

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

**Druhy ekvitermní regulace pro kotle na spalování
biopaliv a elektrokotle**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Sander

Autor práce: Milan Kříž

PRAHA 2010

Vysoká škola: Česká zemědělská univerzita v Praze Fakulta: Technická
Katedra: technologických zařízení staveb Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Kříž Milan**

Studijní obor: **Informační a řídicí technika v APK**

Název práce: **Druhy ekvitermní regulace pro kotle na spalování biopaliv a elektrokotle**

Zásady pro vypracování:

Cíl práce:

Vyzdvihnout výhody a přínos ekvitermní regulace a porovnat její různé způsoby pro vybrané typy zdrojů tepla.

Osnova práce:

Princip ekvitermní regulace

Charakter způsobu vytápění u kotlů na spalování biopaliv a elektrokotlů

Způsoby a prvky ekvitermní regulace

Porovnání efektivity různých druhů (způsobů) ekvitermní regulace

Metodika práce:

Provést obecný teoretický rozbor ekvitermní regulace bez omezení zdroje tepla. Popsat vlastnosti a podmínky vybraných topných soustav. Zhodnotit způsoby ekvitermní regulace pro vybrané topné soustavy (zdroje tepla).

Rozsah práce: 40 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Seznam doporučené odborné literatury:

Bašta, J.: Hydraulika a řízení otopných soustav. Praha: Ediční středisko ČVUT, 2003. - 252 s., 209 obr., ISBN 80-01-02808-9.

Bašta, J.: Řízení a regulace ve vztahu k hospodárnosti provozu vytápěcích zařízení. In: Stavebnictví, 2007, 11-12, s. 17-22. ISSN 1802-2030.

Firemní podklady

www.moratop.com/produkty-elektrokotle.jsp

Ing. Milan Miessler, Josef Mojžíš, Marek Šimčák, Ing. Vladan Marcalík, Regulace technologií pro využití obnovitelných zdrojů energie- časopis Alternativní energie


Petr Měchura: Vytápění biomasou v rodinných domcích s účinností přes 110% - sen a nebo realita? - časopis Alternativní energie

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Sander

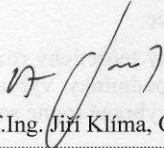
Datum zadání bakalářské práce: 7. 12. 2008

Termín odevzdání bakalářské práce: 30. 4. 2010




doc. Ing. Miroslav Příkryl, CSc.

vedoucí katedry


prof. Ing. Jiří Klíma, CSc.

děkan

V Praze dne 10.12.2008

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jana Sandera a použil jen pramenů citovaných v přiložené bibliografii.

V Praze dne 21. dubna 2010

.....
Milan Kříž

Druhy ekvitermní regulace pro kotle na spalování biopaliv a elektrokotle.

Abstrakt: Cílem této práce je vyzdvihnout výhody ekvitermní regulace pro použití na elektrokotle a kotle pro biopaliva. Dále popisuje její funkci a použití na jednotlivé zdroje tepla. V první části práce jsou vysvětleny obecné způsoby regulací ve vytápění obytných domů. Následuje vlastní charakteristika ekvitermní regulace a její prvků. V této kapitole jsou popsány jak vlastní regulátory, tak i doprovodné. Následující kapitola nastiňuje charakter jednotlivých zdrojů tepla a implementaci ekvitermní regulace pro jednotlivé zdroje. Závěr práce je věnován celkovému zhodnocení z hlediska úspory nákladů, uživatelského komfortu a efektivnosti regulace na jednotlivých zdrojích tepla.

Klíčová slova: ekvitermní regulace, vytápění, úspora

Types of equithermal regulations for electric boilers and biofuel boilers

Summary: The aim of this paper is to highlight the benefits of equithermal regulation for the use in electric boilers and boilers for biofuels. It is also describing the function and a use for individual heat sources. In the first part of the paper a general methods of regulation in heating of a residences are explained. A characteristic of an equithermal regulation and its components is a next chapter. Regulators and supporting regulators are described in this chapter. The following chapter outlines the nature of individual heat sources and implementation of equithermal regulation for individual sources. The final part is about an overall evaluation of cost savings, user-comfort and efficiency of regulation on individual sources of heat.

Keywords: equithermal regulation, heating, saving

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Teorie regulace.....	1
2.1	Druhy regulací.....	2
2.1.1	Zónová regulace.....	2
2.1.2	Decentralizovaná regulace jednotlivých místností.....	3
2.1.3	Centrální regulace jednotlivých místností.....	3
2.1.4	Regulace teploty vody dle hodnoty nastavené na termostatu kotle.....	4
2.1.5	Regulace teploty vody podle venkovní teploty vzduchu.....	5
2.1.6	Regulace podle vnitřní teploty.....	5
2.1.7	Regulace podle zátěže.....	6
2.1.8	Regulace přerušování provozu.....	7
2.1.9	Regulace teploty teplé vody.....	9
2.2	Parametry volby regulace.....	9
3	Princip ekvitermní regulace.....	10
3.1	Nastavení otopné křivky.....	11
3.2	Popis otopného systému s ekvitermní regulací.....	13
3.3	Funkce ekvitermních regulátorů (jednotek).....	15
4	Charakter způsobu vytápění u kotlů na spalování biopaliv a elektrokotlů ..	17
4.1	Kotle na biopaliva (tuhá paliva).....	17
4.2	Elektrokotle.....	20
5	Způsoby a prvky ekvitermní regulace.....	21
5.1	Ekvitermní regulace s využitím směšovače.....	21
5.2	Ekvitermní regulace se zpětnou vazbou na vnitřní teplotu.....	22
5.3	Ekvitermní regulace s vlivem zátěže.....	25
5.4	Prvky ekvitermní regulace.....	26
5.4.1	Řídící jednotky (regulátory).....	26
5.4.2	Trojcestné armatury.....	27
5.4.3	Čtyřcestné armatury.....	29
5.4.4	Čerpadla.....	30
5.4.5	Tepelná čidla.....	31
5.5	Doprovodné prvky ekvitermní regulace.....	33
5.5.1	Termostatické ventily.....	33
5.5.2	Termostatické hlavice.....	36
5.5.3	Elektronické termostatické hlavice.....	38
6	Porovnání efektivity různých druhů (způsobů) ekvitermní regulace	42
6.1.1	Ekvitermní regulace kotlů na tuhá paliva (biopaliva).....	42
6.1.2	Ekvitermní regulace automatických kotlů na tuhá paliva (biopaliva).....	43
6.1.3	Ekvitermní regulace elektrokotlů.....	45
7	Závěrečné zhodnocení	47
8	Literatura	48
8.1	Seznam obrázků.....	49
8.2	Seznam příloh.....	49

1 Úvod

Pro vytápění rodinných domů se používá různých zdrojů tepla s rozdílnou udávanou účinností. Ne vždy se však dá tato účinnost plně využít. Potom nastávají ztráty tepla a zvyšují se náklady na vytápění. A v dnešní době, kdy ceny energií stoupají, jsou tyto ztráty velmi citelné.

Tento problém se dá vyřešit pomocí ekvitermní regulace instalované do otopného systému. Ta inteligentně řídí zdroj tepla a tím dosahuje požadovaného komfortu v domě. Díky této regulaci se může ušetřit energii na vytápění, a tím pádem i náklady. K jednotlivým zdrojům tepla připadá specifický způsob regulace. Tato práce je soustředěna na ekvitermní regulaci elektrokotlů a kotlů na biopaliva.

2 Teorie regulace

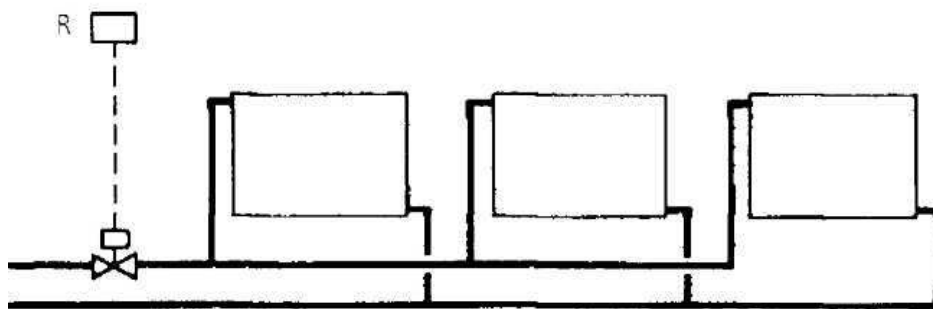
Základním předpokladem hospodárné dodávky tepla pro vytápění, je dokonalý technický stav otopného systému a jeho částí. V obytných objektech lze obecně uplatnit různou regulaci tepelného výkonu. Ta by se dala jednoduše rozdělit na tyto způsoby regulace:

- výstupní teploty vody ze zdroje tepla
- vnitřní teploty vzduchu, a to:
 - přímo, kdy je regulován přímo zdroj tepla
 - nepřímo, kdy je regulována vstupní teplota vody v přívodním potrubí proudící do otopné soustavy (např. směšováním) a zdroj tepla je regulován samostatně
 - místně, kdy je regulován výkon jednotlivých otopných těles a zdroj tepla je regulován samostatně
- venkovní teploty vzduchu - ekvitermně, resp. podle venkovních klimatických podmínek, a to:
 - přímo, kdy je regulován přímo zdroj tepla
 - nepřímo, kdy je regulována vstupní teplota vody proudící do soustavy. Zdroj tepla se reguluje samostatně;
- zátěže či zátěží - tato regulace je přímá a využívá již fuzzy logiky.[3]

2.1 Druhy regulací

2.1.1 Zónová regulace

V případě zónové regulace se jedním společným regulačním prvkem a jedním regulátorem reguluje otopná voda pro více otopných těles v jednom pokoji či ve více vytápěných místnostech zásobovaných jedním hydraulickým okruhem (zónou) a vykazujících stejné či velmi obdobné tepelně technické vlastnosti (Obrázek 1). Díky čidlům teploty, regulátor zaznamenává změny a uzpůsobuje nastavení na zónovém ventilu. Prostřednictvím zónového nebo třífázového ventilu se tak provádí regulace množství či kvalitativní regulace směřováním. Pokud místnost tvoří samostatnou zónu, jako regulátory se používají pokojové termostaty se zpětnou tepelnou vazbou, v ostatních případech nacházejí uplatnění především ekvitermní regulátory. Zónová regulace se používá, je-li v jednom pokoji nainstalováno větší množství otopných těles (OT) nebo když je více pokojů se stejnými podmínkami regulováno na stejnou teplotu. Typickým příkladem zónové regulace jsou učebny ve školách orientované na stejnou světovou stranu, výrobní haly, společenské sály a obytné budovy rozdělené chodbou na jednotlivé světové strany. [3]



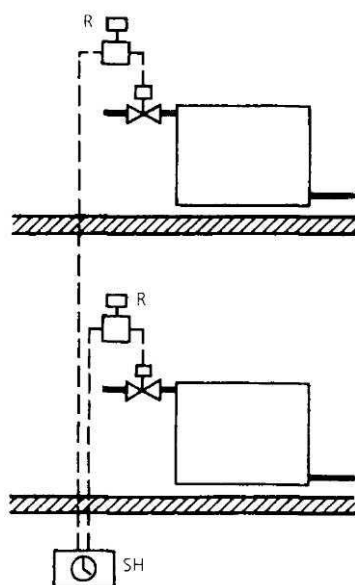
Obrázek 1: Schéma zónové regulace[3]

R-čidlo vnitřní teploty, regulátor ventilu

2.1.2 Decentralizovaná regulace jednotlivých místností

U tohoto způsobu regulace má každá místnost regulátor a regulační orgán, kterým je elektromotoricky ovládaný ventil na OT. Různé regulátory v jednotlivých místnostech mohou být v závislosti na čase centrálně řízeny jedněmi či několika spínacími hodinami (Obrázek 2). Příznivým jevem je, že instalace a kabeláž je jednodušší a přizpůsobivější než u centrální regulace podle charakteristické místnosti.

U decentralizované regulace lze využít například signalizační vedení a částečně i rozvodnou síť 220 V, níž se signály převedou na napětí v síti. [3]



Obrázek 2: Schéma decentralizované regulace jednotlivých místností[3]

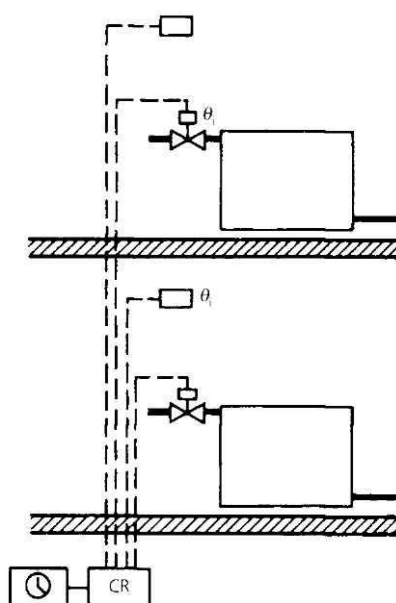
R - čidlo vnitřní teploty s regulátorem pro místnost

SH - centrální spínací hodiny

2.1.3 Centrální regulace jednotlivých místností

V případě centrální regulace se jednotlivé místnosti regulují pouze jedním centrálním regulátorem, převážně vícekanálovými spínacími hodinami. Každá místnost má čidlo (snímač) a regulační prvek, kterým je opět elektromotoricky ovládaný ventil na OT. Výhodou je, že požadované hodnoty a spínací časy jsou řízeny z jednoho centrálního místa. Přesto se dá každá místnost regulovat individuálně. V porovnání

s decentralizovanou regulací se u tohoto způsobu regulace redukuje náklady na přístroje a mnohé regulátory jsou nahrazeny jedním centrálním. Zařízení tohoto druhu jsou provozována převážně se systémem DDC (direct digital control), tedy pracují digitálně a v souladu s podmínkami systému mohou přebírat velké množství úloh. Regulace teploty místností s pomocnou energií se používá pouze u velkých objektů. V nebytové sféře se uplatňuje zejména ve školách, správních budovách, divadlech a hotelích. V tomto případě se opět jedná o kvantitativní regulaci množstvím a je ještě potřebná regulace teploty přívodní vody, aby se zabránilo většímu kolísání požadované hodnoty. [3]



Obrázek 3: Schéma centrální regulace jednotlivých místností[3]

θ_i – čidlo vnitřní teploty

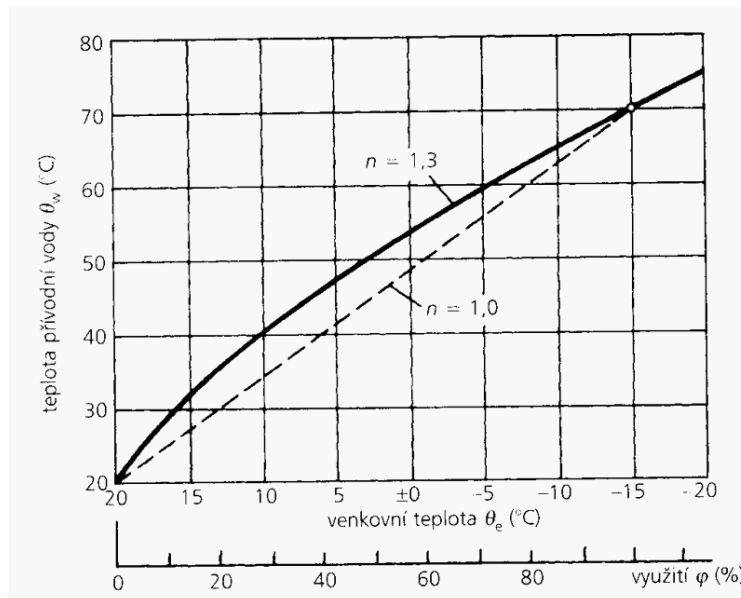
CR – centrální regulátor

2.1.4 Regulace teploty vody dle hodnoty nastavené na termostatu kotle

Nejjednodušší formou regulace teploty vody v přívodním potrubí je regulace podle hodnoty nastavené na termostatu kotle. Čidlo je většinou i s regulátorem instalováno ve výstupní trubce kotle. Tento způsob regulace se dříve používal u zařízení s ručním nastavováním směšovače. Dnes se používá pouze výjimečně, když kotel či kotle dodávají vodu do jednoho rozdělovače. [3]

2.1.5 Regulace teploty vody podle venkovní teploty vzduchu

Potřeba tepla je při regulaci podle venkovní teploty nepřímo úměrná venkovní teplotě, proto lze teplotu přívodní vody regulovat přímo v závislosti na teplotě venkovní. Závislost obou veličin znázorňuje tzv. otopná křivka (Obrázek 4). Na obrázku je příklad pro minimální venkovní teplotu $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ a teplotu přívodní vody $70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Prohnutí křivky závisí na použitých otopných tělesech, resp. použité otopné ploše, a odpovídá mocninné funkci s exponentem např. $n = 1,3$. Křivku lze pro danou soustavu a její vlastnosti event. přizpůsobit jejím nakláněním či posunem. Regulace přívodní teploty je rychlá s malým dopravním zpožděním. Tato regulace se dnes používá u většiny soustav s přídavnými funkcemi. Teplota vody v přívodním potrubí se reguluje buď dvupolohově (řízení hořáku), nebo třípolohově (spolu s řízením třicestné či čtyřcestné armatury). [3]



Obrázek 4: Příklad otopné křivky[3]

2.1.6 Regulace podle vnitřní teploty

U regulace podle vnitřní teploty se snímá teplota vzduchu ve vytápěném prostoru a jako řídicí veličina se vysílá do regulátoru. Vzhledem k tomu regulátor registruje i vnitřní poruchové veličiny. Čidlo se umísťuje do referenční místnosti, podle níž jsou ovládány i ostatní místnosti. Vzniklá regulační odchylka v referenční místnosti zapříčiní změnu teploty vody v přívodním potrubí, 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. S ohledem na dříve uvedené skutečnosti se tato regulace nepoužívá u více generačních domů. Popisovaná regulace má stálé dopravní zpoždění, které se musí udržovat co nejmenší. Nesmí ale dojít k rozkmitání regulačního obvodu. Používají se regulátory dvoupolohové proporcionální (P) a proporcionálně integrační (PI) regulátory se zpětnou vazbou, eventuálně kaskádová regulace. Čidlo, většinou s ovladačem, musí být umístěno tam, kde ho nebudou ovlivňovat místní zdroje tepla. V referenční místnosti se neosazuje regulátor (hlavice) na TRV (teplotní regulátor výkonu), neboť by se oba regulátory ovlivňovaly a staly se neúčinné. Výhodou regulace podle vnitřní teploty vzduchu je její chování při omezeném provozu otopné soustavy, jako je např. noční útlum. Teplota vzduchu je snímána čidlem. Také se může přes den omezit dodávka tepla až na sníženou vnitřní teplotu jako v případě nočního provozu. Při dosažení nejnižší hraniční teploty se začne opět vytápět. Tím se zohlední tepelná kapacita budovy a zajistí se hospodárny provoz zařízení. Využívá se obvykle lichého počtu čidel v referenčních místnostech, přičemž rozhodující je údaj na většině čidel (např. na třech z pěti nebo na čtyřech ze sedmi). [3]

2.1.7 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. Potřebu tepla regulátor vypočítá přes poměr spínacích časů hořáku jako aktuální zátěž kotle q . Podle vzorce:

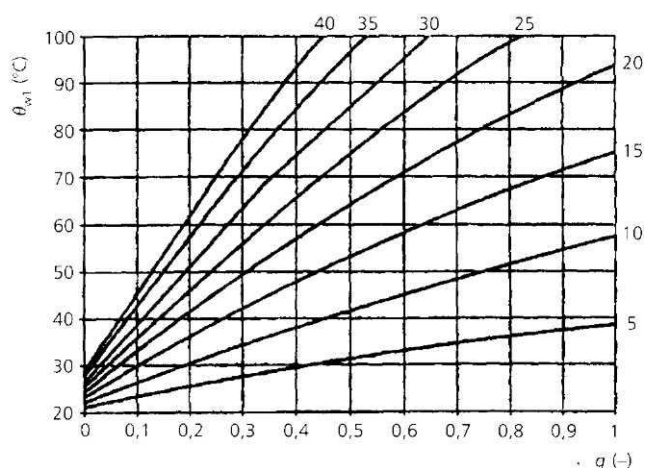
$$q = \frac{\tau_{BR}}{\tau_{BRZ}} [-] \quad [3]$$

q – zátěž kotle [-]

τ_{BR} – je doba chodu ve spínacím intervalu [s]

τ_{BRZ} – doba spínacího intervalu [s]

Požadovaná teplota kotlové vody či teplota vody přiváděné do soustavy jsou regulovány podle křivek zátěže (Obrázek 5). Výhodou tohoto řízení je rychlá odezva na potřebu tepla i u dobře tepelně izolovaných budov, produkce pouze takového množství tepla, které je potřebné, a zohlednění cizích zdrojů tepla (tepelných zisků). Za nevýhodu lze považovat nutnost použití místní regulace. [3]



Obrázek 5: Křivky zátěže[3]

θ_{w1} – teplota vody v přívodním potrubí [C°]

q – aktuální zátěž kotle [-]

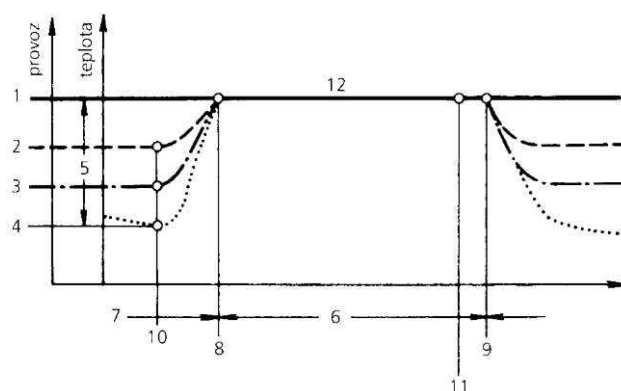
Regulaci podle zátěže lze tedy smysluplně využít za předpokladu, že se jedná o:

- dobře tepelně izolované stavby,
- jednostupňový hořák u zdroje tepla,
- přímo připojený otopný okruh,
- užití TRV (teplotní regulátor výkonu)
- instalaci bez venkovních a vnitřních čidel,
- rozumné chování spotřebitele (žádné permanentní přestavování TRV),
- snahu využít tepelných zisků (všech cizích zdrojů tepla). [3]

2.1.8 Regulace přerušování provozu

Přerušovaný provoz poskytuje možnost přepínat otopnou soustavu z běžného provozu (1) během doby využívání (6) na provoz snížený (2) během doby nevyužívání (7) (Obrázek 6).

Přepínání lze provádět ručně, ale většinou je plně automatické, řízené časovými spínacími hodinami.



Obrázek 6: Teplotní a časový profil[3]

- | | |
|--|---|
| 1 - normální provoz | 7 - doba nevyužívání |
| 2 - redukováný provoz | 8 - začátek doby využívání |
| 3 - klidový provoz | 9 - konec doby využívání |
| 4 - vypínací provoz | 10 - spínací bod |
| 5 - rozdíl teplot mezi běžným a vypínacím provozem, | 11 - vypínací bod |
| 6 - doba využívání | 12 - požadovaná provozní teplota |

Využíváme různé provozní možnosti:

- běžný provoz bez poklesu teploty vytápění.
- pokles teploty ve vytápěném prostoru přepnutím na nižší otopnou křivku, tj. redukováný provoz.
- naprosté utlumení vytápění, dokud nepoklesne teplota v místnosti pod nastavenou teplotu. Chování soustavy splňující tento požadavek můžeme označit za klidový provoz.
- naprosté utlumení, resp. vypnutí vytápění, ale s ohledem na ochranu proti zamrznutí. Tento stav lze označit jako vypínací provoz.

Jako časové hodiny lze použít jednoduché analogové hodiny s ukazatelem, jakož i mikropočítačové hodiny s digitálním ukazatelem. Ty poslední mají několik časových kanálů, takže se jimi dá řídit více funkcí, např. otopné okruhy, teplá voda, cirkulační čerpadla teplé vody apod. [3]

2.1.9 Regulace teploty teplé vody

Nejčastěji se využívá jednoduché regulace vypínáním a zapínáním oběhového čerpadla. Současně se v tomto případě vypínají čerpadla otopných okruhů nebo se přenastavují směšovače. Provoz vytápění lze prostřednictvím speciálního přepínacího zařízení přepnout na ohřev teplé vody. Regulace teploty teplé vody je možná i s regulátory bez pomocné energie. Regulátor teploty a akční člen jsou propojeny kapilárou. Při stoupaní teploty teplé vody se kapalina v čidle roztahuje a způsobuje uzavírání ventilu. Požadovaná hodnota může být různá a dá se nastavit. Takovéto regulátory jsou proporcionální (P). [3]

2.2 Parametry volby regulace

Při volbě regulace pro určitou otopnou soustavu je třeba respektovat tyto parametry:

- velikost a druh budovy (nizkopodlažní zástavba, výškový objekt, administrativní budova apod.)
- tepelně akumuláční vlastnosti budovy (hmotnost stavby, druh stavebního materiálu, druh a tloušťka tepelné izolace, velikost zasklené plochy, infiltrace atd.);
- tepelně akumuláční vlastnosti otopné soustavy (druh soustavy, vodní obsah atd.);
- vliv vnějších klimatických vlivů na budovu (poloha budovy v terénu, orientace na světové strany, průběh venkovní teploty, vliv oslunění, náporů větru apod.);
- vnitřní - mikroklimatické podmínky (osvětlení, počet osob a jiné vnitřní zdroje tepla a vlhkosti);
- investiční náklady na regulační zařízení (tyto náklady je třeba porovnat dosažitelnými úsporami tepelné energie);
- nároky uživatele na komfort a mikroklima a jeho přímé požadavky.
- odbornost uživatele – regulační systém by měl být realizován tak, aby nevyžadoval zásah uživatele. [3]

3 Princip ekvitermní regulace

Regulace průběhu teploty vody ze zdroje tepla v závislosti na venkovní teplotě se nazývá ekvitermní regulace. Jedná se tedy o centrální regulaci. Výsledek regulace s ekvitermním řízením je závislý na topné křivce. Topná křivka je závislost mezi venkovní teplotou a teplotou topné vody. Fyzikálně popisuje vytápěný prostor a topný systém.

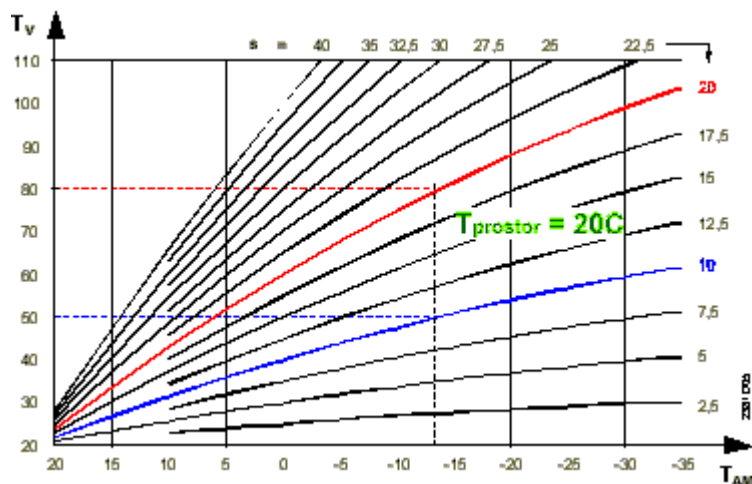
Existuje množství topných křivek, které jsou charakterizovány svou strmostí. Ta je potom zadávána regulátoru. Pokud je zadaná strmost topné křivky vyšší než vyžaduje vytápěný prostor, dochází k trvalému přetápění vytápěného objektu. Tato vlastnost se používá u předregulace pro větší počet uživatelů, přičemž prostory jsou dodatečně doregulovány, např. termostatickými ventily na topných tělesech. Topné křivky nastavuje do řídicí jednotky odborník nebo jsou nastaveny již od výrobce. Tím pádem uživatel nemusí zasahovat do nastavení systému.

Průběhy topných křivek (Obrázek 7) jsou platné pouze za předpokladu, že uživatel své prostory vytápí na 20°C. Jakmile uživatel nastaví jinou prostorovou teplotu nebo podle topného programu nastane útlum, dojde k posunu vybrané topné křivky. Výsledkem posunu topné křivky je změna teploty topné vody při stejných venkovních podmínkách, a tím i změna teploty v místnosti.

Volba topné křivky se provádí s ohledem na návrhovou venkovní teplotu (např. -12°C) a topný systém (topná tělesa 80/60°C nebo podlahový systém 50/40°C). Postup je vidět z Obrázku 7, tj. červená křivka se strmostí 20 pro systém s topnými tělesy a modrá křivka se strmostí 10 pro podlahový systém.

V případě dlouhodobých změn vnitřní teploty dochází k adaptaci topné křivky. Regulátor sleduje aktuální teplotu v místnostech a vyhodnocuje jí s nastavenou hodnotou. Nereaguje na krátkodobé teplotní výkyvy, jaké jsou zapříčiněny např. zatopením v krbu. Každou noc zkoriguje strmost topné křivky otočením a nebo posunem, tak aby nedocházelo k trvalému nedotápění nebo přetápění. Tento proces trvá minimálně 15 dní a po této době se sám utlumí. Každé nové nastavení prostorové teploty spustí proces adaptace znovu.

Volby a změny topných křivek v regulátoru probíhá plně automaticky nebo ručně, podle potřeb uživatele. [11], [6]



Obrázek 7: Topné křivky [11]

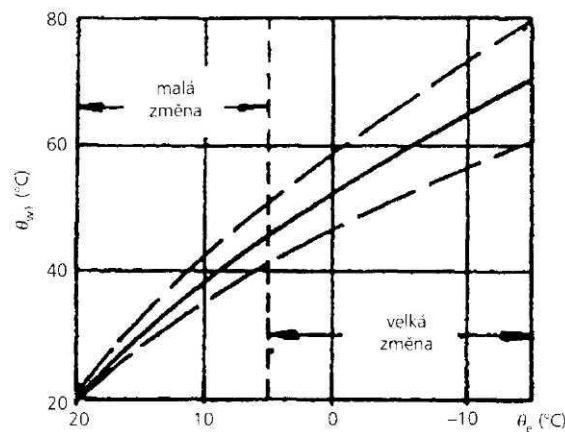
T_{am} - Venkovní teplota [°C]

T_v - Teplota topné vody [°C]

3.1 Nastavení otopné křivky

Při prvním nastavení regulátoru se většinou nastaví teplota vstupní vody podle projektu. Správného nastavení otopné křivky se však nedá dosáhnout definováním jediného bodu, např. při venkovní teplotě -15°C a odpovídající teplotě přívodní vody 70°C . Pro optimální nastavení regulátoru je potřebné znát správnou polohu otopné křivky. Tu lze zjistit pouze odzkoušením, tj. pokusem se zjistí vhodná teplota vstupní vody a k ní se přiřadí křivka v regulátoru. Při tomto pokusu musí být TRV (teplotní regulátory výkonu) buď mimo provoz, a nebo alespoň zcela otevřeny. Uvedený způsob je časově značně náročný a je úspěšný pouze tehdy, je-li provozovatel upozorněn a poučen o nutnosti nastavení křivky. Správného nastavení lze dosáhnout dvěma jinými způsoby, které využívají sklonění křivky či její posun. Pro vyšší venkovní teploty se doporučuje posun otopné křivky do jiné úrovně a u nižších venkovních teplot je vhodné upřednostnit změnu sklonu otopné křivky. Při změně sklonu otopné křivky zůstává její výchozí bod stále nezměněn (Obrázek 8), a tak např. při venkovní teplotě $\theta_e = +20^{\circ}\text{C}$ je nastavena teplota vody v přívodním potrubí $\theta_{w1} = 20^{\circ}\text{C}$. V oblasti venkovních teplot vyšších než $\theta_e = +5^{\circ}\text{C}$ je působení na změnu teploty

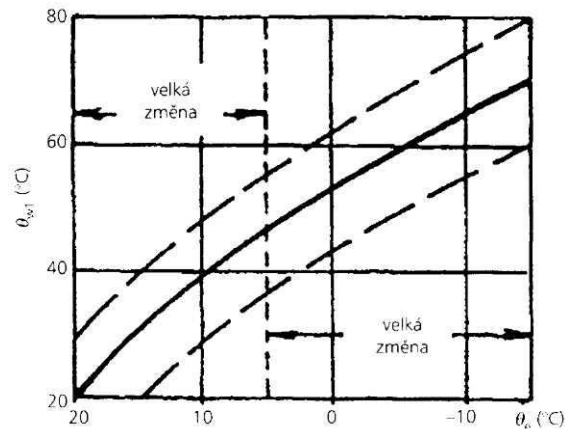
vody v přívodním potrubí relativně malé. Avšak u nižších venkovních teplot pod $\theta_e = +0^\circ\text{C}$ vedou změny sklonu otopné křivky k větším úsporám. V oblasti vyšších venkovních teplot se úroveň otopné křivky posouvá, a tak je výsledek změny větší vzhledem ke zvýšení teploty vody v přívodním potrubí, než by byl v případě změny sklonu křivky (Obrázek 9). Čím dále od sebe leží dva body otopné křivky, tj. čím větší je rozdíl venkovních teplot (např. $\theta_e = +5^\circ\text{C}$ a $\theta_e = -5^\circ\text{C}$), tím přesněji lze určit správnou otopnou křivku. Synchronním přenastavením sklonu a úrovně se otopné křivky dají nastavit tak, aby pokryly celé pole průběhů teplot. V mnohých případech tak musíme použít jak sklánění, tak úrovně posun křivky. Protože odezva na regulační zásah se po delší době (někdy i hodiny) projevuje změnou teploty vytápěného prostoru, správné nastavení otopné křivky trvá mnohdy dlouho. V případě, že se zateplí objekt, změní se jeho tepelné technické vlastnosti, a je tedy nutné opětovné nové nastavení otopné křivky, pokud tak regulátor neučiní sám automaticky. [3]



Obrázek 8: Změna sklonu[3]

θ_{w1} – teplota vody v přívodním potrubí [$^\circ\text{C}$]

θ_e – venková teplota [$^\circ\text{C}$]



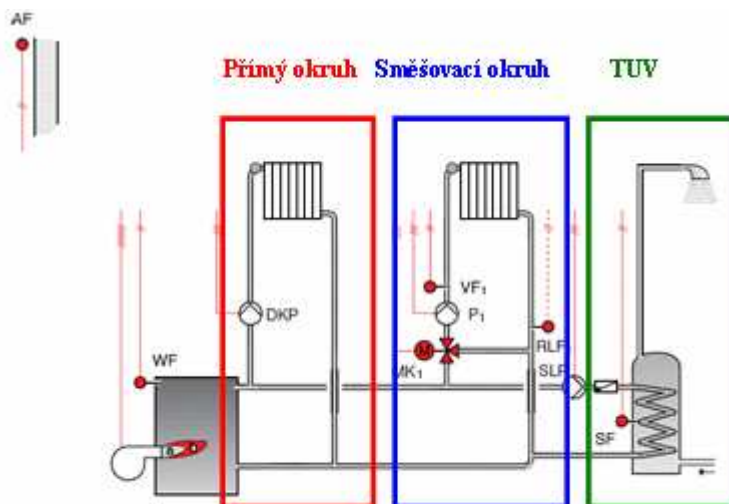
Obrázek 9: Změna úrovně[3]

θ_{w1} – teplota vody v přívodním potrubí [C°]

θ_e – venkovní teplota [C°]

3.2 Popis otopného systému s ekvitermní regulací

Z popisu ekvitermních křivek jednoznačně vyplývá, že jsou nastaveny pro požadovanou prostorovou teplotu. Vypočtené teploty topné vody je dosahováno ve zdroji tepla, kterým nejčastěji bývá tepelný kotel (elektrický nebo na tuhá paliva). Takovýto zdroj tepla tedy ohřívá topnou vodu na požadovanou vypočtenou teplotu. To je vyzařováno z konečných prvků. Konečný prvek v systému vytápění bývá nejčastěji, kromě jiných, otopné těleso (radiátor) nebo systém podlahového vytápění. V systémech vytápění se velice často hovoří o pojmu směšovaný a přímý okruh. Součástí obou typů okruhů je otopné těleso (nebo jiný systém vytápění). Každé otopné těleso obsahuje vstup a výstup. Do vstupu jde topná voda. Z výstupu v otopného tělesa odchází vratná ochlazená voda, která předala teplo do prostoru. Může se stát, že pro různé otopné plochy potřebujeme různou teplotu topné vody. Větší teplotu pro radiátory a nižší pro podlahové vytápění. Tento požadavek se dá snadno splnit vytvořením dvou topných větví, z nichž ta, kde vždy bude vyšší teplota, se zapojí přímo a teplota v ní je regulována ovládním zdroje tepla. Směšovaný okruh je přednostně ovládán pomocí směšovaného ventilu, který řídí průtok topné vody ze zdroje tepla do směšovacího okruhu. Směšovací ventil je ovládán dle principu ekvitermní regulace a to podle teploty topné vody v přívodním potrubí. "Přímý" okruh již směšovací ventil nemá a teplota topné vody je určena zdrojem tepla. Na Obrázku 10 je možné pozorovat příklad hydraulického schématu, které obsahuje přímý i směšovací okruh. [6]



Obrázek 10: Schéma systému vytápění [6]

AF – teplota venkovní

DKP - čerpadlo přímého okruhu

VF - teplota přívodní topné vody

RLF - teplota vratné vody

MK - směšovací ventil

P - čerpadlo směšovacího okruhu

SLP - čerpadlo pro okruh TV

SF - teplota zásobníku TV

Na uvedeném obrázku je znázorněn přímý okruh a směšovací okruh. Přímý okruh neobsahuje žádný ventil, pouze obsahuje čerpadlo, které slouží pro zvýšení průtoku topné vody v přímém okruhu. Pokud je dle ekvitermních křivek vyvolán požadavek na vytápění (dosažení prostorové teploty), čerpadlo přímého okruhu je spuštěno a topná voda je uvedena do otopného tělesa. Vhodné je použít u otopné tělesa termostatickou hlavici, která zaručují uvedení vhodného množství topné vody do otopného tělesa. Oproti tomu směšovací okruh obsahuje směšovací ventil a čerpadlo. Princip je obdobný jako v případě přímého okruhu, pouze je zde ovládán směšovací ventil. Opět v případě požadavku na vytápění je topná voda uvedena prostřednictvím směšovacího ventilu do směšovacího okruhu. Na Obrázku 10 je možné pozorovat další větev, která ovšem nemá s vytápěním prostor nic společného. Touto větví je ohřev teplé vody (TV). Teplá voda je uložena v zásobníku TV a je ohřívána prostřednictvím topné vody, která je opět ohřívána v kotli.

Zásobník obsahuje opět dvě připojení (přívod a odvod topné vody). Dále může zásobník obsahovat přívod pro připojení elektrické patrony (přímotopu), která také umožňuje přímý ohřev teplé vody. Dalším zařízením, které ovšem na obrázku není zobrazeno, je zásobník topné vody neboli akumulární nádrž. Akumulární nádrže se vyrábějí v objemu o 200 - 1000 litrech. Tato nádrž slouží pro akumulaci (ukládání) topné vody, která je vyrobena v kotli. Pokud je využita akumulární nádrž, je teplo, které je v kotli vyrobené, ukládáno přímo v této akumulární nádrži. Hlavní výhodou akumulární nádrže je uchování tepla. Pokud je požadavek, dle ekvitermní regulace, na vytápění prostoru, je pouze otevřen směšovací ventil a topná voda je z akumulární nádrže uvedena do směšovacího okruhu. Pokud je tedy akumulární nádrž nabita topnou vodou, není nutné spínat kotel a plýtvat tak zbytečně energií. Akumulární nádrž je především výhodná v případě vytápění pomocí kotle na tuhá paliva. Uvedený popis vysvětluje jednoduchý a základní princip otopné soustavy, která se nejčastěji používá. Pro dosažení nastavené prostorové teploty slouží nejčastěji ekvitermní regulátory. [6]

3.3 Funkce ekvitermních regulátorů (jednotek)

Ekvitermní regulátory jsou výhodné v tom, že regulují teplotu topné vody v závislosti na venkovní teplotě. Jednoduše je tedy možné říci, že hlavním principem ekvitermních regulátorů je ovládání zdroje tepla v závislosti na zvolené ekvitermní křivce a aktuální venkovní teplotě. Ekvitermní regulátory totiž mají ekvitermní křivky implementované ve své paměti. Uživatel pouze vybírá, která ekvitermní křivka je pro něj optimální. Každá ekvitermní křivka je označena číslicí (kódem). Některé ekvitermní regulátory také umožňují měnit sklon ekvitermní křivky a tím tak lépe reagovat na venkovní teplotu. Toto je ovšem pouze základní princip regulátorů. Vybrané ekvitermní regulátory obsahují řídicí obvody a relé, které právě umožňují ovládat například čerpadla, ventily a snímat teploty. Takovéto regulátory umožňují ovládat až několik směšovaných okruhů, přímých okruhů, solární vytápění nebo ohřev TV. Všechna zařízení (čerpadla a ventily) jsou ovládána v závislosti na překročení nebo nedosáhnutí určité snímané teploty. Hlavní podstatou celé regulace je nastavení teploty topné vody dle venkovní teploty. Ohřev topné vody dle ekvitermní regulace je ovšem jedna věc. Další věcí je uvedení topné vody do směšovaného okruhu. Pokud tedy teplota topné vody dosáhne určité teploty, otevře se směšovací ventil a spustí se čerpadlo směšovacího ventilu. Tím je

dosaženo toho, že topná voda se dostane do otopného tělesa a dále koluje ve směřovaném okruhu. Teplota ve směřovaném okruhu je snímána, a pokud je teplota vratné vody snížena pouze o určitou minimální nastavenou mez, směšovaný ventil se přivře a dojde k zmenšení množství dodávané topné vody do okruhu. Pokud je ovšem rozdíl mezi teplotou na přívodním a vratném potrubí velký, je směšovaný ventil pootevřen a další topná voda je uvedena do směřovaného okruhu. Hlavním důvodem rozdílu mezi přívodní topnou vodou a vratnou vodou je odevzdání tepla do prostoru, kde se nachází otopná plocha. Pokud je prostor dostatečně vytopen, tepelná vydatnost otopného tělesa je malá. Ekvitermní regulátor tedy hlídá teplotu vody ve směřovaném okruhu a na základě této teploty pak dává povely k otevření směšovacího ventilu a spínání čerpadla. V regulátoru se pak nastavuje vliv snímané prostorové teploty na zvolenou ekvitermní charakteristiku. Využití prostorového snímače je jistě výhodné. Pokud prostorový snímač obsahuje regulátor pro nastavení korekce požadované teploty. Jednoduchým otočením regulátoru pak dojde k úpravě zvolené ekvitermní křivky. [6]

V případě ohřevu TV je situace obdobná. V tomto případě ovšem okruh TV neobsahuje směšovací ventil, ale pouze čerpadlo, které uvádí topnou vodu do okruhu TV. Čerpadlo je pak ovládáno v závislosti na teplotě vody, která je v zásobníku TV. Pokud je ekvitermní regulátor opravdu inteligentní, umožňuje nastavení priority vytápění. Dle nastavení priority je pak topná voda zprostředkována nejprve do topného okruhu a po dosažení požadované teploty je teprve ohřívána voda v zásobníku TV nebo naopak. Je již pak zcela na uživateli, jakou prioritu vytápění zvolí. Pokud je v systému vytápění použita akumulární nádrž, je pak topná voda do jednotlivých okruhů uváděna právě z akumulární nádrže. [6]

4 Charakter způsobu vytápění u kotlů na spalování biopaliv a elektrokotlů

Potřeba tepla v rodinných a bytových domech se zajišťuje převážně z nízkotlakých kotelen, které jsou vybaveny kotli pro ohřev teplonosné látky. Zdroje tepla pro individuální nebo ústřední výrobu tepla zásobují tepelnou energií otopnou soustavu bytu, podlaží, budovy nebo skupiny budov a současně mohou připravovat teplou vodu pro hygienické účely, vzduchotechniku či technologii. Zdroje tepla dělíme na základě různých kritérií, a to podle velikosti zásobovaného území, potřeby tepla, resp. podle tepelného výkonu, spalovaného paliva a umístění.

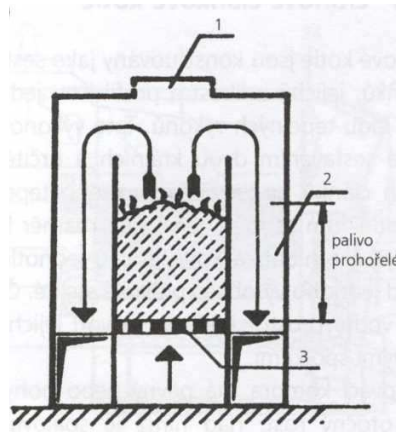
Zdroj tepla je zařízení, v němž probíhá proces přeměny chemické energie obsažené v palivu v tepelnou energii, schopnou odevzdat se prostřednictvím teplonosné látky do místa spotřeby. Zdrojem tepla může být kotel, tepelné čerpadlo, kogenerační jednotka apod. Technická a technologická zařízení umožňující proces spalování různých druhů paliv, distribuci vyrobené tepelné energie potrubní sítí, odvod spalin, odstraňování škodlivin a zabezpečující splnění veškerých požadavků na bezpečný provoz zpravidla tvoří samostatný provozní soubor.

Zdroje tepla v soustavách pro vytápění, přípravu teplé vody, větrání a technologické účely se vzhledem k požadovanému tepelnému výkonu umísťují různě. Prioritou při návrhu jejich situování je dodržení a respektování mnoha legislativních předpisů, vyhlášek a technických norem, které určují nejen bezpečnost provozu, zdroje tepla, ale i jeho vliv na okolní vnější a vnitřní prostředí při dodržení hygienických požadavků. [1], [2]

4.1 Kotle na biopaliva (tuhá paliva)

Kotle na tuhé paliva se rozlišují podle způsobu spalování paliva, druhu materiálu, konstrukčního řešení a podle přísunu paliva do prostoru spalovací komory. Podle způsobu spalování paliva se dělí na kotle:

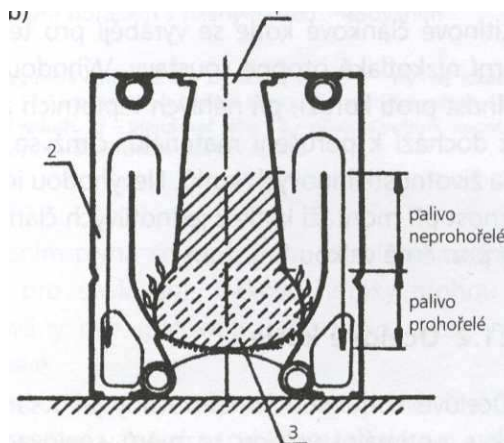
- s horním ožehem(Obrázek 11), v nichž palivo nasypané přes násypník nebo zásobník na rošt hoří zdola nahoru. Hořlavé plyny a spaliny procházejí celou vrstvou paliva a přes tahy kotle se dostávají do sopouchu a dále do komínového průduchu. Výkon kotle je nerovnoměrný, protože závisí na rozžhavené vrstvě paliva, která se během hoření zmenšuje. Horní ožeh se používá u kotlů s malým tepelným výkonem, které se připojují na nízké komínové těleso s malým tahem; [1]



Obrázek 11: Kotel na tuhá paliva s horním ožehem [1]

- 1 – násypná šachta
- 2 – kotlové tahy
- 3 – rošt

- se spodním ožehem(obrazeek 12), kde plyny a spaliny neprocházejí celou vrstvou paliva v násypné šachtě nebo zásobníku, ale palivo prohořívá pouze ve spodní části kotle. Trvale rozžhavená je přibližně stejná vrstva paliva, kterou lze v určitých mezích regulovat, čímž se dosahuje rovnoměrnějšího výkonu kotle. Spalovací komora s roštem na spalování paliva spodním ožehem se aplikuje v kotlích s velkými tepelnými výkony, které jsou určeny ke spalování všech druhů tuhých paliv. Palivo se dostává na rošt pomocí násypníku nebo většího zásobníku, kam se sesouvá vlastní vahou, u větších kotlů pomocí mechanického roštu. [1]



Obrázek 12: Kotel na tuhá paliva se spodním ožehem [1]

1 – násypná šachta

2 – kotlové tahy

3 – rošt

Podle přísunu paliva na rošt mohou být kotle:

- ruční, neautomatické, náročné na obsluhu, kde se palivo ukládá mechanicky do násypné šachty kotle a výška paliva se nedá kontrolovat;
- poloautomatické s malými a středními výkony, které mají zásobník paliva umístěný mimo kotel, palivo se z něho sesouvá na rošt vlastní vahou a výšku vrstvy lze regulovat;
- automatické s velkými výkony určené pro výtopy a teplárny, kam se palivo dopravuje automatickým pásovým dopravníkem na pohyblivý pásový rošt s automatickým řízením.

Podle materiálu se kotle na tuhá paliva konstruují jako:

- litinové článkové kotle;
- ocelové skříňové - blokové nebo válcového tvaru. [1], [2]

4.2 Elektrokotle

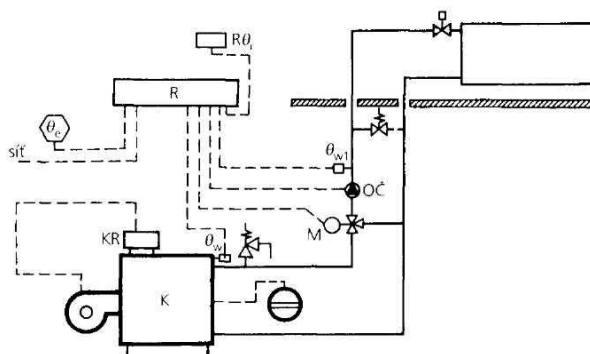
Vytápění elektrickou energií je čisté, bezpečné, ekologicky nezávadné, automaticky regulovatelné, s vysokou účinností zdroje (až 99 %). Nároky na obsluhu jsou minimální, nepotřebuje komín. Provoz kotle je možný pouze po schválení příslušným elektrorozvodným závodem, a to buď v přímotopném nebo akumulacním režimu. Schválení závisí na kapacitě rozvodné sítě v dané lokalitě. Kotle jsou napojeny na trojfázové vedení, napětí 3 x 220 V nebo 3 x 380 V. Musí mít samostatný elektrický obvod s jističi. Elektrokotle určené pro vytápění rodinných domů, bytů a menších objektů jsou závěsné (pro zavěšení na stěnu). Vyrábí se ve výkonech od 4 až do 45 kW. K otopnému systému je lze napojit s přímým, akumulacním nebo smíšeným ohřevem topné vody. U přímotopného vytápění kopíruje dodávka elektrické energie odběr tepla. Při akumulacním ohřevu kotel v době snížené sazby elektrické energie nabíjí - ohřívá topnou vodu v akumulacní nádrži. Elektrokotel požaduje v soustavě oběhové čerpadlo topné vody. Většina elektrokotlů se již dodává s namontovaným oběhovým čerpadlem a tlakovým spínačem. U některých typů je ve výbavě navíc i pojistný ventil a zabudovaná tlaková expanzní nádoba. Náklady na teplo jsou u vytápění elektrickou energií vyšší než u jiných zdrojů. Proto by takto vytápěný objekt měl vykazovat co nejnižší tepelné ztráty. Splňovat musí tepelně-technické hodnoty stanovené ČSN 73 0540-2. Uvedená norma předepisuje hodnoty redukované tepelné charakteristiky objektu. Elektrokotel se často používá jako druhý zdroj u kotle na tuhé palivo. [2]

5 Způsoby a prvky ekvitermní regulace

Předpoklad správné funkce ekvitermní regulace je vyváženost otopného systému bez jakékoli regulace. Z toho vyplývá, že pokud se přivede teplá voda do systému, měla by všechna otopná tělesa začít vyzařovat teplo stejně.

5.1 Ekvitermní regulace s využitím směšovače

Regulaci teploty vody v přívodním potrubí s využitím směšovače znázorňuje Obrázek 13. V tomto případě se odečítá vnější teplota vzduchu a teplota vstupní vody do soustavy se nastavuje podle otopné křivky (Obrázek 14). Kotel pracuje s konstantní teplotou. Aby regulace nebyla citlivá na krátké teplotní výkyvy, aktuální venkovní teplota se koriguje na geometrickou venkovní teplotu. Regulace rozlišuje dva případy vlivu venkovní teploty, a to u těžké a u lehké stavby. Zvolená otopná křivka, která odpovídá vlastnostem objektu, platí pouze v případě, že chceme vytápnout prostory na 20 °C. Při vytápění např. na 12 °C musí mít otopná voda nižší teplotu. Při změně požadované teploty se otopná křivka odpovídajícím způsobem paralelně posune (Obrázek 15). Funkce ekvitermní regulace je závislá na správné volbě otopné křivky. Otopná křivka však nezahrnuje vlivy povětrnostních podmínek a tepelných zisků, které rovněž mají nemalý vliv na vytápění. [3]



Obrázek 13: Schéma regulace s využitím směšovače [3]

θ_e - čidlo venkovní teploty

θ_w - čidlo teploty kotlové vody

R - centrální regulátor

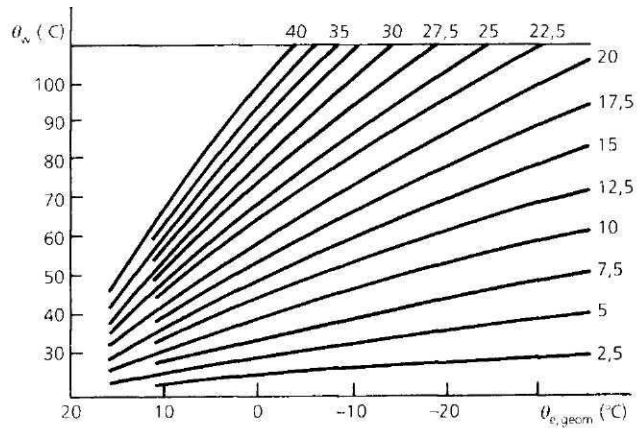
OČ - oběhové čerpadlo

K - kotel

M - pohon trojcestného směšovače

Rθ_i - dálkové ovládání s čidlem vnitřní teploty

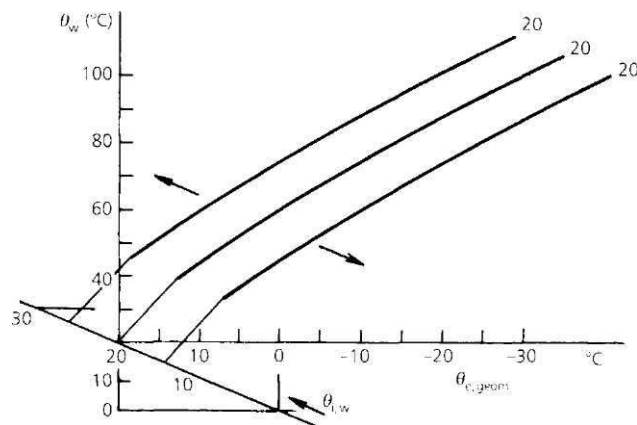
KR - kotlový regulátor a čidlo teploty vody



Obrázek 14: Otopné křivky [3]

θ_w – teplota otopné vody [C°]

$\theta_{e, geom}$ – geometrická venkovní teplota [C°]



Obrázek 15: Paralelní posun otopné křivky [3]

$\theta_{i,w}$ – žádaná teplota v prostoru [C°]

$\theta_{e, geom}$ – geometrická venkovní teplota [C°]

θ_w – teplota otopné vody [C°]

5.2 Ekvitermní regulace se zpětnou vazbou na vnitřní teplotu

Vzhledem k vnějším a vnitřním tepelným ziskům vstupuje do ekvitermní regulace zpětná vazba z prostoru. V tomto případě se tedy nejedná 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 popsany systém ekvitermní regulace.

Teplota prostoru může ovlivňovat regulaci:

- dlouhodobě - regulace na základě zpětné vazby z prostoru dokáže přizpůsobit (adaptovat) odhadem zadanou otopnou křivku vlastnostem vytápěného objektu (změna strmosti otopné křivky a paralelní posun). V tomto případě se jedná o adaptivní regulaci;
- krátkodobě - na základě zjištěné teplotní odchylky v prostoru regulátor účelově koriguje žádanou prostorovou teplotu podle vzorce:

$$\theta_{i,wk} = \theta_{i,w} + \frac{KOR}{2} \cdot (\theta_{i,w} - \theta_{i,x}) [C^{\circ}] \quad [3]$$

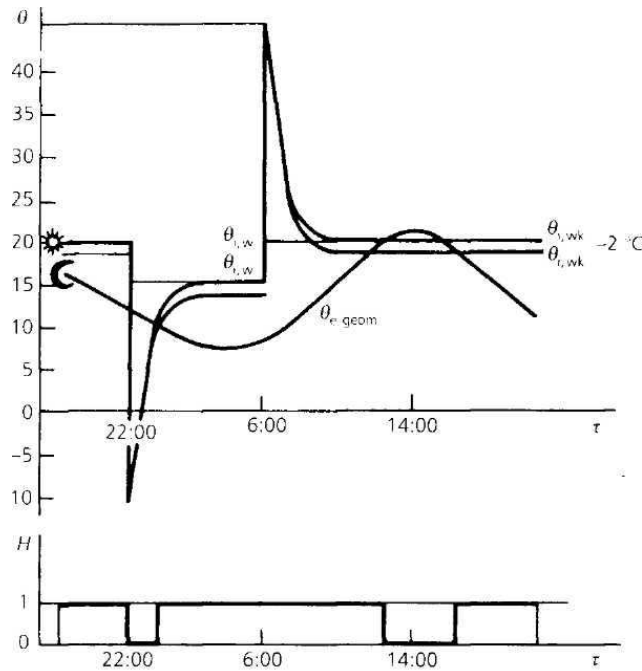
$\theta_{i,w}$ - *žádaná teplota v prostoru* [C°]

$\theta_{i,x}$ - *aktuální teplota v prostoru* [C°]

$\theta_{i,wk}$ - *korigovaná žádaná teplota v prostoru* [C°]

KOR - *faktor vlivu prostorové teploty* [-].

Pokud skutečná teplota odpovídá nastavené, platí: $\theta_{i,wk} = \theta_{i,w}$. V opačném případě změna požadované teploty prostoru způsobí paralelní posun otopné křivky, a tím změnu teploty otopné vody. Následkem tohoto zásahu se odchylka sníží. Ze vztahu je také patrné, že zásah je přímo úměrný odchylce. Velice důležitou součástí tohoto mechanismu je faktor vlivu **KOR**, kterým lze přímo ovlivnit chování soustavy (zvýšit, resp. utlumit vliv teploty prostoru). Závislost průběhu požadované korigované teploty na odchylce teploty v prostoru znázorňuje Obrázek 16. Zde je odchylka teploty uměle vytvořena přepnutím z normálního provozu na úsporný a naopak. [3]



Obrázek 16: Průběh kotle a blokování kotle [3]

H – blokování kotle

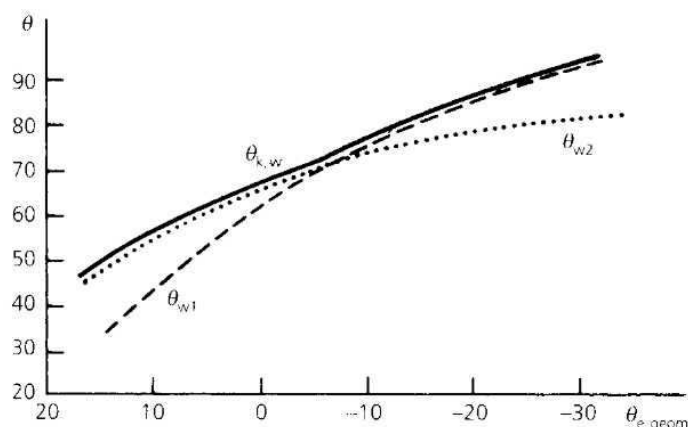
$\theta_{i,w}$ - žádaná teplota v prostoru [C°]

$\theta_{i,wk}$ - korigovaná žádaná teplota v prostoru [C°]

θ – venkovní teplota [C°]

τ – čas [s]

Ekvitermní regulace zabezpečuje rovnováhu mezi výrobou a spotřebou tepla, ale podmínkou této rovnováhy a základním předpokladem vyšších úspor je správně nastavená otopná křivka. Další podmínkou je, že se vyrobí pouze teplo potřebné kvality (teplota otopné vody). Požadavky na teplotu otopné vody vždy směřují od spotřeby tepla (otopná křivka a vliv teploty v prostoru) k jeho zdroji (kotel). Je to proto, abychom mohli nezávisle řídit více otopných okruhů, které mají různý odběr tepla v čase a následně jiné požadavky. Požadovaná teplota kotle θ_{kw} se tedy určuje na základě požadavků dvou směřovacích otopných okruhů (Obrázek 17). Kotel připravuje vodu v souladu s nejvyšším požadavkem spotřebičů, který se vzhledem k dalšímu směřování ještě zvyšuje. U otopných okruhů s čerpadly je toto zvýšení automaticky nulové, při přípravě teplé vody je určité zvýšení teploty kotlové vody nutné. [3]



Obrázek 17: Závislost požadované teploty vody na geometrické venkovní teplotě [3]

$\theta_{k,w}$ - *žádaná teplota kotle* [C°]

θ_{w1} - *žádaná teplota otopné vody v okruhu č. 1* [C°]

θ_{w2} - *žádaná teplota otopné vody v okruhu č. 2* [C°]

θ - *venkovní teplota* [C°]

$\theta_{e, geom}$ - *geometrická venkovní teplota* [C°]

5.3 Ekvitermní regulace s vlivem zátěže

U obvyklého způsobu ekvitermního řízení se navíc zohledňuje aktuální potřeba tepla. Při tomto způsobu řízení se požadovaná teplota kotle, resp. teplota přívodní vody do otopné soustavy, určuje kombinací ekvitermní regulace a regulace podle zátěže. Požadovaná teplota kotle, resp. teplota přívodní vody, se počítá jako střední hodnota z otopné a zátěžové křivky. [3]

$$\theta_{k,w} = \frac{\theta_{k,w,ekv} + \theta_{k,w,zat}}{2} \text{ [C°]} \quad [3]$$

$\theta_{k,w}$ - *žádaná teplota kotlové vody* [C°]

$\theta_{k,w,ekv}$ - *žádaná teplota kotlové vody při čistě ekvitermní regulaci* [C°]

$\theta_{k,w,zat}$ - *žádaná teplota kotlové vody při regulaci jen podle zátěže* [C°]

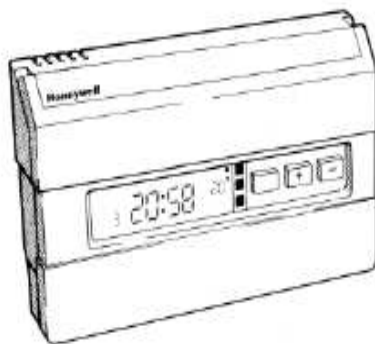
5.4 Prvky ekvitermní regulace

5.4.1 Řídící jednotky (regulátory)

Sestava je tvořena ze 2 jednotek. Pokojová a řídicí elektronická jsou mikroprocesorové jednotky, které pracují i v případě, že mezi nimi neprobíhá komunikace. To znamená, že systém je v provozu i tehdy, jeli pokojová jednotka sejmuta ze stěny a programována. Během programování je napájena bateriemi, které rovněž zajišťují uchování programu při výpadku el. energie. Při opětovném připojení pokojové jednotky do systému bude řídicí jednotce předána informace o novém programu a nová informace o pokojové teplotě referenční místnosti. Naopak řídicí jednotka předá pokojové jednotce informace o parametrech systému. [13]

Pokojová jednotka

Je uživatelským prvkem komunikace se systémem. Jednotka je vybavena displejem z tekutých krystalů (LCD), ovládacími tlačítky, která umožňují programování a komunikaci se systémem a dále jednotka obsahuje čidlo prostorové teploty. Většina těchto regulátorů (jednotek) umožňuje nastavit během dne různé časových úseků, ve kterých může regulátor zajistit odpovídající teplotní režimy. Jednotky bývají schopny adaptivního samonastavení topné křivky. [13]



Obrázek 18: Pokojová jednotka [13]

Řídící elektronická jednotka

Je to hlavní regulátor s několika vstupy pro připojení čidel a několika reléovými výstupy. Zde se vyhodnocují informace ze vstupů, zpracovávají se a předávají na výstup. Na této jednotce se provádí nastavení prostřednictvím systémových přepínačů a potenciometrů, aby systém odpovídal dané aplikaci. Obě jednotky jsou mikroprocesorové a mohou plnit dané funkce navzájem nezávisle. Když je např. při programování teplot odpojena ze systému pokojová jednotka, bude kotlová jednotka řídit vytápění na základě posledních žádaných hodnot, které budou nově korigovány po opětovném připojení pokojové jednotky do systému. Obdobně i při výpadku el. energie uchová pokojová jednotka uživatelský program a funkce kotlového modulu bude obnovena při dodávce elektřiny. [13]

5.4.2 Trojcestné armatury

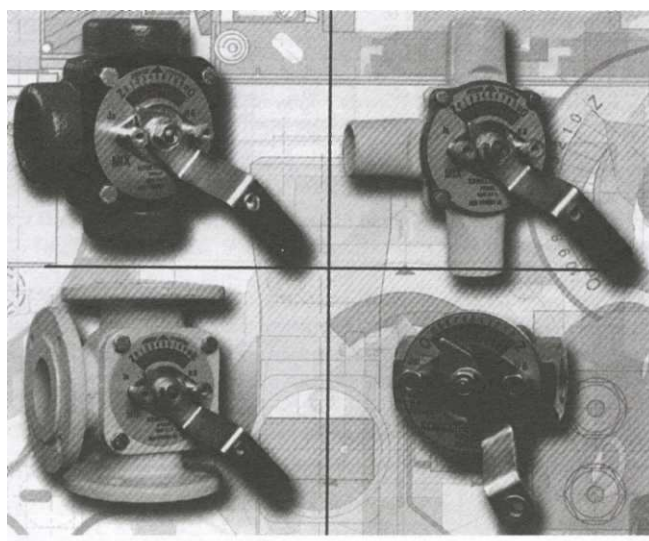
Trojcestné regulační ventily a klapky můžeme z hlediska jejich funkčního chování, resp. průtoku armaturou rozdělit na:

- směšovací (dva vstupy a jeden výstup),
- rozdělovači (jeden vstup a dva výstupy).

Konstrukčně se většinou oba druhy liší uspořádáním kuželky a sedla ventilu. Jedno z možných provedení je znázorněno na obr. 9.25 a 9.26. Někteří výrobci dělají ventily, které lze při opačném směru proudění provozovat jako rozdělovači i jako směšovací. Tyto ventily mají škrťací systém upravený tak, aby nedošlo k rozkmitání kuželky a nestabilitě v krajních polohách. Pro dimenzování je rozhodující jmenovitý průtok, resp. hodnota kvs. Tato hodnota je určena tvarem škrťacího systému a velikostí průtočné plochy mezi kuželkou a sedlem ventilu. Jmenovitý průtok je většinou shodný pro přímou i boční větev ventilu, i když v některých případech se hodnota pro boční větev redukuje. [1]

Závislost průtoku jednou větví na poloze kuželky se nazývá průtoková charakteristika ventilu. Výběr průtokové charakteristiky závisí na zapojení ventilu v potrubní síti, které přísluší i určité spotřebiče. S ohledem na sériové zařazení dalšího hydraulického odporu jsou vyráběny regulační ventily s modifikovanou charakteristikou tak, aby charakteristika ventilu při autoritě ventilu 0,5 byla lineární. Při zařazení do okruhu

s hydraulickým odporem se regulační rozsah zmenšuje s klesající autoritou ventilu. Provozní regulační rozsah lze určit jako součin regulačního rozsahu ventilu a odmocniny z autority ventilu. Ventil s regulačním rozsahem 50 a autoritou 0,3 má maximálně dosažitelný provozní regulační rozsah 27. Neméně důležitým předpokladem je těsnost kuželky v uzavřené poloze. Netěsnost může závažně ovlivnit nejen kvalitu regulace, ale i znemožnit dosažení požadované teploty otopné vody či vést k přetápění. Trojcestné ventily poskytují různé možnosti použití.



Obrázek 19: Trojcestné armatury [1]

Podle potřeby mohou být jednotlivé porty (vstupy a výstupy) uzpůsobeny symetricky, nebo asymetricky. S lineární či rovnoprocentní charakteristikou je můžeme využít pro tyto úlohy:

- změna směru proudu - jako přepínací ventily s rychlým přejezdem z jedné krajní polohy zdvihu do druhé;
- kvantitativní regulace - změna průtoku u zapojení pro rozdělování proudu;
- kvalitativní regulace - změna teploty přiváděné teplotonosné látky zapříčiněná směřováním. [1]

5.4.3 Čtyřcestné armatury

Čtyřcestná armatura je těleso ve tvaru kříže s válcovým otvorem v jeho středu, ve kterém se otáčí klapka či mění zdvih kuželky ventilu. Otočná klapka se otáčí o 90° a stejně jako ventil rozděluje proud vody ze vstupů do obou výstupů v závislosti na úhlu natočení či zdvihu kuželky.

Čtyřcestné ventily a klapky slouží ve vytápěcí technice především ke směšování dvou proudů vody, které do armatury vstupují, přičemž dva proudy vody z armatury zase vystupují. Proud vody z obou vstupů se dělí v závislosti na poloze klapky či kuželky do obou výstupů, kde dochází ke směšování. Dva vstupující proudy a vystupující proudy mají přibližně konstantní množství, resp. výrobci se snaží vyrobit armaturu tak, aby v každé poloze klapky či ventilu byl součet hydraulických odporů konstantní, tj. neměnil se celkový průtok vody. Použití čtyřcestného směšovače ukazuje obr. 9.28, kde je rovněž znázorněn princip směšování. Čtyřcestná armatura tak jednoznačně odděluje primární a sekundární část otopné soustavy. [1]

Ve čtyřcestném směšovací se mísí teplá přírodní voda se zpětnou vodou ze soustavy, čímž dochází ke kvalitativní regulaci tepelného výkonu sekundárního okruhu. Zároveň však dochází k přiměšování teplé přírodní vody ke zpětné ochlazené vodě, a tak se zvyšuje teplota ve vratném potrubí do kotle. Této vlastnosti čtyřcestného směšovače lze využít i k ochraně proti nízkoteplotní korozi kotle, avšak vzhledem k nastavení regulátoru musí být tento požadavek prioritní na úkor požadavků regulace tepelného výkonu sekundárního okruhu. Změní-li se teplota vody tekoucí do primárního (spotřebitelského) okruhu, dojde také ke změně teploty vody vracující se zpět ke kotli.

Řádné směšování velmi závisí na tlakových poměrech v sekundární a primární straně soustavy. U obvyklých a větších zařízení je naprosto nutné, aby jak primární, tak sekundární okruh měly své čerpadlo. Pokud u malých zařízení čtyřcestný směšovač (zde má přednost klapka) pracuje bez kotlového čerpadla, je potřebné směšovač umístit nad kotlem. Takto dochází v kotlovém okruhu k přirozenému proudění i při uzavření čtyřcestného směšovače. Je však zřejmé, že při této instalaci se regulační schopnost směšovače výrazně zhorší a směšovač bude pracovat jen ve velmi malé části natočení regulační klapky či zdvihu kuželky ventilu.

Změnu zdvihu kuželky čtyřcestného ventilu či změnu natočení čtyřcestné klapky dnes ve většině případů zajišťuje servomotor ovládaný impulsy z regulátoru pracujícího podle vnitřní či venkovní teploty, tj. ekvitermně. [1]

5.4.4 Čerpadla

V teplovodních systémech ústředního vytápění se pro nucený oběh topné vody používá mokroběžných čerpadel. Pro návrh čerpadla je nutné znát závislost množství čerpané vody (objemový průtok) a dopravní výšky čerpadla. Tyto údaje tvoří tzv. charakteristiku čerpadla. Tlaková ztráta sítě a objemový průtok v potrubí udávají tzv. charakteristiku sítě. Bod, ve kterém se charakteristika sítě protíná s charakteristikou čerpadla, je tzv. pracovní bod čerpadla. Čerpadla mohou mít několik poloh nastavení otáček. Při každém stupni nastavení otáček má čerpadlo jiný výkon a příkon ve wattech. Nazýváme je čerpadla se stupňovitou regulací otáček. Podle typu mají možnost nastavení dvou až čtyř poloh otáček. Toto nastavení je ruční a odpovídá návrhovým hodnotám dané otopné soustavy.

Čerpadla jsou proto vhodná do soustav s konstantním nebo slabě kolísavým čerpaným množstvím. Požadavky na vytápění v průběhu dne a roku kolísají s ohledem na měnící se venkovní teplotu, zisky z oslunění a spotřebičů apod. Otopná tělesa jsou opatřena termostatickými ventily. Uzavíráním a škrcením těchto armatur dochází ke kolísání průtoku v soustavě. V případě potřeby nižšího výkonu otopné soustavy způsobí tyto okolnosti nárůst diferenčního tlaku. Vzestup tlaku pak může způsobit hluk při průtoku kapaliny v termostatických ventilech. Jako ochrana čerpadla bez regulace otáček nebo se stupňovitou regulací otáček se pro tyto případy osazuje přepouštěcí ventil. Druhým typem jsou čerpadla s plynulou elektronickou regulací. Integrovaný systém řízení umožňuje přizpůsobení výkonu čerpadla aktuálním provozním požadavkům. Jestliže klesá potřeba tepla (uzavřou se termostatické ventily), čerpadlo přizpůsobí otáčky okamžitým parametrům. Některé druhy elektronicky řízených čerpadel jsou navíc vybaveny teplotním snímačem topné vody. Jestliže zaregistrují pokles o cca 10 °C, přepnou s určitou časovou prodlevou na provoz podle minimální křivky - noční redukovaný provoz. Při zvýšení teploty přepnou na provoz normální. Tato čerpadla jsou vhodná pro soustavy s proměnnou (regulovanou) teplotou topné vody. Elektronicky regulovaná čerpadla lze vhodně využít v soustavách s kolísajícím průtokem a tam, kde požadujeme plně automatické

přizpůsobování čerpacího výkonu. Jejich instalací dosáhneme úspor elektrické energie a malé provozní hlučnosti. Nejpoužívanější jsou čerpadla Grundfos a Wilo, jejichž typové řady obsahují i čerpadla s elektronicky řízeným výkonem. [1], [2]

5.4.5 Tepelná čidla

Jsou založena na teplotní závislosti elektrického odporu kovů.(Příloha 1). Odpor snímače pro stanovení teploty se zjišťuje podle Ohmova zákona. Při měřicím proudu I je měřen úbytek napětí na měřicím rezistoru (snímači) U , odpor R snímače potom je:

$$R = \frac{U}{I} [\Omega]_{[8]}$$

U – elektrické napětí [V]

I – elektrický proud [A]

R – elektrický odpor [Ω]

Ze vztahu vyplývá, že odpor nelze měřit bez proudu, průchodem proudu se však měřicí odpor zahřívá elektrickým (ztrátovým) výkonem P .

$$P = R \cdot I^2 [W]_{[8]}$$

R – elektrický odpor [Ω]

I – elektrický proud [A]

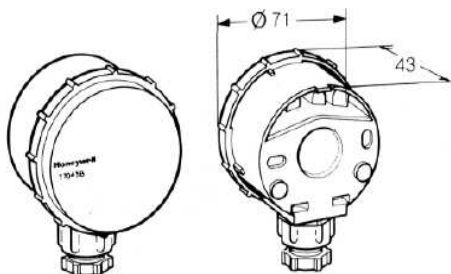
P – ztrátový výkon [W]

Snímač má potom vyšší teplotu, než je teplota měřená, což znamená vlastně systematickou nejistotu vlivem měřicího proudu. Oteplení snímače je závislé na tepelné vodivosti materiálu snímače a pouzdra snímače, vnější ploše snímače a součiniteli přestupu tepla ze snímače do měřeného prostředí, tzn. na fyzikálních vlastnostech prostředí a rychlosti proudění. U dotykových snímačů též na tepelné vodivosti spojení s tělesem a jeho teplotní vodivosti.

K odporu snímače se přičítá odpor přívodů. Pokud je snímač vzdálen od měřicího přístroje, je nutné údaj na odpor vedení korigovat, odpor přívodních vodičů má však také svojí teplotní závislost. Pro přesnější měření je vhodnější nahradit dvou vodičové zapojení třívodičovým zapojením, které částečně eliminuje vliv přívodů. [8], [13]

Čidlo venkovní teploty

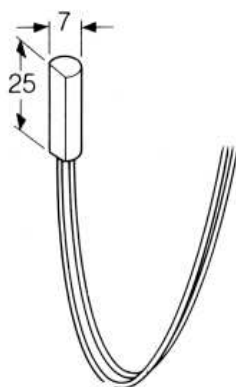
Čidlo snímá vnější teplotu a je vyrobeno ze silikonu a umístěno do plastového obalu. Je navrženo pro použití ve vodních topných systémech. Montuje se vně budovy, čímž vytváří vstupní teplotní signál pro regulátor. Čidlo má většinou teplotní rozsah $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a odpor při $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ je $1\text{ k}\Omega$. Ale rozsah se může lišit dle výrobce. [13]



Obrázek 20: Čidlo venkovní teploty [13]

Čidlo výstupní teploty vody

U většiny kotlů je součástí kotlový termostat, který řídí činnost kotlové řídicí jednotky. Pracuje v režimu zapnuto/vypnuto. Proto většina ekvitermních regulací má své vlastní čidlo s požadovanými parametry pro vyhodnocování údajů. Čidlo se skládá ze silikonového jádra a plastového obalu. Je navrženo pro použití v otopových systémech kompenzovaných na vnější teplotu ovládaných regulátorem. Je možno je připáskovat na potrubí horké vody nebo zasunout do jímky, a tak vytváří teplotní vstupní signál pro regulátor. Při instalaci připáskováním se dodává polyesterová a hliníkový pásek. Výrazný vliv na plynulost regulace má umístění čidla. Je-li čidlo blízko kotle, kopíruje jeho teplotu, ale pokud je umístěno do směšovacího ventilu, je průběh regulace plynulý. [13]



Obrázek 21: Čidlo výstupní teploty vody [13]

5.5 Doprovodné prvky ekvitermní regulace

5.5.1 Termostatické ventily

Ekvitermní regulace řídí celý objekt, ale na požadavky na jednotlivé místnosti lze použít termostatické ventily. Ty sice samy nic nedělají, ale mohou se ručně ovládat. Téměř každá otopná soustava využívá k zprostředkování vyvinutého tepla otopná tělesa. Otopné těleso slouží k tomu, aby se teplo, vyvinuté zdrojem vytápění, vhodným způsobem dostalo do vytápěného prostoru. Pokud je otopné těleso přímo připojené k otopné soustavě (bez možnosti regulace průtoku otopného média - uveďme teoretický případ), je teplo vyvinuté zdrojem vytápění automaticky vydáno do prostoru. Často dochází k tomu, že prostor je přetopený, a uživatel prostor větrá (např. otevřením okna). Vyvinuté teplo je pak zbytečně vypuštěno do venkovního prostoru. V tomto případě je více než vhodné využít funkci termostatického ventilu [4]

Naštěstí je případ popisovaný výše v dnešní době již výjimečný a v rozporu s platnými předpisy a téměř každé otopné těleso je osazeno regulačním kohoutem nebo termostatickým ventilem (ventil může být součástí otopného tělesa nebo se montuje na přívodní potrubí). Otopná tělesa obsahující pouze regulační kohouty se již běžně nedodávají, jsou však případy, kdy jsou stále nainstalovány ve starších soustavách. Soustavy obsahující pouze regulační kohouty škrtnou průtok otopného média do otopného tělesa. Regulační kohouty ovšem automaticky neregulují vytápění v daném prostoru. V tomto případě se situace popisovaná výše opakuje a vyvinuté teplo je, i v případě přetopení prostoru, neustále vydávané z otopného tělesa. Je pak na uživateli, zda uzavírací

ventil přivře. Může ovšem nastat situace jiná, kdy je v daném prostoru teplota nižší. Uživatel opět musí uzavírací ventil pootevřít, aby se teplo vydávané zdrojem vytápění prostřednictvím otopného tělesa dostalo do prostoru. Jak je patrné z tohoto příkladu, je jenom na uživateli, jakým způsobem bude regulovat (otáčet) uzavírací ventil. Pomocí běžných uzavíracích ventilů tedy uživatel prostoru ovládá úroveň vytápění jen jejich pootevřením a přivíráním, a to jen v době své přítomnosti v místnosti. Tímto způsobem nelze zajistit ani rovnoměrné, ani hospodárné vytápění. Tato situace je již v dnešní době "moderní techniky" zastaralá a zde je více než vhodné využít termostatických ventilů a hlavice, které umožňují automatickou regulaci vytápění. Termostatické ventily tedy udržují teplotu vzduchu v místnosti na zvolené hodnotě nastavené na hlavici uživatelem bytu bez nutnosti uživatele věnovat topení pozornost. [4]

Funkce termostatických ventilů

Tělesa termostatických ventilů se skládají z těla ventilu a vložky (obsahující kuželku) termostatického ventilu. Vložka termostatického ventilu je umístěna (prakticky zašroubována) uvnitř těla ventilu. Jednotlivé vložky ventilu se rozlišují provedením kuželky, ta může mít různý tvar a ovlivňuje objemový průtok otopného média. Skrze těleso termostatického ventilu protéká otopné médium. To, kolik protéká otopného média termostatickým ventilem, určuje zdvih kuželky termostatického ventilu. Tento zdvih je řízen pomocí termostatické hlavice. Jak již bylo řečeno, průtok otopného média skrze termostatický ventil je řízen nastavením vložky ventilu. Nastavení vložky ventilu je dáno průtokovým součinitelem k_v . Průtokový součinitel k_v určuje objemový průtok (m^3/h) vody při tlakové ztrátě 1 bar na ventilu. Současné termostatické ventily se nejčastěji dodávají ve dvou provedeních:

- Termostatické ventily s pevně nastavenou hodnotou k_v .
- Termostatické ventily s nastavitelnou hodnotou k_v .



Obrázek 22: Vložka ventilu [4]

V obou případech je hodnota k_v určována z průtokového diagramu termostatického ventilu. Průtokový diagram určuje závislost tlakové ztráty na průtoku otopného média. Pokud je navrhována otopná soustava, je úkolem projektanta navrhnout správnou hodnotu k_v ventilu. Dodavatel pak vybere, jaký termostatický ventil se použije (v závislosti na navržené hodnotě k_v). V případě, že je vybrán termostatický ventil s pevnou hodnotou k_v , je situace téměř jasná (montážní firma pouze nainstaluje termostatický ventil). Ve druhém případě, kdy je vybrán termostatický ventil s nastavitelnou hodnotou k_v , musí montážník správně nastavit hodnotu k_v . Hodnota k_v je dána odpovídajícím číslem, které je uvedeno na vložce termostatického ventilu. Montážník tedy nenastavuje přímo hodnotu průtokového součinitele k_v , ale číslo, které má uvedené v projektu. Součástí průtokového diagramu by měla být tabulka, která uvádí jaká hodnota k_v odpovídá jakému nastavení vložky ventilu. Je důležité poznamenat, že nastavení ventily by měla provádět pouze montážní firma. Změnou nastavení vložky ventilu může dojít ke změně hydrauliky otopné soustavy, a tím nesprávné funkce vytápění. [4]



Obrázek 23: Řez termostatickým ventilem [4]

Určení nastavení termostatického ventilu je "nejsložitější" věc v případě regulace vytápění, kterou by ovšem neměl dělat uživatel domu. Termostatické ventily se připojují k přívodnímu (nebo vratnému) potrubí pomocí připojovacího šroubení. Závisí pak na rozvodech potrubí, jaké se zvolí. Stejná situace je i v případě dimenze připojení termostatického ventilu. Termostatické ventily pro rozvody v domácích aplikacích jsou

nejčastěji vyráběny v dimenzích 3/8", 1/2" a 3/4". Provedení termostatických ventilů se ovšem podstatně liší. V potaz je nutné brát také stavební délky termostatických ventilů. Termostatické ventily se nabízejí v provedení přímém, rohovém, úhlovém, axiálním a přímém s nátrubkem. Mezi nejčastější výhody výrobců termostatických ventilů patří výměna vložky ventilu bez nutnosti vypouštění otopné soustavy. Pokud vznikne požadavek na výměnu vložky ventilu (z důvodu změny hodnoty kv nebo poškození vložky ventilu) je možné pomocí adaptéru vyměnit vložku ventilu, aniž by musela být vypuštěna otopná soustava. Současně nabízené termostatické ventily se vyrábí pro teploty média do 130 °C. Funkce termostatického ventilu je tedy stručně popsána a teď již závisí na uživateli, jak bude ovlivňovat zdvih kuželky ventilu. Jednou možností je použití ruční hlavice, která se našroubuje na termostatický ventil a utahováním ruční hlavice se postupně omezuje průtok otopného média termostatickým ventilem (pevný trn ruční hlavice tlačí na vřeteno kuželky ventilu). [4]

5.5.2 Termostatické hlavice

Termostatické hlavice jsou určeny pro regulaci teploty okolního vzduchu v prostoru a slouží k doladění systému ekvitermní regulace. Na základě nastavené požadované teploty regulují průtok otopného média skrze termostatický ventil a tím přívod otopného média do otopného tělesa. Aby tedy docházelo ke správné regulaci teploty v místnosti, musí být termostatická hlavice nasazena na termostatickém ventilu. Termostatické hlavice fungují na principu tepelné dilatace kapaliny, plynu, nebo pevné látky. Vlivem zvyšující se teploty prostředí okolo termostatické hlavice dochází k roztahování teplotně citlivé látky. Teplotně citlivá látka je obsažena v řídicím snímači, který je zabudován v termostatické hlavici. Pokud je termostatická hlavice nasazena na termostatický ventil, roztahování teplotně citlivé látky působí na vřeteno kuželky termostatického ventilu, a tím dochází k uzavírání či otevírání průtoku média. Vzhledem k tomu, že každé otopné těleso obsahuje jeden termostatický ventil a termostatickou hlavici, je tím plně zabezpečována individuální regulace každého otopného tělesa. Na termostatické hlavici se nachází stupnice (nejčastěji v rozsahu 1 - 5), jejíž hodnoty odpovídají nastavené požadované teplotě vzduchu v prostoru. Nastavení požadované teploty, otočením termostatické hlavice na odpovídající hodnotu, provádí uživatel. [4]

Další regulace prostorové teploty je pak prováděna automaticky bez ohledu na přítomnost uživatele v bytě. Termostatická hlavice reaguje nejen na změnu venkovních podmínek (např. sluneční svit), ale i na případné tepelné zisky ve vytápěné místnosti (např. teplo produkované dalšími spotřebiči atd.). Podle potřeby přivírá nebo otevírá přívod teplotnosného média do otopného tělesa. Řídicí snímač nemusí být ale nutně součástí termostatické hlavice a některé termostatické hlavice se nabízejí v provedení s odděleným teplotním snímačem. Teplotní snímač je pak spojen s termostatickou hlavicí prostřednictvím kapiláry. Výhoda této termostatické hlavice spočívá v tom, že pokud není dostatečné proudění okolního vzduchu kolem termostatické hlavice, může se teplotní snímač umístit na místo s dostatečným prouděním vzduchu. Dalším typem termostatických hlavíc jsou hlavice s dálkovým ovládáním. Stupnice s otočnou částí je pak umístěna mimo termostatický ventil (například na zdi) a na termostatickém ventilu je umístěn pouze teplotní snímač. Princip funkce těchto typů termostatických hlavíc je ovšem obdobný. [4]



Obrázek 24: Termostatická hlavice [4]

Jak již bylo zmíněno, termostatická hlavice obsahuje stupnici s čísly. Nejčastěji má stupnice rozsah čísel 1 - 5, kde číslu "1" odpovídá teplota okolo 14 °C a číslu "5" odpovídá teplota okolo 28 °C. Stupnice některých termostatických hlavíc obsahuje číslo "0". Při otočení termostatické hlavice na číslo 0 dojde k plnému zavření termostatického ventilu a zabránění tak průtoku teplotnosného média skrze ventil. Dále může být součástí stupnice znak *. Tento znak charakterizuje nastavení protizámrzné teploty. Pokud je termostatická hlavice nastavena na znak *, je prostorová teplota udržována na teplotě okolo 5 °C. Závisí na výrobci příslušné termostatické hlavice, jaká čísla odpovídají nastavovaným teplotám. Odpovídající teplotní rozsah je nejčastěji uveden v návodu nebo katalogovém listu. Některé termostatické hlavice také obsahují kolíčky pro zamezení nastavené teploty. Většina termostatických hlavíc se rozlišuje především provedením. V současnosti se již

dodávají termostatické hlavice, jejichž povrch se barevně odlišuje (bílé, černé, chromové provedení). Podle barvy pak uživatel nejčastěji vybírá umístění termostatické hlavice. Například do koupelny se převážně instalují termostatické hlavice a ventily v celochromovém provedení. Výhodou těchto termostatických ventilů a hlavic je jejich zvýšená odolnost proti vlhkosti. Takováto kombinace pak vzbuzuje s vhodně vypadajícím koupelnovým otopným tělesem (koupelnové žebříky) provedení moderního stylu. Dalšími typy termostatických hlavic jsou hlavice určené pro veřejné prostory. Tyto hlavice se vyznačují především větší odolností díky použitým speciálním materiálům. Z uvedeného vyplývá, že pro regulaci vytápění prostřednictvím otopných těles je vhodné využít termostatické ventily s termostatickými hlavicemi. Pokud je termostatická hlavice vhodně nastavena a je zaručeno proudění okolního vzduchu kolem termostatické hlavice, může pak uvedenou kombinací dojít ke značným úsporám ve vytápění (v rozsahu 5 - 15%). [4]

5.5.3 Elektronické termostatické hlavice

Elektronické termostatické hlavice zaručují stejnou funkci jako standardní termostatické hlavice. Hlavice navíc obsahuje programátor, který umožňuje, aby hlavice udržovala v požadovanou dobu přednastavenou teplotu. Tím dochází bez snížení komfortu k podstatné úspoře energie. Elektronické hlavice obsahují teplotní snímač, regulátor, programátor a akční člen (servomotor). Programátor, podle předem nastaveného programu sděluje regulátoru, jakou teplotu uživatel momentálně požaduje. Regulátor tak podle skutečné teploty, požadavku uživatele a zjištění charakteristiky budovy řídí akční člen. Akční člen přes kuželku termostatického ventilu ovládá průtok otopného média do otopného tělesa. Na rozdíl od standardních termostatických hlavic nefungují tyto hlavice na principu tepelné dilatace kapaliny, plynu, nebo pevné látky. Elektronické termostatické hlavice nejčastěji obsahují odporový teplotní snímač. U tohoto snímače se pak vlivem změny prostorové teploty mění odpor. Hodnota odporu je převáděna na elektrické napětí a změny napětí ovládají akční člen. Elektronické termostatické hlavice také obsahují displej, na kterém je nejčastěji možné pozorovat aktuální a požadovanou teplotu. Uživatel tak má přehled o všech informacích, které jsou spojeny s funkcí elektronické termostatické hlavice. Nastavení požadované teploty u elektronické termostatické hlavice je stejné jako u standardních termostatických hlavic a to otočením kolečka. Nastavenou teplotu je pak možné přímo pozorovat na displeji elektronické hlavice. Každá elektronická termostatická

hlavice samozřejmě obsahuje firmware. Firmware je základní program, který zprostředkovává vnitřní komunikaci všech obvodů elektronické hlavice a umožňuje zobrazení odpovídajících funkcí na displeji. Součástí firmware je i aplikační program, který určuje funkce zobrazené na displeji. Závisí tedy na verzi firmware, jaké informace jsou na displeji zobrazeny. Uživatel samozřejmě neprogramuje firmware, ten je součástí elektronické hlavice přímo z výroby. Uživatel může s výhodou programovat časový program vytápění. [5]

Nejčastěji je možné na elektronické termostatické hlavici nastavovat časový program pro jeden den v týdenním cyklu. Tento časový program se nejčastěji skládá ze dvou úrovní teplot. Jedna úroveň teploty je označována jako "komfortní teplota" a druhá úroveň je označována jako "úsporná teplota". Komfortní teplota určuje nastavení termostatické hlavice do režimu vytápění. Je to teplota, která charakterizuje požadavek na vytápění prostoru v případě, kdy je uživatel bytu přítomen. Komfortní teplota je vždy vyšší než teplota úsporná. Oproti tomu úsporná teplota označuje teplotu, při níž není požadováno vytápění prostoru. Často bývá tato teplota označována také jako útlumová. Používá se tedy v případě, kdy uživatel bytu je nepřítomen. Obě tyto teploty mají také své označení. Komfortní teplota bývá většinou označována symbolem slunce. Úsporná (útlumová) teplota bývá označována symbolem měsíce. Na displeji je tedy jasně označováno pomocí symbolu, na kterou teplotu je momentálně vytápěn prostor. Důležité tedy je vhodně nastavit program vytápění. Program vytápění již plně závisí na nastavení uživatele bytu. Program vytápění by měl odpovídat přítomnosti a nepřítomnosti uživatele ve vytápěném prostoru. Vhodnou kombinací stisknutých tlačítek je pak možné programovat termostatickou hlavici na úspornou a komfortní teplotu dle času. Každý den v týdnu pak může mít jiný cyklus vytápění prostoru. Nastavený program vytápění je možné pozorovat na displeji. Program je indikován pomocí časové osy, která je umístěna na horní nebo dolní straně displeje elektronické hlavice. Téměř každá elektronická hlavice obsahuje tři módy ovládání. Prvním je mód automatický. Pokud je tedy elektronická hlavice naprogramována a přepnuta do automatického režimu, je dodržován nastavený program vytápění. Druhým je mód manuální. V tomto režimu je ignorován nastavený program vytápění a elektronická hlavice zaručuje vytápění okolního prostoru na hodnotu nastavenou pomocí kolečka. Třetím je mód, který udržuje vytápění prostoru na protimrazovou teplotu. Tento mód je označován symbolem vločky. Protimrazová teplota bývá nejčastěji z výroby nastavena na

5°C, ale je ji samozřejmě možné změnit na jinou hodnotu. Jistě Vás nyní napadne následující otázka: Co se stane v případě, kdy je nastaven automatický režim vytápění a uživatel chce změnit požadovanou hodnotu vytápění na jinou hodnotu? Toto je samozřejmě možné. Pokud uživatel otočí kolečkem a změní požadovanou teplotu na jinou hodnotu, než je nastaven program, tato teplota se změní. Je nutné podotknout, že se tím nemění nastavený časový program vytápění, ale mění se momentální hodnota vytápění v rámci časového programu. Jakmile má být dle programu teplota přepnuta na jinou hodnotu (například z komfortní teploty na úspornou), nastavená teplota se změní a je opět dodržován nastavený časový program. Časový program vytápění je jistě výhodný v případě automatického vytápění prostoru. Elektronické termostatické hlavice obsahují další funkce, které přispívají k případným úsporám ve vytápění. [5]



Obrázek 25: Elektronická termostatická hlavice [5]

Další funkcí, kterou je nutné popsat, je funkce otevřené okno. Tato funkce zaručuje uzavření průtoku otopného média skrze termostatický ventil, pokud prudce klesne teplota (cca 5°C) v okolí elektronické termostatické hlavice. Každý z nás jistě zná situaci, kdy je prostor vytápěn na požadovanou teplotu. Uživatel otevře okno, aby vyvětral. Výhodou elektronických termostatických hlavice je to, že hlavice prudký pokles teploty zaznamená a okamžitě pak uzavře termostatický ventil. Tím dochází ke značné úspoře energie. Jakmile je okno uzavřeno a teplota pak postupně stoupne, hlavice se opět vrátí do režimu vytápění. Další funkcí, kterou každý uživatel jistě ocení, je optimalizace. Elektronické termostatické hlavice, které mají implementovanou tuto funkci, umožní s dostatečným předstihem přístup otopného média do otopného tělesa. Tím dojde k tomu, že vytápěný prostor je vytápěný na požadovanou teplotu v přesně stanovený okamžik. To, kdy má

termostatická hlavice otevřít termostatický ventil, určí hlavice z historie. Díky této funkci je pak opravdu dosaženo optimální tepelné pohody v přesně stanovený čas na požadovanou teplotu. Pokud studujete technické parametry elektronických termostatických hlavice, tak jistě naleznete termín "princip regulace". Současné hlavice jsou dodávány buď s regulací PI (proporcionálně integrační) nebo "Fuzzy logika". Uvedené pojmy regulace v podstatě označují, jakým způsobem reaguje hlavice na změnu teploty a jak je udržována prostorová teplota. Je nutné poznamenat, že běžný uživatel téměř nerozezná, zda má termostatická hlavice implementovanu PI regulaci nebo Fuzzy logiku. Principiálně jde o to, jak a kdy je dosaženo požadované prostorové teploty. Vzhledem k tomu, že elektronická hlavice obsahuje displej a obvody pro zpracování dat, je nutné hlavici napájet. K dispozici jsou nejčastěji dvě možnosti. První možnost napájení jsou tužkové baterie. Elektronické hlavice jsou napájeny pomocí dvou tužkových baterií. Výdrž těchto baterií se pohybuje kolem dvou let. Další možností je napájení pomocí napájecího adaptéru. Závisí na výrobci, který systém napájení upřednostňuje. Někteří výrobci umožňují napájení oběma způsoby. [5]

Mezi poslední, nejčastěji implementované funkce elektronických termostatických hlavice, patří funkce "automatické procvičení" a "dětská pojistka". Funkce automatického procvičení je jistě výhodná v letních měsících, kdy téměř nevzniká požadavek na vytápění. Pokud je tato funkce aktivní, tak elektronická termostatická hlavice jednou za týden otevře a uzavře termostatický ventil. Tím se zabrání zatuhnutí kuželky uvnitř termostatického ventilu. Naopak funkce dětské pojistky umožňuje zablokovat elektronickou termostatickou hlavici. Stisknutím kombinace tlačítek se funkce dětské pojistky aktivuje a není pak možné změnit nastavený program nebo požadovanou teplotu. Z uvedeného přehledu funkcí elektronických (programovatelných) termostatických hlavice vyplývá, že tyto hlavice jistě významně přispívají ke komfortu v případě vytápění. Jistou daní za komfort je cena elektronických termostatických hlavice. Je ale nutné porovnat náklady na zakoupení těchto hlavice a tím získaného komfortu a úspor při vytápění. [5]

6 Porovnání efektivity různých druhů (způsobů) ekvitermní regulace

6.1.1 Ekvitermní regulace kotlů na tuhá paliva (biopaliva)

U klasických kotlů na tuhá paliva s ručním přikládáním je použití ekvitermní regulace problematické až nepoužitelné, poněvadž zdroj tepla není schopen rychlé regulace výkonu. Také je velice důležitá kvalitně zpracovaná montáž otopového systému a jeho nastavení. Pokud systém nebyl vytvořen kvalifikovaným odborníkem, nastanou ztráty právě na ekvitermní regulaci.

Zásadní problém nastává při přerušení odběru tepla. V tomto případě se kotel začne přehřívat, protože není schopen rychlé samoregulace. Aby se na takovýto zdroj tepla dala použít ekvitermní regulace je nutné mít v k otopnému systému připojené akumulaciční nádrže. Výstupní teplotu topné vody lze v tomto případě měnit okamžitě a nezávisle na provozu kotle při naakumulovaném množství tepla. Výhodou je, pokud chceme zamezit přetopení akumulacičních nádrží, přestaneme dodávat palivo.

Při kritické situaci, kdy už není zabezpečen odběr tepla ze zdroje, zamezí teplotní regulátor výkonu přísun vzduchu a při překročení kritické teploty vody v kotli se začne kotel ochlazovat pomocí bezpečnostní smyčky, kterou ovládá termostatický ventil.

Typickým zástupcem této kategorie je kotel Dakon Dor 24. Jedná se o univerzální ocelový teplovodní kotel na pevná paliva. Kotel je podle vládního nařízení č.182/1999 Sb. a normy ČSN EN 303-5 vybaven zařízením (chladicí smyčka) umožňujícím bezpečný odvod přebytečného tepla bez doplňujících zařízení a vnější energie tak, aby nebyla překročena teplota vody v kotli 110°C (zařízení proti přetopení). Předepsané palivo: hnědé uhlí – ořech I. Náhradní palivo: hnědé uhlí – ořech II nebo kostka, brikety, koks, černé uhlí, dřevo. Topný výkon: 7 až 24 kW (Příloha 2). [9]



Obrázek 26: Kotel Dor 24 [9]

Pro využití ekvitermní regulace je výhodnější použít automatický kotel.

6.1.2 Ekvitermní regulace automatických kotlů na tuhá paliva (biopaliva)

U automatických kotlů není třeba používat akumulární nádrže, jelikož je kotel schopen automaticky regulovat svůj výkon na základě požadovaného odběru tepla. Tyto typy kotlů mají většinou svojí regulační elektronickou jednotku a ekvitermní regulace je jí nadřazená. Tato elektronická jednotka řídí nastavenou teplotu TV na kotli a množství přidávaného paliva. Ekvitermní regulace upravuje teplotu TV do systému na základě vyhodnocených údajů. Při odběru tepla jednotka kotle udržuje kotel na nastavené teplotě. Jakmile dojde k natopení systému a docílení nastavené teploty kotle, zamezí se přísunu paliva, a to pouze na udržování ohniště a kotel přechází do útlumového režimu. V případě, že je kotel vybaven automatickým zapalováním, může dojít k úplnému zastavení dodávky paliva, vyhasnutím kotle a pak opětovném zapálení. Další výhodou automatických kotlů je jejich účinnost okolo 85%, jednoduchá údržba a uživatelský komfort. Palivo se totiž doplňuje cca jednou za týden, záleží na velikosti násypky paliva.

Pro praktický příklad se může použít automatický kotel od firmy Licotherm model AM 24 nebo AM42 (Příloha 3).



Obrázek 27: Kotel Licotherm AM 24 [7]

Kotel tvoří dva základní celky, kotlové těleso a hořák. (viz příloha) Kotlové těleso je z ocelové konstrukce s litinovými dvířky, ty jeho části, které přicházejí do styku se spalinami, jsou vyrobeny z kvalitních plechů tloušťky 6 mm. Hořák je integrován do spodní části kotlového tělesa. Nad ním je umístěn keramický katalyzátor. Tvar katalyzátoru usměrňuje spaliny jednak zpět nad hořák, tím umožňuje dokonalé vyhoření paliva a dohoření spalin, jednak na zadní stěnu kotlového tělesa. Hořák je konstruován na principu spodního přikládání paliva (retortový) a samotné spalování v něm připomíná hoření v kovářské výhni. Z násypky je palivo dodáváno šnekovým podavačem (motor s převodovkou, šnekovice) do kolena retorty. Zde je vytlačováno vzhůru na kruhový rošt. Rošt i retorta jsou vyrobeny z vysoce kvalitní litiny. Retorta je umístěna ve směšovači, do kterého je foukán vzduch ventilátorem. Drážkami mezi retortou a roštem je pak vzduch foukán do nahořelé vrstvy paliva. Množství spalovacího vzduchu (resp. intenzita rozdmýchávání paliva) je dáno regulovatelnými otáčkami ventilátoru. Vyhořelé palivo –

popel a struska – přepadávají přes okraje roštu do popelníku pod směšovačem. Palivo je do spalovací části hořáku dodáváno v cyklech, které jsou nastavitelné na regulátoru. Hořák se v automatickém provozu zapíná a vypíná podle požadované teploty topné vody (nastavitelná kotlovým termostatem). V horním panelu kotle je umístěn regulátor, který je řešen jako procesorový s analogovým čidlem teploty a reléovými výstupy pro ventilátor, šnekový podavač paliva kotle a čerpadlo kotlového okruhu. Otáčky ventilátoru lze regulovat triakovým výstupem. Na displeji lze odečítat kotlovou teplotu a nastavené parametry. [7]

Předepsaným palivem je hnědé uhlí OŘECH 2 o zrnitosti 4-25 mm a vlhkosti do 20%, dřevěné palety. V přechodném období (jaro, podzim) je možno též používat jako palivo suché kusové dřevo, ale ke nutno demontovat keramický katalyzátor a instalovat litinový rošt.

Bezpečný provoz kotle zajišťují tyto prvky:

- tavná tepelná pojistka - zabezpečuje kotel proti prohoření paliva do násypky,
- havarijní termostat - slouží k ochraně topného systému proti přehřátí,
- termopojistka - chrání motor šnekového podávajícího zařízení proti přetížení. [7]

6.1.3 Ekvitermní regulace elektrokotlů

Řízení elektrokotle pomocí ekvitermní regulace je bezproblémové a snadné řešení. V tomto případě se reguluje výkon kotle na základě požadavků ekvitermní regulace. Podle konstrukce elektrokotle lze použít skokovou regulaci výkonu nebo plynulou (modulace výkonu).

Skoková regulace je řešena pomocí relé obvodů, které připojují/odpojují topné tyče elektrokotle. Když ekvitermní systém zašle požadavek na dodávku tepla, kotel sepne a připojí příslušný počet topných tyčí. Při ukončení odběru tepla je kotel zas odpojí.

Plynulou regulaci kotle zajišťují triaky. Princip je podobný jako u předchozí regulace, ale v tomto případě je průběh plynulý. Tento způsob regulace nevytváří takové nároky na stabilitu elektrických rozvodů.

Pro praktický příklad se může použít elektrokotel Dakon PTE 10 M (mini). Tento závěsný teplovodní elektrokotel je spolehlivý, úsporný a ekologický zdroj tepla moderní konstrukce určené pro vytápění rodinných domů, rekreačních chat, provozoven a podobných objektů. Topný výkon kotle je 10 kW (Příloha 4). Přednostmi jsou vysoká účinnost 99%, minimální nároky na prostor, lze připojit k otopnému systému s přímým, akumulacním nebo smíšeným ohřevem, automatický provoz kotle řízený termostatem nebo programátorem. [10]

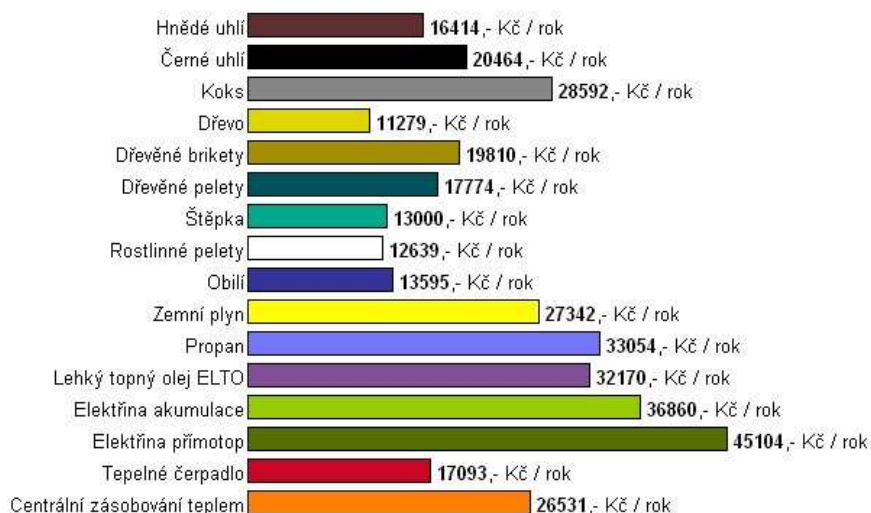


Obrázek 28: Elektrokotel PTE 10 M [10]

7 Závěrečné zhodnocení

Jakmile je zdroj tepla lépe regulovatelný, tím více se hodí pro přímé použití ekvitermní regulace. Z toho vyplývá, že nejlépe regulovatelným zdrojem tepla jsou elektrokotle, následují automatické kotle a nejhůře regulovatelné jsou klasické kotle na tuhá paliva s ručním přikládáním. Ve spojení s ekvitermní regulací je využití energie efektivnější. Tudiž při nižší spotřebě energie se docílí stejné tepelné pohody, jako bez použití regulace a vyšších energetických nákladů. Dále pak ekvitermní regulace optimalizuje výkony a účinnosti zdrojů tepla. Tím pádem se zbytečně nepřetápějí obytné prostory a dochází k úspoře energie. Při použití ekvitermní regulace se může dosáhnout úspor tepla vzhledem k původní spotřebě podle druhu objektu 10 až 25 %. Jestliže tento druh regulace doplníme o tzv. zónovou regulaci, úspory tepla se ještě zvýší na 15 až 30 %.

Ve srovnání nákladů (Obrázek 29, Příloha 5) na vytápění je nejdražší elektřina, následují biopaliva a nejlevnější jsou tuhá paliva. Musíme ovšem brát také na zřetel na komfort vytápění a pořizovací cenu kotlů. I při nejlepší účinnosti elektrokotle, je tento zdroj tepla nejdražší, to způsobuje cena elektřiny. Kompenzací jsou nízké pořizovací náklady a komfort provozu. Co se týče automatických kotlů je účinnost nižší, než u elektrokotlů, ale provozní náklady jsou nižší. Nevýhodou je jejich vyšší pořizovací cena, která je několikanásobek elektrokotle. Z toho vyplývá, jak je důležité zvážit ekonomickou návratnost, komfort vytápění a požadovaný výkon zdroje tepla.



Obrázek 29: Roční náklady na vytápění [12]

8 Literatura

- [1] PETRÁŠ, Dušan a kol. *Vytápění rodinných a bytových domů*. 1. české vydání. Bratislava: Jaga group, s.r.o. 2005. 246 s. ISBN 80-8076-020-9
- [2] POČINKOVÁ, Marcela, TREUOVÁ Lea. *Stavíme: Vytápění*. 3. aktualizované vydání. Brno: ERA group spol. s.r.o. 2005. 145 s. ISBN 80-7366-016-4
- [3] BAŠTA, Jiří. *Hydraulika a řízení otopných soustav*. Praha: ČVUT. 2003. 215 s. ISBN 80-01-02808-9
- [4] MATZ, Václav. *Využití termostatických ventilů a termostatických hlavice pro regulaci vytápění* [online]. c2009, [cit. 5-4-2010]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=5917>>.
- [5] MATZ, Václav. *Programovatelné termostatické hlavice* [online]. c2009, [cit. 5-4-2010]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=6000>>.
- [6] MATZ, Václav. *Ekvitermní regulace – princip a využití v systémech regulace vytápění* [online]. c2010, [cit. 6-4-2010]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=6294>>.
- [7] STAROSTA, Karel. *Automatické kotle LICOTHERM* [online]. c2010, [cit. 9-4-2010]. Dostupné z: http://www.karelstarostasyn.cz/prodej_kotlu.html>.
- [8] BLAHOVEC, Antonín. *Elektrotechnika 1*. 4. vydání. Praha: Informatorium, 2002. 191 s. ISBN 80-860-73-49-1
- [9] TOPENI-KOUPELNY. *DAKON DOR 24 kotel na tuhá paliva 7-24 KW* [online]. c2010, [cit. 9-4-2010]. Dostupné z: <<http://www.topeni-koupelny.cz/dakon-dor-24-kotel-na-tuha-paliva-7-24-kw>>.
- [10] SOVOVÁ, Irena. *Elektrokotle DAKON* [online]. c2008, [cit. 9-4-2010]. Dostupné z: <http://www.instalsova.cz/i_elektrokotle.htm>.
- [11] JELEŇ, Ivan. *Ekvitermní regulace* [online]. c2003, [cit. 15-4-2010]. Dostupné z: <<http://www.ijelen.cz/krivka.htm>>.
- [12] TZB-info. *Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva* [online]. c2010, [cit. 10-4-2010]. Dostupné z: <<http://vytapani.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=269&h=38&obor=5>>.
- [13] Honeywell – *AQ600 digitální regulátor vytápění – návod pro montáž a použití*

8.1 Seznam obrázků

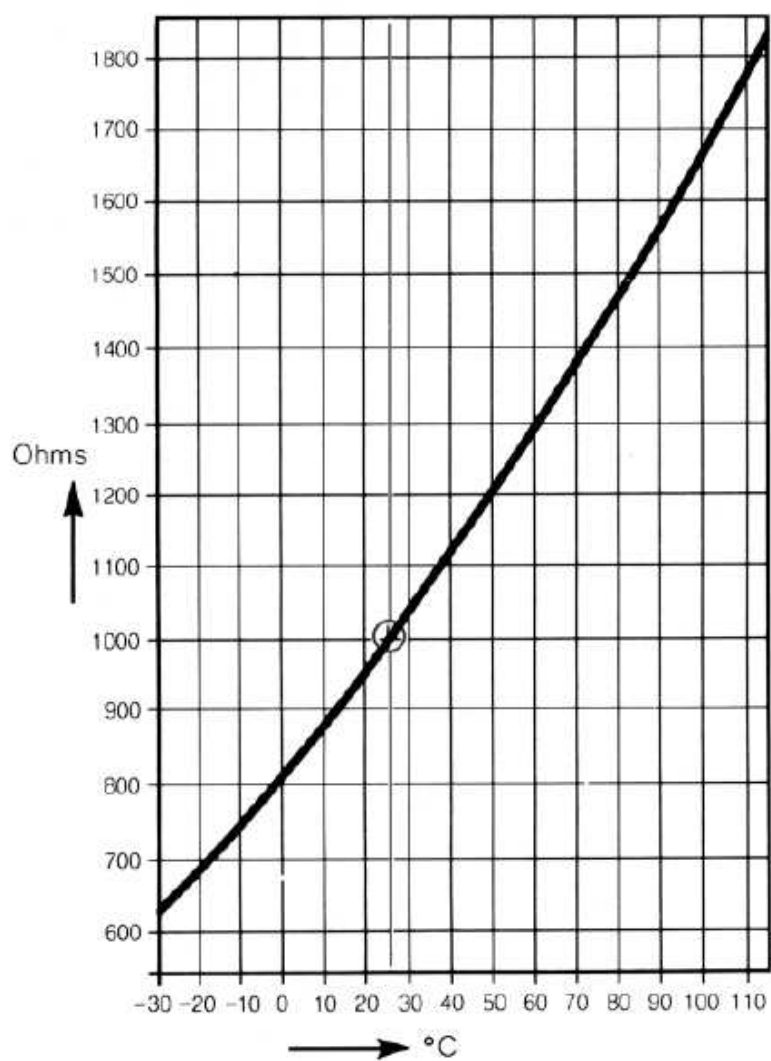
Obrázek 1: Schéma zónové regulace	2
Obrázek 2: Schéma decentralizované regulace jednotlivých místností.....	3
Obrázek 3: Schéma centrální regulace jednotlivých místností.....	4
Obrázek 4: Příklad otopné křivky	5
Obrázek 5: Křivky zátěže	7
Obrázek 6: Teplotní a časový profil	8
Obrázek 7: Topné křivky	11
Obrázek 8: Změna sklonu	12
Obrázek 9: Změna úrovně.....	13
Obrázek 10: Schéma systému vytápění	14
Obrázek 11: Kotel na tuhá paliva s horním ožehem.....	18
Obrázek 12: Kotel na tuhá paliva se spodním ožehem.....	19
Obrázek 13: Schéma regulace s využitím směšovače	21
Obrázek 14: Otopné křivky.....	22
Obrázek 15: Paralelní posun otopné křivky.....	22
Obrázek 16: Průběh kotle a blokování kotle.....	24
Obrázek 17: Závislost požadované teploty vody na geometrické venkovní teplotě.....	25
Obrázek 18: Pokojová jednotka.....	26
Obrázek 19: Trojcestné armatury	28
Obrázek 20: Čidlo venkovní teploty	32
Obrázek 21: Čidlo výstupní teploty vody	33
Obrázek 22: Vložka ventilu	35
Obrázek 23: Řez termostatickým ventilem.....	35
Obrázek 24: Termostatická hlavice	37
Obrázek 25: Elektronická termostatická hlavice	40
Obrázek 26: Kotel Dor 24.....	43
Obrázek 27: Kotel Licotherm AM 24.....	44
Obrázek 28: Elektrokotel PTE 10 M	46
Obrázek 29: Roční náklady na vytápění	47

8.2 Seznam příloh

Příloha 1: Odporová charakteristika čidla teploty	50
Příloha 2: Tabulka parametrů kotle DOR 24	51
Příloha 3: Schéma kotle Likotherm	52
Příloha 4: Tabulka parametrů elektrokotle	52
Příloha 5: Tabulka nákladů na vytápění	53

Příloha 1: Odporová charakteristika čidla teploty

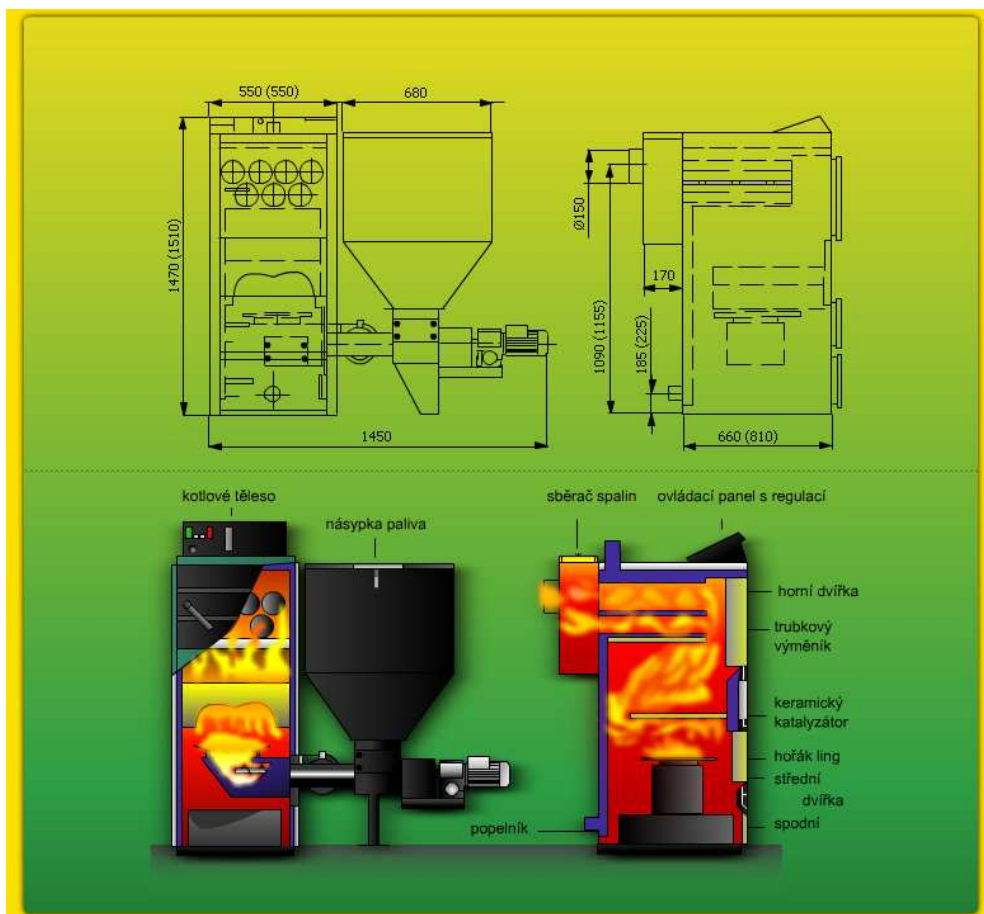
TEPLOTNÍ/ODPOROVÁ KŘIVKA



Příloha 2: Tabulka parametrů kotle DOR 24

Parametr	Hodnota	Jednotka
Jmenovitý výkon	24	kW
Minimální výkon	7	kW
Třída kotle	2	-
Účinnost při topení předepsaným palivem	74-78	%
Spotřeba při jmenovitém výkonu - hnědé uhlí - ořech 1 (20-40 mm), výhřevnost 16 MJ/kg, obsah vody do 28%	7,6	kg/hod
Doba hoření jedné náplně násypné šachty při jmenovitém výkonu	5,3	hod
Výška A	1040	mm
Celková šířka B	700	mm
Šířka C	526	mm
Hloubka D	730	mm
Objem násypné šachty	46	l
Rozměry plnicího otvoru	358x150	mm
Vstupní a výstupní příruba	DN 70	-
Vzdálenost přírub E	356	mm
Výška příruby pro zpátečku F	224	mm
Výška příruby pro výstup H	941	mm
Výška osy kouřového hrdla G	858	mm
Průměr kouřového hrdla I	145	mm
Hmotnost kotle bez vody	215	kg
Maximální hmotnost paliva v násypné šachtě	28	kg
Vodní objem kotle	57	l
Maximální provozní přetlak	2	bar
Zkušební přetlak vody	4	bar
Minimální teplota vstupní vody (zpátečka)	65	°C
Rozsah regulace teploty	65-95	°C
Teplota studené vody	10	°C
Provozní tah	0,26	mbar
Výhřevná plocha kotle	1,8	m ²
Stáložárnost kotle (palivo - hnědé uhlí)	12	hod
Teplota spalin při jmenovitém výkonu	250	°C
Teplota spalin při minimálním výkonu	100	°C
Hmotnostní průtok spalin na výstupu z kotle: při jmenovitém výkonu	26,5	g/sec
Hmotnostní průtok spalin na výstupu z kotle: při minimálním výkonu	7,8	g/sec

Příloha 3: Schéma kotle Likoterm



Příloha 4: Tabulka parametrů elektrokotle

Parametr	Hodnota	Jednotka
Celkový max. příkon	10,6	kW
Proud	16	A
Účinnost	99,1	%
Objem vody v kotli	9,5	Dm ³
Napětí	3x400/230 V - 1x230 V, 50 Hz	V
Krytí	IP 40	-
Šířka	515	mm
Výška	620	mm
Hloubka	275	mm
Přípojovací rozměr - výstup topení	G 1" vnitřní závit	-
Přípojovací rozměr - vstup topení	G 3/4" vnější závit	-
Max. provozní přetlak	250 (200)	kPa
Max. teplota ohřívané vody	90	°C
Hmotnost kotle bez vody	40	kg
Teplonosná látka	upravená voda dle ČSN 07 7401	-
Spínač tlaku vody PN	0,2-6,0	bar
Jmenovitý výkon	10	kW

Příloha 5: Tabulka nákladů na vytápění

Náklady na vytápění Vypočtová spotřeba tepla = 65 GJ					
Druh paliva (Výhřevnost) (Volba tarifu)	Cena paliva v Kč	Spalovací zařízení (Průměrná účinnost v %) <input type="checkbox"/> zadat vlastní účinnost	Cena tepla <input type="radio"/> Kč/GJ <input checked="" type="radio"/> Kč/kWh	Spotřeba paliva / rok	Náklady na vytápění Kč / rok
<input checked="" type="checkbox"/> Hnědé uhlí (18 MJ/kg) ceny a dodavatelé	2,50 /kg	Klasický kotel na uhlí (55%)	0,91	6566 kg	16414,-
<input checked="" type="checkbox"/> Černé uhlí (23,1 MJ/kg) ceny a dodavatelé	4,00 /kg	Klasický kotel na uhlí (55%)	1,13	5116 kg	20464,-
<input checked="" type="checkbox"/> Koks (27,5 MJ/kg)	7,50 /kg	Klasický kotel na koks (62%)	1,58	3812 kg	28592,-
<input checked="" type="checkbox"/> Dřevo (14,6 MJ/kg)	1,90 /kg	Kotel na zplynování dřeva (75%)	0,62	5936 kg	11279,-
<input checked="" type="checkbox"/> Dřevěné brikety (17,5 MJ/kg)	4,00 /kg	Kotel na zplynování dřeva (75%)	1,1	4952 kg	19810,-
<input checked="" type="checkbox"/> Dřevěné pelety (18,5 MJ/kg) ceny	4,30 /kg	Kotel na dřevěné pelety (85%)	0,98	4134 kg	17774,-
<input checked="" type="checkbox"/> Štěpka (12,5 MJ/kg)	2,00 /kg	Kotel na štěpku (80%)	0,72	6500 kg	13000,-
<input type="checkbox"/> Rostlinné pelety (16 MJ/kg)	2,80 /kg	Kotel na rostlinné pelety (90%)	0,7	4514 kg	12639,-
<input checked="" type="checkbox"/> Obilí (18 MJ/kg)	3,20 /kg	Automatický kotel (85%)	0,75	4248 kg	13595,-
<input checked="" type="checkbox"/> Zemní plyn (spalné teplo 37,82 MJ/m ³) ceny Dodavatel: RWE Energie, a.s. Spotřeba plynu: 20000 - 25000 kWh /rok	1,05331 /kWh vztahena ke spalnému teplu ??? 11,07 Kč/m ³ + 300,58 Kč/měsíc	Kotel běžný (89%) účinnost je vztahena k výhřevnosti ZP ???	1,51	22524 kWh 2145 m ³	27342,-
<input checked="" type="checkbox"/> Propan (46,4 MJ/kg) ceny a dodavatelé	21 /kg	Kotel běžný (89%)	1,83	1574 kg	33054,-
<input checked="" type="checkbox"/> Lehký topný olej ELTO (42 MJ/kg) ceny	18,5 /kg	Kotel na lehký topný olej (89%)	1,78	1739 kg	32170,-
<input checked="" type="checkbox"/> Elektrina akumulace ceny a tarify ??? D26d jistič nad 3x25 A do 3x32 A	393,6 Kč/měsíc + NT: 1,65528 /kWh	S akumulací nádrží (93%)	2,04	19415 kWh	36860,-
<input checked="" type="checkbox"/> Elektrina přímotop ceny a tarify ??? D45d jistič nad 3x20 A do 3x25 A	390 Kč/měsíc + NT: 2,19408 /kWh	Přímotopné panely (98%)	2,5	18424 kWh	45104,-
<input checked="" type="checkbox"/> Tepelné čerpadlo ceny a tarify ??? D56d jistič nad 3x16 A do 3x20 A	321,6 Kč/měsíc + NT: 2,19888 /kWh	Průměrný roční topný faktor: 3	0,95	6019 kWh	17093,-
<input checked="" type="checkbox"/> Centrální zásobování teplem ceny	400 /GJ ???	účinnost (98%)	1,47	66 GJ	26531,-