

Analiza mogućnosti unapređenja energetske efikasnosti kod toplana i industrijskih kotlarnica na ugalj

Goran Jankes¹, Nikola Tanasić², Mirjana Stamenić², Tomislav Simonović², Nikola Petković⁴, Aleksandar Nikolić³, Marko Radosavljević⁴, Miloš Saleta⁴

¹Inovacioni Centar Mašinskog fakulteta d.o.o., Beograd, Srbija

²Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, Srbija

³Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički Institut Nikola Tesla, Beograd, Srbija

⁴Centar za energetska efikasnost i održivi razvoj d.o.o., Beograd, Srbija

jankes.goran@gmail.com, ntanasic@mas.bg.ac.rs, mstamenic@mas.bg.ac.rs

Sažetak—U radu će biti prikazani rezultati studija koje su realizovane sa ciljem da se utvrdi postojeće stanje nivoa energetske efikasnosti u jednoj toplani koja poseduje parni kotao u kojem se sagoreva spraseni ugalj. Para koja se proizvodi u kotlu se u rashladno-redukcionim stanicama redukuje na značajno niže pritiske i kao suvozasićena para šalje do potrošača. Aktivnosti na realizaciji studija su podrazumevale merenja procesnih parametara na parnom kotlu radi utvrđivanja stepena korisnosti i pregled mera radi uklanjanja neracionalnosti u radu toplane i modernizacije kotlovske postrojenja. U radu će biti prikazana metodologija materijalnog i energetske bilasne posmatranog postrojenja, rezultati sprovedenog merenja i definisanje stepena korisnosti kotla i samog postrojenja u kome se proizvodi toplota. Posebna pažnja će biti posvećena analizi mogućnosti unapređenja energetske efikasnosti ugradnjom protivpritisnih parnih turbina koje treba da, umesto redukcionih stanica, vrše obaranje pritiska do nivoa potrebnih potrošačima. Na taj način bi se spregnuto proizvodila električna energija i toplota. Ovom analizom je utvrđeno da se, u slučaju posmatrane toplane, stepen korisnosti na pragu toplane primenom spregnute proizvodnje električne energije i toplote može povećati za 1,70%.

Ključne riječi—energetska efikasnost; stepen korisnosti kotla; toplana; kombinovana proizvodnja električne energije i kotla;

I. UVOD

Uprkos ubrzanom razvoju i implementaciji tehnologija za proizvodnju toplotne i električne energije iz obnovljivih izvora, procene su da će se do 2030. godine udeo finalne energije iz fosilnih goriva zadržati do 85% [1]. U tom smislu, mere energetske efikasnosti u toplanama i termoelektranama na ugalj naročito su važne, jer dovode do smanjenja utroška goriva za istu proizvedenu korisnu energiju, čime se postižu manje emisije ugljen-dioksida i drugih zagađujućih gasova.

U ovom radu su prikazani rezultati studija koje su realizovane sa ciljem da se utvrdi postojeće stanje nivoa energetske efikasnosti u jednoj toplani u kojoj se sagoreva spraseni ugalj. Studije su obuhvatile merenja procesnih parametara toplane i parnog kotla radi utvrđivanja stepena

korisnosti i pregled mera radi uklanjanja neracionalnosti i modernizacije kotlovske postrojenja. U radu je takođe analizirana mogućnost unapređenja energetske efikasnosti ugradnjom protivpritisnih parnih turbina u cilju spregnute proizvodnje električne energije i toplote.

II. OPIS POSTROJENJA

Toplana koja je predmet analize je sa instalisanim kapacitetom od 120 MW. Namenjena je za proizvodnju toplotne energije koja je potrebna za odvijanje tehnoloških procesa i za toplifikaciju gradskih naselja. Kao gorivo na parnim kotlovima se koristi kolubarski klasirani lignit, čija se donja toplotna moć kreće u granicama od 7 do 10 MJ/kg. Kotlovske postrojenje se sastoji od dva identična, paralelno vezana parna kotla. Kotlovi su nominalnog kapaciteta po 56 t/h pregrejavane pare parametara $p=59$ bar, $t=450^{\circ}\text{C}$. Maksimalni kapacitet kotlova je 70 t/h, nominalni 56 t/h a minimalni 45 t/h. Kotlovi su strmocevni ozidani sa ekranisanim ložištem, prirodnom cirkulacijom vode, prinudnom uravnoteženom promajom u gasnom traktu i sagorevanjem ugljenog praha u letu koji se priprema u ventilatorskim mlinovima.

Problemi u svakodnevnom radu kotlova su promenljiv kvalitet uglja, pucanje udarnih ploča na mlinovima, neodgovarajuća kontrola procesa sagorevanja na kotlovima koja uslovljava značajan višak vazduha u dimnim gasovima ali i povećane emisije ugljen-monoksida (zbog nedovoljne količine sekundarnog vazduha i nedovoljnog vremena zadržavanja ugljenog praha u zoni sagorevanja) kao i značajan udeo nesagorelih komponenti u pepelu i šljaci.

Pregrejana vodena para proizvedena na kotlovima vodi se na zajednički razdelnik, sa koga se vrši njena distribucija ka krajnjim potrošačima preko redukciono-rashladnih stanica. U toplani postoje 4 redukciono-rashladne stanice koje se snabdevaju napojnom vodom temperature 120°C iz zajedničkog voda na kome postoji merač protoka. Regulacija rada redukcionih stanica je ručna, na osnovu merenja

temperature i pritiska pare, tako da parametri pare na izlazu iz redukcionih stanica često odstupaju od stanja zasićenja.

Kondenzat se od većine krajnjih potrošača vraća u rezervoar kondenzata koji je na atmosferskom pritisku. Kondenzat se ne vraća od tehnoloških potrošača gde se para koristi direktno u tehnološkom procesu. Od razmenjivačke stanice za grejanje gradskih naselja pothlađeni kondenzat se u potpunosti vraća i odvodi direktno u napojni rezervoar u kotlarnici. Kondenzat koji se ne vrati u kotlarnicu mora da se nadomesti demineralizovanom vodom iz postrojenja za hemijsku pripremu vode (HPV) koja se termički priprema u degazatoru napojnog rezervoara čime se povećava sopstvena potrošnja pare.

Napajanje svih elektro potrošača u pogonu se vrši iz postrojenja na 35 kV. Sistem kompenzacije reaktivne snage nije ugrađen, kao ni filteri za eliminisanje viših harmonika napona. U pogonima gde se koristi električna energija napona 0,4 kV su u primeni motori osnovne (najniže) klase energetske efikasnosti, dok se u pogonima sa elektromotorima ne primenjuju frekventni regulatori što nepovoljno utiče na energetske efikasnost pogona u celini.

III. METODOLOGIJA

Pripreme aktivnosti su obuhvatile analizu upitnika koji je popunjen od strane stručnog osoblja toplane i pripremu mernih mesta na kotlovima. Upitnik je sadržao osnovne podatke o preduzeću, tehnološke šeme, tehničke karakteristike najznačajnijih potrošača energije, podatke o potrošnji energenata na mesečnom nivou, troškove za energente, obim proizvodnje itd. Merenja procesnih parametara su sprovedena u toku dva dana u zimskom periodu u cilju određivanja termičke efikasnosti parnih kotlova i toplane u celini. Takođe su definisani najznačajniji gubici toplote u sistemu. Termička efikasnost kotlova je određena indirektnom metodom prema standardu SRPS EN 12952-15:2009 [2]. Određen broj procesnih parametara je izmeren prenosnom mernom opremom, na primer, sastav i temperatura dimnih gasova i potrošnja električne energije na elektro motornim pogonima, dok je drugi deo podataka preuzet sa pogonskih merača preko SCADA sistema.

Stepen korisnosti parnih kotlova definiše se kao odnos korisne energije proizvedene pare i uložene energije (hemijska energija fosilna goriva, fizička toplota fosilnih goriva i fizička toplota vazduha za sagorevanje) i može se iskazati sledećim izrazom:

$$\eta_{koti} = \frac{Q_{kor}}{Q_{ul}} = \frac{Q_{pp} - Q_{nv}}{Q_{hfg} + Q_{ffg} + Q_{fvaz}} = \frac{m_{pp} h_{pp} - m_{nv} h_{nv}}{\sum B_i H_{d,i} + \sum B_i c_{fg,i} t_{fg,i} + m_{vaz} c_{p,vaz} t_{vaz}}$$

gde su:

m_{pp} – maseni protok pregrejane pare, kg/s

h_{pp} – entalpija pregrejane pare, kJ/kg

m_{nv} – maseni protok napojne vode, kg/s

h_{nv} – entalpija napojne vode, kJ/kg

B_i – maseni protok fosilnih goriva, kg/s

$H_{d,i}$ – donja toplotna moć fosilnih goriva, kJ/kg

$c_{fg,i}$ – specifični toplotni kapacitet fosilnih goriva, kJ/kg

$t_{fg,i}$ – temperatura fosilnih goriva, °C

m_{vaz} – maseni protok vazduha za sagorevanje, kg/s

$c_{p,vaz}$ – specifični toplotni kapacitet vazduha za sagorevanje, pri nepromenjenom pritisku, kJ/(kg°C)

t_{vaz} – temperatura vazduha za sagorevanje, °C

Procenjeni gubitak pare usled kontinualnog odsoljavanja kotlova iznosi 5% od produkcije pare kotla ($m_{nv} = 1,05m_{pp}$), dok se odmuljivanje kotla vrši u hladnom stanju. Za entalpiju napojne vode može se usvojiti vrednost $h_{nv} = 678$ kJ/kg, pri temperaturi i pritisku napojne vode kod kotlova u pogonu toplana (projektni parametri su 160°C i 60 bar).

Uzimajući u obzir granicu bilansnog polja 2 koja je definisana na Slici 1, stepen korisnosti na pragu Toplane (η_{topl}) se može odrediti na osnovu sledećeg izraza:

$$\eta_{topl} = \frac{Q_{izlaz}}{Q_{ulaz}} = \frac{Q_{isp}}{Q_{hfg} + Q_{el} + Q_{demi} + Q_{kon}}$$

gde su:

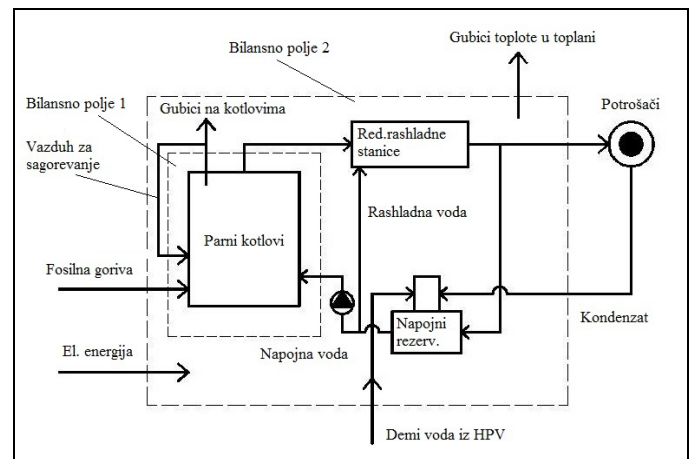
Q_{isp} – neto isporučena toplotna energija na pragu Toplane, MWh

Q_{hfg} – hemijska energija fosilnih goriva, MWh

Q_{el} – utrošena električna energija u pogonu, MWh

Q_{demi} – toplotna energija demineralizovane vode na ulazu u Toplanu, MWh

Q_{kon} – toplotna energija kondenzata koji se vrati u Toplanu, MWh



Sl. 1. Prikaz granica materijalnih i energetskih bilansa za kotlove i toplanu u celini

Za potrebe analize energetske efikasnosti rada kotlova bilo je potrebno meriti potrošnju 6 kV motora koji pripadaju datim

kotlovima. Tokom ispitivanja vršeno je merenje električne snage sledećih motora: ventilator svežeg vazduha VSV, ventilator dimnih gasova VDG1 i VDG2, mlin M1 i M2, napojne pumpe NP1 i NP2. Takođe su snimane ostale ćelije 6 kV postrojenja i to: rezerva, vodozahvat, odvod otpadne vode, osvetljenje toplane (transformator T6), elektromotorni pogoni za niskonaponske potrošače (transformator T4), elektromotorni pogoni za niskonaponske potrošače (transformator T5) i odvod sušara.

IV. REZULTATI I DISKUSIJA

U radu su prikazani rezultati za 2012. godinu koja je bila jedna od odabranih godina za procenu potencijala proizvodnje električne energije. u Tabeli I dat je prikaz potrošnje energenata, a u Tabeli II prikaz podataka o isporučenoj toplotnoj energiji na pragu toplane za istu godinu.

TABELA I. POTROŠNJA PRIMARNE ENERGIJE U TOPLANI U 2012.

Energent	jedinica	MWh/god
Ugalj, t/god	206021	464806
Mazut, t/god	264	2979
El.energija, MWh/god	19311	19311
Ukupno		487096
Toplotna moć uglja, Hd, kJ/kg		8122

TABELA II. ISPORUČENA TOPLOTNA ENERGIJA NA PRAGU TOPLANE U 2012.

	t/god	MWh/god
Tehnološka para – potrošač 1	255091	200810
Tehnološka para – potrošač 2	14976	11553
Tehnološka para – sopstvena potrošnja	196488	142940
Ukupno tehnološka para	466556	355303
Daljinsko grejanje		161923
UKUPNO sa sopstvenom potrošnjom		517226
UKUPNO bez sopstvene potrošnje		374286

TABELA III. REZULTATI PRORAČUNA STEPENA KORISNOSTI NA PRAGU TOPLANE U 2012.

Neto isporučena toplotna energija na pragu toplane, Q_{isp} , MWh	374286
Hemijska energija fosilnih goriva, Q_{hfg} , MWh	467785
Utrošena električna energija u pogonu, Q_{el} , MWh	19311
Toplotna energija demineralizovane vode na ulazu u toplanu, Q_{demi} , MWh	7578
Energija povratnog kondenzata – daljinsko grejanje, MWh	14352
Energija povratnog kondenzata – eksterni potrošači, MWh	1163
Toplotna energija kondenzata koji se vrati u toplanu, Q_{kon} , MWh	15515
Uložena energija na pragu toplane, $Q_{ulaz} = Q_{hfg} + Q_{el} + Q_{demi} + Q_{kon}$, MWh	510189
Stepen korisnosti na pragu toplane, $\eta_{topl} = Q_{isp} / Q_{ulaz}$, -	0,734

Udeo sopstvene potrošnje tehnološke pare u toplani je značajan (32% - sopstvena potrošnja i interni potrošači) i drastično odstupa od projektovanih parametara (16,6%). Na osnovu izmerenih procesnih parametara izvršen je proračun stepena korisnosti na pragu toplane za ukupne godišnje utroške i isporučenu energiju. Vrednosti su prikazane u Tabeli III.

Na osnovu izmerenih vrednosti, primenom prikazane metodologije, izračunate su vrednosti stepena korisnosti na pragu toplane (η_{topl}) koje su se za različite režime rada kotla kretale u granicama od 64,2 do 72,7%. Ovako niske vrednosti stepena korisnosti na pragu toplane pre svega su posledica velikih vrednosti sopstvene potrošnje pare u Toplani (u koje je uračunat i zbir gubitaka u sistemu za distribuciju pare) - 27 do 40% od proizvedene količine suvozasicene pare.

Rezultati proračuna energetskog bilansa su pokazali da je prosečna vrednost stepena korisnosti kotlova na godišnjem nivou za 2012. iznosio 83,5%. Izračunate vrednosti stepena korisnosti kotla na osnovu izmerenih parametara bile su u granicama od 83,51 do 86,39%. Zbog ovako niskih vrednosti stepena korisnosti je u 2015. godini rađena „Studija analize procesa sagorevanja u kotlovima Toplane sa pregledom mera na otklanjanju nedostataka i modernizaciji“ koja je imala za cilj optimizaciju rada kotlova i koja je pokazala da kotlovi, uz modernizaciju, pre svega, merno-upravljajčkog sistema, mogu da rade sa stepenima korisnosti preko 86% [3].

Kogeneracija sa protivpritisnim turbinama predložena je kao alternativa redukcionim stanicama (3 redukciono-rashladne stanice) u kojima se pregrejana para redukuje na pritiske potrebne potrošačima. Za usvojenu varijantu od 4 jednostepene protivpritisne turbine (po jedna za dve redukcije i dve za jednu redukciju gde je velika potrošnja pare u zimskom periodu) izračunato da je prema količinama pare isporučene potrošačima u 2012. godini moguće proizvesti 26.104 MWh/god električne energije. Ovdje će se dati procena uticaja koji bi ovako proizvedena količina električne energije imala na vrednost stepena korisnosti na pragu toplane.

Usvojen je način proračuna stepena korisnosti i podaci iz bilansa za 2012. godinu koji su prikazani u Tabeli II. Neto isporučena toplotna energija na pragu toplane ostaje jednaka postojećim vrednostima za 2012. godinu i odgovara količini suvozasicene pare koja je isporučena potrošačima. Uvođenjem turbina se smanjuje potrebna količina rashladne vode za hlađenje pare od stanja pregrejane pare do suvozasicene pare. Da bi se održala jednaka količina suvozasicene pare koja se isporučuje potrošačima, povećava se proizvodnja kotlova za 5%, a time i potrošnja uglja i hemijska energija uneta ugljem. Toplotna energija demineralizovane vode na ulazu u toplanu ostaje približno jednaka, jer se smanjuje količina rashladne vode za hlađenje pare, ali se približno za jednaku vrednost povećava količina napojne vode za kotlove zbog povećane proizvodnje pare. Svi ostali segmenti bilansa vezani za sopstvenu potrošnju i povrat kondenzata mogu se smatrati nezavisnim od rada turbina. Proizvedena količina električne energije od 26.104 MWh/god ulazi u isporučenu energiju na pragu toplane. Energetski bilans za 2012. godinu sa proizvodnjom električne energije i vrednost stepena korisnosti na pragu toplane dati su u Tabeli IV. Izračunata vrednost

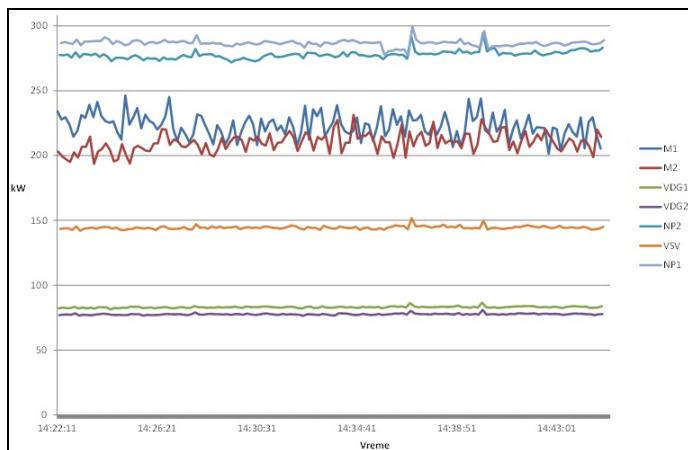
stepena korisnosti na pragu toplane za 2012. godinu dobijena uz pretpostavku proizvodnje električne energije je 0,751, odnosno 1,70% veća u odnosu na slučaj bez proizvodnje električne energije.

TABELA IV. REZULTATI PRORAČUNA STEPENA KORISNOSTI NA PRAGU TOPLANE ZA 2012. GODINU UZ PRETPOSTAVKU PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Neto isporučena toplotna energija na pragu toplane, Q_{isp} , MWh	374286
Isporučena električna energija na pragu toplane, E_{isp} , MWh	26104
Ukupno sporučena energija na pragu toplane, Q_{sp} , MWh	400390
Hemijska energija fosilnih goriva, Q_{hfg} , MWh	491025
Utrošena električna energija u pogonu, Q_{el} , MWh	19311
Toplotna energija demineralizovane vode na ulazu u toplanu, Q_{demi} , MWh	7578
Energija povratnog kondenzata – daljinsko grejanje, MWh	14352
Energija povratnog kondenzata – eksterni potrošači, MWh	1163
Toplotna energija kondenzata koji se vrati u toplanu, Q_{kon} , MWh	15515
Uložena energija na pragu toplane, $Q_{ulaz} = Q_{hfg} + Q_{el} + Q_{demi} + Q_{kon}$, MWh	533429
Stepen korisnosti na pragu toplane, $\eta_{opt} = Q_{isp} / Q_{ulaz}$, -	0,751

Iz rezultata se može zaključiti da proizvodnja električne energije povećava stepen korisnosti na pragu toplane i da moguća proizvodnja električne energije za više od 35% prevazilazi utrošenu električnu energiju u toplani.

Rezultati merenja snage elektro-motora na kotlu 2 u nominalnom režimu rada su prikazani na Slici 2.



Sl. 2. Rezultati merenja aktivne snage elektromotora na kotlu 2 u nominalnom režimu rada

Na osnovu rezultata merenja može se zaključiti da su elektro motori predimenzionisani, naročito motori ventilatora svežeg vazduha koji rade sa 60% opterećenja (oko 150 kW) u nominalnom režimu rada kotla. Motori napojnih pumpi su opterećeni sa 80% do 90% (270 kW do 310 kW naspram instalisanih 360 kW), u zavisnosti od režima rada kotla. Opterećenje motora mlina u nominalnom režimu rada kreće se od 180 kW do 250 kW, u zavisnosti od procesnih parametara

kotla, što predstavlja opseg od 56% do 78% nominalnog opterećenja motora mlina koje iznosi 320 kW.

Ukupno angažovanje ostalih potrošača u toku merenja je bilo na nivou od 19%. Najveći udeo u toj potrošnji su pogonski motori na 0,4 kV (opseg potrošnje od 260 kW do 420 kW uz prosečnu potrošnju od oko 340 kW), zatim motori na vodozahvatu (konstatna potrošnja od 160 kW) i osvetljenje (90 kW).

V. MERE ZA POBOLJŠANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI

Pri sagorevanju lignita niske toplotne moći u velikim ložištima, referentna termička efikasnost prema BAT-u iznosi 86% [4]. U BREF dokumentu za energetske efikasnosti [5] prikazane su tehnike koje treba razmotriti u cilju povećanja energetske efikasnosti u industrijskim preduzećima. Najvažnije predložene tehnike su: uvođenje sistema energetskog menadžmenta, integracija proizvodnih procesa, ulaganje u znanje i ljudske resurse, efikasno održavanje, monitoring i kontrola procesa, merenje procesnih parametara, sprovođenje energetske pregleda i uporedna statistička analiza, optimizacija procesa i tehno-ekonomska analiza.

Kod sistema za proizvodnju i distribuciju vodene pare posebno su naglašene sledeće najbolje dostupne tehnike (BAT): optimizacija procesa sagorevanja, vođenje procesa prema sadržaju kiseonika u dimnim gasovima, snižavanje temperature dimnih gasova ugradnjom ekonomajzera, korišćenje protivpritisne turbine umesto prigušnih ventila za regulaciju pritiska pare, predgrevanje napojne vode, prevencija stvaranja i uklanjanje nečistoća i depozita sa razmenjivačkih površina, minimizacija gubitaka usled odsoljavanja i odmuljivanja parnog kotla, optimizacija sistema za distribuciju pare (kontrola odvajanja kondenzata, izolacija parovoda i vodova kondenzata, smanjenje i eliminacija gubitaka usled cirenja pare), vraćanje kondenzata u kotlarnicu, korišćenje otparka gde god je to moguće (uključujući i vodu iz sistema za odsoljavanje kotla), regeneracija i rekuperacija toplote.

U domenu snabdevanja potrošača električnom energijom preporuke se odnose na korekciju faktora snage, korišćenje filtera za eliminaciju viših harmonika i efikasno upravljanje transformatorima. Preporuke se odnose i na korišćenje energetski efikasnih motora nove generacije koji su inicijalno skuplji, ali ekonomičniji ako se uporede troškovi tokom celokupnog radnog veka motora.

Kada je u pitanju upotreba motora povećane energetske efikasnosti treba istaći činjenicu da je trenutno u EU u primeni „Ecodesign“ direktiva, kojom se zahteva, počev od 01.01.2015. godine, primena energetski efikasnih motora klase IE2 za sve motore snage od 0,75 kW do 7,5 kW odnosno za motore snaga od 7,5 kW do 375 kW primena motora klase IE3 ili motora klase IE2 sa frekventnom regulacijom.

Takođe, preporuke se odnose na pravilno dimenzionisanje motora i korišćenje frekventnih pretvarača (regulatora) na pogonskim elektromotorima, prvenstveno pumpi i ventilatora. Savremeni frekventni regulatori osim funkcije regulisanja brzine motora vrše i funkciju zaštite motora (prekostrujna, temperaturna, zaštita od ispada faze, i dr.) i funkciju upravljanja preko PLC-a, tako da je moguće direktno

zadavanje brzine na osnovu merene veličine iz procesa (pritiska, temperature ili protoka).

U ovom radu su sumirane mere koje su predložene u studijama koje su sprovedene u toplani u prethodne tri godine (Tabela V). U tabeli su takođe prikazane izračunate uštede u potrošnji energenta, odgovarajuće smanjenje emisija CO₂ i uštede iskazane u novčanim jedinicama. Za pojedine mere je procenjena je vrednost investicije i određen prost period otplate (PPO). Emisioni faktor od 105 kgCO₂/GJ uložene primarne energije je izračunat prema analizama uzoraka uglja koji su prikupljeni u toku merenja.

VI. ZAKLJUČAK

U radu je predložen veći broj organizacionih i tehničkih mera za poboljšanje energetske efikasnosti toplane. Implementacija predloženih mera bi doprinela većoj efikasnosti procesa transformacije energije u toplani, smanjenju emisija CO₂ i drugih zagađujućih gasova, povećanju fleksibilnosti toplane pri radu pri nižim opterećenjima i efikasnijem korišćenju niskokaloričnih fosilnih goriva sa značajnim varijacijama u kvalitetu.

U radu je takođe pokazano da se stepen korisnosti na pragu toplane primenom spregnute proizvodnje električne energije i toplote može povećati za 1,70%.

LITERATURA

- [1] Shi Y, Wang J, Liu Z, On-line monitoring of ash fouling and soot-blowing optimization for convective heat exchanger in coal-fired power plant boiler, Applied Thermal Engineering, 78, 2015, pp. 39-50
- [2] ***SRPS EN 12952-15:2009, Kotlovi sa vodogrejnim cevima i pomoćna oprema - Deo 15: Ispitivanja pri preuzimanju

- [3] Studija analize procesa sagorevanja u kotlovima Toplane sa pregledom mera na otklanjanju nedostataka i modernizaciji, Inovacioni centar Mašinskog fakulteta u Beogradu, 2015.
- [4] Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants, European Commission, July 2006
- [5] Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency, European Commission, February 2009

ABSTRACT

The results of several studies that have been carried out in order to analyze energy efficiency of a coal-fired heating plant are summarized in this paper. The steam produced in the boiler flows through cooling-reducing stations where the steam pressure is reduced to meet the designed pressure for the final consumers. The studies included measurement of process parameters on the plant and steam boilers for the purpose of determining the efficiency of the plant and proposing measures to eliminate the heat losses and promote modernization of the plant. The paper presents the methodology of the material and energy balance of the observed plant, the results of the conducted measurement and the determination of the plant efficiency. The analysis of the possibility of improving energy efficiency by installing steam turbines instead of cooling-reduction stations is also presented. In this way, the plant will produce combined heat and power. The results showed that by applying CHP technology for the case study plant, the efficiency of the plant could be increased by 1.70%.

ANALYSIS OF ENERGY EFFICIENCY IMPROVEMENT WITHIN HEATING PLANTS AND INDUSTRIAL BOILER HOUSES WITH COAL COMBUSTION

Goran Jankes, Nikola Tanasić, Mirjana Stamenić, Tomislav Simonović, Nikola Petković, Aleksandar Nikolić, Marko Rasdosavljević, Miloš Saleta

TABELA V. PREDLOŽENE MERE ZA POVEĆANJE ENERGETKE EFIKASNOSTI U TOPLANI

Br.	Predložena mera	Uštede u potrošnji energenata t/god MWh/god	Smanjenje emisije CO ₂ t/god	Uštede iskazane u novcu 1000 EUR/god	Investicija 1000 EUR	PPO god
1.	Implementacija sistema energetskeg menadžmenta	15.190 t 1.550 MWh	17.007	265	-	-
2.	Rekonstrukcija i modernizacija merno-upravljačkog sistema na parnim kotlovima i optimizacija parametara sagorevanja ugradnjom gasnog analizatora	5.100 t	5.114	59,7	80	1,34
3.	Rad kotla sa jednim mlinom u uslovima smanjenog konzuma kod potrošača u letnjem periodu	5.655 t 410 MWh	6.140	89,66	-	-
4.	Uvođenje sistema za automatsko odsoljavanje kotlova	750 t	752	9,05	50	5,5
5.	Poboljšanje i optimizacija rada mlina sa aspekta upotrebe električne energije primenom frekventnog regulatora za upravljanje elektromotorom mlina	364 MWh	417	20	70	3,5
6.	Primena frekventnog regulatora kod pogonskog elektromotora ventilatora svežeg vazduha na kotlovima	290 MWh	332	16	40	2,5