

PROJEKTOVANJE I IZGRADNJA MIKRO HIDROELEKTRANE NA CRNOM TIMOKU

Miroljub Jevtić i Andreja Todorović¹

SAŽETAK:

U radu se sumiraju rezultati projekta mikro hidroelektrane (MHE) koja je izgrađena na postojećoj brani sistema za navodnjavanje na Crnom Timoku. Projekat je obuhvatio istraživanje mogućnosti izgradnje MHE, razvoj modela MHE za ekstremno niske padove, konstrukciju i izradu turbine, izradu glavnog projekta, izgradnju i puštanje u rad MHE. U radu se opisuju tehničke karakteristike izgrađene MHE. Daje se analiza energetske i ekološke efekata izgradnje MHE.

Ključne reči: *mikro hidroelektrana, cevna turbina, mašinska zgrada*

1. UVOD

Betonska brana na Crnom Timoku, visine 1,5 m, koja je u ranijem periodu korišćena za napajanje vodom sada ugašene termoelektrane, a zatim za sistem za navodnjavanje, dala je ideju autorima ovog rada za razvoj i realizaciju modela mikro hidroelektrane (MHE), koji bi mogao da se primeni na ovoj i na drugim sličnim lokacijama sa vrlo niskim vodenim padom. Realizacija projekta sprovedena je u okviru istraživačkog projekta Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije i obuhvatila aktivnosti preporučene IEC standardima [1]. Urađeni su [2 – 6]: hidrološka studija i prethodna studija izvodljivosti, studija izvodljivosti, izvođački projekat, konstrukcija turbine i sama turbina. Sprovedeni su: fabrička ispitivanja opreme, montaža opreme, ispitivanje, puštanje u rad i prijem MHE, analiza rada MHE u distributivnoj mreži.

¹ Prof. dr Miroljub Jevtić, prof. dr Andreja Todorović, Fakultet tehničkih nauka Kosovska Mitrovica, 38220 Kosovska Mitrovica, Kneza Miloša 7.

2. PROJEKTOVANJE I IZGRADNJA MIKRO HIDROELEKTRANE

Prema hidrološkim podacima, srednji godišnji protok u koritu Crnog Timoka je $11,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Urađen je Glavni projekat mikro hidroelektrane [3], kojim je predviđena ugradnja tri cevne propelerne *S* turbine, od kojih je jedna sa prečnikom radnog kola 1 m i dve sa prečnikom radnog kola 1,25 m. U prvoj fazi projekta predviđena je ugradnja jedne turbine prečnika radnog kola 1 m (slika 1).

Sagrađena je mašinska zgrada prve faze sa pratećim objektima (slika 2). Zgrada je pribranskog tipa, tj. vezana je za postojeću branu kao jedna celina. Sa druge strane, prema lokaciji MHE u odnosu na rečni tok, ona je zalivnog tipa (van osnovnog rečnog korita). Pošto je denivelacija postojeće brane mala, $H = 1,5 \text{ m}$ (sa predviđenim dodavanjem pokretnih ustava, $H_{max} = 2,5 \text{ m}$), hidrostatički pritisci su mali, pa je bilo moguće mašinsku zgradu postaviti u telo postojeće betonske brane. Ovakvo rešenje, pribransko postrojenje sa propelernim turbinama, smanjuje troškove ulaganja i troškove eksploatacije u odnosu na druga moguća alternativna rešenja.

U brani, na ulazu u mašinsku zgradu, ugrađena je ulazna čelična cev turbine prečnika 1,4 m. Izlazna sifonska čelična cev postepeno prelazi u difuzor koji čine betonski zidovi zgrade. Na ulaznoj cevi i na izlazu difuzora postavljeni su ravni zatvarači. Ispred ulaznog zatvarača postavljena je rešetka.

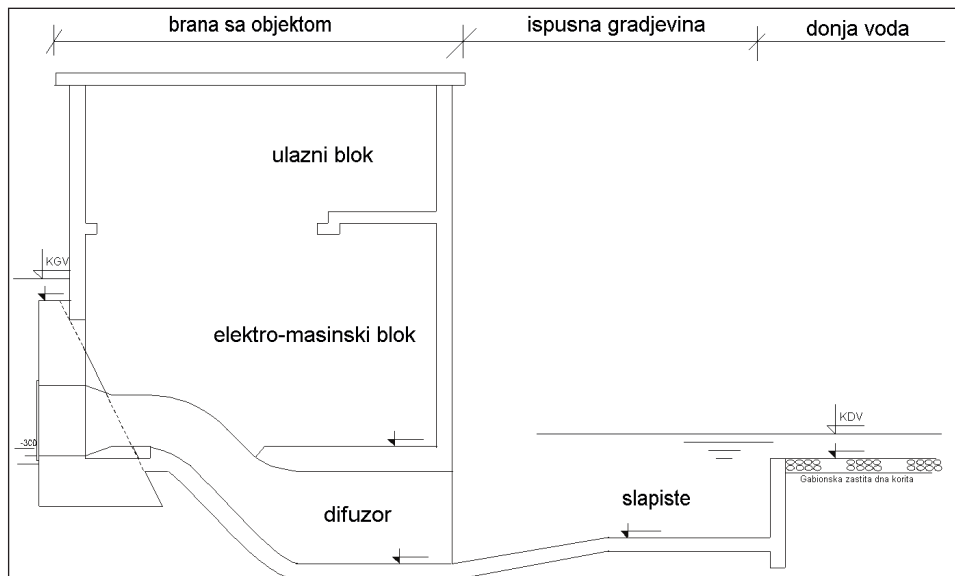
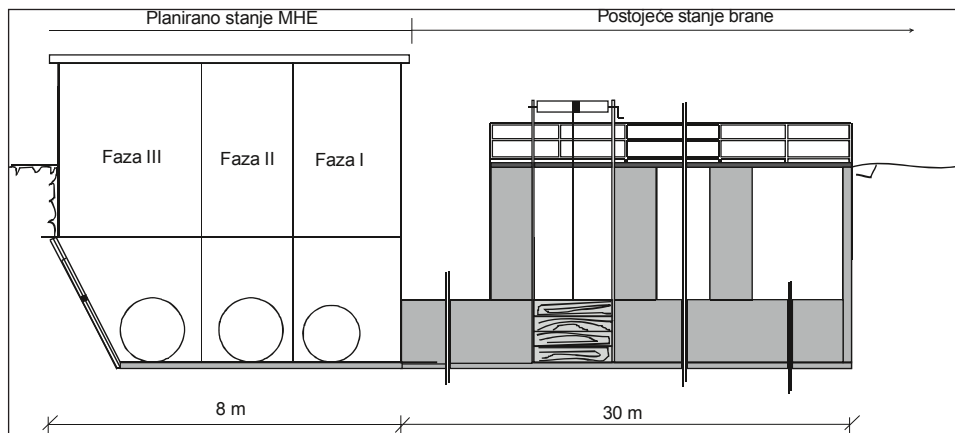
Na izlazu iz mašinske zgrade urađena je izlazna građevina koja omogućava da se režim izlazne vode svede na režim tečenja u osnovnom koritu. Izlazna građevina se sastoji od: slapišta difuzora, risberma sa završnim zubom, nizvodnog obezbeđenja korita kamenom u betonu, razdeobnog zida prema reci i prema delu izlazne građevine koja će biti urađena u drugoj fazi izgradnje. Na spoju celokupnog kompleksa objekta MHE sa obalom, sagrađena je obaloutvrda radi uređenja i stabilizovanja obale rečnog korita od erozije. Obaloutvrda je u obliku betonskih zidova visine nivoa srednje velike vode.

Prostor ulazne građevine služi kao vodna komora na prelazu vode iz slobodnog tečenja u cev turbine. Na ulazu u ovaj prostor urađen je betonski bočni preliv. Dno ovog prostora je niže od donje ivice cevi turbine, tako da se dospeli mulj povremeno čisti.

U sagrađeni objekat montirana je oprema: cevna propelerna *S* turbina; asinhroni generator snage 38 kW i sinhrona brzine obrtanja 750 min^{-1} ; mehanički prenos u vidu remenica sa pljosnatim kaišem, prenosaog odnosa 1: 3,2.

Razvodni i merni ormani su smešteni na betonskoj ploči iznad generatora, tj. u gornjoj, ulaznoj prostoriji u koju se ulazi sa obale. U ormanima je smeštena rasklopna, merna i zaštitna oprema. U donjem delu ormana smeštene su kondenzatorske baterije za kompenzaciju reaktivne snage. Sa sabirnica mernog ormana polazi kabl tipa PP 00-A 4 x 95 mm², koji je položen po unutrašnjem zidu mašinske

zgrade. Kabl je dalje položen u postojećoj cevi ϕ 300 mm, koja je najpre čelična (preko brane), a zatim prelazi u azbestno cementnu (ispod zemlje i puta) i završava se u šahti dvorišta Fabrike mernih transformatora, gde se nalazi trafo-stanica 10/0,4 kV/kV, 630 kVA. Od šahte do trafo-stanice kabl je položen u rovu. U transformatorskoj ćeliji kabl je, preko osigurača i prekidača snage, vezan na sabirnice transformatora. Ukupna dužina kabla je 150 m.

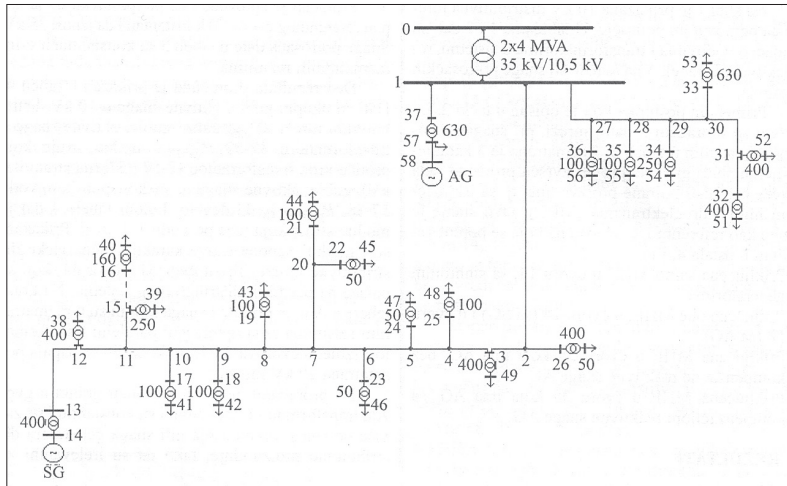


Slika 1. Skica vertikalnog preseka projektovane mašinske zgrade MHE

MHE je priključena na distributivnu mrežu ED Zaječar na području Zvezdan-Gamzigrad (slika 3), na koju je priključena još jedna MHE snage 160 kVA (SG), koja je u pogonu još od 1907. godine i predstavlja jednu od prvih elektrana u Srbiji (ranije je radila sa instalisanom snagom 320 kVA). To je mikro hidroelektrana „Gamzigrad”. Snaga kojom sagrađena MHE radi posle ove prve faze izgradnje iznosi 38 kW. U drugoj fazi se predviđa ukupna instalisana snaga od 100 kW.



Slika 2. Fotografija sagrađene MHE i postojeće brane sa dograđenim ustavama na njoj



Slika 3. Distributivna mreža ED Zaječar, područje Zvezdan-Gamzigrad sa priključenom MHE, 38 kW

3. REZULTATI PROVERE PARAMETARA MHE U TOKU RADA

Na početku rada MHE izvršena je provera parametara električne i mašinske opreme i zaštitnih elemenata. Za ostvareni neto pad od 2,5 m (brana sa dodatim ustavama) dobijena je snaga asinhronog generatora od 38 kW. Proizvođač modela turbine (sa radnim kolom prečnika 200 mm) dao je određeni radni režim [2] ukupni stepen iskorišćenja (turbina – generator) 0,6. Pri tome, turbina i generator su bili spregnuti direktno na osovini, bez mehaničkog prenosa. U slučaju ugrađene turbine (prečnika radnog kola 998 mm), „efekat razmere” [7] povećava stepen iskorišćenja ali ga, istovremeno, prenos pomoću remenica smanjuje. Sa dobijenog Q - H dijagrama [5,6] sledi da za pad od $H_n = 2,5$ m maksimalni protok kroz turbinu iznosi $Q_t = 2,5$ m³/s. Primenom izraza (1) [4,8] za električnu snagu od $P = 38$ kW (koja je izmerena), ukupni stepen iskorišćenja ugrađenog agregata je $\eta \approx 0,6$. Prema tome, dobijen je isti stepen iskorišćenja kao kod sistema: model turbine – generator.

$$P = \eta 10 Q_t H_n \quad (1)$$

4. ENERGETSKI I EKOLOŠKI EFEKTI SAGRAĐENE MHE

Izgradnjom objekta MHE na Crnom Timoku omogućeno je iskorišćenje potencijalne energije napuštenog vodozahvata koji je pre 50 godina sagrađen za potrebe tadašnje termoelektrane, a kasnije je neko vreme korišćen za snabdevanje sistema za navodnjavanje. Energija koja je na taj način dobijena iznosi 250.000 kWh/god posle prve faze izgradnje MHE. Posle realizacije druge faze MHE očekuje se oko 500 000 kWh/god. Time je dat doprinos težnji Srbije da uhvati korak sa zemljama Evropske zajednice ka osvajanju što većih količina energije iz raspoloživih obnovljivih izvora. Izgradnjom MHE indirektno je ostvarena supstitucija energije koja bi se dobila iz neobnovljivih izvora, kao što su, na primer, uglj ili mazut.

Na osnovu očekivane proizvodnje električne energije posle prve i druge faze izgradnje MHE izračunate su uštede uglja i mazuta koji bi se utrošili za proizvodnju istih količina energije. Proračun je izvršen uz pretpostavku da se u termoelektranama ostvaruje prosečan stepen iskorišćenja 33% pri sagorevanju uglja prosečne donje toplotne moći $h_d = 9000$ kJ/kg i prosečnog sadržaja pepela 20% ili mazuta prosečne donje toplotne moći $h_d = 40$ MJ/kg. Prema ovim proračunima, očekivana godišnja ušteda uglja posle prve faze MHE je 297,14 t ili mazuta 66,86 t, a posle druge faze 594,28 t uglja, odnosno 133,72 t mazuta.

Očekivano godišnje smanjenje emitovanja CO₂ supstitucijom proizvodnje električne energije u termoelektrani proizvodnjom u sagrađenoj MHE posle pr-

ve faze je 304,8 t CO₂ (ako je gorivo ugalj) ili 201,8 t CO₂ (ako je gorivo mazut) i posle druge faze: 609,6 t CO₂ (ako je gorivo ugalj), i 403,6 t (ako je gorivo mazut). Očekivano godišnje smanjenje količine pepela je 59,43 t posle prve faze MHE, odnosno 118,86 t posle druge faze.

Poznato je da pri distribuiranoj proizvodnji električne energije dolazi do smanjenja gubitaka energije u mreži i poboljšanja naponskih prilika. Koristeći podatke o parametrima vodova, o transformatorima i o snagama potrošačkih čvorova u distributivnoj mreži (slika 3), izvršen je proračun napona u čvorovima i gubitaka snage u pojedinim elementima i u celoj mreži [9]. Proračun je izvršen za slučajeve: bez priključene MHE, sa priključenom prvom fazom i sa priključenom drugom fazom izgradnje MHE (tabela 1).

Tabela 1. Gubici snage u distributivnoj mreži sa i bez MHE

	P_G [kW] pri $\cos\varphi=0,95$	$\sum P_{\text{loss}}$ [kW] (ukupni gubici snage u vodovima)	$P_{\text{loss } T_{37-57}}$ [kW] (gubici snage u transformatoru T ₃₇₋₅₇)
Bez MHE	0	25,64	1,53
Prva faza MHE	40	25,12	1,16
Druga faza MHE	100	24,52	0,763

5. ZAKLJUČAK

Sagrađena MHE na postojećoj brani na Crnom Timoku može poslužiti kao model za izgradnju drugih MHE na napuštenim branama sa vrlo malim padovima. Time bi se omogućilo približavanje ispunjenju zahteva Direktive Evropske zajednice koja važi za njene članice, a koja se odnosi na obavezne kvote električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora.

6. LITERATURA

- [1] *** Publikacija IEC Elektro i mašinska oprema – Uputstvo za male hidroelektrane – prevod, Zajednica jugoslovenske Elektroprivrede, 1988.
- [2] M. Jevtić, *Razvoj modela mikro hidroelektrane na brani sistema za navodnjavanje sa ispitivanjem i analizom njegovog rada u distributivnom sistemu – konačni izveštaj o realizaciji Projekta*, Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine, Beograd, 2006.

- [3] M. Jevtić, *Glavni projekat mikro hidroelektrane na levoj obali Crnog Timoka na k. p. br. 8157/5 KO Zvezdan – elektro deo*, 2003.
- [4] A. Sarić i M. Jevtić, *Izbor turbine i generatora za mikro hidroelektrane*, Zbornik XXVII Savetovanja JUKO CIGRE, Zlatibor, 2005. s. 98-105.
- [5] N. Maričić, *Procena karakteristika izvedene cevne neregulisane mikro hidroturbine*, Elektroprivreda, 58(2006)3, pp 48-53.
- [6] M. Jevtić i N. Maričić, *Izbor i konstrukcija turbine za mikro hidroelektranu Jevtić na Crnom Timoku*, Zbornik, Peti naučni skup Alternativni izvori energije i budućnost njihove primene, Crnogorska akademija nauka i umjetnosti, Budva, oktobar 2007.
- [7] M. Benišek, *Hidraulične mašine*, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1998.
- [8] A. Harvey, A. Brown, P. Hettiarachi and A. Inversin, *Micro Hydro Design Manual. A guide to small-scale water power scheme* Intermediate Technology Publications, London, UK, 2000.
- [9] J. Radosavljević i M. Jevtic, *Uticao distribuirane proizvodnje na padove napona, tokove snaga i gubitke snage u radialnoj distributivnoj mreži* Elektroprivreda, 57(2005)1, pp 58-65.

DESIGN AND CONSTRUCTION OF MICRO HYDRO POWER PLANT ON RIVER CRNI TIMOK

ABSTRACT:

The results of project of micro hydro power plant (MHP), which was constructed on the weir for irrigation system at river Crni Timok, is summed in the paper. The project included the investigation of construct MHP possibility, development of MHP model for extremely low heads, designing and construction of turbine, designing, construction and starting of MHP. The technical characteristics of constructed MHP are described. At the end, analyze of MHP ecological and energetic effects are given.

