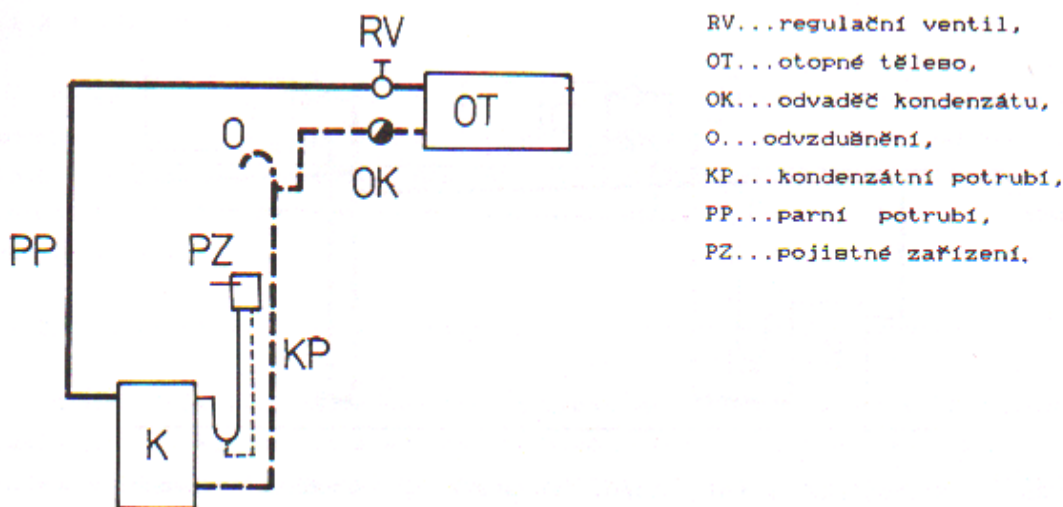


Obr. 2-1 Schéma teplovodní otopné soustavy [6]

Horkovodní tepelné soustavy pracují s vodou o teplotě nejméně 110 °C, ale z důvodu takto vysoké teploty se nevyužívají pro vytápění obytných budov. Tento typ tepelné soustavy se tedy hodí pro centrální zásobování teplem. Na rozdíl od teplovodních soustav je důležité používat pouze uzavřený systém s tlakovou expanzní nádobou. [5]

Parní tepelné soustavy jsou opět vhodné pro centralizované zásobování teplem. Teplonosnou látkou je pára, která vzniká ohřevem a varem vody a přehřátím páry v kotli a pohybuje se díky jejímu přetlaku. Kondenzát se vrací do kotle. Rozlišujeme parní

tepelné soustavy nízkotlaké (do 150 kPa), středotlaké (do 900 kPa) a vysokotlaké (od 900 kPa). S ohledem na své vysoké teploty se pro vytápění již nepoužívají. [5]



Obr. 2-2 Schéma parní otopné soustavy [6]

V teplovzdušných otopných soustavách je teplonosnou látkou ohřátý vzduch. Při rekuperaci vzduchu a při vhodném nastavení stačí jedno zařízení pro větrání a vytápění. Výhody můžeme spatřit v nemožnosti zamrznutí soustavy po přerušeném provozu a rychlosti zpětného nasazení do provozu. Na druhou stranu má i tento typ své nevýhody: velký objem a hluchost i nerovnoměrné sdílení tepla do místnosti. Podle podílu čerstvého vzduchu dělíme teplovzdušné soustavy na cirkulační (energeticky výhodné, ale hygienicky příliš nevyhovující), s větráním (méně energeticky výhodné) či kombinované. [5][12]

2.1 Zdroje tepla

2.1.1 Teplárny

Teplu potřebné pro vytápění budov se dá získat z různých zdrojů. Pro vytápění městských částí slouží velké teplárny; příkladem takové může být teplárna Praha-Michle. V teplárnách tohoto typu je nainstalována soustava několika kotlů o stejných nebo různých výkonech.

Kotel zajišťuje ohřátí vody na pracovní teplotu. Do kategorie kotlů pro ústřední vytápění zařazujeme kotle s tepelným výkonem jak do 50, tak nad 50 kW. Kotle se umísťují v samostatných objektech – kotelnách. Podle druhu paliva rozlišujeme kotle

na tuhá, kapalná nebo plynná paliva, dále kotle elektrické nebo univerzální (umožňují po jednoduché úpravě spalovat různá paliva, popřípadě jsou to kotle s oddělenou spalovací komorou). Podle materiálu teplosměnné plochy máme kotle ocelové, litinové článkové, měděné nebo kotle, kde se pro teplosměnné plochy používá ušlechtilá ocel. Podle tlaku ve spalovacím prostoru jsou kotle podtlakové (podtlak v topeništi je vytvořen přirozeným tahem komínu nebo odtahovým ventilátorem) a kotle přetlakové, u kterých je topeniště tlakově těsné. Podle řízení procesu spalování lze kotle rozdělit na kotle s ruční obsluhou, s poloautomatickým provozem nebo kotle plně automatizované. [5]

Kotle na pevná paliva se dnes využívají méně a používají se především kotle na spalování zemního plynu. Pro jejich řízení slouží výkonné řídicí systémy, které řídí chod celé teplárny. Výstupní teplotou látkou z tepláren bývá horká voda nebo pára, která je přiváděna do předávacích stanic v jednotlivých objektech, kde se až ve výměnících ohřívá otopná voda do jednotlivých větví rozvodu. Přenos tepla na velké vzdálenosti je efektivnější parou než horkou vodou.

Správná regulace dodávky tepla je jednou ze základních podmínek hospodárného provozu. U regulace výkonu zdroje tepla jde především o regulaci tepelného výkonu kotlů a výměníků tepla. Ve většině případů se jedná o regulaci výstupní teploty ze zdroje tepla. Taková soustava kotlů se řídí podle zátěže. Regulace podle zátěže představuje řízení teploty vody v závislosti na potřebě tepla, a to bez použití venkovního, nebo prostorového čidla teploty. Snímá se výstupní teplota vody (spolupracuje tak i kotlový termostat) a mapuje se doba chodu hořáku v časové periodě. Požadovaná teplota je řízena podle křivek zátěže. Výhodou tohoto řízení je rychlá odezva na potřebu tepla a tím produkce pouze aktuálně potřebného množství tepla. Za nevýhodu bychom pak mohli považovat nutnost použití místní regulace u otopné soustavy.

U kotlů se tak využívají různé možnosti, kterými jsou především jednostupňový provoz, vícestupňový provoz, modulovaný provoz kotle a jejich uplatnění v kaskádovém řazení kotlů. U jednostupňového provozu se jedná o konvenční nejméně úspornou regulaci vypínáním a zapínáním hořáku v daném časovém úseku. Oproti dříve používaným malým spínacím diferencím se dnes využívají rozšířené spínací difference obzvláště v období nízkého odběru tepla. Tak se prodlužují doby mezi jednotlivými starty hořáku a optimalizuje se jak regulace, tak úspora energie a snižuje míra znečišťování

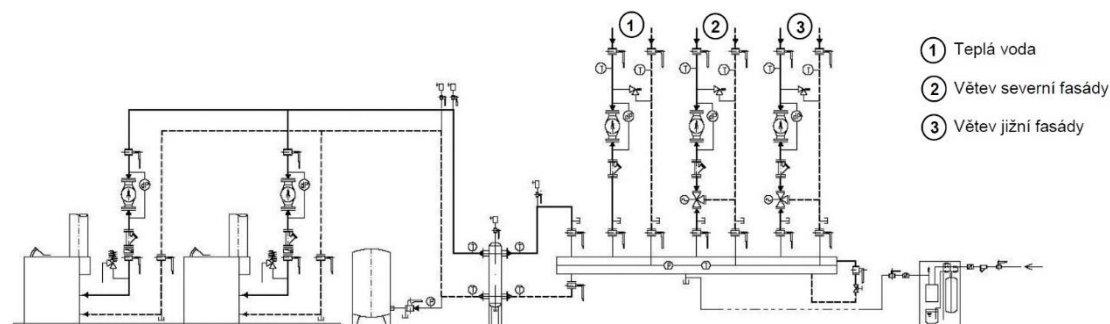
ovzduší vázaná na start hořáku s tím, že se prodlužuje životnost zařízení. Skutečná doba provozu hořáku je ovlivněna navrženým výkonem kotle a aktuální potřebou tepla. Optimální řešení se nabízí v podobě přizpůsobení velikosti spínací difference zatížení (potřebě tepla). To vede ke stále častějšímu využívání tzv. proměnné spínací difference.

U vícestupňového provozu se setkáváme především s dvoustupňovou regulací. Prodlužuje se doba chodu kotle a tím se zmenšují pohotovostní ztráty. U této regulace se rovněž při nízkém výkonu kotle snižuje teplota spalin a kotel pracuje s vyšším stupněm využití. Modulovaný provoz kotle je termín vyjadřující plynulou regulaci výkonu kotle v maximálním dosažitelném rozsahu. Vždy však potřebujeme základní výkonový stupeň, tzv. startovací výkon, ze kterého lze plynule zvyšovat zatížení. Regulace se uskutečňuje regulátorem s PI charakteristikou. Modulovaným řízením kotle lze dosáhnout nízkých teplot spalin, a tak získat vysoký stupeň využití kotle.

2.1.2 Lokální kotelny

Pro vytápění obytných bloků nebo provozních budov často slouží lokální kotelny. Kotle v těchto kotelnách dnes již také pracují na principu spalování zemního plynu. Výstupní teplonosnou látkou je v těchto kotelnách horká voda, která je již rozváděna do jednotlivých teplovodních větví.

Provozované kotle jsou jiné konstrukce, mnohem menší než ve výše popsanych teplárnách, ale princip řízení jejich chodu je stejný. Kotle bývají vybaveny vlastní automatikou, ale jsou svázány s nadřazeným řídicím systémem, kterým je řízena celá kotelna. Ta se také řídí podle zátěže. Hlavním cílem je zajistit přívod teplé vody a otopné vody s ohledem na minimalizaci ztrát a na maximalizaci efektivního využití výkonu kotlů. Schematické znázornění takové lokální plynové kotelny je na obr. 2-3.



Obr. 2-3 Schéma lokální plynové kotelny [10]

2.1.3 Domovní kotelny

Jako domovní kotelny můžeme definovat zařízení, které slouží pro ohřev vody v jednom objektu, ať to je několikapatrový bytový dům nebo jen rodinný domek. Rozdíl je pouze ve velikosti kotle a jeho výkonu. Kotle používané v těchto kotelnách mají svou vlastní automatiku a nejsou již napojeny na nadřazený řídicí systém. Pro řízení výkonu těchto kotlů se nepoužívá řízení na zátěž, ale řízení podle jiných parametrů.

Regulace podle vnitřní teploty vzduchu

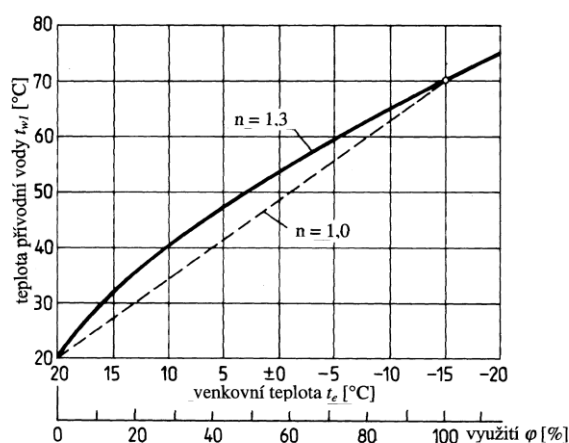
V tomto případě je snímána teplota vzduchu ve vytápěném prostoru a jako řídicí veličina je vysílána do regulátoru. Regulátor tak postihne i poruchovou veličinu. Snímač je montován do referenční místnosti, podle které jsou regulovány i ostatní místnosti. Vzniklá regulační odchylka v referenční místnosti zapříčiní změnu teploty přívodní vody, čímž se začne „vyrovnávat“ teplota i v ostatních místnostech, i když to v některých není nutné. Toto chování působí negativně u relativně velkých a rozlehlých bytů. Proto má tato regulace omezené využití u vícegeneračních domů. [9]

Uvedená regulace má stálé dopravní zpoždění, které se musí udržovat v přiměřené míře, aby se zabránilo rozkmitání regulačního obvodu. Používají se regulátory s P a PI chováním. Čidlo, většinou s ovladačem, musí být umístěno na místě, kde nebude ovlivněno místními zdroji tepla. [9]

Regulační systém může být výhodný při osazení termostatických regulačních ventilů (TRV). V referenční místnosti samozřejmě bez TRV, jelikož by se oba systémy ovlivňovaly a stávaly se neúčinné. Výhodou regulace podle vnitřní teploty vzduchu je rovněž chování při omezeném provozu otopné soustavy, jako je noční útlum. Teplota vzduchu je čidlem snímána a i přes den se může omezit dodávka tepla až na sníženou vnitřní teplotu, jako pro noční provoz. Při dosažení nejnižší hraniční teploty se začne opět vytápět. Tím se zohlední tepelná kapacita budovy a zajistí se hospodárny provoz zařízení. [9]

Regulace podle venkovní teploty

Zde je potřeba tepla regulována proporcionálně k venkovní teplotě. Na tomto základě je možné regulovat teplotu přívodní vody přímo v závislosti na teplotě venkovní. Závislost obou veličin je dána tzv. otopnou křivkou, viz obrázek 2-4. Křivka a její prohnutí odpovídá použitým otopným tělesům, resp. použité otopné ploše, a tak odpovídá mocninné funkci s exponentem např. $n = 1,3$. Křivku lze přizpůsobit pro danou soustavu a její vlastnosti pomocí jejího naklánění či paralelního posunu. [9]

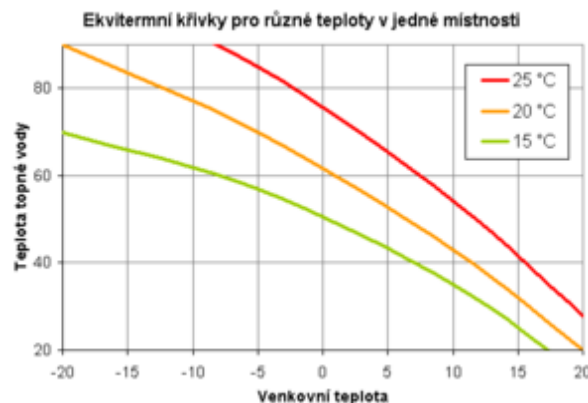


Obr. 2-4 Příklad otopné křivky pro $t_{min} = -15$ °C a $t_{max} = 70$ °C s $n = 1,3$ [9]

Pro vyšší venkovní teploty (nad +5 °C) se doporučuje přednostně posun otopné křivky do jiné úrovně a u nižších venkovních teplot je vhodné upřednostnit změnu sklonu otopné křivky. [9]

Ekvitermní regulace se zpětnou vazbou na vnitřní teplotu

Ekvitermní regulace teploty v místnosti spočívá v nastavení teploty otopné vody (neboli v regulaci zdroje tepla) v závislosti na venkovní teplotě. Při nižší venkovní teplotě je požadována vyšší teplota dodávané otopné vody, aby došlo k rovnováze mezi dodaným teplem a tepelnými ztrátami místnosti a teplota místnosti tak zůstala konstantní. [9]



Obr. 2-5 Příklad otopné křivky [11]

Na obrázku 2-5 je vidět příklad ekvitermních křivek pro určitou místnost. Z grafu je například patrné, že při požadované teplotě místnosti 20 °C a při venkovní teplotě 0 °C je nutné dodávat otopnou vodu o teplotě větší než 60 °C.

Pro danou místnost lze stanovit soustavu tzv. ekvitermních křivek (také „otopné křivky“), které popisují vzájemnou závislost teploty otopné vody, místnosti a venkovní teploty. Na základě požadované teploty místnosti lze zvolit určitou křivku a podle venkovní teploty regulovat teplotu otopné vody. [9]

Jsou dva hlavní důvody pro aplikaci ekvitermní regulace:

- Větší tepelná pohoda z důvodu potlačení dynamiky (kolísání) teplot v místnosti.
- Úspora energie, kdy není třeba zdroj tepla ohřívat na maximum a vydávat z něj největší výkon, ale pouze vydat takový výkon, který stačí k ohřátí místnosti na požadovanou teplotu v závislosti na venkovní teplotě. [9]

Vzhledem k vnějším a vnitřním tepelným ziskům vstupuje do ekvitermní regulace zpětná vazba z prostoru. Nejedná se zde tedy o čisté ekvitermní řízení, ale o ekvitermní řízení se zpětnou vazbou na vnitřní teplotu. Regulátor měří aktuální teplotu v referenční místnosti (prostoru) a koriguje výše popsaný systém ekvitermní regulace. [9]

Vliv teploty prostoru je možno rozdělit do dvou kategorií, a to:

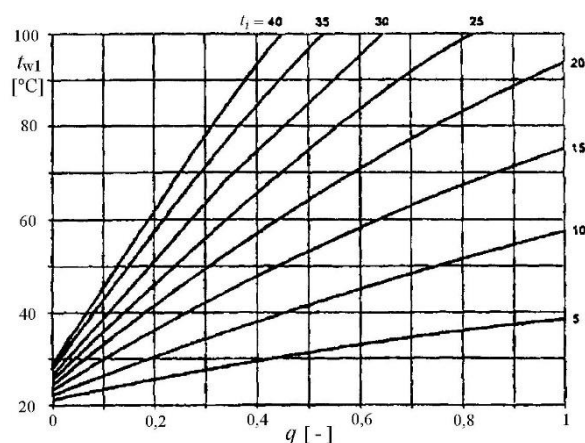
- dlouhodobý – regulace na základě zpětné vazby z prostoru dokáže přizpůsobit (adaptovat) odhadem zadanou otopnou křivku vlastnostem vytápěného objektu (změna strmosti otopné křivky a paralelní posun). Tudíž se zde jedná o adaptivní regulaci;
- krátkodobý – na základě zjištěné teplotní odchylky v prostoru regulátor účelově koriguje žádanou prostorovou teplotu podle zadaného vzorce. [9]

Uvádí se, že ekvitermní regulace zabezpečuje rovnováhu mezi výrobou a spotřebou tepla. Je to skutečně pravda, avšak tato rovnováha je závislá na určitém předpokladu, který se nazývá vyladěná otopná křivka. To je jeden z důvodů vyšších úspor. Další důvod je ten, že se vyrobí teplo pouze o potřebné kvalitě (teplota otopné vody). Požadavky na teplotu otopné vody vždy směřují od spotřeby tepla (otopná křivka a vliv teploty v prostoru) ke zdroji tepla (kotel). Je to z toho důvodu, abychom mohli nezávisle řídit více otopných okruhů, které mají různý odběr tepla v čase a jiné požadavky. [9]

Regulace podle zátěže

Regulace podle zátěže představuje řízení teploty vody v závislosti na potřebě tepla, a to bez použití venkovního nebo prostorového čidla teploty. S přibývajícím kvalitou budov (lepšími tepelně-technickými vlastnostmi) má venkovní teplota na skutečnou potřebu tepla stále menší vliv. Řízení zátěží a řízení podle potřeby tepla jsou koncepčně zcela shodné. Řešení vycházejí z tvorby křivky zátěže či křivky potřeby tepla. [9]

Požadovaná teplota kotlové vody či teplota vody přiváděné do soustavy je řízena podle křivek zátěže (obr. 2-6). Výhodou tohoto řízení je rychlá odezva na potřebu tepla u dobře tepelně izolovaných budov, produkce pouze aktuálně potřebného množství tepla a zohlednění cizích zdrojů tepla (tepelných zisků). Za nevýhodu bychom pak mohli považovat nutnost použití místní regulace. [9]



Obr. 2-6 Křivky zátěže při řízení zátěží [9]

2.2 Rozvod tepla

Pokud má otopná soustava pracovat správně, je důležité, aby v ní byly zabudovány mnohé další prvky a součásti. Jedná se především o oběhová čerpadla, rozdělovače, sběrače, od vzdušňovací systémy nebo různé druhy armatur. [5]

Celé potrubí je bráno jako rozvod tepla. Potrubí v otopné soustavě tvoří propojení uzavřeného okruhu mezi kotlem a otopnými tělesy. Další prvky, kterými se zajišťuje provoz rozvodu, jsou trubní armatury pro uzavírání, od vzdušnění, vypouštění nebo napouštění, regulaci průtoku apod., rozdělovače, upevňovací prvky a izolace. Základní části potrubního systému jsou ležaté potrubí, svislé potrubí (stoupačky) a připojovací potrubí (přípojky). [4][5]

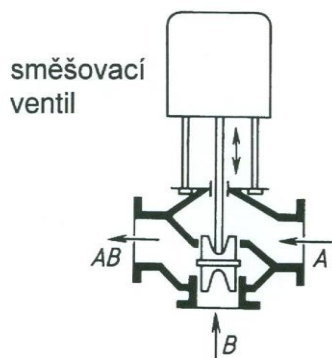
2.2.1 Rozdělovače

Rozdělovač umožňuje napojení více otopných okruhů, větví apod. na straně otopné vody. Tlakové mohou být řešeny jako kompaktní - počet vývodů je neměnitelný a je dán již od výrobce (do tělesa mohou již být integrovány regulační a uzavírací části armatur), nebo mohou být řešeny jako segmentové – segmenty mají jeden, dva nebo tři vývody a lze z nich sestavit těleso s potřebným počtem vývodů. [5]

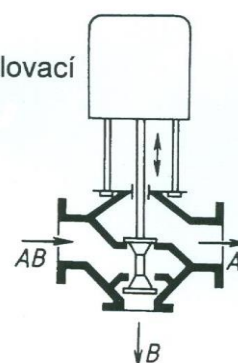
Výstupní větev z rozdělovače je regulovaná. K regulaci můžeme použít dvoucestnou armaturu a tento druh regulace je kvantitativní, tzv. škrcení, kdy samotná kuželka ventilu reguluje průtok teplotonosné látky potrubní větví.

Mnohem častěji se používá regulace výstupního proudu otopné vody pomocí trojcestného ventilu. Trojcestný ventil může být zapojen dvěma způsoby funkce – jako rozdělovací (jeden vstup a dva výstupy), obrázek 2-7, nebo jako směšovací (dva vstupy a jeden výstup), obrázek 2-8. Konstrukčně se oba druhy liší uspořádáním kuželky a sedla ventilu. Někteří výrobci však vyrábí ventily, které lze provozovat jako rozdělovací i jako směšovací při opačném směru proudění. Tyto ventily mají upravený škrticí systém tak, aby nedošlo k rozkmitání uzávěru a nestabilitě v krajních polohách. [1]

V těchto případech jsou pak ventily využity pro kvantitativní regulaci změnou průtoku u zapojení pro rozdělování proudu nebo kvalitativní regulaci změnou teploty přiváděné teplotnosné látky u zapojení pro směšování proudů. [1]



Obr. 2-7 Trojcestný regulační směšovací ventil [1]



Obr. 2-8 Trojcestný regulační rozdělovací ventil [1]

Pro dimenzování je rozhodující jmenovitý průtok, který je většinou shodný pro přímou i boční větev ventilu, ale pro boční větve některých ventilů je hodnota redukována. Závislost průtoku jednou větví na poloze kuželky je nazývána průtokovou charakteristikou ventilu. Výběr průtokové charakteristiky záleží na zapojení ventilu v potrubní síti. Dalším důležitým předpokladem je těsnost uzávěru v uzavřené poloze. Netěsnost totiž může negativně ovlivnit jak kvalitu regulace, tak i dosažení požadované teploty otopné vody. Trojcestné ventily poskytují různé možnosti použití a podle potřeby mohou být jednotlivé vstupy i výstupy umístěny buď symetricky, nebo asymetricky. [1]

2.2.2 Oběhová čerpadla

Oběhová čerpadla jsou hybným prvkem celé otopné soustavy. Čerpadlo zajišťuje dopravu teplotně nosné látky mezi zdrojem tepla a jednotlivými otopnými tělesy. Na čerpadla v otopných soustavách jsou kladeny vysoké požadavky především z hlediska vysoké spolehlivosti, hospodárnosti provozu, vysoké účinnosti a nízké hlučnosti. Z hlediska konstrukčního se v topnářské praxi používají čerpadla odstředivá. [5]

Odstředivé čerpadlo je čerpadlo, které využívá účinek odstředivé síly ke zrychlení kapaliny, která se následně zbrzdí v difuzoru. Zbrzděním se získaná kinetická energie přemění na tlakovou, ale tato přeměna probíhá se ztrátou. Čerpadlo se skládá z oběžného kola s lopatkami, které se otáčí ve spirální skříni. Vstup kapaliny je při ose rotoru, výstup



Obr. 2-9 Odstředivé čerpadlo [8]

na jeho obvodu. Některé typy odstředivých čerpadel mají v komoře vložený difuzor, což je nepohyblivé lopátkové těleso, které usměrňuje proud kapaliny při přechodu z oběžného kola do komory a tím snižuje ztráty energie. Regulovat čerpadla je možné velmi jednoduše, a to změnou otáček, která je různě elektronicky regulována. [5]

Odstředivá čerpadla se dodávají v provedení mokroběžném nebo suchoběžném. Mokroběžná čerpadla mají rotor motoru spolu s oběžným kolem ponořen v dopravované vodě a dělicí trubkou je rotor oddělen od statoru motoru, a proto není potřeba ventilátor pro chlazení – tím se vylučuje největší zdroj hluku. Pro otopné soustavy se mokroběžná čerpadla používají častěji. Suchoběžná čerpadla mají oddělenou a utěsněnou část vodní (hydraulickou) od části pohonné (motor). Ložiska mají samostatné mazání a motor je chlazen vzduchem. [5][8]

2.2.3 Odvzdušňovací systémy

Přítomnost vzduchu nejen v otopných tělesech narušuje funkci jednotlivých částí otopné soustavy. Pro vyloučení vzduchu z vody se používají odlučovače vzduchu pracující na principu zklidnění proudící vody nebo naopak zvýšení rychlosti vody a její následné rotace. Osazují se zásadně do uzavřených otopných soustav v blízkosti kotle, před oběhovými čerpadly a do potrubí s vodorovným směrem.

V potrubních rozvodech nacházejí své místo též odvzdušňovací ventily, a to v případě, kdy je nutné z nejvyšších míst rozvodu odvádět vzduch. Jsou konstruovány tak, aby nejprve vzduch shromáždily a pak odvedly ven ze soustavy. Dnes se standardně odvzdušňují všechna topná tělesa. [5]

2.3 Zabezpečení otopných soustav

Zabezpečovací zařízení je velice důležitá část každé otopné soustavy – bez zabezpečení nesmí být žádná soustava uvedena do provozu. U teplovodních otopných soustav je zabezpečovací zařízení složeno z expanzního zařízení. Expanzní zařízení slouží k zachycení vody, která



Obr. 2-10 Expanzní nádoba [7]

v otopné soustavě při ohřevu nabývá na objemu. Pokud by se expanzní systém nepoužíval, tlak by byl vysoký a voda by vytekla pojistnou armaturou, případně by došlo k popraskání dílů soustavy a po ochlazení by otopná soustava nebyla plná vody a nefungovala by. [5]

2.4 Pojistný ventil

U zdrojů tepla je základním prvkem pojistného zařízení pojistný ventil, obrázek 2-11. Je to armatura, která zabraňuje překročení určité hodnoty přetlaku samočinným otevřením (následuje tedy propojení uzavřeného prostoru s atmosférou), která po následném poklesu přetlaku samočinně uzavře. Konstrukčně jsou uspořádány tak, že proti tlaku, kterým působí voda na talíř ventilu, působí v opačném směru vnější síla, která je vyvozena nejčastěji tlačnou pružinou ventilu, popřípadě



Obr. 2-11 Pojistný ventil [5]

závažím. Příslušenstvím pojistného ventilu je zpravidla výtoková hubice s trychtýřem, kterým se zajišťuje vizuální kontrola průtoku v přepadovém potrubí pojistného ventilu.

2.5 Otopná tělesa

Otopná tělesa jsou zdrojem tepla pro vytápěnou místnost. Přivedená otopná voda se v tělese ochlazuje a předává teplo do vnitřního prostředí vytápěné místnosti. Otopná tělesa předávají teplo do vytápěné místnosti prostřednictvím teplosměnných ploch, a to buď přirozeným prouděním vzduchu (převládá u většiny těles) nebo sáláním. Otopná tělesa mohou být článková, desková, trubková nebo konektory. Funkčnost soustavy a její hospodárny provoz jsou spojeny s vhodným výběrem těchto zařízení a s dodržáním základních zásad při jejich montáži a údržbě. [4][5]

3. MÍSTNÍ REGULACE TEPELNÉHO VÝKONU

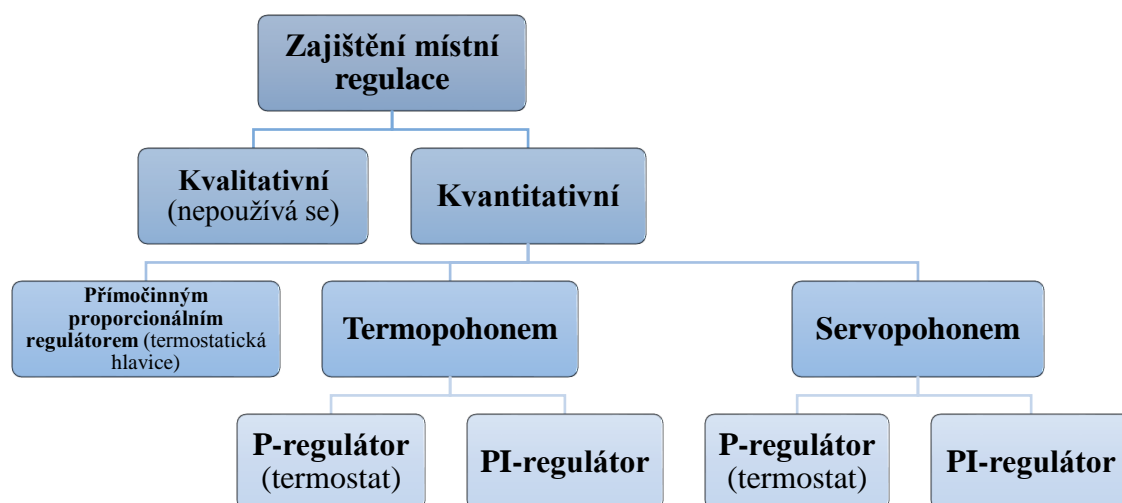
Teplota a pohodlí je pro každého člověka velmi důležitou součástí života. Potřebu tepla pociťujeme obzvláště v zimních měsících. Náklady na vytápění bytových i nebytových prostor tvoří však podstatnou část našich pravidelných výdajů. Mnoho lidí proto zvažuje, jak vytápění zefektivnit a náklady tak co nejvíce snížit. Přitom nemusí ani dojít ke složitým stavebním úpravám. Často mohou být řešením jednoduché instalace nějakého šikovného zařízení.

Správnou regulací otopných těles v bytě můžeme ušetřit až 30 % nákladů na vytápění. Cesta k úsporám je jednoduchá – namontujeme na otopná tělesa termostatické hlavice, které kontrolují teplotu v jednotlivých místnostech za nás a podle ní regulují přívod teplé vody do otopných těles a tím jejich tepelný výkon. [13]

Termostatické hlavice jsou dnes nedílnou součástí moderních domácností, kde udržují teplotu na námi nastavené komfortní hladině a díky probíhající regulaci šetří naše peníze. Jako zajímavou alternativou jsou dnes poměrně často skloňované digitální termostatické hlavice, které dovedou náš komfort vytápění k dokonalosti díky možnosti nastavení několika profilů vytápění pro různé časové úseky a dny. Je však nutné říci, že ne všichni výrobci nabízejí kvalitní produkty. Prohlídkou webových stránek mnoha výrobců a dodavatelů termostatických hlavice na Internetu jsem zjistil, že jich existuje nepřehledné množství. Zaobírat se všemi není v lidských silách a mnohonásobně by to překročilo rozsah mé bakalářské práce, a proto jsem se soustředil jen na některé výrobce, hlavně na ty, o kterých jsem se doslechl od zkušených praktiků nebo obyčejných uživatelů. [14]

Využívání termostatických ventilů k regulaci vytápění je v českých domácnostech již docela běžnou záležitostí. Jak termoventily fungují? K čemu jsou dobré? Vyplatí se? Pokusím se, aby moje bakalářská práce na tyto otázky srozumitelně odpověděla. [16]

Zároveň bude vycházet z požadavku zajištění místní regulace. Tu lze zajistit užitím termostatických regulačních ventilů u otopných ploch osazených odpovídající regulační technikou (viz schéma uplatňování místní regulace).



Obr. 3-1 Schéma uplatňování místní regulace

3.1 Legislativa

Podle statistických údajů využívá termoregulační ventily značná část českých domácností – ve starších zástavbách asi 70 až 75 %, na sídlištích dokonce asi 90 % bytů.

Zákonem č. 406/2000 Sb. ze dne 25. října 2000 o hospodaření energií ve znění pozdějších předpisů je v §7 (Snižování energetické náročnosti budov), v odst. 4a stavebníkům, vlastníkům budov a společenstvím vlastníků jednotek dána povinnost:

„vybavit vnitřní tepelná zařízení budov přístroji regulujícími a registrujícími dodávku tepelné energie konečným uživatelům v rozsahu stanoveném prováděcím právním předpisem; konečný uživatel je povinen umožnit instalaci, údržbu a kontrolu těchto přístrojů“.

Novelou č. 574/2006 Sb. byla prodloužena lhůta pro osazení, původně stanovená prováděcími předpisy na 31. prosince 2006 na nový termín 31. prosince 2007. Vyhláška 193/2007 Sb. k tzv. „Energetickému zákonu“ pak jednoznačně ukládá povinnost zajistit místní regulaci.

Nebyly však dostatečně přesně stanoveny a definovány pojmy z výše uvedeného zákona a tak byl později vydán Zákon č. 318/2012 Sb. ze dne 19. července 2012, kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., a který stanovil rozsah technického vybavení a závazný termín splnění.

Regulujícím zařízením je zde myšleno zajištění místní regulace a registrujícím zařízením indikátor topných nákladů nebo měřič tepla. Tato zařízení musela být podle zákona 318/2012 nainstalována nejpozději do 31. 12. 2014.

Smyslem tohoto zákona je omezit spotřebu energií, která je ve stavebnictví, oproti jiným oborům, vysoká. Ne příliš závratnou investovanou částkou totiž můžeme ušetřit nemalé peníze (z pohledu ekologického ušetříme velké množství neobnovitelných zdrojů).

Velké rezervy mohou být ve vytápění a regulaci otopné soustavy v rodinných domech. Zákon č. 318/2012 Sb. v odst. 7 sice jasně stanovuje:

„Povinnosti podle odstavce 4 písm. a) a c) se nevztahují na rodinné domy a stavby pro rodinnou rekreaci“,

ale nehledě na výše citovaný zákon je jasné, že problém tepelné pohody a úspory energie se týká i těchto majitelů. Vždyť každý rozumný hospodář si rád připlatí za zařízení, v tomto případě nejde o žádné závratné částky na investici, které mu ušetří řádově více korun, než investoval.

4. DRUHY MÍSTNÍ REGULACE

Místní regulaci můžeme zajistit osazením přímočinného proporcionálního regulátoru, tzn. termostatické hlavice, termopohonu nebo servopohonu na regulační ventil. Termopohon i servopohon můžeme propojit se spojitými regulátory, a to buď P-regulátorem (termostatem), nebo PI-regulátorem. Spojité regulátory kromě možné reakce na okamžitou změnu regulační odchylky generují spojitě akční zásahy, tj. klouzavé změny. Regulovanou veličinu lze nastavit na libovolnou hodnotu v rámci regulačního rozsahu. [1]

5. DRUHY TERMOSTATICKÝCH HLAVIC

Termostatická hlavice je přímočinný proporcionální regulátor. I z tohoto důvodu se používá také název termoregulační hlavice. Dělíme je nejčastěji podle konstrukce na manuální a elektronické (digitální termostatické hlavice). Programovatelná termostatická hlavice nám zvyšuje komfort, můžeme na ní nastavit teplotu i čas, kdy a jak se má teplota regulovat. Této funkce využijeme především při návratu z dovolené atd. Správným nastavením termostatické hlavice můžeme ušetřit nemalou částku za vytápění. [17]

Termostatická hlavice se instaluje na termostatický ventil, který je součástí otopného tělesa a je zároveň namontovaný na potrubí. Pokud jsou otopná tělesa opatřena pouze tzv. „dvouregulačním“ kohoutem, který umí otopné těleso jen otevřít a zavřít (šipka s popisem *zavřít / otevřít* nebo *Z / O*), je třeba před jejich výměnou oslovit odborníky, kteří kohouty po vypuštění otopné vody vymění a provedou regulaci otopné soustavy celého domu na základě hydraulických výpočtů. [13]

Termostatický ventil se pozná tak, že (po sejmutí hlavice) je vidět osička kuželky ventilu. Příklad, jak ventil může vypadat, je vidět na obrázku 5-1. Většina termostatických ventilů využívá princip Venturiho trubice, který omezuje nepříjemnosti způsobované hlukem při průtoku ventilem. [13]



Obr. 5-1 Termostatický ventil [13]

Manuální termostatické hlavice se pak dále dělí podle náplně na kapalinové a paroplynové.

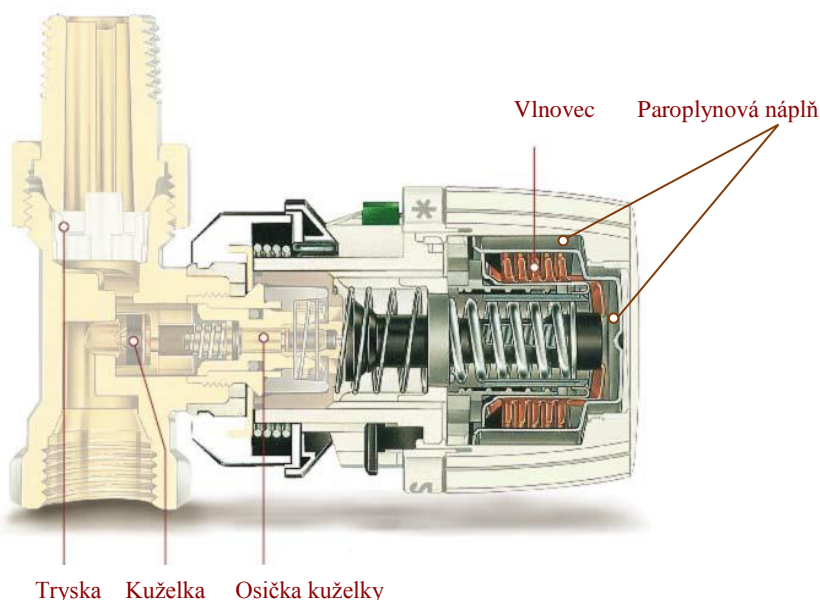
Co se týká vývoje a výroby termostatických hlavic u světových značek, tak vše souvisí s vysokou kvalitou. Dokonalá technologie zajišťuje pohyb prakticky bez tření, což má za následek mimořádně dlouhou životnost. A navíc termostatické hlavice pracují s velmi vysokou přesností. Odezva osičky ventilu je mimořádně přesná a okamžitě odpovídá na pohyb dířku termostatické hlavice. Speciální vnitřní mechanismus je odolný vysoké teplotě, pevný a není citlivý na znečištění. Tato skutečnost představuje prevenci proti zablokování vřetena. [17]

Termostatické hlavice je možné sehnat v různých variantách: s vestavěným čidlem, s odděleným čidlem, v provedení pro veřejné budovy a dále v modelu s omezením regulace teploty. Pro každou aplikaci, pro každý druh otopného tělesa se dá najít bezpečet řešení.

5.1 Termostatické hlavice s paroplynovou náplní

Během studia velkého množství podkladů k termostatickým hlavicím různých výrobců jsem našel pouze jediného výrobce, který používá tuto technologii pro ovládání termostatických ventilů, a to je firma Danfoss. Sama firma se ve svých recenzích chlubí právě tím, že je jediná, která byla schopna nejen vyvinout tuto technologii, ale i uvést ji do velkovýroby.

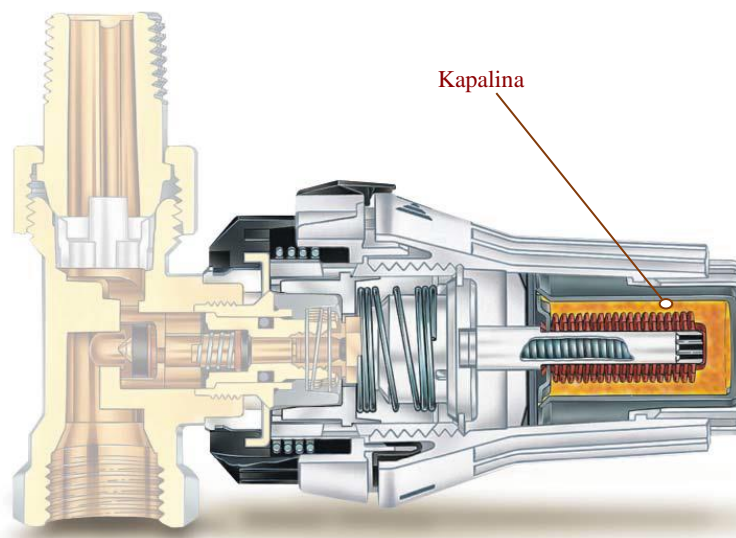
Tato firma již od roku 1963, kdy byl poprvé představen termostatický regulační ventil RAV s termostatickou hlavicí, používá v hlavici unikátní směs dvou plynů. Směs má extrémně malou hmotnost a z tohoto důvodu se může rychle zahřát / ochladit na teplotu okolí. V důsledku tohoto principu termostatická hlavice reaguje rychle na změny teplot, a proto nabízí jednak maximální možné úspory energie a také vysokou míru komfortu pro konečného uživatele. Konstrukce takové hlavice s paroplynovou náplní vlnovce je zobrazena na obrázku 5-2. [18]



Obr. 5-2 Řez hlavicí s paroplynovou náplní [18]

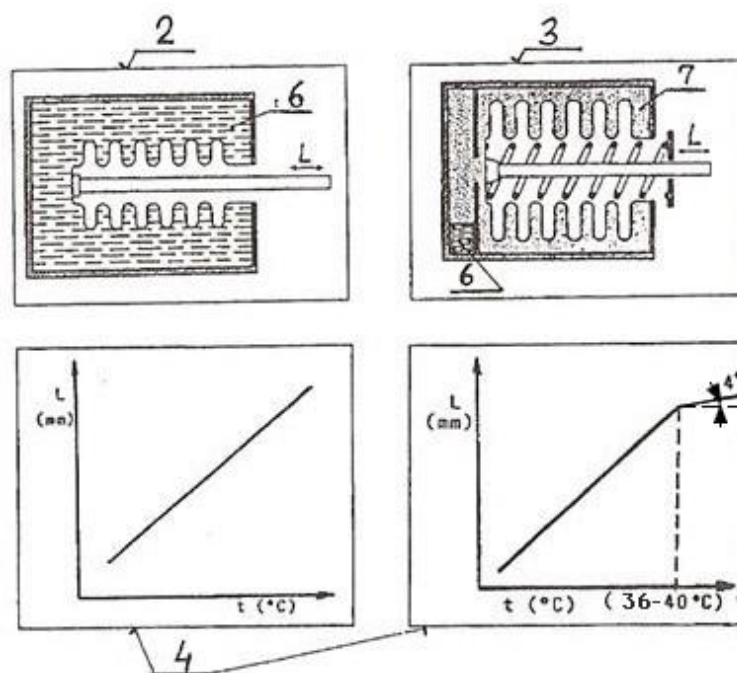
5.2 Termostatické hlavice s kapalinovou náplní

Prohlížením webových stránek výrobců termostatických hlavice jsem zjistil, že všichni výrobci, výše citovanou firmu Danfoss nevyjímaje, používají k plnění hlavice rovněž kapalinovou náplň. Hlavice s touto náplní pracuje na stejném principu roztažnosti látky jako paroplynová. Konstrukce takové hlavice s kapalinovou náplní vlnovce je zobrazena na obrázku 5-3. [18]



Obr. 5-3 Řez hlavicí s kapalinovou náplní [18]

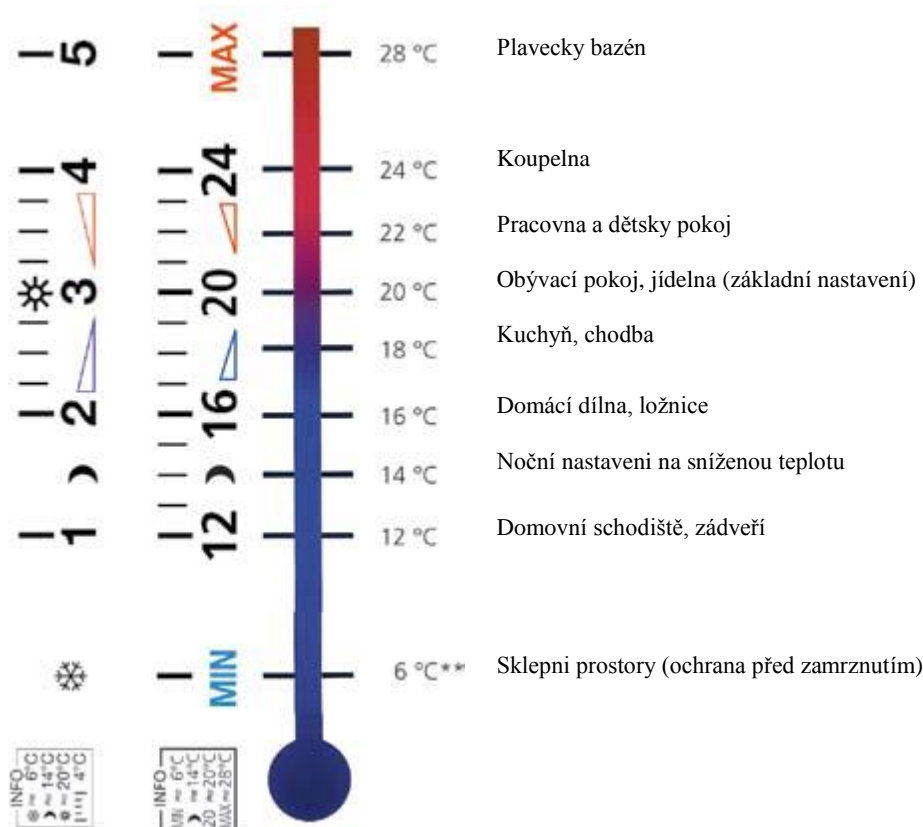
Pokud porovnáme průběhy zdvihu dříků u termostatické hlavice s kapalinovou a paroplynovou náplní, na obrázku 5-4 vidíme, že u hlavice s kapalinovou náplní je závislost zdvihu dříku na teplotě okolí lineární. Kdežto u hlavice s paroplynovou náplní je zprvu závislost také lineární, ale v určitém bodě (36-40 °C) se prudce lomí a svírá s osou teploty okolí úhel cca 4°. To umožňuje nevyvíjet takovou sílu na uzavřenou kuželku při vyšších teplotách.



Obr. 5-4 Průběh zdvihu dřívku, resp. vyvozená síla pro kapalinovou (2) a paroplynovou (3) hlavici [19]: L je zdvih dřívku (osový pohyb), 6 kapalina a 7 pára

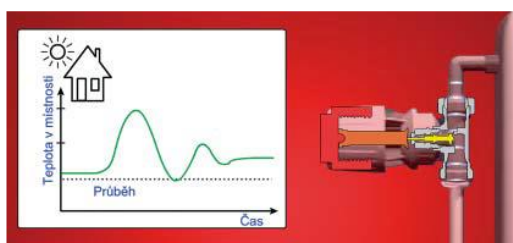
5.3 Vlastnosti termostatických hlavic

Výše popsané druhy termostatických hlavic patří mezi manuální. Poznají se podle toho, že mají otočnou hlavici s číselnou stupnicí. Tyto hlavice nevyžadují pomocnou energii, reagují pouze na odchylku mezi nastavenou a skutečnou teplotou v místnosti a tím otevírají nebo uzavírají termostatický ventil. Jedná se zde o proporcionální přímočinný regulátor, který vykazuje trvalou regulační odchylku. Požadovaná teplota se nastaví otočením stupnice na příslušné číslo. Pokud chceme vytápět místnost na určitou teplotu, musíme vědět, jaké číslo na stupnici odpovídá jaké teplotě. Tento údaj musí být uveden v manuálu ke každé hlavici. Na obrázku 5-5 je uvedeno přiřazení jednotlivých číslic na stupnici hlavice k požadovaným teplotám okolního prostředí. Tento obrázek převzatý od [15] je jednoznačně popularizační a odporuje znalostem o chování proporcionálních regulátorů. Číslo na hlavici nemůže přesně odpovídat nějaká teplota, neboť závisí na přednastavení u ventilu, pásmu proportionality hlavice (1, 2, 3K) a velikosti regulační odchylky podle toho, zda jsme ve spodním či horním výkonovém pásmu otopného tělesa či uprostřed.



Obr. 5-5 Přiřazení teploty okolí stupnici termostatické hlavičky [15]

Citlivost termostatických hlaviček závisí na druhu náplně. Na obrázcích 5-6 a 5-7 jsou znázorněny reakce hlaviček na změnu teploty okolí podle náplně. Podíváme-li se na ně pozorně, zjistíme, že termostatická hlavička s kapalinovou náplní reaguje na změny teploty s určitým zpožděním a menšími výkyvy. Oproti ní hlavička s paroplynovou náplní reaguje rychleji a bez výkyvů. Proto termostatická hlavička s paroplynovou náplní omezuje přetápění a snižuje spotřebu energie mírně úspěšněji.



Obr. 5-6 Kapalinová náplň hlavičky [20]



Obr. 5-7 Paroplynová náplň hlavičky [20]

5.4 Elektronické (digitální) termostatické hlavice

Elektronické termostatické hlavice jsou obdobou klasických mechanických termostatických hlavice, které známe z běžného otopného tělesa. Jsou však ovládané elektronicky termostatem nebo regulačním systémem. Zajišťují otvírání mechanického ventilu a tím udržují nastavenou teplotu v místnosti. [22]

Elektronické termostatické hlavice se montují na regulační ventil otopného tělesa našroubováním a ventil aktivují stejným způsobem jako mechanické termostatické hlavice. Není tak nutné zasahovat do otopného systému a lze jejich montáž provádět i během otopné sezóny. [22]

Elektronické termostatické hlavice se vyrábějí s elektrickým pohonem nebo s termoelektrickým pohonem.

Elektrický pohon hlavice: spočívá v aktivaci hlavice pomocí malého motorku, který přenastavuje regulační ventil. Výhodou je rychlé řízení a možnost provozu na baterie. Nevýhodou je jemný zvuk, který je při otvírání a zavírání ventilu slyšet a může být při montáži v ložnici rušivý. Vzhledem k mechanickým prvkům nemá tato hlavice takovou životnost jako termoelektrický pohon. [22]

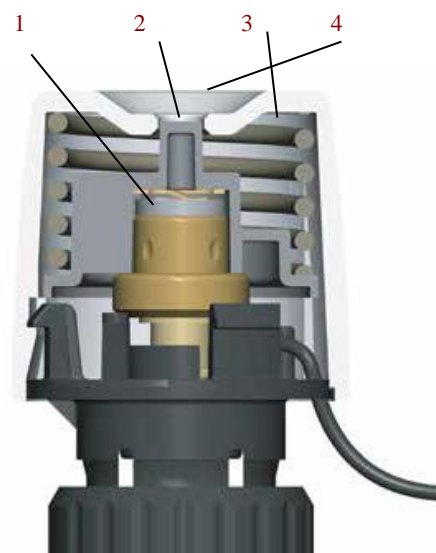
Termoelektrický pohon hlavice: přenastavování ventilu spočívá v roztažení akčního tělíska, které při přívodu napájení uzavře mechanický ventil. Výhodou je absolutní bezhlučnost ovládní, vysoká životnost hlavice a malé rozměry hlavice. Nevýhodou je nutnost externího napájení. [22]

Termoelektrický pohon sestává z:

1. Topný článek PTC
2. Indikace polohy
3. Pružina
4. Čidlo.

Termoelektrický pohon se vyrábí ve dvojitých provedení:

- Provedení „normálně uzavřeno“ (NC) – je-li termický pohon pod napětím, elektricky vyhřívané čidlo se zahřívá. Po časové prodlevě se ventil začne plynule otevírat.



Obr. 5-8 Termoelektrický pohon [23]

Při přerušení napětí dojde po časové prodlevě k plynulému uzavírání termického pohonu v důsledku ochlazování čidla.

- Provedení „normálně otevřeno“ (NO) – je-li termický pohon pod napětím, elektricky vyhřívané čidlo se zahřívá. Po časové prodlevě se ventil začne plynule uzavírat. Při přerušení napětí dojde po časové prodlevě k plynulému otevírání termického pohonu v důsledku ochlazování čidla. [22]

Termostatické hlavice se ve většině případů ovládají externím termostatem, který zajistí jejich aktivaci při poklesu teploty pod danou mez. Aktivace většinou spočívá v přivedení napětí na hlavici nebo v bezdrátové komunikaci mezi hlavicí a kompatibilním řídicím systémem. [22]

Digitální hlavice mohou pracovat podle toho, jak je nastavíme, nebo také pomocí řízení centrální jednotkou v bezdrátovém režimu. Tento typ termostatických hlavic funguje stejně jako klasické termostaty. Hlavice se liší například tím, jaký program na ní lze navolit. Některé hlavice umožňují nastavení jen dvou až tří teplot během dne (v praxi to znamená, že pokud jsme doma, vytápíme např. na 21 °C, pokud jsme mimo domov, nastavíme úsporný režim např. 18 °C). Některé poskytují týdenní program, další typ může mít rozdílné programy jen pro všední dny a víkendy. Jde samozřejmě navolit, jakou teplotu požadujeme. Existují i hlavice, které poznají, že jdeme větrat a uzavřou se. Digitální termostatické hlavice se vyplatí instalovat do větších rodinných domů a tam, kde jsou obvykle různé požadavky na teplotu v místnosti. [22][24]

Kromě nastavených programů mívají hlavice tlačítko, po jehož stisknutí začne otopné těleso na krátkou dobu vytápět na plný výkon. Pokud dojde k náhlému poklesu okolní teploty, hlavice tento stav vyhodnotí jako otevřené okno pro potřeby větrání a uzavře ventil. Další užitečnou funkcí je ochrana proti zamrznutí (pokud zapomenete zavřít okno, hlavice otevře ventil, aby nedošlo k zamrznutí otopného systému), ochrana proti vodnímu kameni (automatické otevření a zavření ventilu mimo otopnou sezónu, aby se ventil nezadřel) nebo dětská pojistka. Životnost baterií je 1 až 2 roky. Při výběru hlavice je třeba v případě, že hlavice vyčnívá před otopné těleso, počítat s její velikostí, protože digitální hlavice jsou obvykle větší než číselné (od 80 až do 110 mm). [22][24]

Digitální termostatické hlavice umožňují vytápění jen tehdy, kdy je potřeba, a tím výrazně šetří. Uvádí se, že snížíme-li teplotu v místnosti o 1 °C, ušetříme maximálně 3 % nákladů na vytápění. Čím promyšleněji tedy vytápíme, tím více dokážeme ušetřit.

Nastavení časů a dnů, kdy se má vytápět, vč. konkrétní teploty, je výhradně na potřebách uživatele. [22][24]

V době, kdy je vytápěná místnost opuštěná nebo spíme, hlavice sníží teplotu. Vytápí se chytře, a tím šetříme. Digitální termostatická hlavice tedy otevírá a zavírá ventil podle uživatelem nastavených požadavků. Je to stejné, jako bychom při odchodu z bytu do práce obešli otopná tělesa a ručně přenastavili běžnou termostatickou hlavici na nižší teplotu. Ta digitální toto provede za nás, takže se nemusíme bát, že zapomeneme snížit teplotu. Navíc se z práce nevracíme do studeného bytu, neboť prostor se začne vytápět před naším příchodem domů. Můžeme si nastavit režim vytápění, který bude jiný pro pracovní dny a jiný pro víkendy. [22][24]

Pro správnou funkci termostatické hlavice je potřeba vybavit prostor vhodným snímačem teploty. Měření teploty v místnosti je rozdílné podle provedení termostatické hlavice. Hlavice, které jsou v sadě spolu s nástěnným bezdrátovým termostatem, dostávají povely o teplotě v místnosti z externího termostatu, kde se také teplota měří. U hlavic, které nemají externí termostat, se teplota měří přímo na hlavici, tedy v blízkosti otopného tělesa. Teplota v místnosti tak může být o pár stupňů nižší. [22][24]

6. P-REGULÁTOR (PROPORCIONÁLNÍ)

Proporcionální regulátor je základním a nejpoužívanějším typem ze skupiny spojitých regulátorů. Realizuje nejjednodušší regulační funkci, kterou lze vyjádřit následujícím slovním popisem: *proporcionální regulátor (regulační algoritmus) generuje změny akční veličiny (přírůstky Δy) přímo úměrné velikosti regulační odchylky e* , tzn., že přírůstky akční veličiny Δy jsou proporcí regulační odchylky e . Ideální proporcionální regulátor je z teoretického pohledu reprezentován lineárním (proporcionálním) systémem nultého řádu. Je nedynamický (v každém časovém okamžiku je na výstupu hodnota, která je nezpožděnou proporcí hodnoty na vstupu). Jeho statickou charakteristiku tvoří lineární funkce, jejíž sklon představuje jediný stavitelný parametr P regulátoru nazývaný zesílení K_p . V regulačním obvodu vyvolá změnu hodnoty regulační vůči předpokládané nulové výchozí hodnotě buď změna žádané hodnoty realizovaná změnou řídicí veličiny Δw , nebo regulované veličiny Δx nebo působení poruchové veličiny z . [1]

Hodnotu zesílení K_p definuje vztah:

$$K_p = \frac{\Delta y}{\Delta e} = \frac{\Delta y}{e-0} = \frac{\Delta y}{e},$$

kde Δy je změna akční veličiny na výstupu regulátoru a Δe je změna regulační odchylky. [1]

Parametr K_p má rozměr, který vyplývá z rozměrů akční a poruchové veličiny. Změny akční veličiny Δy se často definují jako procentní změny z jejího celého rozsahu a pak má zesílení rozměr procenta vztaženého na rozměr veličin, z nichž je jako rozdíl definována regulační odchylka. [1]

Přesnost regulace s tímto regulátorem závisí na jeho zesílení, které u setrvačných regulovaných soustav může být značné, aniž by hrozila nestabilita. V oboru techniky prostředí může být problémem překmitnutí regulované veličiny. Řeší se to pak snížením zesílení regulátoru, což přináší větší regulační odchylku. Proporcionální regulátory jsou vhodné především pro regulované soustavy bez setrvačnosti a nevhodné pro regulované soustavy s dopravním zpožděním. [1]

7. PI-REGULÁTOR (PROPORCIONÁLNĚ- INTEGRAČNÍ)

Z průběhů přechodových charakteristik P a I regulátoru lze odvodit, že P regulátor díky schopnosti okamžitě reagovat na vzniklou regulační odchylku zlepšuje dynamiku regulační odezvy v její počáteční fázi, zatímco dopad zásahů od integračního regulátoru se týká hlavně schopnosti odstranit regulační odchylku. Lze očekávat, že se spojením obou funkcí zvýší účinnost regulačních zásahů, a tím selepší kvalita regulace. [1]

Proporcionálně-integrační regulátor je možná nejrozšířenějším kombinovaným regulátorem v oblasti vzduchotechniky. Vyznačuje se úplným odstraněním regulační odchylky, je schopen odstranit poruchy vstupující do regulované soustavy a ve většině případů lze zajistit stabilitu regulačního obvodu. [1]

PI regulace zaručí příjemnou tepelnou pohodu při optimálním využití energie. Také se dosahuje optimalizace nákladů na vytápění i prodloužení životnosti kotle (nedochází k velkým výkyvům teplot). [26]

8. PRAKTICKÉ VYUŽITÍ

8.1 Termostatické hlavice s paroplynovou náplní

Jak již bylo výše zmíněno, společnost Danfoss je jediná firma, která velkosériově vyrábí termostatické hlavice s paroplynovou náplní. Můžeme zakoupit 2 standardní modely, a to RA 2940 a RA 2980 (specifikace viz tabulka 8-1). Jedná se o termostatické hlavice se západkovým upevněním a maximální životností, které velmi rychle reagují na změnu teploty. Tyto hlavice také vynikají snadnou a rychlou montáží, kdy hlavice stačí nasadit na radiátorový ventil a zatlačit, to znamená, že nejsou zapotřebí matice ani nářadí. [18]



Obr. 8-1 Danfoss RA 2980 [23]

Průměrná cena paroplynových hlavic je cca 470 Kč (záleží na různých internetových obchodech). Mezi jejich přednosti patří krátká reakční doba menší než 8 min, velká odolnost v ohybu – až 70 kg, systém proti přetížení a delší životnost oproti hlavícím s kapalinovou náplní. Avšak pořizovací cena paroplynových hlavic je vyšší. [18]

Tab. 8-1 Přehled hlavicí s paroplynovou náplní

Typ	Rozsah nastavení	Specifikace	Cena
RA 2980	5 – 26 °C	Vestavěné čidlo	490 Kč
RA 2940	0 – 26 °C	Vestavěné čidlo s možností plného uzavření	453 Kč
<i>Průměrná cena</i>			472 Kč

8.2 Termostatické hlavice s kapalinovou náplní

Termostatické hlavice s kapalinovou náplní vyrábí více výrobců a na trhu se objevují v mnohem větším množství než hlavice s paroplynovou náplní. Vynikají zejména snadnou montáží a svou univerzálností.

Termostatické kapalinové hlavice od firmy Danfoss jsou dodávány s pojistkou proti krádeži, dále mají proti mrazovou ochranu a možnost nastavitelného omezení teplot.

Termostatické hlavice od výrobce IMI Heimeier mají dvě zarážky „Sparclip“ pro uživatelské omezení nebo blokování minimální a maximální teploty a symboly denního nastavení a noční nastavení se sníženou teplotou. Mezi nejžádanější typy od tohoto výrobce se řadí hlavice K nebo DX (možné varianty s vestavěným nebo odděleným čidlem umožňující instalaci termostatické hlavice mimo závěsy, zákryt otopného tělesa nebo jiné překážky). [23]

Mezi nejoblíbenější termostatické hlavice od výrobce Honeywell patří modelové řady Thera-3 a Thera-4 (bližší specifikace v tabulce 8-2).



Obr. 8-2 IMI Heimeier DX [27]

Tab. 8-2 Přehled hlavici s kapalinovou náplní

Výrobce	Typ	Rozsah nastavení	Specifikace	Cena
Conecterm	VK 2	8 – 28 °C	Omezení regulačního rozsahu	200 Kč
	THXF-VK	8 – 28 °C	Omezení regulačního rozsahu	266 Kč
Danfoss	RAE 5054	8 – 28 °C	Vestavěné čidlo	410 Kč
	RAE 5154	0 – 28 °C	Vestavěné čidlo, s možností plného uzavření	361 Kč
Giacomini	R460H	8 – 32 °C		190 Kč
	R468H	8 – 28 °C	Možnost úplného uzavření ventilu	220 Kč
Honeywell	Thera-4	6 – 28 °C	Omezení regulačního rozsahu	365 Kč
	Thera-3	6 – 28 °C	Omezení regulačního rozsahu	280 Kč
IMI Heimeier	K 6000-09.500	6 – 28 °C	Se dvěma zarážkami	310 Kč
	DX 6700-00.500	6 – 28 °C	Zabezpečení proti nadměrnému zdvihu	350 Kč
<i>Průměrná cena</i>				295 Kč

8.3 Digitální termostatické hlavice

V dnešní době se zvyšuje popularita digitálních termostatických hlavice, které jsou montovány do moderních rodinných domů, bytů i kanceláří. Výhodou je jednoduchá montáž na ventil topného tělesa. Digitální hlavice mohou pracovat podle předchozího nastavení nebo také pomocí řízení centrální jednotkou v bezdrátovém režimu.

Série digitálních termostatických hlavice a bezdrátový řídicí systém spotřeby tepla společnosti Danfoss zajistí přesnou kontrolu vytápění a vysoké úspory energie. Programovatelné hlavice *living eco* i *living connect* jsou vybaveny funkcí „otevřené okno“ a funkcí „zajištění pohyblivosti ventilů“. Termostatická hlavice dokáže v chladnějším období indikovat otevřené okno a po dobu větrání zavře vytápění. Mimo otopné období dokáže zajistit pravidelné projíždění ventilů a tím zabezpečit jejich spolehlivou funkci do dalšího otopného období. Hlavice je ovládána centrální řídicí jednotkou nazývanou Danfoss Link™ CC. Pokud uživatel nevyužije předinstalované programy, může si vytvořit vlastní dle svých individuálních potřeb prostřednictvím Danfoss Link™ CC. V jedné místnosti může být až 10 kusů elektronických bezdrátových termostatických hlavice *living connect*. Hlavice je napájena 2 tužkovými bateriemi. Přesná regulace teploty je jedním z hlavních předpokladů pro dosažení vysoké účinnosti a úspory energie. [18]

Hlavice *living eco* je samostatná, inteligentní, elektronická a programovatelná termostatická hlavice pro obytné prostory. *living eco* je vybavena třemi předinstalovanými programy P0, P1 a P2, které vyhoví většině uživatelů. Programy umožňují výběr různých teplot v domě pro různá denní období. [18]

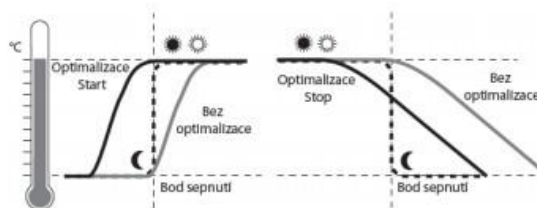


Obr. 8-3 Tovární nastavení programů P0, P1 a P2 u digitálních hlavice Danfoss [18]

Honeywell TheraPro HR90EE je digitální termostatická hlavice využívána jako samostatný inteligentní regulátor pro řízení otopného tělesa. Jakmile dojde ke stisku tlačítka nebo pohybu otočného kolečka, aktivuje se podsvícení displeje. Poloha displeje je nastavitelná, aby si ji uživatel mohl přizpůsobit podmínkám v místě instalace. Standardně jsou v hlavici přednastavené tři časové programy, ale časový program může být samozřejmě přizpůsoben každodennímu režimu uživatele. K dispozici je 6 časových úseků pro každý den a 3 různé úrovně žádané teploty, které jsou volně nastavitelné, což přináší zvýšený komfort. [24]

Podle potřeby je také možné zvolit jak různé provozní režimy (např. automatický, ECO či manuální provoz), tak i funkce pro zvláštní dny a příležitosti (např. dovolená, party nebo zvláštní den). Funkce pro zvláštní den znamená odlišný denní program, který může být nastaven pro dny, jako jsou svátky, volné dny, apod. Jestliže je aktivována funkce rozpoznání otevřeného okna, ventil otopného tělesa se v době větrání automaticky uzavře. K aktivování úsporného režimu dochází stiskem tlačítka ECO, kdy se žádaná teplota okamžitě sníží o 3 °C. [24]

Jestliže je aktivována funkce optimalizace (optimalizace Start nebo optimalizace Start/Stop), místnost dosáhne požadované teploty v naprogramovaném čase, protože regulátor začne vytápět, popřípadě vytápění vypne v optimálním okamžiku. Při optimalizaci Start se místnost začne vytápět v optimálním okamžiku, aby se dosáhlo naprogramované teploty. Při optimalizaci Start/Stop se místnost začne vytápět v optimálním okamžiku a vytápění se předčasně vypne. [24]



Obr. 8-4 Optimalizace Start/Stop [24]

Mezi další výrobce digitálních termostatických hlavic patří Elektrobock, který vyniká nižší cenou a nabízí funkce jako automatická ochrana ventilu před usazením vodního kamene, automatické uzavření ventilu při náhlém poklesu teploty v místnosti (otevření okna), protizámrazová ochrana nebo automatický přechod mezi letním a zimním časem.

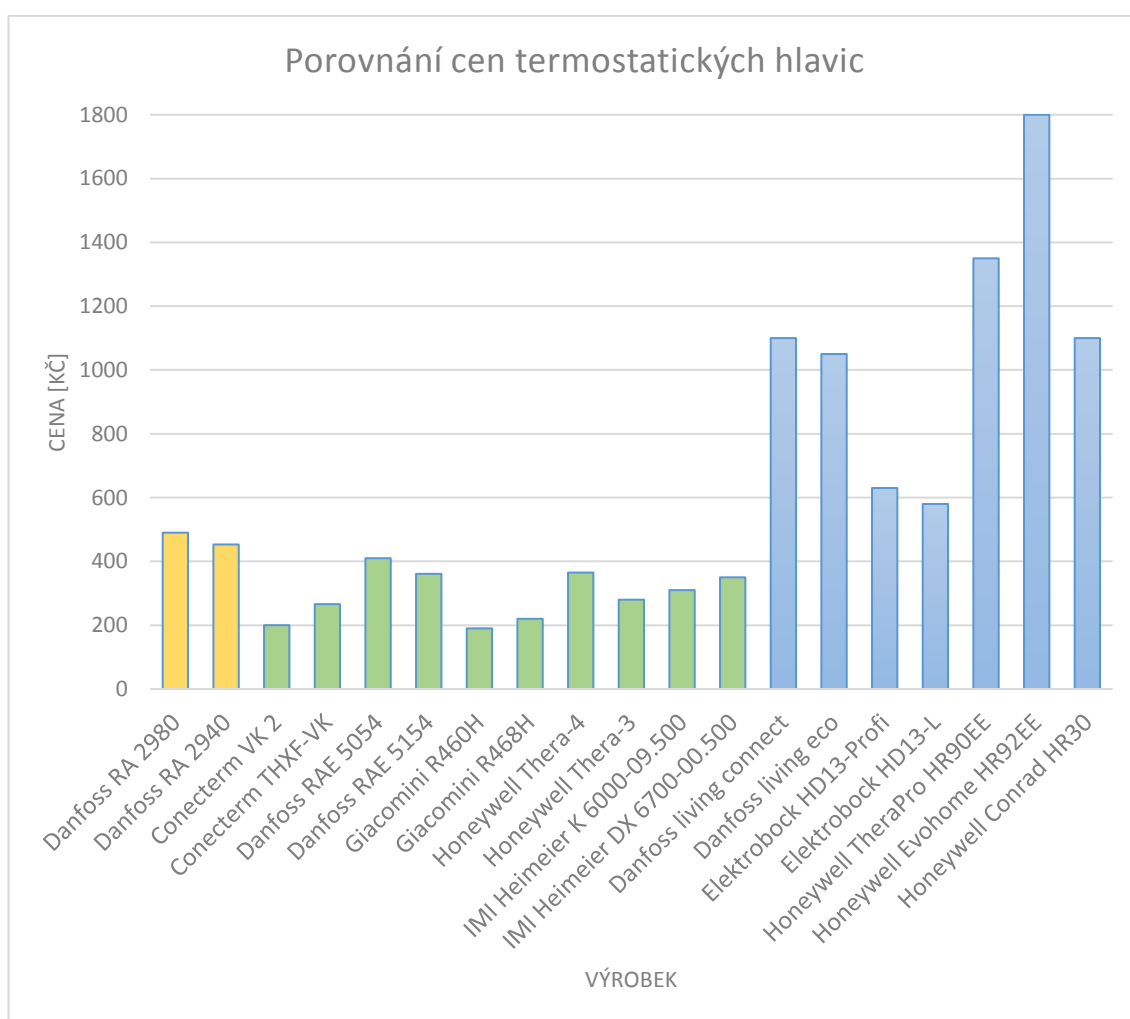
Tab. 8-3 Přehled digitálních hlavici

Výrobce	Typ	Rozsah nastavení	Specifikace	Cena
Danfoss	living connect	4 – 28 °C	Programovatelná termostatická hlavice	1 100 Kč
	living eco	6 – 28 °C	Autonomní digitální programovatelná termostatická hlavice	1 050 Kč
Elektrobock	HD13-Profi	3 – 40 °C	Digitální programovatelná termostatická hlavice	630 Kč
	HD13-L	3 – 40 °C	Digitální programovatelná termostatická hlavice	580 Kč
Honeywell	TheraPro HR90EE	5 – 30 °C	Digitální programovatelná termostatická hlavice	1 350 Kč
	Evohome HR92EE	5 – 35 °C	Digitální programovatelná termostatická hlavice	1 800 Kč
	Conrad HR30	5 – 30 °C	Digitální programovatelná termostatická hlavice	1 100 Kč
<i>Průměrná cena</i>				1 087 Kč

Při porovnání cen termostatických hlavici v grafu (viz Obr. 8-5) vidíme, že nejlevnější jsou klasické termostatické hlavice s kapalinovou náplní (zeleně označené). Nízká cena je způsobena vysokou poptávkou i velkou konkurencí. Tyto hlavice se instalují ve velkém množství do panelákových bytů nebo veřejných budov. Jak již bylo zmíněno, hlavice s paroplynovou náplní (žlutě označené) vynikají nízkou reakční dobou i delší životností oproti hlavicím s kapalinovou náplní. Digitální hlavice (modře označené) se těší čím dál větší oblibě, a to zejména díky možnosti programování a nastavení teplot podle potřeb uživatelů nebo spouště úsporných režimů. Výhodou

je bezesporu možnost ovládat tyto hlavice odkudkoli, kontrolovat stav vytápění, dosáhnout vysokých úspor energie a integrovat veškeré vytápění pod jeden systém. Internetové obchody nabízejí celé inteligentní sety, které zahrnují několik elektronických hlavice, řídicí systém spotřeby tepla a aplikace do chytrého telefonu pro pohodlné ovládání. Na centrální řídicí jednotce uživatel jednoduše definuje jednotlivé vytápěné místnosti, požadované úrovně komfortní a útlumové teploty v závislosti na časovém rozvrhu, který si sám zvolí. Mezi nejdražší výrobce patří Danfoss a Honeywell.

Obecnou nevýhodou termostatických hlavice je větší nepřesnost regulace z důvodu umístění vnitřního termostatu přímo vedle otopného tělesa. [22]



Obr. 8-5 Porovnání cen termostatických hlavice

8.4 Termopohony

Termopohony jsou určeny speciálně pro ovládání ventilů u otopných těles. Vyrábí se v několika provedeních a hodí se, podle vlastností, pro všechny druhy ventilů. Rozlišujeme dvoupolohové provedení, kde jsou vyznačeny polohy ON a OFF, a proporcionální provedení. K ventilu se upevňují pomocí redukce, která má nastavitelnou výšku. Regulují se díky nim ventily podlahového vytápění i otopných těles. [23]

Termopohony se montují na regulační ventil otopného tělesa našroubováním a ventil ovládají stejným způsobem jako mechanické termostatické hlavice. Není tak nutné zasahovat do otopného systému a lze jejich montáž provádět i během otopné sezóny. [22]

Termopohony rovněž nazývané „termoelektrické hlavice“ od firmy Danfoss TWA-A a TWA-K jsou teplotní regulační pohony k ovládání ventilů otopných těles. Termoelektrická hlavice je velmi kompaktní a může být řízena např. pomocí prostorového termostatu. Tyto pohony jsou k dostání pro napájecí napětí 24/230 V a buď v provedení bez proudu otevřeno, nebo zavřeno. [18]

Firma Conecterm nabízí také různé typy termopohonů – TRP nebo TRP-F (F označuje systém Flex-Drive). TRP30230 je určen pro ventily M30x1,5, pro napětí 230 V, frekvenci 50 Hz a bez proudu je zavřený. Lze ho otevřít manuálně a maximální zdvih je 4 mm. Tento termopohon snese maximální teplotu na ventilu 100 °C. Dále existuje TRP3024, který je určen pro stejnosměrný proud do napětí 24 V. [28]

Společnost Honeywell nabízí termopohon Smart-T. Jednotlivé varianty se liší délkou připojovacího kabelu (1; 2,5 nebo 5 m), velikostí napájecího napětí (AC/DC 24 nebo AC 230 V) a výškou efektivního zdvihu (2,5 nebo 6 mm). Pohon je dodáván včetně montážního klipu a montážního adaptéru M30x1,5 (další adaptéry nebo délky kabelů jsou na vyžádání). [29]



I společnost Siemens nabízí termopohony, *Obr. 8-6 Honeywell Smart-T [29]* které se liší napájecím napětím (AC 230 V a AC/DC 24 V) – jedná se o typy STA23/STP23 (pro 230 V) a STA73/STP73 (pro 24 V). Kde písmeno A v označení

výrobku znamená bez proudu otevřeno a písmeno P značí naopak bez proudu zavřeno. Základní délka kabelu k napájení je 1 m a efektivní zdvih 3 mm. Pro instalaci na ventily Siemens, Honeywell, Heimeier, Cazzaniga je možno je využít přímo bez adaptéru. [30]

Tab. 8-4 Přehled termoelektrických hlavic

Výrobce	Typ	Proud	Specifikace	Cena
Conecterm	TRP30230	230 V, 50 Hz	Pro všechny armatury Conecterm, v provedení NC	800 Kč
	TRP30230F	230 V, 50 Hz	Pro všechny ventily se závitem M30x1,5, v provedení NC	820 Kč
Danfoss	TWA-A	230 V, 50 Hz	Pro všechny armatury Danfoss RA, v provedení NO/NC	1 010 Kč
	TWA-K	230 V, 50 Hz	Pro všechny ventily se závitem M30x1,5, v provedení NO/NC	1 010 Kč
Honeywell	Smart-T	230 V, 50 Hz	Pro všechny ventily se závitem M30x1,5, v provedení NO/NC	927 Kč
IMI Heimeier	EMO T	230 V, 50 Hz	Pro všechny ventily se závitem M30x1,5, v provedení NO/NC, zdvih 4,7 mm	850 Kč
	Emotec	230 V, 50 Hz	Pro všechny ventily se závitem M30x1,5, v provedení NO/NC, zdvih 3,5 mm	790 Kč
Siemens	STA23	230 V, 50 Hz	Pro všechny ventily se závitem M30x1,5, v provedení NO/NC	720 Kč
<i>Průměrná cena</i>				866 Kč

Mezi výhody termopohonů patří absence rotačních částí, které by se mohly opotřebovávat. Dále automatická adaptace zdvihu při zavření nebo možnost instalace ve všech polohách (oproti termostatickým hlavicím i rovnoběžně se stěnou). [23]

Avšak najdeme i několik nevýhod – například poměrně dlouhá reakční doba termopohonů (až v řádech několika minut), pouze dvoustavová regulace nebo nutnost trvalého napájení (spotřeba kolem 2 W), což je při regulaci většího počtu otopných těles na spotřebě poměrně znát. [23]

8.5 Servopohony

Na rozdíl od termopohonů se servopohony definují jako plynulá elektronická regulace. Servopohon obsahuje malý elektromotorek a převodovku s ozubenými koly ze speciálních plastových materiálů a s výstupním šnekovým šroubem. Hlavní výhodou je lineární chod umožňující spojitě ovládní průtok teplotné látky otopným tělesem. Regulace je samodržná, což znamená, že si zachovává svou polohu, i když je napájení odpojené. Reakční doba je mnohem kratší než u termopohonů, pohybuje se v řádech sekund. [4]

Plynulá elektronická regulace je dražší a nevýhodou, jak již bylo zmíněno, lze spatřovat v hluku při jejím provozu. Nejde však o nikterak nadměrný hluk a výrobci se neustále snaží servopohony vyvíjet a míru hluku tak snižovat.

Společnost Honeywell nabízí elektrický servopohon s názvem M7410A. Napájecí napětí je AC 24 V, zdvih 2,5 mm a délka kabelu může být 1, nebo 3 metry. [29]

V portfoliu značky Siemens můžeme najít servopohony SSP31 nebo SSA31. Napájecí napětí těchto servopohonů je AC 230 V nebo AC 24 V s 3-polohovým řízením nebo AC/DC 24 V s řídicím signálem DC 0 – 10 V. Efektivní zdvih je 2,5 mm (maximální 5,5 mm). Pohon s označením SSP61/SSA61 navíc po připojení napětí provádí samokalibraci zdvihu. [30]



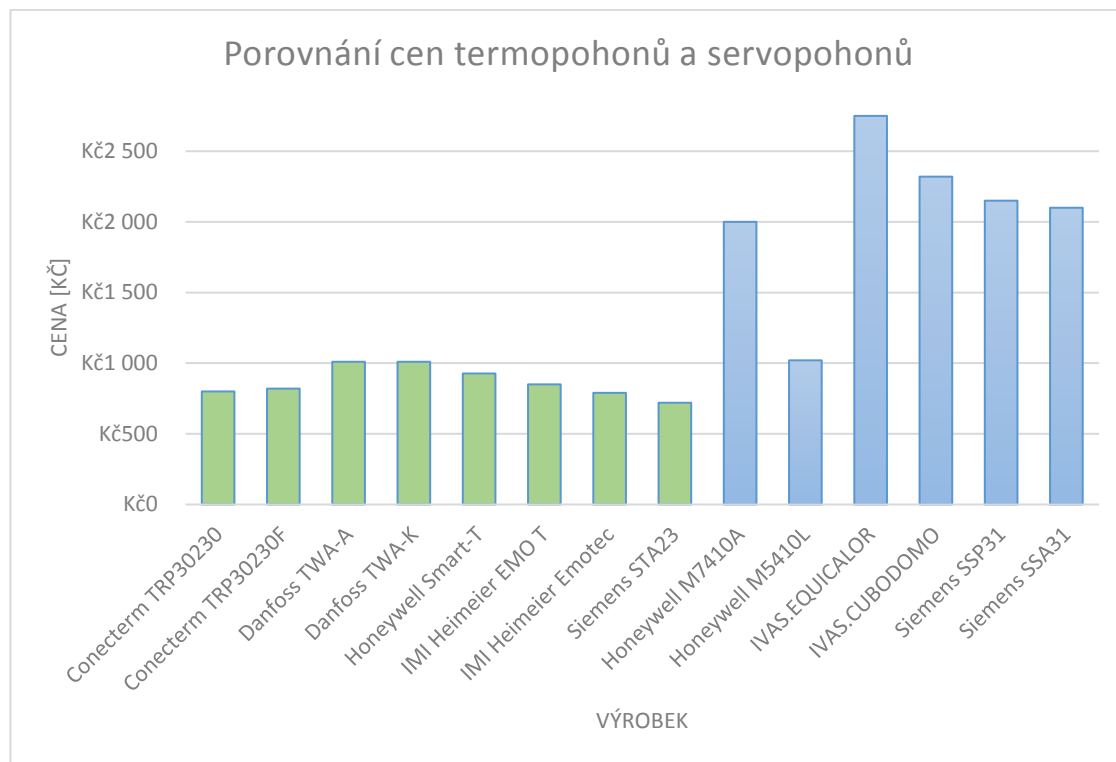
Obr. 8-7 Siemens SSP31 [30]

Další společností, která nabízí servopohony je IVAR CS se svými výrobky IVAR.EQUICALOR a IVAR.CUBODOMO. První jmenovaný je kompatibilní pouze s termostaty IVAR (komunikace je bezdrátová – dosah až 30 m) a je napájen třemi tužkovými bateriemi. Druhý jmenovaný je také bezdrátový, ale kompatibilní s různými termostaty. [31]

Tab. 8-5 Přehled servopohonů

Výrobce	Typ	Proud	Specifikace	Cena
Honeywell	M7410A	24 V	Pro všechny ventily se závitem M30x1,5	2 000 Kč
	M5410L	24 V	Pro všechny ventily se závitem M30x1,5, zdvih 6,5 mm	1 020 Kč
IVAR CS	EQUICALOR	4,5 V	Bezdrátový servopohon, pro všechny ventily se závitem M30x1,5	2 750 Kč
	CUBODOMO	4,5 V	Bezdrátový servopohon, pro všechny ventily se závitem M30x1,5	2 320 Kč
Siemens	SSP31	230 V	Pro všechny ventily se závitem M30x1,5	2 150 Kč
	SSA31	230 V	Pro všechny ventily se závitem M30x1,5	2 100 Kč
<i>Průměrná cena</i>				2 057 Kč

Při porovnání cen v obrázku 8-8 jasně vidíme, že ceny servopohonů jsou minimálně dvakrát vyšší než ceny termopohonů. To je dáno zejména tím, že výrobci servopohonů je méně a konstrukce (elektromotorek, převodovka) je složitější a nákladnější na výrobu. Proto je optimálním řešením v mnoha aplikacích termopohon.



Obr. 8-8 Porovnání cen termopohonů a servopohonů

8.6 P-regulátory

P-regulátory jsou myšleny termostaty – zařízení, která mají za úkol udržovat a regulovat teplotu v místnosti. Při instalaci se musí zvolit tzv. referenční místnost (kam se umístí termostat), jejíž teplotní režim je určen jako vztažný a rozhoduje o míře vytápění celého objektu. Jakmile je v této místnosti dosaženo požadované teploty, je pokojovým termostatem vyslán povel zdroji s požadavkem jeho vypnutí či potřebného omezení okamžitého výkonu. Dojde-li naopak ke snížení teploty v referenční místnosti pod požadovanou míru, obdrží zdroj povel k zapnutí či zvýšení okamžitého výkonu. Stejným způsobem pracují termostaty v jednotlivých místnostech, které aktivují termopohony či servopohony. [32]

Dnes nejpoužívanější elektronické termostaty jsou ovládány polovodičovými senzory, jejichž signál je zesílen a následně zpracováván elektronicky nebo analogově. Čidla jsou například odporová (termistor) nebo napěťová. Nedílnou součástí je možnost nastavení několika útlumů a náběhů v jednotlivých dnech týdne. [32]

V současné době existují různé typy termostatů - od nejjednodušších prostých termostatů s jediným ovládacím kolečkem (potenciometrem) k nastavení požadované

teploty až po komfortní programovatelné termostaty s možností nastavení několika různých útlumů během dne. [32]

Firma Danfoss nabízí například elektronický termostat RET-B s digitálním zobrazením nastavených a aktuálních teplot pro řízení kotle a termopohonech. Může být napájen ze sítě napětím 230 V, nebo baterií 2xAA. Tento termostat disponuje možností nočního útlumu a funkcí proti zamrznutí. [18]

Elektrobock nabízí elektronický prostorový termostat PT04, který disponuje automatickým nočním poklesem teploty a umožňuje nastavení teplot po 0,5 °C. Dalším nabízeným typem je inteligentní prostorový termostat PT22, který nabízí různé režimy a funkce (manuální/automatický režim, dovolená nebo týdenní program, umožňující až 6 teplotních změn v každém dni). Je vhodný ke všem kotlům, které vyžadují bezpotencionální (beznapěťové) spínací kontakty (např. plynové kotle, elektrokotle, oběhová čerpadla, termoelektrické pohony nebo klimatizační jednotky), a rovněž k aktivaci pohonů. [33]

Společnost Honeywell nabízí digitální prostorový termostat DT90 pro regulaci prostorové teploty ve vytápěcích systémech s kotlem, zónovým ventilem, oběhovým čerpadlem atd. V případě vypnutí termostatu se aktivuje funkce protimrazové ochrany a tento typ termostatu existuje i ve verzi s ECO módem. [35]



Obr. 8-9 Honeywell DT90 [35]

Tab. 8-6 Přehled P-regulátorů

Výrobce	Typ	Rozsah nastavení	Specifikace	Cena
Auraton	3013	7 – 35 °C	Denní elektronický termostat, režim dovolená	640 Kč
	2025	4 – 30 °C	Programovatelný termostat s externím čidlem	1 010 Kč
Danfoss	RET-B	5 – 30 °C	Vytápění on/off nebo chrono-proporcionální	1 470 Kč
Elektrobock	PT04	9 – 29 °C	Mechanický prostorový termostat	430 Kč
	PT22	5 – 39 °C	Inteligentní prostorový termostat	1 200 Kč
Giacomini	K494	2 – 40 °C	Digitální prostorový termostat	935 Kč
Honeywell	DT90	5 – 35 °C	Digitální prostorový termostat	1 280 Kč
	T4360A	0 – 20 °C	Mechanický prostorový termostat	540 Kč
<i>Průměrná cena</i>				940 Kč

Řešení regulace vytápění přes termostat je vhodné jako kompromis mezi pořizovacími náklady a efektivitou regulace. Jedná se o propojení autonomního termostatu s pohonem na ventilu. Výhodou je jednoduchá instalace, nízké pořizovací náklady a kvalitní regulace. Nevýhodou tohoto řešení je nemožnost dálkového ovládání přes mobilní telefon. [22]

8.7 PI-regulátory

V nabídce firmy Danfoss nalezneme PI regulátor TP5001, který je programovatelný, disponuje automatickým přechodem mezi zimním a letním časem, přesnost regulace je ± 1 °C a časová přesnost ± 1 min za rok. TP5001 nabízí programování režimu 5 dnů/2 dny, kdy programování zahrnuje i možnost vytvoření dvou programových bloků (A/B programování), kdy jeden program může být nastaven pro jakýkoli den v týdnu. Tento termostat obsahuje funkci programování ochrany proti zamrznutí, je možné nastavit až 6 teplotních změn během dne (regulace dle časového nastavení)

a existuje i v bezdrátové verzi, což znamená, že termostat jako vysílač posílá řídicí signál pomocí radiových vln do přijímače RX, který je umístěn v blízkosti kotle (maximální vzdálenost je 30 m). Přijímač automaticky ukládá digitální kód do paměti v případě výpadku proudu. [18]

Také je možno u firmy Danfoss zakoupit digitální programovatelný regulátor TP7000, který nabízí sedmidenní programování (nastavení každého dne odlišně) nebo seřízení na režim 5/2 dny, kde je možno nastavit program pro pracovní dny a druhý program pro víkend. Dále je možné naprogramovat prázdninový režim a jednotlivé režimy lze podle potřeby uživatele rozšířit. Jsou opět nabízeny dvě verze – napájení ze sítě, nebo na baterie. [18]

Společnost Siemens nabízí digitální prostorový regulátor s týdenním programem RDE410/EH, který nabízí týdenní časový program a spoustu provozních režimů (komfortní, útlumový, ochranný a automatický s časovým programem). Regulace prostorové teploty se řídí dle vestavěného teplotního čidla nebo dle čidla připojeného k externímu vstupu. Dále tento výrobce nabízí REV34 - týdenní programovatelný PI regulátor pro řízení směšovaného otopného okruhu nebo výkonu zdroje tepla umožňující výběr mnoha provozních režimů jako trvale komfortní režim, trvale útlumový režim, ochranný režim proti zamrznutí nebo režim zvláštní den (denní režim) s max. 3 fázemi vytápění. Dále jsou zde speciální funkce jako prázdniny, nepřítomnost nebo párty. [34]



Obr. 8-10 Siemens REV34 [34]

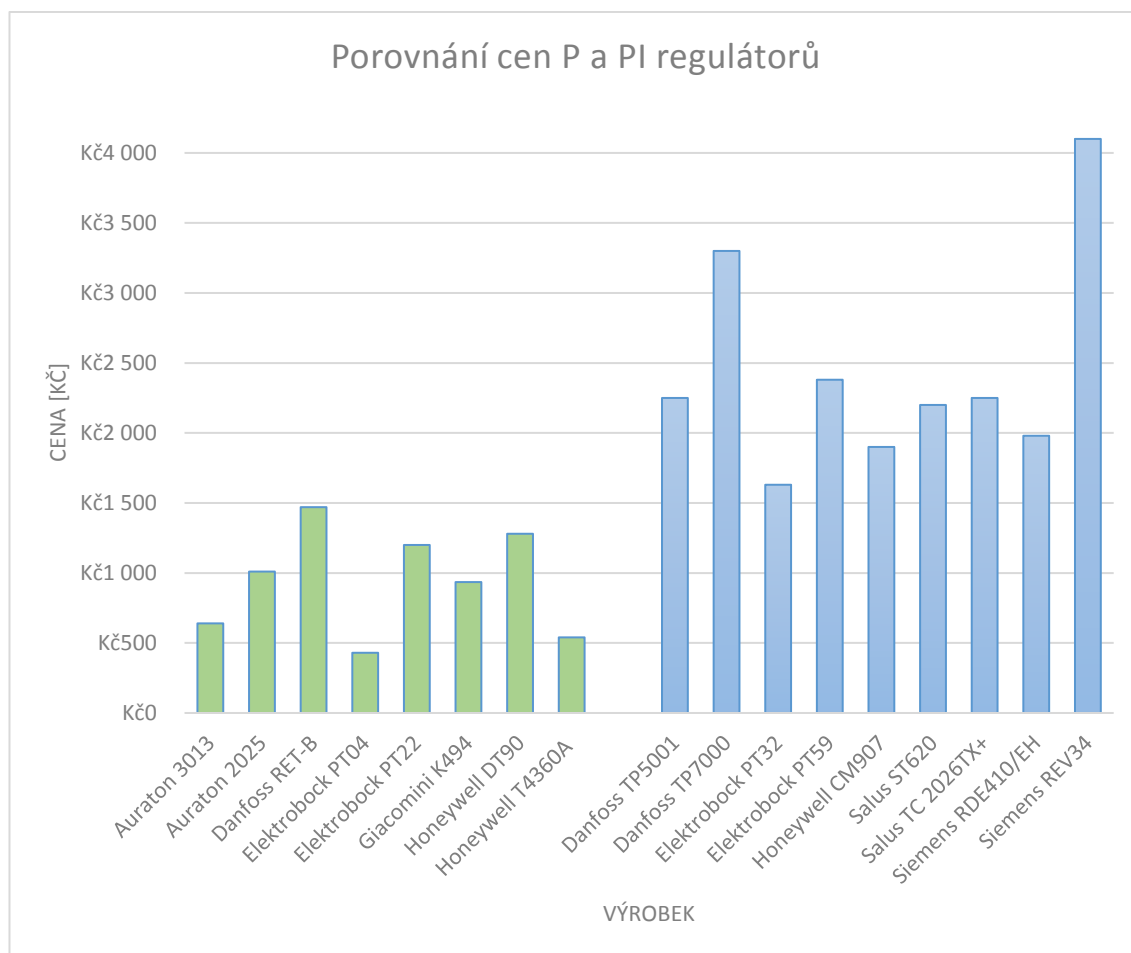
V portfoliu značky Honeywell nalezneme například moderní sedmidenní programovatelný prostorový regulátor CM907, který umožňuje až 6 nezávislých teplotních nastavení na den a nabíjí se z baterií 2x 1,5 V AA. Opět nechybí speciální módy jako dovolená, denní přestávka nebo párty. Tlačítko Dovolená umožňuje významné úspory energie snížením teploty od 1 do 99 dní, když jsou všichni obyvatelé domu na dovolené. [35]

Tab. 8-7 Přehled PI-regulátorů

Výrobce	Typ	Rozsah nastavení	Specifikace	Cena
Danfoss	TP5001	5 – 30 °C	Programovatelný termostat	2 250 Kč
	TP7000	5 – 30 °C	Programovatelný termostat, režim 7 dní nebo 5/2 dny	3 300 Kč
Elektrobock	PT32	3 – 39 °C	Programovatelný prostorový termostat, letní režim, volba sudý/lichý týden, předčasné zapnutí	1 630 Kč
	PT59	2 – 39 °C	Programovatelný prostorový termostat, letní režim, volba sudý/lichý týden, předčasné zapnutí, funkce legionella (ničení bakterií při ohřevu na 60 °C)	2 380 Kč
Honeywell	CM907	5 – 35 °C	Programovatelný prostorový termostat	1 900 Kč
Salus	ST620	5 – 35 °C	Programovatelný týdenní termostat s dotykovým a intuitivním ovládním.	2 200 Kč
	TC 2026TX+	5 – 45 °C	Týdenní bezdrátový programovatelný termostat, režim protizámrazový, dovolená	2 250 Kč
Siemens	RDE410/EH	5 – 40 °C	Programovatelný týdenní termostat	1 980 Kč
	REV34	3 – 35 °C	Programovatelný týdenní termostat	4 100 Kč
<i>Průměrná cena</i>				2 443 Kč

Při porovnání (Obr. 8-11) P a PI regulátorů zjistíme, že PI regulátory jsou celkově dražší (průměrná cena je více než dvakrát vyšší). Avšak za tu cenu dostane uživatel více funkcí, režimů, širší možnost programování, intuitivní ovládním a odstranění trvalé regulační odchylky. Všichni výrobci se podle specifikací a popisů funkcí snaží snížit energetickou náročnost a náklady, ale i rychlost instalace. Také je důležité rozmyslet si,

jestli uživatel stačí pouze analogový termostat (nejlevnější řešení, jednoduché ovládání) nebo digitální, který zobrazuje aktuální i nastavenou teplotu a další funkce. Nejčastější aplikací PI regulátorů je přímé řízení pohonu směšovacího ventilu na základě prostorové teploty.



Obr. 8-11 Porovnání cen P a PI regulátorů

9. ZÁVĚR

V praxi se regulace objevuje všude kolem nás a my můžeme jednotlivé prvky regulace nakombinovat především podle požadavků uživatele (samozřejmě musíme brát v úvahu kompatibilitu jednotlivých zařízení). Nemalou úlohu hraje i zde cena, proto je potřeba předem zvážit míru investice.

Na základě této bakalářské práce jsem zjistil, že nejlevnějším možným způsobem místní regulace je řízení výkonu otopného tělesa mechanickými termostatickými hlavicemi, kde se průměrná cena pohybuje okolo tří set korun (hlavice s paroplynovou náplní se pohybují pod pěti sty korunami). K těmto hlavicím je pro rodinné domy vhodné nainstalovat termostat, který reguluje výkon kotle v závislosti na požadované teplotě v referenční místnosti. Ceny termostatů se pohybují do tisícikoruny. Avšak do místnosti s termostatem se neinstalují k otopným tělesům termostatické hlavice. Termostat by pak hlásil, že je potřeba stále vytápět, přičemž na hlavici by byla nastavena nižší teplota než na prostorovém termostatu. Ideální případ je tedy prostorový termostat v referenční místnosti a termostatické hlavice v ostatních místnostech. Termostatické hlavice mohou přinést úspory až ve výši 15 %.

Dalším způsobem regulace je osazení regulačních ventilů otopných těles elektronickými termostatickými hlavicemi, u nichž se cena pohybuje okolo tisícikoruny, ale nabízí intuitivnější ovládání pro uživatele a možnost programování teplot.

Místo termostatických hlavic je možno osadit ventily otopných těles dvoustavovými termopohony, u nichž se průměrná cena pohybuje okolo 870 Kč. K termopohonům můžeme zvolit P-regulátory (cena okolo 1 000 Kč) nebo PI-regulátory, které nabízí více funkcí a větší možnost programování a vyšší přesnost regulace (s cenou kolem dvou a půl tisíc korun). Regulace teploty vzduchu v místnosti se provádí střídavým zapínáním a odepínáním elektrického napájení termopohonu.

Případně můžeme použít spojitou regulaci s využitím servopohonů, u nichž je průměrná cena 2 000 Kč. Toto řešení je tedy nejnákladnější ze všech, ale zároveň nejpreciznější.

Osobně si myslím, že i vyšší investice do regulace vytápění má smysl, protože nižší spotřeba energie nám navrátí investice v řádu možná jednotek let. To by ale vyžadovalo ekonomickou analýzu s ohledem na návratnost investic.

10. SEZNAM LITERATURY

- [1] BAŠTA, Jiří. *Regulace v technice prostředí staveb*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2014. ISBN 978-80-01-05455-0.
- [2] Regulace otopných soustav. *TZB-info* [online]. [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/regenerace-domu/323-regulace-otopnych-soustav>
- [3] BAŠTA, Jiří. Regulační armatury - teoretická základna (III). *TZB-info* [online]. 26.10.2004 [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/2212-regulacni-armatury-teoreticka-zakladna-iii>
- [4] Jaké jsou druhy otopných soustav. *Snížujeme.cz* [online]. [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <http://www.snizujeme.cz/clanky/druhy-otopnych-soustav/>
- [5] LUPTÁK, Ladislav a ŠMARDA, Lubomír. *Učební text pro obor Instalatér, 2. ročník* [online]. Střední škola polytechnická, Brno, Jílová 36g [cit. 2018-01-01]. ISBN 978-80-88058-29-8. Dostupné z: <https://publi.cz/books/176/02.html>
- [6] Vytápění objektu. *TZB pro FBI* [online]. [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/tzb-fbi/5.html>
- [7] JAROSLAV, Forejtek. Expanzní nádoby pro topení. *TZB-info* [online]. 13.5.2005 [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/potrubi-a-armatury/2510-expanzni-nadoby-pro-topeni>
- [8] Odstředivá čerpadla. *Elny.cz elektro* [online]. [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/tzb-fbi/5.html>
- [9] BAŠTA, Jiří. Možnosti moderních způsobů regulace. *TZB-info* [online]. 17.9.2007 [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/4360-moznosti-modernich-zpusobu-regulace>
- [10] Plynová kotelná do 500 kW. *ESL* [online]. [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: <http://www.esl.cz/kotelna-do-500kw/>
- [11] Jak topit v zatepleném domě. *Nazeleno* [online]. [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/vytapani/jak-topit-v-zateplenem-dome-1.aspx>
- [12] TZB přednášky. *Ústav technických zařízení budov, VUT* [online]. [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: www.fce.vutbr.cz/tzb/rubinova.o/prednasky/a_ut%2002_09.pdf
- [13] Termostatické hlavice do bytů. *Genialginum* [online]. [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: <http://www.genialnidum.cz/termostaticke-hlavice-bytu/>

- [14] Termostatické radiátorové hlavice. *Topenilevne.cz* [online]. [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/termostaticke-radiatorove-hlavice-c2053/>
- [15] Hlavice termostatická WK 7300-00.500 bílá. *DUFA kamna* [online]. [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <http://www.dufakamna.cz/hlavice-termostaticka-wk-7300-00-500-bila-rohova-uhlova>
- [16] K čemu jsou dobré termostatické ventily. *Svět bydlení* [online]. [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: <http://www.svet-bydleni.cz/k-cemu-jsou-dobre-termostaticke-ventily>
- [17] Termostatické hlavice. *EMOS* [online]. [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: <https://shop.emos.cz/termostaticke-hlavice>
- [18] Regulace vytápění v praxi. *Danfoss Česká republika* [online]. [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: <http://cz.danfoss.com/PCMPDF/CZ%20Danfoss%20katalog%202013%20web.pdf>
- [19] Termoregulační ventily. In: *Přednášky* [online]. [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: http://images.slideplayer.cz/41/11201309/slides/slide_7.jpg
- [20] Přesná kontrola spotřeby energie a zaručené snížení nákladů na vytápění. *Danfoss Česká republika* [online]. [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: <http://cz.danfoss.com>
- [21] Termostatické hlavice. *Kamody* [online]. [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: https://www.kamody.cz/soubory/relatedfile/Thermostatic_heads_CS_low.pdf
- [22] Termostatické regulační hlavice a termopohony. *Zabezpečovací zařízení* [online]. [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: <https://www.zabezpecovaci-zarizeni.cz/termostaticke-hlavice/>
- [23] Termické pohony. Termický pohon pro otopná, vzduchotechnická a klimatizační zařízení. *Kamody* [online]. [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: <https://www.kamody.cz/heimeier-elektrotermicky-pohon-emotec-24vno-bez-proudu-otevreno-1829-00500-9086>
- [24] Digitální termostatické hlavice. *Kamody* [online]. [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: <https://www.kamody.cz/digitalni-termostaticke-hlavice>
- [25] Danfoss RA2890. *Svět koupelny* [online]. [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: <https://www.svet-koupelny.cz/danfoss/danfoss-ra2940-hlavice-paroplyn-napl-013g2940>
- [26] PI regulace. *Systémy pro inteligentní dům - Elektrobock* [online]. [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: <https://www.elektrobock.cz/pi-regulace/t2046>

- [27] IMI Heimeier DX. *E-Teplo.cz* [online]. [cit. 2018-02-11]. Dostupné z:
http://www.e-teplo.cz/__images/upload/products/max/heim_dx.jpg
- [28] Radiátorové armatury. *Conecterm* [online]. [cit. 2018-02-11]. Dostupné z:
<http://www.conecterm.eu/cz/download/radiatorove-armatury.pdf>
- [29] Termoelektrické pohony a servopohony. *Honeywell* [online]. [cit. 2018-02-11].
Dostupné z: https://products.ecc.emea.honeywell.com/cz/ecatdata/md_auto22.html
- [30] Elektrické a termické pohony. *Siemens* [online]. [cit. 2018-02-15]. Dostupné z:
http://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/IBT/mereni_a_regulace/ventily_a_pohony/pohony_25/Pages/pohony_25.aspx
- [31] Regulace. *IVAR CS* [online]. [cit. 2018-02-15]. Dostupné z:
<http://www.ivarcs.cz/cz/regulace-rozcestnik>
- [32] Obecně o regulaci vytápění. *Etatherm* [online]. [cit. 2018-02-15]. Dostupné z:
<http://www.etatherm.cz/cesky/obecne.htm>
- [33] Termostaty. *Elektrobock* [online]. [cit. 2018-02-17]. Dostupné z:
<http://www.elektrobock.cz/eob-katalog-2016-09-termostaty.pdf>
- [34] Programovatelné termostaty a regulátory prostorové teploty. *Siemens* [online]. [cit. 2018-02-17]. Dostupné z:
http://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/ibt/mereni_a_regulace/regulatory/programovatelne_termostaty/pages/programovatelne_termostaty.aspx
- [35] Termostaty. *Honeywell* [online]. [cit. 2018-02-17]. Dostupné z:
https://products.ecc.emea.honeywell.com/cz/ecatdata/md_auto11.html