

Biblid: 0350-2953 (2011)37, 2: 165-174
UDK: 631.3:620.952

Pregledni rad
Review paper

**RAZVOJ UREĐAJA ZA DOZIRANJE MALIH BALA ZA KORIŠĆENJE U
SISTEMIMA CIGARETNOG SAGOREVANJA POLJOPRIVREDNE BIOMASE
DEVELOPMENT OF SMALL BALLE FEEDING DEVICES FOR USE
IN AGRICULTURAL BIOMASS COMBUSTION SYSTEMS**

Dragoljub Dakić, Branislav Repić, Aleksandar Erić, Dejan Đurović, Milijana Paprika¹

¹Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke "Vinča",
Laboratorija za termotehniku i energetiku,
Beograd, Mihaila Petrovića Alasa 12-14, Republika Srbija.
dakicdr@vinca.rs

SAŽETAK

Za sagorevanje biomase iz poljoprivredne proizvodnje moguće je koristiti više tehnologija. Jedna od tehnologija koja je u potpunosti razvijena kod nas je cigaretno sagorevanje celih bala biomase. Osnovne prednosti ove tehnologije su da nema promene forme biomase, sopstvena potrošnja električne energije je minimalna, a smanjeni su investicioni i eksploatacioni troškovi. Za uspešno sagorevanje biomase u obliku bala neophodno je njihovo kontinualno i automatsko doziranje. U radu je prikazan razvijen uređaj za doziranje koji obezbeđuje kontinualno, kontrolisano i potpuno sagorevanje balirane biomase iz poljoprivredne proizvodnje. Biomasa je u formi malih bala koje su paralelopipednog oblika dimenzija 40x50x80 cm. Pod malim balama podrazumevaju se one sa kojima se, zbog njihove težine (pojedinačne bale mogu biti teške od 12-15 kg), uglavnom ručno manipuliše, što znači da se ne zahteva mehanizovano upravljanje balama. Kontinualno doziranje biomase ostvaruje se uvođenjem bala biomase iz šaržera (spremišta) bala, u koji se može smestiti više bala biomase poređanih jedna iznad druge, u uvodni kanal korišćenjem klip cilindara koji služe za držanje bala, i daljim kontinualnim doziranjem bala u ložište kotla korišćenjem zupčaste letve koja se pokreće uz pomoć elektromotora. Proizvedena toplota od sagorevanja biomase odvodi se do korisnika ili se skladišti u akumulatoru toplote odgovarajuće zapremine.

Ključne reči: biomasa, slama, doziranje, bale, uređaj, kotao.

1. UVOD

Korišćenje konvencionalnih energetske resursa kao što su ugalj, nafta i prirodni gas predstavlja okosnicu privrednog razvoja većine zemalja u svetu. Međutim, smanjenje raspoloživih resursa kao i problemi koje korišćenje ovih energenata izaziva na planu zagađenja životne sredine i ljudskog zdravlja nameće potrebu korišćenja alternativnih izvora energije koji su u tom pogledu znatno povoljniji za korišćenje. Zato, u cilju održivog energetskog razvoja postoji sve veća potreba za korišćenjem alternativnih izvora energije. Alternativni izvori energije su u većini slučajeva i obnovljivi kao što je: biomasa, vetar,

sunce, hidro energija, geotermalni izvori tople vode i dr. Pored ekološkog (Saidur et al, 2011) i ekonomski faktor je jedan od činilaca sve većeg korišćenja obnovljivih izvora energije jer cene nafte i gasa rastu u tempu sa kojim se rezerve ovog vida goriva smanjuju, pa čak i mnogo brže. I Srbija, kao energetska siromašna zemlja mora svoj oslonac energetskog razvoja naći u što širem korišćenju obnovljivih izvora energije.

Biomasa je jedan od najznačajnijih obnovljivih izvora energije u svetu (Martinov i dr, 2010), a i kod nas. Za širu upotrebu biomase potrebni su komercijalni uređaji (kotlovi i ložišta) sa širokim mogućnostima upotrebe u kojima bi se mogla koristiti šumska biomasa ali i biomasa iz ratarske proizvodnje. Ova druga biomasa je veoma raspoloživa i trenutno predstavlja vrlo jeftin izvor energije jer nema širu praktičnu primenu. Komercijalni uređaji na biomasu mogu da se široko koriste u malim mestima i seoskim sredinama, u poljoprivredi (plastenici, staklenici, staje, živinarske farme i dr.), u malim preduzećima koja se bave preradom poljoprivrednih proizvoda (mini mlekare, klanice, sušare), za grejanje manjih i većih objekata, delova naselja itd. To znači da je i industrijska energetika jedan o potencijalno važnih oblasti u kojoj se jeftina biomasa iz poljoprivredne proizvodnje može široko primenjivati što je sa ekonomskog i ekološkog aspekta čini vrlo atraktivnim energetskim potencijalom.

2. MATERIJAL I METOD RADA

U okviru obnovljivih izvora energije u Srbiji biomasa ima preimućstvo u odnosu na ostale obnovljive izvore. Prema zvaničnim podacima (Ministarstvo za infrastrukturu i energetiku, 2011) Republika Srbija raspolaže sa 4,3 Mt.e.n obnovljivih vidova energije od čega su resursi u biomasu 2,7 Mt.e.n. Od registrovanog potencijala biomase $\approx 60\%$ su ostaci poljoprivredne proizvodnje, dok ostalo predstavlja biomasa šumskog porekla. Trenutno se samo mala količina otpadne biomase koristi u proizvodnji energije (ne računajući njihovo sagorevanje u domaćinstvima) i to većinom za grejanje. Za to postoji nekoliko razloga i to: niska cena električne energije, nerešeni problemi u logistici prikupljanja i distribuciji, nepostojanje regulisanog tržišta biomase kao i odgovarajućih tehnologija za njenu primenu kao goriva. Na to treba dodati i slabu finansijsku moć potencijalnih kupaca kao i skupe komercijalne kredite, tj. izostanak državnih subvencija u izgradnji postrojenja na biomasu.

U procesu proizvodnje različitih ratarskih kultura nastaju ostaci biomase koji kod nekih vrsta nadmašuju i do tri puta količinu proizvedenih kultura. Ovi ostaci mogu da se baliraju i dalje koriste tako da su danas u Srbiji proizvođači balirane biomase uglavnom poljoprivredni proizvođači koji dobijaju biomasu u baliranom obliku kao nuz proizvod osnovnog proizvoda. U praksi postoje dve osnovne vrste bala i to male četvrtaste bale (0,40x0,50x0,80 m), i velike bale valjkastog oblika ($\varnothing 1,80 \times 1,20$ m) ili četvrtastog oblika (0,80-1,20x0,70x1,50-2,50 m).

Prednosti i nedostaci pojedinih formi bala ogledaju se u sledećem (Ilić i dr, 2003). Male konvencionalne bale imaju niz prednosti: niska cena prese, umerena cena veziva, potreba za manjim traktorom, dobro skladištenje, povoljno slaganje na transportno sredstvo, jednostavna dezintergacija i usitnjavanje sredstvima niže cene, mogućnost loženja celih bala i dr. Nedostaci su: neizbežna ručna manipulacija, uglavnom ručno skladištenje uz

korišćenje pomoćnih sredstava, relativno visok utrošak veziva, niža pouzdanost u radu od ostalih presa.

Prednosti velikih valjkastih bala su: umerena cena prese, jednostavna i potpuno mehanizovana manipulacija, u slučaju odmotavanja jednostavan i jeftin uređaj, povoljno uskladištavanje za vlastite potrebe na srednjim gazdinstvima, mogućnost rada sa traktorima srednje snage. Nedostaci ovih bala su: najviši utrošak veziva, niži učinak zbog potrebe zastoja u toku vezivanja i izbacivanja bale iz radnog prostora, osetljivost vezača na kvalitet veziva, deformisanje pri nedovoljno kvalitetnom vezivanju, niža transportibilnost zbog praznog prostora, potreban veći skladišni prostor.

Velike četvrtaste bale imaju sledeće prednosti: viši pritisak sabijanja, visok učinak, mala potrošnja veziva, najpovoljnija transportabilnost, dobri uslovi za skladištenje, potpuna mehanizovanost i najniža cena manipulacije, najniži utrošak veziva. Nedostaci se ogledaju u sledećem: visoka nabavna cena mehanizacije, potreban velik traktor, neophodna specijalna sredstva za manipulaciju, vezači osetljivi na primenu nekvalitetnog veziva, potrebna posebna sredstva za dezintegraciju.

Balirana biomasa može da se koristi i u stočarskoj proizvodnji kao dopunska ishrana ili prostirka za stoku. U praksi postoji mali broj kotlova i ložišta koji koriste baliranu biomasu kao gorivo, jer se većina ostataka poljoprivredne biomase vraća na njive. Glavni razlozi ovoga su ti da ne postoji organizovano tržište energenata kao ni dovoljan broj potrošača. Takođe, postoje i određeni problemi koji prate sam proces sagorevanja biomase a koji nastaju kao posledica nepovoljnog hemijskog sastava pepela biomase (Repić et al, 2010).

Postoji interesovanje poljoprivrednih proizvođača da ostaci poljoprivredne biomase postanu dopunski proizvod koji bi koristili na svojim objektima ili plasirali na tržištu. Ovo je naročito značajno onda kada cena energenata raste i kada zbog toga mnoga gazdinstva ne mogu da posluju ekonomično. Procenjuje se da je balirana biomasa najperspektivnije domaće alternativno gorivo. Smatra se da bi njeno intenzivnije korišćenje doprinelo i unapređenju poljoprivredne proizvodnje, jer bi se energija dobijena korišćenjem biomase najlakše koristila u tehnologijama koji podižu nivo obrade poljoprivrednih proizvoda.

Kotlovi i ložišta koja bi koristila baliranu biomasu iz poljoprivredne proizvodnje mogu biti širokog opsega snaga od 0,1 do 2 MW. Balirana biomasa kao gorivo ne zahteva velika ulaganja u pripremu jer balirke poseduje skoro svaki poljoprivredni proizvođač. To nisu skupe i komplikovane mašine i ne iziskuju veliku potrošnju energije po kg balirane biomase. Sa druge strane ni mesta gde bi se ta biomasa koristila kao gorivo nisu udaljena od mesta nastanka pa ni transport ne predstavlja veći problem. Skladištenje može biti problem, ali kako ima mnogo neiskorišćenog poljoprivrednog zemljišta šteta od njegovog zauzimanja je neznatna, a povećani investicioni troškovi za izgradnju skladišta se brzo isplaćuju kroz razliku u ceni između tečnog i gasovitog goriva i biomase. Pored toga, dobiti od zelenih bodova – benefita koji se dobijaju u slučajevima korišćenja obnovljivih izvora energije isplaćuju ova postrojenja samo kroz te benefite za 12-16 godina prema sadašnjem paritetu cena.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Tehnologije za korišćenje biomase iz poljoprivredne proizvodnje moraju biti primerene domaćim mogućnostima a to su: relativno niske tehnološke mogućnosti domaće privrede, relativno niska tehnička i tehnološka obučenost raspoloživog kadra za upravljanje tim postrojenjima, niska likvidnost i mogućnost ulaganja potencijalnih kupaca bilo da se radi o industrijskim postrojenjima ili malim individualnim. Znači tehnologije moraju da zadovoljavaju sledeće uslove: niska cena postrojenja; mala cena pripreme, transporta i skladištenja goriva; jednostavna za rukovanje; kontrolisano sagorevanje; visok stepen iskorišćenja goriva; mogućnost paralelnog korišćenja više vrsta biomasa pa i drugih goriva; zadovoljenje ekoloških normi.

Glavni problemi koji se javljaju pri sagorevanju biomase iz ratarske proizvodnje odnose se na (Strehler, 2005): kvalitet sagorevanja; efikasnost sagorevanja; radno opterećenje postrojenja; cenu postrojenja; primenjene materijale (termička i hemijska stabilnost materijala). Iako je slama široko rasprostranjeno gorivo ona se vrlo malo koristi u poređenju sa drugim vrstama biomase. Osnovni razlozi toga nalaze se u problemima izazvanim fizičkim i hemijskim karakteristikama slame. Takođe, energetska gustina slame je mala tako da nije ekonomičan njen transport na veću daljinu što limitira mogućnosti obezbeđenja većih količina slame za kotlove veće snage.

Za sagorevanje slame mogu se koristiti sve razvijene tehnologije koje su u upotrebi za čvrsta goriva. Jedan od glavnih kriterijuma za izbor tehnologije sagorevanja je veličina postrojenja koje se gradi tako da se mogu razlikovati mala postrojenja sa toplotnom snagom do 15 kW, srednja postrojenja toplotne snage do 1 MW i industrijska postrojenja snage preko 1 MW.

Mala ložišta (kotlovi) se koriste u sektoru domaćinstva za grejanje vode i prostorija snage do 15 KW. Postrojenja snage do 1 MWt koriste se u komercijalne svrhe. To su ložišta (kotlovi) u kojima se sagoreva biomasa u baliranom ili nekom drugom obliku, a gde se produkti sagorevanja izbacuju u okolinu preko dimnjaka. Postrojenja toplotne snage preko 1 MWt koriste se za grejanje, proizvodnju toplote ili pare koja se koristi u nekom tehnološkom procesu ili su kombinovana postrojenja za proizvodnju toplotne i električne energije.

Specifične karakteristike biomase uslovljavaju izbor tehnologije za njeno korišćenje (Janić i dr, 2010a). Za sagorevanje različitih vrsta biomasa koriste se sve poznate tehnologije sagorevanja fosilnih goriva i to (Nielsen, 1995, Kristensen and Kristensen, 2004, Janić i dr, 2010): sagorevanje u sloju, sagorevanje na rešetki, sagorevanje u letu, sagorevanje u fluidizovanom sloju i gasifikacija biomase. Sve ove tehnologije, kada je u pitanju sagorevanje različitih vrsta fosilnih goriva su dobro poznate jer se primenjuju dugi niz godina. Kada se radi o sagorevanju biomase iz poljoprivredne proizvodnje konkretna primena svake od navedenih tehnologija ima svoje prednosti ali i ozbiljne nedostatke.

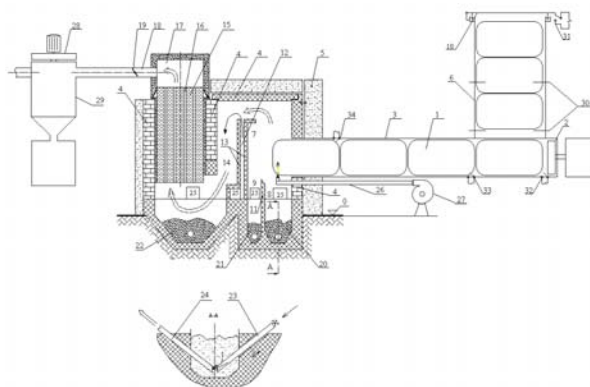
Osnovne prednosti navedenih tehnologija su njihova dugogodišnja konkretna primena sa korišćenjem različitih vrsta fosilnih goriva ali i šumske biomase, široki izbor različitih inostranih ali i domaćih proizvođača i dr. Osnovni nedostaci ovih tehnologija ogledaju se u kratkom periodu korišćenja kada je reč o sagorevanju biomase, maloj fleksibilnost u pogledu vrste biomase koja može da se koristi, nedostatku dokazanih tehnologija za

sagorevanje poljoprivredne biomase. I dok je za šumsku biomasu izbor tehnologija dosta širok poljoprivredna biomasa nailazi u praksi na niz ozbiljnih teškoća. Glavne teškoće su niska temperatura topivosti pepela ovih biomasa uslovljena nepovoljnim hemijskim sastavom pepela, veliki problemi u regulaciji snage postrojenja, pojava visokih emisija CO u dimnim gasovima i dr. Ovo je i glavni razlog zašto nema tako široke upotrebe slame u poređenju sa šumskom biomasom, jer se tehnologije koje mogu da omoguće pouzdano i ekološki prihvatljivo sagorevanje slame još nalaze u fazi razvoja i ispitivanja na demonstracionim postrojenja manje i veće snage.

Cigaretno sagorevanje balirane biomase je jedna od tehnologija koja je razvijena kod nas. Razvijena je tehnologija sagorevanja malih bala (Repić et al, 2008, Repić et al, 2010) i velikih bala slame (Mladenović et al, 2009, Turanjanin et al, 2010) po principu cigaretnog sagorevanja. Kotlovi za sagorevanje velikih bala slame predviđeni su za kapacitete preko 1 MWt dok su kotlovi za sagorevanje malih bala slame kapaciteta do 300 KWt. Princip cigaretnog sagorevanja bala omogućuje kontrolisano sagorevanje slame uz minimalnu emisiju štetnih produkata sagorevanja i zadovoljene zakonom propisanih normi. Priprema goriva nije potrebna tako da je i sa ekonomskog aspekta ovo vrlo povoljna tehnologija u poređenju sa drugim tehnologijama. Tehnologija cigaretnog sagorevanja bala poljoprivredne biomase može se uspešno primeniti za kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije u tzv. CHP postrojenjima (Đurović i dr, 2010).

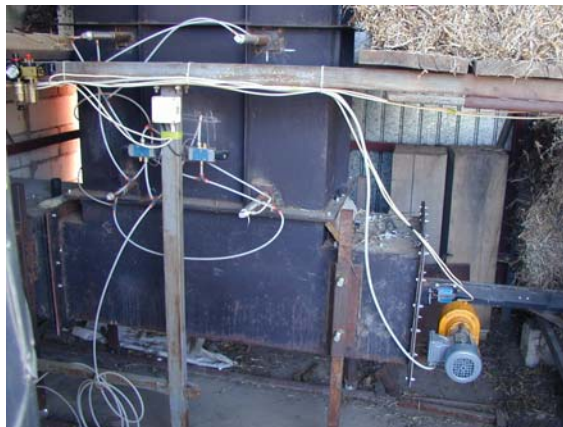
Uređaj za doziranje malih bala poljoprivredne biomase namenjen je za korišćenje kod kotlova sa cigaretnim načinom sagorevanja manje toplotne snage (do 300 kWt) koji u svom radu, kao gorivo, koriste četvrtaste bale poljoprivredne biomase dimenzija 40x50x80 cm i težine 12-15 kg. Za doziranje velikih bala poljoprivredne biomase dimenzija 2.0x1.2x0.7 m i težine prosečno oko 250 kg uglavnom se koriste hidraulički dozatori bala sa mehanizovanim sistemom upravljanja balama. Ukoliko bi se i za male bale biomase koristio hidraulički sistem doziranja bala njegova cena, uključujući sve komponente sistema, iznosila bi oko 7.000 EUR. To je velika cifra ako se uzme u obzir da su kotlovi koji koriste male bale biomase toplotne snage do 300 KW i da bi to značajno poskupelo cenu tih kotlova i onemogućilo njihovu širu primenu. Osnovna pretpostavka za izradu sistema doziranja malih bala je da bude relativno jeftin i da se uklopi u cenu kotla.

Nakon razmatranja više potencijalnih varijanti usvojeno je rešenje da sistem za doziranje malih bala poljoprivredne biomase bude na principu kontinualnog doziranja korišćenjem zupčaste letve čiji bi se pogon ostvarivao korišćenjem elektromotora. Nabavljene su sve komponente sistema, napravljeni su odgovarajući mehanizmi nošenja pojedinih komponenti i sistem je instalisan na demonstracionom kotlu od 75 kW. Na slici 1 prikazano je ložište i kotlovsko postrojenje toplotne snage 75 kW instalisano kod korisnika u mestu Stapar kod Sombora, na kojem je postavljen i testiran industrijski prototip dozatora balirane poljoprivredne biomase. Kotao se koristi za proizvodnju vrele vode kojom se zagrevaju prostorije korisnika. Kao jedinstveni deo postrojenja ugrađen je i akumulator toplote kapaciteta 5 m³ koji služi za prihvatanje vrele vode u momentima kada nema potrebe za grejanjem objekata.



Sl. 1. Šema kotla za sagorevanje malih bala poljoprivredne biomase
Fig. 1. Scheme of the small agricultural biomass bale combustion boiler

Detalji sistema doziranja malih bala poljoprivredne biomase prikazani su na slikama 1 i 2. Na ulazu u kotao konstruisan je i napravljen vodom hlađeni uvodnik bala (pozicija 34, slika 1) koji obezbeđuje da eventualni povratak vatre iz ložišta kotla ne dovede do paljenja bale biomase. Vodom hlađeni uvodnik bala je u ovom konkretnom slučaju kotla od 75 kW dvodeli (jedan deo je u kotlarnici a drugi izvan kotlarnice) i povezuje dozator bala sa ložištem. Rashladna voda prolazi kroz hlađeni uvodnik bala i deo je vodenog sistema kotla. Principijelno posmatrano hlađeni uvodnik bala je neophodan u cigaretnom sistemu sagorevanja bala, a njegova konstrukcija se prilagođava konstrukciji kotla tj. kotlarnici. Na uvodnik bala nastavlja se čelična konstrukcija dozatora bala koju čini spremište (šaržer) bala i klip koji obezbeđuje kontinualno potiskivanje (guranje) bala u ložište kotla. Oko klipa, sa sve četiri bočne strane, nalazi se ukupno 16 točkića koji omogućuju slobodno kretanje klipa uz oslanjanje na stranice konstrukcije kanala u koji je klip smešten. Klip je povezan sa zupčastom letvom koja obezbeđuje njegovo pomeranje napred-nazad. Dužina zupčaste letve je 4,5 m što omogućuje ukupni hod pomeranja klipa od krajnjih položaja od 8 m. Za pomeranje zupčaste letve koristi se motor reduktor - elektromotor sa reduktorom i zupčanicom na njegovom kraju (slika 2). Minimalna brzina kretanja zupčaste letve, odnosno brzina guranja (potiskivanja) bala je 80 cm/h čime se ostvaruje protok goriva od 1 bala na sat odnosno 12-15 kg/h. Maksimalna brzina kretanja zupčaste letve je deset puta veća čime se može ostvariti protok goriva od 10 bala na sat odnosno 120-150 kg/h. Vreme povraćaja klipa iz krajnjeg položaja u početni položaj je 40 sec. Prekidači smešteni na krajnjim položajima kretanja klipa (ukupno 2 komada, slika 2) reaguju na položaj klipa i daju signal za njegovo pomeranje napred (ka ložištu - faza guranja odnosno potiskivanja bala) odnosno nazad (od ložišta - faza pripreme za ubacivanje nove bale iz spremišta u uvodni kanal).



Sl. 2. Spremište (šaržer) bala biomase sa potisnim klipom
Fig. 2. Biomass bale repository with the push piston

Sastavni deo uređaja za doziranje je spremište bala visine 4 m (pozicija 6) u koje se može smestiti ukupno 6 bala (pet bala u samom šaržeru i jedna bala u kanalu uvodnika). Na vrhu spremišta bala nalazi se poklopac (pozicija 10) sa vodenim načinom zaptivanja i sprečavanja uvlačenja falš vazduha iz okoline u ložište kotla. Na poklopcu spremišta je postavljen mikroprekidač koji se aktivira u slučaju otvaranja poklopca. Kada se poklopac spremišta bala ručno otvori da bi se ubacilo 6 novih bala u prazno spremište signal mikroprekidača zaustavlja rad ventilatora svežeg vazduha kako bi prestalo ubacivanje vazduha u ložište. U tom slučaju ne prekida se rad ventilatora dimnog gasa kako ne bi došlo do povratka dimnih gasova iz ložišta kotla u spremište bala i paljenje bala koje su preostale u uvodnom kanalu.

Spremište bala opremljeno je sistemom za pojedinačno doziranje bala što je ostvareno korišćenjem pneumatskih klip cilindara sa produženim naglancima. Ukupno je postavljeno 8 klip cilindara, po četiri na dva nivoa (pozicija 30), s tim što su na svakom nivou postavljena po dva klip cilindra na dve bočne strane spremišta. Klip cilindri imaju funkciju držanja bala u određenoj poziciji u spremištu do momenta njenog spuštanja u uvodnik bala. Upravljanje klip cilindrima je komprimovanim vazduhom koji se obezbeđuje iz odgovarajućeg kompresora vazduha.

Princip rada doziranja bala je sledeći. Kada su uvodnik bala i šaržer (spremište) ispunjeni balama startuje se dozator bala. Uz pomoć zupčaste letve klip iz početnog položaja potiskuje poslednju balu iz uvodnika odgovarajućom brzinom, zavisnom od željene snage kotla. Kada klip dospe u krajnji položaj, najbliži ložištu kotla, graničnik postavljen na zupčastoj letvi aktivira mikroprekidač smešten na nosaču klipa. Tada dolazi do povraćaja klipa u početni položaj pri čemu je vreme povraćaja klipa iz krajnjeg u početni položaj 40 sec.

Kada klip dođe u početni položaj drugi graničnik postavljen na zupčastoj letvi aktivira mikroprekidač smešten na nosaču klipa. Signal mikroprekidača aktivira donje klip cilindre

u šaržeru bala tako što se vrši njihovo zatvaranje. Na taj način bale koje su oslonjene na klip cilindre ostaju bez oslonca i gravitaciono padaju u uvodnik bala. Nakon toga se ponovo aktiviraju donji klip cilindri tako što se vrši njihovo otvaranje. Na taj način obezbeđen je oslonac za sledeću balu iz šaržera koja je svo vreme podržana gornjim klip cilindrima.

Nakon aktiviranja (otvaranja) donjih klip cilindara u sledećoj operaciji aktiviraju se gornji klip cilindri tako što se vrši njihovo zatvaranje. Zatvaranje gornjih klip cilindara oslobađa bale u šaržeru i one padaju na mesto bale koja je prethodno ubačena u uvodni kanal. Završna operacija procesa je ponovno aktiviranje gornjih klip cilindara tako što se vrši njihovo ponovno otvaranje i ubađanje u drugu po redu balu u šaržeru.

Čitav proces doziranja bala iz šaržera (spremišta) u uvodni kanal je kontinualan i automatski i ne zahteva prisustvo rukovaoca kotla. Pošto je minimalna brzina doziranja bala 1 bala/h, a u spremište je moguće postaviti ukupno 6 bala, znači da je obezbeđen rad kotla od oko 6 h između dva punjenja spremišta. Povećanjem snage kotla, odnosno povećanjem brzine doziranja bala, vreme između punjenja spremišta novim balama se adekvatno skraćuje saglasno željenoj (zahtevanoj) snazi kotla. Da napomenemo da 1 bala od 12-15 kg omogućuje toplotnu snagu kotla od 40-45 kW.

Da bi ceo uređaj bio aktivan napravljena je i odgovarajuća elektro podrška. Uređajem se upravlja preko komadnog ormana. U komadnom ormanu smešteni su releji koji omogućuju upravljanje celim sistemom.

Razvijen uređaj za doziranje malih bala biomase isproban je na kotlu sa cigaretnim sagorevanjem toplotne snage 75 kW dugotrajnim ispitivanjem doziranja i sagorevanja bala sojine slame. Uređaj se u praksi pokazao operativnim i vrlo fleksibilnim tako da je ostvarivana laka promena snage kotla povećanjem brzine kretanja zupčaste letve. Takođe, vrlo pouzdanim se pokazao i sistem uvođenja bala iz spremišta u uvodnik. Na slici 3 vidi se unutrašnjost ložišta kotla i vrlo uspešno sagorevanje bala biomase koje su u kotao kontinualno dopremane uz pomoć razvijenog uređaja za doziranje bala.



Sl. 3. Sagorevanje biomase korišćenjem razvijenog uređaja
Fig. 3. Combustion of biomass fed by the developed device

Uređaj za doziranje malih bala poljoprivredne biomase dimenzija 40x50x80 cm razvijen je za primenu u sistemima sagorevanja bala po principu cigarete. Uređaj se može primeniti u industrijskoj ili drugoj delatnosti kod ložišta vodogrejnih ili parnih kotlova ili ložišta agregata za proizvodnju toplih ili vrelih gasova.

4. ZAKLJUČAK

U cilju održivog i ekološki prihvatljivog energetskog razvoja postoji stalna orijentacija ka korišćenju alternativnih i obnovljivih izvora energije. Neminovnost korišćenja obnovljivih izvora energije je i sa ekološkog aspekta, tj. smanjenja emisije CO₂ i redukcije formiranja efekta staklene bašte. U ukupnom energetskom potencijalu obnovljivih izvora energije Srbije biomasa ima značajan udeo. Biomasa iz poljoprivredne proizvodnje predstavlja vrlo kvalitetno gorivo ali sa specifičnim karakteristikama koje je čine drugačijim od fosilnih goriva i uslovljavaju različite načine njene primene. Postoji više komercijalnih tehnologija (inostranih i domaćih) koje se mogu koristiti za sagorevanje slame kao značajnog energetskog ostatka iz poljoprivredne proizvodnje.

Cigaretno sagorevanje balirane biomasa iz poljoprivredne proizvodnje je jedna od tehnologija razvijena kod nas do faze komercijalne primene. Uređaj za doziranje malih bala biomase razvijen i testiran na kotlu toplotne snage 75 kW predstavlja jedan segment te tehnologije. Uređaj se u praksi pokazao operativnim i vrlo fleksibilnim tako da je ostvarivana laka promena snage kotla povećanjem brzine kretanja zupčaste letve. Takođe, vrlo pouzdanim se pokazao i sistem uvođenja bala iz spremišta u uvodnik ložišta kotla. Razvojem ovog uređaja u potpunosti je automatizovan sistem doziranja i kontinualnog sagorevanja goriva u ložištu kotla i na taj način eliminisana potreba za angažovanjem dodatnih ljudskih resursa. Cena uređaja je prihvatljiva sa aspekta cene koštanja celog kotla.

5. LITERATURA

- [1] Đurović D, Dakić D, Repić B, Nemoda S, Živković G, Erić A. (2010). Ekonomska opravdanost izgradnje postrojenja za kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije korišćenjem poljoprivredne biomase. *Savremena poljoprivredna tehnika* 36(4): 373-381.
- [2] Ilić, M. i dr. (2003). Energetski potencijal i karakteristike ostataka biomase i tehnologije za njenu pripremu i energetsko iskorišćenje u Srbiji, Studija Nacionalnog Programa Energetske Efikasnosti NPEE 611-113A, Beograd.
- [3] Janić T, Brkić M, Igić S, Dedović N. Biomasa – energetski resurs za budućnost. (2010). *Savremena poljoprivredna tehnika*. 36(2): 167-177.
- [4] Janić T, Igić S, Dedović N, Brkić M, Milenković B. (2010a). Specifičnosti opreme i objekata toplovodnih kotlovskih postrojenja za sagorevanje balirane biomase. *Savremena poljoprivredna tehnika* 36(4): 327-333.
- [5] Kristensen E.F, Kristensen J.K. (2004). Development and test of small-scale batch-fired straw boilers in Denmark. *Biomass and Bioenergy* 26(6): 561-569.
- [6] Martinov M, Tešić M, Veselinov B, Đatković Đ, Bojić S. (2010). Primena čvrste biomase kao goriva u Nemačkoj – stanje i perspective. *Savremena poljoprivredna tehnika* 36(2): 157-166.
- [7] Ministarstvo za infrastrukturu i energetiku Republike Srbije. (2011). <http://mem.gov.rs/>
- [8] Mladenović R, Dakić D, Erić A, Mladenović M, Paprika M, Repić B. (2009). The boiler concept for combustion of large soya straw bales. *Energy* 34(5): 715-723.

- [9] Nielsen C. (1995). Utilisation of straw and similar agricultural residues. *Biomass and Bioenergy* 9(1-5): 315-323.
- [10] Repić B, Dakić D, Paprika M, Mladenović R, Erić A. (2008). Soya straw bales combustion in high efficient boiler. *Thermal Science* 12(4): 51-60.
- [11] Repić B, Dakić D, Djurović D, Erić A. (2010). Development of a boiler for small straw bales combustion. In: *Paths to Sustainable Energy*, ed. Nathwani J, Ng W, ch. 31, 647-664. Wiena: Intech Co.
- [12] Saidur R, Abdelaziz EA, Demirbas A, Hossain MS, Mekhilef S. (2011). A review on biomass as fuel for boilers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15(5): 2262-2289.
- [13] Strehler A. (2005). Results from the research work in heat generation from wood and strow. *Energy from Biomass*, Elsevier, London, 788-792.
- [14] Turanjanin V, Djurović D, Dakić D, Erić A, Repić B. (2010). Development of the Boiler for Combustion of Agricultural Biomass by Products. *Thermal Science* 14(3): 707-714.

DEVELOPMENT OF SMAL BALLE FEEDING DEVICES FOR USE IN AGRICULTURAL BIOMASS COMBUSTION SYSTEMS

Dragoljub Dakić, Branislav Repić, Aleksandar Erić, Dejan Đurović, Milijana Paprika

SUMMARY

A number of technologies have been used in agricultural biomass combustion systems. One of those fully developed here is cigarette type combustion. Main advantages of the technology are: there is no change in the form of biomass (it is burned in the same form which was collected from fields), particular power consumption is minimal, and investment and operation costs are reduced. For high-quality combustion of biomass bales, it is necessary to feed it continuously and automatically. The device for bale biomass feeding, presented in this paper, enables continuous, controlled and complete biomass combustion. Biomass is in form of small bales, parallelepiped shape with dimensions 40x50x80cm. Bales that can be handled manually because of its' weight (about 12-15 kg) are called small bales. Continuous biomass feeding is achieved by introducing the bales from bale repository (which can hold a number of bales, placed one above the other) to feeding channel by piston cylinders and further continuously fed into the combustion chamber by rack driven by electromotor. The heat produced by biomass combustion is transported to user or stored in a heat accumulator of a corresponding volume.

Key words: biomass, straw, feeding, bale, device, boiler.

Rad predstavlja deo istraživanja na projektu „Razvoj i unapređenje tehnologija za energetske efikasno korišćenje više formi poljoprivredne i šumske biomase na ekološki prihvatljiv način, uz mogućnost kogeneracije“, Evidencioni broj projekta III42011, koji finansira Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije.

Primljeno: 9.09.2011.

Prihvaćeno: 3.10.2011.