

Davor Bajs, dipl. ing	(www.eihp.hr/~dbajs)
Goran Majstrovic, dipl. ing	(www.eihp.hr/~gmajstro)
Mislav Majstrovic, dipl. ing	(www.eihp.hr/~mmajstro)
Nijaz Dizdarevic, dipl. ing.	(www.eihp.hr/~ndizdar)
Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb	(www.eihp.hr)

SIGURNOST PLASMANA SNAGE HIDROELEKTRANA VODOTOKA CETINE U EES

SAŽETAK

U članku se opisuju analize sigurnosti plasmana snage hidroelektrana vodotoka Cetine (HE Zakučac, HE Orlovac, HE Peruća, HE Đale i HE Kraljevac) u elektroenergetski sustav za različita pogonska stanja ovisna o njihovom angažmanu, opterećenju sustava, raspoloživosti priključnih grana i ostalim utjecajnim faktorima. Na osnovu rezultata analiza predlažu se potrebna pojačanja mreže u cilju povećavanja sigurnosti plasmana proizvodnje razmatranih hidroelektrana u mrežu. Analizira se uloga razmatranih hidroelektrana u pružanju pomoćnih usluga sustavu, prvenstveno u regulaciji napona i tokova reaktivnih snaga.

Ključne riječi: sigurnost plasmana snage, HE vodotoka Cetine, pojačanja mreže, Q/U regulacija

POWER EVACUATION SECURITY OF HYDRO POWER PLANTS ON CETINA RIVER

ABSTRACT

Analyses of power evacuation security of hydro power plants on Cetina river (HE Zakučac, HE Orlovac, HE Peruća, HE Đale and HE Kraljevac), depending on their dispatch, load level, branches availability and other important factors, are described in this paper. Necessary network reinforcements are suggested in order to increase security of their power evacuation. Hydro power plants on Cetina river participation in ancillary services is analyzed, mainly with respect to Q/U regulation.

Key words: power evacuation security, HPP on Cetina river, network reinforcements, Q/U regulation

1. UVOD

Konceptija iskorištenja šireg sliva rijeke Cetine rezultirala je izgradnjom nekoliko višenamjenskih proizvodnih objekata i postrojenja te pripadnih akumulacijskih jezera. Najznačajnija od njih svakako je HE Zakučac u kojoj se iskorištava najveći dio energetskeg potencijala rijeke Cetine. Preostali energetskeg potencijal se iskorištava u HE Peruća, HE Orlovac, RHE Buško Blato, HE Đale i HE Kraljevac. Ukupna instalirana snaga hidroelektrana iznosi 856.40 MW, a ukupna prosječna godišnja proizvodnja 2.527 GWh.

Navedeni hidroenergetski objekti su izgrađeni između 1912. i 1990. godine te se znatno razlikuju po svojoj starosti, konceptijskim i tehničkim rješenjima, pouzdanosti i raspoloživosti opreme. Vremenom će doći do rekonstrukcije, modernizacije i obnove svih hidroelektrana. Trenutno su u procesu rekonstrukcije, modernizacije i obnove HE Peruća i HE Zakučac. HE Zakučac će nakon obnove biti opremljena predvidivo s četiri generatora 135 MW (ukupno 540 MW), a HE Peruća s dva generatora 30.6 MW (ukupno 61.2 MW).

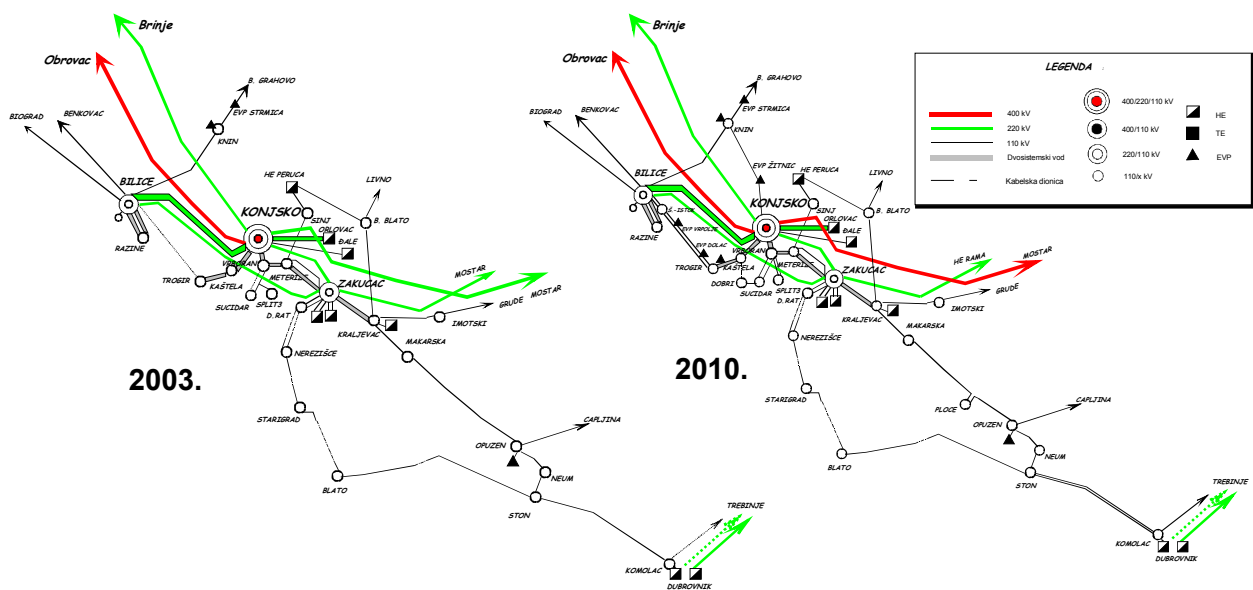
Uloga hidroelektrana vodotoka Cetine u EES-u Hrvatske je značajna kako s osnova moguće proizvedene električne energije i angažirane snage, tako i s osnova mogućnosti P/f i Q/U regulacije.

Razmatrane hidroelektrane su priključene na elektroenergetski sustav RH dalekovodima 220 kV i 110 kV naponske razine. Njihova proizvodnja (snaga i energija) ovisna je o raspoloživosti vode i potrebama elektroenergetskog sustava. Na osnovi dispečerskih iskustava može se konstatirati da priključak pojedinih hidroelektrana (Zakućac, Đale) u pojedinim mogućim pogonskim stanjima ne omogućava siguran plasman ukupne snage (proizvodnje) hidroelektrane. Glavni uzrok tomu su promijenjene elektroenergetske okolnosti u odnosu na stanje kada je priključak izveden (HE Zakućac) ali i sama koncepcija priključka (HE Đale). Promatrajući statistiku pogonskih događaja [1] možemo zaključiti da pouzdanost priključnih vodova svih HE na Cetini karakteriziraju mala vremena neraspoloživosti vodova (<1,4 % s obzirom na prisilne zastoje), ali povećani broj ispada (>6/god.) (starost, nepovoljni klimatski uvjeti).

U nastavku referata opisuju se rezultati analize priključka hidroelektrana vodotoka Cetine na EES s osnova moguće proizvodnje i sigurnosti plasmata električne snage i energije te njihove uloge u pružanju servisnih (pomoćnih) usluga sustavu, za postojeće stanje mreže (2003.) i stanje nakon revitalizacije HE Zakućac i HE Peruća (2010.).

2. MODEL EES HRVATSKE I SUSJEDNIH SUSTAVA, VERIFIKACIJA MODELA, SCENARIJI I KRITERIJI ISPITIVANJA

Postavljanje i verifikacija modela EES Hrvatske su izvršeni s obzirom na zabilježeno pogonsko stanje karakteristično po maksimalnom opterećenju EES za studeni 2002. godine. EES Hrvatske u zabilježenom pogonskom stanju je modeliran u PSS/E formatu, kao dio cjelokupne mreže UCTE (tzv. 1. sinkrona zona), uključujući i dio Bosne i Hercegovine koji radi sinkrono s UCTE. Model se sastoji od 400 kV, 220 kV i 110 kV vodova i transformatora. Elektrane su modelirane kao grupe generatora i blok transformatora, pri čemu su generatorske sabirnice modelirane kao PV čvorišta. Tereti su modelirani na 110 kV naponskoj razini, a čvorovi tereta modelirani su kao čvorovi konstantne snage (PQ čvorovi). Detaljno modelirana prijenosna mreža Hrvatske elektroprivrede (u dijelu Dalmacije prikazana slikom 1) smještena je unutar sveobuhvatnog modela cijelog UCTE sustava s naponskim razinama 400 kV i 220 kV.



Slika 1 Konfiguracija prijenosne mreže dijela Dalmacije (kraj 2003. godine)

Verifikacija modela je izvršena usporedbom rezultata proračuna tokova snaga na modelu za studeni 2002. godine i rezultata tokova snaga za 8. 11. 2002. godine u 17³⁰ h prema podacima iz HNOSIT. Najveća se odstupanja tokova djelatne snage kreću u granicama do 27 MW na interkonektivnim vodovima, odnosno u granicama do 24 MW na internim 400 kV vodovima, do 7 MW na internim 220 kV vodovima te do 6 MW na 110 kV vodovima. Najveća odstupanja tokova djelatne snage kroz transformatore 400/x i 220/x kV se kreću u granicama do 14 MW. Razlike između estimiranih i izračunatih vrijednosti napona kreću se u granicama do 4 kV u 400 kV mreži te do 1 kV u 110 kV mreži. Na osnovu usporedbe tokova snaga ocijenjeno je da model zadovoljava za obavljanje analiza čiji se rezultati opisuju u ovom referatu. Svi modeli na kojima se dalje vrše analize (2003., 2010.) izvedeni su iz opisanog modela.

Proračuni su izvršeni za više varijanti stanja EES Hrvatske s obzirom na: promatrani vremenski presjek (2003. godina - stari agregati u HE Zakućac i HE Peruća, 2010. godina - novi agregati u HE Zakućac i HE Peruća), opterećenje EES (visoka zimska opterećenja, niska zimska opterećenja, visoka ljetna opterećenja i niska ljetna opterećenja) te angažman HE na Cetini (karakterističan angažman u stanju ekstremno vlažne hidrologije, maksimalan angažman svih HE na Cetini). Daljnje varijante proračuna vezane su za raspoloživost pojedinih grana EES (posebno priključnih vodova HE na Cetini). S obzirom na raspoloživost grana EES razmatraju se sljedeća stanja: sve grane prijenosne mreže raspoložive (n), jedna grana mreže neraspoločiva (n-1). Nadalje je pretpostavljeno sljedeće:

- Vršno opterećenje (prognozirano) za 2003. godinu nastupa zimi i iznosi 2741 MW [2].
- Vršno opterećenje za 2010. godinu nastupa zimi i iznosi 3171 MW [2].
- Razina niskog zimskog opterećenja u 2003. i 2010. godini iznosi 60 % maksimalnog zimskog opterećenja.
- Razina visokog ljetnog opterećenja u 2003. godini iznosi 82 % maksimalnog zimskog opterećenja.
- Razina visokog ljetnog opterećenja u 2010. godini iznosi 90 % maksimalnog zimskog opterećenja.
- Razina niskog ljetnog opterećenja u 2003. i 2010. godini iznosi 40 % maksimalnog zimskog opterećenja.

Dodatni scenariji definirani su obzirom na tranzite kroz prijenosnu mrežu HEP-a (300-900 MW iz BiH u Italiju), moguću izgradnju vjetroelektrana u južnom dijelu sustava (Dovanj, Dubrovnik, Lisičine), ukupne snage 120 MW priključenih na 110 kV mrežu i moguća rješenja priključka tri odnosno sva četiri hidroagregata HE Zakućac na 220 kV mrežu nakon njene rekonstrukcije.

Angažmani HE na Cetini za razmatrane varijante proračuna prikazani su tablicom 1. Inicijalno stanje odnosi se na karakterističan angažman pri ekstremno vlažnoj hidrologiji (podaci PP HE Jug).

Tablica 1 Angažman HE na Cetini u inicijalnom stanju i maksimalan angažman

HE	Angažman (MW)		
	Inicijalno	Maksimalno 2003.	Maksimalno 2010.
Peruća	35	41,6	61,2
Orlovac	210	237	237
Zakućac	430	486	540
Kraljevac	17	41,6	41,6
Đale	35	40,8	40,8
UKUPNO	727	847	920,6

U dogovoru sa stručnjacima PP HE Jug određen je raspored angažmana ukupne snage hidroelektrana po pojedinim agregatima te su definirane maksimalne (naduzbuda) i minimalne (poduzbuda) granice angažmana jalove snage koju svaki pojedinačni agregat može dati za zadanu razinu djelatne snage pri nominalnom naponu na generatorskim sabirnicama, prema pogonskim kartama generatora i aktualnim podešenjima limitera poduzbude.

Prijenosna mreža Hrvatske elektroprivrede u stanjima karakterističnim po ekstremno vlažnoj hidrologiji (inicijalan angažman HE na Cetini i maksimalan angažman HE na Cetini), a u doba visokih i niskih zimskih i ljetnih opterećenja 2003. i 2010. godine, ispitivana je uobičajenim kriterijem sigurnosti (n-1). Kao dozvoljene granice opterećenja priključnih vodova HE na Cetini računato je s dozvoljenim termičkim opterećenjem vodova ukoliko aktualne zaštite nisu podešene na manje vrijednosti (primjer DV 220 kV Zakućac – Konjsko, $I_{max}=720$ A, $I_t=800$ A). Ispitivanja mreže s obzirom na naponske prilike provedena su uzimajući u obzir postojeće mogućnosti regulacije tokova reaktivne snage i naponskih prilika (sinkroni generatori, automatska regulacija na transformatorima 220/110 kV, ručna promjena prijenosnog omjera na transformatorima 400/220 kV i 400/110 kV u beznaponskom stanju, kompenzacijski rad RHE Velebit (i RHE Čapljinina).

3. SIGURNOST PLASMANA PROIZVODNJE (SNAGE) HE NA CETINI

Plasman maksimalne proizvodnje HE na Cetini je omogućen ukoliko su raspoložive sve grane mreže. Nepovoljne naponske okolnosti u mreži javljaju se za minimalna ljetna opterećenja kada možemo očekivati previsoke napone u mrežama sve tri naponske razine. Naponi se pogoršavaju u budućnosti (2010.) u odnosu na sadašnjost budući da u pogon ulazi 400 kV mreža BiH koja neopterećena dodatno kviri naponske prilike.

Sigurnost plasmata snage HE na Cetini nije zadovoljavajuća u slučaju HE Zakućac i HE Đale. Provedene analize pokazuju narušavanje (n-1) kriterija vezano za plasman proizvodnje spomenute dvije HE. Ovisno o razmatranom pogonskom stanju javlja se pet kritičnih događaja:

- Ispad jedne trojke DV 2x110 kV Meterize – Vrboran → dovodi do preopterećenja paralelne trojke.

- Ispad jedne trojke DV 2x110 kV Zakučac – Meterize → dovodi do preopterećenja paralelnog jednosistemske voda Zakučac – Meterize 3 (vodiči Al/Č 150/25 mm²).
- Ispad DV 400 kV Konjsko – Obrovac → dovodi do preopterećenja 110 kV vodova vezanih za TS Bilice. Preopterećenje se rješava sekcioniranjem (odvajanjem) 110 kV mreže u TS Bilice.
- Ispad DV 110 kV Zakučac – Dugi Rat 2 → dovodi do preopterećenja 110 kV voda Zakučac – Dugi Rat 1 (dionice Cu 95, Al/Č 240 mm²) u stanjima vršnog opterećenja 2010. godine, ukoliko je smanjen angažman generatora 1 HE Dubrovnik (priključen na 110 kV naponsku razinu).
- Ispad DV 110 kV Đale – Konjsko dovodi do odvajanja HE Đale od EES.

Radi lančanih preopterećenja u mreži pri prvo i drugo navedenim događajima (preopterećenje preostale trojke, preopterećenja transformatora 220/110 u HE Zakučac i dr.) u pojedinim pogonskim stanjima (prvenstveno karakterističnim po sniženim opterećenjima u električki bliskoj mreži) ugrožen je plasman maksimalne snage HE Zakučac pa je nužno ograničiti angažman generatora priključenih na 110 kV mrežu. Transformacija 220/110 kV u HE Zakučac je ugrožena još u dva slučaja:

- Ukoliko je regulacijska preklopka pomaknuta iz srednjeg položaja (nazivni prijenosni omjer) može doći do visokih tokova jalove snage kroz transformator i preopteretiti ga.
- Ukoliko su pri smanjenom angažmanu HE Zakučac u cjelini, angažirani samo blokovi priključeni na 220 kV naponsku razinu može doći do visokih tokova djelatne snage iz 220 kV u 110 kV mrežu koji ugrožavaju transformaciju u Zakučcu, ovisno o opterećenju okolnih čvorova, angažmanu bliskih HE priključenih na 110 kV mrežu (HE Kraljevac, HE Peruća, HE Đale, HE Dubrovnik) te raspoloživosti transformatora 220/110 kV u TS Konjsko i 220 kV vodova Zakučac – Konjsko i Zakučac – Bilice.

Provedene analize u pogonskim stanjima bez dodatnih tranzita prijenosnom mrežom ne upućuju na moguće probleme u 220 kV mreži, pa tako i na vodu Zakučac – Konjsko, a vezano za plasman snage HE Zakučac. Mogući tranziti prijenosnom mrežom HEP-a za potrebe trećih zemalja (ispitano BiH ⇒ I) dodatno opterećuju priključne vodove HE vodotoka Cetine (prvenstveno HE Zakučac) pri čemu može doći do visokih opterećenja ili preopterećenja DV 220 kV Zakučac – Konjsko. Pri velikim tranzitima opterećenja kritičnih vodova u 110 kV mreži (Zakučac – Meterize – Vrboran) se povećavaju, a ugrožen postaje i DV 220 kV Zakučac – Konjsko pri ispadu DV 220 kV Zakučac – Bilice. Da bi se povećala prijenosna moć razmatranog dalekovoda nužno je povećati nazivnu struju postojećih strujnih mjernih transformatora (postojeći imaju prijenosni omjer 600/1 A/A, proradna struja ugrađene zaštite na vodu 720 A s vremenom prorade 20 min.) tako da zaštita ne smanjuje dozvoljeno opterećenje voda na iznos manji od njegove termičke granice (800 A, oko 305 MVA pri 220 kV).

Moguća izgradnja novih vjetroelektrana na području južne Hrvatske (ispitano 2x45+30 MW na mikrolokacijama Dovanj, Lisičine i Dubrovnik) nepovoljno utječe na sigurnost plasmata snage HE Zakučac, budući da se njena proizvodnja dodatno usmjerava na kritičan pravac u 110 kV mreži (HE Zakučac – TS Meterize – TS Vrboran). Radi dodatnog opterećenja tog pravca plasman maksimalne snage HE Zakučac može biti onemogućen u slučajevima ispada jedne trojke DV 2x110 kV Meterize – Vrboran ili DV 2x110 kV Zakučac – Meterize, neovisno o opterećenju sustava u tom trenutku.

4. INVESTICIJE U MREŽU U CILJU SIGURNOG PLASMATA SNAGE HE NA CETINI

Kao moguća pojačanja mreže za koja se pretpostavlja da bi mogla otkloniti ograničenja u plasmanu proizvodnje HE Zakučac i HE Đale analizirani su:

- pojačanje veze 110 kV Zakučac – Meterize – Vrboran,
- uvod/izvod DV 220 kV Zakučac – Konjsko u TS Vrboran,
- zamjena transformatora 220/110 kV (100 MVA) u HE Zakučac transformatorom 220/110 kV (150 MVA),
- formiranje TS 220/110 kV Vrboran i uvod/izvod DV 220 kV Zakučac – Bilice u TS Vrboran,
- uvod/izvod DV 220 kV Zakučac – Bilice u TS Konjsko,
- izgradnja novog voda Zakučac – Konjsko 2,
- izgradnja voda 110 kV od HE Đale prema TS Konjsko (vod paralelan postojećem po novoj trasi), ili TS Sinj ili HE Zakučac ili TS Kraljevac.

Potrebni zahvati u mreži koji po (n-1) kriteriju omogućavaju siguran plasman proizvodnje HE vodotoka Cetine u svim pogonskim stanjima prije i nakon revitalizacije HE Zakučac i HE Peruća su slijedeći:

1. U varijanti priključka dva agregata HE Zakučac na 110 kV, a dva na 220 kV mrežu, nužno je izvesti uvod/izvod jedne trojke DV 2x110 kV Zakučac – Meterize u TS Vrboran i povećati prijenosnu moć jednosistemskom 110 kV vodu Zakučac – Meterize 3 (ugradnja termički opteretivih vodiča ili izgradnja

novog voda od Al/Č 240/40 mm²). Radi fleksibilnosti angažmana HE Zakučac povoljno je pojačati transformaciju 220/110 kV u hidroelektrani na barem 2x100 MVA.

2. Ukoliko bi se još jedan hidroagregat HE Zakučac nakon revitalizacije priključio na 220 kV sabirnice elektrane (na 110 kV mreži tada ostaje samo jedan hidroagregat 150 MVA) bilo bi nužno izgraditi paralelan vod 220 kV od HE Zakučac do TS Konjsko i pojačati transformaciju 220/110 kV u HE Zakučac na barem 2x100 MVA.

Neovisno o varijanti priključka HE Zakučac na EES nužno je sagraditi još jedan vod 110 kV koji bi HE Đale povezivao sa sustavom, pri čemu se varijante priključka na TS Konjsko, ili TS Sinj, ili HE Zakučac ili TS Kraljevac ocjenjuju jednako vrijednim sa stajališta sigurnosti plasmana proizvodnje razmatrane hidroelektrane (konačna varijanta ovisi prvenstveno o mogućoj trasi).

Pri izboru između dvije gore opisane varijante priključka HE Zakučac treba voditi računa i o potrebnim investicijama u mrežu, budući da se radi o izgradnji DV 2x110 kV (L~2 do 3 km) u prvoj varijanti, te DV 220 kV (L~25 km) u drugoj varijanti. Izuzimajući ostale troškove (polja, blok transformator, ulaganja u okolna postrojenja) razlika troškova bi iznosila oko 2.400.000 € (oko 2.800.000 € za DV 220 kV Zakučac – Konjsko 2 minus oko 400.000 € za uvod/izvod DV 2x110 kV Zakučac – Meterize u TS Vrboran).

5. MOGUĆNOSTI SUDJELOVANJA HE NA CETINI U PRUŽANJU POMOĆNIH USLUGA SUSTAVU

5.1. Usluga Q/U regulacije

Provedene analize pokazuju da naponske prilike u EES na području Dalmacije neće biti moguće održavati unutar dozvoljenih granica u pogonskim stanjima karakterističnim po niskom opterećenju EES, i da tada eventualno postoji potreba za Q/U regulacijskom uslugom pojedinih generatora HE na Cetini. Budući da su naponski problemi uzrokovani slabo opterećenom 400 kV mrežom radi čega dolazi do porasta napona na sve tri naponske razine, Q/U uslugu eventualno je moguće tražiti od generatora HE Zakučac i HE Orlovac priključenih na 220 kV mrežu.

Tablica 2 prikazuje promjene napona na sabirnicama TS Konjsko i HE Zakučac pri jediničnoj negativnoj promjeni angažmana jalove snage novog generatora 170 MVA HE Zakučac priključenog na 220 kV mrežu ($\Delta Q_{G2} = -1$ Mvar). Isto, ali za jedan generator HE Orlovac prikazuje tablica 3.

Tablica 2 Promjene napona (ΔU_{kV}) u TS Konjsko i HE Zakučac pri jediničnoj negativnoj promjeni angažmana jalove snage jednog generatora 170 MVA HE Zakučac (220 kV)

Pogonsko stanje	Konjsko			Zakučac		U_{G2} pu	Q_{G2} Mvar
	400 kV	220 kV	110 kV	220 kV	110 kV		
P_{max} zima 2010	-0.02	-0.02	0.00	-0.04	-0.01	0.999	33.2
P_{min} zima 2010	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01	0.999	21.8
P_{max} ljeto 2010	-0.02	-0.03	-0.01	-0.04	-0.01	0.999	29.8
P_{min} ljeto 2010	-0.03	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01	0.999	-7.8

Tablica 3 Promjene napona (ΔU_{kV}) u TS Konjsko i HE Zakučac pri jediničnoj negativnoj promjeni angažmana jalove snage jednog generatora 83 MVA HE Orlovac

Pogonsko stanje	Konjsko			Zakučac		U_{G1} pu	Q_{G1} Mvar
	400 kV	220 kV	110 kV	220 kV	110 kV		
P_{max} zima 2010	-0.02	-0.03	0.00	-0.02	-0.01	0.998	20.8
P_{min} zima 2010	-0.03	-0.04	-0.01	-0.02	-0.01	0.998	14.5
P_{max} ljeto 2010	-0.02	-0.03	-0.01	-0.02	0.00	0.998	19.1
P_{min} ljeto 2010	-0.03	-0.04	-0.01	-0.02	-0.01	0.998	-0.9

Iz tablica je vidljivo da jedinična promjena angažmana jalove snage novog generatora HE Zakučac ili generatora HE Orlovac približno jednako utječe na promjene naponskih prilika u razmatranom dijelu mreže. Utjecaj generatora HE Orlovac blago je izraženiji na naponske prilike u TS Konjsko dok je utjecaj generatora HE Zakučac izraženiji na naponske prilike na sabirnicama te hidroelektrane. Zbog znatno većeg raspona mogućeg angažmana jalove snage generatora HE Zakučac u odnosu na generatore HE Orlovac logično je da u eventualnoj Q/U regulaciji sudjeluju primarno generatori HE Zakučac. Generatorima HE Zakučac priključenim na 220 kV mrežu (eventualno uz ispomoć generatora HE Orlovac) mogli bi smanjiti napone u 220 kV i 110 kV mrežama ispod dozvoljenih gornjih granica, ali

ne sa sigurnošću i u 400 kV mreži. Priključak trećeg generatora HE Zakućac na 220 kV mrežu povećava mogućnosti regulacije napona u mrežama 220 kV i 110 kV. Za održavanje naponskih prilika u 400 kV mreži nužno je angažirati generatore RHE Velebit u kompenzacijskom režimu rada, kupovati uslugu regulacije napona od susjedne BiH (RHE Čapljina) ili instalirati prigušnicu na 400 kV sabirnice RHE Velebit (lit. [3]).

Razmatrajući mogućnosti sudjelovanja generatora HE Zakućac i HE Orlovac u sekundarnoj Q/U regulaciji analize pokazuju da naponi u 400 kV mreži pri minimalnom opterećenju EES ostaju previsoki. Upitna je također opravdanost sudjelovanja generatora HE Zakućac u sekundarnoj Q/U regulaciji samo u cilju djelovanja na naponske prilike, budući da kratkotrajno visoki naponi (unutar izračunatih vrijednosti) ne mogu ugroziti opremu, pa se djelovanje na naponske prilike može izvesti i ručno nakon dispečerskog naloga. Ne treba zaboraviti da su razmatrane hidroelektrane noću kada se javljaju problemi s visokim naponima najčešće van pogona (pogotovo ljeti kada je problem najizraženiji) što dodatno ograničava njihovu mogućnost pružanja potrebnih Q/U regulacijskih usluga sustavu.

5.2. Usluga P/f regulacije

Sve hidroelektrane na vodotoku Cetine imaju mogućnost pružanja usluga elektroenergetskom sustavu pored ostalog i s aspekta primarne P/f regulacije, a HE Zakućac i HE Orlovac još i s aspekta sekundarne P/f regulacije. Način izvođenja samih regulacijskih zahvata mora biti strukturiran i realiziran tako da osigurava efikasno iskorištavanje vodnog potencijala i da postojeći i planirani tipovi regulatora brzine vrtnje s pripadnim strukturama i parametrima ne ugrožavaju stabilnost agregata na istim i/ili različitim sabirnicama u hidroelektranama, kao i na stabilnost sustava u cjelini. Međuovisnosti između raspoložive vode (regulirani i neregulirani dio) i zahtjeva elektroenergetskog sustava na ove hidroelektrane s razine vodotoka Cetine problematika je dnevnog, tjednog i sezonskog planiranja u tržišnim uvjetima. Glavni cilj je optimalno iskorištavanje vode za sve korisnike vode, pa i u elektroenergetskom sektoru. U bliskoj budućnosti ovom sektoru mogu biti dodani još sektori: osiguravanje pitke vode, poljoprivrede (navodnjavanje), sportskih aktivnosti itd. U skladu s tim jedan regulacijski centar vodotoka mogao bi koordinirati sve prije spomenute aktivnosti u smislu nadzora, regulacije i vođenja tako kompleksnog sustava.

6. ZAKLJUČAK

HE vodotoka Cetine su važna proizvodna postrojenja s očekivanom značajnom ulogom na budućem tržištu električne energije na kojemu će HEP – Grupa i HEP – Proizvodnja sudjelovati. Da bi se omogućio siguran plasman njihove proizvodnje u mrežu nužno je istu odgovarajuće pojačati. Ograničenja u mreži su detektirana na 110 kV naponskoj razini u okolini HE Zakućac i HE Đale. Drugu spomenutu HE je potrebno povezati na EES s još jednim 110 kV vodom prema nekom od okolnih čvorova (TS Konjsko, TS Sinj, HE Zakućac ili TS Kraljevac). Zadovoljavajuća se sigurnost plasmana proizvodnje HE Zakućac, instalirane snage nakon rekonstrukcije u iznosu od 540 MW, postiže uvodom/izvodom voda 2x110 kV Zakućac – Meterize u TS Vrboran i povećanjem prijenosne moći voda 110 kV Zakućac – Meterize 3 pri priključku dva generatora na 110 kV a dva na 220 kV mrežu, ili izgradnjom DV 220 kV Zakućac – Konjsko 2 i pojačanjem transformacije 220/110 kV (barem 2x100 MVA) u HE Zakućac u varijanti priključka tri generatora HE Zakućac na 220 kV a jednog na 110 kV mrežu.

Mogućnosti pružanja Q/U regulacijskih usluga sustavu (primarna, sekundarna regulacija) vezane su za hidroagregate HE Zakućac i HE Orlovac priključene na 220 kV mrežu. Ti generatori mogu održavati povoljne naponske prilike u mrežama 220 kV i 110 kV. Njihov je utjecaj na mrežu 400 kV, koja slabo opterećena uzrokuje porast napona pri niskim opterećenjima sustava, ograničen.

Sve HE na Cetini imaju mogućnost pružanja usluge primarne P/f regulacije, a HE Zakućac i HE Orlovac još i sekundarne regulacije. PP HE Jug razmatra formiranje regulacijskog centra vodotoka koji bi optimirao rad HE na Cetini vodeći računa i o sudjelovanju generatora u toj vrsti regulacije.

LITERATURA

- [1] STATISTIKA POGONSKIH DOGAĐAJA U PRIJENOSNOJ MREŽI (1995. – 2002.), HEP, Direkcija za upravljanje i prijenos (HEP – Prijenos d.o.o.), 1996. - 2002.
- [2] POTREBNA IZGRADNJA ELEKTROENERGETSKIH OBJEKATA I POSTROJENJA U RH U RAZDOBLJU 2001. DO 2020. GODINE (MASTER PLAN), EI Hrvoje Požar, Zagreb, 11. 2001.

- [3] ANALIZA POTREBA UGRADNJE KOMPENZACIJSKIH UREĐAJA U PRIJENOSNOJ MREŽI HEP-a ZA PLANIRANI RAZVOJ MREŽE U KRATKOROČNOM I SREDNJEROČNOM RAZDOBLJU, EI Hrvoje Požar, Zagreb, 07. 2002.
- [4] ANALIZA PRIKLJUČKA HIDROELEKTRANA VODOTOKA CETINE NA EES S OSNOVA MOGUĆE PROIZVODNJE I SIGURNOSTI PLASMANA ELEKTRIČNE SNAGE I ENERGIJE, EIHP, 04. 2004.