

Martina Ezgeta, mag.ing.el.
Fakultete elektrotehnike, računarstva i informacijskih
tehnologija, Osijek
mezgeta@etfos.hr

Prof.dr.sc. Srete Nikolovski
Fakultete elektrotehnike, računarstva i informacijskih
tehnologija, Osijek
srete.nikolovski@etfos.hr

Mr.sc. Dragan Mlakić
Elektrodistribucija, Novi Travnik,
Elektroprivreda HZ-HB. Mostar
Dragan.mlakic@ephznb.ba

INTEGRACIJA I KOORDINACIJA ZAŠTITE FOTONAPONSKE ELEKTRANE „PRAHA“ SNAGE 150 KW U DISTRIBUCIJSKU MREŽU BIH-A

SAŽETAK

S obzirom na sve više iskorištavanje obnovljivih izvora energije kako bi se dobila električna energija, ovaj rad daje osvrt na takav način pretvorbe pomoću fotonaponske elektrane. Model distribucijske mreže u okruženju i same elektrane je napravljen u programskom paketu EasyPower. Pri koordinaciji zaštite moraju se postaviti odgovarajuća vremena zatezanja zaštitnih uređaja kako bi se postigla selektivnost. U modelu je prikazana koordinacija relejne zaštite, osigurača i prekidača na niskonaponskoj i srednje naponskoj razini. Nakon proračuna kratkih spojeva i podešenja zaštita, izvršena je provjera zaštite i predložena su nova podešenja. Zaključak je da je koordinacija zaštitnih uređaja pravilno podešena i da će pravilno isključiti pri pojavi kratkih spojeva.

Ključne riječi: Fotonaponska pretvorba, fotonaponska elektrana, fotonaponski paneli, izmjenjivač, koordinacija zaštite, vremensko-strujna karakteristika, kratki spoj

INTEGRATION AND PROTECTION SETTING OF PHOTOVOLTAIC POWER PLANT „PRAHA“ 150KW

SUMMARY

Given the fact that more and more renewable energy sources are exploited in order to get electrical energy to this work gives a review of that way of transformation using photovoltaic power (PV) plant. The model is made in the Easypower software package. In coordination protection there shall be provided adequate time delay of protection devices to achieve selectivity. The model shows the coordination of relay protection devices, fuses and breakers at low voltage and medium voltage level. After short circuit calculation and protection coordination adjustments the new settings are recommended. The conclusion is that the protection devices are properly coordinated and that they will trip properly when short circuits appeared.

Key words: Photovoltaic conversion, photovoltaic power plants, photovoltaic panels, izmjenjivač, protection co-ordination, time-current characteristics, short circuit

1. UVOD

Obnovljivi izvori energije se sve više koriste kao distribuirani izvori električne energije. Bilo da se radi o vjetru, vodi, biomasi, geotermalnim izvorima primjena im raste iz godine u godinu, pa i u našoj državi BiH. U radu je korišten softver za modeliranje dijele mreža i FNE, a na temelju toga je obavljena simulacija koordinacije zaštite. Analiza će pokazati potrebne karakteristike releja i rezultate proračuna struja kratkog spoja na nekim karakterističnim mjestima koliko to prostor dopušta. Podešenja releja i neke vremensko-strujne karakteristike će biti prikazane u radu. Opis FNE elektrane je detaljan.

2. FOTONAPONSKA ELEKTRANA „PRAHA“

Objekt je novoizgrađen na području Brankovića, na području Žepča u Bosni i Hercegovini i nalazi se na zemlji. Ukupna instalirana snaga je 150 kW i projektirana da godišnje radi 1480 sati. Nominalni stupanj iskorištenja FNE je 90,7% i godišnje proizvodi 232 MWh. Pokriva površinu od 3530 m² od čega je 960m² zauzeto foto naponskim panelima. Za izbor lokacije i orijentaciju foto naponskih panela korišteni su:

- izvodi iz katastra,
- postojeća projektna dokumentacija predmetnog objekta,
- programski paket JRC EUROPEAN COMMISSION (PVGIS, dostupan za javno korištenje).

Orijentacija foto naponskih panela od ose sjever-jug je 12° kako bi foto naponski paneli imali optimalni upad sunčevih zraka. Dodatno će se smanjiti zasjenjenje okolnih brda i planine u mjesecima kad je sunce „nisko“, dakle manje od 18°, ali neće u nekoj većoj mjeri utjecati na rezultate zato što je tada i energija sunca niska što je predmet glavnog projekta. Fotonaponski paneli su pozicionirani u sedam redova. Imaju ukupno 52 rotirajuća segmenta. Jedan segment čini konstrukcija na tri stuba IPE120 na kojoj se nalazi 12 FN panela. Nemaju praćenje po nagibnoj osi, ali osigurano je praćenje po vertikalnoj osi. Za pretvorbu energije sunčeva zračenja u električnu energiju koriste se FN paneli koji proizvode istosmjernu električnu struju koja se preko izmjenjivača pretvara u izmjeničnu i nakon toga se predaje mreži, kao što je slučaj FN elektrane „Praha“.

Pri distribuciji energije u mrežu cilj je prodaja i potrebno je poštivati propisane norme i standarde te prilagoditi se uvjetima koje nalaže distributer energije na čiju se mrežu spaja FNE. Potrebno je dobro riješiti statiku FN panela za sve vremenske uvjete, te da postoji galvansko odvajanje istosmjernog strujnog kruga od izmjeničnog, galvansko odvajanje izmjeničnog strujnog kruga od distributivne mreže. Osigurati prenaponsku zaštitu na istosmjernim krugovima, prenaponsku zaštitu na izmjeničnim krugovima te uzemljenje svih metalnih dijelova postrojenja. [11]

2.1. Opis foto naponske opreme

2.1.1. Foto naponski paneli (FN)

Fotonaponske ćelije su osnovne jedinice za pretvorbu sunčeve energije zračenja u električnu. U ovoj elektrani su korišteni SCHRACK TECHNIK paneli koji su postavljeni na čelične konstrukcije orijentirane na pravac sjever- jug zbog najboljeg kuta upada sunčevih zraka. Nemaju mogućnost rotiranja, odnosno praćenja promjene položaja sunca. FN paneli ne smiju zaklanjati jedan drugoga niti praviti sjenu za vrijeme najnižeg položaja Sunca. Međusobno su povezani u seriju s vodičima i čine cjelinu ili string. Snaga jednog panela je 265 Wp pa u ovoj elektrani ima ukupno 624 FN panela. Odabrani paneli zauzimaju prostor od 1654x989x40x i imaju 60 komada FN ćelija u seriji FN panela.. Nominalna struja iznosi 8,57 A, dok je nominalni napon 31,16 V. Kod modeliranja FN panela potrebno je poznavati napon otvorenog kruga U_{oc} koji iznosi 38,12 V, i struju kratkog spoja koja I_{sc} koja iznosi 9,01 A. Pri tome je nazivni napon U_{mpp} 31,16 V.

2.1.2. Izmjenjivači

Izmjenjivač je uređaj koji istosmjernu električnu energiju istosmjernog napona pretvara u izmjeničnu približno konstantnog napona. Koristi se SCHNEIDER ELECTRIC izmjenjivač s trofaznim priključkom na mrežu. Ima osiguranu zaštitu uslijed nestanka napona u distributivnoj mreži tj. automatski isključuje FNE. Izmjenjivač može posjedovati i više od dva ulaza pa se može priključiti i više stringova. U ovom slučaju ugrađeno je 6 izmjenjivača pojedinačne maksimalne snage $P_{AC}=25$ kW. Priključuje se na nazivni AC napon od 400/230 V. Maksimalna izlazna struja izmjenjivača je 40 A i maksimalni stupanj

korisnog djelovanja je 98%. S druge strane. Maksimalna DC snaga je 26,5 kW i maksimalni napon je 1000 V.

2.1.3. Vodiči

Vodiči se priključuju na FN panele s odgovarajućima konektorima tipa MC-T4. Polazu se u namjenske žljebove koji se nalaze na aluminijskim profilima. Od FN panela do razvodne ploče vodiči se polažu u samogasive gibljive cijevi promjera 16 mm. Vodič koji se spaja na plus pol crvene je boje dok je minus pol crne boje i ne smiju se mijenjati po bojama. Svi vodovi projektirane električne instalacije i potrošači zaštitit će se od struje preopterećenja i struje kratkog spoja automatskim osiguračima za DC napon do 1000 V DC. S obzirom na to da vodiči izdržavaju temperaturu do 90°C time smanjuje mogućnost zapaljenja. Foto naponski paneli ponašaju se kao strujni generatori pa je i struja kratkog spoja vrlo mala u odnosu na nominalnu (20% In). [8]

2.2. Proračun pada napona

Ručni izračun prema projektu [8] izmjenična (AC-strana) nazivna struja iznosi:

$$I_n = \frac{P}{1,73 * U * \cos \varphi} \quad (1)$$

$$R_2 = L * r \quad (2)$$

Jednofazni kratki spoj :

$$I_{k1} = \frac{1,1 * U_t}{2 * Z + Z_0} \quad (3)$$

$$u_{\%} = \frac{L * P_p * 100}{U^2 * 57 * S} \quad (4)$$

Dvofazni kratki spoj:

$$Z_p * I_p < U_o; \quad I_{k2} = \frac{1,1 * U_t}{2 * Z} \quad (5)$$

$$Z = \sqrt{(2 * R_2 + R_0)^2 + (2 * X_2 + X_0)^2} \quad (6)$$

Tablica I. Proračun pada napona na AC strani

strujni krug	kabel	L	S	P _{np}	P _n	I _{pr}	r	x	R	X	R _o	X _o	U%
		m	mm ²	kWp	kW	kA	Ω/km	Ω/km	Ω	Ω	Ω	Ω	%
	160kVA										0,013	0,04	
ŽTS-DMO-1	NAYY 4x150	2	150	165	149,8		0,154	0,072	0,000	0,000			0,04
DMO-1 do GROp	NAYY 4x150	110	150	165	149,8		0,195	0,074	0,021	0,008			2,20
GRO-Inv.6	NAYY-0 4x35	60	35	24,4	20,3		0,529	0,077	0,032	0,005			0,70

Pad napona na najugroženijem strujnom krugu iznosi u%=2,93.

a) Kontrola efikasnosti zaštite od indirektnog napona dodira za t<0,4 sec. Da bi se provjerila efikasnost zaštite u sustavu TN-S potrebno je ispuniti sljedeći uvjet:

$$Z_p * I_p < U_o \quad (7)$$

Dvofazni kratki spoj $Z_{2p}=0,11 \Omega$. $I_{k2p}=4,00$ kA. Napon indirektnog dodira je $13,20 \text{ V} < 50 \text{ V}$ **ZADOVOLJAVA**

b) Kontrola efikasnosti zaštitnog uređaja

Jednofazni kratki spoj $Z_{1p}=0,13 \Omega$. Struja prorade zaštitnog uređaja iznosi $I_{pr} < I_{k1p}$ $0,12 < 3,51$ kA **ZADOVOLJAVA**

Tablica II. Kontrola efikasnosti zaštitnog uređaja

strujni krug	kabel	L	S	P _{np}	P _n	I _{pr}	r	x	R	X	R _o	X _o	U%
		m	mm ²	kW _p	kW	kA	Ω/km	Ω/km	Ω	Ω	Ω	Ω	%
	160kVA										0,013	0,04	
ŽTS-DMO-1	NAYY 4x150	2	150	165	149,8		0,154	0,072	0,000	0,000			0,04
DMO-1 do GROp	NAYY 4x150	110	150	165	149,8		0,195	0,074	0,021	0,008			2,20
GRO-Inv.6	NAYY-0 4x35	60	35	24,4	20,3		0,734	0,080	0,044	0,005			0,70
ZA OSIGURAČ AC 3p 40A VRIJEDI:						0,12							2,9

c) Kontrola efikasnosti zaštite od indirektnog dodira napona za $t < 0,4$ sec

Da bi se provjerila efikasnost zaštite u sustavu TN-S potrebno je ispuniti sljedeći uvjet:

$$Z_p * I_p < U_o \quad (8)$$

Dvofazni kratki spoj $Z_{2p}=0,13 \Omega$ $I_{k2p}= 3,3$ kA. Napon indirektnog dodira $16 < 50$ **ZADOVOLJAVA**

d) Kontrola efikasnosti zaštitnog uređaja

Jednofazni kratki spoj $Z_{1p}=0,15 \Omega$. Struja prorade zaštitnog uređaja iznosi $I_{pr} < I_{k1p}$ $0,12 < 2,9$ kA **ZADOVOLJAVA**

Istosmjerna strana

$$u_{\%} = \left(\frac{P * r * 100000}{U^2} \right) * \left(\frac{2 * L_1}{S_1} + \frac{L_2}{S_2} \right) \quad (9)$$

Tablica III. Proračun pada napona na istosmjernoj strani

Izmjenjivač	String	Kabel	Br.pan	L6	S6	P _p	U _p	U%
Br.	Br.		kom	m	mm ²	kW	V	%
1	1	PV6	23	25	6	5,18	876,8	1,51
1	2	PV6	23	17	6	5,18	876,8	1,03
1	3	PV6	23	17	6	5,18	876,8	1,03
1	4	PV6	23	25	6	5,18	876,8	1,51
2	1	PV6	23	24	6	5,18	876,8	1,45
2	2	PV6	23	15	6	5,18	876,8	0,91
2	3	PV6	23	28	6	5,18	876,8	1,69
2	4	PV6	23	23	6	5,18	876,8	1,39
3	1	PV6	23	40	6	5,18	876,8	2,42
3	2	PV6	23	28	6	5,18	876,8	1,69
3	3	PV6	23	23	6	5,18	876,8	1,39
3	4	PV6	23	23	6	5,18	876,8	1,39
4	1	PV6	23	23	6	5,18	876,8	1,39
4	2	PV6	23	23	6	5,18	876,8	1,39
4	3	PV6	23	23	6	5,18	876,8	1,39
4	4	PV6	23	23	6	5,18	876,8	1,39
5	1	PV6	23	13	6	5,18	876,8	0,79

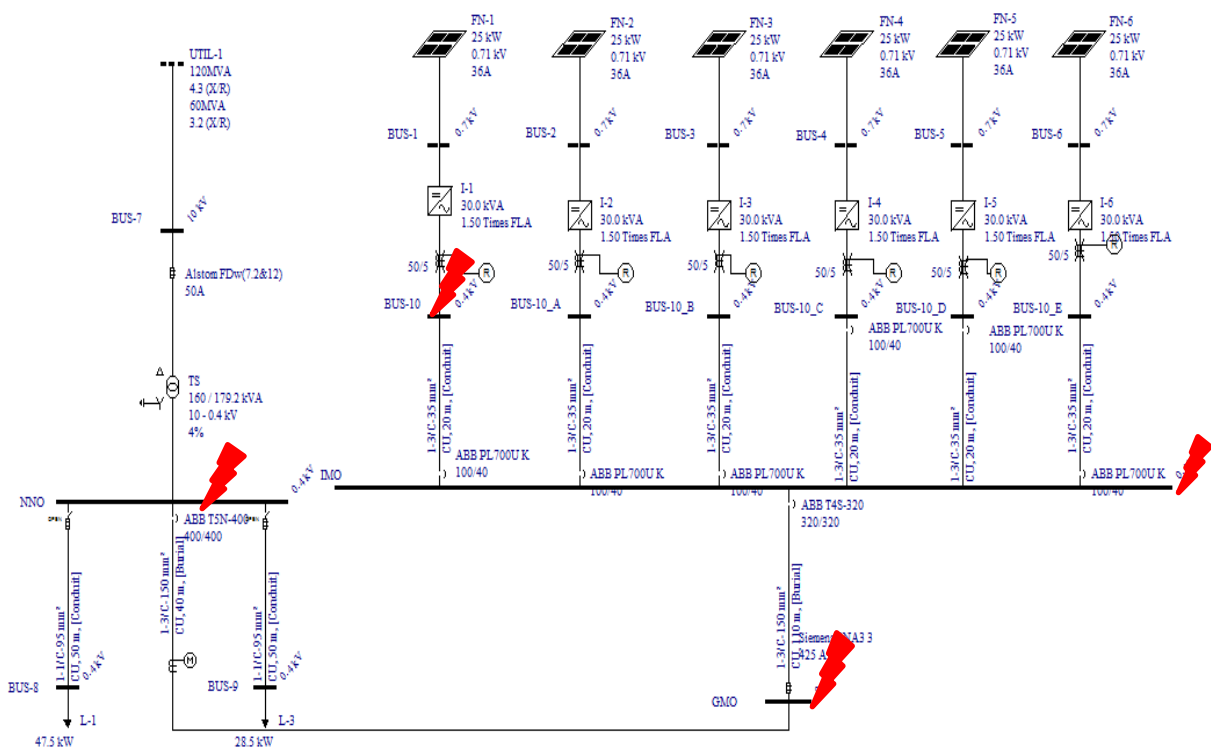
5	2	PV6	23	23	6	5,18	876,8	1,39
5	3	PV6	23	35	6	5,18	876,8	2,12
5	4	PV6	23	35	6	5,18	876,8	2,12
6	1	PV6	23	15	6	5,18	876,8	0,91
6	2	PV6	23	20	6	5,18	876,8	1,21
6	3	PV6	23	27	6	5,18	876,8	1,63
6	4	PV6	23	25	6	5,18	876,8	1,51

3. MODEL FN ELEKTRANE „PRAHA“

Prema radu [11], u programskom paketu EasyPower se kreirala mreža FNE koja je tema ovoga rada i odradit će se simulacija kratkih spojeva i tokova snaga. Iz tih rezultata će se dobiti temelji za koordinaciju nadstrujne zaštite elektrane i pripadajuće distribucijske mreže. Iskloppi struje kvara i zaštita elementa u sustavu kompleksan su proces i ne obavlja ga samo jedan uređaj nego skup automatiziranih uređaja koji su međusobno povezani. To su mjerni transformatori ili pretvornici, uređaji i pomoćni strujni krugovi istosmjernog ili izmjeničnog napona, uređaji za isključenje, ostali pomoćni uređaji za UHF i VHF povezivanje između udaljenih relejnih uređaja.

S obzirom na to da su postavke za svih šest grupa jednake, vrijedi da je maksimalna snaga panela jedne grupe 25 kW dok je struja 36 A. Priključuju se na napon od 0,7 kV. Iz struje kratkog spoja se računa napon kratkog spoja kod PV modula. Iznos napona U_{oc} je nešto veći od napona U_{mpp} i u ovom slučaju za 25 kW i 36 A pri naponu 694 V je U_{oc} jednak 0.71 kV, dok je U_{mpp} jednak 0.7 kV. U specifikaciji izmjenjivača postavljena je prividna snaga 30 kVA, a omjer X/R se dobiva pomoću opcije „calculate“.

U postavkama za tokove snage postavlja se djelatna snaga izmjenjivača na 23 kW. Fotonaponske ćelije su spojene na sabirnicu 0,7 kV s koje su dalje povezane na izmjenjivač. Kod izmjenjivača se dodaje i relej u vidu diferencijalne zaštite koji se spaja na 0,4 kV sabirnicu na koju se spajaju i ABB prekidači kao jedna od zaštita ove elektrane. Sve grupe FN ćelija i izmjenjivača s pripadajućom zaštitom se spajaju na sabirnicu internog mjernog ormara (IMO) 0,4 kV. Na vezi od IMO do glavnog mjernog ormara (GMO) položen je kabel duljine 110 m koji ima spojen prekidač te SIEMENS-ov osigurač. Od glavnog mjernog ormara se kabelom povezuje sustav na niskonaponski ormar. Također, na tom dijelu postoji prekidač i mjerni član koji služi za kontrolu kvalitete energije. Na NNO, sabirnicu 0,4 kV, spojena su dva potrošača, te TS snage 160 kVA s prijenosnim omjerom 10/0,4.



Slika 1. Model FNE „Praha“ u EasyPower-u

3.1. Trofazni kratki spoj promatrane mreže

Kratki spojevi koji se javljaju u mreži mogu biti:

- trofazni kratki spoj,
- dvofazni kratki spoj,
- dvofazni kratki spoj sa zemljom,
- jednofazni kratki spoj i
- dvostruki jednofazni kratki spoj.

Samo je trofazni kratki spoj simetrični kratki spoj, dok su ostale vrste nesimetrični kvarovi. Trofazni kratki spoj se ne javlja često ali ipak je najvažniji za dimenzioniranje zaštite zato što se najveće struje javljaju upravo pri ovome kratkom spoju. Zato se rasklopna moć osigurača određuje prema trofaznoj struji kratkoga spoja [9]. Iz tog razloga se na modelu vrši proračun trofaznog kratkog spoja. Iz dobivenih podataka za struje trofaznog kratkog spoja dimenzionira se zaštita, odnosno postavlja se maksimalna rasklopna moć osigurača.

Struja trofaznog kratkog spoja neznatno se povećava na sabirnicama od fotonaponskih ćelija, izmjenjivača, IMO-a i tako sve prema mreži. Stoga se zaštita postavlja prema tom povećanju, odnosno selektivnost se kreće u tom smjeru. Postavke prekidača su jednake za sve grupe. Svi releji su ABB, tip REF 543 i imaju prijenosni omjer 50/5. Multifunkcionalni su, 51N/50N D. Za niskonaponske prekidače odabire se prekidač marke ABB PL700U K 100/40. Na području od IMO do glavnog mjernog ormara spojen je nadstrujni prekidač ABB T4S-320 320/320 te Siemens-ov osigurač 3NA3 3 300A. Od glavnog mjernog ormara postavlja se ABB T5N-400 400/400 prekidač. Kod transformatorske stanice se postavlja Alstom FDw (7.2&12) 50 A osigurač.

Tablica IV. Trofazni kratki spoj FNE „Praha“ na NN

3 FKS		Ukupna struja KS	
Sabirnica	Napon (kV)	Simetrična (A)	Asimetrična (A)
BUS-1	0.70	36.0	36.0
BUS-2	0.70	36.0	36.0
BUS-3	0.70	36.0	36.0
BUS-4	0.70	36.0	36.0
BUS-5	0.70	36.0	36.0
BUS-6	0.70	36.0	36.0
BUS-8	0.40	5116.2	5333.0
BUS-9	0.40	5116.2	5333.0
BUS-10	0.40	3725.0	3762.9
BUS-10_A	0.40	3725.6	3763.5
BUS-10_B	0.40	3725.6	3763.5
BUS-10_C	0.40	3725.6	3763.5
BUS-10_D	0.40	3725.6	3763.5
BUS-10_E	0.40	3725.6	3763.5
GMO	0.40	5787.9	6229.8
IMO	0.40	4316.1	4442.2
NNO	0.40	6612.1	7436.8

VN napon

3 FKS		Ukupna struka KS	
Sabirnica	Napon (kV)	Simetrična (A)	Asimetrična (A)
BUS-7	10.00	6942.4	8535.5

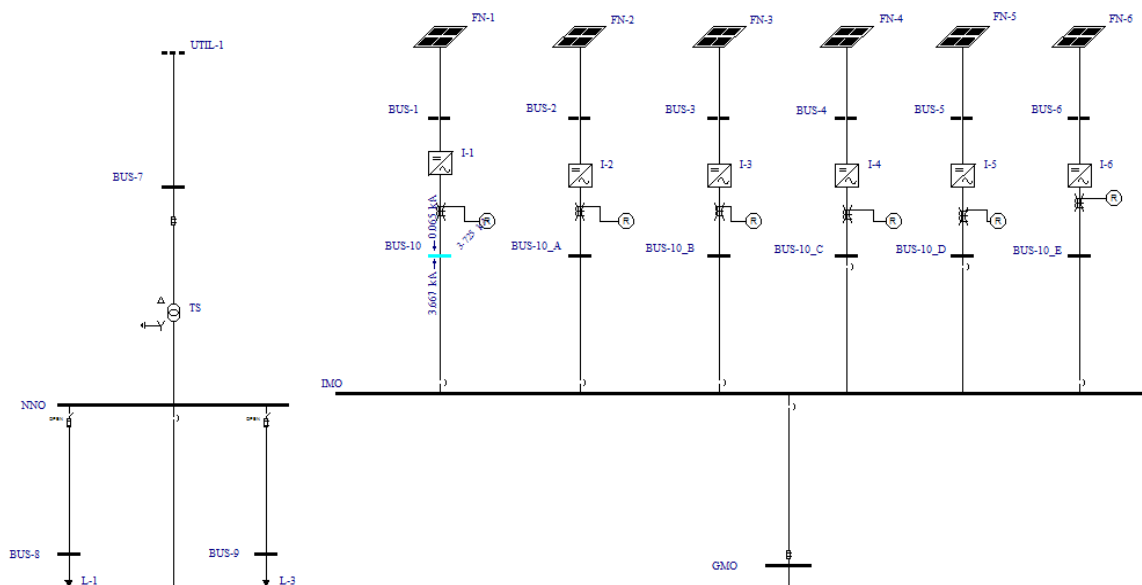
U tablici V. su prikazane pojedinačne postavke nadstrujne zaštite. Nakon podešenja zaštite dobiva se dijagram koordinacije nadstrujne zaštite koji ima željenu selektivnost uređaja. U slučaju da se krivulje preklapaju tada nije postignuta selektivnost i potrebno je to koordinirati. Također je uvjet za

selektivnost da predložene struje i vremena odgovaraju stvarnim situacijama. To se provjerava tako da se struje kratkog spoja izračunaju za određena mjesta u mreži i provjerava se reagira li zaštita.

Tablica V. Podešenja zaštite FNE „Praha“

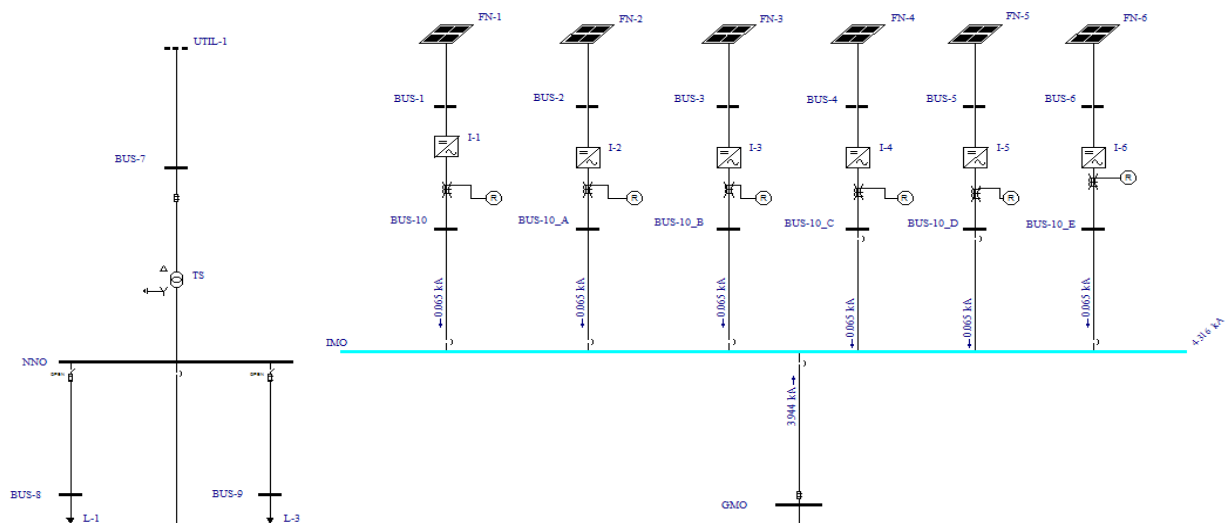
ID	Proizvođač	Tip	Stil	Senzor	Tap		
BL-1	ABB	Ekip E L SIG	XT4 Electronic	40	40		
BL-2	ABB	Ekip E L SIG	XT4 Electronic	40	40		
BL-3	ABB	Ekip E L SIG	XT4 Electronic	40	40		
BL-4	ABB	Ekip E L SIG	XT4 Electronic	40	40		
BL-5	ABB	Ekip E L SIG	XT4 Electronic	40	40		
BL-6	ABB	Ekip E L SIG	XT4 Electronic	40	40		
BL-8	ABB	PR222DS [IEC]	MCCB-LSIG	T5(400)	400		
NADSTRUJNI	ABB	PR222DS [IEC]	MCCB-LSIG	T4(320)	320		
I>			t>				
Funkcija	Postavke	Faktor	Okidanje (A)	Kašnjanje	Vrijeme		
I>	1	-	40	t>	10		
I>	1	-	40	t>	10		
I>	1	-	40	t>	10		
I>	1	-	40	t>	10		
I>	1	-	40	t>	10		
I>	1	-	40	t>	10		
I>	1	-	400	t>	3		
I>	1	-	320	t>	3		
I>>			I>>>				
Funkcija	Postavke	Okidanje (A)	Vrijeme (s)	I2t	Postavke	Okidanje	Okidanje (A)
I>>	3	120	0.1	Out	6.3	Pickup	252
I>>	3	120	0.1	Out	6.3	Pickup	252
I>>	3	120	0.1	Out	6.3	Pickup	252
I>>	3	120	0.1	Out	6.3	Pickup	252
I>>	3	120	0.1	Out	6.3	Pickup	252
I>>	8.2	3280	0.25	In		Override	6500
I>>	10	3200	0.1	Out	4	Pickup	1280

Ako se postavi trofazni kratki spoj na sabirnicu kod izmjenjivača (BUS-10) uočava se da je doprinos struji kratkog spoja 3.667 kA pa se ta struja uzima kao mjerodavna za provjeru reagiranja zaštite.



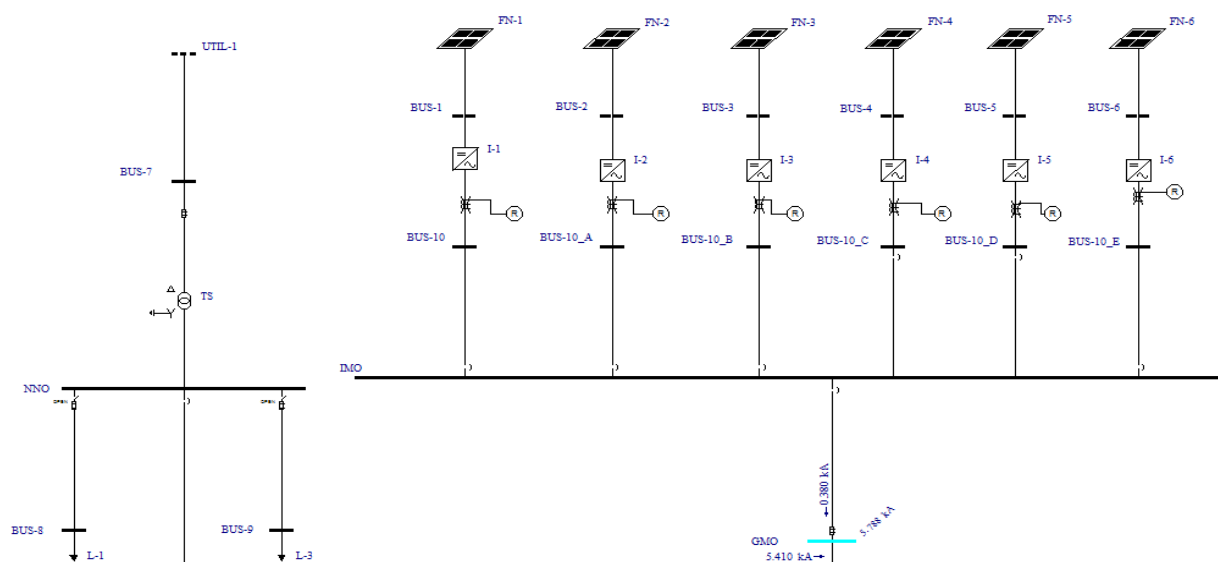
Slika 2. Trofazni kratki spoj FNE „Praha“ u EasyPower-u na sabirnici BUS-10

Za trofazni kratki spoj na sabirnici IMO vrijedi da doprinos struji kratkog spoja od sabirnice GMO iznosi 3.944 kA pa se ta struja uzima za provjeru.



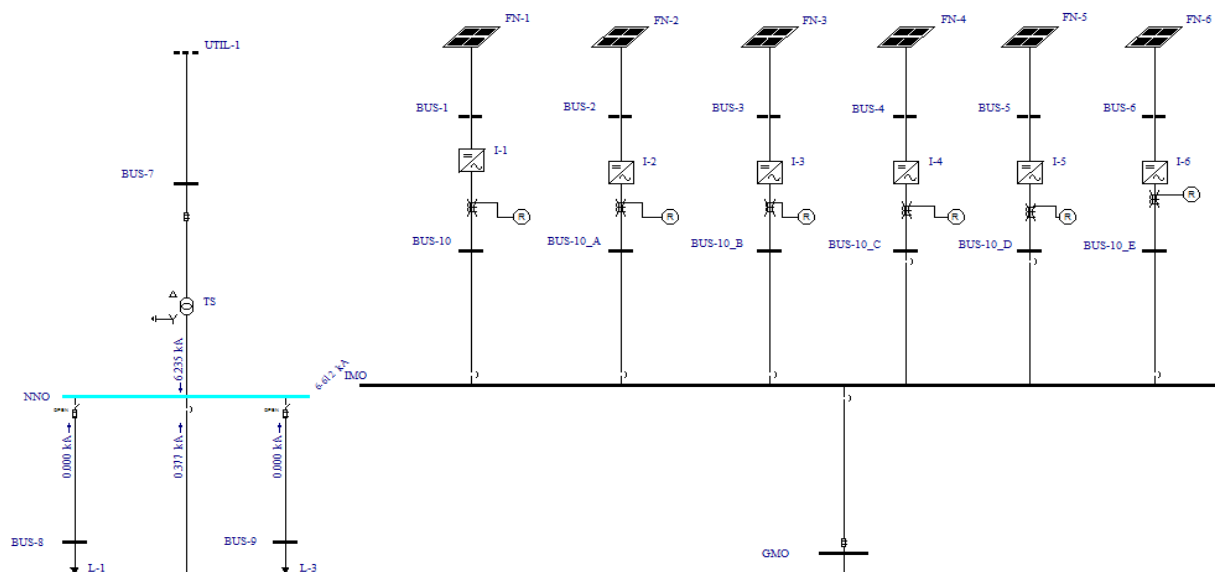
Slika 3. Trofazni kratki spoj FNE „Prah“u EasyPower-u na sabirnici IMO

Na sabirnici GMO struja kratkog spoja od niskonaponskog ormara je 5.410 kA.



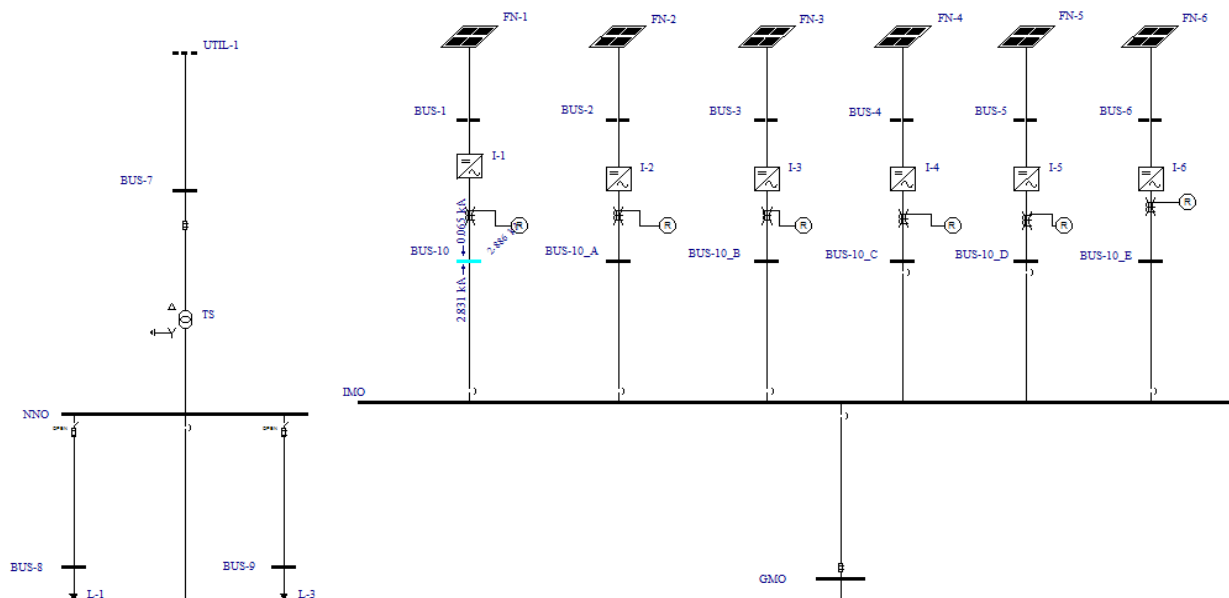
Slika 4. Trofazni kratki spoj FNE „Prah“u EasyPower-u na sabirnici GMO

Pri pojavi trofaznog kratkog spoja na sabirnici NNO doprinos od nadomjesne mreže je 6.235 kA i ona se uzima za provjeru.



Slika 5. Trofazni kratki spoj FNE „Praha“u EasyPower-u na sabirnici NNO

Također su napravljeni i svi proračuni jednofaznog kratkog spoja na pojedinim lokacijama.



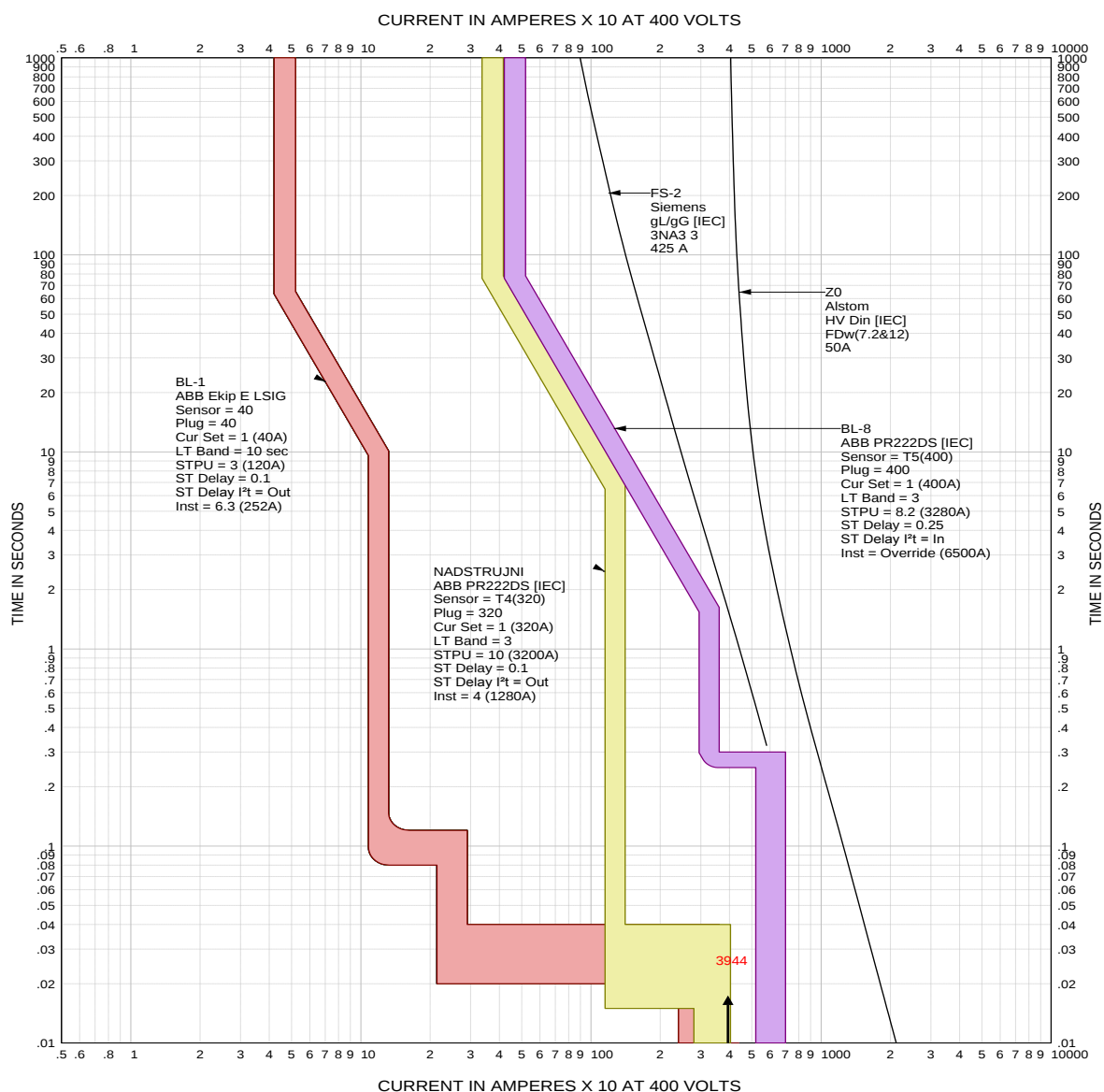
Slika 6. Jednofazni kratki spoj FNE „Praha“u EasyPower-u na sabirnici BUS-10

Prikaz vremensko-strujne (TCC) krivulje jest glatka linija koja prolazi kroz vremensko-strujne točke. Krivulje se mogu modificirati tako da se mišem povlači krivulja u određeni položaj. Time se mijenjaju različiti podaci uređaja što uključuje i zatezna vremena i vremena trenutne prorade zaštite. Stoga je potrebno zaštitu koja nije zadovoljila uvijete korigirati i spremati izmijenjena podešenja. Ako se postavi trofazni kratki spoj na sabirnicu kod izmjenjivača (BUS-10) tada je doprinos struji kratkog spoja 3.667 kA pa se ta struja uzima kao mjerodavna za provjeru reagiranja zaštite. Za trofazni kratki spoj na sabirnici IMO je doprinos struji kratkog spoja od sabirnice GMO 3.944 kA i ona je mjerodavna za provjeru. Na sabirnici GMO struja kratkog spoja od NNO je 5.410 kA. Pri pojavi trofaznog kratkog spoja na sabirnici NNO doprinos od nadomjesne mreže je 6.235 kA i ona se uzima za provjeru. Potrebno je pravilno postaviti nove kratke spojeve na TCC uzimajući u obzir i napone i struje. Ako se SC Tick Mark nalazi ispod krivulje prekidača ili osigurača onda je zaključak da će zaštita reagirati, odnosno isključiti.[11]

Zbog nedostatka prostora prikazat će se samo jedan kvar i to 3FKS na sabirnicama IMO napona 0.4 kV i jedan 1FKS na istim sabirnicama.

Tablica VI. Pod/nad naponska i pod/nad frekvencijska zaštita

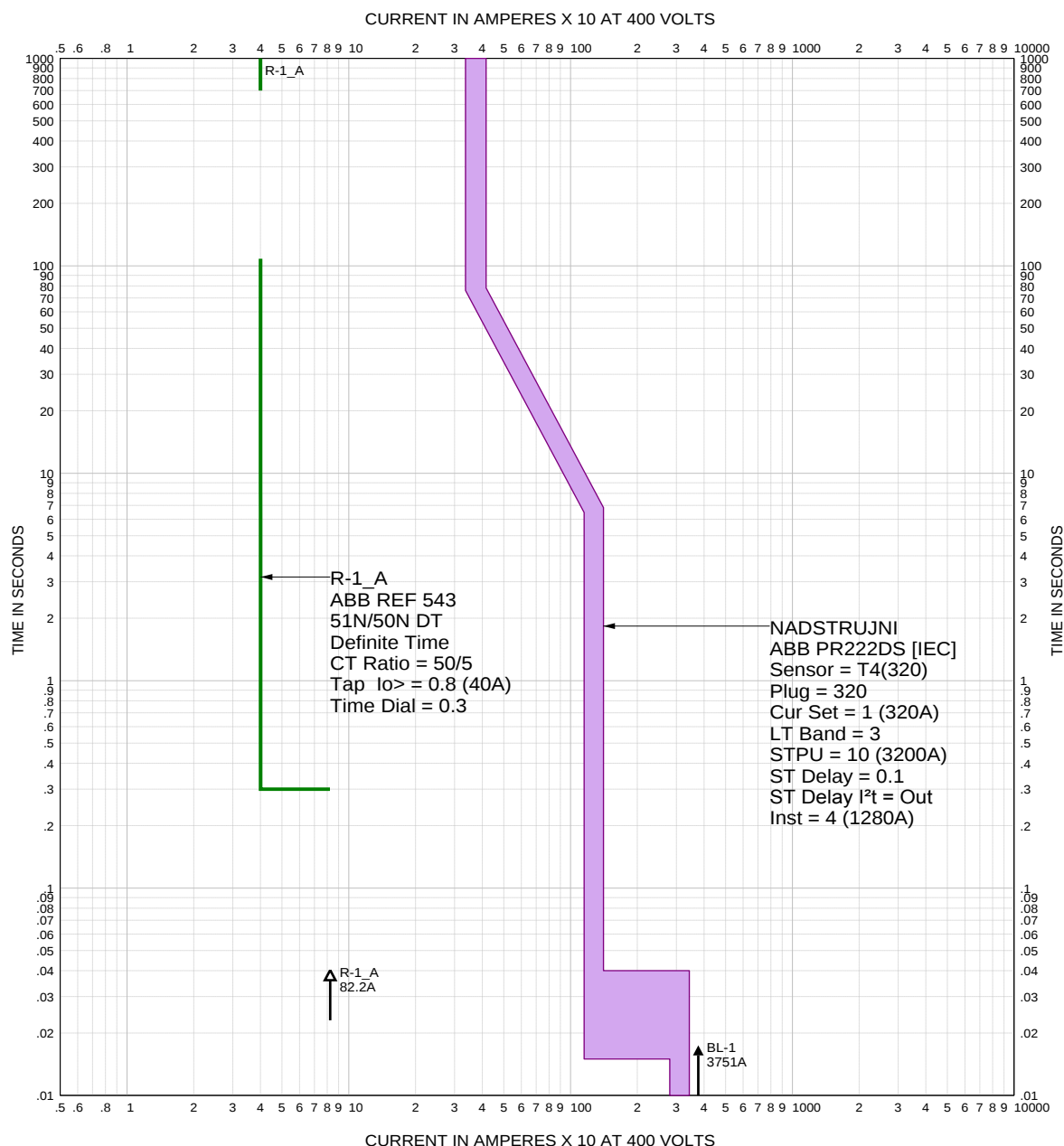
U>			U<		
Podešenje (V)	Test iznos na (V)	Vrijeme odziva (s)	Podešenje (V)	Test iznos na (V)	Vrijeme odziva (s)
245	276	0.08	221	184	0.150
f>			f<		
Podešenje (Hz)	Test iznos na (Hz)	Vrijeme odziva (s)	Podešenje (Hz)	Test iznos na (Hz)	Vrijeme odziva (s)
50.2	50.3	0.07	49,85	49.7	0.08



Slika 7. Koordinacija nadstrujne zaštite s pripadnom strujom kvara na sabirnici IMO

Na slici 7. je prikazana provjera zaštite na sabirnici IMO. Postavljanje trofaznog kratkog spoja na određene sabirnice s iznosom struje koji zadovoljava unaprijed proračunatu, dobivaju se novi SC Tick Mark-ovi čijim se analiziranjem dolazi do zaključka je li zaštita ispravno koordinirana. Uočava se kako se za ovaj slučaj SC Tick Mark nalazi ispod zadane krivulje za kratki spoj i prvo proradi kratko spojni član I>> (žuta karakteristika) pa se zaključuje da je zaštita ispravno koordinirana. Isti je postupak primijenjen i za ostale zaštite, odnosno za sabirnice iza izmjenjivača, sabirnici GMO, sabirnici NNO te na sabirnici kod distribucijske mreže. Iz svih provjera koordinacije dolazi se do zaključka da je zaštita odgovarajuće koordinirana.

Osim nadstrujnih zaštita, prikazane su pod/nad naponske ($U>$, $U<$) i pod/nad frekvencijske zaštite izmjenjivača I1 u Tablici VI.



Slika 8. Koordinacija za 1FKS nadstrujne zaštite s pripadnom strujom kvara na sabirnici IMO

Za 1FKS na sabirnici IMO će od strane mreže proraditi kratkospojna zaštita $I>>$ prekidača BL-1 u vrlo kratkom vremenu rada 0.01 s. Izmjenjivači posjeduju zemljospojnu zaštitu na relejima R1.

4. ZAKLJUČAK

Pri pogonu distribucijske mreže dolazi do pojave kratkih spojeva u mreži. Stoga je potrebno pravilno koordinirati zaštitu u mreži, postrojenjima i u distribuiranim izvorima koji se sve više pojavljuju na području BIH. U radu je modelirana mreža u okruženju FN elektrane „Praha“ korištenjem programskog paketa EasyPower s modulima za proračun struja kratkih spojeva i Power protector za koordinaciju zaštite.

Pri koordinaciji zaštite moraju se postaviti odgovarajuća vremena zatezanja zaštitnih uređaja, sekundarnih releja, osigurača, NN prekidača, a kako bi se postigla selektivnost. Kod distribuiranih Izvora je smjer prijenosa snage u oba smjera, što znači da je i smjer struje kvara u oba smjera. Važno je

odabrati odgovarajuću zaštitu koja mora štiti prije svega sam uređaj od pojave kratkog spoja, ali i zaštititi mrežu od pojave kratkoga spoja na drugim mjestima u samoj mreži. Za primjer se može uzeti zaštita kod izmjenjivača gdje je njihov doprinos struji trofaznog kratkog spoja mali i ona ne bi imala velik utjecaj na ostatak mreže, ali pojava trofaznog kratkog spoja na njegovim stezaljkama bi uzrokovala propad napona i prorađu podnaponske brze zaštite $U_{<<}$.

Također, kod kvara na srednje naponskoj sabirnici, zaštita bi imala utjecaj na izmjenjivač zbog iznosa napona, a ne doprinosa struje FN elektrane mjestu kvara na SN. Korištene su naponske, strujne i zemljospojne zaštite. Ovakav tip FN elektrana, ograničen je iznosom maksimalne struje izmjenjivača koju može dati u mrežu za vrijeme kvara.

5. LITERATURA

- [1] Izvori energije: http://www.izvorienergije.com/energija_sunca.html, pristup ostvaren 08.06.2017.
- [2] Land art generator initiative; <http://landartgenerator.org/readsustainablehistory.html>, pristup ostvaren 15.05.2017.
- [3] Lj. Majdandžić „Fotonaponski sustavi“, Elektrotehnički fakultet Osijek, 2008.
- [4] Rochester Edu; <http://www.urmc.rochester.edu/labs/Nanomembrane-Research-Group/images/5-slot-SepCon.jpg>, pristup ostvaren 15.05.2017.
- [5] Solarna ćelija, Wikipedija; https://hr.wikipedia.org/wiki/Solarna_%C4%87elija, pristup ostvaren 15.05.2017.
- [6] *Tehnička enciklopedija, Svezak 7. Ke-Međ, Jugoslavenski leksikografski zavod, Zagreb, 1980.*
- [7] M. Schmidt, http://matschmi.de/intr_phys_semi_dev/crystal_growth/production_of_silicon.html, pristup ostvaren 15.05.2017.
- [8] Tehnička dokumentacija projektnog ureda „Ting“ d.o.o Žepče, BiH.
- [9] S. Nikolovski „Zaštita u elektroenergetskom sustavu“, Elektrotehnički fakultet Osijek, 2007.
- [10] S. Nikolovski „Simulacija rada numeričke zaštite REF 541 u transformatorskoj stanici TS 35/10 kV korištenjem „Power Protector“ software-a“, Elektrotehnički fakultet Osijek, 2003.
- [11] M. Ezgeta „Podešenje zaštite FNE 150 kW“, Diplomski rad, FERIJOT, Osijek, 2017.