

PRORAČUN MOGUĆNOSTI I UTICAJA PRIKLJUČENJA MALE HIDROELEKTRANE PAKLENICA NA ELEKTROENERGETSKU DISTRIBUTIVNU MREŽU

S. Đekić, ZP "Elektro Doboj" a.d. Doboj, Republika Srpska, BiH
D. Savić, ZP "Elektro Doboj" a.d. Doboj, Republika Srpska, BiH
M. Zeljković, MH "ERS" Trebinje, Republika Srpska, BiH
G. Radić, ZP "Elektro Doboj" a.d. Doboj, Republika Srpska, BiH

UVOD

Porast primjene obnovljivih izvora energije (OIE) bilježi se od početka devedesetih godina prošlog vijeka sa stalnim trendom rasta. Razlog ovakvog trenda u mnogim zemljama svijeta ogleda se u napretku tehnologije i smanjenju troškova proizvodnje opreme za OIE te podsticajnim ekonomskim mjerama za izgradnju postrojenja ili u pogledu otkupne cijene električne energije proizvedene iz OIE. Trenutno u svijetu najveću brzinu razvoja imaju vjetroelektrane dok je u RS i BiH najizraženiji razvoj malih hidroelektrana. Ograničenje u pogledu prenosnog kapaciteta distributivne mreže čini ovu mrežu dostupnom isključivo za proizvodne objekte manje snage, pri čemu se proizvodnja električne energije u ovakvim objektima najčešće zasniva na obnovljivim izvorima energije. U pogledu malih hidroelektrana (MHE) koje su najčešće locirane u ruralnim poručjima daleko od centara potrošnje upravo rasprostranjenost distributivne mreže u mnogim slučajevima pruža mogućnost priključenja. Dosadašnji razvoj elektroenergetske distributivne mreže u RS koncipiran je na bazi radijalno napajane mreže, naponskog nivoa 35 kV, 20 kV, 10 kV i 0,4 kV (1 kV). Taj koncept, za razliku od prenosnih mreža, nije podrazumjevaao projektovanje distributivnih mreža za potrebe priključenja proizvodnih objekata, odnosno za potrebe distributivne proizvodnje. Priključenjem proizvodnih objekata na distributivnu mrežu ova, do tada pasivna, mreža poprima aktivni karakter, pri čemu dolazi do promjene smjera tokova snaga u mreži. Uticaj distributivnih generatora na elektroenergetsku distributivnu mrežu može biti pozitivan i negativan. Aspekti ovog uticaja u tehničkom smislu zasnivaju se na razmatranju promjena u pogledu tokova snaga, naponskih profila, snaga kratkog spoja, kvaliteta električne energije, stabilnosti sistema te sagledavanja opasnosti od ulaska u ostrvski rad. Osnovni zahtjev prilikom priključenja distributivnih generatora (DG) na elektrodistributivnu mrežu (EDM) jeste da se ne naruši režim rada mreže te sigurnost i kvalitet snabdjevanja električnom energijom. Pri čemu je ovaj uticaj potrebno razmatrati zasebno za dinamička i stacionarna stanja sistema. U ovom radu razmatran je tehnički uticaj priključenja male hidroelektrane Paklenica, projektovane instalisane snage 232 kW sa procenjenom godišnjom proizvodnjom 1 GWh, na sredjenaponsku distributivnu mrežu i pripadajući potrošački konzum. Početnu osnovu predstavljali su projektovani parametri MHE Paklenica i tehnički parametri predmetne SN mreže na osnovu kojih je izvršen proračun mogućnosti priključenja MHE Paklenica u konkretnoj tački mreže, prema kriterijumima definisanim Pravilnikom o priključenju ME na mrežu elektrodistribucije RS. Detaljnije je obrađen uticaj priključenja MHE Paklenica na padove i varijacije napona, tokove snaga i gubitke u SN mreži. Za potrebe rada izvršeno je modelovanje mreže i DG te proveden proračun ciljanih parametara pomoću dostupnog softverskog paketa.

USLOVI I UTICAJ PRIKLJUČENJA MALIH ELEKTRANA NA EDM

Pravilnikom o priključenju malih elektrana na mrežu elektrodistribucije Republike Srpske (1) definisani su osnovni tehnički uslovi za priključenje ME na EDM kao i osnovni tehnički kriterijumi za priključenje i paralelan rad ME sa mrežom. Mala elektrana koja se priključuje na distributivnu mrežu mora da ispuni sledeće kriterijume dozvoljenog povratnog uticaja:

- kriterijum dozvoljene snage male elektrane,
- kriterijum flikera,
- kriterijum dozvoljenih struja viših harmonika,
- kriterijum snage kratkog spoja.

Kriterijum dozvoljene snage male elektrane garantuje da u prelaznom režimu (uključenje i isključenje generatora), promjena napona (naponski udar) na mjestu priključenja na EDM neće prekoračiti dozvoljene vrijednosti. Kriterijum flikera se ocjenjuje pomoću faktora male elektrane, izazvanih flikerom dugog trajanja (u trajanju dva sata) i prvenstveno ima značaj kod elektrana na vjetar i solarnih elektrana. Kriterijum viših harmonika provjerava se kod malih elektrana na vjetar i solarnih elektrana, koje moraju da zadovolje dozvoljene limite emisije viših harmonika struje i napona (1). Pored navedenih kriterijuma neophodno je sagledati i veličinu i karakter lokalne potrošnje koncentrisane na distributivnom vodu predviđenom za priključenje, uporedno sa kapacitetom i prognoziranim karakterom proizvodnje DG. Prema prirodi izvora primarne energije MHE su relativno stabilniji izvor napajanja u odnosu na vjetroelektrane, solarne elektrane itd. međutim lokacije pogodne za izgradnju MHE uglavnom odlikuju nepovoljne geografske karakteristike, udaljenost naseljenih područja te nepostojanja značajnije potrošnje. Najčešće se u ovim slučajevima za priključenje koriste radialno napajani DV sa velikim udaljenostima od napojnih TS. Ukoliko kapacitet proizvodnje DG zadovoljava lokalnu potrošnju, posebno ako je ista locirana bliže DG u odnosu na napojnu trafostanicu voda, smanjuje se tok energije duž voda čime se poboljšavaju naponske prilike u mreži i smanjuju gubici duž iste. Opšti efekat u ovakvim slučajevima priključenja jeste pozitivan i pozitivno utiče na prilike u mreži, u manjoj ili većoj mjeri. Ukoliko proizvodnja značajno premašuje potrebe potrošnje, locirane na posmatranom izvodu, dolazi do toka električne energije ka napojnoj trafostanici i dalje duž EDM ili, u zavisnosti od konfiguracije mreže i blizine prenosne mreže, do povratnog toka električne energije u prenosnu mrežu. Ovakva stanja rada, posmatrano u stacionarnom stanju, prouzrokuju povećanje napona na mreži bliže mjesta priključenja DG, povećanje gubitaka u mreži te probleme regulacije i samog rada regulatora napona u napojnim trafostanicama.

PRORAČUN UTICAJA PRIKLJUČENJA MHE PAKLENICA NA EDM

U ovom radu konkretno je izvršeno sagledavanje mogućnosti i efekata priključenje MHE Paklenica na EDM ZP "Elektro Doboj" a.d. Doboj. Uslovi priključenja sagledani su primjenom navedenih tehničkih kriterijuma dozvoljenog povratnog uticaja na mrežu te korištenjem dostupnog softverskog paketa "Neplan 5.2.1", pri čemu je izvršeno modelovanje predmetne ED mreže i DG. Na Slici 1 prikazana je jednopolna šema raspleta od napojne TS 110/35/10 kV Doboj 1 preko TS 10/0,4 kV Paklenica Donja – Rasklopnica i dalje, sa svim pripadajućim TS 10/0,4 kV i planiranom MHE Paklenica. Planirano je da se MHE Paklenica priključi na 10 kV naponskom nivou u TS 10/0,4 kV Paklenica Donja - Rasklopnica. TS 10/0,4 kV Paklenica Donja - Rasklopnica napaja se sa TS 110/35/10 kV Doboj 1 preko 10 kV DV Rječica i alternativno preko 10 kV DV Suvo Polje. Sa ove rasklopnice dalje se napajaju 10 kV DV Paklenica Gornja, 10 kV DV Stara Rječica i 10 kV DV Strježevica. Postojeća 10 kV mreža je nadzemnog karaktera sa Al/Fe vodičima 50, 35 i 25 mm².

Osnovne karakteristike MHE Paklenica (projektovane vrijednosti) (2):

Naziv postrojenja	MHE Paklenica
Lokalitet	Paklenica, Doboj, Republika Srpska, BiH
Tip postrojenja	Protočna, transportni cjevovod, tirolski zahvat
Pi (instalirana snaga)	232,8 kW
E (procijenjena godišnja proizvodnja)	995,7 MWh
Turbina	Pelton, vertikalna, 4 mlaznice, D=500 mm, n= 750 o/min,
Generator	Sin. trof. 0,4 kV, 315 kVA, 750 min-1, cosφ=0,80
Transformator	Dyn5, uljni, 315 kVA, 20(10)/0,4 kV

Priključni vod:

SN SKS XHE 48/O-A 3x(1x50)+50, dužine 820 m

Osnovne karakteristike ED mreže na koju se planira priključiti MHE Paklenica (3):

Za TS 110/35/10 kV Doboj 1

$$\begin{aligned} I_{ks110kV}^{II} &= 7,628 \text{ kA} & I_{ks10kV}^{II} &= 11,525 \text{ kA} \\ I_{ks35kV}^{II} &= 4,6 \text{ kA} & S_{ks10kV}^{II} &= 220 \text{ MVA} \\ S_{3ks35kV}^{II} &= 303 \text{ MVA} \end{aligned}$$

Dozvoljena snaga male elektrane na 10 kV naponskom nivou $S_{ng}(d = 3\%) = 6,59 \text{ MVA}$.

Za TS 10/0,4 kV Paklenica Donja – Rasklopnica (3)

$$S_{3KS10kV}^{II} = 11,35 \text{ MVA}$$

Dozvoljena snaga male elektrane na 10 kV naponskom nivou $S_{ng}(d = 3\%) = 340 \text{ kVA}$.

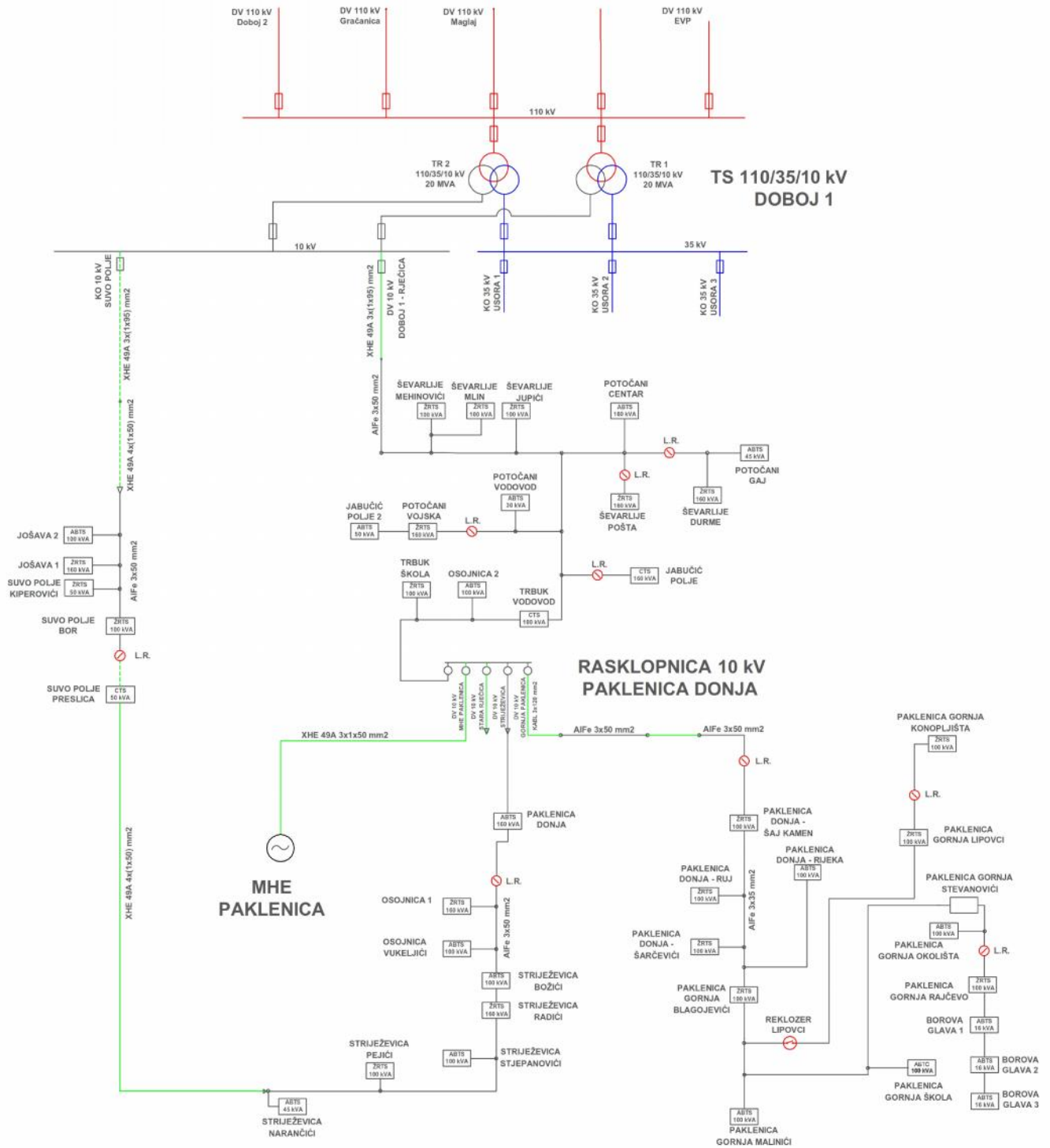
Prikazom rezultata proračuna jasna je ispunjenost kriterijuma dozvoljene snage za MHE Paklenica instalisane snage 232,8 kW. Proračunom je takođe utvrđeno da nakon priključenja MHE Paklenica snaga trofaznog KS na 10 kV sabirnicama u TS 110/35/10 kV Doboj 1 neznatno se povećava i iznosi 221,2 MVA (3), što je i dalje manja vrijednost od maksimalno dozvoljene vrijednosti snage trofaznog kratkog spoja u mreži 10 kV. Ovim je dokazana i ispunjenost kriterijuma snage kratkog spoja.

Instalisana snaga TS 110/35/10 kV Doboj 1 iznosi 2x20 MVA, instalisana snaga TS 10/0,4 kV koje se napajaju sa 10 kV DV Rječica, u dijelu od TS 110/35/10 kV Doboj 1 do TS 10/0,4 kV Paklenica Donja – Rasklopnica, iznosi 1625 kVA, instalisana snaga TS 10/0,4 kV koje se napajaju sa 10 kV DV Paklenica Gornja iznosi 1164 kVA, instalisana snaga TS 10/0,4 kV koje se napajaju sa 10 kV DV Stara Rječica iznosi 520 kVA. Za potrebe modelovanja dijagrama potrošnje korištene su baze podataka formirane na osnovu očitavanja sa pogonskih mjerenja lokalne SCAD-e, ED mreža ZP "Elektro Doboj" a.d. Doboj, za period 2008., 2009. i 2010. god. U periodu posmatranja 10 kV DV Strježevica napajan je iz alternativnog pravca što je i uzeto u obzir u ovom radu.

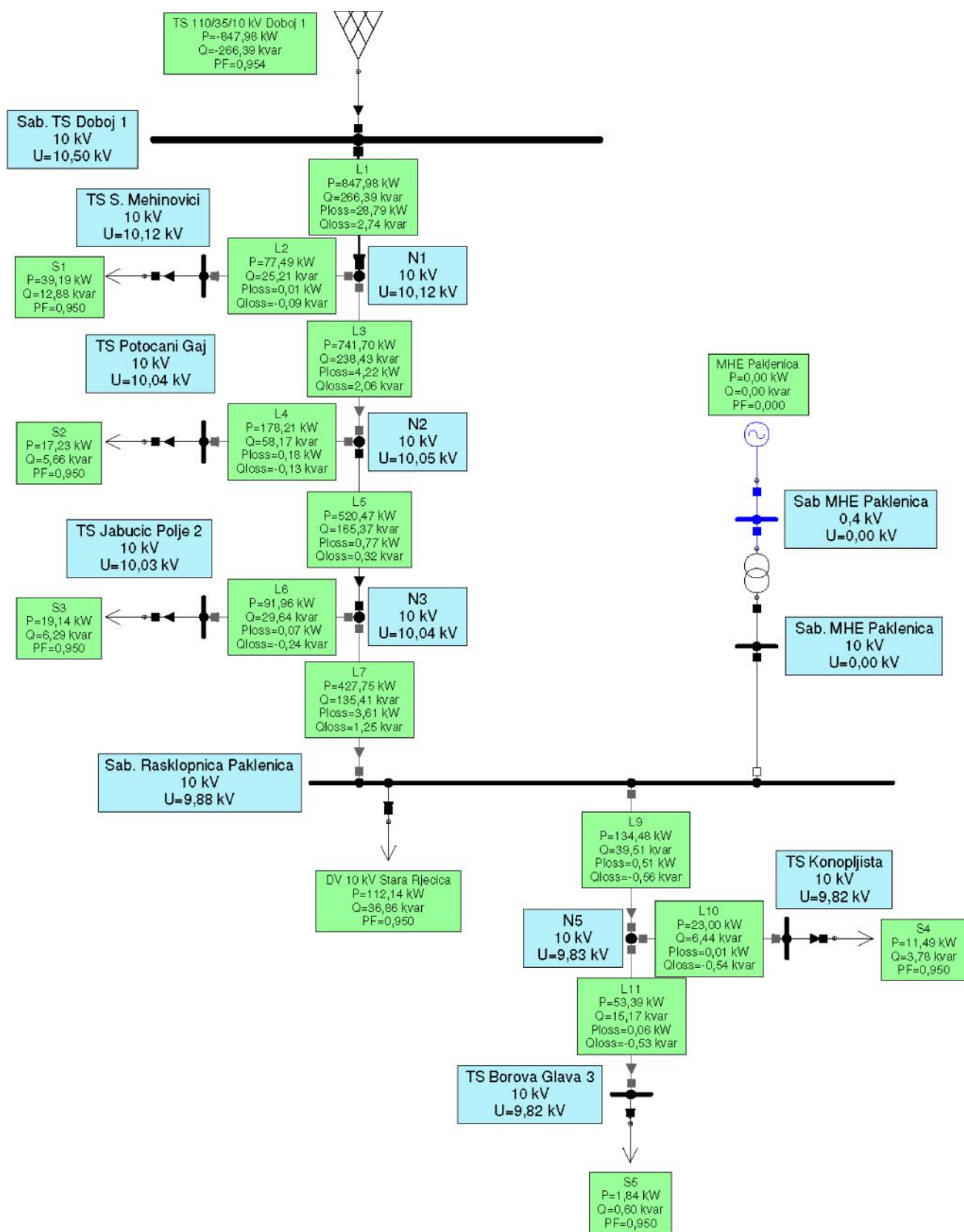
Rezultati proračuna tokova snaga u mreži, naponskih prilika duž mreže kao i vrijednosti gubitaka, aktivna i reaktivna komponenta, na dionicama predmetne mreže grafički su prikazani na Slici 2 bez uticaja rada MHE Paklenica, za prosječne karakteristične dnevne vrijednosti opterećenja. Uticaj rada MHE Paklenica na tokove snaga u mreži razmatran je pri radu MHE Paklenica sa izlaznom snagom $P = 230 \text{ kW}$. Na Slici 3 grafički je predstavljen rezultat proračuna tokova snaga u mreži, naponskih prilika duž mreže kao i vrijednosti gubitaka, aktivna i reaktivna komponenta, na dionicama predmetne mreže pri radu MHE Paklenica sa $P = 230 \text{ kW}$. Posmatrane su tačka priključenja MHE Paklenica na ED mrežu, TS 10/0,4 kV Paklenica Donja – Rasklopnica, kao i TS10/0,4 kV Konopljišta i TS Borova glava 3, kao najudaljenije tačke potrošnje napajane sa izvoda iz TS 10/0,4 kV Paklenica Donja – Rasklopnica.

Na Slici 4 dat je dijagramski prikaz gubitaka aktivne snage za cjelokupan izvod 10 kV Rječica, sa pripadajućim SN raspletom, za karakterističan dnevni dijagram opterećenja. Dijagram je prikazan kumulativno za radni režim bez MHE Paklenica i za režim rada MHE Paklenica sa $P = 230 \text{ kW}$.

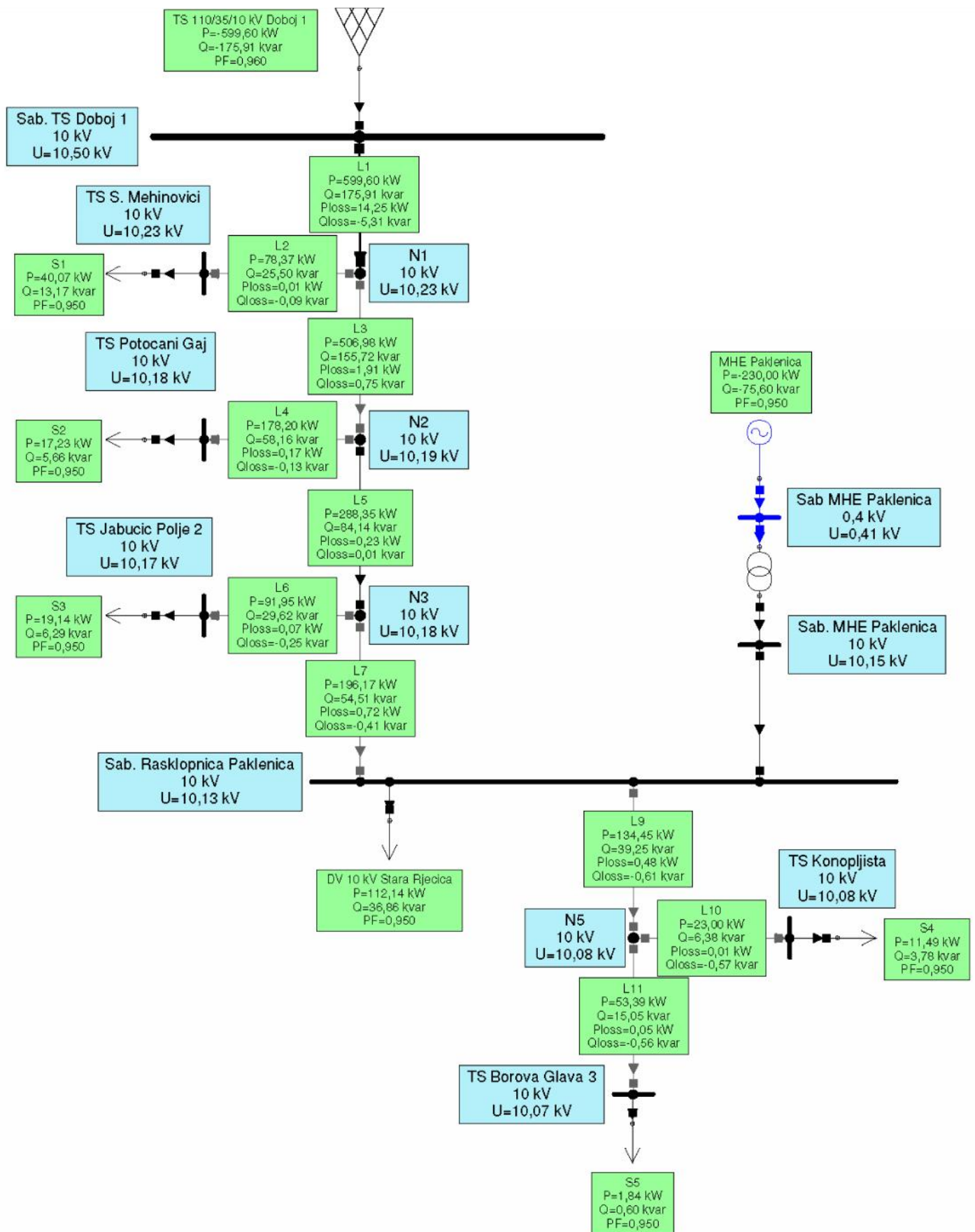
Na Slici 5 dat je dijagramski prikaz profila napona na 10 kV sabirnicama TS 10/0,4 kV Paklenica Donja – Rasklopnica, za karakterističan dnevni dijagram opterećenja. Dijagram je prikazan kumulativno za radni režim bez MHE Paklenica i za režim rada MHE Paklenica sa $P = 230 \text{ kW}$.



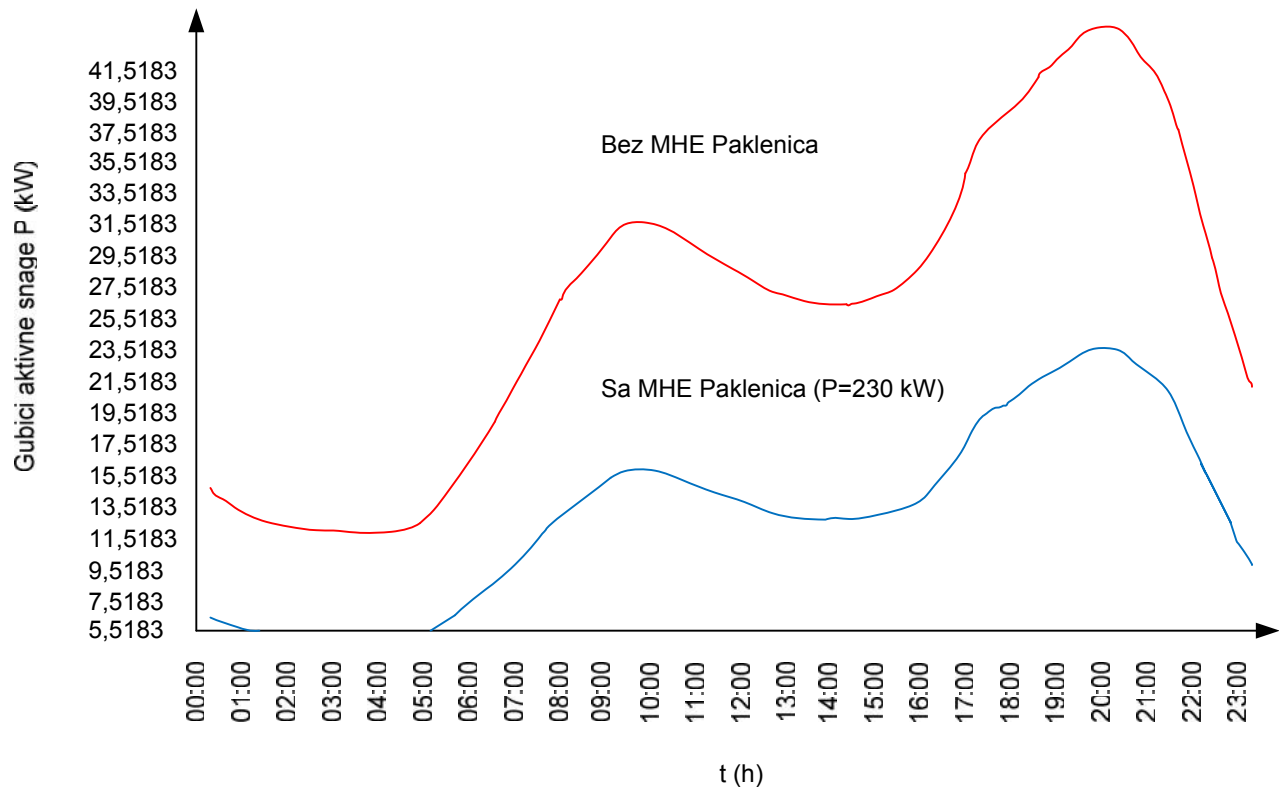
SLIKA 1 - Jednopolna šema raspeta od napojne TS 110/35/10 kV Dobož 1 do TS 10/0,4 kV Paklenica Donja – Rasklopnica, sa potrošačkim konzumom i planiranom MHE Paklenica



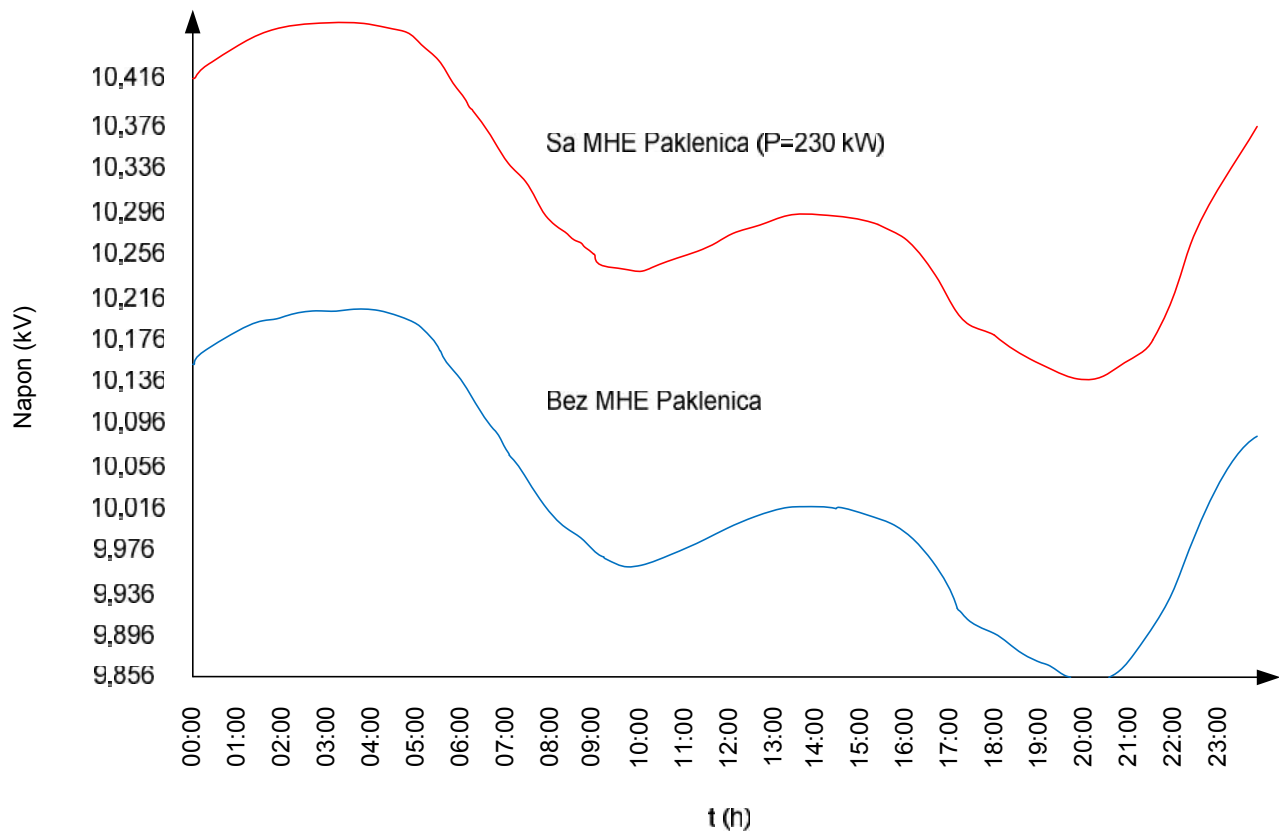
SLIKA 2 – Grafički prikaz proračuna tokova snaga, naponskih prilika i gubitaka duž predmetne ED mreže bez uticaja rada MHE



SLIKA 3 – Grafički prikaz proračuna tokova snaga, naponskih prilika i gubitaka duž predmetne ED mreže pri radu MHE Paklenica sa $P=230$ kW



SLIKA 4 - Dijagramski prikaz gubitaka aktivne snage za izvod 10 kV Rječica



SLIKA 5 - Dijagramski prikaz profila napona na 10 kV sabirnicama TS 10/0,4 kV Paklenica Donja – Rasklopnica

ZAKLJUČAK RADA

Osnovni cilj ovog rada bio je pokazati na konkretnom primjeru proračun mogućnosti priključenja MHE na EDM, razmatrajući osnovne tehničke kriterijume dozvoljenog povratnog uticaja na mrežu, sa uporednim prikazom efekata priključenja, sagledavajući veličinu i karakter pripadajuće potrošnje, tehničke karakteristike mreže i tehničke karakteristike DG. Pored ovoga, namjera autora bila je ukazati na pozitivne efekte priključenja DG na EDM, što je u ovom konkretnom primjeru slučaj. Na Slici 2 i 3 dat je grafički prikaz rezultata proračuna tokova snaga u mreži, naponskih prilika duž mreže kao i vrijednosti gubitaka, aktivna i reaktivna komponenta, na dionicama predmetne mreže, na formiranom modelu, za režime rada MHE P=0 i 230 kW. Uporednim posmatranjem uočljiva je tendencija smanjenja gubitaka na mreži i poboljšanja naponskih prilika sa smanjenjem protoka snage iz prenosne mreže, odnosno povećanjem izlazne snage MHE Paklenica. Smanjenje tehničkih gubitaka na 10 kV DV Rječica, za modelovani karakteristični dijagram potrošnje, predstavljeno je na Slici 4, za radni režim bez MHE i sa radom MHE pri približno instalisanom snazi. Odgovarajući efekat poboljšanja naponskih profila predstavljen je na mjestu priključenja MHE na Slici 5. Efekti priključenja razmatrani su za stacionarna stanja sistema. Na osnovu rezultata proračuna dobijenih primjenom navedenog softverskog paketa, za formirani model, evidentan je pozitivan uticaj priključenja MHE Paklenica na EDM. Dobijeni rezultat je očekivan obzirom na odnos instalisane snage elektrane i veličine i karaktera potrošnje koncentrisane na predmetnom izvodu.

LITERATURA

1. ERS, 2009, "Pravilnik o priključenju malih elektrana na mrežu elektrodistribucije Republike Srpske", MH "ERS", 12-17
2. Institut za hidrotehniku Građevinskog fakulteta u Sarajevu, "Projekat za izvođenje MHE Paklenica", 2009
3. Grupa autora, "Studija razvoja EDS Republike Srpske", TOM 2, Tema 10, 1-15

Dr Saša Đekić, dipl.el.ing., ZP "Elektro Doboј" a.d. Doboј, Nikole Pašića 77, 74 000 Doboј, Republika Srpska, BiH, +38765/ 327-139, +38753/ 209-726, sasa.djekic@elektrodoboj.net
Darko Savić, dipl.el.ing., ZP "Elektro Doboј" a.d. Doboј, Nikole Pašića 77, 74 000 Doboј, Republika Srpska, BiH, +38766/ 188-160, +38753/ 209-832, darko.savic@elektrodoboj.net
Milan Zeljković, dipl.el.ing., MH ERS Trebinje, Stepe Stepanovića bb, 89 101 Trebinje, Republika Srpska, BiH, +38765/ 725-229, mzeljkovic@ers.ba
Goran Radić, dipl.el.ing., ZP "Elektro Doboј" a.d. Doboј, Nikole Pašića 77, 74 000 Doboј, Republika Srpska, BiH, +38765/ 698-605, +38753/209-752, goran.radic@elektrodoboj.net