

mr.sc. Alen Katić, dipl.ing.el.
HEP-ODS d.o.o., Elektra Karlovac
alen.katic@hep.hr

Dalibor Jakšić, dipl.ing.el.
HEP-ODS d.o.o., Elektra Karlovac
dalibor.jaksic@hep.hr

MHE KRIŽANČIĆI U POGONU NA ELEKTROENERGETSKOJ MREŽI HEP-ODS-A

SAŽETAK

Početkom 2015. godine na području Elektre Karlovac u rad je puštena MHE Križančići. Referat daje pregled svih aktivnosti (dozvole, suglasnosti, elaborati i sl.) koje je bilo nužno prijeći da bi se MHE izgradila i pustila u pogon. Obraduje se i financijski aspekt predmetne MHE, jer daje uvid u cijenu izgradnje MHE, godišnju proizvodnju i potrošnju električne energije kao i vršno opterećenje (u oba smjera) tijekom mjeseci unutar jedne godine. Referat također navodi iskustva i probleme operatora sustava s predmetnim proizvođačem električne energije na elektroenergetskoj mreži.

Ključne riječi: mala hidroelektrana, proizvodnja i potrošnja električne energije, vršno opterećenje, prekidač za odvajanje, elaborat udešenja zaštite

SMALL POWER PLANT KRIŽANČIĆI WORKS ON ELECTROENERGETICAL NETWORK OF HEP-ODS

SUMMARY

On beginning of the 2015. on area of Elektra Karlovac was connected on electroenergetical grid small hydro power plant Križančići. Paper gives review of all activities (premissions, approvals, studies etc.) which was necessary to cross so that small hydro power plant could be build and connected on network. Financial aspect of the small hydro power plant is processed, because it gives insight into the cost of building small hydro power plant, annual production and consumption of electricity and peak power (in either direction) during the months within a year. The paper also cites the experiences and problems of the system operator with present producer of electricity on power grid.

Key words: small hydro power plants, production and consumption of electricity, peak power , disconnection device, study of protection setting

1. UVOD

U siječnju 2015. godine HEP-ODS d.o.o., Elektra Karlovac (Elektra) pustila je u pogon malu hidroelektranu (MHE) Križančiči. Puštanje u pogon hidroelektrane bilo je točka na „i“ ukupnog rada na izgradnji priključka, a i same hidroelektrane.

Na lokaciji hidroelektrane nekada je postojao „Križančiča mlin“, koji je do početka izgradnje bio u potpunosti devastiran i porušen. Zahvat na rječici Kupčini, koji je služio za mlin je bio derutan i neupotrebljiv za hidroelektranu zbog dotrajalosti, ali i nefunkcionalnosti te premalog pada vode. S obzirom na to da na lokaciji gotovo da nije bilo zahvata (ostaci postojećeg mlina samo su stvarali probleme prije početka radova zbog toga što je trebalo pripremiti gradilište), može se reći da se radi o investiciji od samoga početka.

Cilj referata je dati uvid u problematiku priključenja i izgradnje obnovljivih izvora, u ovom slučaju MHE, od početka pa sve do puštanja pod napon odnosno do izdavanja dozvole za trajni pogon, te znanja i iskustva koje je operator sustava stekao s predmetnom MHE.

2. POTREBNA DOKUMENTACIJA

Investitor je, prije početka upravnog postupka izdavanja lokacijske dozvole i podnošenja zahtjeva za PEES mora izraditi procjenu utjecaja na okoliš. Procjenu je izradio tijekom 2011. godine, te je pozitivno rješenje Ministarstva ishodio relativno brzo. Sve je trajalo oko šest tjedana.

Prvi kontakt investitora tvrtke EKOTOK d.o.o. i Elektro bio je podnošenje zahtjeva za izdavanje tehno-ekonomskih podataka 21.05.2012. godine. Traženi dokument je Elektra izdala 21.05.2012. godine.

Dana 12.10.2012. godine zaprimili smo poziv na uvid u idejni projekt nadležnog odjela Karlovačke županije, te smo isti i održali 19.10.2012. godine u prostorijama Ureda. Nakon uvida, utvrđeno je da u idejnom projektu nisu navedeni svi podaci nužni za izdavanje prethodne elektroenergetske suglasnosti (PEES), stoga je investitor dopunio svoj zahtjev, te je Elektra izdala PEES i pripadni Ugovor o priključenju 29.10.2012. godine. Uvjeti priključenja prema PEES bilo je polaganje 20 kV kabela od postojeće dalekovoda do trafostanice u duljini od 830 m, izgradnja nove stupne trafostanice na betonskom stupu nazivne snage 250 kVA s instaliranim transformatorom od 160 kVA i postavljanje samostojećeg priključno-mjernog ormara (SPMO) uz trafostanicu. Ugovor o priključenju je potpisan 04.06.2012. godine.

Investitor je dana 19.12.2012. godine ishodio pravomoćnu i izvršnu lokacijsku dozvolu za MHE Križančiči.

U fazi projektiranja hidroelektrane, utvrđeno je da priključna snaga elektrane ne iznosi 99 kW, kao što je to bilo prema prvoj PEES i prvom zahtjevu, već ona iznosi 105 kW, tako da je investitor ponovo podnio zahtjev za PEES 07.01.2014. godine, te je izdana nova PEES 08.01.2014. godine s istim uvjetima priključenja i promijenjenom priključnom snagom u smjeru proizvodnje električne energije.

Dana 11.02.2014. godine zaprimili smo poziv na uvid u idejni projekt SN kabel i TS Križančiči nadležnog odjela Karlovačke županije, te smo isti i održali 19.02.2014. godine u prostorijama ureda. Prilikom uvida nismo imali primjedbi na idejni projekt te je nadležni ured ubrzo izdao lokacijsku dozvolu 21.03.2014. godine, Klasa: UP/I-350-05/13-01/32, UrBroj: 2133/1-07-02/02-14-16.

Investitor je dana 28.03.2014. godine ishodio pravomoćnu i izvršnu Potvrdu glavnog projekta za MHE Križančiči.

Dana 12.06.2014. godine investitor je započeo s izgradnjom hidroelektrane.

Zahtjev za Potvrdu glavnog projekta za SN kabel i TS Križančiči pri nadležnom odjelu Karlovačke županije Elektra je podnijela 09.05.2014. godine. Nadležni ured izdao je građevinsku dozvolu 30.07.2014. godine, Klasa: UP/I-361-03/14-11/5, UrBroj: 2133/1-07-02/02-14-08 (Izmjena i dopuna građevinske dozvole, Klasa UP/I-361-03/15-01/000101, UrBroj: 2133/1-07-02/01-15-0011, Karlovac, 21.10.2015.).

Dana 05.11.2014. godine održan je interni tehnički pregled za puštanje pod napon SN kabela i TS Križančiči. Nakon otklanjanja nedostataka u gradnji na navedenim građevinama, iste su puštene u pogon.

Elaborat utjecaja elektrane na mrežu (EUEM) usklađen je 03.11.2014., te je o tome izdana potvrda. Elaborat udešenja zaštite (EUZ) usklađen je 10.12.2014., te je o tome isto tako izdana potvrda.

Ugovor o otkupu s Hrvatskim operatorom tržišta električne energije sklopljen je 29.07.2014. godine.

Zahtjev za elektroenergetsku suglasnost (EES) i za priključenje elektrane investitor je podnio 12.12.2014. godine, te je Elektra izdala EES dana 15.12.2014. godine.

Dana 19.01.2015. godine izvršeno je ispitivanje elektrane u pokusnom radu i sklopljen je Ugovor o vođenju pogona elektrane na sučelju s mrežom. S ovim datumom je elektrana i puštena u pokusni rad s mrežom.

Konačno izvješće o ispitivanju paralelnog pogona elektrane MHE Križančići s mrežom u pokusnom radu dostavljeno je u Elektru 04.02.2015. godine, te je Elektra izdala Dozvolu za trajni pogon elektrane s distribucijskom mrežom dana 06.02.2015. godine.

Tehnički pregled građevine je održan 02.04.2015. godine, te je Uporabnu dozvolu nadležno tijelo Karlovačke županije izdalo 12.04.2015. godine.

Dana 02.06.2015. godine započeo otkup električne energije po poticajnoj cijeni prema Ugovoru o otkupu.

3. OSTVARENA PROIZVODNJA I POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE I TEHNIČKI PODACI

3.1. Tehnički podaci elektrane

U hidroelektrani je ugrađen jedan agregat tvrtke FELA Gmbh tipa DIVE950-100. U daljnjem tekstu je dan pregled svih tehničkih podataka hidroelektrane. Agregat je moderan i vrlo napredno izveden. Radi se o sinkronom generatoru s permanentnim magnetima koji proizvodi električnu energiju varijabilne frekvencije i napona. S time se osigurava rad hidroelektrane u veoma varijabilnom režimu rada s obzirom na protok i pad, te je pogodna za male i nestalne vodotoke.

Ovakva električna energija varijabilne frekvencije i napona vodi se na ispravljač gdje se dobiva istosmjerna struja, te se to odmah dovodi na izmjenjivač gdje se formira valni oblik i tako (preko filtera) isporučuje u elektroenergetsku mrežu.

Tehnički podaci o generatoru:

• Vrsta generatora:	sinkroni s permanentnim magnetima
• Proizvođač:	OSWALD
• Tip:	TF36.60-24
• Nazivna meh. radna snaga turbine:	105 kW
• Nazivna el. radna snaga generatora:	110 kW
• Nazivni napon:	360 – 420 V
• Nazivna frekvencija:	28 - 88 Hz
• Nazivna struja:	160 A
• Nazivna korisnost, η :	95,7%
• Brzina vrtnje:	$n = 50 - 400 \text{ min}^{-1}$
• Broj faza:	3
• Spoj faza:	zvijezda
• Broj polova:	16 - 40

Tehnički podaci o turbini:

• Tip turbine:	Kaplan turbina
• Nazivni neto pad:	$H_k = 2,8 \text{ m}$
• Nazivni protok:	$Q_{tn} = 3,5 \text{ m}^3/\text{s}$
• Nazivna snaga na osovini turbine kod nazivnog pada i nazivnog protoka:	$P_{tn} = 105 \text{ kW}$
• Nazivna snaga na osovini turbine:	$P_{tn0} = 130 \text{ kW}$
• Nazivni broj okretaja:	$n = 255 \text{ min}^{-1}$
• područje broja okretaja:	$n = 100 - 315 \text{ min}^{-1}$
• min/maks protok:	$Q_t = 0.3 - 3,5 \text{ m}^3/\text{s}$

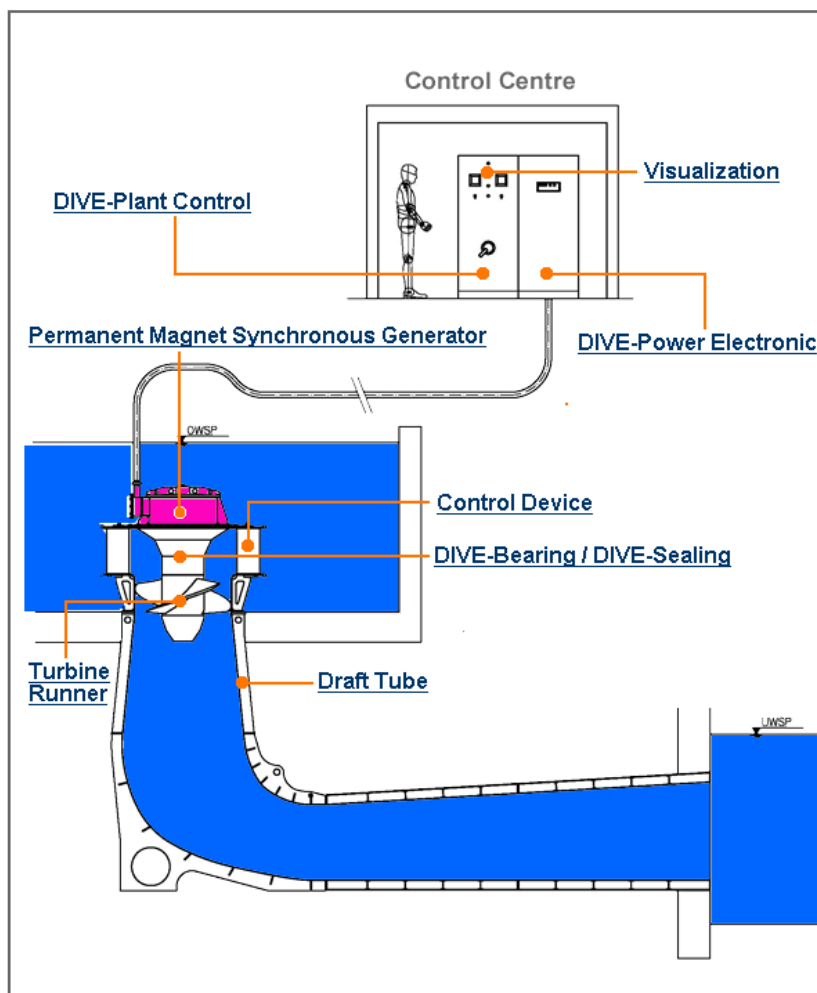
Tehnički podaci o generatorskom ispravljaču:

- Tip: BONFIGIOLI ACU 401-45
- Preporučena snaga: 90 kW
- Izlazna struja: 180 A
- Mrežni AC napon: 320 – 528 V
- Mrežna frekvencija: 45 – 66 Hz
- DC napon: 770 V

Tehnički podaci o mrežnom izmjenjivaču:

- Tip: BONFIGIOLI ACE 401-45
- Izlazna snaga: 124,7 kVA
- Izlazna struja: 180 A
- Preporučena snaga: 90 kW
- Izlazni napon: 320 – 460 Hz
- Izlazna frekvencija: 45 – 66 Hz
- THD: < 3%
- Izlazni DC napon: 770 V

Prema razgovoru s investitorom i njegovima podacima, kompletna investicija hidroelektrane sa svima priključcima i projektnom dokumentacijom iznosila je 4,7 milijuna kuna.



Slika 1. Princip rada

3.2. Potrošnja i proizvodnja električne energije

Odobrena priključna snaga hidroelektrane iznosi 105 kW za smjer proizvodnje električne energije dok za potrošnju električne energije ona iznosi 29 kW. Predvidiva godišnja proizvodnja električne energije iznosila je 486.000,00 kWh/god, dok je potrošnja elektrane (suprotni smjer) iznosila 500 kWh/god.

Tablica I. Potrošnja električne energije i vršno opterećenje u smjeru potrošnje MHE Križančići

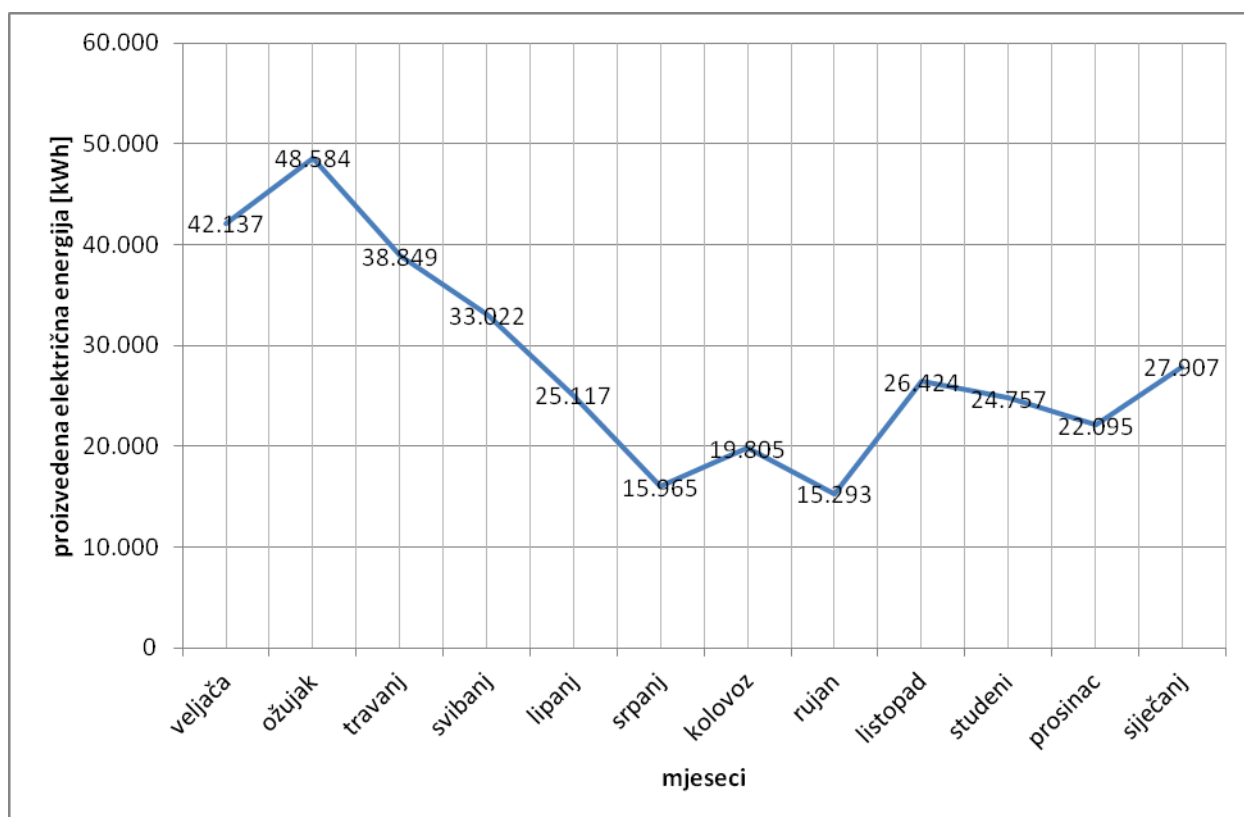
godina	mjesec	radna energija [kWh]	vršno opterećenje [kW]
2015.	veljača	52	6,36
	ožujak	0	0,00
	travanj	3	1,32
	svibanj	1	0,48
	lipanj	0	0,45
	srpanj	2	0,57
	kolovoz	4	2,22
	rujan	8	1,14
	listopad	22	3,00
	studen	7	1,98
	prosinac	2	2,88
2016.	siječanj	1	0,69

Elektrana je u promatranom vremenskom razdoblju potrošila 102 kWh, te je ostvarila maksimalno vršno opterećenje na mreži od 6,36 kW (u smjeru potrošnje električne energije).

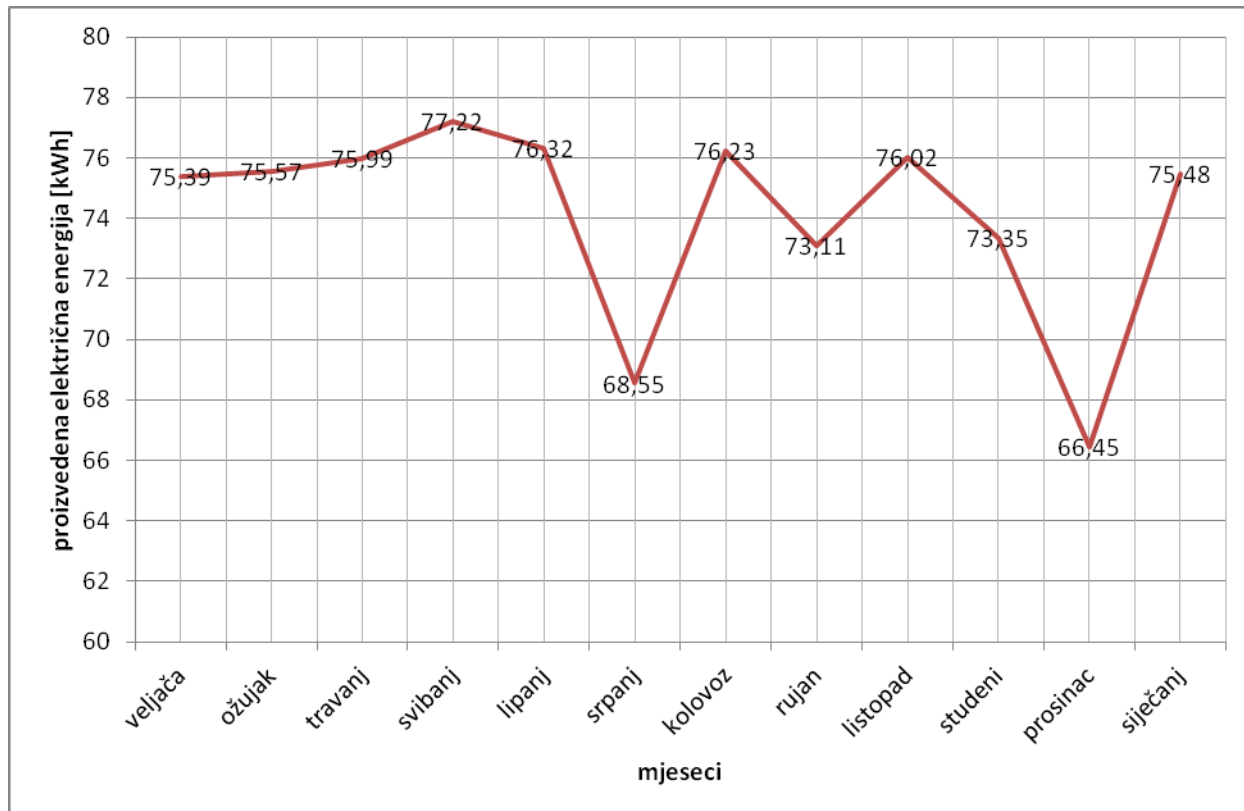
Tablica II. Proizvodnja električne energije i vršno opterećenje u smjeru proizvodnje MHE Križančići

godina	mjesec	radna energija [kWh]	vršno opterećenje [kW]
2015.	veljača	42.137	75,39
	ožujak	48.584	75,57
	travanj	38.849	75,99
	svibanj	33.022	77,22
	lipanj	25.117	76,32
	srpanj	15.965	68,55
	kolovoz	19.805	76,23
	rujan	15.293	73,11
	listopad	26.424	76,02
	studen	24.757	73,35
	prosinac	22.095	66,45
2016.	siječanj	27.907	75,48

Elektrana je u promatranom vremenskom razdoblju proizvela 339.955 kWh, te je ostvarila maksimalno vršno opterećenje na mreži od 77,22 kW (u smjeru proizvodnje električne energije).



Slika 2. Graf proizvodnje električne energije po mjesecima



Slika 3. Graf vršnog opterećenja u smjeru proizvodnje električne energije po mjesecima

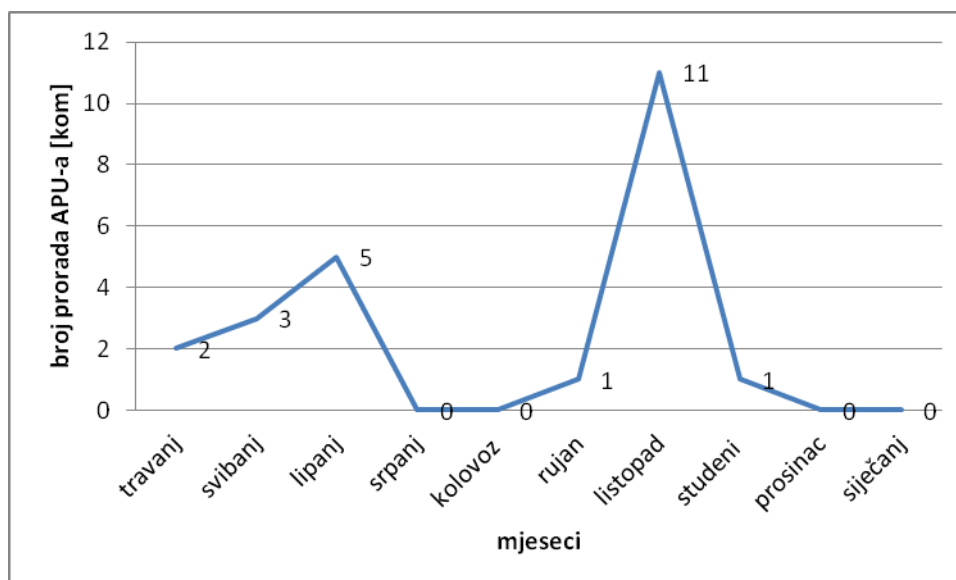
3.3. Pogon hidroelektrane na elektroenergetskoj mreži HEP-ODS-a

Nakon puštanja elektrane u probni pogon 19.01.2015. godine provedeno je ispitivanje hidroelektrane u pokusnom radu. Nakon što su svi pokusi predviđeni programom ispitivanja uspjeli, hidroelektrana je ostala u paralelnom pogonu s elektroenergetskom mrežom.

Prvih nekoliko noći u više navrata proradila je nadnaponska zaštita u hidroelektrani, jer je napon prelazio vrijednosti podešene EUZ-om od 257,6 V na koliko je podešena zaštita prvog stupnja na izmjenjivaču hidroelektrane. S obzirom na navedeno, Elektra je smanjila prijenosni omjer energetskog transformatora 160 kVA u TS 20/0,4 kV Križančiči. Regulacijska preklopka na transformatoru 20/0,42 kV spušta se u najniži položaj. Ovom intervencijom u trafostanici izbjegnute su daljnje prorade nadnaponske zaštite.

U trajnom pogonu bilo je i problema sa proradom zaštite na prekidaču za odvajanje prilikom prorade automatskog ponovnog uklopa mreže (APU) odnosno prilikom prorade usmjerene zemljospojne zaštite u prvom stupnju na predmetnom vodu. Naime, često je kod prorade zemljospojne zaštite u prvom stupnju osim generatorskog prekidača, dolazilo do prorade podnaponske zaštite prekidača za odvajanje u SPMO-u pored TS Križančiči. S obzirom na to da prekidač za odvajanje nije opremljen uređajem za daljinsko uklapanje iz CDU-a Elektre, bilo je potrebno slati dežurnu službu iz Pogona Jastrebarsko ili CDU-a iz Karlovca da ponovno uklopi prekidač za odvajanje. Ovo nije bio preveliki problem, jer se hidroelektrana nalazi u urbaniziranoj zoni Karlovačke županije, te nije smještena daleko od prometnica odnosno naselja. Tokom listopada prorade prekidača za odvajanje su se zaredale, te su se javljale u noćnim satima. Analizom prorada zaštite u pojnoj TS na predmetnom vodu zaključeno da prorađuje usmjerena zemljospojna zaštita u prvom stupnju te da je najvjerojatnije riječ o visokoomskom kvaru zbog kojeg napon u SPMO-u padne ispod definirane vrijednosti što rezultira ispadom prekidača za odvajanje. Stoga je odlučeno da se vremensko zatezanje podnaponske zaštite u SPMO-u dodatno zategne kako bi sigurno bilo iznad vremena prorade zemljospojne zaštite u prvom stupnju. Generatorski prekidač u hidroelektrani je odrađivao te u niti jednom trenutku nije bila ugrožena selektivnost ugrađenih zaštita niti sigurnost mreže. Bitno je napomenuti je vod nakon prorade zemljospojne zaštite i ponovnog uklopa redovito ostajao u pogonu na duže vrijeme. Tokom listopada u mreži je lociran i otklonjen kvar.

Vlasnik se i danas povremeno žali na prorade APU-a zbog toga što prilikom svake njegove prorade hidroelektrana ispada s elektroenergetske mreže, ali s obzirom da je broj prorada brzog APU-a smanjen na jednom mjesečno, te da ispada prekidača za odvajanje danas nema radi prorade istog, Elektra više ne radi na nikakvim intervencijama na mreži zbog smanjenja prorade brzog APU-a.



Slika 4. Broj prorada APU-a po mjesecima

Danas u redovnom pogonu HEP ODS nema problema s pogonom MHE Križančiči, ali se javlja problem orošavanja SPMO-a u jesenskim, zimskim i proljetnim mjesecima. S obzirom na to da Elektra ima iskustva s ovim problemom na drugim postrojenjima, potrebno je ugraditi ventilator unutar SPMO-a koji bi riješio ovaj problem. Međutim, potrebno je paziti na IPO zaštitu ormara, a koja bi bila narušena

samoinicijativnom ugradnjom ventilatora. Isto se tako postavlja pitanje vlastite potrošnje u ormaru za potrošnju ventilatora koju je potrebno nekako mjeriti.

Nadalje, ostaje problem daljinskog vođenja prekidača za odvajanje. Prilikom pogona ove hidroelektrane dobro je da je ista izgrađena blizu većih centara (između Jastrebarskog i Karlovca), te je svaka intervencija ponovnog ukapčanja kratko trajala. Međutim, da se hidroelektrana nalazi u pasivnijim krajevima Elektre (gdje bi se takav objekt mogao očekivati), dolazilo bi do problema pristupa do hidroelektrane, odnosno došlo bi do problema udaljenosti hidroelektrane od nadležnog pogona Elektre. Stoga je nužno paziti na dostupnost prekidača za odvajanje, a ukoliko će elektrana biti izvedena relativno daleko od sjedišta pogona potrebno je predvidjeti mogućnost daljinskog ponovnog uklopa elektrane iz nadležnog dispečerskog centra nadležne Elektre.

4. ZAKLJUČAK

MHE Križančići je jedna od malobrojnih elektrana male snage u Republici Hrvatskoj napravljenih s najmodernijom tehnologijom proizvodnje električne energije. Kao takva je primjer hidroelektrana koje se mogu graditi na malim vodotocima s malim priključnim snagama. Stoga je i bila tema ovog rada, obrađena sa stajališta vlasnika (potrebna ulaganja i trajanje izrade dokumentacije) i operatora sustava (iskustva pogona na elektroenergetskoj mreži).

Smatramo da je na temelju ovih iskustava nužno izraditi tipska rješenja SPMO-a koja se sklapaju za priključak elektrana ovih snaga (od 30 kW do 150 kW priključne snage), te ih primjenjivati u praksi.

5. LITERATURA

- [1] Mrežna pravila elektroenergetskog sustava (NN, br. 36/06).
- [2] HEP-ODS, HEP-OPS, "Naputak za primjenu važećih zakona i pravilnika glede uspostavljanja priključka obnovljivih izvora električne energije i kogeneracije na distribucijsku i prijenosnu mrežu", 2009.
- [3] PROINTEGRIS d.o.o., "MHE Križančići Elaborat udešenja zaštite", Split, prosinac 2014.
- [4] mr.sc. Alen Katić, dipl.ing.el., "Pogon male hidroelektrane Mataković na elektroenergetskoj razdjelnoj mreži Elektre Karlovac", 2.(8.) savjetovanje HO-CIRED, Umag, svibanj 2010.