

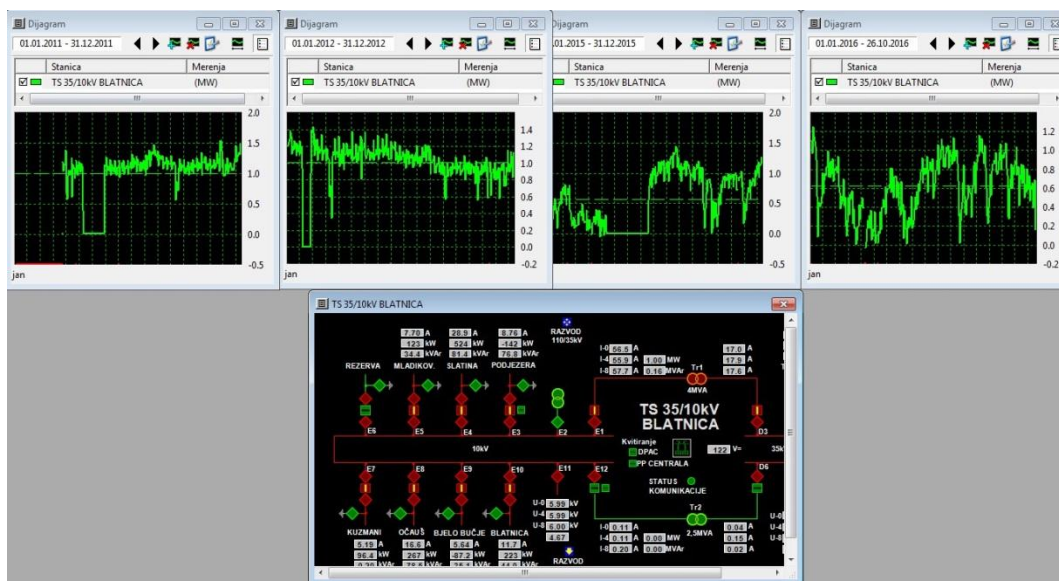
# PLANIRANJE I RAD DISTRIBUTIVNOG SISTEMA PRI PARALELNOJ RADU 8 MALIH HIDROELEKTRANA NA 10 KV NAPONSKOM NIVOU TP TS 35/10 kV BLATNICA

S. Đekić, ZP "Elektro Doboј" a.d. Doboј, BiH

## UVOD

Elektrodistributivno područje ZP „Elektro Doboј“ a.d. Doboј obuhvata područje 9 opština. Opština Teslić locirana je jugozapadno od Grada Doboја i karakteristična je po pripadajućem brdsko-planinskom području. Krajnji jugozapadni i južni dijelovi opštine nalaze se na nadmorskoj visini iznad 1000 m, zbog čega je predmetno područje popularno za izgradnju MHE. U predmetnom radu dat je prikaz načina planiranja razvoja i pogona mreže elektrodistributivnog sistema pri paralelnom radu 8 MHE priključenih na 10 kV raspletu sa TS 35/10 kV Blatnica. Za potrebe izrade predmetne analize izrađen je model pripadajućeg elektrodistributivnog područja, pri čemu su korišteni dostupni softverski paketi i vršene varijacije parametara rada sistema i distribuiranih generatora. Za potrebe izrade predmetnog modela korišten je GIS i lokalni SCADA sistem ZP „Elektro Doboј“ a.d. Doboј. Cilj predmetnog rada bio je prikazati praktični način planiranja elektrodistributivnog sistema u ZP „Elektro Doboј“ a.d. Doboј za rad pri paralelnom pogonu većeg broja MHE.

## OSNOVNI PARAMETRI TS 35/10 kV BLATNICA I PRIPADAJUĆIH MHE



Slika 1 – Grafički prikaz godišnjih dijagrama opterećenja TS 35/10 kV Blatnica (lokalni SCADA sistem ZP „Elektro Doboј“ a.d. Doboј) korišten za modelovanje opterećenja po DV 10 kV na TS 35/10 kV Blatnica

Osnovni parametri TS 35/10 kV „Blatnica“ dati su u tekstu ispod. Na slici 2 prikazana je jednopolna šema raspleta DV 10 kV sa predmetne TS. Sa prikazane jednopolne šeme vidi se da priključenje predmetnih 8 MHE na 10 kV naponskom nivou izvedeno na tri 10 kV dalekovoda, u skladu sa geografskom raspodjelom MHE i predmetnih DV.

TS:

Kapacitet:

Sistem sabirnica:

$S_{3pKS_{35kV}}$  " =

$S_{3pKS_{10kV}}$  " =

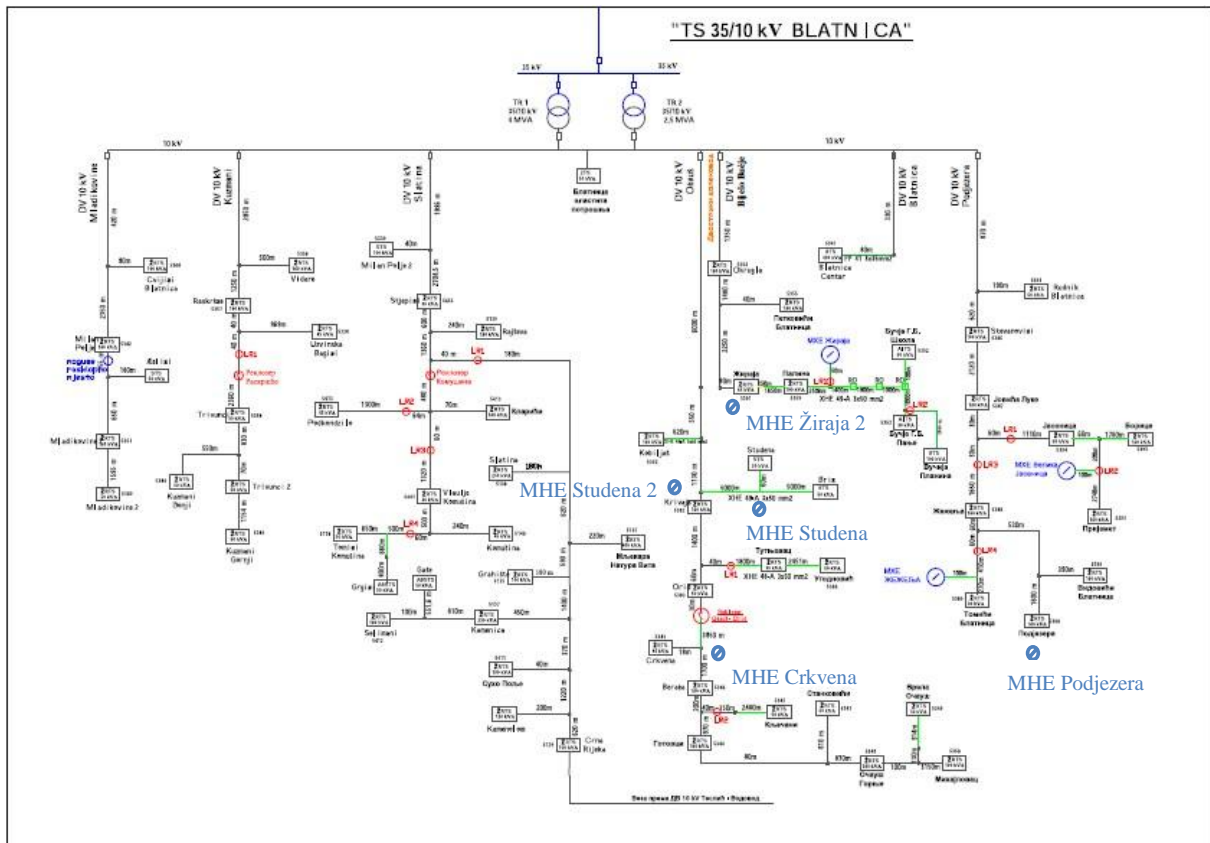
TS 35/10 kV „Blatnica“

4 + 2,5 MVA (4 MVA je ustaljeno uklopno stanje)

Jednostruki 35 kV, jednostruki 10 kV

112 MVA

44,44 MVA



Slika 2 - Jednopolna šema raspleta 10 kV DV sa TS 35/10 kV Blatnica

Osnovni tehnički parametri malih hidroelektrana priključenih na 10 kV naponskom nivou na TS 35/10 kV "Blatnica" dati su u tekstu ispod.

Naziv elektrane: **Mala hidroelektrana „Žiraja”**  
 Instalirana snaga (kW): 410 kW  
 Proizvodnja el. energije: 1 750 000 kWh  
 Broj i tip generatora: 1, sinhroni generator

Naziv elektrane: **Mala hidroelektrana „Žeželja”**  
 Instalirana snaga (kW): 300 kW  
 Proizvodnja el. energije: 1 204 000 kWh  
 Broj i tip generatora: 1, sinhroni generator

Naziv elektrane: **Mala hidroelektrana „Velika Jasenica”**  
 Instalirana snaga (kW): 560 kW  
 Proizvodnja el. energije: 1 500 000 kWh  
 Broj i tip generatora: 1, sinhroni generator

Naziv elektrane: **Mala hidroelektrana „Žiraja 2”**  
 Instalirana snaga (kVA): 1125 kVA  
 Instalirana snaga (kW): 890 kW  
 Proizvodnja el. energije: 2 400 000 kWh  
 Broj i tip generatora: 1, sinhroni generator

Naziv elektrane: **Mala hidroelektrana „Studena”**  
 Zahtjevana i odobrena snaga: 700 (990) kW  
 Proizvodnja el. energije: 3 780 000 kWh  
 Broj i tip generatora: 1, sinhroni generator

Naziv elektrane:	<b>Mala hidroelektrana „Studena II”</b>
Instalisana snaga (kVA):	250 kVA
Instalisana snaga (kW):	250 kW
Proizvodnja el. energije:	1 040 000 kWh
Broj i tip generatora:	1, asinhroni generator

Naziv elektrane:	<b>Mala hidroelektrana „Crkvena”</b>
Instalisana snaga (kVA):	250 kVA
Instalisana snaga (kW):	250 kW
Proizvodnja el. energije:	1 040 000 kWh
Broj i tip generatora:	1, sinhroni generator

Naziv elektrane:	<b>Mala hidroelektrana „Podjezera“</b>
Instalisana snaga (kW):	650 kW
Proizvodnja el. energije:	3 310 000 kWh
Broj i tip generatora:	2, sinhroni generatori

ZP „Elektro Doboj” a.d. Doboj pokazalo se spremnim podržati razvoj distribuirane proizvodnje i prihvatiti isporuku električne energije dobijene iz obnovljivih energetske resursa u svakom slučaju, ukoliko za to postoje tehnički uslovi. Jedinstven slučaj, u prilog ovog konteksta, predstavlja MHE Podjezera koja je izgrađena na rubnom području entiteta FBiH. Zbog nemogućnosti isporuke proizvedene snage i energije na MHE „Podjezera“ u mrežu EPBiH prihvaćeno je da se ista preuzima od strane ZP „Elektro Doboj“ a.d. Doboj u primopredaji električne energije između EPBiH i ERS.

Svi navedeni proizvodni objekti priključeni su prema proceduri i tehničkim kriterijumima Pravilnika o priključenju malih elektrana na mrežu elektrodistribucije Republike Srpske, mart 2009., i Pravilnika o uslovima priključenja elektrana na elektrodistributivnu mrežu Republike Srpske, maj 2014., u daljem tekstu Pravilnik. Za sve predmetne elektrane vršeni su pojedinačni proračuni i izrađivani stručni nalazi ili elaborati priključenja malih hidroelektrana, rađeno po pojedinačnim slučajevima MHE kako su se pojavljivali zahtjevi za EES.

U ovom radu neće biti iznošeni pojedinačni proračuni ispunjenosti kriterijuma za priključenje, odabir tačke priključka pojedinalnih elektrana na ED mrežu. Cilj predmetnog rada bio je prikazati praktični način planiranja elektrodistributivnog sistema u ZP „Elektro Doboj“ a.d. Doboj za rad pri paralelnom pogonu većeg broja MHE.

## **PRORAČUN TOKOVA SNAGA I PADOVA NAPONA NA PREDMETNOM RASPLETU 10 kV DV**

Na osnovu rezultata proračuna vidi se da su, pri srednjim zabilježenim vrijednostima opterećenja, pri maksimalnom radu svih elektrana sa  $\cos\phi=0,99$ , promjena napona na mjestu priključenja MHE „Žiraja“  $\Delta u=+3,17\%$ , mjestu priključenja MHE „Studena 2“  $\Delta u=+2,24\%$  i mjesto priključenja MHE „Crkvena“ ,  $\Delta u=+3,00\%$ .

Pri minimalnim zabilježenom vrijednostima opterećenja, pri maksimalnom radu svih elektrana sa  $\cos\phi=0,99$ , promjena napona na mjestu priključenja MHE „Žiraja“  $\Delta u=+3,95\%$ , mjestu priključenja MHE „Studena 2“  $\Delta u=+3,36\%$  i mjesto priključenja MHE „Crkvena“  $\Delta u=+4,11\%$ .

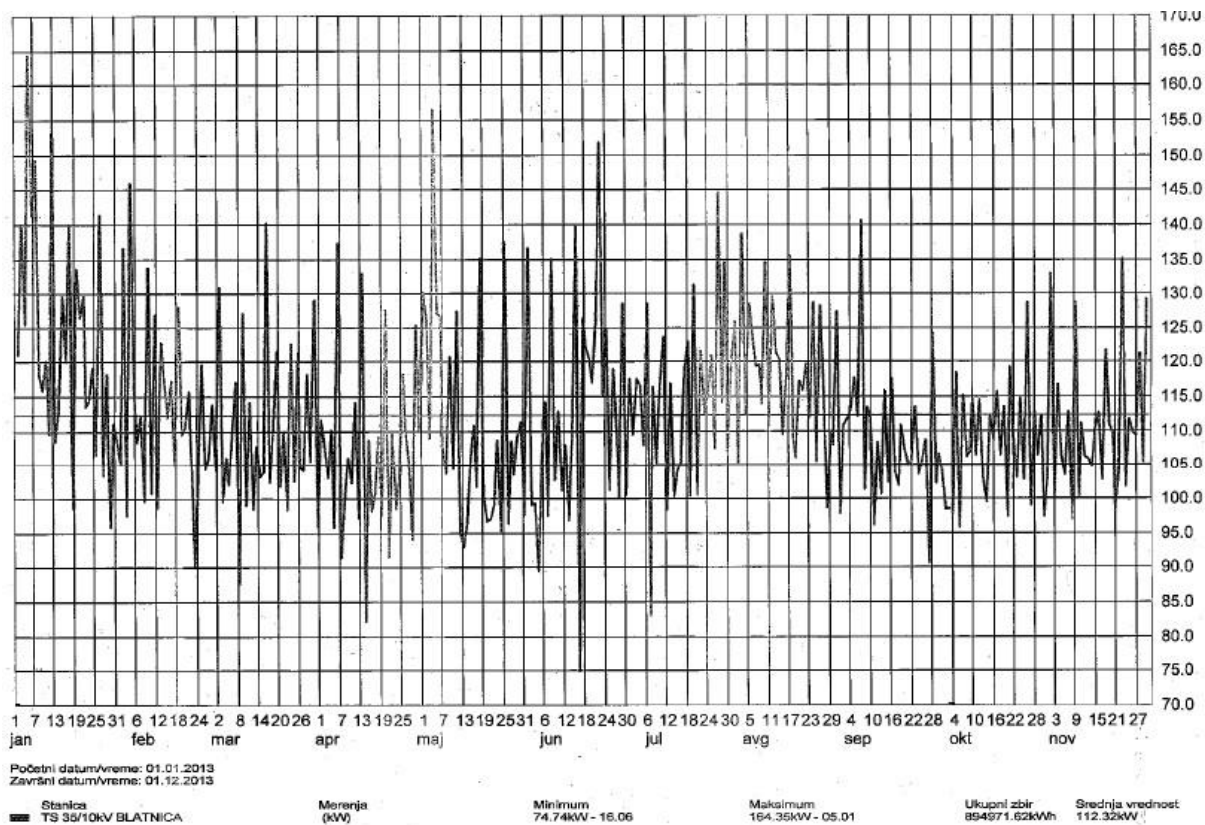
Na slici 3 prikazan je dijagram opterećenja predmetnog DV 10 kV Blatnica – Podjezera za period od 01.01.2013. do 30.11.2013. kada na istom nije bilo priključenih elektrana. Zabilježeni minimum iznosio je 74,74 kW, 16.06.2013., i prema istom je izvršeno modelovanje opterećenja na predmetnom dalekovodu. Ovo je dosta strog kriterijum za modelovanje i proračun ali je isti primjenjen za potrebe predmetnog proračuna u cilju prikazivanja graničnih režima rada sistema i elektrana.

Na slici 4 dat je dijagram opterećenja predmetnog DV 10 kV Blatnica – Podjezera sa priključenim MHE „Velika Jasenica“, MHE „Žeželja“ i MHE „Podjezera“.

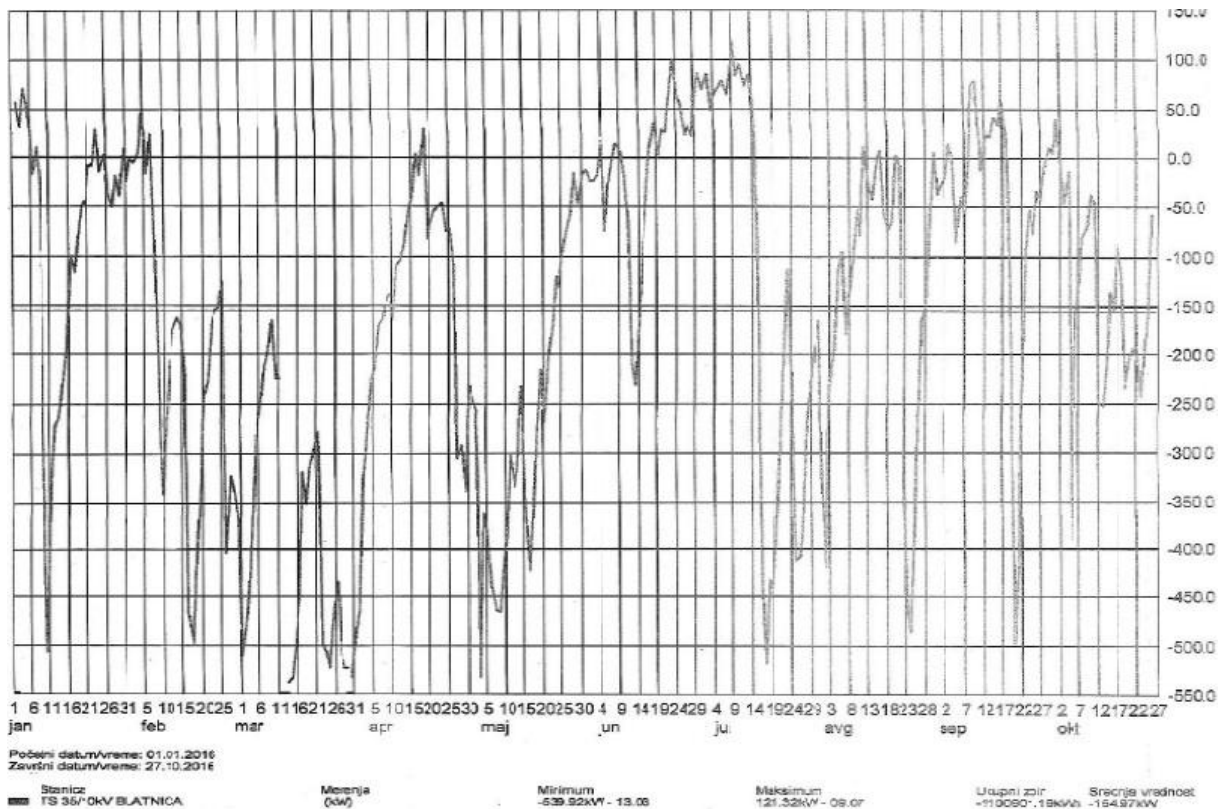
Na slici 5 dat je grafički prikaz proračuna padova napona na DV 10 kV Blatnica – Podjezera za tokove snaga sa modelovanim opterećenja na dalekovodu prema minimumu zabilježenom 16.06.2013. i priključenim MHE „Velika Jasenica“, MHE „Žeželja“ i MHE „Podjezera“ u maksimalnom radu, sa  $\cos\phi=0,99$ , sa prenosnim odnosom transformacije u MHE 10/0,4.

Pri ovako izuzetno odabranim nepovoljnim uslovima u mreži sa modelovanim opterećenja na dalekovodu prema minimumu zabilježenom 16.06.2013. i maksimalnim radom svih generatora na priključenim MHE, sa  $\cos\phi=0,99$ , proračunom je dokazano da dolazi do povećanja napona na mjestu injektiranja snage i energije MHE „Podjezera“ u DV 10 kV Blatnica – Podjezera ispod dozvoljene granice od 5%. Takođe, dokazano je da dolazi do povećanja napona na mjestu priključenja MHE „Velika Jasenica“ za 2,85% što je manje od dozvoljenih 5% i do povećanja napona na mjestu priključenja MHE „Žeželja“ za 3,64% što je manje od dozvoljenih 5%.

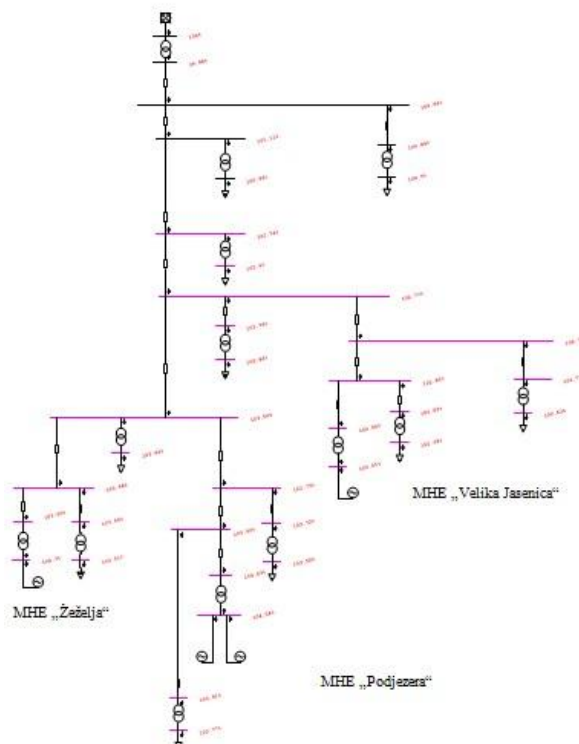
Slučaj priključenja MHE „Studena“ predstavlja najkritičniji slučaj priključenja u odnosu na predmetne elektrane na predmetnom području, zbog naknadnog instaliranja generatora i turbine veće snage od snage na koju se računalo prilikom izdavanja EES-a i prilikom prethodnih proračuna.



Slika 3 - Dijagram opterećenja predmetnog DV 10 kV Blatnica – Podjezera za period od 01.01.2013. do 30.11.2013. kada na istom nije bilo priključenih elektrana



Slika 4 – Dijagram opterećenja predmetnog DV 10 kV Blatnica – Podjezera sa priključenim MHE „Velika Jasenica“, MHE „Žeželja“ i MHE „Podjezera“

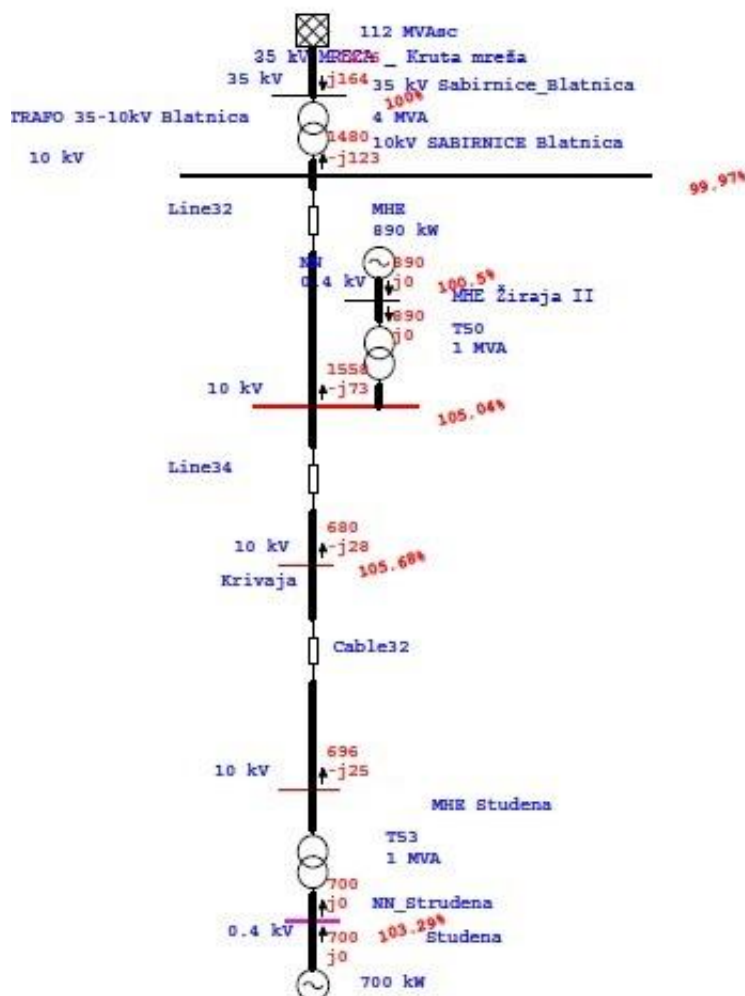


Slika 5 - Grafički prikaz proračuna padova napona na DV 10 kV Blatnica – Podjezera za tokove snaga sa modelovanim opterećenja na dalekovodu prema minimumu zabilježenom 16.06.2013. i priključenim MHE „Velika Jasenica“, MHE „Žeželja“ i MHE „Podjezera“ u maksimalnom radu, sa  $\cos\phi=0,99$ , sa prenosnim odnosom transformacije u MHE 10/0,4

Na slici 6 dat je grafički prikaz proračuna padova napona na DV 10 kV Blatnica – Bijelo Bučje sa priključenim MHE „Žiraja 2“ i MHE „Studena“ pri maksimalnom radu, sa  $\cos\phi=0,99$ , za maksimalnu snagu MHE „Studena“ od 700 kW, snagu na koju se računalo prilikom izdavanja EES.

Promjena napona na mjestu priključenja MHE „Studena“ na distributivnu mrežu izazvana djelovanjem obje elektrane pri nominalnom opterećenju svih generatora, na predmetnom vodu, MHE „Studena“ i MHE „Žiraja 2“ iznosi neznatno više od + 5 %. Promjena napona u stacionarnom režimu na mjestu priključenja MHE „Žiraja 2“ na distributivnu mrežu izazvana djelovanjem svih elektrana pri nominalnom opterećenju svih generatora, na predmetnom vodu MHE „Studena“ i MHE „Žiraja 2“ iznosi 5 %. To su uslovi na koje se računalo prilikom izdavanja EES za obje elektrane. Naknadno je došlo do zahtjeva investitora za rad u paralelnom pogonu sa mrežom pri snazi MHE „Studena“ od 990 kW. ODS u ovom slučaju, što se vidi i iz priloženih rezultata proračuna na slici 7, nije mogao odobriti rad elektrane za veću snagu od odobrene u EES.

Na slici 7 dat je grafički prikaz proračuna padova napona na DV 10 kV Blatnica – Bijelo Bučje sa priključenim MHE „Žiraja 2“ i MHE „Studena“ pri maksimalnom radu, sa  $\cos\phi=0,99$ , za instalisanu snagu turbine 990 kW. Za izvedeno stanje MHE „Studena“ proračunom je utvrđeno da promjena napona u stacionarnom režimu na mjestu priključenja MHE „Studena“ na distributivnu mrežu (mjesto priključenja definisano prema EES) izazvana djelovanjem svih elektrana pri nominalnom opterećenju svih generatora, na predmetnom vodu MHE „Studena“ i MHE „Žiraja 2“ iznosi više od +7 %. Za izvedeno stanje MHE „Studena“ proračunom je utvrđeno da promjena napona u stacionarnom režimu na mjestu priključenja MHE „Žiraja 2“ na distributivnu mrežu izazvana djelovanjem svih elektrana pri nominalnom opterećenju svih generatora, u konkretnom slučaju MHE „Studena“ i MHE „Žiraja 2“, iznosi + 6 %. Na osnovu prezentovanih rezultata investitoru je takođe prezentovano da u ovom trenutku distributer može obezbijediti ispunjenost tehničkih kriterijuma za priključenje MHE „Studena“ i njen nesmetan rad do maksimalne snage koju mala elektrana predaje u ED mrežu definisane EES.



Slika 6 - Grafički prikaz proračuna padova napona na DV 10 kV Blatnica – Bijelo Bučje sa priključenim MHE „Žiraja 2“ i MHE „Studena“ pri maksimalnom radu, sa  $\cos\phi=0,99$ , za snagu MHE „Studena“ od 700 kW

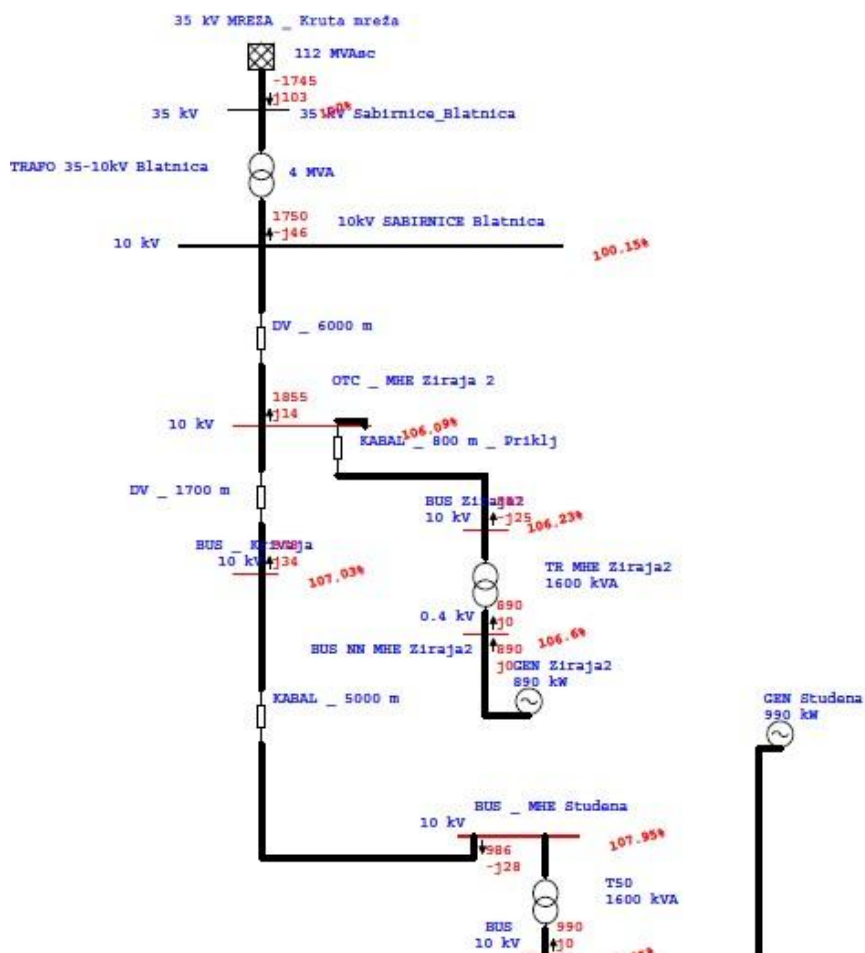
Nakon podnošenja zvaničnog zahtjeva od strane investitora istom je izdat novi elaborat sa uslovima priključenja i pogona MHE „Studena“ sledećih tehničkih karakteristika

Instalirana snaga: turbina 990 kW , generator 1650 kVA  
 Maksimalna snaga: 990 kW  
 Plan. proizvodnja: 3,78 GWh  
 Naponski nivo: 10 kV  
 Broj generatora: 1  
 Snaga generatora: 1650 kVA  
 Faktor snage: 0,8 - 1 (induktivno)  
 Vrsta generatora: sinhroni generatori

uz obavezu izgradnje kablovskog voda većeg presjeka, odnosno kablovskog voda izvedenog kablom XHE 49-A 3x1x150/25 mm<sup>2</sup> u dužini većoj za 3 450 m od prethodno planirane.

Proračunom je utvrđeno da promjena napona u stacionarnom režimu na mjestu priključenja MHE „Studena“ na distributivnu mrežu izazvana djelovanjem MHE „Studena“ i MHE „Žiraja 2“, pri snazi turbine na MHE „Studena“ 990 kW i MHE „Žiraja 2“ 890 kW, pri sa  $\cos\phi=0.99$ , na predmetnomvodu, iznosi 4.89 %.

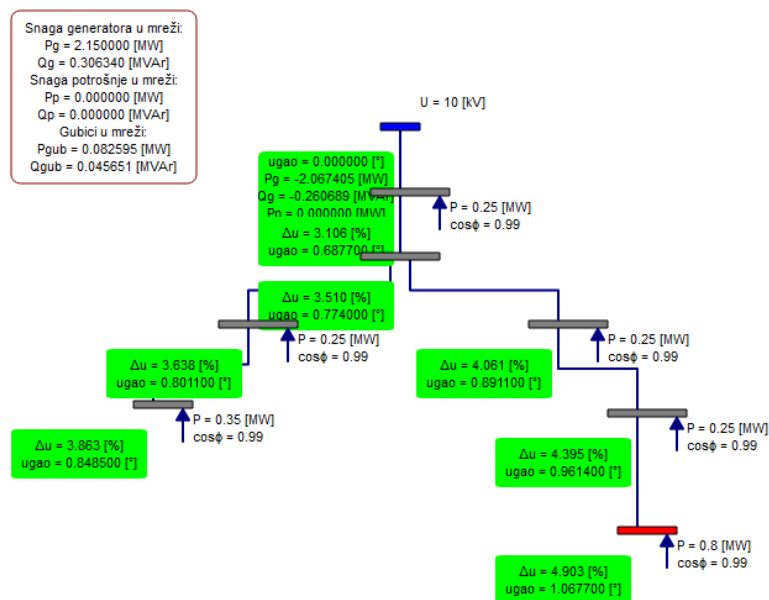
Proračunom je utvrđeno da promjena napona u stacionarnom režimu na mjestu priključenja MHE „Studena“ na distributivnu mrežu izazvana djelovanjem MHE „Studena“ i MHE „Žiraja 2“, pri snazi turbine na MHE „Studena“ 990 kW i MHE „Žiraja 2“ 890 kW, uz regulaciju proizvodnje reaktivne energije, pri radu elektrane u induktivnom režimu sa  $\cos\phi=0.95$ , na predmetnomvodu, iznosi 2.77 %.



Slika 7 - Grafički prikaz proračuna padova napona na DV 10 kV Blatnica – Bijelo Bučje sa priključenim MHE „Žiraja 2“ i MHE „Studena“ pri maksimalnom radu, sa  $\cos\phi=0,99$ , za instaliranu snagu turbine 990 kW

Proračunom je utvrđeno da promjena napona u stacionarnom režimu na mjestu priključenja MHE „Žiraja 2“ na distributivnu mrežu izazvana djelovanjem MHE „Studena“ i MHE „Žiraja 2“, pri snazi turbina na MHE „Studena“ 990 kW i MHE „Žiraja 2“ 890 kW, uz regulaciju proizvodnje reaktivne energije, pri radu elektrane u induktivnom režimu sa  $\cos\phi=0.95$ , na predmetnom vodu, iznosi 3.42 %.

Nakon ovoga došlo je do iznošenja alternativnih namjera izgradnje još nekoliko MHE, pri čemu je investitorima predlagana izgradnja posebnog kablovskog voda za priključenje tako formiranog sistema MHE. Grafički prikaz provedenog preliminarnog proračuna za potrebe odlučivanja investitora dat je na slici 8. Naknadno nije došlo do ozvaničavanja niti realizacije ovakvih zahtjeva investitora.



Slika 8 – Rezultati preliminarnog proračuna provedenog u skladu sa potencijalnim budućim zahtjevima investitora za iskorištenjem svih potencijalnih novih MHE na predmetnom području

## ZAKLJUČAK

Prateći trendove i namjere iskorištenja obnovljivih energetskih resursa na svom distributivnom području ZP „Elektro Doboj“ a.d. Doboj planiralo je razvoj mreže i prilagođavalo istu kako bi se elektrodistributivni sistem pravilno dimenzionisao za budući paralelni rad distribuiranih generatora sa mrežom. Za potrebe izrade predmetnih analiza izrađen je model pripadajućeg elektrodistributivnog područja, pri čemu su korišteni dostupni softverski paketi i vršene varijacije parametara rada sistema i distribuiranih generatora. Za potrebe izrade modela mreže i generatora korišteni su podaci o elementima mreže objedinjeni u tehničke baze preduzeća, GIS i lokalni SCADA sistem ZP „Elektro Doboj“ a.d. Doboj te podaci dobijeni od investitora i proizvođača generatora. U predmetnom radu predstavljen je slučaj trafopodručja TS 35/10 kV Blatnica, na kome je došlo do ekspanzije izgradnje malih hidroelektrana i prikazan je način planiranja razvoja ED mreže kako bi se na najoptimalniji način, uz minimalna ulaganja kako elektrodistributivnog preduzeća tako i investitora izgradnje MHE, uklopio paralelni rad svih predviđenih distribuiranih generatora sa ED mrežom. Na osnovu provedenih analiza, koliko je konfiguracija raspleta 10 kV DV i prostorna raspodjela lokacija elektrana dozvoljavala, izvršena je raspodjela MHE po dalekovodima. Koliko je bilo moguće vršena je preraspodjela opterećenja po dalekovodima i predloženi radni režimi za MHE, gdje je to bilo neophodno.



## LITERATURA

1. Pravilnik o uslovima priključenja elektrana na elektrodistributivnu mrežu Republike Srpske, ERS, maj 2014.
2. S. Đekić, Ž. Cvijanović, Analiza uticaja priključenja 8 MHE na 10 kV naponskom nivou na trafopodručju TS 35/10 kV Blatnica, CIGRE Srbije, 2017., R C6 14
3. S. Đekić, Analiza mogućnosti i uticaja injektiranja snage i energije MHE „Podjezera“ na ED mrežu ZP „Elektro Doboj“ a.d. Doboj u primopredaji električne energije između EP BiH i ERS, 33. savjetovanje CIGRE Srbije, 2017., R C6 13