VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

ŘÍZENÍ TEPELNÝCH ZDROJŮ SE ZAMĚŘENÍM NA SPALOVÁNÍ BIOMASY

CONTROL OF HEAT SOURCES ORIENTATED ON THE BIOMASS COMBUSTION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE MARTIN HAVLÍČEK
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. VÍTĚZSLAV MÁŠA
SUPERVISOR

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automatizace a informatiky
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Martin Havlíček

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Aplikovaná informatika a řízení (3902R001)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Řízení tepelných zdrojů se zaměřením na spalování biomasy

v anglickém jazyce:

Control of heat sources orientated on the biomass combustion

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Osvojení si základních znalostí o regulaci tepelných zdrojů. Popis specifik spalování biomasy oproti fosilním palivům. Výzkum trhu - seznámení se s nabídkou řešení řídicích systémů v dané oblasti na českém i zahraničním trhu. Zhodnocení současných trendů v oblasti řízení biomasových kotlů.

Cíle bakalářské práce:

Zhodnotit současné řídicí systémy biomasových kotlů středních výkonů. Sestavit přehled výrobců těchto zařízení v ČR a základní informace o situaci v zahraničí.

Seznam odborné literatury:

Balátě J., Regulace, automatizace tepelně energetických zařízení, SNTL, Praha, (1982)

Sjaak v. L., Koppejan J., Handbook of Biomass Combustion and Co-Firing, Twente University Press, ISBN 9036517737, (2002)

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Vítězslav Máša

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 15.10.2009

L.S.

Ing. Jan Roupec, Ph.D. Ředitel ústavu	prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc. Děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá řízením tepelných zdrojů se zaměřením na spalování biomasy. Cílem této práce bylo představit vlastnosti biomasy jako paliva, uvádí popis technologie kotlů středních výkonů a jejich srovnání s jinými výkonovými kategoriemi. Zhodnocuje především současné řídicí systémy biomasových kotlů středních výkonů a nabízí přehled výrobců zařízení v ČR a základní informace o situaci v zahraničí.

ABSTRACT

The Bachelor thesis deals with the control of heat sources which are concerned on biomass combustion. The aim of this thesis was to present the properties of biomass as a fuel. It also describes the technology of medium power boilers and their comparison with other power categories. Above all, it evaluates the current control systems of biomass boilers with medium power and offers the list of Czech producers. The thesis also gives the brief information about the situation abroad.

KLÍČOVÁ SLOVA

Kotel na biomasu, řídicí systém, výrobci kotlů, regulace, biomasa.

KEYWORDS

Biomass boiler, control system, boiler manufacturers, regulation, biomass.

Bibliografická citace

HAVLÍČEK, M. *Řízení tepelných zdrojů se zaměřením na spalování biomasy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 51 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Vítězslav Máša.

Řízení tepelných zdrojů se zaměřením na spalování biomasy

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Vítězslava Máši.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

……
Martin Havlíček
27. 05. 2010

© Martin Havlíček, 2010.

Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě strojního inženýrství. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.

Poděkování

Rád bych poděkoval panu Ing. Vítězslavu Mášovi, za jeho pomoc a podporu při řešení této bakalářské práce.

Obsah:

1. ÚVOD 15

2. BIOMASA JAKO PALIVO 17

2.1 PŘEDSTAVENÍ BIOMASY 17

2.1.1 Charakteristika dřevní štěpky 18

2.1.2 Složení dřevní štěpky 18

2.1.3 Vlhkost dřevní štěpky 19

2.1.4 Výhřevnost dřevní štěpky 20

2.2 POŽADAVKY NA TVAR DŘEVNÍ ŠTĚPKY 21

2.3 NÁROKY NA SKLADOVÁNÍ 22

2.4 ENERGETICKÉ VYUŽITÍ 23

3. KOTLE PRO SPALOVÁNÍ BIOMASY 25

3.1 KATEGORIE KOTLŮ PRO BIOMASU 25

3.2 KOTLE MALÝCH VÝKONŮ 25

3.3 KOTLE STŘEDNÍCH VÝKONŮ 25

3.4 KOTLE VELKÝCH VÝKONŮ 30

4. REGULACE KOTLŮ STŘEDNÍCH VÝKONŮ 33

4.1 REGULOVANÉ A AKČNÍ VELIČINY 34

4.2 FUNKCE ŘÍDICÍHO SYSTÉMU 35

4.3 SPECIFIKA REGULACE KOTLŮ NA BIOMASU 37

4.4 STRUKTURA ŘÍZENÍ A POUŽÍVANÉ ŘÍDICÍ SYSTÉMY 38

4.5 POUŽÍVANÉ ŘÍDICÍ SYSTÉMY 40

5. SITUACE NA TRHU V ČR A ZAHRANIČÍ 45

5.1 KOTLE ČESKÉ VÝROBY 45

5.2 KOTLE ZAHRANIČNÍ VÝROBY 54

5.3 VÝSLEDEK SROVNÁNÍ KOTLŮ 57

5.4 DOTAZNÍK K REGULACI KOTLŮ 58

6. ZÁVĚR 61

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 63

1. ÚVOD

Životní úroveň má za následek zvyšující se spotřebu energie, která vede k ubývání zásob neobnovitelných zdrojů energie, proto jsou vyvíjeny snahy nalézt alternativní zdroje mezi, které patří obnovitelné zdroje energie (OZE), z nichž jsou nejčastěji využívané energii slunečního záření, větrné elektrárny, vodní elektrárny, geotermální energie a biomasa.

Bakalářská práce je zaměřena na biomasu, která představuje jeden z nejperspektivnějších obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny i tepla. Česká republika podporuje využívání OZE a zintenzivňuje podporu vznikajícím aktivitám i oporou v legislativě. Při racionálním uvažováním spočívá potenciál biomasy v její ekonomické dostupnosti, nevyčerpatelnosti a nízkým emisím při správném spalování.

Spalování je nejrozšířenější způsob energetického využití biomasy a na trhu je již několik let větší počet výrobců nabízejících kotle různých výkonů. Každá výkonová kategorie kotlů slouží k jinému účelu a má také svá provozní specifika. S nasazením řídicích systémů, které zajišťují bezobslužný provoz těchto zařízení se v širším měřítku setkáváme až od výkonů okolo 100 kW. Vedle technologického uspořádání kotle je jeho regulace klíčovým prvkem pro dosažení optimálních spalovacích podmínek, které jsou předpokladem pro vysokou účinnost kotle a tím i nízké emise škodlivin. Dalším přínosem jsou snížené nároky na obsluhu.

Emisní limity pro kotle malého, středního a velkého výkonu se však diametrálně liší. U zařízení malého výkonu je produkce emisí vysoká z důvodu nedokonalého spalování a špatné automatizace (spíše žádné). U kotlů středních a velkých výkonů je mnohem snazší dosáhnout předepsaných emisních limitů.

Práce se zaměřuje na jednotky středních výkonů (200kW až 5 MW), které se v široké míře uplatňují zejména v průmyslu a v systémech centrálního zásobování teplem. Spalovací technologie jednotek středních výkonů prošla v poslední době prudkým vývojem. Samozřejmostí je bezobslužný provoz a automatické řízení celého zařízení s možností dálkové správy prostřednictvím internetu. Vývojové trendy byly soustředěny na spalování různých druhů biopaliv a výzkum prvků, které příznivě ovlivňují proces spalování a zvyšují jeho účinnost. Jde zejména o stupňovitý přívod spalovacího vzduchu, předehřev spalovacího vzduchu s využitím odpadního tepla obsaženého ve spalinách a také recirkulaci části spalin zpět do prostoru spalovací komory. Tyto prostředky umožňují provoz jednotek s více než 90% účinností a velmi příznivými emisními poměry. [1]

Závěrečné kapitoly mapují situaci na trhu s kotli na biomasu. Vychází z informací uváděnými na internetu a z osobních konzultací či korespondence se zástupci jednotlivých firem.

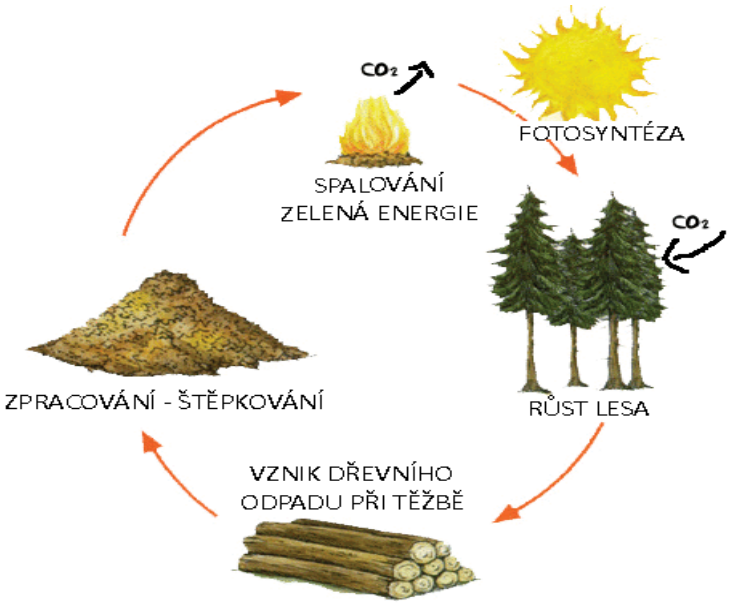
2. BIOMASA JAKO PALIVO

2.1 Představení biomasy

Biomasa se zdá být v současnosti nejperspektivnější z obnovitelných zdrojů (dále OZE) pro výrobu elektřiny i tepla. Mezi tyto zdroje řadíme energii slunečního záření, větrné elektrárny, vodní elektrárny, geotermální energie a v neposlední řadě právě biomasu. Biomasa je obecně definována jako hmota organického původu. Pro potřeby bakalářské práce (oblast spalování) můžeme však tento pojem zúžit na dřevo a dřevní odpad, slámu a záměrně pěstované energetické plodiny. Mezi její nejdůležitější vlastnosti, které ovlivňují použitelnost pro výrobu energie, patří zejména výhřevnost, vlhkost a zpracovatelnost.

Biomasu dělíme dle obsahu vody na tzv. suchou a mokrou. Do suché biomasy řadíme dřevo a do mokré kejdu - což jsou zvířecí výkaly promíchané s vodou. Dále lze biomasu podle původu rozdělit na tři základní skupiny: odpad z průmyslové výroby, odpad z lesní či zemědělské produkce a záměrně pěstovaná biomasa. Stále hlavním energetickým zdrojem je odpad ze zemědělství a lesnictví.[2]

V oblasti energetického využití biomasy můžeme také narazit na pojem dendromasa. Ta je definovaná jako biologická hmota stromu, která v rámci běžných biologických procesu odumírá a rozkládá se.[3]



Obr. 1. Schéma cyklu dendromasy [4]

Hlavní výhodou biomasy je její obnovitelný charakter a stálá dostupnost. Z pohledu technického můžeme zmínit především energetickou stabilitu oproti jiným OZE, neboli snadnou regulovatelnost objemu vyrobené energie v závislosti na aktuální potřebě.

Ve srovnání s fosilními palivy vyniká biomasa při svém energetickém využití předně vyrovnanou bilancí CO_2. Tím se myslí, že při růstu dřevní hmota spotřebuje tolik CO_2, kolik je ho při spalování uvolněno do ovzduší.

Česká republika začíná široce podporovat OZE a začíná zintenzivňovat podporu vznikajícím aktivitám i oporou v legislativě. České zemědělství je schopno v současnosti dodat na trh 8-10mil. tun biomasy za rok. Do roku 2010 to mělo být již 12mil. tun a v roce 2020 téměř dvojnásobek současné produkce. [5]

2.1.1 Charakteristika dřevní štěpky

Dřevní štěpka vzniká jako odpad při zpracování dřeva či drcením dřevních částí, nověji i z cíleně pěstovaných, rychle rostoucích dřevin. Ukazatelem kvality dřevní štěpky je obsah vody v palivu, chemické složení hořlaviny paliva, obsah popela v palivu a obsah prchavé hořlaviny. Tyto vlastnosti se spolupodílí na hodnotě klíčového parametru paliva, jeho výhřevnosti.

2.1.2 Složení dřevní štěpky

Jedná se o sypkou hmotu z rozdrcených částí dřevní hmoty. Prvkově jsou dřevní štěpky složeny z C, H, O, S, N (viz tab. 1).

Složka %	Dřevo			Kůra	Hnědé uhlí
	Jehličnaté	Listnaté	smíšené		
C	51,0	50,0	50,5	51,4	69,5
H	6,2	6,2	6,2	6,1	5,5
O	42,2	43,3	42,7	42,2	23,0
S	0	0	0	0	1,0
N	0,6	0,6	0,6	0,3	0,1
As*-Obsah popeloviny v sušině	1,0	1,0	1,0	2,3-5,0	25,0

Tab. 1. Složení dřevní štěpky [6]

Z uvedené tabulky je patrno, že při spalování dřevní štěpky prakticky nemůže

vznikat žádná emise SO_2 a obsah popelovin a dusíku je velmi nízký např. v porovnání s hnědým uhlím. Z tohoto důvodu jsou i emise NOx při spalování dřevní hmoty na příznivě nízké koncentraci. To však platí pouze v případě kvalitní dřevní štěpky (relativně homogenní). Jiná paliva (např. obilná sláma) můžou emisní poměry významně zhoršit. Do ovzduší pak mohou unikat znečisťující látky jako například NOx, SO_X nebo HCl. Jejich množství vychází z prvkového složení paliva.

2.1.3 Vlhkost dřevní štěpky

Podle vlhkosti se mění výhřevnost a hustota dřeva. Různé dřeviny mají dle charakteru dřeva různou náchylnost k absorpci vody a jiný režim vysychání. V praxi se proto obvykle volí tři vlhkosti orientačně odpovídající třem stavům dříví:

a) čerstvé dříví po těžbě (50-60 % vlhkosti)

b) dříví skladované za přístupu vzduchu (20-30 % vlhkosti)

c) dříví dlouhodobě vyschlé (15 a méně % vlhkosti).

Z tohoto vyplývá, že dříví po těžbě má největší hmotnost a nejmenší výhřevnost a naopak vyschlé dříví má největší výhřevnost a poměrně sníženou hmotnost. Průměrná vlhkost dřeva se pohybuje okolo 20% - 30%. Při vyšší vlhkosti dochází k prodloužení doby hoření a vznik vyšších nežádoucích emisí škodlivin. Nižší vlhkost může způsobovat zvýšenou rychlost odhoření paliva a také nežádoucí zvyšovaní teploty ve spalovací komoře. Hmotnostní charakteristiky jsou vybrány pro dřeviny dle tří vlhkostních skupin (viz tab. 2). [7]

Hmotnost dříví podle obsahu vody v kg/m3			
Dřevina	Hmotnost dřeva při dané relativní vlhkosti		
	15%	30%	60%
Smrk	480	618	895
Borovice	524	658	927
Buk	702	836	1104
Dub	748	870	1114
Průměr	614	746	1010

Tab. 2. Tabulky hmotnosti jehličnatého a listnatého dřeva [7]

Nízká vlhkost se vyskytuje u dřevní hmoty, která prošla procesem umělého sušení řeziva. Při vyšší vlhkosti se mnoho energie spotřebuje na její vypaření a spalování je nedokonalé. Pro spalování dřeva lze doporučit vlhkost cca 20 %. V závislosti na vlhkosti se pak mění i výhřevnost paliv a další související hodnoty tepelné a hmotnostní bilance. V energetické praxi se vztahuje obsah vody k původnímu vzorku. Např. při hmotnosti vody 0,5kg v 1 kg původním vzorku bude energetická vlhkost:

$$W = 0,5/1,0x100= 50\%$$

V praxi je maximální přípustná vlhkost 55% aby mohlo vůbec dojít ke vznícení paliv.

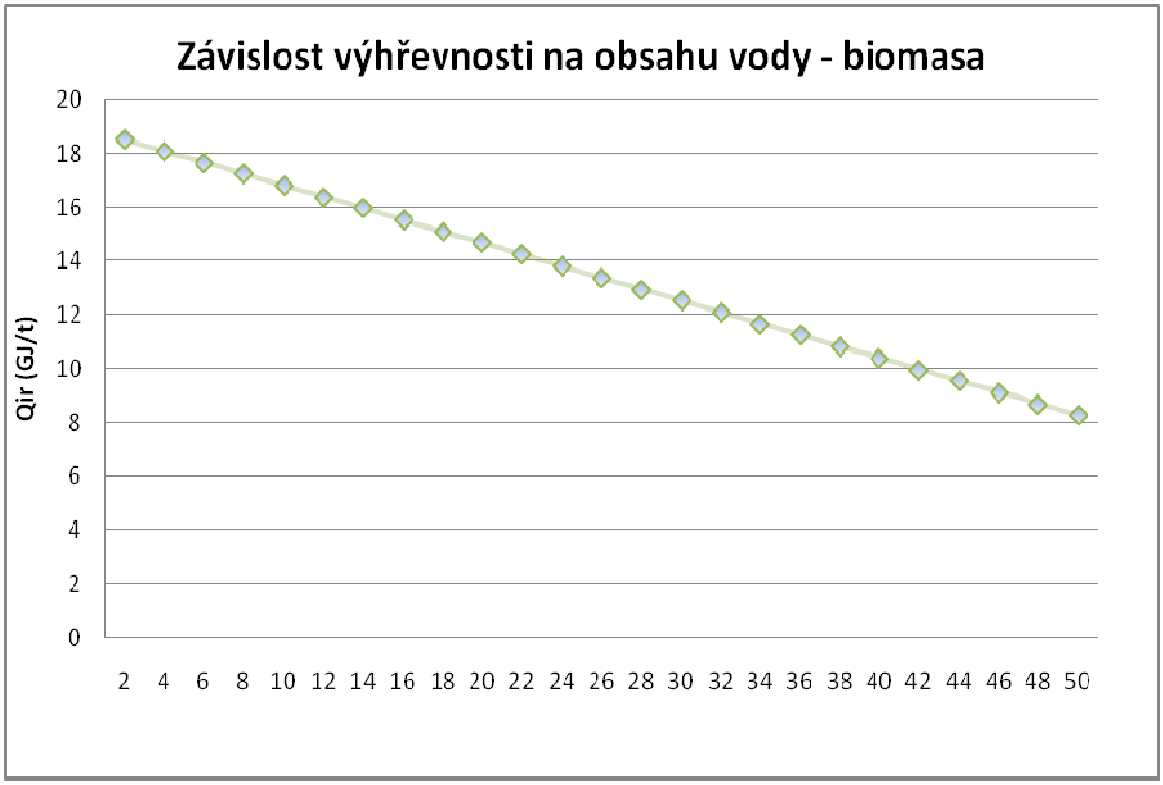
2.1.4 Výhřevnost dřevní štěpky

Výhřevnost dřeva i jiných rostlinných paliv se mění v závislosti na druhu dřeva či rostliny, ale souvisí i s vlhkostí, na kterou jsou tato paliva citlivější.

Výhřevnost dřeva je téměř srovnatelná s hnědým uhlím. Skutečná výhřevnost je spalné teplo sušiny bez tepla na odpaření vody z paliva.

Výhřevnost paliv	MJ/kg
Dřevo surové – 50% vody	8,2
Dřevo suché – 25% vody	13,5
Dřevo bez vody	19,2 (přibližně spalné teplo)
Sláma suchá při sklizni	14,5 (16% vody)
Hnědé uhlí	12-15 (mostecké i 16)
Brikety hnědouhelné	do 20 (pojivo = dehet)
Černé uhlí	25 (antracit 30)
Koks	do 29
Topná nafta	42,9
LTO, TTO	40,9 (nutno předehřívat)
Zemní plyn - m^3	do 36

Tab. 3. Výhřevnost jednotlivých paliv



Graf. 1. Závislost výhřevnosti na obsahu vody [8]
*(**Veličiny**: Qir= výhřevnost z 1 tuny [GJ/T], Wtr=vlhkost [%])*

2.2 Požadavky na tvar dřevní štěpky

Velikost a tvar dřevní štěpky musí být upraveny v souladu s technologií daného spalovacího zařízení. Tvarová úprava je předpokladem pro využití automatizované dodávky paliva do spalovací komory, kde se využívá především elektro-mechanických dopravníků a u větších zařízení hydraulických podavačů. Rozměry spalovaného materiálu také spoluurčují (společně se složením paliva) dynamiku spalovacího procesu.

Pro úpravu materiálu se používají štěpkovače a drtiče různé výkonnosti. Problémy na trhu nastávají zejména u dřevní štěpky, protože používané štěpkovače – šnekové, bubnové, diskové produkují štěpku velice rozdílných parametrů. V praxi se v ČR obvykle tvar a velikost štěpky posuzuje na základě Rakouské normy (viz tab. 4), [8]. Dřevní štěpkou rozumíme části dřeva s maximálními rozměry 150 x 50 x 30 mm [9]. Rozměry ovlivňují jak objemovou hmotnost sypaného materiálu, tak mechanické vlastnosti při manipulaci (ucpávání, klembování) a zejména při dosoušení.

Charakteristika dřevní štěpky (EDH) podle velikosti částic / Rakouská norma ONORM M 7133

Třída	Velikost	Podíl skupin velikostních částic				Extrémní hodnoty	
		max 20%	60-100%	max 20%	max 4%	Průměr	Délka
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(cm2)	(cm2)
G 30	jemná	do 16	16-2,8	2,8-1	přes 1	3	8,5
G 50	střední	do 32	31,5-5,6	5,6-1	přes 1	5	12
G 100	hrubá	do 63	63-11,2	11,2-1	přes 1	10	25

Tab. 4. Rakouská norma ONORM M 7133 [8]

2.3 Nároky na skladování

Nároky na skladování nejsou příliš přísné. Jedním z nároků u skladování dřevní štěpky je pevný betonový podklad, který zajistí, aby neunikaly nežádoucí prvky (jako např. kyselé látky, které dřevo obsahuje) do půdy. Haly mohou být jak kryté tak nekryté. Maximální doba skladovatelnosti je šest měsíců, kvůli ztrátám energetické účinnosti. U dřevní štěpky se nemusíme obávat samovznícení, protože její bod zahoření se pohybuje přes 300 °C. To však platí pouze v případě, když je skladována samostatně.

Palivo	Hmotnost v kg/m3	Skladovací prostor V m3/MWh
Palivové dříví- polena	320-450	0,6-0,8
Palivové dříví- odřezky	210-300	0,9-1,2
Štěpka v kůře	270-380	1,3
Rašelina	350-400	0,8
Sláma	80-100	3
Dřevěné brikety	800-1100	0,25-0,30
Hnědě uhlí	650-780	0,41
Černé uhlí	770-880	0,17

Tab. 5. Orientační údaje o velikosti skladovacích prostor pro skladování některých paliv. [8]

Např. pro 1 MW kotel je doporučená skladovací plocha o objemu 2500-2800 m^3 o max. hrubosti dřevní štěpky 6cm. Podlahu skladu mohou tvořit např. posuvné lamely, poháněné hydraulicky, čímž je zajištěno podávání paliva ze skladu do násypky podavače. Ten pak dále podává palivo do kotle. [10]. Je proto zřejmé, že co se týká objemu, který skladované palivo zabere, patří biomasa k nejnáročnějším. Investor, který uvažuje o projektu nového tepelného zdroje na biomasu, tedy musí požadavky na skladovací prostory zohlednit.

2.4 Energetické využití

Mezi nejčastější druhy energetického využití biomasy patří spalování, zplynování, pyrolýza, anaerobní fermentace.

Spalování probíhá za dostatečného přístupu kyslíku a nevyžaduje speciální úpravu biomasy. Produktem je tepelná energie, která může být použita pro vytápění nebo pro výrobu elektrické energie.

Zplynování probíhá při vyšších teplotách a za nedostatku kyslíku (800 – 900 °C). Používá se spíše pro malé tepelné výkony. V současné době je dávána přednost systémům s atmosférickým nebo tlakovým zplynováním. Jak už z názvu vyplivá, tak produktem je plyn.

Pyrolýza vzniká při nedostatečném přístupu kyslíku. Teplota se zde pohybuje kolem 400 – 500 °C. Pyrolýzu lze uskutečnit z jakéhokoliv biopaliva. Biomasa musí být upravena (drcením). Produkty jsou aerosoly a páry, které se musí co nejrychleji ochladit, aby mohlo vzniknout kapalné palivo.

Anaerobní fermentace, jedná se o mikrobiologickou transformaci organických složek zvířecích exkrementů, bez přístupu vzduchu. Při teplotě 35 – 45 °C. Produktem je bioplyn (55 – 60 % methanu). Výhřevnost bioplynu je 20 – 23 MJ/m^3 .

3. KOTLE PRO SPALOVÁNÍ BIOMASY

Následující kapitola představuje základní technologická řešení regulované soustavy (kotle na biomasu), jak je popisuje odborná literatura [11]; [12]; [13]. Bakalářská práce bude zaměřena zejména na kotle středních výkonů (jmenovitý tepelný výkon od 0,2 MW do 5 MW) u kterých je automatizace a regulace standardní součástí.

3.1 Kategorie kotlů pro biomasu

Pro úvodní rozdělení se přidržíme Zákona 86/2002 o ochraně ovzduší stacionární zdroje podle míry svého vlivu na kvalitu ovzduší se dělí na:

1. Malé (jmenovitý tepelný výkon nižší než 200 kW)
2. Střední (jmenovitý tepelný výkon od 0,2 MW do 5 MW)
3. Velké (jmenovitý tepelný výkon od 5 MW do 50 MW)

3.2 Kotle malých výkonů

Kotle malých výkonů dosáhly za poslední desetiletí určitých inovací. Dříve bylo jejich hlavní nevýhodou vysoké procento uvolňovaných emisí škodlivých látek. Výrobci kamen a kotlů poměrně dávno vyvinuli technologie, které emisní a další striktní požadavky na ochranu životního prostředí respektují. V současné době u moderních kotlů malých výkonů je mnohem čistší technologie spalování s jednodušší obsluhou, možností regulace a automatizací přikládání, která však klade nároky na tvar a rozměry paliva. Nevýhodou kotlů malých výkonů jsou pevné rošty, kvůli kterým se jen těžko dosahuje oddělení jednotlivých fázi termického rozkladu paliva. Proto se používají pohyblivé rošty. Vzhledem k jejich investiční náročnosti se uplatňují u kotlů středních výkonů. (viz kap. 3.3). Podobně je tomu také s regulací, která také výrazně zvyšuje náklady spojené s pořízením kotle malého výkonu.

3.3 Kotle středních výkonů

Kotlů vyšších výkonů (nad 0,2 MW) jsou vybaveny automatizací dodávky paliva i samotného spalování. Technologie těchto kotlů vyžaduje úpravu velikosti biomasy (nejčastěji dřevní štěpky), která má vliv i na dokonalost spalovacího procesu. Viz kap. 2.2

Základní komponenty kotlů

Základní komponenty běžného biomasového kotle lze rozdělit do následujících částí:

a) Spalovací komora kotle
- se spodním přívodem paliva
- se šikmým pevným, nebo mechanickým roštem (někdy vodou chlazeným)

b) Teplovodní výměník, který představuje hlavní teplosměnnou plochu.

c) Přívod a rozdělení spalovacího vzduchu
- vzduchový ventilátor primárního spalovacího vzduchu
- vzduchový ventilátor sekundárního spalovacího vzduchu

d) Odlučovač tuhých látek ze spalin

-většinou se používá multicyklonový odlučovač s recirkulací části vyčištěných spalin zpět na vstup do odlučovače. Tím se zajistí dokonalejší čištění spalin při sníženém výkonu kotle.

e) Spalinový ventilátor pro odtah spalin do komína.

f) Automatická regulace výkonu kotle a dopravy paliva.

g) Provozní zásobník paliva s návaznou dopravou paliva do kotle.

Výhodné je použití pohyblivého roštu ve spalovací komoře. Díky němu je možné v rámci spalovacího procesu účinně oddělit jednotlivé fáze spalovacího procesu:

- sušení, odpařování vody z paliva
- pyrolýza, tj. uvolňování plynné složky paliva
- spalování plynné složky paliva
- spalování pevných látek, zejména uhlíku

Při zahřívání dřevního materiálů dochází nejprve k odpaření vody. Poté se dodávaným teplem uvolňuje spalitelný plynný podíl paliva. Po dosažení zápalné teploty a při dostatečném přísunu kyslíku dojde ke vznícení plynu a následnému uvolňování spalného tepla. Vzniklé teplo může dále snížit vlhkost zbytků dřeva a uvolnit další spalitelný plyn. Spalovací proces se udržuje, pokud není dříví příliš vlhké (nebo studené) a je-li přiváděn dostatek kyslíku. Uhlík zůstává v pevné formě na roštu; povrchově se okysličuje na oxid uhelnatý (CO), který při dodání dalšího kyslíku oxiduje na oxid uhličitý (CO_2). Při rovnoměrném dodávání paliva a dostatečném přívodu kyslíku probíhají všechny čtyři fáze spalovacího procesu současně a teplo se vytváří rovnoměrně. Palivo je tak využito v co

nejvyšší míře, což se projevuje také minimálním množstvím vznikajících tuhých zbytků po spalování. [12]

Základní konstrukční přístupy k řešení **spalovací komory** jsou:

- šikmý mechanický rošt, který je v některých případech chlazen vodou
- spodní (podsuvný) přívod paliva na pevný rošt
- fluidní lože
- cirkulující fluidní lože

Fluidní spalování je vhodným způsobem pro biomasu s konstantní velikostí segmentů nepřesahující určitý délkový rozměr. Zařízení s fluidním ložem i spalovaní s cirkulujícím fluidním ložem jsou méně typická pro spalovací zařízení středních výkonů. Proto nebudou dále uvažována.

Vodou chlazený rošt má tu přednost, že je možno (dle požadovaného tepelného výkonu kotle) snížit na minimum přívod spalovacího vzduchu pod rošt. V případě vodou nechlazeného roštu musí být roštem zachován určitý průtok vzduchu, který odpovídá potřebnému chlazení použitého materiálu roštnic. Tím se může nežádoucím způsobem zvyšovat přebytek vzduchu při spalování a zvyšovat komínová ztráta kotle. [12]

Konstrukce roštu musí být provedena tak, aby umožnila:

- přívod spalovacího vzduchu do jednotlivých zón roštu tak, aby spalování probíhalo při optimálním přebytku vzduchu
- umožnit postupné vysušení, zahřátí na zápalnou teplotu, hoření a dokonalé vyhoření paliva
- zamezovat shromaždování tuhých zbytků po spalování
  umožnit změnu výkonu kotle

U kotlů středních výkonů se používají rošty mechanické, které jsou pohyblivé a zajišťují pohyb paliva do míst, odkud jsou odváděny zbytky po spalování. Pohybem posuvných prvků dochází k mísení a rovnoměrné distribuci materiálu po ploše roštu. Ten může být rozdělen do několika sekcí, které se pohybují rozdílnými rychlostmi na základě potřeby jednotlivých fází spalovacího procesu. Výkon spalovacího zařízení s těmito rošty je odvislý od šířky a délky roštu.

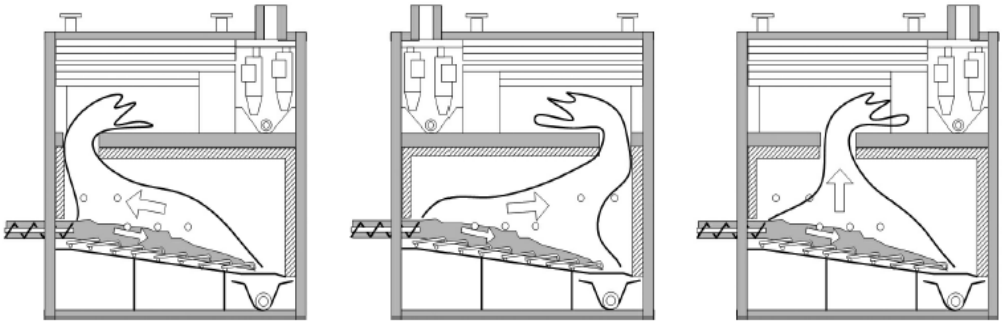
Přívod paliva na rošt je uskutečňován pomocí šnekového dopravníku, prostřednictvím mechanických či pneumatických dopravníků, nebo se používá zavážecí lis. Mezery mezi roštnicemi nesmí být příliš velké, aby nedocházelo k propadávání paliva. Rošty můžeme rozdělit na pásové, přesuvné, vratisuvné a válcové.

Pro spalování biomasy jsou využívány všechny výše uvedené typy. Oproti pásovému roštu mají ostatní uvedené výhodu v tom, že jejich pohybem dochází k posuvům vrstvy paliva, kde dochází zároveň k jejímu narušení, lepšímu rozložení s efektem

dokonalejšího prohoření paliva. Na pohyblivých roštech lze spalovat široké spektrum biopaliv. Pro spalování dřevní štěpky se využívají rošty chlazené primárním vzduchem. Z toho důvodu snese rošt výhřevnější palivo. Pro suchá biopaliva se doporučují vodou chlazené rošty. Spalování na roštu je zejména výhodné pro palivo z biomasy s vysokým obsahem vlhkosti.

Pro zajištění stabilního průběhu spalovacího procesu je nutné dodat spalovací vzduch do různých míst pod roštem. K tomu je nutno použít ventilátory vzduchu, které zajišťují přívod primárního vzduchu pod rošt. Palivo se dostává na rošt s původní vlhkostí, takže zde primární vzduch slouží jako sušící medium. Největší množství primárního vzduchu se spotřebovává v zóně probíhající pyrolýzy a hoření pevně vázaného uhlíku. Teplota primárního vzduchu ve spalovací komoře ovlivňuje vznik NO_x. Nejnižší potřeba primárního vzduchu je typická pro poslední zónu roštu, kde probíhá dohořívaní. Na spalovací proces má pozitivní vliv stupňovitý přívod spalovacího vzduchu do oddělené primární a sekundární (dohořívací) spalovací komory, čímž se zamezí zpětnému směšování proudů sekundárního vzduchu a dosáhne oddělení procesu zplynování a spalování. Pro optimální spalovací podmínky v primární komoře se nedoporučuje směšovat sekundární proud spalovacího vzduchu se vznikajícími spalinami kvůli možnému výskytu turbulencí uvnitř primární komory. Konstrukce sekundární komory a umístění přívodu sekundárního vzduchu musí zajistit dokonalé promíchání vzniklé směsi. Čím kvalitnější promíchaní, tím je potřebný přebytek vzduchu menší, což se projeví pozitivně na termické účinnosti kotle. [12]; [11]

Podle směru pohybu spalovaného materiálu a proudění spalin nad roštem se rozlišuje protiproudé, souproudé a křížové geometrické uspořádaní spalovací komory (viz obr. 3).



Obr. 2. Klasifikace roštů spalovací technologie [14]

Protiproudové uspořádání je vhodné pro paliva s nízkou výhřevností (neupravená dřevní štěpka, vlhká kůra, piliny atd.). Toto uspořádání umožňuje kontakt horkých spalin s vlhkým palivem, což způsobuje intenzivnější přenos vody z paliva do spalin. Souproudé spalování se využívá pro sucha paliva (odpadní dřevo z dřevozpracujících podniků) nebo v systémech s předehřevem primárního vzduchu. Zvyšuje zdržnou dobu plynů uvolněných z paliva, příznivě se projevuje na emisích NO_x. Nepříznivě se projevuje na zvýšení úletu popelovin.

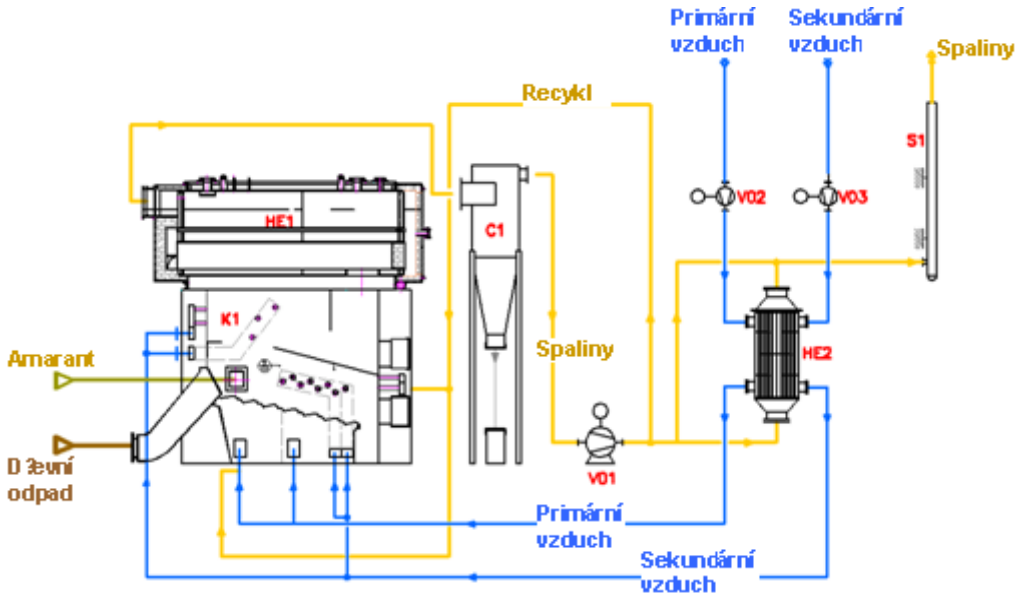
Křížové uspořádání je kombinací předcházejících a nejčastěji se využívá

v kombinaci s vertikální sekundární komorou. Je-li spalována pouze suchá biomasa, lze použít spalovací komoru bez vyzdívky. Opakem je to u biomasy vlhké, která vyžaduje komoru s vyzdívkou, protože vyzdívka působí jako akumulátor tepla a eliminuje změny ve vlhkosti paliva. Pro řízení teploty uvnitř komory lze využít také recirkulaci spalin. Vývojově nejnovější způsobem spalování biomasy je kotel se spodním dávkováním paliva. Kotle se spodním přívodem paliva umožňuje spalovat velmi vlhkou biomasu až do 65 % její vlhkosti.

Většina nabízených kotlů středních výkonů je přednostně uzpůsobena pro jeden druh paliva, a to především z důvodu udržení konstantních spalovacích podmínek, které zaručují dodržení povolených emisních limitů.

Ukázka konkrétní realizované technologie:

Příkladem může být kotel realizovaný v rámci programu impuls FI-IM3/166 "Prototyp jednotky o výkon 1 až 3 MW č. MSM 0021630502"Ekologický a energeticky řízené soustavy zpracování odpadů a biomasy". Součástí řešitelského týmu byl také Ústav procesního a ekologického inženýrství Vysokého učení technického v Brně.



Obr. 3. Schéma kotle středního výkonu [15]
(*Legenda k popisu aparátů: K1-spalovací komora, HE1-teplovodní výměník, C1-multicyklón, HE2-rekuperační výměník, V01 až V03- ventilátor, S1-komín)*

Základní popis konkrétní technologie

Systém dopravy paliva do kotle seskládá ze dvou oddělených cest – pro dřevní biomasu a fytomasu. Vlastní spalování probíhá na šikmém hydraulickém roštu a v dohořívací komoře uvnitř spalovací komory (K1). Vzniklé spaliny pak proudí teplosměnným svazkem trubek ve výměníkové části kotle (HE1), ochlazené spaliny jsou dočištěny od jemného popílku v multicyklonu (C1). Za multicyklonem je umístěn

spalinový ventilátor (V01), který je jediným hnacím zařízením celé spalinové trasy od spalovací komory až po komín (S1). Za ventilátorem je provedena odbočka tzv. recyklu spalin. Pomocí tohoto recyklu je část spalin z výstupu z kotle přivedena zpět do spalovací komory kotle, čímž se zvyšuje pyrolýzní efekt, palivo se před zapálením rychleji vysuší a zvyšuje se tak celková účinnost kotle. Za odbočkou recyklu spalin následuje předehřev primárního a sekundárního spalovacího vzduchu ve speciálním rekuperačním výměníku (HE2). V tomto výměníku je využito tepla spalin do maximální možné míry, aby ještě nedocházelo k přílišnému zalepování spalinové strany výměníku. Snahou je ochladit spaliny na co možná nejnižší teplotu a tím eliminovat komínové ztráty. Spaliny ochlazené ve výměníku následně ústí do komína (S1). [16]

Nejnovější vývojové trendy jsou soustředěny na spalování různých druhů biopaliv a výzkum prvků, které příznivě ovlivňují proces spalování a zvyšují jeho účinnost. Jde zejména o stupňovitý přívod spalovacího vzduchu, předehřev spalovacího vzduchu s využitím odpadního tepla obsaženého ve spalinách a také recirkulaci části spalin zpět do prostoru spalovací komory. [1]

3.4 Kotle velkých výkonů

Kotle velkých výkonů jsou určeny pro velkokapacitní výrobu horké vody nebo páry. Vhodnost jednotlivých paliv pro tyto zdroje je stanovena zejména normami, příp. výrobcem. Konstrukce kotlů umožňuje bezproblémové spalování i spékavých materiálů. Regulace a provoz kotle jsou zajištěny počítačem. Řízeno je i zapalovaní, odstavení kotle a dodržování nastavené teploty vody (neboli výkon). Kotle mají automatické podavače paliva i systém odpopelnění. Automatiku kotle je možno napojit na jakýkoliv nadřazený řídicí systém.

Velké výkony kotlů se požadují při centralizovaném zásobování teplem. Centralizované zásobování teplem je systém, kdy je teplo vyráběno zpravidla v jednom větším zdroji tepla a dopravováno ke spotřebiteli tepelnými rozvody. Rozvod tepla ze zdroje je většinou primární sítí s vyššími teplotami a tlaky média (voda nebo pára), dodávky tepla do objektů jsou zajišťovány sekundární sítí z předávacích stanic. Tepelná energie vzniklá spalováním biomasy může být za určitých podmínek zčásti přeměněná na energii elektrickou. Tato kombinovaná výroba elektrické energie a tepla, která se často uskutečňuje teplárnách, se označuje jako kogenerace. Součástí technologie musí být pro kogeneraci ještě turbína a generátor. Na rozdíl od kotlů středních výkonů umožňují ty výkonnější kogeneraci s dobrou účinností. Výroba může probíhat v jednom řetězci (parní nebo plynový oběh, spalovací motor, palivový článek) nebo ve dvou transformačních řetězcích (paroplynový oběh). Podmínkou kogenerace je spotřeba vyrobeného tepla. Výhodou je energetická výhodnost, vyšší celková účinnost výroby energie, nižší produkce znečišťujících látek.

Spoluspalování biomasy s uhlím ve starých teplárenských provozech je neefektivní mrhání biomasou, protože účinnost těchto technologií, které jsou určeny pro spalování jiného druhu paliva (uhlí) je velmi nízká. Provozovatelé musí počítat s omezením, které připouští maximální poměr biomasa/uhlí okolo 15%. Do tohoto poměru se mohou tyto dvě paliva spoluspalovat bez úpravy spalovacího prostoru. Kromě toho jsou vyvíjeny moderní

parní kotle velkých výkonů pro spalování čisté biomasy. Tato zařízení dosahují účinnosti vyšší než 90%. Zůstává zde však problém se zajištěním dostatečného množství paliva. [1]; [17]

4. REGULACE KOTLŮ STŘEDNÍCH VÝKONŮ

Zavádění automatizace v kotelnách středních výkonů rozhodně není motivováno pouze zájmem provozovatele o snížení počtu zaměstnanců. Je pravda, že požadavky na obsluhu jsou v případě dobře navrženého systému řízení bezpochyby menší. Hlavní motivací je však z hlediska provozu kotlů především vysoká účinnost zařízení. Ta má vedle snížených nároků na obsluhu vliv také na ekonomické parametry kotelny a ekologické dopady jejího provozu. Na zvyšující se ekonomické a ekonomické požadavky související s provozem tepelných zdrojů musí systémy měření a regulace reagovat. Nutno však připomenout, že pro dosažení vyšší účinnosti je nutné vedle kvalitní regulace realizovat také příslušná konstrukčně-technologická opatření.

Ohleduplnost k životnímu prostředí

Jedním z problémů při konstrukci zařízení pro spalování biomasy je optimalizovat spalovací proces tak, aby byly dodrženy předepsané limity emisí škodlivin, jak je stanovuje zákon o ochraně ovzduší (č. 86/2002). Hlavními technologickými opatřeními, která ovlivňující kvalitu spalovacího procesu jsou:

- stupňovitý přívod vzduchu
- posuvný rošt, umožňující rozklad jednotlivých fází hoření (viz kap 3.3)
- recirkulace spalin – zpětné využití části spalin ve spalovacím procesu
- čistící, příp. filtrační prvky ve spalinové trase

Regulace musí zajišťovat spolupráci těchto technologických prvků tak, aby bylo dosaženo vysoké účinnosti zařízení. Ta je spojena právě se snahou o co nejdokonalejší spalování. Množství škodlivých emisí do ovzduší může být díky tomu účinně redukováno.

Ekonomická stránka spalování biomasy

Vysoká účinnost má zřejmé dopady i na ekonomiku provozu. Díky efektivnímu využití paliva se snižuje jeho spotřeba a s tím spojené náklady. Provoz kotle ve stabilním režimu přináší také úspory na údržbě (zejména čištění spalinové trasy) a zvyšuje se jeho životnost. Součástí ekonomických úvah je i počet zaměstnanců, kteří dohlíží na chod jednotky. Automatizace v tomto ohledu vytváří podmínky pro využití neodborné obsluhy, která pouze zajišťuje příležitostnou kontrolu provozu a případných alarmových stavů. Řídicí systém umožňuje vzdálenou kontrolu prostřednictvím internetu, odesílání chybových hlášení pomocí sms apod. Technologické celky kotelny mohou být vizualizovaný graficky na operátorském PC, což zjednodušuje kontrolu chodu zařízení i orientaci v případě neočekávané situace.

4.1 Regulované a akční veličiny

Tato kapitola přestavuje základní pricipy regulace kotlů na biomasu. Jak uvádí Švarc, *„regulace je udržování určité fyzikální veličiny na konstantní hodnotě nebo jinak podle nějakého pravidla se měnící hodnotě.“*[18] Touto klíčovou fyzikální veličinou, která se označuje jako *regulovaná veličina*, je v případě kotle na biomasu jeho výkon (obvykle v kW nebo MW). **Cílem regulace je udržování výkonu kotle tak, aby byla zajištěna požadovaná dodávka tepla.**

Tohoto cíle je dosaženo záměrnými změnami tzv. *akčních veličin*. Výkon, který reprezentuje průtok a teplotní spád topného media, je závislý na následujících akčních veličinách:

- množství dodávaného paliva
- průtok primárního vzduchu
- průtok sekundárního vzduchu
- průtok recyklovaných spalin

Hodnoty těchto vstupních (akčních) veličin je možné účinně měnit a tím řídit výkon kotle. Vedle výkonu kotle je však nutné pro plynulý provoz kontrolovat ještě další veličiny ovlivňující chod daného zařízení (zejména koncetrace O_2 ve spalinách a teplota ve spalovací komoře). Tab. 6. ukazuje výběr důležitých vstupních a výstupních veličin, které přináší ucelenou informaci o aktuálním provozním stavu kotle a řídicí systém by s nimi měl pracovat.

Tabulka ukazuje také další sledované veličiny, které jsou využity pro dopočet výkonu kotle a pro ověření referenčních spalovacích podmínek (koncentrace CO a CO_2, teplota prostoru kotelny, podtlak ve spalovací komoře).

Veličina	Jednotka	Předpokládaný provozní rozsah
Vstupní veličiny		
Výkon podavače paliva	%	0÷100
Průtok primárního vzduchu	Nm^3/h	700÷1100
Průtok sekundárního vzduchu	Nm^3/h	1400÷2400
Průtok recirkulovaných spalin	Nm^3/h	0÷800
Výstupní veličiny		
Výkon kotle (*regulovaná veličina*)	kW	400÷1000
Koncentrace O_2 ve spalinách	%	5÷15
Teplota ve spalovací komoře	˚C	max. 950
Další sledované veličiny		
Objemový průtok topné vody	dm^3/h	-
Teplota výstupní topné vody z kotle	˚C	-
Teplota vratné topné vody do kotle	˚C	-
Koncentrace CO ve spalinách	ppm	-
Koncentrace CO_2 ve spalinách	%	-
Teplota prostoru kotelny	˚C	-
Podtlak ve spalovací komoře	Pa	-

Tab. 6. Důležité vstupní a výstupní veličiny

4.2 Funkce řídicího systému

Výkon kotle

Vstupní veličiny, kterými jsou průtoky primárního a sekundárního vzduchu, množství dodávaného paliva a recyklovaných spalin, spoluurčují aktuální hodnotu výkonu jednotky. Řídicí systém působí na tyto vstupy tak, aby bylo dosaženo potřebné teploty a průtoku topného media (obvykle vody nebo páry) na výstupu z tepelného výměníku. Další možný přístup k regulaci výkonu je regulace podle odběru spotřebitele, který zohledňuje aktuální odběr tepla ze systému (např. počet spuštěných topných jednotek). Hodnota výkonu tedy není určována přímým měřením, ale dopočtem na základě teplotního spádu (neboli rozdílu výstupní a vratné teploty topného media) a průtoku topného media na základě vztahu:

$$P = \frac{\dot{m} \cdot c \cdot \Delta T}{3600} = \frac{\rho \cdot \dot{V} \cdot c \cdot (T_{výst} - T_{vrat})}{3600} [W]$$

Kde: $\dot{m}$ – hmotnostní průtok topného média [kg.h^{-1}]

c – měrná tepelná kapacita topného média [J.kg^{-1}.K^{-1}]

ΔT – rozdíl teplot neboli teplotní spád [K]

ρ – měrná hmotnost topného média [kg.m^{3}]

$\dot{V}$ – objemový průtok topného média [m^{3}.h^{-1}]

$T_{výst}$ – teplota výstupu topné vody z kotle [K]

T_{vrat} – teplota vratná do kotle [K]

Pokud je topným médiem voda, pro výpočet je možné použít následující hodnoty hustoty a měrné tepelné kapacity: $\rho = 1000\, kg/m^3$, $c = 4186\, J/kg \cdot K$. [19]

Přívod paliva

Množství přiváděného paliva zásadním způsobem ovlivňuje množství uvolněného tepla při spalování, a tím výstupní teplotu topného media (a tedy výkon kotle). Dodávka dřevní hmoty je uskutečňována buď pomocí šnekového dopravníku nebo prostřednictvím mechanických či hydraulických dopravníků. Jedná se tedy o nespojitý (dávkový) proces. Množství dodávaného paliva ŘS obvykle dopočítává na základě odchylky aktuální výstupní teploty topné vody z jednotky od žádané hodnoty, tj. v závislosti na spotřebě tepla. [19]

Přívod vzduchu

Spalovací vzduch je u kotlů středních výkonů přiváděn odděleně do primární a sekundární části spalovací komory. Jak již bylo vysvětleno v kap. 3.3 na spalovací proces má tento stupňovitý přívod spalovacího vzduchu příznivý vliv. Dalším vstupem, který spoluvytváří výslednou plynnou směs vstupující do spalovací komory, může být část spalin oddělená pro zpětné využití (recirkulace).

Primární vzduch

Objemový průtok primárního vzduchu společně s množstvím dodávaného paliva je určující pro celkový výkon zařízení. Objemový průtok primárního vzduchu je určen otáčkami ventilátoru. Otáčky primárního ventilátoru bývají standardně ovládány lineárně v závislosti na výkonu podavače paliva. Se zvyšujícím se množstvím dodávaného paliva (výkonem podavače paliva) roste i průtok primárního vzduchu (otáčky primárního ventilátoru).

Sekundární vzduch

Sekundární vzduch přiváděný do prostoru dohořívací komory ovlivňuje především závěrečnou fázi procesu hoření (dohořívání) a tím i množství emisí znečišťujících látek ve spalinách. Jeho další úlohou je udržování teploty ve spalovací komoře v definovaném rozsahu z důvodu ochrany vnitřní vyzdívky před poškozením. Je tedy ovládán spojitě podle teploty ve spalovací komoře.

Recirkulace spalin

Řízení recirkulace spalin probíhá také spojitě. Klapka určující míru recirkulace je ovládána lineárně dle teploty ve spalovací komoře. Hodnoty teplot pro její minimální a maximální polohu jsou nastavitelné v operátorském PC. Efektivní řízení recirkulace spalin také přináší možnost spalování různých druhů dendromasy a fytomasy při zachování konstantních spalovacích podmínek.

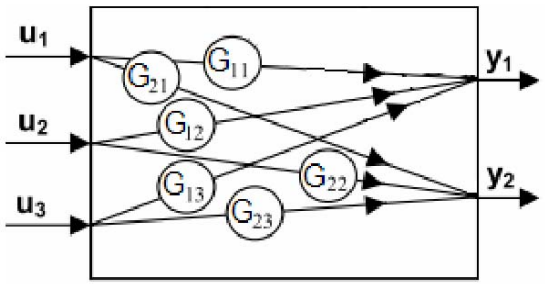
Vedle této základní regulace je systém tvořen ještě dalšími smyčkami, bez jejichž přítomnosti by kotel jako tepelný zdroj nemohl fungovat. Jde např. o regulaci teploty vratné vody do kotle směšovacím ventilem, regulaci tlaku v systému doplňováním a odpouštěním vody, regulaci podtlaku ve spalovací komoře apod. [19]

4.3 Specifika regulace kotlů na biomasu

Mnohorozměrový obvod

Proces spalování u tepelných zdrojů na biomasu lze z hlediska řízení považovat za tzv. *mnohorozměrový systém* (Multiple Input- Multiple Ouput, MIMO), tj. systém obsahující více regulovaných (výstupních) a více řídících (vstupních) veličin. Na rozdíl od SISO (single input, single output) systémů nejsou u mnohorozměrných regulačních obvodů jednotlivé vazby vstup - výstup vzájemně nezávislé a jejich řešení je proto složitější.

Obr. 2 znázorňuje ukázku vztahů mezi třemi vstupními (u) a dvěmi výstupními (y) veličinami prostřednictvím tzv. přenosových funkcí (G_{ij}). Přenosová funkce systému definuje vztah mezi vstupní a výstupní veličinou a lze ho snadno převést na některou ze struktur modelu (např. ARX model) nebo opačně. [20]



Obr. 4. Schéma mnohorozměrného obvodu [17]

V případě kotle na biomasu bychom mohli do schématu doplnit následující veličiny:

u_1 – palivo (%)
u_2 – spalovací vzduch (%)
u_3 – množství recirklovaných spalin (Nm^3/h)

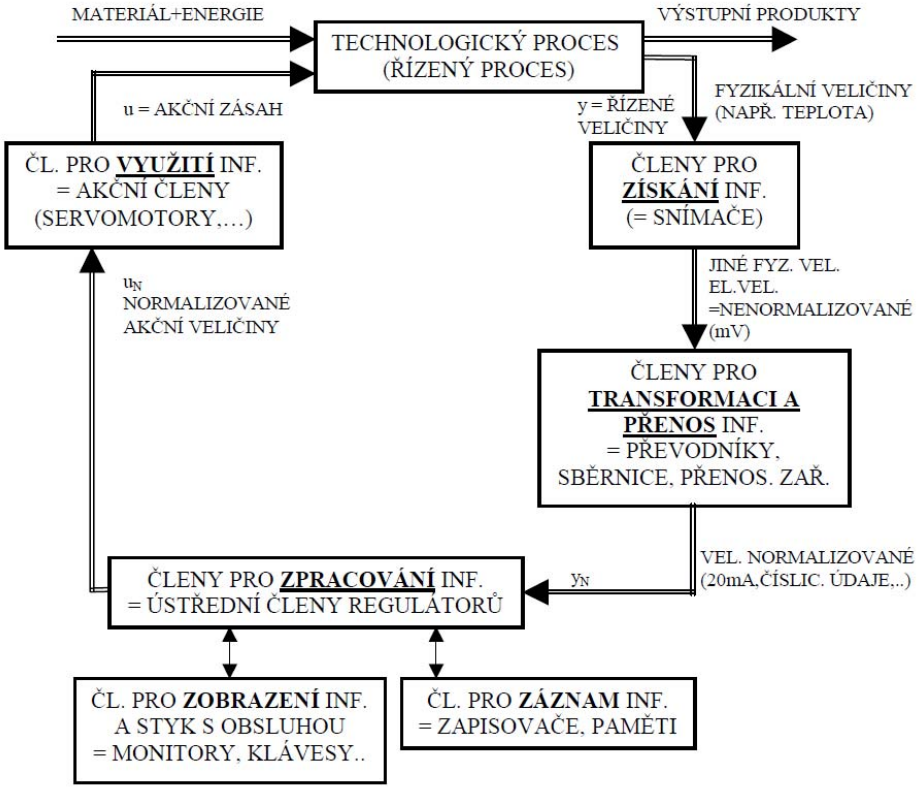
y_1 – výkon jednotky (kW)
y_2 – koncentrace O2 (%)

Dopravní zpoždění

Dopravní zpoždění je časová prodleva mezi změnou vstupní veličiny a odezvou na výstupu soustavy. Dlouhé dopravní zpoždění (tj. takové, které je srovnatelné nebo vyšší než doba ustálení přechodového děje) značně zkresluje průběh sledované závislosti tam, kde experiment neprobíhá z ustáleného stavu. Pro přesnější stanovení dopravního zpoždění je proto většinou potřeba většího počtu měření. Dlouhým dopravním zpožděním je zatížena například závislost mezi přísunem paliva a reakcí teploty ve spalovací komoře. V porovnání s plynovým kotlem, který reaguje na změnu průtoku plynu téměř okamžitě a lineárně, jsou dopravní zpoždění a odezva výstupních veličin u biomasy daleko hůře definovatelné. Hlavním důvodem je nehomogenní složení tohoto paliva projevující se v jeho proměnné výhřevnosti. Průběh teploty v komoře je vzhledem k dodávce paliva specifický také tím, že po přísunu nové dávky paliva teplota klesne (palivo prochází fází sušení) a teprve po jeho zapálení dochází k postupnému nárůstu teploty. [18];[20]

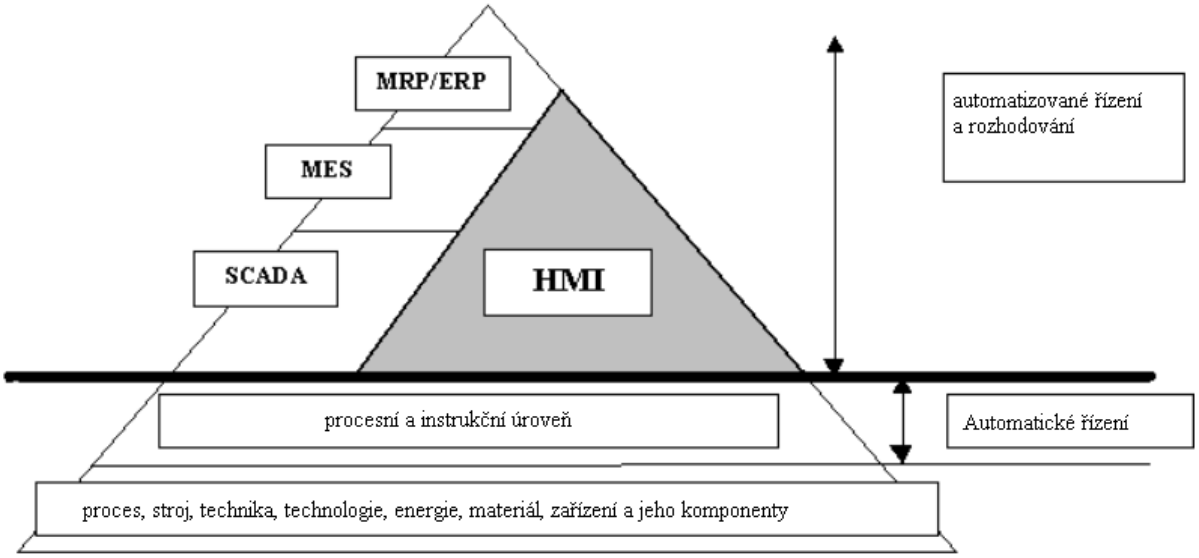
4.4 Struktura řízení a používané řídicí systémy

Při bližším představení systému řízení u technologií pro spalování biomasy můžeme vyjít z obecné klasifikace prostředků automatického řízení dle zpracování informací (obr. 5.). U většiny průmyslových kotlů středních výkonů se setkáváme s kompletní řídicí instrumentací.



Obr. 5. Klasifikace prostředků automatického řízení [21]

Řídicí systémy vzhledem ke svému rozsahu obvykle pracují se stovkami až tisíci vstupů a výstupů. V takovém případě je nezbytné rozdělit řízení do několika úrovní, jak ukazuje obr. 6.



Obr. 6. Pyramida řídicích systémů s HMI [22]

Jádrem veškerých informačních aktivit je přímé řízení technologie v reálném čase. Přímé automatické řízení tvoří základnu pyramidy, která v sobě! zahrnuje provozní úroveň! pole a automatizační úroveň! (viz obr. 6.). Nejbližší vyšší vrstvou je úroveň! řízení a sběru dat. Programovatelný automat (PLC), je číslicový řídící elektronický systém určený pro řízení procesů. Obsahují analogové vstupy i výstupy. Práce v reálném čase, jednoduché algoritmy. Na další úrovni - označované SCADA/HMI (HUMAN MACHINE INTERFACE) je technologie bezprostředně! sledována a řízena. PC koordinují činnost stanic z podřízené úrovně, předzpracovávají se údaje pro vyšší úroveň. Optimalizuje se řízený proces. Nezbytné doplňky jsou prostředí HMI (Human Machine Interface) slouží k oboustrannému styku obsluhy se zařízením.

Její nadřízená úroveň! – MES slouží pro sledování a záznam historických dat, modelování a hlubší analýzy. Cílem je zpřístupnit vedení podniku, pokud je to součástí projektu, skutečné údaje o technologickém procesu pro výrobní a řídicí účely. Nejvyšší úrovní v systému je MRP, což je manažerský IS pro řízení podniku jako obchodní organizace. MES jsou pak spojovacím článkem mezi managementem a automatizovaným řídicím systémem. Poslední dvě úrovně se u kotelen na biomasu zpravidla nevyužívají. Pokud by však lokální zdroj (kotelna) spadal např. do většího systému dodávky tepla, pak by jejich využití mělo své opodstatnění.

Rozdělení na obr. 6. je pouze orientační. V praxi obvykle není stanovena ostrá hranice mezi jednotlivými úrovněmi.

4.5 Používané řídicí systémy

Firma SIEMENS, jenž nabízí pestrou škálu produktů, systémů i komplexních řešení pro automatizaci. Jsou to systémy pro řízení a regulaci procesů. Představeny budou programovatelné automaty SIMATIC S7-400 a SIMATIC S7-200.

SIMATIC S7-400

Komunikace:

- Ethernet (WWW, FTP, e-mail)
- Profibus-DP
- RS 485

Další charakteristika:

- Pevná telefonní linka
- GSM, GPRS
- systém s vyšší odolností proti poruše
- záložní systém v případě poruchy -případě výskytu chyby při řízení, která muže vést ke kritickým situacím se používají bezpečnostní automatizační systémy (F/FH systém)
- používá se zde operační systém Microsoft Windows

- analogové a digitální I/O
- multicomputing (provoz více CPU, možnost rozdělit výkon podle technických funkcí)
- Izochronní režim (časová synchronizace procesoru a vzdálených periferii)
- Možnost změny konfigurace za chodu (výměny modulu, akčních členu, senzoru za provozu systému aniž by to mělo nějaký negativní vliv na provoz)

Obr. 7. SIMATIC S7-400 [23]

SIMATIC S7-200

Komunikace:

- Ethernet (WWW, FTP, e-mail)
- Profibus-DP
- RS 485

Další charakteristiky:

- Pevná telefonní linka
- GSM, GPRS
- používá se k řízení jednodušších automatizačních aplikací
- program muže obsahovat (čítače, časovače, PID regulátory, Booleovu logiku)
- rychlost je srovnatelná s analogovým připojením
- provoz přes šifrovaný datový provoz
- výhodou je možnost ovládání funkcí na dálku, [24]

Firma AMiT je český výrobce řídicích systémů, počítačů a elektroniky pro průmyslovou automatizaci. Jedním z jejich kompaktních řídicích systémů je AMIRIS 99S.

AMIRIS 99S

Komunikace:

- Ethernet
- RS 232, RS 485
- CAN, M-BUS

Další charakteristika:

- odolnost proti rušení
- připojení k více terminálům
- používá se k řízení menších aplikací a regulací

Použití v oblasti biomasových kotlů:

- snímá požadavek na dodání paliva
- snímá požadavek na odběr popelu
- řídí jak šnekovou tak pásovou dopravu paliva
- hlídá poruchové části
- spouští a sleduje logické prvky

Obr. 8. AMIRIS 99S [25]

Firma Teco, a.s. je český výrobce průmyslových řídicích systémů kategorie PLC. Teco má pro vývoj PLC a dalších automatizačních systémů k dispozici vlastní výrobní a vývojové kapacity. Firma vyrábí řadu programovatelných automatů, z nichž jsem vybral TECOMAT-TC600.

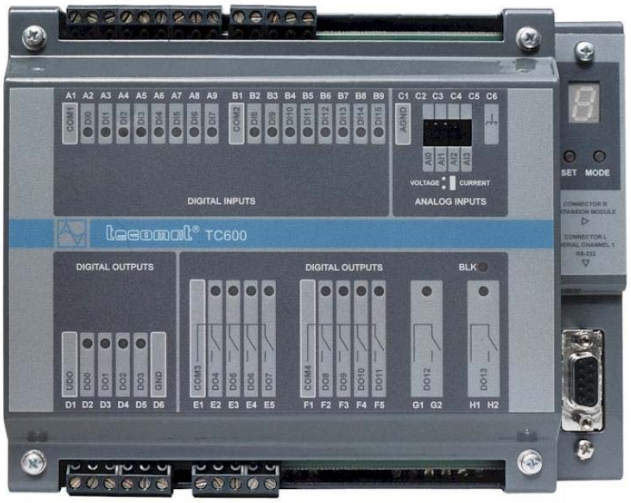
TECOMAT-TC600

Komunikace:

- Ethernet
- RS 232, RS 485, RS 422
- USB

Další charakteristika:

- vývojové prostředí MOSAIC-Windows 2000/XP
- změna programu za chodu PLC
- On-line změna programu
- odolnost proti rušení (kovový plášť)
- přímé přístupy ke vstupům a výstupům



Obr. 9. TECOMAT-TC600 [26]

5. SITUACE NA TRHU V ČR A ZAHRANIČÍ

V České republice i v zahraničí je velká síť výrobců zabývajících se výrobou kotlů na spalování biomasy. Jak už tomu bývá ve světě dravého podnikaní jsou zde podniky s velkými zkušenostmi, ale i ty s menšími. Kvůli častému zvyšování cen za energii a s vyššími požadavky na ochranu životního prostředí významně přispívá v České republice k využívání obnovitelných zdrojů energie, mezi které se řadí i biomasa. Do popředí se dostávají kotle vyšších výkonů, které jsou využívány jako zásobárny tepla pro velké objekty či obce a malá města nebo v průmyslových provozech. Výhodou těchto kotlů je menší produkce emisí v porovnání s ostatními zdroji.

5.1 Kotle české výroby

a) **TTS**

TTS je firma na výrobu kotlů středních výkonů sídlící v Třebíči. Vyrábí kotle na spalování dřevní štěpky a slámy. Například zajišťuje dodávky tepla pro obyvatele, základní školy, mateřské školy, Nemocnici Třebíč, polikliniku Vltavínská, domovy s pečovatelskou službou, výrobní podniky a ostatní odběratele. Dodávky tepla jsou realizovány z 90 % z centrálního zásobování teplem pro více jak 9.700 domácností.

Tato firma v současné době disponuje dvěma typy kotlů, které spadají do stanoveného rozsahu výkonů 0,2MW do 5MW. [27]

Kotle VESKO-B jsou určeny pro průmyslové podniky se značnou potřebou tepla. Jako jsou např. (plavecké areály, hotelové komplexy, pilařské provozy, atd.).

-tepelný výkon 1 - 10 MW

-pracovní přetlak 0,3 – 0,6 MPa

-pracovní teplota 90 – 110°C

Popis kotle:

- celosvařovaná skříňová konstrukce
- spalování biomasy na přesuvném roštu, nad kterým je vhodně tvarovaná klenba, která napomáhá ke zkrácení doby vysušení paliva
- šikmý přesuvný rošt, který je řízen hydraulickým mechanismem, chlazen primárním vzduchem
- kotel je opatřen tepelnou izolací

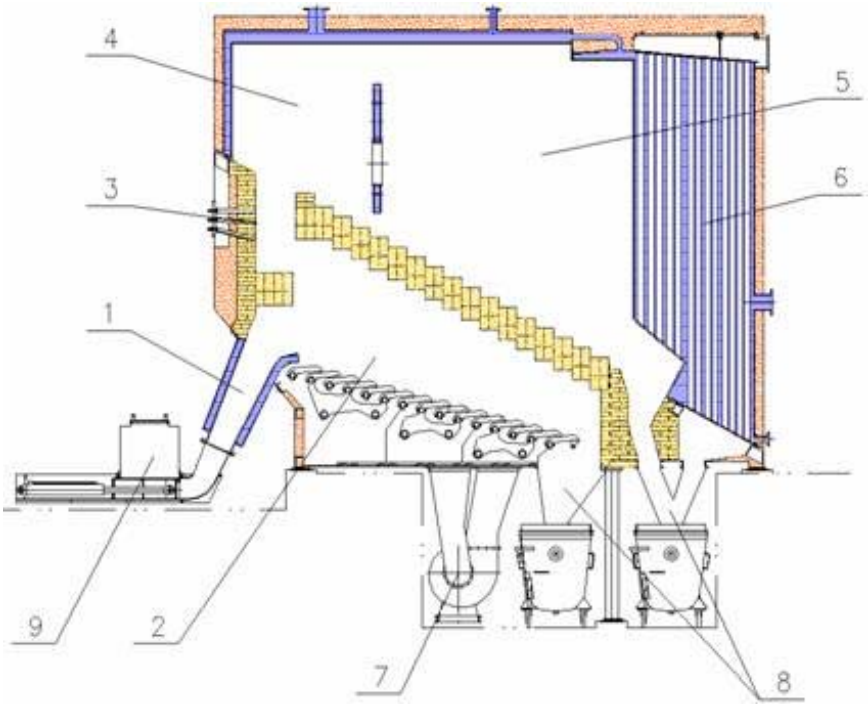
- plně automatizován od dopravy paliva až po samostatné spalovaní
- doprava paliva pomocí hydraulického dopravníku

Možnosti kotle:

Hlavní výhodou kotle je možnost spalovat více druhů biomasy i s vyšší vlhkostí (až 60%). Tento kotel je vhodné používat v oblastech jakými je například dřevozpracující průmysl, kde je dostatek dřevního odpadu. Kotel je schopen spalovat např. 100% pilin i 100% nedrcené kůry. Výhodou je spalování dřevní hmoty různé velikosti.

Další vlastnosti kotle:

- vhodný tvar roštu a keramické klenby dovoluje spalovat i velmi spékavý materiál
- velká dohořívací komora odloučí až 40% úletového popílku
- svislá orientace žárových trubek výměníku zabraňuje zanášení výměníku návějemi popílku, který je odváděn z vratné komory do kontejneru
- dopravní cesty jsou komplexně řešeny podavači s přímočarým vratným pohybem vyvozeným hydraulickými válci
- velká průchodnost kotle (průřez až 1200 x 280 mm)
- dopravní cesta nemá sklony k ucpávání
- dopravní cesty jsou schopné přepravit i velké množství nespalitelných příměsí
- spalování je řízeno automaticky a optimalizováno na základě údajů získaných ze spalovacího prostoru
- podávání paliva a pohyb na roštu je řízen podle vlastností paliva
- všechny měřené veličiny a poruchy jsou přenášeny na dispečink



Obr. 10. Zjednodušené schéma kotle VESKO-B [27]
(Legenda k popisu aparátů: 1-Vyhřívaný vstup paliva;2-Roštová komora;3-Trysky sekundárního vzduchu;4-Vírová komora;5-Dohořívací komora;6-Trubkový výměník;7-Vzduchové ventilátory;8-Odvod popele;9-Zavážecí lis paliva)

Kotel EKOVARIANT

Tato koncepce umožňuje vyrobit zdroj tepla optimálních parametrů pro průmyslové objekty i závody s menší i vyšší spotřebou pro technologické účely.

-tepelný výkon 0,4÷ 1,2 MW

-pracovní přetlak 0,3 ÷ 1,0 MPa

Popis kotle:

- celosvařovaná válcová konstrukce
- horizontální třítahové uspořádání
- dostatečně prostorná spalovací komora
- dohořívací zóna, kde dochází chlazení popelovin a dohoření spalin před vstupem do konvekční části kotle
- palivo je do kotle dopravováno pomocí šnekových dopravníků
- hydraulický zavážecí lis
- palivo je chlazeno v tunelu, čímž dochází zamezení prohoření paliva

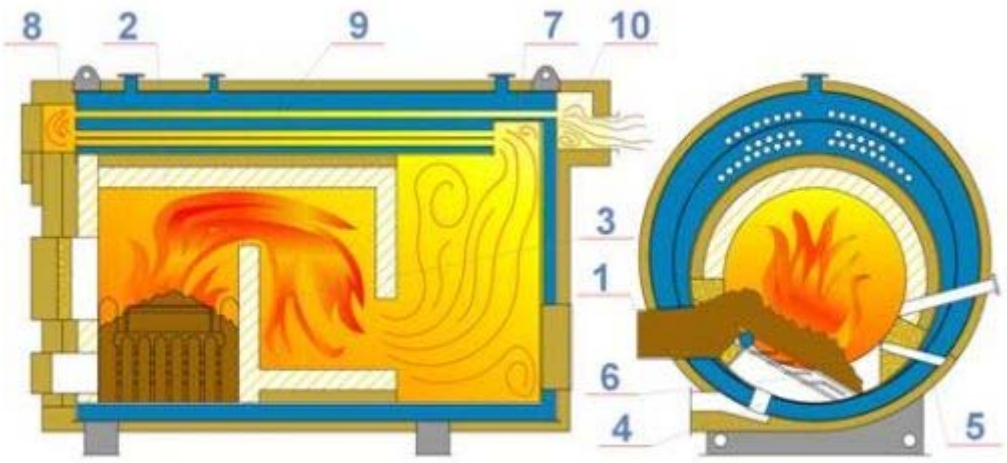
- kotel je opatřen dveřmi pro servis, čištění, údržbu

Možnosti kotle:

EKOVARIANT je určený pro spalovaní dřevního paliva (štěpky, prachu, odřezků, kůry, pelet). Nejen, že tento kotel dokáže spalovat velké množství biomasy, ale také biomasu s rozdílnou vlhkostí, zrnitostí, obsahem popelovin, atd.

Další vlastnosti kotle:

- nízké emise, vysoká kvalita spalování
- multicyklón je opatřen izolační minerální vlnou, krytou plechem, která snižuje možnost kondenzace par ve spalinách
- automatika řízení zahrnuje dopravu paliva, řízené spalování



Obr. 11. Zjednodušené schéma kotle EKOVARIANT [27]

(Legenda k popisu aparátů: 1-Vstup paliva;2-Spalovací komora;3-Dohořívací komora;4-Primární vzduch;5-Sekundární vzduch;6-Pevný vodou chlazený rošt;7-Obratová komora I;8-Obratová komora II;9-Žárové trubky;10-Kolektor pro odvod spalin)

Technické parametry kotlů Ekovariant

Jmenovitý výkon	500	800	1000	1200	kW
Délka kotle	4300	4700	5300	5000	mm
Průměr kotle	2120	2550	2550	3100	mm
Výška kotle	2500	3000	3000	3500	mm
Účinnost při jmenovitém výkonu	85				%
Vstupní teplota vody (min.)	70				o C
Výstupní teplota vody (max.)	110				o C
Výstupní teplota spalin	200				o C
Vodní obsah kotle	4,5	6,7	7,1	8,0	m 3
Provozní hmotnost kotle	13,8	20,7	23,4	25,1	t
Spotřeba paliva při 40% vlhkosti	221	254	443	532	kg/hod

Tab. 7. Technické parametry [27]

b) **PolyComp**

Společnost PolyComp, a.s. orientováno na oblast energetiky. Firma PolyComp má dlouholeté zkušenosti s projekcí, konstrukcí, výrobou energetických zařízení a realizací malých a středních energetických zdrojů v oblasti teplárenství, průmyslových podniků a výtopen.

Dopravu paliva řeší firma Polycomp pomocí šnekového dopravníku s frekvenčním měničem. Díky tomuto měniči lze snadno a velmi přesně redukovat množství paliva. Velikost paliva, tj. štepky je 30-50mm s vlhkostí až do 60%. V topeništi je kladen důraz na regulaci vzduchu v několika pásmech. Kotle jsou vyráběny v provedení KUD-středotlaké parní; KUD-N-nízkotlaké parní; KUD-H-horkovodní; KUD-T-teplovodní.

Technické parametry:

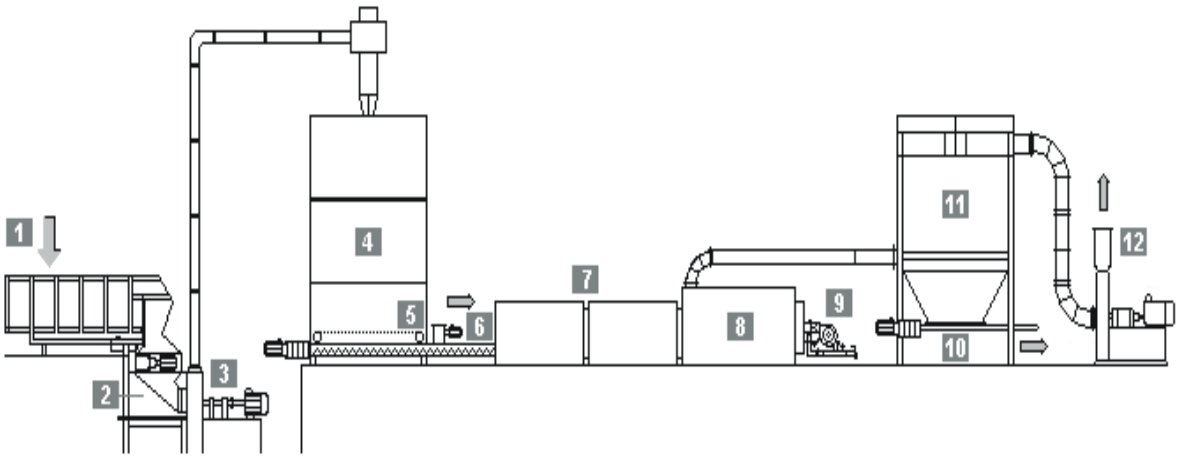
Typ kotle	Teplovodní kotle KUD-T	Středotlaké horkovodní kotle KUD-H	Středotlaké parní kotle KUD
Tepelný výkon	1 – 5 MW	1 – 5 MW	1 – 5 MW
Konstrukční tlak	0,6 (0,9; 1,4) MPa	0,6 (0,9; 1,4; 2,0) MPa	0,6 (0,9; 1,4; 2,0) MPa
Účinnost kotle při jmenovitém výkonu	80 - 86 %	80 - 86 %	80 - 86 %
Regulační rozsah kotle	50 – 100 %	50 – 100 %	50 – 100 %
Teplota vstupní vody min.	70 °C	70 °C	-
Teplota výstupní vody max. pro tlak 1,3 MPa	110 °C	180°C	-
Teplota napájecí vody min.	-	-	105 °C
Teplota přehřáté páry	-		220 - 350°C

Tab. 8. Technické parametry [28]

Volitelná přídavná zařízení:

- Akumulátory tepla
- Ohřívák vody pro parní a horkovodní kotle
- Přehřívák páry
- Dopravní a dávkovací zařízení
- Kogenerační zařízení pro výrobu el. energie
- Zařízení pro kontrolu provozu parních a horkovodních kotlů
- Homogenizátory,drtiče paliva

KU-D Kotle na spalování dřevního odpadu - uspořádání technologie kotle na spalování dřevního odpadu



Obr. 12. Zjednodušené schéma kotle KU-D Kotle na spalování dřevního odpadu [28]
(Legenda:Palivo je přiváděno na příjmový a dávkovací žlab 1, na který navazuje drtič 2, vzniklá štěpka je dopravována vzduchovým ventilátorem 3 do zásobníku 4, vybírací zařízení 5 vynáší štěpku do podávacího šneku 6, který podává palivo do předtopeniště 7, na které navazuje kotel 8. Za kotlem je umístěno zařízení pro odloučení tuhých částic ze spalin 10. Odvod prachu z filtru zajišťuje dopravník 9. Za filtrem 11 je potom zařazen spalinový ventilátor 12).

c) **Step Trutnov**

Společnost Step TRUTNOV vyrábí a dodává technologií v oblasti energetiky a tepelné techniky. Výrobky společnosti nachází uplatnění v energetice, v chemickém průmyslu, a dalších odvětvích. Dominantními výrobky jsou průmyslové kotle na biomasu přeměňující odpadní biomasu na tepelnou a elektrickou energii. Jedním z kotlů je STEP-KB 600 ÷ 5000 kW.

STEP-KB 600 ÷ 5000 kW

Tento kotel je určen pro vytápění objektů s větší potřebou tepla. Varianty kotlů jsou teplovodní, horkovodní a parní (bez/s přehřívákem páry).

Obr. 13. Zjednodušené schéma kotle STEP-KB 600 ÷ 5000 kW [29]

Popis kotle:

- přesuvný rošt a žárotrubný vertikulární výměník
- vodotrubná membránová komora
- hydraulický podavač
- vstupní hrdlo vyhřívané topnou vodou (z důvodu předsoušení paliva)
- na konci roštu je vyhrnovací šnek pro popeloviny
- kotel je řízen automaticky

U tohoto výrobce i informace k regulaci a řízení:

- regulace výkonu je skoková s plynulým přejížděním
- sekundární ventilátor je řízen frekvenčním měničem
- spalinový ventilátor reguluje nastavený podtlak v komoře pomocí frek.měniče

d) **Verner**

Dovoluji si říct, že se jedná o favorita na českém trhu díky jeho velkému zastoupení a množství výrobků. Disponuje nabídkou jak pro střední výkony kotlů, tak i pro požití v domácnosti. Kotle **VERNER GOLEM** o jmenovitém výkonu od 90 kW do 2 500 kW. Jsou určeny ke spalování dřevní štepky o vlhkosti max. do 50% a o rozměrech 30 x 30 x 60mm. Kotle nespaluji jen dřevní štepku, ale i další biomasy.

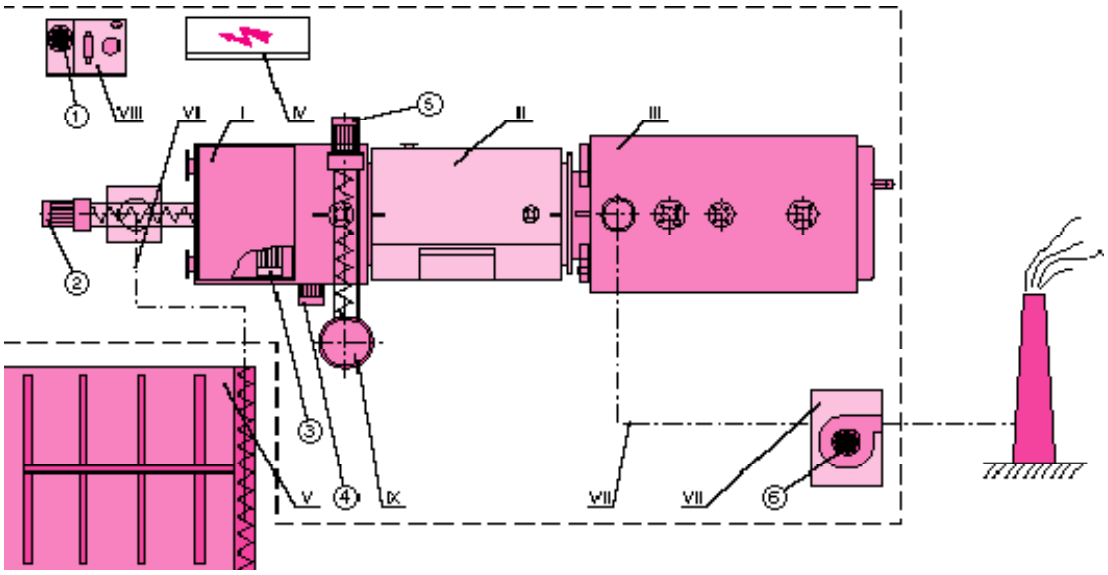
Obr. 14. VERNER GOLEM [29]

Všeobecný popis kotle:

- Konstrukce je dimenzována tak, že umožňuje bezproblémové spalování i spékavých materiálů.
- Mají automatické podávání paliva ze sila
- Jsou konstruovány jako předtopeniště s výměníkem
- Jsou vybaveny automatickou regulací výkonu
- Automatické zapalovaní a automatické odpopelnění
- Porucha kotle je hlášena přes mobilní telefon

Popis kotle:

- Podávacího šneku, hořáku, dohořívací komory, výměníku, odtahoví ventilátor
- Odlučovač s filtrem a odpopelňovacího zařízení (odpopelňování je automatické)
- Hydraulická jednotka na pohon roštu
- Posuvný podavač



Obr. 15. Zjednodušené schéma VERNER GOLEM [29]

(Legenda: I = hořák; II = dohořívací komora; III = výměník; IV = řídící jednotka; V = zásobník paliva / silo; VI = dopravní cesty; VII = kouřovody a filtrace; VIII = hydraulický agregát; IX = popelnice; 1 = pohon hydrogenerátoru; 2 = pohon přikládacího šneku; 3 = pohon ventilátoru spalovacího vzduchu; 4 = pohon drtiče popela; 5 = pohon dopravníku popela).

5.2 Kotle zahraniční výroby

a) **Uniconfort**

Firma UNICONFORT je evropským výrobcem kotlů na spalování biomasy, především dřevěného odpadu. Vyrábí plně automatické kotle. Také umožňuje spalovat většinu zemědělských plodin. UNICONFORT vyrábí kotle o výkonu do 5,8 MW. Firma nabízí dvě modelové řady kotlů a to GLOBAL a BIOTEC.

Uniconfort GLOBAL

- je používány na spalování paliva s vysokou vlhkostí od 30 až do 100%.

Obr. 16. Unicomfort GLOBAL [30]

Popis kotle:

- Palivo je dopravováno automaticky pomocí šnekového dopravníku
- Hořáky jsou z chromové litiny
- Rošty- pohyb střídavě horizontální
- Primární, sekundární a terciální spalování
- Vzduchový ventilátor
- Automatické vybírání popela OVER GRATE SYSTÉM-vybavené vodou chlazeným vynášecím šnekem
- PLC řídící panel (řízení dávkování paliva, snímání a regulace primárního a sekundárního a terciálního stupně spalovaní také snímání nasávání kouře kvůli udržení podtlaku)
- Maximální výkon 5,8 MW

Unicomfort BIOTEC

- je používány na spalování paliva s vlhkostí od 30 až do 80%.

Popis kotle:

- Palivo je dopravováno automaticky pomocí šnekového dopravníku
- Hořáky jsou z chromové litiny
- Rošty- pohyb střídavě horizontální, motor s převodovkou umožňuje manuální seřízení
- Primární, sekundární a terciální spalování
- Vzduchový ventilátor

b) **Clauhan**

Je zástupce Dánských firem Danstoker, Jutsen Energiteknik a Argusfyr Energiteknik, které vyrábí průmyslové parní kotle, teplovodní a horkovodní kotle o výkonu 200 – 10 000 kW. Tato firma si klade velký důraz na ochranu životního prostředí. Jedná se o spalovací zařízení, které je vyvinuto na základě nejnovějších poznatků za účelem získání maximální účinnosti.[32]

Teplovodní kotle
- typ Multimiser - výkonová řada 200 - 4 400 kW
- typ FVB - výkonová řada 1 000 - 10 000 kW

Horkovodní kotle
- typ HHF výkonová řada 800 - 5 000 kW
- typ GVB výkonová řada 1 000 - 10 000 kW

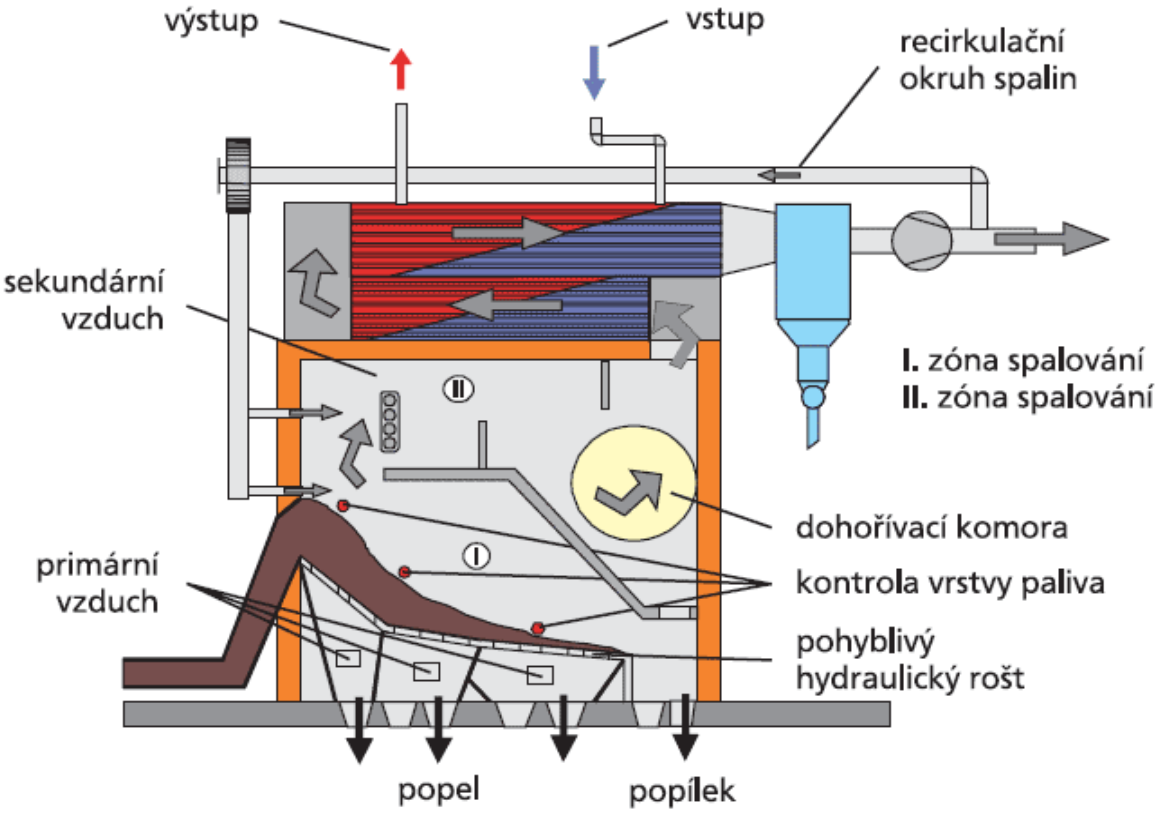
Parní kotle
- typ DHF výkonová řada 0,8 - 10,0 t/h ;[31]

Popis kotle:

- žárotrubné provedení
- kotel je konstruován pro spalování tuhých paliv
- nízké zatížení spalovací komory
- optimální spalování a minimální emise
- dvě nebo více sekcí kouřových trubek (dokonalé vychlazení spalin)

c) **Kohlbach GmbH**

Jedná se o rakouskou společnost s 50letou tradicí ve výrobě kotlů. Vyznačuje se především ve schopnosti spálit téměř jakýkoliv netříděný a neupravený dřevní odpad. Kotle jsou v rozsahu výkonu od 500 kW do 10 MW. Jedna se o spalovací zařízení, které je tvořeno hydraulickým podávacím zařízením a umožňuje pojmout kusy paliva až do délky 1 m a o průměru 10 cm, které rozdrtí hydraulický mechanizmus. Poté se dostanou do spalovací komory. Komora je vybavena šikmým pohyblivým roštem. Nevyužívá se zde pro dopravu paliva žádných šnekových ani pásových dopravníků. Kotel je ještě vybaven cyklonovým a elektrostatickým odlučovačem popílku. Výhodou je také vysoká regulovatelnost kotle a to v rozmezí 30 až 100% při dodržení všech stanovených emisních limitů. [33]



Obr. 17. Kohlbach GmbH [32]

5.3 Výsledek srovnání kotlů

Uvedené informace byly čerpány z internetových stránek různých výrobců, ať už od českých či zahraničních a také z informací, které se mi podařilo získat z navázaných kontaktů. Oslovil jsem všechny uvedené výrobce kotlů, ať českých či zahraničních. Jednal jsem pouze s firmami TTS a Clauhan. Ostatní nebyli sdílné nebo své informace považovaly za výrobní tajemství. Proto jsem nemohl vycházet se zásadních informací, které by bylo dobré v tomto srovnání uvádět. Výrobci na svých stránkách uvádějí především obecné informace. Přesto lze konstatovat, že ČR existuje několik

dodavatelů spalovacích zařízení (TTS, VERNER, POLYCOM, STEP TRUTNOV) jejichž nabídka je vzájemně srovnatelná.

5.4 Dotazník k regulaci kotlů

Oslovil jsem s dotazníkem, který byl zaslán výrobcům na českém trhu, ale i na zahraničním. Sice jsem oslovil všechny uvedené výrobce, ale né každý byl sdílný. Z oslovených odpověděli na dotazník pouze TTS, Herz a Clauhan.

Dotazník, který byl zaslán výrobcům a shrnutí jejich odpovědí

1. Jaké kotle na biomasu vyrábíte ve výkonovém rozsahu 0,5 MW – 5 MW (kotle středních výkonů)?

a) Rošty

Téměř všichni výrobci pro spalování biomasy využívají posuvných roštů

b) Jaká paliva kromě dřevní štěpky zvládá kotel spalovat?

Většina výrobců dimenzuje své kotle striktně na určitý druh paliva. Jsou zde firmy jako například TTS a Uniconfort, které disponují kotli na spalování více druhů biomasy i s vyšší vlhkostí (až 60%). Zajímavostí je, že ve Španělsku je aplikace, kde kotel na dřevní štěpku spaluje pecky z oliv.

c) Jakou předpokládáte účinnost zařízení? Jak byla stanovena?

Účinnosti se pohybují různě dle typů kotlů. Měl jsem možnost zjistit od firmy Clauhan, která předpokládá účinnost zařízení 84-87% dle paliva a odchozí teploty. Účinnost stanovují nepřímou metodou pomocí výpočtu ztrát zařízení .

2. Jaký řídicí systém (PLC) používáte pro řízení? (výrobce, typ, zkušenost)

Každý výrobce má svůj vlastní sofistikovaný systém. Tyto systémy jsou vlastně takovým „KNOW HOW“ každé firmy, která ji prozrazuje pouze svým potencionálním zájemcům. Na otázku jaký řídicí systém používají pro řízení, mi odpověděl pouze Herz, který používá systém BioControl 3000 a Clauhan jenž dodává do svých kotlů systém Omron nebo Simatic. Po dlouhodobém snažení jsem získal i odpověď od firmy Verner, kteří používají řídicí systém Tekomat.

3. Kolik PID smyček (regulátorů) je potřeba pro řízení biomasového kotle (zajišťuje Váš PLC)?

Odpovědi nezjištěny.

4. Dodáváte dispečerské pracoviště (operátorské PC nebo jiný ovládací panel)? Jaký SCADA (vizualizační) systém využíváte?

Na vyžádaní zákazníka. Možnost dostávat informační (varovné zprávy) SMS, možnost kontroly a změny nastavení pomocí PC přes internet.

5. Jakým způsobem probíhá regulace výkonu kotle (neboli řízení objemového průtoku paliva)?

Na základě parametrů (teploty, resp. tlaku) výstupního média (vody, páry).

6. Zohledňujete při regulaci koncentraci O2 (nebo CO?) ve spalinách?

Zohlednění O_2 je zvykem.

7. Používáte v rámci regulace nějaké neobvyklé algoritmy (dálkové ovládání přes webové rozhraní, optimalizace regulace, prediktivní řízení na základě modelu, fuzzy řízení, adaptivní regulace) nebo technologické prvky (automatické odstraňování popele, recirkulace spalin, multicyklon.)?

Automatické odstranění popele z výměníku i z roštu, automatické zapalování, automatická ochrana proti zpětnému prohoření, lambda sonda pro kontrolu kvality spalin.

6. ZÁVĚR

U kotlů středních výkonů je automatizace a regulace standardní součást. Současné řídicí systémy biomasových kotlů středních výkonů vychází z osvědčených regulačních přístupů (PID smyček). Za posledních deset let došlo k většímu vývoji v oblasti řízení zejména díky širšímu nasazení nových technologií z oblasti výpočetní techniky. Bezobslužný provoz, který nejenže snižuje náklady spojené s nadbytečnou pracovní silou, ale usnadňuje sledování a signalizaci poruch a havarijních stavů technologie. Řídicí systém umožňuje vzdálenou kontrolu prostřednictvím například vzdálené plochy. Novinkou v IT technologii, která souvisí spíše s aplikovanou informatikou než s regulací je výpočtová podpora CFD (Computational Fluid Dynamics). Matematické modelování bývá užíváno k ověřovacím výpočtům geometrických alternativ konstrukčního návrhu kotle. Moderní metody řízení jako je prediktivní řízení, fuzzy a podobně, nejsou dosud v řízení tepelných zdrojů využívány.

Výrobci kotlů v zahraničí mají „mírný náskok“ pouze díky používaným technologiím (např. Kohlbach spaluje netříděný a neupravený dřevní odpad), úroveň regulační techniky je však srovnatelná. V ČR existuje několik dodavatelů spalovacích zařízení (TTS, VERNER, POLYCOM, STEP TRUTNOV) jejichž nabídka je vzájemně srovnatelná. Vzhledem k uvedenému lze konstatovat, že byly splněny všechny cíle zadání.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] MÁŠA, V. PAVLAS, M. HÁJEK, J. SKOUPÝ, A. Effective and environmental friendly energy utilization of forest biomass. In /IUFRO - All Division 5 Conference - Forest Products and Environment: a Productive Symbiosis./ Taipei, Taiwan: IUFRO, 2007, s. 160.

[2] Výroba energie z biomasy [online], [cit. 2010-01-13]. Dostupné z: <http://www.alternativni-zdroje.cz/vyroba-energie-biomasa.html>

[3] Výklad pojmů [online], [cit. 2010-05-09]. Dostupné z: <http://www.green-profit.cz/data/Green%20Profit%20-%20vyklad%20pojmu.pdf>

[4] GreenProfit [online]. 2008, [cit. 2010-01-13]. Dostupné z: <http://www.greenprofit.cz/obnovitelne-zdroje-energie--5.html>

[5] Ekologické zdroje energie. Vše o úsporách energií, 2007, s. 60-61. ISBN:9771335917141

[6] MACHOLA, O. Technologická linka pro energetické využití různých druhů biomasy a fytomasy. Brno, 2007. 68 s. Diplomová práce na Fakultě strojního inženýrství VUT v Brně na Ústavu procesního a ekologického inženýrství. Vedoucí diplomové práce Ing. Lukáš Urban.

[7] BEZDĚCH, J. Tabulky hmotnosti jehličnatého a listnatého dřeva. Bratislava Alfa. 1987

[8] Firemní Agromarket literatura podléhající mlčenlivostí

[9] Snížení spotřeby paliva [online]. poslední revize 18.05.2010 [cit. 2010-04-06]. Dostupné z: < http://www.eccb.cz/index.php?sk1=23&sk2=48&sk3=17&interni>

[10] Výtopna na biomasu [online]. 2001, [cit. 2010-04-15]. Dostupné z: < http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=877>. ISSN 1801-4399.

[11] Doporučený standart technický, Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě 12/1998, Informační centrum ČKAIT, 2002.

[12] URBAN, L. Technologická jednotka pro termické zpracování biomasy. Brno, 2009. 122 s. Disertační práce na Fakultě strojního inženýrství VUT v Brně na Ústavu procesního a ekologického inženýrství. Školitel Doc. Ing. Ladislav Bébar, CSc.

[13] Řešení centrálních kotelen na biomasu do výkonu 10MW [online], 2007, [cit. 2010-02-09]. Dostupné z: < http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Reseni_centralnich_kotelen_na_biomasu_do_vykonu_10_MW.pdf >

[14]Sjaak van Loo, Jaap Koppejan. The Handbook of Biomass Combuction and Co-firing. 2008. 465 s. [cit. 2010-02-19]. ISBN: 978-1-84407-249-1

[15] MÁŠA, V. Matematický model kotle na biomasu pro účely řízení. Brno, 2009. 37 s. Pojednání ke státní doktorské zkoušce na Fakultě strojního inženýrství VUT v Brně, obor Aplikovaná informatika a řízení. Školitel Doc. Ing. Ivan Švarc, CSc.

[16] URBAN, L.; MÁŠA, V.: Nový typ zařízení pro spalování biomasy a fytomasy I. Technologie a koncepce experimentální jednotky. In Energie z biomasy VI, Sborník příspěvků ze semináře. Ostrava, VŠB TU Ostrava. 2007. p. 114 - 119. ISBN 978-80-248-1535-0

[17] Energie z biomasy VII [online], 2007, [cit. 2010-05-09]. Dostupné z: < http://oei.fme.vutbr.cz/konfer/biomasa_vii/papers/enbio-vii.pdf>

[18] ŠVARC, I. Automatizace – Automatické řízení. Brno: CERM, 2002. 200 s. ISBN 80-214-2087-1.

[19] MÁŠA, V. Matematický model kotle na biomasu pro účely řízení. Brno, 2009. 37 s. Pojednání ke státní doktorské zkoušce na Fakultě strojního inženýrství VUT v Brně, obor Aplikovaná informatika a řízení. Školitel Doc. Ing. Ivan Švarc, CSc.

[20] MÁŠA, V. Matematický model kotle na biomasu pro účely řízení. Brno, 2009. 37 s. Pojednání ke státní doktorské zkoušce na Fakultě strojního inženýrství VUT v Brně, obor Aplikovaná informatika a řízení. Školitel Doc. Ing. Ivan Švarc, CSc.

[21] NĚMEC, Z. Aplikovaná elektronika. Brno: VUT, FSI, 2004. 28 s. Studijní opora pro magisterské studium, Obor Automatizace a výpočetní technika, specializace automatizace.

[22] LANDRYOVÁ, L. Podklady k předmětu Vizualizace procesů [online]. 2000-06-05 [cit. 2010-05-20]. Dostupné z: <http://fs1.vsb.cz/8_LANDRYOVA_VIZUAL>

[23] PLC Simatic S7-400 [online]. 2010, [cit. 2010-03-10]. Dostupné z: <http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=e2c426f1f2&ctxp=home>

[24]RAKUŠAN, O. Simatic S7-200 a bezdrátový přenos dat pomocí GPRS. Automatizace [online]. 2007, roč. 50, č.7-8 [cit. 2010-03-15]. Dostupné z: <http://www.automatizace.cz/article.php?a=1828 >.

[25] AMiT [online], [cit. 2010-03-16]. Dostupné z: <http://www.amit.cz/cz/gallery/amiris99.htm>

[26] TECO,TecomatTC600 [online]. 2005, [cit. 2010-04-20]. Dostupné z: <http://www.tecomat.cz/index.php?lang=cs&m1id=1&m2id=0&m3id=0&mid=26>

[27] TTS, Kotle na štěpku [online], [cit. 2010-03-11]. Dostupné z: <http://www.tts.cz/kotle-na-biomasu>