

Efektívne riadenie spaľovania biomasy v zdrojoch stredných výkonov

doc. Ing. Ján Pitel, PhD.

FVT TU v Košiciach so sídlom v Prešove,
Bayerova 1, 080 01 Prešov
tel.: 0917 909564, 055 6026430
e-mail: jan.pitel@tuke.sk

Ing. Jozef Mižák

Paufex Prešov s.r.o.
Budovateľská 50, 080 01 Prešov
tel.: 0903 778482, 051 7733061
e-mail: mizak@paufex.sk

Úvod

Napriek tomu, že sa o biomase hovorí ako o ekologickom zdroji energie v porovnaní so spaľovaním fosílnych palív, nemusí to byť vždy pravda. Spaľovanie biomasy je zložitý proces vyžadujúci si kvalitné riadenie pre dosiahnutie maximálnej účinnosti spaľovania a nízkych produkovaných emisií. Neriadené alebo nesprávne riadené spaľovanie biomasy môže mať na životné prostredie (hlavne na lokálne ovzdušie) v niektorých prípadoch dokonca porovnateľne negatívny dopad ako napr. neriadené spaľovanie uhlia. Typickým prípadom nesprávneho riadenia je napríklad zle regulovaný pomer vzduchu a paliva pri zmene kvality dodávaného paliva, počas prechodových dejov pri náhlej zmene požadovaného výkonu, ale aj pri rozhorievaní alebo vyhasínaní kotla [1].

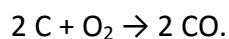
Zdroje tepla na spaľovanie biomasy je možné z hľadiska výkonu rozdeliť nasledovne [2]:

- malé zdroje s tepelným výkonom od 5 do 100 kW,
- stredná skupina s tepelným výkonom 100 až 1 000 kW,
- veľké tepelné jednotky s tepelným výkonom od 1 MW do 10 MW,
- supervelké s tepelným výkonom nad 10 MW.

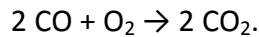
Vyššie uvedené problémy s riadením sa v súčasnosti prejavujú najmä u kotlov malých a stredných výkonov a preto aj tento príspevok je zameraný na efektívne riadenie spaľovania biomasy v zdrojoch stredných výkonov s možným využitím výsledkov aj v zdrojoch malých výkonov.

Teoretické východiská pre návrh efektívneho riadenia spaľovania biomasy

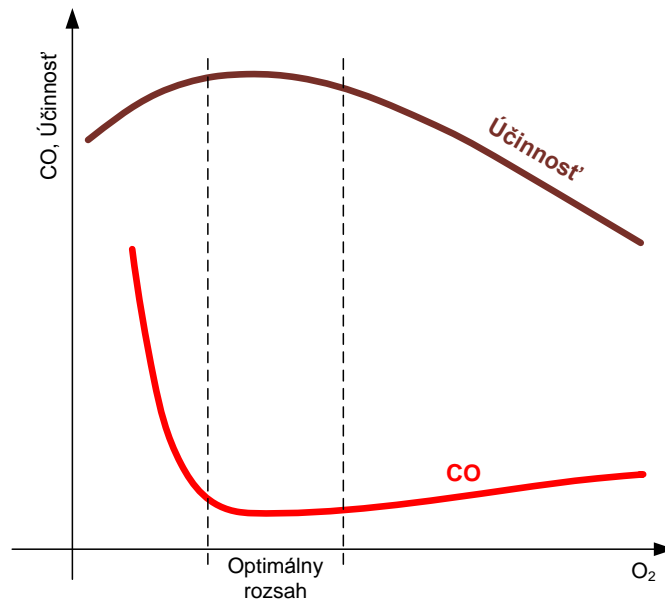
Spaľovanie biomasy, podobne ako spaľovanie iných palív, je chemický proces, pri ktorom sa zlučujú horľavé prvky obsiahnuté v biomase s kyslíkom. Pri tomto procese sa uvoľňuje teplo. Pri spaľovaní biomasy vznikajú rovnaké základné látky ako pri spaľovaní iných organických palív, a to najmä CO₂ a H₂O. V závislosti na podmienkach spaľovacieho procesu a na zlúčeninách obsiahnutých v biomase vzniká množstvo ďalších látok, ktoré sú považované za látky znečisťujúce. Ide najmä o oxid uhoľnatý, ktorý je produktom nedokonalého spaľovania [4]:



V prípade dostatočnej teploty spaľovania a dostatočného množstva spaľovacieho vzduchu je CO oxidovaný na CO₂:



Typický priebeh závislosti účinnosti spaľovania a emisií oxidu uhoľnatého v spalinách od množstva spaľovacieho vzduchu charakterizovaného koncentráciou kyslíka v spalinách je na Obr.1 [1]. Optimálny pracovný rozsah je pri spaľovaní biomasy zvyčajne v intervale od 5% do 10% koncentrácie O₂ v spalinách a jej konkrétna hodnota závisí na vlhkosti a druhu dreva, z ktorého je palivo vyrobené (napr. drevná štiepka), konštrukcie spaľovacieho zariadenia a pod.



Obr. 1 –Závislosť účinnosti spaľovania biomasy a emisií CO od koncentrácie O₂ v spalinách

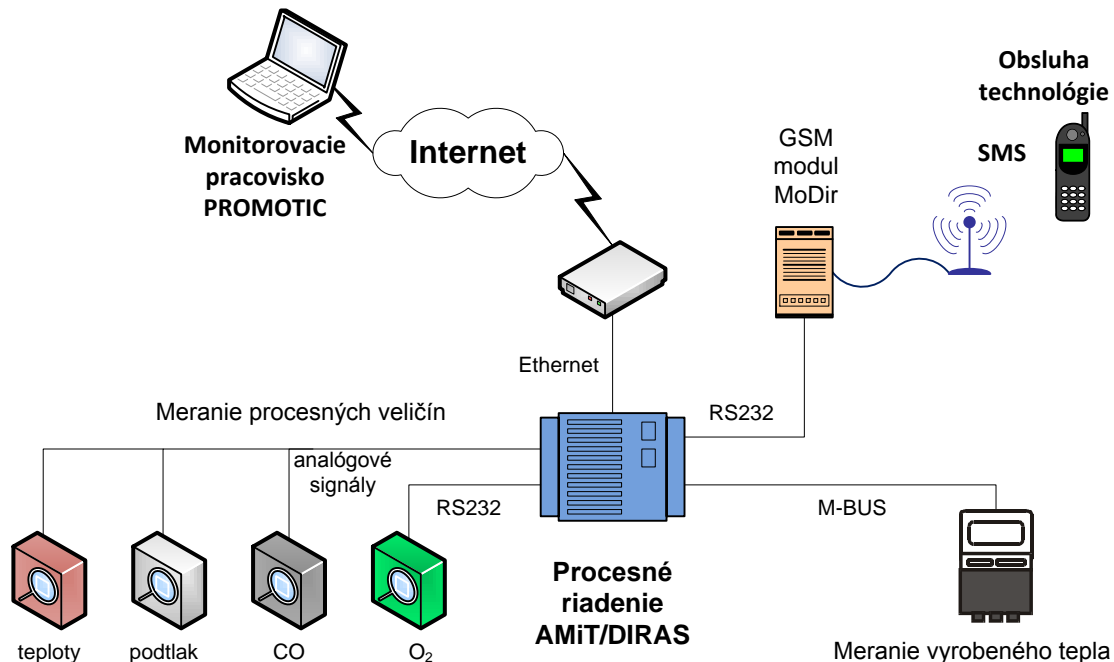
V zariadeniach pre spaľovanie drevnjej štiepky je problematika zabezpečenia spaľovania blížiacemu sa k optimálnemu ešte o to zložitejšia, že okrem privedenia „správneho“ množstva spaľovacieho vzduchu je potrebné tento rozdeliť vhodným pomerom medzi vzduch primárny a sekundárny [5]. Vplyv dodávaného množstva spaľovacieho vzduchu na účinnosť spaľovania biomasy, a tým aj produkciu škodlivých emisií CO, sa dá vyjadriť tzv. súčiniteľom prebytku vzduchu, ktorý sa obvykle zisťuje nepriamo meraním koncentrácie O₂ v spalinách pomocou tzv. lambda sondy, a preto sa v poslednom čase v technickej praxi tento súčiniteľ často označuje ako λ . Z nameranej koncentrácie O₂ sa potom súčiniteľ λ vypočíta podľa vzťahu:

$$\lambda = \frac{21}{21 - \text{O}_2\%}.$$

Jednou z úloh automatického systému riadenia spaľovania biomasy je potom nájsť aj pri zmene vlastností paliva, resp. v prechodových dejoch spaľovania, takú hodnotu súčiniteľa prebytku spaľovacieho vzduchu λ , pri ktorej bude CO minimálne, čím budú naplnené predpoklady pre dosiahnutie najväčšej účinnosti spaľovania. Pre splnenie tejto úlohy je potrebné, aby riadiaci algoritmus sledoval vývoj medzi emisiami CO a súčiniteľom prebytku spaľovacieho vzduchu a na základe toho následne upravoval žiadanú hodnotu koncentrácie O₂ v spalinách.

Realizácia systému automatického riadenia a monitorovania spaľovania biomasy

Na základe teoretických východísk bol navrhnutý a zrealizovaný systém automatického riadenia a vzdialeného monitorovania spaľovania biomasy podľa Obr. 2, pričom kritériom pre výber snímačov na meranie koncentrácie O₂ a CO v spalinách bolo splnenie požadovaných minimálnych technických parametrov pri maximálnej ekonomickej výhodnosti (nízke počiatkové náklady na ich obstaranie a taktiež nízke prevádzkové náklady).



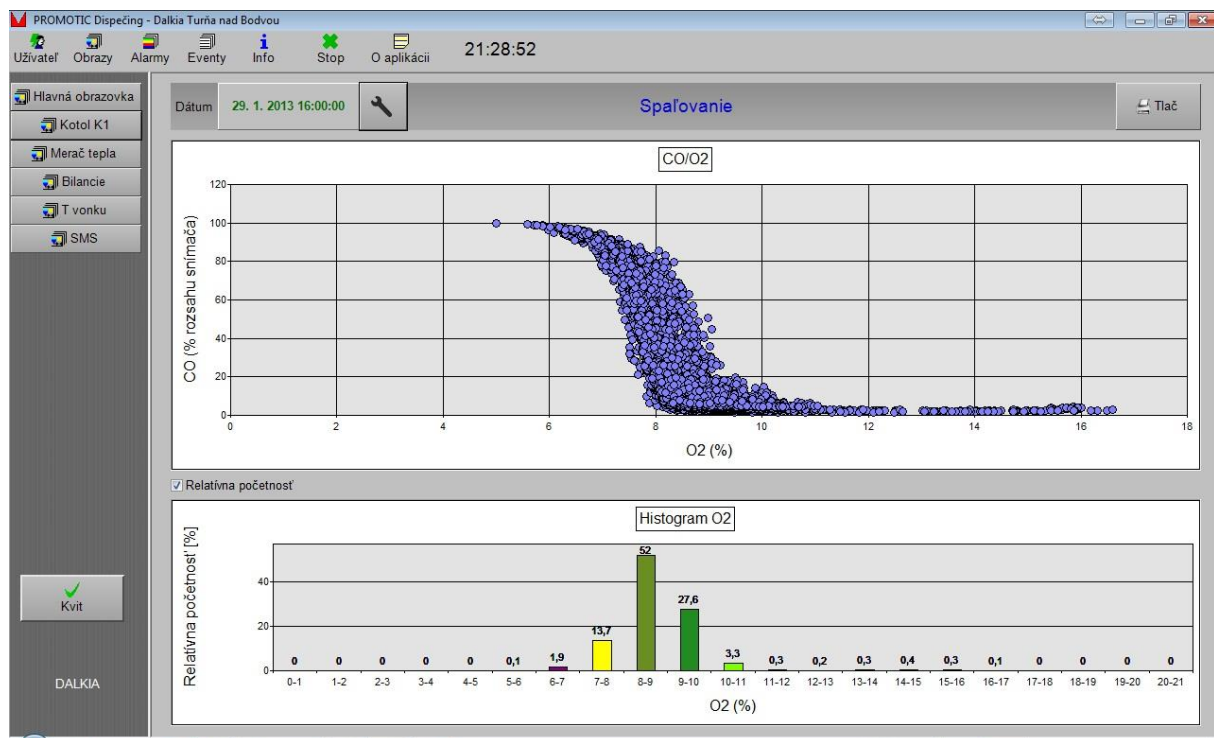
Obr. 2 – Štruktúra riadenia a monitorovania technológie spaľovania biomasy

Pre meranie koncentrácie kyslíka v spalinách bola použitá širokopásmová lambda sonda, ktorá v rozsahu $\lambda = 0,7$ až teoreticky $\lambda = \infty$ (vzduch s obsahom 21% O₂) poskytuje na svojom výstupe jednoznačný spojitý elektrický signál. Sonda bola použitá v kombinácii s prevodníkom, ktorý komunikuje s radiacím systémom cez rozhranie RS232.

Pre meranie koncentrácie oxidu uhoľnatého v spalinách je použitý senzor s premenlivým odporom v závislosti na koncentrácii CO. Pre jeho vyhodnocovanie bol navrhnutý prevod na napäťový signál. Takto zrealizovaný snímač slúži na orientačné meranie koncentrácie CO v spalinách vzhľadom na to, že pre algoritmus riadenia spaľovania biomasy je dôležitá informácia o trende produkovaného oxidu uhoľnatého (t.j. či množstvo CO rastie alebo klesá) a nie úplne presný údaj o jeho koncentrácii v ppm resp. mg/m³.

Na Obr. 3 je príklad zobrazenia nameranej a SCADA systémom vyhodnotenej závislosti koncentrácie oxidu uhoľnatého v spalinách od koncentrácie kyslíka v percentách pracovného rozsahu snímača CO (približne 1000 ppm). Z nameraného priebehu vyplýva, že v dňoch 27.1.2013 od 16:00 hod až 29.1.2013 do 16:00 hod spaľovanie prebiehalo prevažne v intervale 7% až 10% koncentrácie O₂ v spalinách. Potvrzuje to aj zobrazený histogram relatívnej počtosti nameraných vzoriek, z ktorého vyplýva, že v tomto prípade 13,7 % vzoriek bolo nameraných pre interval 7-8 % koncentrácie O₂, 52,0 % pre interval 8-9 % a 27,6 % pre interval 9-10 % koncentrácie O₂. Začiatok výraznejšieho nárastu emisií CO (ľavé „koleno“ charakteristiky na Obr. 1) je v intervale 8-9 % koncentrácie O₂. Vzhľadom na to, že optimálne prevádzkové podmienky pri spaľovaní biomasy z hľadiska maximálnej účinnosti spaľovania sú dosiahnuté vtedy, keď je splnený kompromis medzi ešte vyhovujúcimi

emisiami CO a minimálnym prebytkom spaľovacieho vzduchu (t.j. nízkou koncentráciou kyslíka v spalinách), tak v tomto prípade by spaľovací proces mal byť riadený so žiadanou hodnotou cca 9 % koncentrácie O₂ v spalinách, kedy už začínajú prudšie narastať hodnoty koncentrácie CO v spalinách.



Obr. 3 – Závislosť koncentrácie CO v spalinách od koncentrácie O₂ v spalinách

Záver

Navrhnutý a firmou Paufex Prešov, s.r.o. zrealizovaný systém riadenia spaľovania biomasy bol zatiaľ inštalovaný v troch zdrojoch tepla stredného výkonu na riadenie dvoch kotlov Verner o výkone 600 kW a 900 kW spaľujúcich drevnú štiepku v spoločnosti Dalkia Východné Slovensko s.r.o. (prevádzka Turňa nad Bodvou a Medzev) a dvoch kotlov Fiedler o jednotlivom výkone 500 kW taktiež spaľujúcich drevnú štiepku v spoločnosti Bytenerg spol. s r.o. Medzilaborce. Prevádzka inštalovaných systémov riadenia je on-line monitorovaná so záznamom priebehov jednotlivých procesných veličín a s možnosťou zmeny parametrov riadenia aj implementovaných algoritmov prístupom prostredníctvom internetu. Vytvorená aplikácia v SCADA systéme umožňuje priebežne vyhodnocovať aj účinnosť výroby tepla, zobrazovať časové priebehy a vzájomné závislosti meraných veličín dôležitých pre vyhodnocovanie kvality spaľovania. Dosiahnuté výsledky potvrdené prevádzkovateľmi týchto zdrojov tepla preukazujú zvýšenie účinnosti spaľovania, a tým aj zvýšenie výkonu zariadení inštaláciou ekonomicky efektívneho systému riadenia spaľovania biomasy aplikáciou nových riadiacich algoritmov s využitím tzv. „low cost“ snímačov koncentrácie O₂ a emisií CO v spalinách.

Tento príspevok vznikol v rámci riešenia projektu zo štrukturálnych fondov EÚ „Centrum výskumu účinnosti integrácie kombinovaných systémov obnoviteľných zdrojov energií“, ITMS kód projektu: 26220220064 a projektu VEGA 1/0881/13 „Výskum algoritmov a metód prediktívneho riadenia spaľovacích procesov biomasy“.

Použitá literatúra

1. BORŽÍKOVÁ, J., HRDLIČKA, J., PLAČEK, V., ŠULC, B., VRÁNA, S. Experimentálne overovanie nových možností riadenia malých kotlov na biomasu. *Strojárstvo EXTRA*, 2011. roč. XV., č. 5/2011, str. 12/1 – 12/5. ISSN 1335 – 2938
2. JANDAČKA, J., MALCHO, M. Rozdelenie zdrojov tepla na spaľovanie biomasy. In: *Možnosti lokálneho vykurovania a výroby elektrickej energie z biomasy*, Kysucký Lieskovec, 23.5.-27.5.2007. Žilina: Žilinská univerzita, 2007. s. 63-67.
3. KURČOVÁ, M., EHRENWALD, P. Regulácia kotlov na biomasu. In.: *Vykurovanie 2009*, Tatranské Matliare, 2.3.-6.3.2009. Bratislava: SSTP, 2009. s. 369 – 372. ISBN 978-80-89216-27-7
4. PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVIČ, P. *Biomasa – obnoviteľný zdroj energie*. Praha: FCC PUBLIC, 2004. 286 s. ISBN 80-86534-06-5
5. SKOK, P., RIMÁR, M., BORŽÍKOVÁ, J. On the Problems of Woodchips Combustion. In: *Scientific Papers: Operation and Diagnostics of Machines and Production Systems Operational States*. Lüdenscheid: RAM-Verlag, 2009. pp. 63-70. ISBN 978-3-9802659-8-0