



MOGUĆNOST KORIŠĆENJA SOLARNE ENERGIJE ZA NAPAJANJE SISTEMA ZA ODLAGANJE PEPELA I ŠLJAKE U TE KOSTOLAC

POSSIBILITY OF USING SOLAR ENERGY FOR POWER SUPPLY OF THE ASH AND SLAG DISPOSAL SYSTEM IN THE THERMAL POWER PLANT KOSTOLAC

Zoran Nikolić, Vladimir Katić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazano je idejno rešenje fotonaponske (FN) elektrane na deponiji pepela i šljake "Ćirikovac" termoelektrane Kostolac B, kao alternativa konvencionalnom sistemu za odlaganje pepela i šljake, koji se napaja iz sopstvene potrošnje termoelektrane. Opisan je način funkcionisanja ovog sistema, kao i njegova ukupna potrošnja. U sklopu idejnog rešenja obrađeni su svi ključni elementi FN elektrane. Obrađena je godišnja proizvodnja električne energije čitavog sistema i upoređeno sa zadatom potrošnjom. Na kraju je urađena je procena isplativosti gradnje FN elektrane.

Ključne reči: termoelektrana, deponija pepela i šljake, fotonaponska elektrana.

Abstract – In this paper, the preliminary design of the photovoltaic (PV) power plant is presented at the landfill of ash and slag "Ćirikovac" in the thermal power plant Kostolac B, as an alternative to a conventional system for depositing ash and slag powered by own system in thermal power plant. The way of functioning of disposal system of the ash and slag is shown. All the main elements of the PV plant that are being worked out during the design process are presented. The annual electricity production of the entire system was processed and compared with the consumption of the conventional system. At the end, an estimate of the feasibility of the PV system has been made.

Keywords: thermal power plant, ash and slag landfill, photovoltaic power plant

1. UVOD

Jedan od značajnijih izvora gasova staklene bašte (vodena para H₂O, ugljen dioksid CO₂, metan CH₄, azot suboksid N₂O, gasovi koji sadrže fluor HFC, PFC, SF₆ i dr.), koji se smatraju uzrocima klimatskih promena i pojava ekstremnih vremenskih prilika, je energetska sektor, a posebno termoelektrane. Termoelektrane imaju veliki uticaj na životnu sredinu, ako se uzmu u obzir i ostali aspekti zagađivanja, kao što su drugi dimni gasovi, a posebno čađ i sumpor dioksid SO₂, čestice ugljene prašine, pepeo, šljaka, otpadne vode i dr. [1,2].

Međutim, s obzirom da se radi o objektima koji su od vitalnog značaja za jednu državu, posebno što se radi o elektroenergetskom sektoru, ovom problemu se pristupa sa velikom pažnjom. Preduzimaju se brojne metode smanjivanja negativnog uticaja, kao što su ugradnja filtera, smanjivanje sadržaja sumpora u uglju, odlaganje pepela i šljake, zaštita pepelišta ovlaživanjem i dr., što poskupljuje izlaznu cenu električne energije iz termoelektrane. Posebno su složeni sistemi za odlaganje pepela i šljake, koji zauzimaju velike površine i zahtevaju brojne sisteme za rad i održavanje.

S tim u vezi, aktuelizovano je pitanje prelaska na druge izvore energije, jer je evidentno da se ovakav trend ne može održati. Najčešće se razmatra prelazak na obnovljive izvore energije, od kojih vetar, sunce i hidro energija imaju najveće mogućnosti. Ipak, sunčeva energija predstavlja najperspektivniji oblik energije u smislu konstrukcije, pouzdanosti, pa i ekologije.

U ovom radu je prikazana mogućnost izgradnje fotonaponske (FN) elektrane koja će služiti za pokrivanje potrošnje sistema za odlaganje pepela i šljake u termoelektrani Kostolac B. Ovaj rad ima za cilj da ukaže na opravdanost gradnje ovakve elektrane u kompleksu termoelektrane, a takođe i da pokaže ekonomsku isplativost jednog ovakvog projekta.

2. OPIS RADA TERMOELEKTRANE

Termoelektrana je postrojenje u kome se hemijska ili nuklearna energija goriva pretvara u toplotnu energiju, a zatim se ta toplotna energija koristi za proizvodnju vodene pare, koja pod visokim pritiskom pokreće turbine i obezbeđuje mehaničku rotacionu energiju, koja se dalje koristi za pokretanje generatora električne energije [1]. Klasična termoenergetska postrojenja za svoj pogon koriste fosilna ili nuklearna goriva, koja dobijenu unutrašnju energiju goriva u tehnološkom procesu sagorevanja pretvaraju u električnu energiju (kondenzacione elektrane), energiju toplote (toplane) ili električnu i toplotnu energiju (termoelektrane-toplane, nuklearne toplane-elektrane i sl.). Skica termoelektrane sa ugaljem kao gorivom na kojoj se može videti princip rada data je na slici 1.

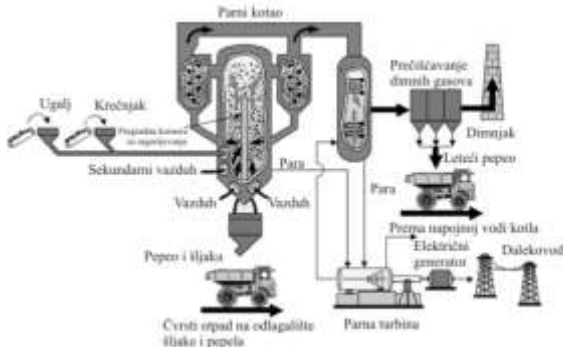
3. SISTEM ZA ODLAGANJE PEPELA I ŠLJAKE U TE KOSTOLAC

Kao ostatak iz procesa sagorevanja uglja javlja se pepeo i šljaka, a iz procesa filtriranja dimnih gasova i leteći pepeo. Ova količina otpadne materije kod nas uglavnom nema upotrebnu vrednost, mada se posebnim postupcima

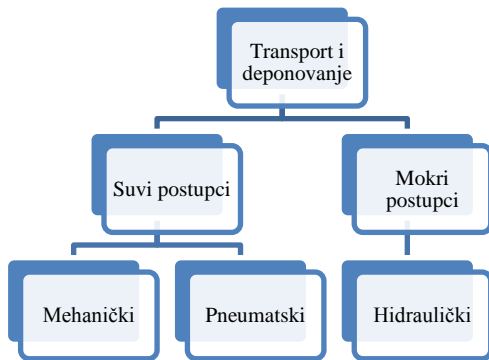
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Katić, red.prof.

moгу od nje praviti neki građevinski materijali ili koristiti na neki drugi naćin. Naćin deponovanja pepela i šljake mođe se vršiti po postupcima prikazanim na slici 2. Postoje suvi i mokri postupci, sa daljim obradama. U svim termoelekttranama u Srbiji, kao najbolji naćin deponovanja primenjuje se hidraulićki transport, pri ćemu postoji tehnologija gube ili retke hidromešavine.

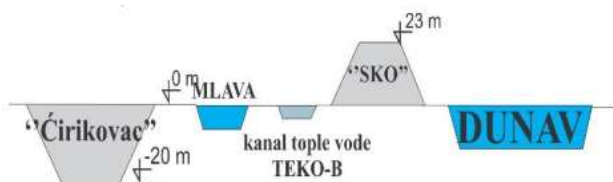


Slika 1. Princip rada termoelektre [1]



Slika 2 . Naćini deponovanja pepela i šljake

U cilju stvaranja uslova za bezbedno odlaganje i znatno poboljšanje zaštitne sredine od štetnog uticaja deponije, u termoelekttrani „Kostolac B“ tehnologija hidraulićkog transporta retke hidro-mešavine sa odnosom „ćvrsto:tećno=1:10“ zamenjena je tehnologijom gube kontrolisane hidrosmeše odnosa 1:1 (50%:50%) sa mogućnoću povratka vode sa deponije. Transport gube hidromešavine od silosa do deponije Ćirikovac vrši se sa 4 cevovoda i jednim cevovodom za povratnu vodu. Dućina trase cevovoda od silosa do deponije iznosi 6.060 m. Deponija pepela i šljake je sa nivelacijom -20 m, kako je pokazano na slici 3.



Slika 3. Prikaz deponije kroz pesek terena.

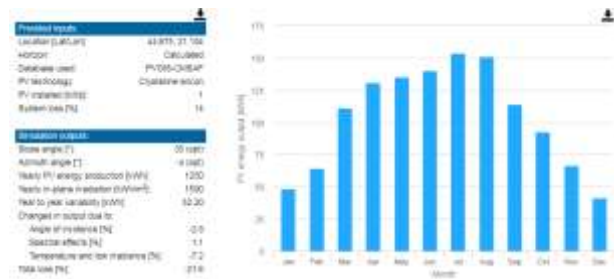
Ćitav kompleks sistema gube hidrosmeše postavljen na deponiji u Ćirakovcu, sastoji se iz 4 osnovne celine: unutrašnji sistem za pepeo i šljaku, kompleks silosa, spoljašnji sistem transporta i deponija pepela i šljake. Ukupna potrošnja elektrićne energije ova 4 sistema iznosi

58.377 MWh na godišnjem nivou, dok su troškovu zagađenja procenjeni na 336.485 USD godišnje. U ovom radu su pretpostavljene minimalne cene troškova emisije CO₂ u atmosferu, a to je 6,55 USD/t i emisija CO₂ od 0,88 t/MWh u skladu sa studijom opravdanosti koja je rađena prilikom donošenja odluke o izgradnji bloka B3 na Kostolcu [3].

4. IDEJNO REŠENJE FN SISTEMA

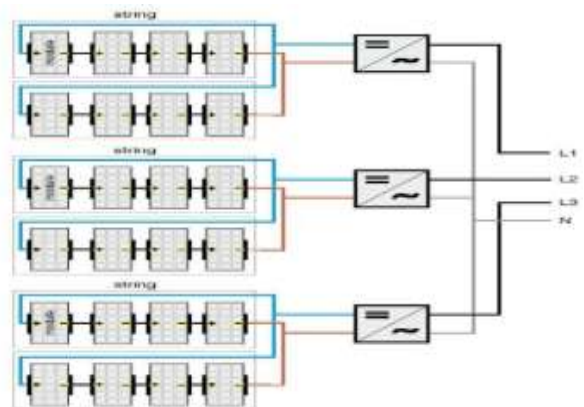
Potencijalna FN elektrena na deponiji pepela i šljake u Ćirakovcu ima za cilj da napomesti sopstvenu potrošnju u sistemu za odlaganje pepela i šljake i da doprinese smanjenju emisije CO₂ u atmosferu. S tim u vezi, idejno rešenje je urađeno kroz ćetiri koraka: procena energetskog potencijala lokacije, izbor koncepta FN elektre, određivanje poloćaja panela i ostalih komponenti i izbor optimalnih komponenti. Za procenu energetskog potencijala korišćen je softver PVGIS i dobijeni su sledeći rezultati na slici 4.

Na slici 4 se mođe videti da se za 1 kWp instalisane snage mođe proizvesti 1.250 kWh elektrićne energije godišnje što je veoma bitan podatak prilikom dimenzionisanja FN elektre. Takođe, optimalni ugao montaće je 35°, dok je optimalni azimutni ugao jednak -4°.



Slika 4. Prikaz prosećne proizvedene energije po mesecima za 1 kWp instalisane snage

Prilikom izbora koncepta FN elektre, izabran je koncept da se jedan inverter koristi za povezivanje vise stringova kako je prikazano na slici 5. Ovaj princip primenjuje se kod velikih FN elektara, gde su FN polja dosta velika i podeljena na više delova. Svaki od tih delova mođe biti prikljućen na sopstveni inverter. Obićno se ovakvi invertori zovu distribuirani invertori. Broj invertora koji će biti ugrađen zavisi od instalisane snage same elektre.



Slika 5. Jedan inverter za više stringova

Tip modula koji je izabran u ovom slućaju je: Schutten solar STP6-300/72 od polikristalnog silicijuma snage 300

Wp, dok su izabrani invertori tipa Ingeteam INGECON SUN 100 snage 110 kW. Noseća konstrukcija koja je izabrana za ovaj slučaj je fiksna, proizvođača Nika-Solar, koja ima mogućnost montaže dva reda modula pri čemu je broj modula u svakom redu proizvoljan i zavisi od projektovanog rešenja. Ostale komponente kao što su DC i AC kablovi, zaštitni uređaji, sklopni uređaji, osigurači i dr. birani su u skladu sa izvršenim proračunom.

Dimenzionisanje FN elektrane izvršeno je tako što je preklapljen dijagram potrošnje sistema za odlaganje pepela i šljake i dijagram procenjene proizvodnje FN elektrane na godišnjem nivou. Na taj način, snaga FN elektrane koja bi pokrila potrošnju navedenog sistema iznosi 46.701 kWp.

U skladu sa snagom FN elektrane, biće potrebno 155.670 modula, 19.459 m nosećih konstrukcija i 425 komada invertora. FN paneli su projektovani tako da se sastoje iz 8 modula, pri čemu su raspoređeni u 2 reda po 4 modula i montirani na noseću konstrukciju koja je fiksna i ima mogućnost promene nagiba preko zubaca sa zadnje strane konstrukcije. Rastojanje između panela, tj. nosećih konstrukcija je optimizovano na osnovu položaja sunca u kritičnim danima, 21. decembra i 21. juna, pri čemu minimalno rastojanje iznosi 6,45 m. Za predviđena rastojanja može se instalirati 540 kWp/ha. Kako je snaga FN elektrane 46.701 kWp, biće potrebno otprilike 86 ha za instalaciju panela. Ideja je da se paneli postave na konstrukciju iznad deponije. FN elektana navedene snage može u potpunosti da se instalira na deponiji pepela i šljake u Čirikovcu jer je površina cele deponije 130 ha. Takođe, to ne bi ugrozilo ni funkcionisanje same deponije. Na slici 6 prikazana je jedna od varijanti rasporeda panela na deponiji:



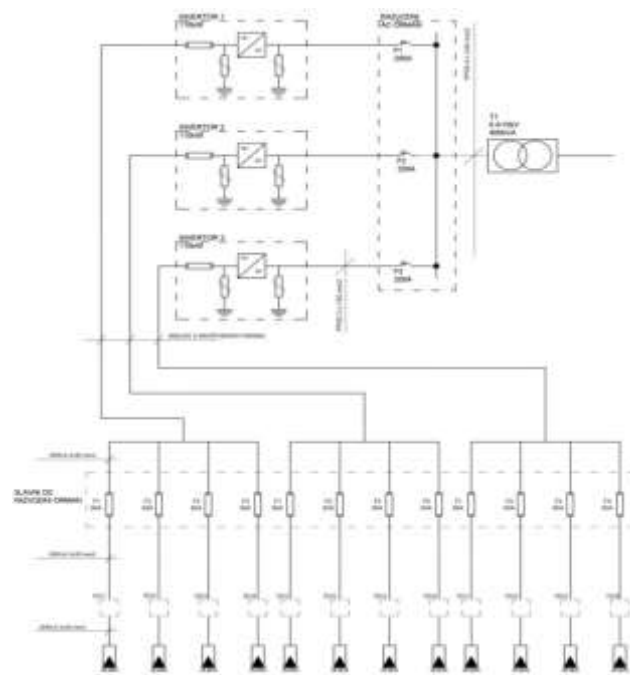
Slika 6. Predlog rasporeda panela na deponiji

Paneli se mogu rasporediti i na drugi način. Kako paneli zauzimaju oko 86 ha, preostali prostor može biti iskorišćen u budućnosti ukoliko bude bilo potrebe za širenjem FN elektrane.

Celokupna FN elektrana sastoji se iz više manjih delova (blokova) da bi se dobilo na pouzdanosti. Svaki blok se sastoji od 3 invertora snage 110 kW koji su vezani na blok transformator od 400 kVA. Ovi transformatori moraju biti povezani sa trafostanicom 110/10 kV/kV tj. sa srednje-naponskom mrežom. Ukupan broj blokova koji pokriva potrebnu snagu FN elektrane iznosi 142.

Jednopolna šema jednog bloka od 330 kW FN elektrane prikazana je na slici 7.

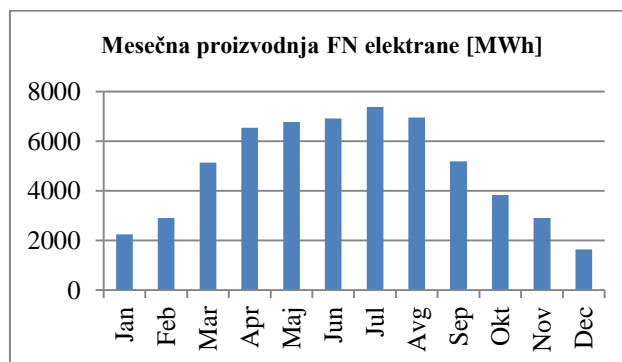
Razmatrajući predloženi koncept FN elektrane, može se zaključiti da je predloženo rešenje jako pouzdano, jer je čitava FN elektrana podeljena na male celine od 330 kW. Ispadom jednog invertora u ovom slučaju će odreagovati zaštita blok transformatora i isključice transformator 10/0,4 kV/kV. Ovim ispadom se neće značajnije ugroziti ukupan rad FN elektrane, jer je ispala snaga predstavlja samo 0,7% instalisane snage.



Slika 7. Jednopolna šema bloka FN elektrane

5. GODIŠNJA PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE FN ELEKTRANE PO MESECIMA

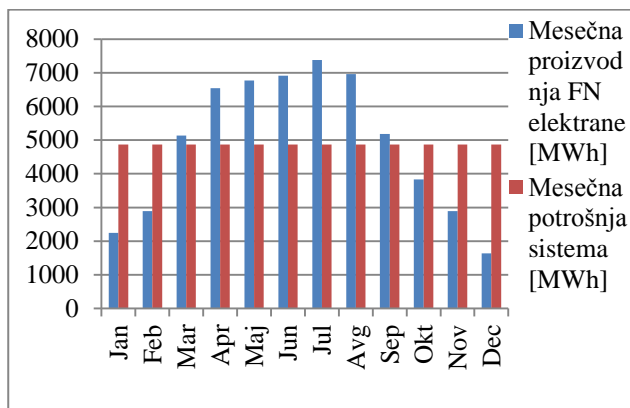
Prilikom procene isplativosti gradnje jedne FN elektrane uvek je važno pitanje da li će se investicija vratiti kroz naplatu proizvedene električne energije kroz određeni broj godina. U skladu sa procenjenom proizvodnjom električne energije za instalirani 1 kWp, na slici 8 prikazan je dijagram procene proizvodnje FN elektrane.



Slika 8. Mesečna proizvodnja FN elektrane.

Pošto se išlo na celokupnu kompenzaciju potrošnje električne energije sistema za odlaganje pepela i šljake, projektovana FN elektrana proizvođače upravo onoliko energije koliko navedeni sistem u termoelektrani troši, tj. 58.377 MWh. Tokom letnjih meseci proizvodnja FN

elektrane je daleko veća od potrošnje sistema, dok je tokom zimskih meseci situacija obrnuta. Višak energije tokom letnjih meseci se injektira u mrežu, dok se tokom zime povlači iz mreže što je ilustrirano na slici 9.



Slika 9. Odnos između proizvodnje i potrošnje

6. TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA

Prilikom planiranja izgradnje nekog elektroenergetskog objekta uvek se polazi od procene ekonomske isplativosti. Ekonomska isplativost se zasniva na periodu vraćanja investicije prilikom gradnje objekta. U sledećoj tabeli je izračunata okvirna cena gradnje jednog bloka FN elektrane.

Tabela 1. Okvirna specifikacija opreme za jedan blok

OPREMA:	CENA (RSD):
OPREMA FN SISTEMA	52.850.940
RAZVODNI DC ORMANI U POLJU	5.204.410
GLAVNI DC RAZVODNI ORMAN	693.426
AC RAZVODNI ORMAN	1.477.999
KABLOVI	2.615.652
PLC, SCADA i komunikacije	1.689.480
BLOK TRANSFORMATOR 0,4/10 KV/KV	3.330.000
Ukupno: 64.535.507 RSD	

Kako je snaga projektovane elektrane 46.701 kW i sastoji se iz 142 bloka, navedena cena iz prethodne tabele mora biti pomnožena sa 142. Na taj način dobija se prosečna cena gradnje od 1,64 €/W što je u granicama očekivanih vrednosti za velike FN elektrane. Prema uredbi o podsticajnim merama za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora, podsticajna otkupna cena električne energije za velike solarne elektrane je 14,6 evrocenti [3]. Ovo je takozvana feed-in tarifa. Ukoliko se uvaži navedena cena i troškovi emisije CO₂ u atmosferu period vraćanja investicije bi bio 8,6 godina, što je sasvim korektno i u granicama je očekivanih vrednosti. Problem koji se ovde javlja je ukupna kvota koja iznosi 10 MW do 2020. godine i koja je do sada već popunjena. Nova strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2025. godine sa projekcijama do 2030. godine predviđa višestruko povećanje kvota za solarne elektrane na 100 MW do 2025. godine, što može omogućiti isplativost ovakve investicije [4].

7. ZAKLJUČAK

Kao alternativa potrošnji električne energije iz sopstvene proizvodnje TE Kostolac B za rad elektromotornog pogona deponije pepela i šljake „Čirkovac“ predložen je FN sistem. Sistem je zamišljen da bude postavljen na konstrukciju iznad deponije i da bude snage 46.701 kWp. Izvršen je kompletan proračun sistema i dato predviđanje njegove mesečne proizvodnje.

Predloženi FN sistem je kapaciteta da može da proizvede količinu električne energije, koja je neophodna za rad elektromotornog pogona. Međutim, u letnjim mesecima proizvodnja je veća od potreba, dok je u zimskim obrnuto, što je i očekivano. Tehno-ekonomska analiza je pokazala da se sistem može samo-isplatiti za 8,6 godina, ako se koristi feed-in tarifa i uvažavaju troškovi emisije CO₂. Međutim, ukoliko se ne bi uvažile feed-in tarife, period vraćanja investicije je jako dug i kreće se oko 20 godina što je svakako neisplativo.

8. LITERATURA

- [1] Z. Milovanović, „Termoenergetska postrojenja – teoretske osnove“, Univerzitet u Banja Luci, Mašinski fakultet, Banja Luka, 2011.
- [2] A. Stanković, „Uticaj termoelektrana na kvalitet životne sredine - studija slučaja TA „Kostolac“, Diplomski rad, Univerzitet u Beogradu, Fakultet bezbednosti, Beograd, 2017.
- [3] <https://bankwatch.org/wpcontent/uploads/2017/03/briefing-Balkans-CO2-29Mar2017-bih.pdf>
- [4] Ministarstvo rudarstva i energetike, „Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2025. godine sa projekcijama do 2030. godine“, Beograd 2016

Kratka biografija:



Zoran Nikolić rođen je u Prokuplju 1993. godine. Na Elektronskom fakultetu u Nišu diplomirao je 2016. godine na studijskom programu Elektroenergetika. Na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu upisao je master studije na studijskom programu Elektro-energetika – Elektroenergetski sistemi. Master rad na temu obnovljivih izvora električne energije odbranio je 2018. godine.



dr Vladimir A. Katić, red.prof. rođen je 1954. godine u Novom Sadu. Doktorirao je na Univerzitetu u Beogradu 1991. godine. Oblasti interesovanja su mu energetika, obnovljivi izvori električne energije, kvalitet električne energije i električna vozila.