

Danijel Variola
HEP-ODS d.o.o., DP Elektroprimorje Rijeka
danijel.variola@hep.hr

Dubravko Franković
Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci
dubravko.frankovic@riteh.hr

Vedran Kirinčić
Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci
vedran.kirincic@riteh.hr

Rene Prenc
Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci
rene.prenc@riteh.hr

MODELIRANJE ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA OTOKA KRKA

SAŽETAK

Otok Krk teži ka nultoj emisiji stakleničkih plinova te opskrbi energije iz obnovljivih izvora. U svrhu smanjenja emisija stakleničkih plinova, potiču se programi energetske učinkovitosti te se razvija svijest o racionalnom korištenju energije. Cilj izrade ovoga rada je uvid u stanje elektroenergetske mreže na otoku Krku prilikom karakterističnih - graničnih opterećenja, ali i svih predvidljivih izvanrednih pogonskih uvjeta. Pored postojećeg i planiranog stanja elektroenergetskog sustava, u radu je prikazan utjecaj predviđenih obnovljivih izvora energije na elektroenergetsku mrežu otoka Krka.

Ključne riječi: minimalno opterećenje, maksimalno opterećenje, distribuirani izvori, srednjenaponska distribucijska mreža, otok Krk

MODELLING OF THE ISLAND OF KRK POWER SYSTEM

SUMMARY

The island of Krk tends to switch to zero-emission of greenhouse gases, and to the energy supply from renewable sources. For the purpose of reducing greenhouse gas emissions, energy efficiency programs are encouraged, consequently developing awareness on rational use of energy. The goal of this paper is an insight into the state of the electric power system on the island of Krk during characteristic base and peak loads, including all the predictable contingencies and operating conditions. In addition to the existing and planned state of the electric power system, this paper provides description on the impact of the envisaged renewable energy sources to the electricity grid of the island of Krk.

Key words: minimum load, maximum load, distributed generation, medium voltage distribution grid, the island of Krk

1. UVOD

Zbog rastućih cijena energenata, velike ovisnosti Hrvatske o njihovom uvozu, klimatskih promjena, ali i daljnjeg razvoja otoka Krka, Ponikve d.o.o. i jedinice lokalne samouprave otoka Krka dale su izraditi Strategiju za postizanje bilančnog statusa nulte emisije stakleničkih plinova za otok Krk do 2030. godine [1].

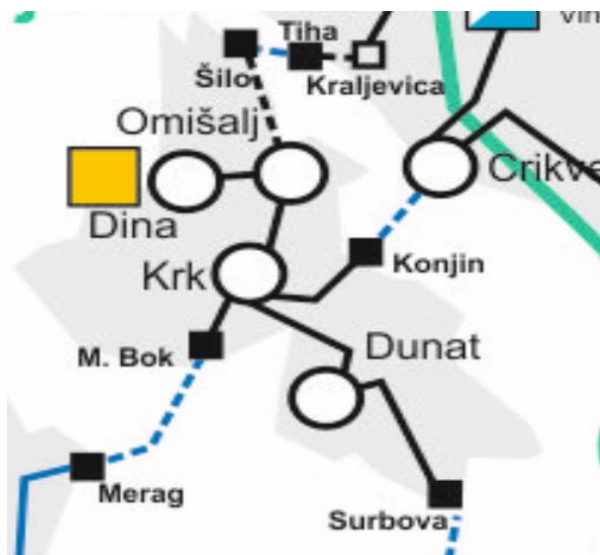
U svrhu smanjenja emisije CO₂, razvijaju se programi energetske učinkovitosti te se razvija svijest o racionalnom korištenju energije. Utjecaj na okoliš, kao jedan od važnijih uvjeta, služi za priključenje novih proizvodnih jedinica na mrežu. Zbog velike emisije štetnih plinova iz elektrana na fosilna goriva, obnovljivi izvori energije dobivaju sve više na značaju.

Zbog navedenih razloga, izrađen je matematički model elektroenergetskog sustava otoka Krka te će u ovom radu biti prikazan utjecaj predviđenih obnovljivih izvora energije, koji se planiraju izvesti priključenjem na postojeću mrežu Otoka u svrhu postizanja energetske dostatnosti.

Matematički model elektroenergetskog sustava otoka Krka izrađen je u programskom paketu Neplan koji služi za analizu, planiranje i optimiranje elektroenergetskog sustava. Neplan nudi mogućnost modeliranja i analize niskonaponskih, srednjenaponskih i prijenosnih mreža do 400 kV te nudi mogućnost izrade modela i analize mreža istosmjernog napona [2].

U svrhu modeliranja nekog elektroenergetskog sustava prvo je potrebno pribaviti sve potrebne tehničke karakteristike mreže među koje se ubrajaju jednopolne sheme postrojenja, popis vodova s pripadajućim karakteristikama, popis dionica s pripadajućim duljinama, podaci o energetskim transformatorima, jednopolna shema mreže i njena topologija, uklopna stanja mreže, podaci o opterećenjima pojedinih transformatorskih stanica te podaci o susjednim mrežama, odnosno ekvivalentima susjednih mreža.

Nakon prikupljenih svih potrebnih podataka o mreži, može se pristupiti njenom modeliranju. Radi bržeg i jednostavnijeg modeliranja vodova, zbog njihove raznovrsnosti, preporuča se kreiranje baze podataka vodova. Nakon kreiranja potrebnih baza podataka vrši se modeliranje mreže. Modeliranje elektroenergetskog sustava otoka Krka započeto je s pojnim stanicama TS Krk 110/20 kV i TS Dunat 110/20 kV, odnosno njihovih 110 kV i 20 kV postrojenja kao i pripadajućih energetskih transformatora. Nakon modeliranja transformatorskih stanica potrebno je prema jednopolnoj shemi modelirati pripadna 20 kV vodna polja stanica 110/20 kV Krk i Dunat. Posljednja faza modeliranja je povezati napojne stanice otoka Krka sa susjednim stanicama 110/x kV pripadajućim vodovima te preostali dio mreže nadomjestiti aktivnim mrežama, tzv. ekvivalentima.



Slika 1. Elektroenergetski sustav otoka Krka – mreža 110 kV

2. OPIS ELEKTROENERGETSKE MREŽE OTOKA KRKA

Kvalitetno i sigurno napajanje električnom energijom svih potrošača otoka Krka osiguravaju transformatorske stanice TS 110/20 kV Krk i Dunat. Transformatorske stanice sadrže po dva energetska transformatora nazivnih snaga 20 MVA.

Visokonaponsko 110 kV postrojenje TS 110/20 kV Krk izvedeno je kao postrojenje s jednostrukim sustavom glavnih i pomoćnih sabirnica s dva transformatorska polja i četiri vodna polja. TS 110/20 kV Krk je 110 kV nadzemno-kabelskim vodom povezana s TS 400/220/110 kV Melina, koji se dijelom sastoji iz podmorskog kabela između kopna i otoka te prolazom kroz RP 110 kV Omišalj, koje predstavlja odcjepno čvorište za kabelsko napajanje obližnjeg 110 kV potrošača Dina. Od RP 110 kV Omišalj 110 kV veza prema TS 400/220/110 kV Melina izvedena je nadzemno - dalekovodom. Druga 110 kV veza TS Krk 110/20 kV s kopnom je podmorskim kabelom prema TS 110/20 kV Crikvenica. TS Krk 110/20 kV je 110 kV dalekovodima povezana s TS 110/20 kV Dunat i TS Lošinj 110/20 kV.

Visokonaponsko postrojenje u TS 110/20 kV Dunat izvedeno je s jednostrukim sabirnicama u klasičnoj H-shemi postrojenja s dva vodna polja i dva transformatorska polja. TS 110/20 kV Dunat povezana je s TS 110/20 kV Krk i TS 110/20 kV Rab [4].

Sredjenaponska 20 kV postrojenja u obje transformatorske stanice sačinjavaju 24 jednosustavna sklopna bloka podijeljena u dvije sekcije. Svaka od sekcija sadrži jedno transformatorsko polje, mjerno polje, polje kućnog transformatora, osam vodnih polja i sekcijsko polje. Sekcije su povezane oklopljenim sabirničkim mostom preko krajnjih sekcija.

Sve transformatorske stanice 20/0,4 kV su napajane jednostrano iz pojnih 110/20 kV transformatorskih stanica Krk i Dunat. Iako je mreža građena prstenasto, sredjenaponski vodovi radijalno izlaze iz rasklopnog postrojenja. U normalnom pogonskom stanju mreža je napajana radijalno, [5].

Sredjenaponska mreža otoka Krka ukupne je duljine 370 km i sastoji se od kabelskih vodova ukupne duljine 300 km i zračnih duljine 70 km. Najzastupljeniji su kabelski vodovi tipa XHE 49-A 1x150 mm² i 1x185 mm², dok su zračni vodovi tipa Al/Fe 3x35 mm² i 3x95 mm².

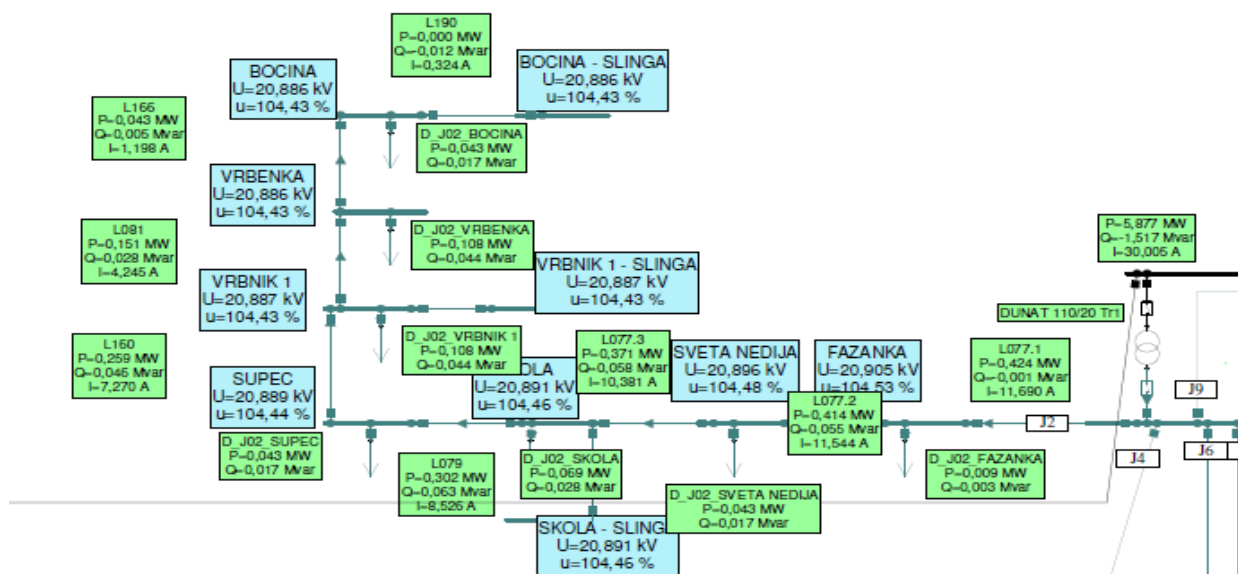
3. PRORAČUN TOKOVA SNAGA

U svrhu analize elektroenergetskog sustava otoka Krka, provedene su simulacije tokova snaga za karakteristična pogonska stanja i to za uvjete minimalnog i maksimalnog opterećenja transformatorskih stanica 110/20 kV Krk i Dunat. Proračunom tokova snaga stoga je provedena analiza opterećenja pojedinih dionica elektroenergetske mreže, kontrola napona čvorišta te opterećenje napojnih 110/20 kV transformatora.

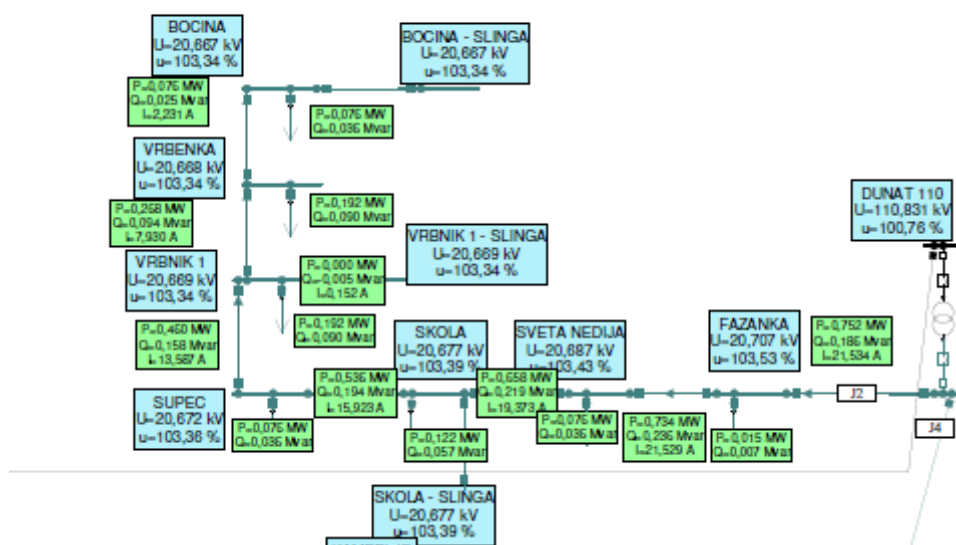
Proračun tokova snaga za područni elektroenergetski sustav otoka Krka proveden je za slučaj minimalnog opterećenja koji odgovara opterećenju zabilježenom 02.11.2016. u 10:00 h, dok je za slučaj maksimalnog opterećenja uzeto opterećenje zabilježeno na dan 07.07.2015. u 13:00 h. Rezultati tokova snaga po vodnim poljima za TS 110/20 kV Dunat prikazani su sljedećim tablicama. Slikama 2. i 3. prikazani su tokovi snaga za minimalno i maksimalno opterećenje vodnog polja „Škola“ napojne TS 110/20 kV Dunat.

Tablica I. Tokovi snaga na počecima 20 kV polja
u TS 110/20 kV Dunat pri minimalnom i maksimalnom opterećenju

TS Dunat 110/20 kV		Minimalno opterećenje			Maksimalno opterećenje		
Naziv vodnog polja	Oznaka polja	P[MW]	Q[MVar]	I[A]	P[MW]	Q[MVar]	I[A]
Trafo 1		5,87	-1,76	168,86	0	0	0
Trafo 2		0	0	0	15,23	2,781	430,4
Škola	J2	0,42	-0,001	11,69	0,75	0,18	21,53
Donji Kornić	J4	0,26	-0,09	7,67	0,47	-0,001	13,33
Dražica 3	J6	1,88	-0,35	52,95	2,87	0,37	80,57
Kanajt	J8	0,80	-0,54	26,83	1,65	0,001	45,92
RS Baška	J9	0,36	-0,09	10,42	1,82	0,49	52,62
Vele Hrusti	J16	0,626	-0,588	23,69	2,863	0,402	79,658
Punat 3	J17	0,316	-0,113	9,26	1,486	0,319	42,263
Politin	J18	1,177	0,023	32,46	3,320	1,008	96,495



Slika 2. Prikaz tokova snaga u vodnom polju Škola – J2 (minimalno opterećenje)



Slika 3. Prikaz tokova snaga u vodnom polju Škola – J2 (maksimalno opterećenje)

3.1. Opterećenja vodova i transformatora

Podaci o opterećenjima vodova od velike su važnosti za daljnja planiranja priključenja potrošača, distribuiranih izvora (DI) i izgradnju distribucijske mreže. Iz tog razloga, potrebno je raspolagati podacima o maksimalnim opterećenjima vodova kako bi se uvidjelo da li su pojedine dionice u mogućnosti prihvatiti daljnja povećanja potrošnje i proizvodnje ili je potrebno izvršiti revitalizaciju postojećih vodova s vodovima veće prijenosne snage. Sljedećim tablicama prikazana su opterećenja prvih dionica vodnih polja u TS 110/20 kV Dunat i opterećenja transformatora u napojnim 110/20 kV transformatorskim stanicama.

Tablica II. Prikaz opterećenja vodova za vrijeme maksimalnog opterećenja

TS Dunat 110/20 kV		Opterećenje prve dionice
Naziv vodnog polja	Oznaka polja	Opterećenje [%]
Škola	J2	14,85
Donji Korniće	J4	3,86
Dražica 3	J6	23,36
Kanajt	J8	13,31
RS Baška	J9	24,48
Vele Hrusti	J16	23,09
Punat 3	J17	12,25
Politin	J18	27,97

Tablica III. Prikaz opterećenja transformatora u TS 110/20 kV za vrijeme maksimalnog opterećenja

TS Krk 110/20 kV	Opterećenje [%]	TS Dunat 110/20 kV	Opterećenje [%]
Trafo 1	58,41	Trafo 1	0
Trafo2	35,25	Trafo 1	78,37

Iz prikazanih rezultata proračuna tokova snaga može se uočiti da su tokovi radne snage za vrijeme maksimalnog opterećenja (ljetni mjeseci) i do nekoliko puta veći od tokova radne snage za vrijeme minimalnog opterećenja (zimski mjeseci). Tokovi jalove snage su za vrijeme maksimalnog opterećenja usmjereni prema transformatorskim stanicama TS 20/0,4 kV dok je za vrijeme minimalnih opterećenja više proizvedene jalove snage iz pretežito kableske srednjenaponske mreže, te je tok jalove snage usmjeren prema napojnoj 110/20 kV transformatorskoj stanici Dunat na što ukazuje negativan predznak u rezultatima. Tablica II prikazuje da nema preopterećenih vodova za vrijeme maksimalnih opterećenja te da se s obzirom na dozvoljena strujna opterećenja elemenata srednjenaponske mreže mogu prihvatiti dodatni potrošači kao i distribuirani izvori. Naravno, za donošenje konačne odluke o prihvatljivosti priključenja dodatnih korisnika mreže potrebno je razmotriti i ostale utjecajne čimbenike poput utjecaja na kratkospojne prilike, gubitke u mreži te osobito utjecaj novih priključaka na naponske prilike. U nastavku rada analiziran je utjecaj priključenja DI na naponske i kratkospojne prilike u srednjenaponskoj mreži otoka Krka.

3.2. Naponi u distribucijskoj mreži

Prema mrežnim pravilima elektroenergetskog sustava dopušteno odstupanje napona u odnosu na nazivni napon distribucijske mreže iznosi $\pm 10\%$ [6]. Provedenom analizom tokova snaga za vrijeme maksimalnog i minimalnog opterećenja, utvrđeno je da se naponi svih čvorišta nalaze unutar dozvoljenih granica. Tablicom IV prikazani su padovi napona u krajnjim transformatorskim stanicama, za uvjete maksimalnog (maks) i minimalnog (min) opterećenja.

Tablica IV. Pad napona u krajnjoj TS u vodnim poljima TS Dunat 110/20 kV u odnosu na napojnu 20 kV sabirnicu

TS Dunat 110/20 kV		Pad napona u krajnjoj TS	Pad napona u krajnjoj TS
Naziv vodnog polja	Oznaka polja	dU [%] (maks)	dU [%] (min)
Škola	J2	0,45	0,20
Donji Korniće	J4	0,10	0,05
Dražica 3	J6	1,30	0,70
Kanajt	J8	0,60	0,15
RS Baška	J9	2,00	0,30
Vele Hrusti	J16	2,20	0,28
Punat 3	J17	0,60	0,06
Politin	J18	1,60	0,80

Transformatorske stanice TS 110/20 Krk i TS 110/20 Dunat opremljene su sustavom za automatsku regulaciju napona (ARN) koji je zadužen za održavanje napona SN sabirnica na postavljenoj - referentnoj vrijednosti, koja za razmatrana postrojenja iznosi 21 kV. Ova vrijednost, odražava se s ciljem kompenzacije pada napona u 20 kV mreži. Drugim riječima, položaj preklopke nije fiksna, već se automatski mijenja ovisno o opterećenju mreže i to u rasponu od $\pm 15\%$ s korakom regulacije od 1,5% ($\pm 10 \times 1,5\%$).

4. PRORAČUN STRUJA KRATKOG SPOJA

Proračun struja kratkog spoja je uz proračun tokova snaga jedan od važnijih proračuna elektroenergetskih mreža. Uslijed pojave kratkog spoja, struje postižu višestruko veće vrijednosti u odnosu na pogonske, što uzrokuje dinamička i termička naprezanja elemenata, a rezultati ovih proračuna služe za pravilno dimenzioniranje opreme pri rekonstrukciji postojećih postrojenja ili projektiranju novih. Proračun struja kratkog spoja potreban je i pri podešavanju sustava zaštite elektroenergetske mreže, no u tom se slučaju određuju minimalne struje kratkog spoja, za razliku od maksimalnih koje su mjerodavne pri, maloprije spomenutom, dimenzioniranju opreme. Za razmatrani područni EES otoka Krka, proveden je proračun maksimalnih početnih struja trolnog kratkog spoja u mreži 20 kV, a rezultati su prikazani tablično za početnu i krajnju transformatorsku stanicu za svako vodno polje u TS 110/20 kV Dunat.

Tablica V. Maksimalna početna struja trolnog KS u početnom i krajnjem čvorištu 20 kV vodnih polja

TS Dunat 110/20 kV		Početno čvorište		Krajnje čvorište	
Naziv vodnog polja	Oznaka polja	I_{K3} [kA]		I_{K3} [kA]	
Škola	J2	Fazanka	3,28	Bočina šlinga	2,43
Donji Kornić	J4	Donji Kornić	4,24	Garica	1,78
Dražica 3	J6	Dražica 3	3,82	Novo naselje 3	2,83
Kanajt	J8	Kanajt 1	4,63	Stara Baška 4	1,61
RS Baška	J9	Draga Baška 3	2,03	Bunculuka	1,56
Vele Hrusti	J16	Vele Hrusti	4,56	Baška 2	2,11
Punat 3	J17	Punat 3	4,20	Buka 2	3,68
Politin	J18	Politin	3,73	Krk 3	2,76
Dunat 1	J21	Dunat 1	1,97	Dunat 1	1,97

Proračun struja jednopolnog kratkog spoja nije proveden s obzirom da su zvjezdišta SN namota pojnih transformatora uzemljena preko malog otpora, odnosno kombinacije ručno podesive prigušnice i malog otpora, čime je maksimalna vrijednost struje jednopolnog kvara limitirana na veličinu određenu prethodno spomenutom kombinacijom.

Usporedbom dobivenih rezultata proračuna maksimalnih struja trolnog kratkog spoja s nazivnim karakteristikama ugrađenih prekidača u SN postrojenjima TS Krk i TS Dunat može se konstatirati da su dobivene maksimalne vrijednosti struja kratkog spoja, u svim razmatranim slučajevima, manje od nazivne prekidne moći ugrađenih prekidača koja iznosi 16 kA (Končarevi prekidači serije VK24-16-8, odnosno VK24-16-12).

5. UTJECAJ PRIKLJUČENJA DISTRIBUIRANIH IZVORA NA TOKOVE SNAGA I KRAKOSPOJNE PRILIKE U PODRUČNOM EES-U OTOKA KRKA

U ovom je poglavlju prikazan utjecaj priključenja distribuiranih izvora, sa stanovišta promjene napona čvorišta mreže (varijacije napona), tokova snaga po granama mreže te utjecaja na iznos maksimalne struje kratkog spoja. Za razmatranje utjecaja distribuiranih izvora, uzet je primjer vodnog polja "Vele Hrusti" obzirom da je na tom vodnom polju već priključen veći broj elektrana, odnosno predviđeno je priključenje dodatnih elektrana.

Trenutno je na otoku Krku u pogonu 16 sunčanih elektrana te 11 punionica električnih automobila, dok je u planu izgradnja vjetroparka u blizini Baške te još 20 sunčanih elektrana. Strategijom razvoja otoka Krka do 2030. godine, predviđa se da bi se instaliralo 36 MW fotonaponskih postrojenja na krovnim površinama, 4 MW fotonaponskih postrojenja na tlu, 25 MW vjetroelektrana i 250 kW postrojenja

na bioplin. Uz planirano ulaganje u OIE, cilj strategije je i povećanje energetske učinkovitosti za 30% u svrhu postizanja nulte emisije stakleničkih plinova.

5.1. Proračun tokova snaga u vodnom polju „Vele Hrusti“

U planu je izgradnja sunčane elektrane SE Barbičin snage 5 MW, za koju je predviđeno mjesto priključenja između TS Treskavac 2 i TS Draga Baška 5. U istom vodnom polju nalazi se već priključena sunčana elektrana Treskavac, snage 0,136 MW, priključena na TS Treskavac 1 i elektrana u privatnom vlasništvu spojena na TS Baška 2, snage 0,03 MW.

Prije priključenja distribuiranih izvora za uvjet minimalnog opterećenja, tok radne snage u vodnom polju „Vele Hrusti“ iznosio je 0,620 MW. U ovom slučaju, najopterećenija je prva dionica vodnog polja (TS Dunat – TS Vele Hrusti) i to sa 6,87% nazivne prijenosne moći 20 kV voda.

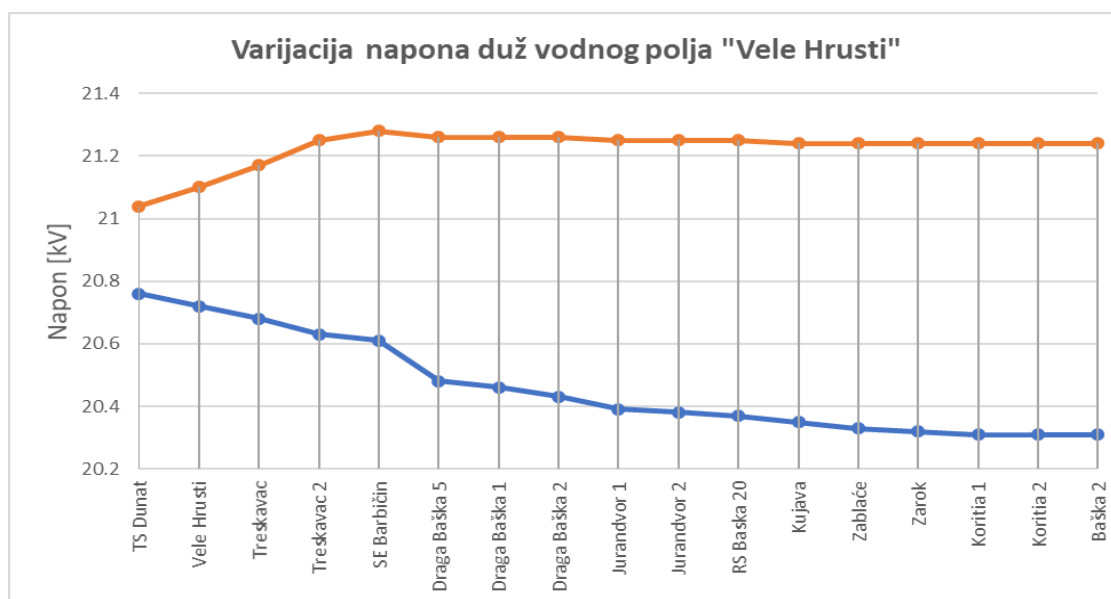
Nakon priključenja sunčane elektrane SE Barbičin od 5 MW, snaga proizvodnje iz FN elektrana veća je od snage potrošnje pa se veći dio snage proizvodnje prenosi prema TS Dunat. Priključenjem SE Barbičin, vodovi između mjesta priključenja i TS Dunat postaju opterećeni u prosjeku 36% od svoje nazivne prijenosne moći. Tablicom VII prikazana su maksimalna opterećenja pojedinih dionica vodnog polja „Vele Hrusti“ u uvjetima bez priključenja DI i nakon priključenja. Očekivano do povećanja maksimalnog opterećenja došlo je u onim dionicama gdje je izražen utjecaj proizvodnje SE, u ostalim dionicama, dakle od mjesta priključenja SE Barbičin prema kraju SN voda, očekivano nema promjene maksimalnog opterećenja budući da nema priključenih DI koji bi utjecali na preraspodjelu tokova snaga.

Tablica VII. Prikaz promjena opterećenja pojedinih dionica u vodnom polju „Vele Hrusti“ prije i nakon priključenja DI

Dionica	Max. opterećenje dionice bez DI [%]	Max. opterećenje dionice s DI [%]	Promjena opterećenja [%]
TS Dunat - Vele Hrusti	23,09	36,00	12,91
Vele Hrusti - Treskavac	22,27	36,16	13,89
Treskavac - Treskavac 2	21,54	35,17	13,63
Treskavac 2 - SE Barbičin	21,19	35,24	14,05
SE Barbičin - Draga baška 5	21,21	21,21	-
Draga baška 5 - Draga baška 1	20,33	20,33	-
Draga baška 1 - Draga Baška 2	19,49	19,49	-
Draga Baška 2 - Jurandvor 1	18,77	18,77	-
Jurandvor 1 - Jurandvor 2	17,37	17,37	-
Jurandvor 2 - RS Baska 20	16,49	16,49	-
RS Baska 20 - Kujava	15,38	15,38	-
Kujava - Zablaće	14,01	14,01	-
Zablaće - Zarok	10,36	10,36	-
Zarok - Koritia 1	8,12	8,12	-
Koritia 1 - Koritia 2	7,54	7,54	-
Koritia 2 - Baška 2	3,63	3,63	-

Tablica VIII. Prikaz varijacije napona u vodnom polju „Vele Hrusti“ prije i nakon priključenja DI

Čvorište	Napon bez DI (maks. opt. mreže) [kV]	Napon s DI (min. opt. mreže) [kV]	Promjena [kV]	Promjena [%]
TS Dunat	20,76	21,04	0,28	1,36
Vele Hrusti	20,72	21,10	0,38	1,81
Treskavac	20,68	21,17	0,49	2,35
Treskavac 2	20,63	21,25	0,62	3,00
SE Barbičin	20,61	21,28	0,66	3,21
Draga Baška 5	20,48	21,26	0,78	3,81
Draga Baška 1	20,46	21,26	0,80	3,91
Draga Baška 2	20,43	21,26	0,82	4,02
Jurandvor 1	20,39	21,25	0,86	4,22
Jurandvor 2	20,38	21,25	0,87	4,28
RS Baska 20	20,37	21,25	0,88	4,31
Kujava	20,35	21,24	0,90	4,41
Zablaće	20,33	21,24	0,91	4,49
Zarok	20,32	21,24	0,92	4,52
Koritia 1	20,31	21,24	0,93	4,56
Koritia 2	20,31	21,24	0,93	4,57
Baška 2	20,31	21,24	0,93	4,57



Slika 4. Prikaz varijacije napona u vodnom polju „Vele Hrusti“ prije i nakon priključenja DI (maksimalno opterećenje mreže bez OIE i minimalno opterećenje mreže s OIE)

Iz prikazane tablice i grafa vidljiv je utjecaj na varijacije napona u čvorištima mreže uslijed priključenja OIE. Iako je napon na mjestu priključenja sunčane elektrane najviši i dalje se nalazi unutar dozvoljenih tolerantnih odstupanja tj. granica, a smanjuje se prema početku, odnosno kraju vodnog polja.

5.2. Proračun struja kratkog spoja u vodnom polju „Vele Hrusti“

U ovom su potpoglavlju prikazane vrijednosti struja trolnog kratkog spoja na 20 kV sabirnicama svih transformatorskih stanica 20/0,4 kV napojenih vodnim poljem „Vele Hrusti“ kao i vrijednosti struja kratkih spojeva nakon priključenja elektrana.

Tablica VIII. Prikaz vrijednosti maksimalnih struja trolnog kratkog spoja u VP „Vele Hrusti“

Čvorište	Struja 3-p k.s. bez DI [kA]	Struja 3-p k.s. s DI [kA]	Promjena [kA]	Promjena [%]
TS Dunat	4,84	5,20	0,36	7,49
Vele Hrusti	4,56	4,91	0,34	7,57
Treskavac	4,23	4,55	0,32	7,62
Treskavac 2	3,85	4,19	0,33	8,76
Draga baška 5	2,96	3,14	0,17	6,00
Draga baška 1	2,85	3,02	0,16	5,77
Draga Baška 2	2,73	2,85	0,12	4,38
Jurandvor 1	2,54	2,66	0,12	4,88
Jurandvor 2	2,53	2,60	0,06	2,48
RS Baska 20	2,47	2,56	0,08	3,59
Kujava	2,44	2,44	-0,004	-0,13
Zablaće	2,33	2,35	0,013	0,55
Zarok	2,21	2,30	0,09	4,34
Korintia 1	2,15	2,24	0,09	4,17
Korintia 2	2,12	2,21	0,08	4,09
Baška 2	2,11	2,19	0,08	4,12

Rezultati ukazuju da priključenje distribuiranih izvora nema značajan utjecaj na maksimalne vrijednosti početnih struja trolnog kratkog spoja, što je u skladu s očekivanjima.

6. ZAKLJUČAK

Obzirom da Strategija otoka Krka predviđa priključak značajnog broja postrojenja za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora na distribucijsku mrežu, pojavila se potreba za modeliranjem elektroenergetskog sustava otoka Krka kako bi se dobio uvid u trenutno stanje i mogućnosti prihvata distribuirane proizvodnje. Nakon što su prikupljeni svi potrebni podaci o promatranoj mreži, pristupilo se njenom modeliranju. Zbog bržeg i kvalitetnijeg provođenja planiranja i vođenja elektroenergetskog sustava kreiran je matematički model elektroenergetske mreže otoka Krka u računalnom alatu Neplan. Verifikacija izrađenog matematičkog modela izvršena je nakon provedenih proračuna, na način da su dobiveni rezultati uspoređeni sa stvarnim SCADA mjerenjima, za isto opterećenje sustava i topologiju mreže, odnosno uklopno stanje.

Rezultati proračuna ukazuju na pojavu reverznih tokova jalove snage u postojećoj mreži bez priključenih DI, zbog značajnog udjela kablskih dionica i slabe opterećenosti distribucijske mreže u zimskim mjesecima. Dodatno, priključkom DI doći će do dodatnog reverziranja tokova snage i to djelatne (uz postojeće jalove), pri čemu će kablске dionice uslijed proizvodnje distribuiranih izvora postati dodatno opterećene. Međutim, opterećenost dionica, varijacije napona svakog čvorišta i pad napona do svakog čvorišta ostat će unutar dozvoljenih tolerantnih odstupanja. Također, proračun struje trolnog kratkog spoja ukazuje da će dodatna struja KS, kojom doprinose DI, imati relativno mali utjecaj na ukupnu struju KS, što znači da nije potrebna zamjena postojeće primarne opreme postrojenja.

7. LITERATURA

- [1] „Interdisciplinarna strategija nulte emisije stakleničkih plinova za integrirani održivi razvoj otoka Krka,“ igr d.o.o., Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS), Umwelt-Campus Birkenfeld, Zagreb, 2012.
- [2] D. Variola, " Modeliranje elektroenergetskog sustava otoka Krka ", Diplomski rad, lipanj 2017.
- [3] V. Kirincic, D. Frankovic, D. Radulovic, "Održivi razvoj otoka za nisko-ugljično društvo," MIPRO, 30 svibanj – 3 lipanj 2016, Opatija, Hrvatska
- [4] Hrvatska Elektroprivreda: "TS 110/20 kV Dunat – glavni projekt", HEP, Zagreb, 2000.
- [5] R. Goić: "Distribucija električne energije", s Interneta, <http://marjan.fesb.hr/~rgoic/dm/skriptaDM.pdf>
- [6] Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva: " Mrežna pravila elektroenergetskog sustava ", s Interneta, http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2006_03_36_907.html