



ICES
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija
Program: Elektroenergetika
Modul: Elektroenergetska učinkovitost in električne
instalacije

PARALELNO NAPAJANJE RP BOVEC IZ RTP KOBARID

Mentor: Jože Kragelj, univ. dipl. inž. el.
Lektorica: Ana Peklenik, prof. slov.

Kandidat: Sandi Trpin

Ljubljana, 2016

ZAHVALA

Rad bi se zahvalil mentorju g. Jožetu Kraglju za izjemno pomoč, usmerjanje in nasvete pri izdelavi diplomske naloge. Velika zahvala gre g. Antonu Majcnu za nesebično pomoč.

Za potrpežljivost pa zahvala sodelavcem, ki so mi stali ob strani, in podjetju Elektro Primorska, ki mi je omogočilo študij.

IZJAVA

»Študent Sandi Trpin izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom Jožeta Kraglja, univ. dipl. inž. el.«

»Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.«

Dne _____

Podpis: _____

POVZETEK

Prehod iz radialnega v paralelno napajanje, ki smo ga izvedli na Bovškem, je bil nujen, zato da zagotovimo stabilne napetostne razmere, ki so potrebne za normalno obratovanje industrije in gospodinjstev. V paralelno obratovanje smo vključili obstoječa radialna voda DV Kobarid–Plužna in DV Kobarid–Bovec. Na tem temelji tudi diplomska naloga, v kateri smo opisali izvedbo projekta, vključili smo tudi lastne izkušnje. Izvedba projekta je temeljila na majhni prenovi obstoječe opreme in vključitvi novih parametrov zaradi uvedbe smerne zaščite. Pri tem pa smo se morali soočiti z natančnostjo zaščitnih relejev, saj smo imeli dve generaciji zaščit: elektromehanske in numerične.

Glavni namen je zagotoviti pravilno delovanje zaščitnega sistema ob okvari na enem od daljnovodov. Pri radialnem napajanju je selektivnost delovanja zaščite bolj ali manj zagotovljena, pri paralelnem ali zankastem omrežju, ko imamo vključeno smerno zaščito, postane zagotavljanje selektivnost bolj kompleksno.

KLJUČNE BESEDE

Usmerjena zaščita, zemeljskostična usmerjena zaščita, obratovanje v zanki, paralelno napajanje,

ABSTRACT

The transition from radial to parallel operation of the power that we have performed in Bovec was necessary in order to ensure stable voltage conditions that are necessary for the normal operation of industry and households. In parallel operation, we integrate existing radial line DV Kobarid - Plužna and DV Kobarid - Bovec. This is also based my thesis, in which I wrote the execution of the project and in which I also participated. The project implementation is based on a small renovation of existing equipment and the inclusion of new parameters for the introduction of directional protection. In doing so, we are faced with a precision of protective relays, because we had two generations protections; electromechanical and numerical. The main purpose is to ensure the proper functioning of the protection system failure on one of the lines. In radial power the selectivity of the protection function is more or less guaranteed in parallel or loop network were we have included directional protection, selectivity becomes more complex.

KEYWORDS

Directional protection, earth fault directional protection, closed loop distribution network

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Predstavitev problema.....	1
1.2	Cilj naloge	1
1.3	Predpostavke in omejitve	1
1.4	Metode dela	1
2	ZANKE V SN DISTRIBUCIJSKEM OMREŽJU	2
2.1	Izvedbe zank.....	3
2.1.1	Zanka tipa I	3
2.1.2	Zanka tipa II	4
2.1.3	Zanka tipa III	6
2.2	Zaščita pri obratovanju v zanki	7
2.3	Zaščitni sistemi srednje napetostnih omrežij	8
2.3.1	Nadtokovna zaščita.....	8
2.3.2	Kratkostična zaščita	10
2.3.3	Usmerjene zaščite.....	10
2.3.4	Zemeljskostična zaščita	12
2.3.5	Občutljiva smerna zemeljskostična zaščita.....	13
2.4	Napetost koraka in dotika.....	13
3	KAKOVOST OSKRBE Z ELEKTRIČNO ENERGIJO	15
3.1	Parametri neprekinjenosti napajanja	16
3.2	Kazalniki kakovosti električne energije	16
3.3	Zbirni pregled delovanja zaščit za obdobje 2013–2015	17
4	RADIALNO NAPAJANJE KOBARID BOVEC	18
4.1	Obstoječe stanje v RTP Kobarid	18
4.1.1	Ozemljilni transformator – OZT	19
4.1.2	Obstoječe stanje zaščit	20
4.2	Obstoječe stanje v RP Bovec.....	20
4.2.1	Obstoječe stanje zaščite	21
5	PARALELNO NAPAJANJE KOBARIDBOVEC.....	22
5.1	Izračun kratkostičnih tokov I_k in kratkostičnih moči S_k	22
5.1.1	RTP Tolmin.....	22
5.1.2	DV 35 kV RTP Tolmin–RTP Kobarid.....	24

5.1.3	RTP Kobarid	25
5.1.4	Daljnovodi 20kV v RTP Kobarid	26
5.1.5	DV 20 kV v RP Bovec	27
5.1.6	HE Plužna	29
5.1.7	Kratkostična moč in tok na DV Trenta	30
5.2	Parametri usmerjene nadtokovne in zemeljskostične zaščite	31
5.3	Izvedba projekta.....	31
5.3.1	Posegi na objektu v RTP Kobarid.....	31
5.3.2	Prenastavitev zaščite po prenovi v RTP Kobarid.....	31
5.3.3	Posegi na objektu v RP Bovec	32
5.3.4	Prenastavitev zaščite v RP Bovec.....	32
5.4	Preizkus smernih zaščit.....	33
6	PRIMERA ANALIZE DELOVANJE ZAŠČITE	36
6.1	Analiza delovanja zaščite dne 27. 2. 2016: nepravilno delovanje	36
6.1.1	Potek dogodkov	36
6.2	Analiza delovanja zaščite dne 27. 4. 2016: pravilno delovanje	39
6.2.1	Potek dogodkov	40
6.3	Ukrepanje zaradi nepravilnega delovanja zaščite.....	41
6.3.1	Izredni preizkus zaščite	41
7	Zaključek.....	41
	LITERATURA IN VIRI	43
	PRILOGE	44

KAZALO SLIK

Slika 1: Zanka tipa I, s koncema priključenima na iste zbiralke.....	4
Slika 2: Zanka tipa II, s koncema priključenima na sponke dveh različnih transformatorjev, ki se nahajata v istem RTP	5
Slika 3: Zanka tipa III, s koncema, priključenima na dveh različnih transformatorjih, ki se nahajata v različnih RTP	6
Slika 4: Usmerjena zaščita v RP Bovec na izvodih DV Plužna in DV Kobarid.....	7
Slika 5: Primer stopnjevanja za numerične releje	9
Slika 6: Časovno odvisna (leva slika) in časovno neodvisna (desna slika) karakteristika zaščite	9
Slika 7: Področje delovanja in nedelovanja zaščite pri usmerjeni nadtokovni in kratkostični zaščiti	11

Slika 8: Področje delovanja in nedelovanja zaščite pri usmerjeni zemeljskostični zaščiti	12
Slika 9: Shema ozemljilnega transformatorja	20
Slika 10: Shema obravnavanega omrežja	22
Slika 11: Območje delovanja pri usmerjeni nadtokovni in usmerjeni kratkostični zaščiti	32
Slika 12: Območje delovanja pri usmerjeni zemeljskostični zaščiti	33
Slika 13: Oscilogram DV Kobarid za okvare na DV Trenta	37
Slika 14: Oscilogram DV Plužna za okvare na DV Trenta.....	37
Slika 15: Oscilogram okvare na DV Trenta	38
Slika 16: Kot med 3lo in 3Uo ob okvari.....	38
Slika 17: Oscilogram okvare na DV Trenta	40
Slika 18: Čelna plošča releja SEG CMP 1	52
Slika 19: Obratovalna stanja releja	53
Slika 20: Funkcijske tipke na čelni plošči releja	54
Slika 21: Struktura menija na LCD-monitorju releja	55
Slika 22: Nastavitev osnovnih parametrov za aktiviranje grupe v Parameter sets... 56	56
Slika 23: Meni z osnovnimi nastavitvami razmerij tokovnih in napetostnih merilnih transformatorjev v programu SL-SOFT.....	57
Slika 24: Tabela nastavitve parametrov za nadtokovno zaščito	58
Slika 25: Aktiviranje zaščite v programu SL-SOFT	58
Slika 26: Vrste zemeljskostične zaščite	58
Slika 27: Parametri za nastavitev zemeljskostične zaščite v načinu »F«	59
Slika 28: Parametri za nastavitev zemeljskostične zaščite v načinu »B«	60

KAZALO TABEL

Tabela 1: Delovanje zaščit v RTP Kobarid na izvodih DV Bovec in DV Plužna.....	17
Tabela 2: Analiza nenačrtovanih prekinitvev	17
Tabela 3: Nenačrtovane dolgotrajne prekinitve.....	18
Tabela 4: Vrednosti kratkostičnih tokov in moči za vse kombinacije napajanja	30
Tabela 5: Nastavitve in rezultati testiranja DV Kobarid	31
Tabela 6: Nastavitve in rezultati testiranja DV Plužna.....	31
Tabela 7: Nastavitve in rezultati testiranja DV Bovec.....	34
Tabela 8: Nastavitve in rezultati testiranja DV Plužna.....	34

Uporabljene kratice

EES	elektroenergetski sistem
I>	nadtokovna zaščita
I>>	kratkostična zaščita
Ie>	zemeljskostična zaščita
Id>	usmerjena nadtokovna zaščita
Id>>	usmerjena kratkostična zaščita
Ied>	usmerjena zemeljskostična zaščita
Iesd>	usmerjena občutljiva zemeljskostična zaščita
RTP	razdelilna transformatorja postaja
RP	razdelilna postaja
TP	transformatorska postaja SN / 0,4 kV
HE	hidroelektrarna
DV	daljnovid
MTA	maximum Torque Angle – kot med referenčno vrednostjo U in okvarnim tokom I
CV	center vodenja
OZT	ozemljilni transformator
U_n	nazivna napetost
u_k	kratkostična napetost
U_R	omska kratkostična napetost
$U_{\%}$	skupna kratkostična napetost
S_k	kratkostična moč
I_k	kratkostični tok
Z	impedanca
R	omska upornost
X	induktivna upornost
c	napetostna konstanta
VON	visoko ohmska napaka
DO	distribucijsko omrežje

1 UVOD

1.1 Predstavitev problema

Zaradi radialnega napajanja so bile napetostne razmere v Bovcu nestabilne. Do RP Bovec sta speljana dva 20 kV DV iz RTP Kobarid: DV Plužna in DV Kobarid. Priključena sta na isti sistem zbiralk v RP Bovec. Obstoječe obratovalno stanje napajanja RP Bovec poteka le po enem DV, drugi DV pa je bil rezervni. V primeru izpada aktivnega DV po zaščiti ali trajni okvari se je drugi DV priklopil ročno iz centra vodenja.

Za rešitev problema neprekinjene dobave električne energije se uvaja možnost paralelnega napajanja RP Bovec po obeh DV. Zaradi zagotovitve selektivnega delovanja zaščite se izvede nadgradnja obstoječega zaščitnega sistema v RP Bovec ter uskladitev stopnjevalnega načrta zaščite v RTP Kobarid in RP Bovec.

1.2 Cilj naloge

V nalogi bo predstavljena in utemeljena rešitev za zmanjšanje števila prekinitev dobave električne energije. Namen diplomske naloge je primerjava razmer pred in po izvedbi nadgradnje zaščit. Z rešitvijo, ki bo predstavljena, bo tudi začasno rešen problem posodobitve ali celo novogradnje objekta RTP Kobarid, saj bo zadoščeno osnovnim pogojem za zanesljivo obratovanje RP Bovec.

1.3 Predpostavke in omejitve

Predpostavljamo, da bo izvedba projekta upravičeno pripomogla k stabilnejši oskrbi električne energije z manj izpadi in izboljšanju kakovosti električne energije. Omejitve pri izvajanju projekta pa so predvsem pri izklopih povezovalnih 20 kV DV med RTP Kobarid in RP Bovec, ker sta oba objekta v obratovanju.

1.4 Metode dela

Pri izdelavi diplomske naloge bomo uporabili opisno metodo, vključili bomo domače študije, raziskave in gradiva, za raziskovalno orodje pa bomo uporabili podatke, pridobljene pri testiranju zaščit po modifikacijah nastavitvev, dodatnih novih funkcij in funkcionalnih preizkusih delovanja relejev.

2 ZANKE V SN DISTRIBUCIJSKEM OMREŽJU

O obratovanju v zankah govorimo takrat, ko omrežje napajamo vsaj z dveh strani, in takrat, ko dva radialna voda na koncu priključimo na iste zbiralke v objektu. V SN omrežju to storimo takrat, ko želimo zagotavljati brezpogojno stabilno in gotovo oskrbo z električno energijo. To nam narekujejo predvsem zahteve porabnikov, še posebej industrijskih, ki so priključeni v omrežje, pa tudi strožja zakonodaja, ki kaznuje distributerja ob večjih izpadih električne energije. Napajanja v zanki danes na nek način že imamo, ker imamo v omrežje vključene razpršene vire proizvodnje električne energije.

Tako kot pri radialnem obratovanju moramo tudi tu upoštevati zaščito vodov in selektivnost zaščite. Tu pride v poštev usmerjena zaščita, saj imamo ob sklenjeni zanki vedno prisotno napetost z dveh strani.

»Če je vzrok za vzpostavitev zanke večja zanesljivost oskrbe z električno energijo, potem je v zanko treba vključiti več stikalnih naprav, ki v primeru okvare omogočajo izločitev dela zanke z okvaro. S selektivno izločitvijo dela zanke z okvaro ostanejo brez napajanja samo odjemalci v odseku z okvaro, vsi ostali pa so napajani.« (Hrastnik, Rošer, & Škof, 2012, str. 10)

»Glede na prakso, ki je uveljavljena v slovenskih podjetjih za distribucijo električne energije, ki v večini primerov predvideva možnost prenapajanja posameznih izvodov s povezovanjem z drugimi izvodi, so vodniki v večini primerov ustrezno dimenzionirani tudi za obratovanje v zanki, podobno pa velja tudi za stikalne naprave v RTP, ki so dimenzionirane za izklop kratkostičnih tokov.« (Hrastnik, Rošer, & Škof, 2012, str. 10)

Zaradi vključitve radialnega omrežja v zanko imamo večjo zanesljivost oskrbe odjemalcev, hkrati pa pri motnjah ti čutijo večji vpliv nihanja napetosti, kar pomeni, da imamo slabše kazalce zanesljivosti z električno energijo SAIFI, MAIFI, CAIFI (Hrastnik, Rošer, & Škof, 2012, str. 10).

V zanki imamo lahko en TR ali dva TR, ki zanko napajata ali posamično ali istočasno. »Ob sklepanju zank vedno upoštevamo maksimalne dovoljene obremenitve transformatorjev in vodov oziroma elementov, ki takšne zanke tvorijo. Prekoračitev obremenitve bo namreč povzročila delovanje pretokovnih zaščit in posledično izpad napajanja.« (Hrastnik, Rošer, & Škof, 2015, str. 2)

Ko vključujemo radialne vode v zanke, preoblikujemo topologijo omrežja, napetostni profil in pretoke energije skozi celoten vod. V zanki tako obstaja točka, kjer se pretoka energij iz obeh smeri izenačita. Če zanko odpremo točno na tem mestu, praktično ne prekinemo nobenega električnega toka. Že v preteklosti je bilo to tudi

eno izmed vodil ob postavitvi ustrezne stikalne opreme za ločevanje zank (ločilna mesta) v DO (Hrastnik, Rošer, & Škof, 2015, str. 2).

V zanki imamo bremena, ki so asimetrično obremenjena in imajo različne karakterje ($\cos \varphi$), zato imamo v omrežju dve točki, kjer se izenačita delovna in jalova moč. Ti dve točki sta zaradi teh kriterijev na različnih mestih. Tako lahko sklepamo, da je v omrežju nemogoče najti točko, kjer bi lahko prekinjali zanko brez električnega toka. Tu je zato potrebna primerna stikalna oprema na mestu ločitve.

2.1 Izvedbe zank

Obratovanje v zanki definiramo na tri načine.

- Zanka tipa I nastane, kadar dva izvoda, ki obratujeta na zbiralki istega sistema napetosti, medsebojno sklopimo.
- Zanka tipa II nastane, kadar preko SN voda medsebojno povežemo dva različna VN/SN transformatorja. Primer te zanke nastopi bodisi v istem RTP-ju ali kadar v zanko povežemo dva različna RTP-ja. Poseben primer zanke tipa II je, kadar v RTP-ju spojimo dva transformatorja preko veznega oz. spojnega polja, le da je v tem primeru povezovalna impedanca voda Z_v zanemarljivo majhna in govorimo o vzporednem obratovanju dveh transformatorjev.
- Zanka tipa III je v izhodišču enaka zanki tipa II, le da v tem primeru lahko odstopajo napetosti tako po amplitudi kot tudi po faznem kotu že na primarni strani s strani 110 kV prenosnega omrežja.

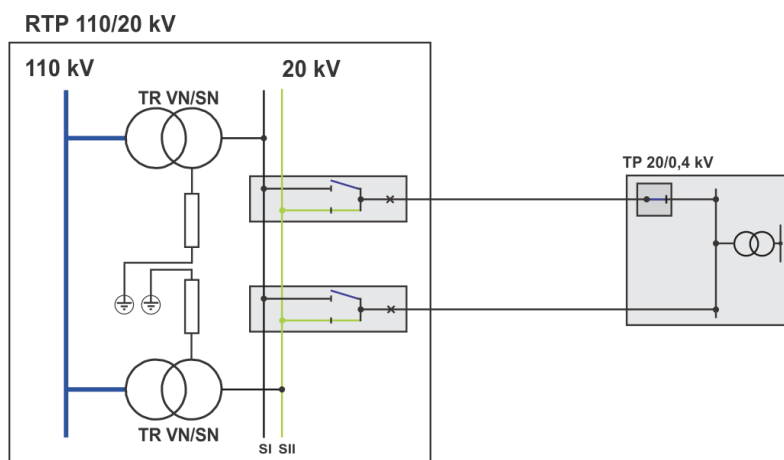
2.1.1 Zanka tipa I

Zanka tega tipa je od vseh zank najenostavnejši primer, je neproblematična in jo enostavno izvedemo. S priklopom takšne zanke na izvodu iz RTP-ja in zaradi obratovanja na istem sistemu napetosti velja za oba izvoda enaka napetost na izvoru napajanja. Pričakujemo, da se bo obremenitev posameznih izvodov pred priklopom v zanko porazdelila med oba izvoda. Porazdelitev obremenitve po priklopu v zanko je seveda odvisna od razporeditve bremen po vodih in od snovno geometrijsko lastnosti izvodov (Hrastnik, Rošer, & Škof, 2015, str. 3).

Če priklopimo v zanko voda, ki sta bila pred tem radialna, poleg tega pa imata še enak prerez vodnikov, a nista polno obremenjena, se presek vodnikov navidezno podvoji in po vključitvi v zanko dobimo izboljšane napetostne razmere.

Napetostne razmere so idealne, saj sta napetosti na obeh izvodih enaki zaradi obratovanja na istih zbiralkah. Pomembno je, da napetosti na obeh izvodih ne bosta

povzročili dodatnih tokov. Pred priklopom v zanko vedno preverimo stanje trenutne in dovoljene obremenitve izvodov (Hrastnik, Rošer, & Škof, 2015, str. 3).



Slika 1: Zanka tipa I, s koncema priključenima na iste zbiralke

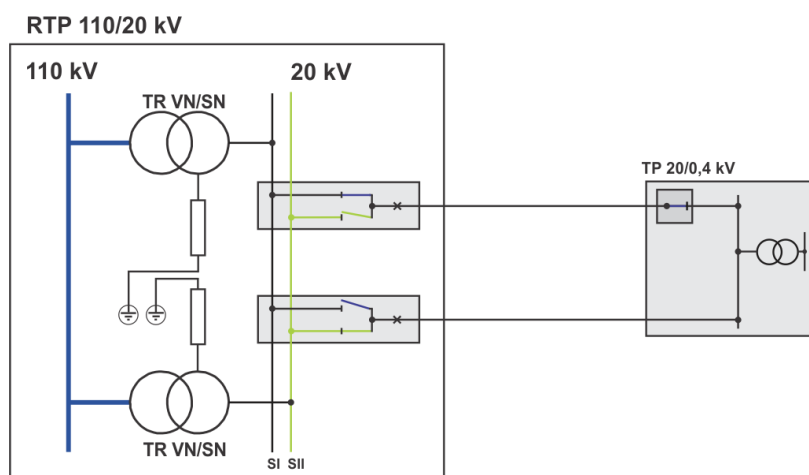
Prekinjanje zanke I je dopustno le s stikalno opremo, pod pogoji da:

- preverimo trenutno stanje obremenitev izvodov in
- blokiranje regulatorja ali spreminjanje regulacijskih stopenj ni potrebno.

2.1.2 Zanka tipa II

Pri tem tipu zanke imamo dva VN/SN TR, ki napajata iste SN zbiralke in jih lahko spojimo z vzdolžno ločitvijo ali pa so te galvansko ločene. TR sta lahko nameščena v istem objektu ali pa sta v dveh različnih objektih. Izvoda, ki predstavljata tudi konce zbiralk, pa sta povezana na isto napetost zbiralk. Če imamo iste zbiralke napajane iz dveh transformatorjev, se lahko zgodi, da imamo na zbiralkah dve napetosti različnih amplitud in faznih kotov.

Transformatorja sta med seboj povezana z ločilnim poljem na istih zbiralkah, zato je med njima zelo nizka impedanca. Če sta oba nastavljena na enako stopnjo, med njima ni pretoka energije in posledično ni toka. Če pa spreminjamo amplitudi napetosti, torej stopnjo, se pojavi napetostna razlika, ki požene izenačevalni tok. Ta tok pa bremeni transformator in se seštevava s tokom delovanja nadtokovne zaščite transformatorja. Bistveno je, da je karakter pretoka energije, ki se izmenjuje med tema dvema transformatorjema, praktično popolnoma jalov. Z višanjem stopenj lahko še povečamo izenačevalni tok med transformatorjema in posledično jalovo moč.



Slika 2: Zanka tipa II, s koncema priključenima na sponke dveh različnih transformatorjev, ki se nahajata v istem RTP

Zanka tipa II pa je tudi zanka, ki povezuje končne zbiralke preko dveh TR, ki sta v isti ali različnih RTP, a sta med seboj ločena, na dovodni strani pa sta priključena na isti DV 110 kV.

Kadar tvorimo zankanje dveh vodov med dvema transformatorjema v istem RTP ali med RTP-ji, dejansko povežemo dva transformatorja preko povezovalne impedance Z_v . Ta raste neposredno z dolžino tvorjene zanke in tudi neposredno vpliva na to, da transformatorja nista tako občutljiva na spremembo stopenj, kot v primeru direktnega preklopa preko spojnega polja.

Pred sklepanjem zanke takšnega tipa je vedno treba preveriti napetostne razmere in jih ustrezno korigirati, tako da zagotovimo minimalni pretok energije na mestu sklepanja in pozneje ločevanja zanke, pri čemer moramo paziti, da napetosti ostanejo znotraj dopustnih mej.

Ko imamo vključeno aktivno kompenzacijo padcev napetosti vzdolž vodov z regulatorjem napetosti, se lahko zaradi neodvisnega (če regulatorja komunikacijsko nista povezana med seboj) reguliranja z dvema regulatorjema zgodi, da pride do nekonsistentne regulacije. Tu običajno eden od regulatorjev regulira napetost na enem TR navzgor, medtem ko želi drugi napetost nižati in regulira napetost navzdol. Tu lahko nastanejo ob veliki razliki stopenj enormno veliki pretoki energije in seveda toki, ki posledično povzročijo izpad bodisi vodov ali celo transformatorjev. Zaradi tega je treba ob sklepanju obravnavane zanke, kadar je vključena kompenzacija padcev napetosti vzdolž vodov, dotični regulator obvezno blokirati (Hrastnik, Rošar, & Škof, 2015, str. 11).

Prekinjanje Zanke tipa II, ko imamo vzporedno obratovanje dveh transformatorjev v istem RTP-ju z vklopom spojnega polja, je dopustno, če:

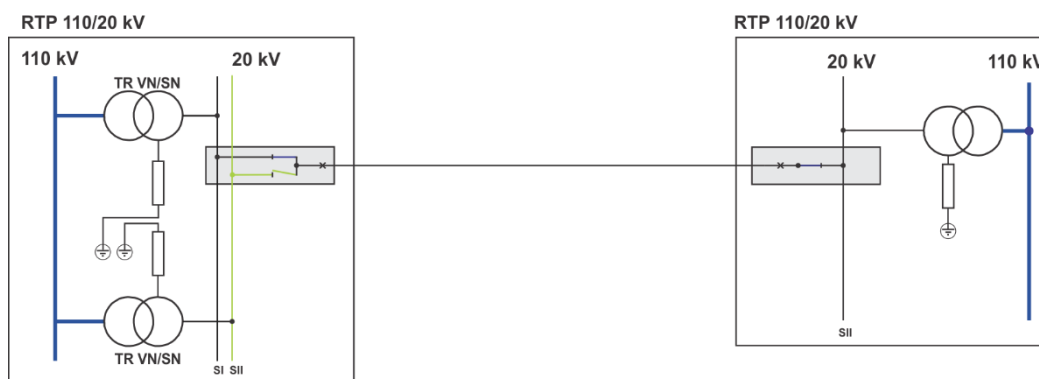
- pred priklopom spojnega polja izenačimo stopnje transformatorjev na ustreznih nivojih napetosti.

Zanka tipa II – zankanje dveh vodov med dvema transformatorjema v istem RTP ali med RTP-ji, ki sta galvansko ločena.

- Pred priklopom je treba preveriti razklopno stanje na prenosnega omrežja z OCV-jem,
- pred priklopom je treba preveriti stanje trenutne in dovoljene obremenitve izvodov,
- pred priklopom je treba preveriti napetostne razmere in jih ustrezno korigirati v smislu zagotovitve minimalnega pretoka energij na mestu sklepanja zanke, pri čemer je treba paziti, da napetosti ostanejo znotraj dopustnih meja,
- preveriti je treba, ali je aktivirana kompenzacija padcev napetosti vzdolž vodov na regulatorju napetosti za dotična transformatorja (kompaundacija) ter v primeru aktivne kompenzacije padcev napetosti regulator napetosti blokirati.

2.1.3 Zanka tipa III

Ta zanka ima iste lastnosti kot zanka II, le da imamo tu še večje odstopanje v amplitudi napetosti in faznemu kotu.



Slika 3: Zanka tipa III, s koncema, priključenima na dveh različnih transformatorjih, ki se nahajata v različnih RTP

Zanka tipa III

V primeru razklopljenega stanja na VN (110 kV) strani na obravnavnem SN omrežju ni dovoljeno sklepanje zank.

2.2 Zaščita pri obratovanju v zanki

Ko obratujemo v zankah, uporabljamo tako kot v radialnih vodih nadtokovne, kratkostične in zemeljskostične zaščite. Selektivnost zagotavljamo s časovnim stopnjevanjem ali pa primerno izbiro inverznih karakteristik. Časovno stopnjevanje je odvisno od zmogljivosti energetske opreme, pogreškov merilnih instrumentov in časovnih pogreškov releja. Pri obratovanju v zanki ne moremo zagotavljati selektivnosti delovanja in zato uporabljamo smerne zaščite. Te delujejo le pod pogojem, da v primeru okvare steče okvarni tok iz zbiralk v vod, v obratnem primeru pa je delovanje zaščite blokirano.

Slika 4 prikazuje naš primer omrežja z vključenimi smernimi zaščitami s časovnim stopnjevanjem in vključenimi smernimi zaščitami. V našem primeru imamo vključene smerne zaščite le v RP Bovec na izvodih DV Plužna in DV Kobarid in to na vseh zaščitah: pretokovni, kratkostični, zemeljskostični in zemeljskostični občutljivi.

RTP Kobarid 35/20 kV



I> 180A / 1,16 s
I>> 1200A / 0,12s
Ie 60A / 0,42
Iesd> 4,8A / 0,81s

PAPV 30s

RP Bovec 20 kV

Id> 180A / 0,8 s
Id>> 600A / 0,03s
Ied> 60A / 0,21s
Iesd> 5A / 0,63s



-  Rele z vključeno smerno zaščito
-  Rele brez vključene smerne zaščite

Časi delovanja zaščite so izmerjeni časi.

Slika 4: Usmerjena zaščita v RP Bovec na izvodih DV Plužna in DV Kobarid

V primeru okvare na DV Plužna bosta rele 1 in 4 zaznala tok v smeri voda, rele 4 bo posredoval prej kot rele 1, ker je ta časovno zakasnen. Isto se bo zgodilo v primeru okvare na drugem DV.

Podobno naredimo tudi z zanko tipa II, kjer imamo dvostransko napajanje vodov. Pri usmerjeni zaščiti poleg tokovnih vhodov uporabljamo še napetosti kot pogoj za delovanje smerne zaščite.

Opisane obstoječe izvedbe nadtokovnih zaščit z ustrezno določenimi parametri so primerne za izvedbo zaščite pri obratovanju v zanki, saj ne potrebujejo dodatnih komunikacijskih povezav. Pri vgradnji večjega števila stikalnih naprav, ki bi lahko izklopile le del zanke z okvaro, bil bilo treba povečati tudi število usmerjenih relejev nadtokovne zaščite. Pri tem bi se lahko pojavile težave s selektivnostjo delovanja, če bi bile dolžine vodov med posameznimi releji kratke (Deželak, Seme, & Štumberger, 2012).

2.3 Zaščitni sistemi srednje napetostnih omrežij

2.3.1 Nadtokovna zaščita

Tokovne zaščitne funkcije so osnovna zaščita v radialnih vodih. Nastavitev nadtokovne zaščite določamo glede na presek vodnika, ker posledično vpliva na termično obremenitev DV in kablov. Nadtokovne zaščite razdelimo na časovno odvisne in neodvisne ter nesmerne in smerne.

Najenostavnejše so nadtokovne časovno neodvisne zaščite z zakasnitvijo izklopa. Delujejo pri absolutni vrednosti, ko tok prekorači nastavljeno vrednost, selektivnost pa dosežemo s časovno zakasnitvijo izklopa. Časovno stopnjevanje je odvisno predvsem od zmogljivosti energetske opreme ter pozitivnih in negativnih časovnih pogreškov relejev. V večini primerov imamo trifazno nadtokovno zaščito, kar pomeni, da imamo enake nastavitve za vse tri faze.

Za pravilno nastavitev vrednosti časa in toka upoštevamo, da je nadtokovna zaščita:

- enaka ali nižja od tokovno termične obremenitve vodnikov oziroma nastavljena na vrednost trajno dopustnega toka glede na najnižji prerez vodnikov na vodu,
- za 20 % višja od največjega bremenskega toka, ki bo tekkel v neugodnih razmerah (kratkotrajne obremenitve v omrežju in kratkotrajne obremenitve v primeru delovanja APV-ja),
- nižja od najnižje vrednosti kratkostičnega toka v območju nadtokovnega releja, ki temu releju sledi, s tem nadtokovna zaščita prevzame vlogo rezervne zaščite.

Poleg nastavitve časa in vrednosti toka pa upoštevamo še:

- karakteristiko releja,
- bremenske in kratkostične tokove,
- nastavitve zaščit, ki sledijo zaščitenim vodom.

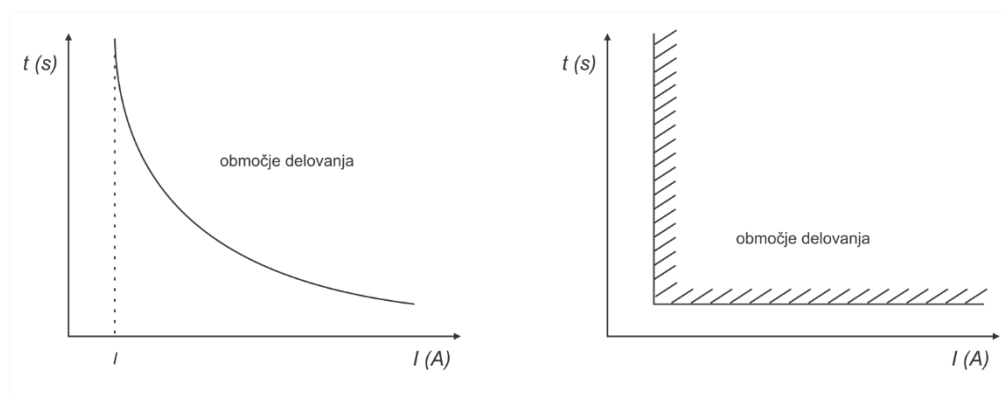


Slika 5: Primer stopnjevanja za numerične releje

Točke A, B, C, D predstavljajo RTP ali RP, na izvodih pa imamo pripadajoče zaščite, ki jih tokovno prilagajamo in časovno zamikamo. Če se okvara pojavi na koncu voda, bo deloval rele v toči D, ker ima najkrajši čas. V primeru zatajitve bo deloval prvi pred njim. Selektivnost je zagotovljena s časovnim zamikom. Slaba lastnost je ta, da imamo blizu izvora najdaljši čas delovanja zaščite, to pa predstavlja velike obremenitve vodnikov s kratkostičnim tokom.

Časovna zakasnitev izklopa je konstantna s stopnjevanjem najmanj 0,4 s, kar zagotavlja ustrezno selektivnost zaporedno postavljenih nadtokovnih zaščit med posameznimi območji. Časovne zakasnitve nadtokovnih zaščit pri elektromehanskih relejih so naslednje (Leskovec, 1997, str. 8):

RP 20 kV izvod.....	1 s,
RTP 110/20 kV izvod.....	1,5 s,
RTP 110/20kV Transformator.....	2,0 s.



Slika 6: Časovno odvisna (leva slika) in časovno neodvisna (desna slika) karakteristika zaščite

Pri nadtokovnih časovno odvisnih zaščitah imamo časovne vrednosti, ki se spreminjajo z vrednostjo toka. Pri okvarah bliže izvoru so časi delovanja krajši. Časovno odvisni releji uporabljajo tri karakteristike; inverzno, zelo inverzno in ekstremno inverzno karakteristiko.

2.3.2 Kratkostična zaščita

Ob nastopu kratkega stika se v omrežju pojavijo tokovi, ki se ob normalnem obratovanju ne pojavljajo. Ti segrevajo vodnike in povzročajo izgube, ki rastejo s kvadratom toka. Proizvedena toplota se akumulira v vodniku in s tem povečuje njihovo temperaturo. Z višanjem bi ta ogrozila mehansko trdnost vodnikov in izolacijo kablov, zato je treba te vrste okvar čim prej prekiniti. Kratkostična zaščita nam služi prav za te primere, saj deluje takoj, to je brez zakasnitve. Vrednost kratkostične zaščite je večkratnik bremenskega toka. Velikost toka v relejni točki pri okvari pa je odvisen od več faktorjev:

- prisotnosti tokovnih izvorov (sinhronski stroji različnih izvedb; turbogenerator, stroji z izraženimi poli, asinhronski generatorji, sinhronski in asinhronski motorji, tuji viri izvora);
- obremenitvenega stanja električnega omrežja (števila delujočih proizvodnih enot in porabnikov);
- konfiguracije omrežja;
- izvorne impedance omrežja;
- impedance do mesta okvare;
- upornosti električnega obloka.

Razlikujemo naslednje vrste kratkih stikov:

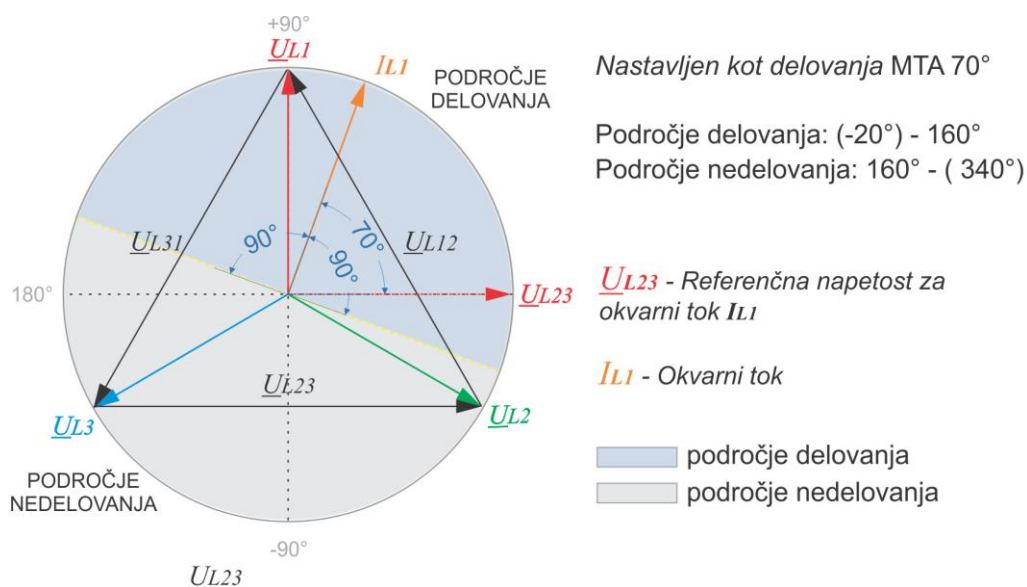
- trifazni kratki stik,
- dvofazni kratki stik brez dotika z zemljo,
- dvofazni kratki stik z dotikom z zemljo,
- zemeljski stik,
- dvojni zemeljski stik.

2.3.3 Usmerjene zaščite

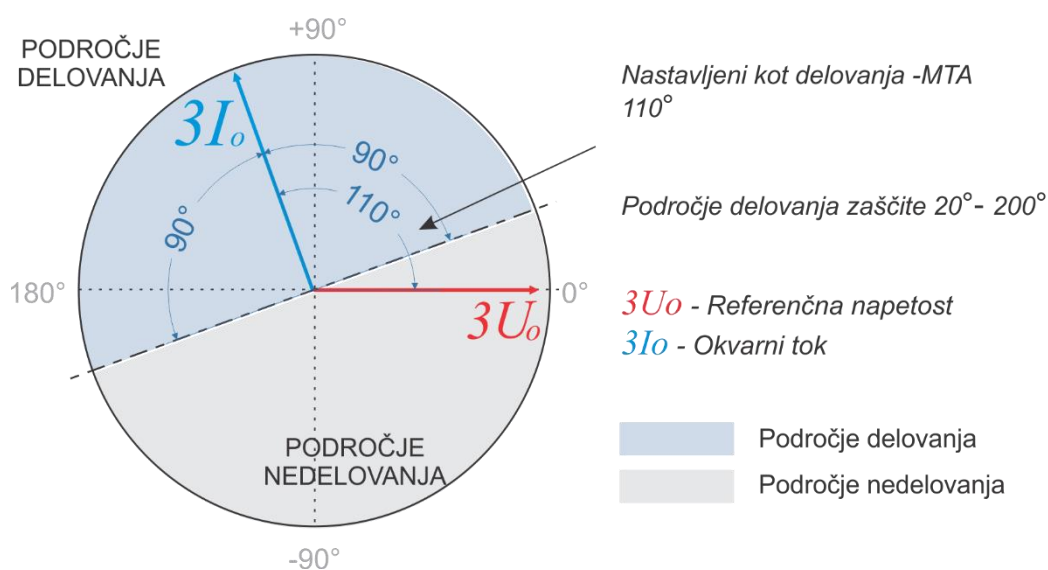
Usmerjeno ali smerno zaščito uporabljamo za ščitenje paralelnih vodov, vodov v zazankanih omrežjih in krožnih vodih. Uporabimo jo v vseh zaščitah funkcijah: nadtokovni, kratkostični in zemeljskostični. V radialnih vodih je uporabna pri občutljivi zemeljskostični zaščiti, kjer imamo zelo majhne okvarne tokove. Za delovanje usmerjene zaščite poleg tokovnih vrednosti potrebujemo še referenčne vrednosti, ki so v tem primeru napetosti. Za doseganje selektivnosti mora zaščita ugotoviti smer faznih tokov glede na referenčno vrednost. Pogoj za start časovne zakasnitve smerne zaščite je prekoračitev nastavljenih startnih vrednosti in pravilne smeri toka okvare, torej v področju delovanja smerne karakteristike. Pri nadtokovni zaščiti so referenčne napetosti za ugotavljanje smeri faznih tokov uporabljene nasprotno medfazne zdrave napetosti, npr. UL2-UL1 in IL3. To zagotavlja varno ugotavljanje smeri tudi v primeru, ko se napetost v okvarjeni fazi popolnoma sesede. Problemi so 3-fazne okvare v bližini zbiralk, ker se napetosti porušijo skoraj na

vrednost 0. Moderni numerični releji v teh primerih uporabljajo algoritem »memory voltage«.

Za delovanje smerne zaščite potrebujemo tokove iz tokovnih merilnih transformatorjev in objemnega TT za primer občutljive zemeljskostične zaščite, napetost pa iz NT s prestavnim razmerjem npr. $\frac{20}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{3} \text{ kV}$. Medfazne napetosti se izračunavajo iz ustreznih faznih napetosti, zato morajo biti te speljane do naprave.



Slika 7: Področje delovanja in nedelovanja zaščite pri usmerjeni nadtokovni in kratkostični zaščiti



Slika 8: Področje delovanja in nedelovanja zaščite pri usmerjeni zemeljskostični zaščiti

V primeru delovanja nadtokovne ali kratkostične zaščite se bo pojavil okvarni tok, npr. I_{L1} , ki bo prehiteval ali zaostajal za napetostjo U_{L23} za manj kot $<90^\circ$ in bo v območju delovanja smerne zaščite.

V primeru zemeljskega stika se pojavita $3I_0$ in $3U_0$ s kotom MTA, ki je odvisen od načina ozemljitve nevtralne točke in prehodne upornosti okvare (slika 8).

2.3.4 Zemeljskostična zaščita

Zemeljskostično zaščito uporabljamo za detekcijo zemeljskih stikov v SN omrežjih in je najpomembnejša zaščita. V SN omrežjih je statistično od vseh okvar 70 % zemeljskostičnih. Ta zaščita mora delovati v najkrajšem možnem času, tako da zmanjša nevarnost električnega udara kot tudi nevarnost nedovoljene napetosti dotika in koraka na mestu okvare. Velikost toka pri zemeljskem stiku v 20 kV omrežju nam običajno omejuje delovni upor 80Ω , priključen v zvezdišču TR VN/SN na 150 A (v mestnih omrežjih 10 kV / 20Ω na 300 A). Merilni tokovni transformator, nameščen v nevtralni točki, meri residualni tok, ki se pojavi ob zemeljskem stiku. Zemeljskostična zaščita lahko deluje kot smerna ali nesmerna zaščita. V primeru smerne zaščite moramo upoštevati še fazni kot, ki se pojavi ob okvari med $3I_0$ in $3U_0$. Zajemanje $3U_0$ je izvedeno z odprtim trikotom napetostnih instrumentnih transformatorjev v merilni celici 20 kV.

2.3.5 Občutljiva smerna zemeljskostična zaščita

V primeru visokoohmskih okvar, kjer je prehodna upornost okvare zelo visoka, bi se lahko zgodilo, da zemeljskostična zaščita ne bi delovala, ker so tokovi zemeljskega stika zelo nizki. Navadna zemeljskostična zaščita ima nastavljene vrednosti od 30 A navzgor, ob visokoohmskih okvarah pa imamo tokove, ki se uvrščajo v razred le nekaj amperov.

Občutljiva smerna zemeljskostična zaščita ima za pogoj delovanja mejne vrednosti toka $3I_0$, napetosti $3U_0$ in fazni kot med njima. Namen zaščite je odprava okvar pri zelo majhnih tokovih, ki jih z zemeljskostično zaščito ne bi mogli zaznati. Okvarni tokovi se gibljejo okrog nekaj amperov in so po velikosti lahko kaj kmalu primerljivi s kapacitivnimi, ki normalno tečejo v omrežju. Za ugotavljanje smeri potrebujemo:

$3U_0$ ali residualno napetost, ki jo dobimo iz merilnih napetostnih transformatorjev in jo imenujemo napetost odprtega trikotja,

$3I_0$ ali residualni tok, ki ga dobimo iz objemnih tokovnih transformatorjev ali pa iz vezave Holm - Green.

2.4 Napetost koraka in dotika

V času enofaznega zemeljskega stika se zaradi toka, ki teče preko ozemljila v zemljo, dvigne potencial ozemljitvenega sistema in vseh z njimi galvansko povezanih delov. Merilo za stopnjo nevarnosti sta napetost koraka in dotika, ki sta pogojeni s časom prisotnosti trajanja okvare, ki jo povzroči zemeljski stik v elektroenergetskem objektu. Napetost dotika je definirana kot napetost ozemljila, ki jo lahko človek premosti, napetost koraka pa kot del napetosti ozemljila, ki jo lahko človek premosti z 1 m dolgim korakom.

Problematika ozemljitve je vezana na način ozemljitve SN omrežja, saj z načinom ozemljitve ter nastavitvijo in vgradnjo zaščitnih naprav neposredno vplivamo na velikost in trajanje zemeljskega stika. Ozemljitev TP mora biti dimenzionirana tako, da ne pride do preseganja najvišje napetosti dotika in koraka v določenem času. Ti dve mejni vrednosti sta časovno odvisni veličini, kar pomeni, da hitreje ko bo prišlo do odklopa zemeljskega stika, višja je lahko dopustna vrednost napetosti dotika in koraka.

Napetost dotika in koraka je odvisna od ponikalne upornosti ozemljila in toka, ki teče skozi ozemljilo, slednja pa od specifične upornosti zemlje in oblike ozemljila.

Ozemljitev TP mora biti dimenzionirana tako, da največji pričakovani tok, ki se lahko zaključuje preko ozemljila TP od znanem najdaljšem času trajanja, ne bo povzročil najvišje dopustne napetosti dotika in koraka. Največji tok pa bo tekel takrat, ko bo

ozemljilo galvansko povezano z faznim vodnikom ali t. i. kovinski stik (npr. padec vodnika na železno konzolo).

V TP SN imamo dve ozemljili, vsako s svojo neodvisno funkcijo. Zaščitna ozemljitev, ki je namenjena ozemljitvi izpostavljenih prevodnih delov v TP, druga obratovalna ozemljitev pa je namenjena ozemljitvi naprav kot aktivnih elementov omrežja (NN točka transformatorja, ozemljitev tokovnih instrumentnih transformatorjev). Pri obratovanju je dopustno vezati obe ozemljitvi skupaj kot združen sistem ozemljitve ali pa vsako na svoj ozemljitveni sistem.

Torej mora biti:

$$R_{zd} < \frac{U_{TP}}{r \times I_{k1}},$$

pri čemer je:

U_{TP} = dovoljena napetost dotika (SIST HD637 S1), če se zemeljski stik izklopi z delovanjem zemeljskostične zaščite (po sliki 1),

I_{k1} = tok okvare pri enofaznem zemeljskem stiku na SN nivoju transformatorske postaje,

r = redukcijski faktor priključnega visokonapetostnega voda ($r \leq 1$).

R_{zd} = ozemljitvena upornost združene ozemljitve.

Za tok I_{k1} se v enačbo za izračun R_{zd} vstavi vrednost, ki je definirana z načinom ozemljitve nevtralne točke SN omrežja, na katero je transformatorska postaja priključena, in sicer:

- če je nevtralna točka izolirana – višina kapacitivnega toka zemeljskega stika v normalnem obratovanju,
- če je nevtralna točka ozemljena čez Petersenovo dušilko (resonančna ozemljitev) – višina preostalega toka zemeljskega stika,
- če je nevtralna točka ozemljena čez maloohmski upor – višina toka enofaznega zemeljskega stika.

Razlika pri izvedbi in razsežnosti združenih ozemljitev je torej samo v obravnavanju ozemljitve nevtralne točke SN omrežja, kar posledično pomeni različen tok okvare pri enofaznem zemeljskem stiku. V SN omrežju Slovenije se uporablja za nadzemna in mešana omrežja ozemljitev nevtralne točke preko maloohmskega upora, ki omejuje tok enofaznega zemeljskega stika preko upora na 150 A. Na ta tok so dimenzionirane združene ozemljitve TP SN/NN na praktično vseh TP v vseh distribucijskih podjetjih v Sloveniji. Pri tako določeni višini ozemljitvene upornosti se nikjer v NN omrežju, napajanem iz določene TP, ne more pojaviti previsoka napetost dotika.

Višina ozemljitvene upornosti združene ozemljitve pa je lahko višja od vrednosti, izračunane po zgornjem odstavku, če transformatorska postaja napaja posamezni objekt (npr. RTV- ali RBS-oddajnik) ali zaključeno skupino objektov (npr. skupino stanovanjskih objektov), ki ga pokriva zazankano površinsko ozemljilo, sestavljeno iz med seboj povezanih temeljskih in/ali obročastih oziroma tračnih ozemlji posameznih objektov. V tem primeru omejuje višino ozemljitvene upornosti združene ozemljitve le zahteva, da napetosti dotika na izpostavljenih prevodnih delih v sklopu objekta (skupine objektov) ne bodo presegle vrednosti, ki je po krivulji na sliki 1 (SIST HD 637 S1) dovoljena pri danem izklopnem času okvare, kar zahteva le ustrezno oblikovanje potenciala na izpostavljenih mestih. Te vrednosti je treba potrditi z meritvami napetosti dotika na izpostavljenih prevodnih delih prizadetih objektov.

Pri izolirani nevtralni točki SN omrežja bi bila lahko ozemljitvena upornost ustrezno višja zaradi nižjega toka pri enofaznem zemeljskem stiku, kar pa velja le za manjša omrežja, kajti z vgradnjo kabelskih vodov se kapacitivni prispevek toka lahko poveča preko meje, ko je še možna samougasitev obloka, tako da lahko pride do dvofaznih zemeljskih stikov. Tu moramo zato z dušilkami omejevati kapacitivno komponento toka.

Zato je možna izvedba ozemljitve nevtralne točke SN omrežja preko Petersenove dušilke, ki avtomatsko skrbi za kompenzacijo kapacitivnega toka in imamo zato pri enofaznem zemeljskem stiku opravka le s preostalim tokom zemeljskega stika, ki je od 5 % do 10 % kapacitivnega toka omrežja (Hrobat, Grabner, Huč, & Strmec, 2010).

3 KAKOVOST OSKRBE Z ELEKTRIČNO ENERGIJO

Vsakoletno poročilo kakovosti oskrbe z električno energijo je namenjeno obveščanju o stanju kakovosti električne energije distribucijskega omrežja. Izdelano je skladno z 29. členom Uredbe o načinu izvajanja gospodarske javne službe dejavnosti systemskega operaterja distribucijskega omrežja električne energije in gospodarske javne službe za dobavo električne energije tarifnim odjemalcem (Ur. list RS št. 117/2004, 23/2007 in 17/14-EZ1) in podaja kazalnike o zanesljivosti napajanja odjemalcev in komercialne kakovosti ter kakovost napetosti za distribucijsko omrežje Elektro Primorska.

Pravna podlaga za izdelavo poročila je Pogodba o najemu elektrodistribucijske infrastrukture in izvajanju storitev za systemskega operaterja distribucijskega omrežja.

3.1 Parametri neprekinjenosti napajanja

Pri oskrbi z električno energijo obravnavamo naslednje vidike kakovosti:

- neprekinjenost napajanja, ki obravnava, kako je električna energija na voljo odjemalcu;
- komercialno kakovost, odnosi med uporabniki in sistemskimi operaterji;
- kakovost napetosti, ki obravnava odstopanja parametrov od predpisanih v standardizaciji.

Neprekinjenost napajanja in kakovost napetosti zagotavljajo izključno sistemski operaterji v okviru svoje dejavnosti. Kakovost oskrbe se spremlja na ravni SODO in SOPO, ki opravljajo dejavnost GJS. Komercialno kakovost pa lahko spremljamo na ravni dobaviteljev električne energije, ta ni predmet reguliranja in jo oblikuje konkurenca na trgu.

Neprekinjenost napajanja lahko razdelimo v dve skupini: načrtovano in nenačrtovano.

Za načrtovano prekinitev napajanja velja, da je to stanje, ko je napetost na predajnem mestu manjša od 5 % dogovorjene napetosti in so odjemalci predhodno obveščeni, da se bodo izvajala načrtovana dela na razdelilnem omrežju.

Za nenačrtovano prekinitev napajanja velja, da je to stanje, ko je napetost na predajnem mestu manjša od 5 % dogovorjene napetosti in jo povzročijo trajne ali prehodne okvare, katerih vzrok so navadno zunanji dogodki, okvare opreme ali motnje.

Kratkotrajni izpadi ali prehodne okvare so vsi izpadi, krajši od treh minut, in so kratkotrajne narave. Vzroki nastanka izpada so lahko: dotik veje ali drevesa z vodnikom ob močnem vetru, ptiči, sneg, preboji prenapetostnih odvodnikov, površinski preboji izolatorjev, površinski preboji izolatorjev in izpadi ob sekcioniranju omrežja pri iskanju okvar.

Dolgotrajni izpadi ali trajne okvare pa izpadi, ki trajajo ali pa so daljši od treh minut.

3.2 Kazalniki kakovosti električne energije

Parameter SAIFI nam pove povprečno frekvenco prekinitev napajanja v sistemu. Parameter je razmerje med celotnim številom prekinitev napajanja uporabnikov v določenem časovnem intervalu in celotnim številom uporabnikov v sistemu za čas trajanja tega časovnega intervala. Izražamo ga s številom prekinitev na uporabnika glede na obdobje opazovanja oziroma poročanja (mesečno, letno).

Parameter SAIDI nam pove povprečno trajanje prekinitev napajanja v sistemu. Parameter je razmerje med vsoto trajanja prekinitev napajanja posameznih uporabnikov v določenem časovnem intervalu in celotnim številom uporabnikov v sistemu za čas trajanja tega časovnega intervala. Parameter se izraža v minutah na uporabnika glede na obdobje opazovanja oziroma poročanja (mesečno, letno).

Parameter MAIFI nam pove povprečno frekvenco kratkotrajnih prekinitev napajanja. Parameter je razmerje med celotnim številom kratkotrajnih prekinitev napajanja uporabnikov v določenem časovnem intervalu in celotnim številom uporabnikov v sistemu za čas trajanja tega časovnega intervala. Izražamo ga s številom prekinitev na uporabnika glede na obdobje opazovanja oziroma poročanja (mesečno, letno).

3.3 Zbirni pregled delovanja zaščit za obdobje 2013–2015

V tabelah 2, 3 in 4 je prikazano delovanje posameznih zaščitnih funkcij ter analiza vzrokov delovanja.

	2013		2014		2015	
	le	l>>	le	l>>	le	l>>
DV Bovec	27	2	22	2	9	2
DV Plužna	14	1	16	4	3	4

Tabela 1: Delovanje zaščit v RTP Kobarid na izvodih DV Bovec in DV Plužna

Območje napajanja RTP 20 kV Kobarid	2013			2014			2015		
	Število vseh prekinitev	Število nenačrtovanih dolgotrajnih prekinitev	Število kratkotrajnih prekinitev	Število vseh prekinitev	Število nenačrtovanih dolgotrajnih prekinitev	Število kratkotrajnih prekinitev	Število vseh prekinitev	Število nenačrtovanih dolgotrajnih prekinitev	Število kratkotrajnih prekinitev
DV Bovec	34	13	21	56	27	29	33	14	19
DV Plužna	28	9	19	33	7	26	18	4	14

Tabela 2: Analiza nenačrtovanih prekinitev

Območje napajanja RTP 20 kV Kobarid	2013				2014				2015			
	Število vseh nenačrtovanih dolgotrajnih prekinitev	Višja sila	Tuji vzrok	Lastni vzrok	Število vseh nenačrtovanih dolgotrajnih prekinitev	Višja sila	Tuji vzrok	Lastni vzrok	Število vseh nenačrtovanih dolgotrajnih prekinitev	Višja sila	Tuji vzrok	Lastni vzrok
DV Bovec	33	27	3	3	54	45	1	8	22	13		9
DV Plužna	28	13	3	12	32	16	1	15	17	8	4	5

Tabela 3: Nenačrtovane dolgotrajne prekinitve

Opombe

- Nenačrtovana višja sila: delovanje zaščite ($I >$, $I >>$, I_e , I_{esd}), sneg, žled, veter, udare strele.
- Tuji vzrok: okvara na postrojih (ločilnik, stikalo), razpad sistema, okvara na prenosnem omrežju, padec ali dotik drevesa (če je ugotovljeno), živali.
- Nenačrtovana lastna: delovanje zaščite, napačna stikalna manipulacija, okvara zaradi nepravilne montaže.

4 RADIALNO NAPAJANJE KOBARID–BOVEC

4.1 Obstoječe stanje v RTP Kobarid

Območje Kobarida in Bovca je napajano po 15,5 km dolgem 110 kV daljnovodu iz RTP Tolmin, ki obratuje na napetostnem nivoju 35 kV in 20 kV. V Kobaridu se nahaja RTP 35/20 kV Kobarid s transformacijo 2×8 MVA, ki je zgrajen v 60. letih prejšnjega stoletja z zastarelo primarno in sekundarno opremo. Konični odjem v letu 2013 je znašal 5,2 MVA in zelo niha zaradi velike penetracije energije, proizvedene v MHE na tem območju.

Samo mesto Kobarid in industrijska cona se nahajata v neposredni bližini RTP Kobarid, napajanje je izvedeno preko zazankanega podzemnega kabelskega omrežja in ni večjih težav z oskrbo z električno energijo.

Stikališče 20 kV sestavljajo Cu zbiralke 60 x 10 mm, ki so razdeljene na 2 sektorja 20 kV. Sektorja sta povezana z vzdolžnim zbiralničnim ločilnikom. V normalnem obratovanju je ločilnik priklopljen.

V RTP Kobarid imamo naslednje elemente:

Transformator I. 35/20 kV 8 MVA je trifazni, oljni regulacijski transformator moči 8 MVA, 35 kV $\pm 10 \times 1,45 \% 21/10,5$ kV. Vezava transformatorja Yd5, uk = 6,52 %.

Transformator II. 35/20 kV, 8 MVA je trifazen, oljni, regulacijski transformator, moči 8 MVA, 35 kV $\pm 10 \times 1,45 \% 21/10,5$ kV. Vezava transformatorja je Yd5 uk = 6,47 %.

Ozemljilni transformator. ENERGOINVEST, TIP. Zt 100/20 ZN, vezava ZN

Dovodno polje 35 kV

Transformatorska celica I. in II. 35kV

Transformatorska celica I. in II. 20 kV

Merilna celica I. in II. 35 kV

Merilna celica I. in II. 20 kV

Izvodna polja

Enopolna shema stikališča je v prilogi.

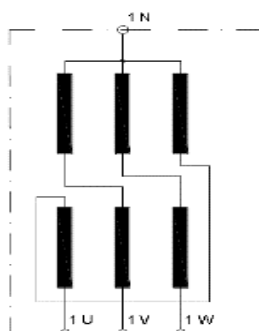
4.1.1 Ozemljilni transformator – OZT

Posebnost ozemljitve nevtralne točke v RTP Kobarid je ozemljilni transformator. V SN omrežjih imamo več načinov ozemljitve nevtralne točke transformatorja. V primeru SN 20 kV omrežij je ta najpogosteje obravnavana kot zvezdišče, ozemljeno preko nizkoohmskega upora 80 Ω . Vse pa je odvisno od transformatorja, če imamo vezavo, ki nam omogoča na sekundarni strani ozemljitev nevtralne točke transformatorja in jo s tem stabilizira. Če imamo transformator z vezavo Yd, pa je to nekoliko težje. V tem primeru si pomagamo z dodatnim, t. i. ozemljilnim transformatorjem, ki ima poglobitveno nalogo ozemljevanja in ne lastne rabe. V našem primeru imamo vezano ZN.

Pri omrežjih z ozemljeno nevtralno točko transformatorja preko upora ob enofaznem kratkem stiku steče tok skozi upor, v našem primeru pa preko OZT. Vezava lomljena zvezda ima posebnost, da so posamezne faze razdeljene v dveh stebrih, zato tok okvare v SN omrežju steče skozi dve navitji v ločenih stebrih.

Ničlišče OZT je direktno povezano na ozemljitev preko dveh merilnih TIT. Zemeljskostična zaščita je razdeljena na dva dela; zemeljskostična $le>$ in občutljiva zemeljskostična $les>$; slednja za zaznavo visokoohmskih okvar.

Tokovi zemeljskega stika $3I_0$ se gibljejo od 150 A navzdol, zato so med zemeljskim stikom v omrežju navitja OZT obremenjena s tokovno gostoto, ki povzroča gretje navitja tako kot pri kratkem stiku, le da so tu tokovi manjši. Pri Cu navitjih je dovoljena vrednost do 250°. Ker je to klasična izvedba transformatorja, so navitja in jedro potopljeni v olje, ki ima nalogo odvajati temperaturo. Ker transformator ni namenjen lastni rabi in ni obremenjen s tajnim bremenom, je začetna temperatura navitij pred zemeljskim stikom enaka temperaturi olja.



Slika 9: Shema ozemljilnega transformatorja

4.1.2 Obstoječe stanje zaščit

RTP Kobarid: vgrajena zaščita izhaja iz 80. let. Vgrajeni so releji proizvajalca ISKRA: TZI 1040 ($I>$), TZI 1034 ($I>>$) in TFP 4090 (I_e). Nadtokovna zaščita ima možnost zakasnitve delovanja 0,6–6,0s, kratkostična zaščita nima možnosti zakasnitve delovanja, zemeljskostična zaščita ima možnost zakasnitve 0,3–3,0 s.

Nastavitve zaščit

	$I>$	$t>$	$I>>$	$t>>$	$I_{e>}$	$t_{e>}$	$I_{es>}$	$t_{ies>}$
DV 20 kV Bovec	180 A	1200 ms	1200 A	0 ms	60 A	400 ms	4,8 A	800 ms
DV 20 kV Plužna	180 A	1100 ms	750 A	0 ms	60 A	300 ms	4,6 A	700 ms

Ozemljilni transformator OZT

	$I>$	$t>$	$I>>$	$t>>$	$I_{e>}$	$t_{e>}$	$I_{es>}$	$t_{ies>}$
OZT	/	/	/	/	60 A	1,5 s	3 A	296 s

4.2 Obstoječe stanje v RP Bovec

Območje konzuma Bovca je možno napajati iz RTP Kobarid po:

- DV Bovec 20 kV v dolžini 20 km in preseka žic Al/Fe 150mm²;
- DV Plužna 20 kV do RP Plužna v dolžini 15 km preseka Cu 50 mm² in od RP Plužna do RP Bovec v dolžini 3,5 km, od tega 2 km ALDR 70 mm² in 1,5 km XHE 48A 3x1x150mm².

Dosedanje normalno obratovalno stanje, tj. pred modifikacijo zaščitnega sistema na povezovalnih 20 kV DV, je predstavljal priključen DV RTP Kobarid–RP Bovec.

Mesto in industrijska cona v Bovcu se nahajata v neposredni bližini RP Bovec in se napajata po zazankanem podzemnem kabelskem omrežju, na katerem ni veliko izpadov. Podeželje občine Bovec je napajano izključno z nadzemnimi 20 kV

daljnovodi zaradi razpršene poselitve, težkega hribovitega terena in ozkih alpskih dolin. Zadnja transformatorska postaja ob izviru reke Soče v Trenti je od RP Bovec oddaljena 22 km, 42 km od RTP Kobarid oz. 57 km od osnovne napajalne točke RTP Tolmin.

RP Bovec se napaja po dveh DV; DV Bovec–Kobarid in DV Plužna skozi RP Plužna do RP Bovca, kjer je bil pred prenovo ločen z odklopnikom. Po vsakem definitivnem izpadu DV Kobarid–Bovec se je moral vklopiti DV Plužna v RP Bovec. Stikališče ima enosistemske zbiralke 20 kV Cu 60 x 5 mm, enajst dovodno izvodnih celic in eno kombinirano celico transformatorja lastne rabe, meritev 20 kV in prenapetostnih odvodnikov.

V RP Bovec imamo naslednje izvode:

KB 20 kV Brdo – Mestni izvod,
 KB Hotel Kanin – Mestni izvod,
 DV Čezsoča – Podeželski,
 DV Rajbeljk – Mestni in industrija,
 DV Log Mangart – Podeželski,
 DV Trenta – Podeželski,
 Enopolna shema stikališča je v prilogi.

4.2.1 Obstoječe stanje zaščite

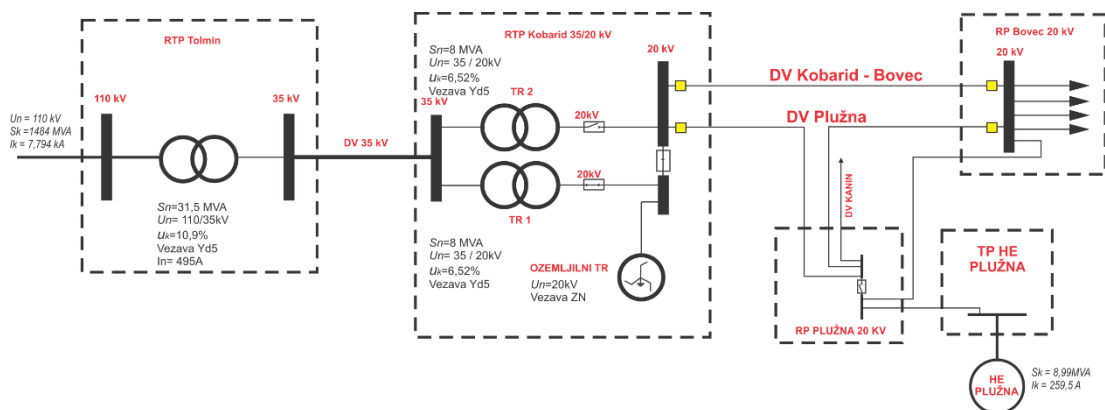
RP Bovec: na vseh 20 kV izvodih je vgrajen numerični zaščitni terminal proizvajalca SEG: CSP2-F3 (leto vgradnje 2006) z vsemi potrebnimi zaščitnimi funkcijami in možnostmi nastavitvev, ki so potrebne za paralelno napajanje RP Bovec.

Nastavitve zaščit

	$I>$	$t>$	$I>>$	$t>>$	I_e	t_{Ie}	$I_{es>}$	$t_{Ies>}$
DV 20 kV Kobarid	195 A	900 ms	750 A	0 ms	/	/	5 A	1000 ms
DV 20 kV Plužna	195 A	800 ms	750 A	0 ms	/	/	5 A	900 ms

5 PARALELNO NAPAJANJE KOBARID BOVEC

5.1 Izračun kratkostičnih tokov I_k in kratkostičnih moči S_k



Slika 10: Shema obravnavanega omrežja

5.1.1 RTP Tolmin

Kratkostični tok na zbiralkah v RTP Tolmin je 7,794 kA (Študija EIMV, št 2028, Ljubljana 2010). Na osnovi kratkostičnega toka na zbiralkah se izračuna kratkostična moč in impedanco tujega omrežja (110 kV).

$$U_n = 110 \text{ kV}$$

$$I_{k110} = 7,794 \text{ kA}$$

1. Kratkostična moč na 110 kV zbiralkah v RTP Tolmin

$$S_{k110} = \sqrt{3} \times U \times I_k \text{ [MVA]} = \sqrt{3} \times 110000 \times 7,794 = 1484 \text{ MVA}$$

2. Impedanca 110 kV omrežja

$$Z_{110} = \frac{1,1 \times U^2}{S_k} = \frac{1,1 \times 110000^2}{1484} = 8,963 \Omega$$

Impedanca omrežja znaša 8,963 Ω

Z_{110} razčlenimo in pri tem upoštevamo, da je $R_{110} \approx 0,1 \times X_{110}$:

$$Z_{110} = \sqrt{R_{110}^2 + X_{110}^2} = \sqrt{0,1 \times X_{110}^2 + X_{110}^2} = 1,005 \times X_{110}$$

$$X_{110} = \frac{Z_{110}}{1,005} = \frac{8,963}{1,005} = 8,918 \Omega$$

$$Z_{110} = (0,892 + j8,918) \Omega$$

Razčlenjena impedanca omrežja 110 kV znaša: $(0,8963 + j8,918) \Omega$.

Za potrebe računanja kratkostičnih tokov in moči se impedanca omrežja preračuna na 35 kV nivo.

$$Z_{DV110/35} = Z_{110} \times \left(\frac{Un_{35}}{Un_{110}} \right)^2 = (0,892 + j8,924) \times \left(\frac{35000}{110000} \right)^2$$

$$Z_{DV110/35} = (0,0903 + j0,903)\Omega$$

Impedanca 110 kV omrežja, pretvorjena na 35 kV, nivo znaša $(0,0903 + j0,903)\Omega$.

$$Z_{DV110/20} = Z_{110} \times \left(\frac{Un_{20}}{Un_{110}} \right)^2 = (0,892 + j8,924) \times \left(\frac{20000}{110000} \right)^2$$

$$Z_{DV110/20} = (0,0294 + j0,294)\Omega$$

Impedanca 110 kV omrežja, pretvorjena na 20 kV, nivo znaša $(0,0294 + j0,294)\Omega$.

3. Izračun impedance transformatorja 110/35 kV

$$u_R = 0,5 \%, u_k = 10,9 \%$$

$$X_{tr\ 35} = \frac{u_{\%} \times Un_{35}^2}{S_n} = \frac{0,1088 \times 35000^2}{31,5 \times 10^6} = 4,231 \Omega$$

$$u_{\%} = \sqrt{u_k^2 - u_R^2} = \sqrt{10,9^2 - 0,5^2} = 10,88$$

$$R_{tr\ 35} = \frac{u_R \times Un_{35}^2}{S_n} = \frac{0,005 \times 35000^2}{31,5 \times 10^6} = 0,194\Omega$$

$$Z_{tr35} = R_{tr35} + jX_{tr35} = (0,194 + j4,231)\Omega$$

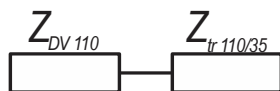
Impedanca transformatorja pretvorjena na 20 kV nivo

$$Z_{tr35/20} = Z_{35} \times \left(\frac{Un_{20}}{Un_{35}} \right)^2 = (0,194 + j4,231) \times \left(\frac{20000}{35000} \right)^2 = (0,063 + j1,381)\Omega$$

4. Kratkostični tok na 35kV zbiralkah v RTP Tolmin

$$Ik_{35} = \frac{1,1 \times Un}{\sqrt{3} \times Z_{S1}}$$

Z_{S1} – skupna impedanca predstavlja impedanco toge mreže 110 kV in impedanco transformatorja, pretvorjeno na 35 kV nivo.



$$Z_{S1} = Z_{DV110/35} + Z_{tr\ 35}$$

$$Z_{S1/35} = (0,0904 + j0,903) + (0,194 + j4,231) = (0,284 + j5,134)\Omega$$

$$|Z_{S1/35}| = 5,141 \Omega$$

Izračunamo kratkostični tok na 35kV zbiralkah:

$$Ik_{35} = \frac{1,1 \times 35000}{\sqrt{3} \times 5,141} = 4,323 \text{ kA}$$

in zatem še kratkostično moč na 35 kV zbiralkah.

$$Sk_{35} = \sqrt{3} \times 35000 \times 4,323 \text{ kA} = 262,06 \text{ MVA}$$

RTP TOLMIN

<i>Un</i>	110/35 kV
<i>Ik</i> 110 kV.....	7,794 kA
<i>Sk</i> 110 kV.....	1484,956 MVA
<i>Ik</i> 35 kV.....	4,323 kA
<i>Sk</i> 35 kV.....	262,06 MVA

5.1.2 DV 35 kV RTP Tolmin–RTP Kobarid

Za izračun impedance 35 kV DV se uporabijo naslednji podatki.

1. Odsek

Al/Fe 3x1x240mm²

l = 10,1 km, *r* = 0,129 Ω/km, *x* = 3,656 Ω/km

$Z_{Al/Fe} = l \times (r + jx)$

$Z_{Al/Fe} = 10,1 \text{ km} \times (0,129 + j0,362) \text{ Ω/km}$

$Z_{Al/Fe} = (1,302 + j3,656) \text{ Ω}$

$|Z_{Al/Fe}| = 3,881 \text{ Ω}$

2. Odsek

XHP 48A 1x240mm²

l = 0,351 km, *r* = 0,239 Ω/km, *x* = 0,22 Ω/km

$Z_{Al/Fe} = 0,351 \text{ km} \times (0,239 + j0,22) \text{ Ω/km}$

$Z_{Al/Fe} = (0,0838 + j0,077) \text{ Ω}$

$|Z_{Al/Fe}| = 0,114 \text{ Ω}$

Skupna impedanca za celoten odsek DV 35 kV znaša:

$$Z_{\Sigma DV35} = (1,302 + j3,656) \text{ Ω} + (0,0838 + j0,077) \text{ Ω}$$

$$Z_{\Sigma DV35} = (1,386 + j3,733) \text{ Ω}$$

$$|Z_{\Sigma DV35}| = 3,981 \text{ Ω}$$

Dobljeno vrednost se preračuna na 20 kV nivo:

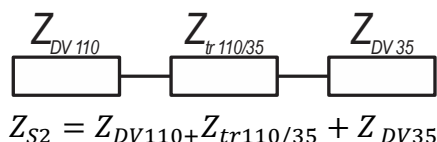
$$Z_{DV35/20} = Z_{DV35} \times \left(\frac{Un_{20}}{Un_{35}}\right)^2 = (1,386 + j3,733) \times \left(\frac{20000}{35000}\right)^2$$

$$Z_{DV35/20} = (0,451 + j1,218)\Omega$$

5.1.3 RTP Kobarid

Za izračun kratkostičnega toka in moči na 35 kV zbiralkah v RTP Kobarid se mora upoštevati skupno impedanco vse do zbiralk.

1. Skupna impedanca



– Skupna impedanca predstavlja impedanco toge mreže 110 kV, impedanco transformatorja, pretvorjeno na 35 kV nivo, in impedanco DV 35 kV.

$$\begin{aligned} Z_{S2/35} &= (0,0903 + j0,903)\Omega + (0,194 + j4,231)\Omega + (1,386 + j3,733)\Omega \\ Z_{S2/35} &= (1,670 + j8,86) \\ |Z_{S2/35}| &= 9,022 \Omega \end{aligned}$$

Kratkostični tok na 35 kV strani

$$I_{k35} = \frac{1,1 \times U_n}{\sqrt{3} \times Z_{S2}} = \frac{1,1 \times 35000}{\sqrt{3} \times 9,025} = 2,463 \text{ kA}$$

2. Kratkostična moč na 35 kV strani

$$S_{k35} = \sqrt{3} \times U \times I_k = \sqrt{3} \times 35000 \times 2,463 = 149,31 \text{ MVA}$$

3. Impedanca transformatorja 35/20 kV

$$u_R = 0,85\%, u_k = 6,52\%$$

$$X_{tr35/20} = \frac{u_{\%} \times U_n^2}{S_n} = \frac{6,464 \times 20000^2}{8 \times 10^6} = 3,232 \Omega$$

$$u_{\%} = \sqrt{u_k^2 - u_R^2} = \sqrt{6,52^2 - 0,85^2} = 6,464$$

$$R_{tr35/20} = \frac{u_R \times U_n^2}{S_n} = \frac{0,0085 \times 20000^2}{8 \times 10^6} = 0,425 \Omega$$

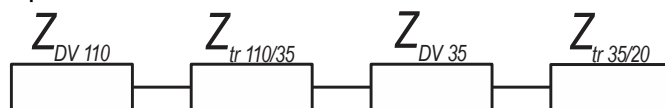
$$Z_{tr35/20} = R_{tr35/20} + jX_{tr35/20} = (0,425 + j3,232)\Omega$$

$$|Z_{tr35/20}| = \sqrt{R_{tr35/20}^2 + X_{tr35/20}^2} = \sqrt{0,425^2 + 3,232^2}$$

$$|Z_{tr35/20}| = 3,259 \Omega$$

Impedanca transformatorja je pretvorjena na nivo 20 kV.

4. Skupna impedanca



$$Z_{S3} = Z_{DV110/35} + Z_{tr110/35} + Z_{DV35} + Z_{tr35/20}$$

$$Z_{S3} = (0,0294 + j0,294)\Omega + (0,063 + j1,381)\Omega + (0,451 + j1,281)\Omega + (0,425 + j3,232)\Omega = (0,968 + j6,188)\Omega$$

$$|Z_{S3}| = 6,263 \Omega$$

Z_{S3} – skupna impedanca predstavlja impedanco toge mreže 110 kV, impedanco transformatorja 110/35 kV, impedanco DV 35kV, impedanco transformatorja 35/20kV, pretvorjeno na 20 kV nivo.

5. Kratkostični tok na 20 kV strani zbiralk

$$I_{k20} = \frac{1,1 \times U_n}{\sqrt{3} \times Z_{S3}} = \frac{1,1 \times 20000}{\sqrt{3} \times 6,263} = 2,028 \text{ kA}$$

6. Kratkostična moč na 20 kV strani zbiralk

$$S_k = \sqrt{3} \times U \times I_k = \sqrt{3} \times 20000 \times 2,028 = 70,25 \text{ MVA}$$

5.1.4 Daljnovodi 20kV v RTP Kobarid

DV 20 kV KOBARID–BOVEC

Za izračun impedance DV se uporabijo naslednji podatki.

1. odsek

XHP 48A 3x1x150 mm²

$l = 3,917 \text{ km}, r = 0,264 \Omega/\text{km}, x = 0,176 \Omega/\text{km}$

$Z_{Al/Fe} = l \times (r + jx)$

$Z_{Al/Fe} = 3,917 \text{ km} \times (0,264 + j0,176) \Omega/\text{km}$

$Z_{Al/Fe} = (1,034 + j0,689) \Omega$

$|Z_{Al/Fe}| = 1,243 \Omega$

2. odsek

Al/Fe 3x1x150 mm²

$l = 15,956 \text{ km}, r = 0,194 \Omega/\text{km}, x = 0,373 \Omega/\text{km}$

$Z_{Al/Fe} = 10,1 \text{ km} \times (0,129 + j0,362) \Omega/\text{km}$

$Z_{Al/Fe} = (3,097 + j5,955) \Omega$

$|Z_{Al/Fe}| = 6,712 \Omega$

Skupna impedanca voda je:

$$Z_{DV1} = (4,131 + j6,644) \Omega$$

$$|Z_{DV1}| = 7,955 \Omega$$

DV 20 kV KOBARID–PLUŽNA–BOVEC

Za izračun impedance DV se uporabijo naslednji podatki.

1. odsek

Cu 3x1x50 mm²

$l = 15,595 \text{ km}, r = 0,356 \Omega/\text{km}, x = 0,38 \Omega/\text{km}$

$Z_{Al/Fe} = 15,595 \text{ km} \times (0,356 + j0,38) \Omega/\text{km}$

$Z_{Al/Fe} = (5,551 + j5,925) \Omega$

$|Z_{Al/Fe}| = 8,120 \Omega$

2. odsek

Al/Fe 3x1x70 mm²

$l = 2,042 \text{ km}, r = 0,42 \Omega/\text{km}, x = 0,373 \Omega/\text{km}$

$Z_{Al/Fe} = 2,042 \text{ km} \times (0,42 + j0,373) \Omega/\text{km}$

$Z_{Al/Fe} = (0,85 + j0,761) \Omega$

$|Z_{Al/Fe}| = 1,147 \Omega$

3. odsek

XHP 49A 3x1x150 mm²

$l = 1,455 \text{ km}, r = 0,264 \Omega/\text{km}, x = 0,176 \Omega/\text{km}$

$Z_{Al/Fe} = 1,455 \text{ km} \times (0,264 + j0,176) \Omega/\text{km}$

$Z_{Al/Fe} = (0,384 + j0,256) \Omega$

$|Z_{Al/Fe}| = 0,461 \Omega$

Skupna impedanca voda je:

$$Z_{DV2} = (6,793 + j6,943) \Omega$$

5.1.5 DV 20 kV v RP Bovec

RP BOVEC 20 kV – PARALELNO NAPAJANJE

Impedanca DV

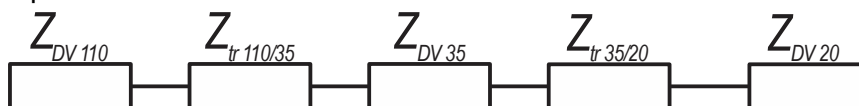
$$\frac{1}{Z_{DV20}} = \frac{1}{Z_{DV1}} + \frac{1}{Z_{DV2}}$$

$$Z_{DV20} = \frac{Z_{DV1} \times Z_{DV2}}{Z_{DV1} + Z_{DV2}}$$

$$Z_{DV20} = \frac{(4,131 + j6,644) \times (6,793 + j6,943)}{(4,131 + j6,644) + (6,793 + j6,943)}$$

$$Z_{DV20} = (2,732 + j3,482) \Omega$$

Skupna impedanca



$$Z_{S4} = (0,0294 + j0,294)\Omega + (0,0632 + j1,381)\Omega + (0,451 + j1,218) + (0,425 + j3,232)\Omega$$

$$+ (2,732 + j3,482) = (3,7 + j9,607)\Omega$$

$$|Z_{S4}| = 10,294\Omega$$

Z_{S4} – skupna impedanca predstavlja impedanco toge mreže 110 kV, impedanco transformatorja 110/35 kV, impedanco DV 35kV, impedanco transformatorja 35/20 kV in skupno impedanco obeh DV 20 kV, vezanih vzporedno.

1. Kratkostični tok na 20kV zbiralkah

$$Ik_{20} = \frac{1,1 \times Un}{\sqrt{3} \times Z_{S4}} = \frac{1,1 \times 20000}{\sqrt{3} \times 10,294} = 1,233 \text{ kA}$$

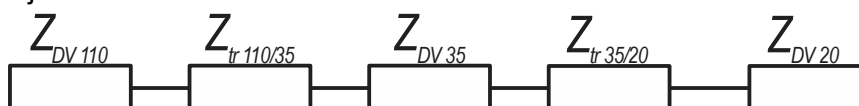
2. Kratkostična moč

$$S_{k20} = \sqrt{3} \times U \times I_k = \sqrt{3} \times 20000 \times 1,233 = 42,712 [MVA]$$

RP BOVEC 20 kV – RADIALNO NAPAJANJE

Podan je še izračun radialnega obratovanja kratkostičnega toka za primer enega ali drugega DV.

1. Vključen samo DV KOBARID–BOVEC



$$Z_{S5} = (0,0294 + j0,294)\Omega + (0,0632 + j1,381)\Omega + (0,451 + j1,218)$$

$$+ (0,425 + j3,232)\Omega + (4,131 + j6,644) = (5,099 + j12,769)\Omega$$

$$|Z_{S5}| = 13,749\Omega$$

Kratkostični tok

$$Ik_{DV1} = \frac{1,1 \times Un}{\sqrt{3} \times Z_{S5}} = \frac{1,1 \times 20000}{\sqrt{3} \times 13,749} = 0,923 \text{ kA}$$

$$S_{kDV1} = \sqrt{3} \times U \times I_k = \sqrt{3} \times 20000 \times 0,923 = 31,973 [MVA]$$

2. Vključen samo DV PLUŽNA

$$Z_{S6} = (0,0294 + j0,294)\Omega + (0,0632 + j1,381)\Omega + (0,451 + j1,218)$$

$$+ (0,425 + j3,232)\Omega + (7,222 + j6,943) = (8,19 + j13,068)\Omega$$

$$|Z_{S6}| = 15,422 \Omega$$

Kratkostični tok

$$I_{k_{DV2}} = \frac{1,1 \times U_n}{\sqrt{3} \times Z_{S6}} = \frac{1,1 \times 20000}{\sqrt{3} \times 15,422} = 0,823 \text{ kA}$$

$$S_{k_{DV2}} = \sqrt{3} \times U \times I_k = \sqrt{3} \times 20000 \times 0,823 = 28,509 \text{ [MVA]}$$

Z_{S5} in Z_{S6} predstavljata impedanco toge mreže 110 kV, impedanco transformatorja 110/35 kV, impedanco DV 35kV, impedanco transformatorja 35/20 kV in skupno impedanco enega ali drugega DV 20 kV.

Kratkostični tok in moč na 20 kV zbiralkah v RP Bovec pri paralelnem napajanju

U_n 20 kV
 I_k 1,233 kA
 Sk 42,712 MVA

Kratkostični tok in moč na 20 kV zbiralkah v RP Bovec pri radialnem napajanju

DV KOBARID–BOVEC

I_k 0,923 kA
 Sk 31,973 MVA

DV PLUŽNA

I_k 0,823 kA
 Sk 28,509 MVA

Kratkostični tok pogojuje nastavitev kratkostične zaščite za oba izvoda. Pri paralelnem napajanju je navidezno večji presek vodnikov, zato je večja tudi kratkostična moč in kratkostični tok na zbiralkah.

Za pravilno nastavitev kratkostične zaščite se upošteva priporočni faktor sigurnosti $k = 0,8$.

$$I \gg = k \times I_k$$

PARALELNO NAPAJANJE

$$I \gg = 0,8 \times 1,233 = 0,986 \text{ kA}$$

DV KOBARID–BOVEC

$$I \gg = 0,8 \times 0,923 = 0,738 \text{ kA}$$

DV PLUŽNA

$$I \gg = 0,8 \times 0,823 = 0,658 \text{ kA}$$

5.1.6 HE Plužna

Vrednost KS moči za prispevek generatorja na pragu elektrarne je:

$$Sk = 8,99 \text{ MVA .}$$

Vrednost KS toka za prispevek generatorja na pragu elektrarne je:

$$Ik = 0,259 \text{ kA.}$$

PRISPEVKI Ik in Sk HE na zbiralkah 20 Kv v RP Bovec

$$Ik = 1,233 + 0,259 = 1,492 \text{ kA}$$

$$Sk = 42,712 + 8,99 = 51,702 \text{ MVA}$$

	Vrsta napajanja	Ik (kA)	Sk (MVA)	Nastavitev $0,8 \times Ik$ (kA)	
OBRATOVANJE BREZ HE PLUŽNA	PARALELNO NAPAJANJE	1,233	42,712	0,986	
	RADIALNO NAPAJANJE	DV Kobarid	0,923	31,973	0,738
		DV Plužna	0,823	28,509	0,658
OBRATOVANJE S HE PLUŽNA	PARALELNO NAPAJANJE	1,492	51,702	1,193	
	RADIALNO NAPAJANJE	DV Kobarid	1,182	40,963	0,945
		DV Plužna	1,082	37,499	0,865

5.1.7 Kratkostična moč in tok na DV Trenta

Izračun je bil narejen za primer kratkostične moči in tokov na sredini DV Trenta, ki se napaja iz RP Bovec. Uporabili smo orodje GREDOS.

	Z viri		Brez virov	
	Sk (MW)	Ik (kA)	Sk (MW)	Ik (kA)
TP ISKRA Soča	34,4	0,99	25,9	0,75
TP spodnja Trenta	29,1	0,84	22,4	0,65
TP na Placu	23,2	0,67	18,4	0,53

Tabela 4: Vrednosti kratkostičnih tokov in moči za vse kombinacije napajanja

5.2 Parametri usmerjene nadtokovne in zemeljskostične zaščite

Na osnovi izračunanih kratkostičnih moči in tokov se na obeh izvodih nastavi naslednje parametre usmerjene zaščite.

VRSTA ZAŠČITE	Nastavitev releja	Kot MTA	Pritegnilni tok	Časovna nastavitev
	$x I_n$	(°)	(A)	(s)
USMERJENA NADTOKOVNA (Id>)	$1,2 x I_n$	250°	180	0,8
USMERJENA KRATKOSTIČNA (Id>>)	$4,0 x I_n$	250°	600	0,03
USMERJENA ZEMELJSKOSTIČNA (led>)	$0,24 x I_n$	110°	60	0,17
	0,6 V	RESI		
USMERJENA ZEMELJSKOSTIČNA OBČUTLJIVA (lesd>)	$0,02 x I_n$	110°	5	0,6
	3U ₀ =10V	RESI		

Tabela 5: Nastavitve in rezultati testiranja DV Kobarid

VRSTA ZAŠČITE	Nastavitev releja	Kot MTA	Pritegnilni tok	Časovna nastavitev
	$x I_n$	(°)	(A)	(s)
USMERJENA NADTOKOVNA (Id >)	$1,2 x I_n$	250°	180	0,8
USMERJENA KRATKOSTIČNA (Id >>)	$4,0 x I_n$	250°	375	0,03
USMERJENA ZEMELJSKOSTIČNA (led >>)	$0,24 x I_n$	110°	60	0,17
	0,6 V	RESI		
USMERJENA ZEMELJSKOSTIČNA OBČUTLJIVA (lesd >)	$0,02 x I_n$	110°	4	0,4
	3U ₀ =10V	RESI		

Tabela 6: Nastavitve in rezultati testiranja DV Plužna
(Merilni listi so v prilogi, str.: 47 in 48)

5.3 Izvedba projekta

5.3.1 Posegi na objektu v RTP Kobarid

V zaščitni omari je dodan časovni rele TRC 3001 za vsak izvod posebej, izvedene so ustrezne prevezave med releji in obstoječo zaščito. Kratkostični člen ni imel časovnega člena in je ob zaznavi okvare v obliki kratkega stika direktno posredoval z izklopom, nadtokovni in zemeljskostični člen pa sta imela dodaten časovni člen. Z vgraditvijo časovnega člena je signal za posredovanje izklopa speljan na časovni člen TRC 3001. Po preteku nastavljenega časa zakasnitve rele posreduje izklopni impulz odklopniku; istočasno pa signal posredujemo še daljinski signalizaciji.

5.3.2 Prenastavitev zaščite po prenovi v RTP Kobarid

Kratkostična zaščita: na izvodu DV Plužna in DV Bovec je torej dodan kratkostični zaščitni časovni člen TRC 3001 in s tem zakasnjeno delovanje I>> za 100 ms. Tako je zagotovljena selektivnost s transformatorskimi zaščitami v RTP Kobarid in s

kratkostično zaščito v RP Bovec. Sprožilne vrednosti so ostale enake, saj ob razklenitvi zanke oz. paralelnega napajanja ostane le radialni vod, ki napaja RP Bovec.

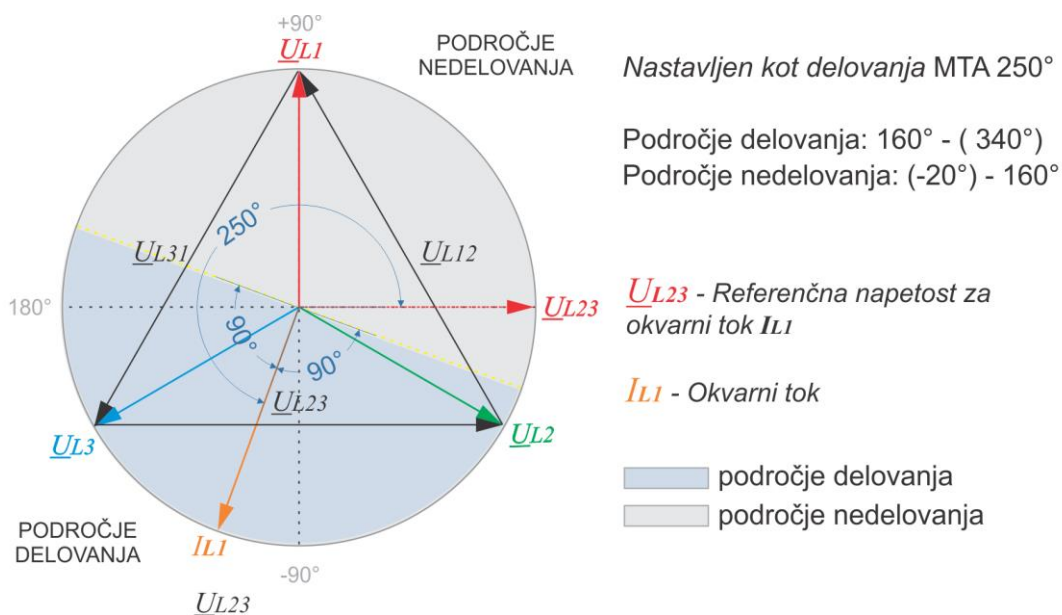
Nadtokovna zaščita: ščiti DV pred termično preobremenitvijo, zato so te nastavitve ostale nespremenjene. Zemeljskostična zaščita v primeru paralelnega napajanja RP Bovec v RTP Kobarid ne zahteva sprememb v nastavitvah.

5.3.3 Posegi na objektu v RP Bovec

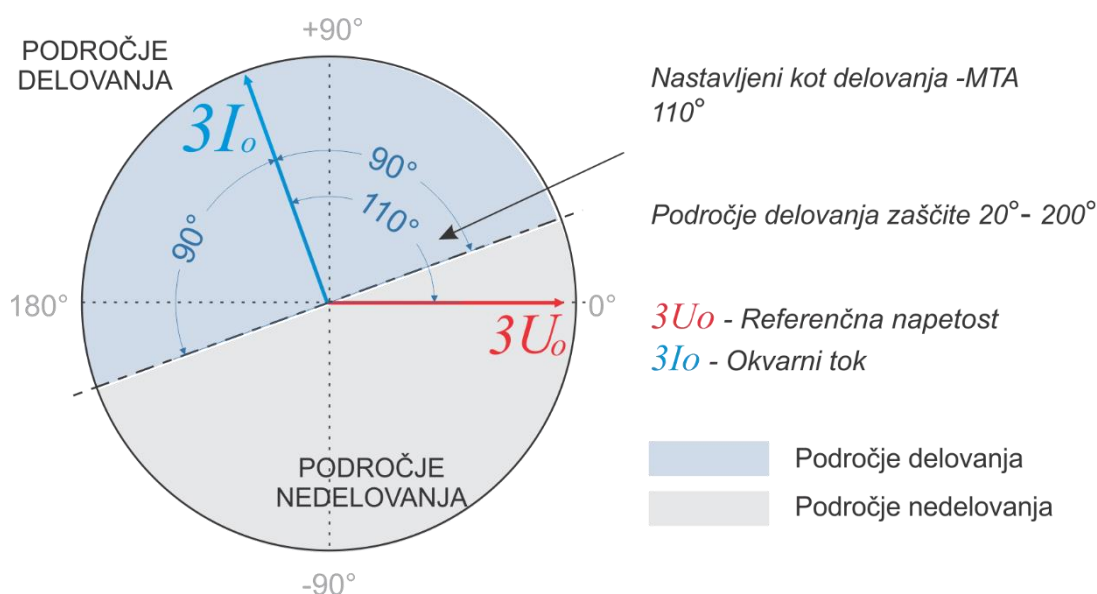
Večjih posegov na objektu in napravah ni bilo. Treba je bilo samo vključiti dodatne parametre za delovanje smerne zaščite v numeričnih terminalih SEG.

5.3.4 Prenastavitev zaščite v RP Bovec

Na obeh izvodih DV Kobarid in DV Plužna je sedaj aktivirana smerna kratkostična zaščita, smerna nadtokovna in smerna zemeljskostična zaščita (gl. sliki 11 in 12).



Slika 11: Območje delovanja pri usmerjeni nadtokovni in usmerjeni kratkostični zaščiti



Slika 12: Območje delovanja pri usmerjeni zemeljskostični zaščiti

Ker je na obeh izvodih iz RP Bovec (Plužna in Kobarid) aktivirana smerna zaščita, je zagotovljeno, da bo v primeru okvare na DV Plužna iz RP Kobarid delovala najprej zaščita na DV Plužna v RP Bovec in nato zaščita na DV Plužna v RTP Kobarid. DV Bovec v RTP Kobarid bo ostal normalno priklopljen in bo napajal RP Bovec.

V primeru okvare na DV Bovec iz RTP Kobarid pa bo delala zaščita na DV Kobarid v RP Bovec in zaščita na izvodu RP Bovec v RTP Kobarid, RP Bovec pa se bo normalno napajal po izvodu Plužna.

5.4 Preizkus smernih zaščit

RTP Kobarid

Po končani prevezavi v RTP Kobarid je bil izveden preizkus pravilnega delovanja časovnega člana s preizkusno aparaturo OMICRON CMC za vsak DV posebej preko preizkusne vtičnice, ki je nameščena na vsakem DV polju posebej v zaščitni omari. Vrivali so se tokovi na zaščitni rele in meril se je čas delovanja zaščite. Ker ima elektromehanski časovni rele TRC 3001 časovne pogreške, smo morali po vsaki meritvi ponastaviti nastavitve časa. Pri nadtokovni in kratkostični zaščiti pa se je preizkusilo pravilno delovanje brez večjih korekcij nastavitvev.

Merilni listi so v prilogi, str.: 49, 50 in 51.

ZAŠČITA	Nastavitev releja	Pritegnilni tok	Časovna nastavitev	Čas delovanja (s)			
	$x I_n$ oz. (A)	(A)	(s)	t 1	t 2	t 3	t sred.
NADTOKOVNA I>	$6 x I_n$	180	1,2	1,16	1,15	1,15	1,15
KRATKOSTIČNA I>>	$8,0 x I_n$	1200	0,05	0,12	0,12	0,12	0,12
Ie	Ie>	$2,0 x I_n$	60	0,42	0,42	0,42	0,42
	Iesd>	3,7 A	4,8	0,81	0,81	0,81	0,81

Tabela 7: Nastavitve in rezultati testiranja DV Bovec

ZAŠČITA	Nastavitev releja	Pritegnilni tok	Časovna nastavitev	Čas delovanja (s)			
	$x I_n$ oz. (A)	(A)	(s)	t 1	t 2	t 3	t sred.
NADTOKOVNA I>	$6 x I_n$	180	1,1	1,10	1,10	1,10	1,10
KRATKOSTIČNA I>>	$8,0 x I_n$	1200	0,06	0,11	0,11	0,11	0,11
Ie	Ie>	$2,2 x I_n$	60	0,30	0,31	0,30	0,30
	Iesd>	5,0 A	4,0	0,78	0,78	0,78	0,78

Tabela 8: Nastavitve in rezultati testiranja DV Plužna

RP Bovec

V RP Bovec se je po končanem parametriranju in aktivaciji novih parametrov smerne zaščite opravil test s preizkusno aparaturo OMICRON CMC. Opravljene so meritve na vseh zaščitah: smerni nadtokovni, smerni kratkostični, smerni zemeljskostični in smerni občutljivi zemeljskostični zaščiti. Pri vseh preizkusih se je upoštevalo tokovne vrednosti, vrednosti napetosti ter kot med referenčno vrednostjo in okvarnim tokom, ki je bil vsiljen. Območje delovanja nadtokovne zaščite je bil kot med U in I $250^\circ \pm 90^\circ$, pri zemeljskostični zaščiti pa kot med $3U_0$ in $3I_0$ $110^\circ \pm 90^\circ$. Referenčna vrednost je bila pri nadtokovnih zaščitah vrednost sosednih napetosti proti okvarnemu toku, pri zemeljskostičnih zaščitah pa $3U_0$ proti $3I_0$.

Mejne vrednosti delovanja nadtokovnih zaščit:

- toka $0,24xI_n$,
- napetosti $0,24xU_n$,
- kot MTA 250° (področje delovanja od 160° do 230°).

Pri testiranju nadtokovne in kratkostične zaščite je bil rele priključen trifazno: tokovi IL_1 , IL_2 , IL_3 in napetosti UL_1 , UL_2 , UL_3 . Napetosti so predstavljale referenčne vrednosti za ugotavljanje kota. Na releje so speljane napetosti iz merilne celice za potrebe meritev in zaščite direktno, zato so bile te ločene na merilnih sponkah v zaščitni omari.

Prag delovanja nadtokovne zaščite je $1.2 \times I_n$ to je 180 A, vrednost napetosti so fazne $\frac{100V}{\sqrt{3}} = 57,7 V$. Za delovanje je bilo treba zvišati pritegnilni tok na 190 A in spreminjati kot med U in I v koraku po 10° vse do delovanja zaščite. Kot delovanja je bil 250° , območje delovanja pa je bilo od 160° do 230° . Pri preizkusu je bilo simulirano simetrično obremenjeno omrežje (kot med tokovi je bil 120°).

Mejne vrednosti za delovanje usmerjene zemeljskostične zaščite **Ied**:

- **3Io: 0,24xIn**, ki je v našem primeru $0.24 \times 250 A$,
- **3Uo: 0,6V**, ki je bila uporabljena kot referenčni fazor za določitev kota med **3Io** in **3Uo**,
- kot 110° (področje delovanja od 20° do 200°).

Mejne vrednosti delovanje občutljive usmerjene zemeljskostične zaščite **Iesd**:

- **3Io: 0,02xIn**, ki je v našem primeru $0.02 \times 250 A$,
- **3Uo: 10V**, ki je bila uporabljena kot referenčni fazor za določitev kota med **3Io** in **3Uo** in pogoj za delovanje smerne zaščite,
- kot 110° (področje delovanja od 20° do 200°).

Fazorja **3Io** in **3Uo** sta bila simulirana s preizkusno aparaturo OMICRON. Za ugotavljanje pravilne usmerjenosti funkcije **Ied** in **Iesd** pa se je spreminjal kot med fazorjema v koraku po 10° vse do delovanja. Nastavljen kot je bil 110° , območje delovanja pa je bilo od 20° do 200° . Izven tega območja (od -160° do $+20^\circ$) zaščita ni delovala. Isti postopek smo ponovili pri testiranju **Iesd**.

Merilni listi so v prilogi, str.: 47 in 48.

6 PRIMERA ANALIZE DELOVANJE ZAŠČITE

6.1 Analiza delovanja zaščite dne 27. 2. 2016: nepravilno delovanje

Analize delovanja je izdelana na osnovah zapisov analognih vrednosti/oscilografije na podlagi podatkov iz numeričnih zaščitnih terminalov v RP Bovec.

Datum delovanja zaščite:

27. 2. 2016 ob 22:11:35.

Ščiten daljnovod: 20kV Kobarid–Bovec

Zaščita, ki je delovala: zemeljskostična zaščita

Lokacija: RP Bovec DV Kobarid

Zaščitni sistem: SEG

Vzrok delovanja zaščite:

zaščita je delovala zaradi zemeljskega stika v fazi L3 na DV Trenta.

Opis dogodka

27. 2. 2016 je prišlo do delovanja zemeljskostične zaščite na izvodu DV Trenta v RP Bovec. Zaradi zemeljskostične okvare so delovale neselektivno tudi zemeljskostične zaščite na napajalnih vodih v RP Bovec in RTP Kobarid. Napaka je bila prehodnega značaja, saj sta po delovanju PAPV oba DV ostala v obratovanju.

Ugotovitve:

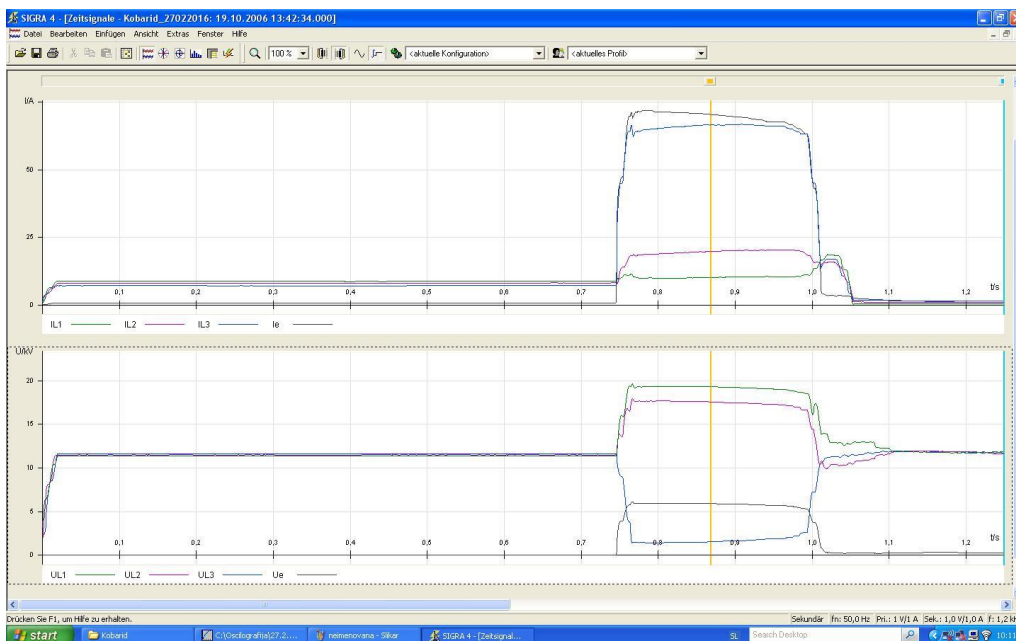
nepravilno delovanje zaščite lesd na obeh napajalnih izvodih DV in nepravilna selektivnost v RTP Kobarid.

6.1.1 Potek dogodkov

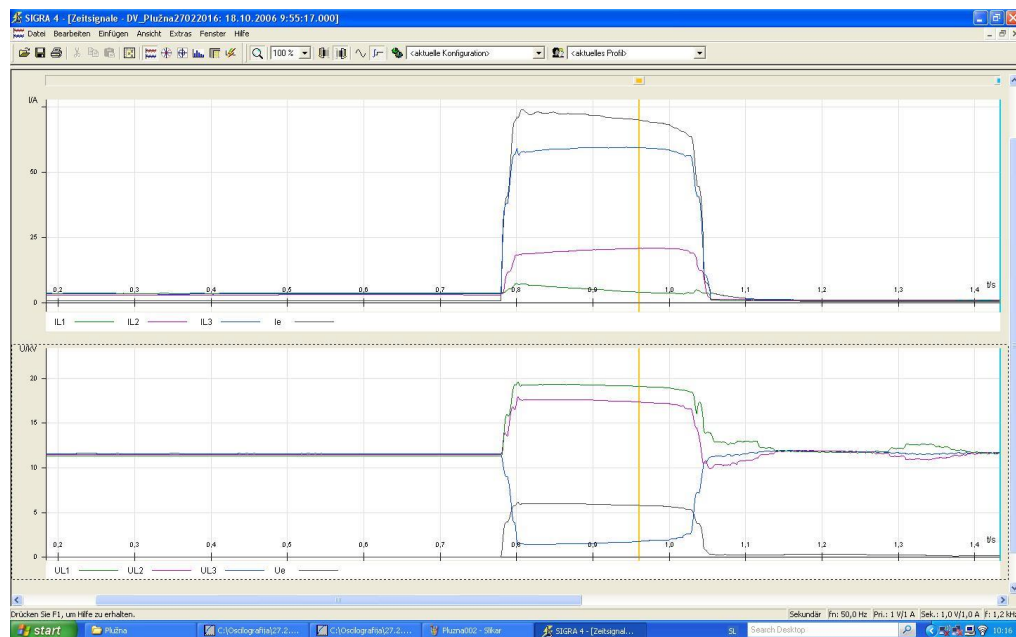
Zaradi zemeljskega stika je na DV Trenta delovala zemeljskostična zaščita v fazi L3 (slika 15). Tok v fazi IL3 se je dvignil na 140 A (modra krivulja), prav tako tudi $3I_0$ (črna krivulja), ki se je dvignil na vrednost 140 A. Napetost UL3 se je ob okvari znižala na minimalno vrednost, medtem ko sta napetosti zdravih faz zvišali blizu medfazne vrednosti; pojavila se je napetost $3U_0$ velikosti 5 kV. Iste vrednosti napetosti (slika 13 in 14) so se pojavile na obeh napajalnih vodih. Dogodek je trajal 250 ms.

LEGENDA

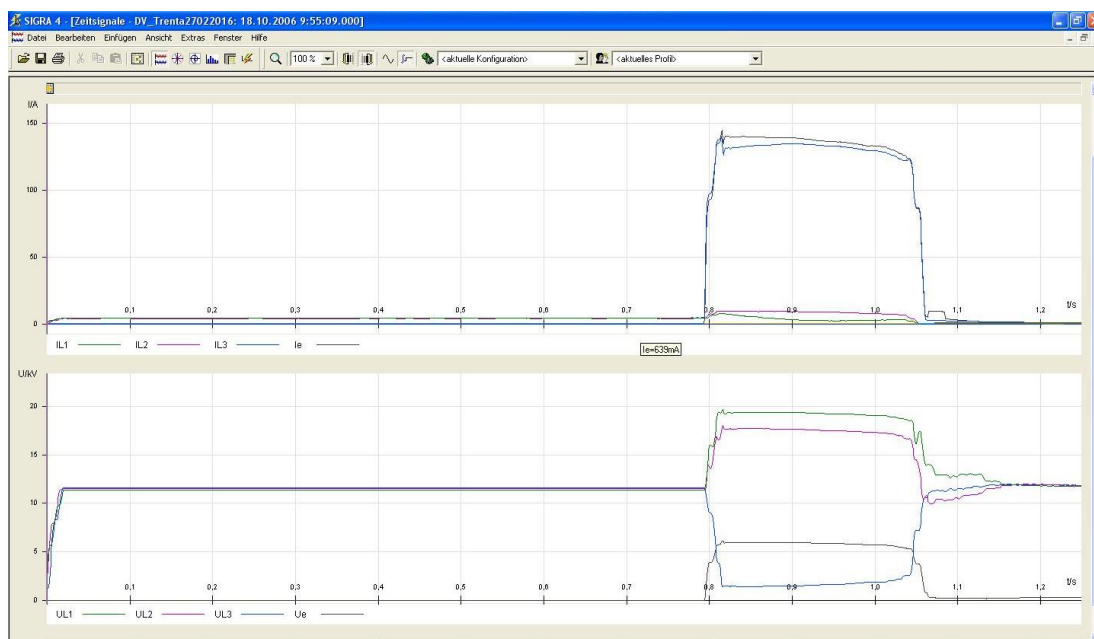
— I_{L1} U_{L1}
— I_{L2} U_{L2}
— I_{L3} U_{L3}
— $3I_0$ $3U_0$



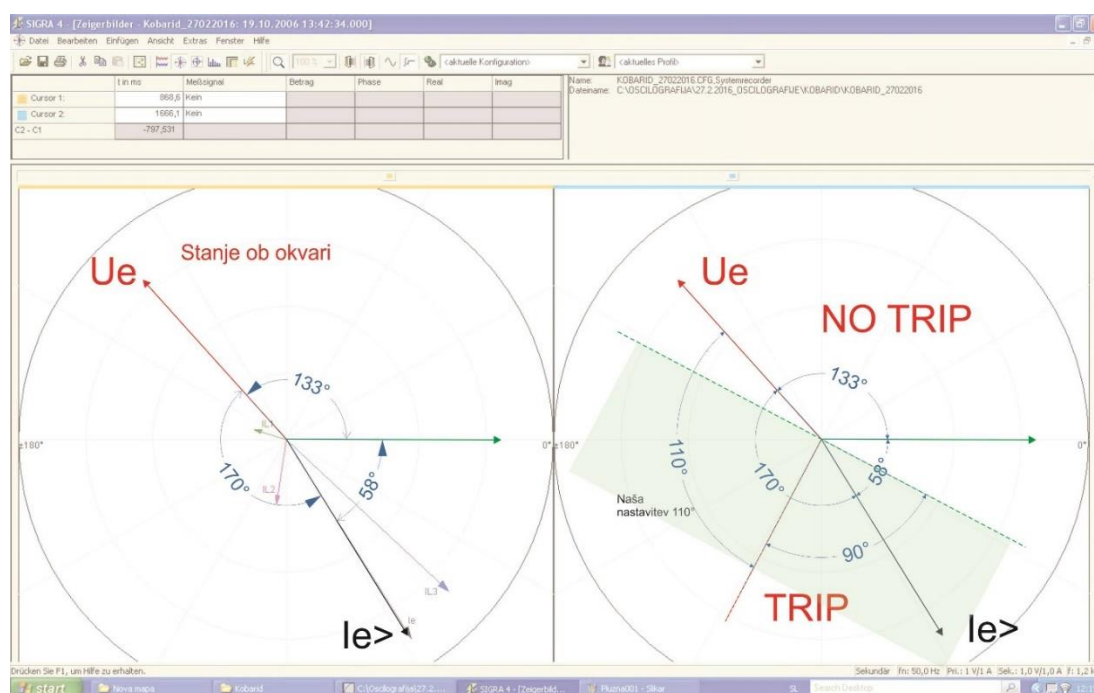
Slika 13: Oscilogram DV Kobarid za okvare na DV Trenta



Slika 14: Oscilogram DV Plužna za okvare na DV Trenta



Slika 15: Oscilogram okvare na DV Trenta



Slika 16: Kot med $3I_o$ in $3U_o$ ob okvari

Če primerjamo kot med $3I_o$ in $3U_o$ (slika 16), vidimo, da je med njimi razlika 170° . Nastavitev kota je 110° in upoštevano področje delovanja $\pm 90^\circ$ (od 20° do 200°) in očitno je, da je $3I_o$ znotraj področja delovanja. Ker so fazorji na obeh oscilografijah enaki, pomeni, da so smeri delovanja zaščite nepravilno nastavljene.

Potrebni ukrepi:

1. *nastavitev pravilnega območja les in lesd zaščite: aktivacija funkcije smeri »BACKWARD« in deaktivacija funkcije »FORWARD« (priloga, sl. 27 in 28, str. 76, 77);*
2. *nastavitev kota MTA s 110° na 170°.*

6.2 Analiza delovanja zaščite dne 27. 4. 2016: pravilno delovanje

Datum delovanja zaščite:

27. 4. 2016 ob 01:23:23

Ščiten daljnovod: 20 kV Trenta

Zaščita, ki je delovala: kratkostična zaščita

Lokacija: RP Bovec

Proizvajalec: SEG

Vzrok delovanja zaščite:

zaščita je delovala večkrat zaradi dvopolnega stika na DV Trenta. Vzrok okvare je bil sneg.

Opis dogodka:

27. 4. 2016 je prišlo do delovanja kratkostične zaščite na DV Trenta. Ker okvara ni bila prehodnega značaja, je zaščita delovala trikrat. Vrednost toka med okvaro je bila 750 A med fazama IL1 in IL2, med eno okvaro pa tudi v fazi IL3 (približno 150 A). Kratek stik med fazama je povzročil kratkostični tok: IL1 = IL2 = 750A in upad napetosti UL1 in UL2 pod vrednost 10 kV. Okvara pa ni povzročila nepotrebne delovanja zaščit na napajalnih vodih.

LEGENDA

— I_{L1} U_{L1}
 — I_{L2} U_{L2}
 — I_{L3} U_{L3}



Slika 17: Oscilogram okvare na DV Trenta

6.2.1 Potek dogodkov

Okvara je trajala približno 150 ms. Posredoval je HAPV neuspešno, sledil je PAPV. Po zadnjem APV-ju je bil vklop na okvaro in je zato bil definitivni izklop. Nadaljnji vklopi in izklopi so se opravljali ročno iz centra vodenja.

Ugotovitve:

zaščita na izvodu je delovala pravilno. Na napajalnih 20 kV DV izvodih pa zaščita ni delovala, kar je pravilno in v skladu z usmerjeno nadtokovno in smerno kratkostično zaščito.

6.3 Ukrepanje zaradi nepravilnega delovanja zaščite

6.3.1 Izredni preizkus zaščite

Prišlo je do nepravilnega delovanja zaščite, zato se je opravilo izredno testiranje zaščitnih funkcij na numeričnih terminalih SEG. Variantno se je spreminjala smer residualnega toka in tudi vrtilno polje fazorjev napetosti in tokov v skladu z navodili proizvajalca relejev, ki priporoča priključitev relejev na desno vrtilno polje. Preizkusi so potekali na podlagi vrednosti iz dejanskih vrednosti oscilogramov tako iz primera zemeljskega stika in dvofazne okvare. Nastavitve so začasnega značaja, dokler se ne pojavi zemeljski stik na enem od napajalnih 20 kV DV. V primeru pravilnega delovanja so nastavitve potrjene in dokončne.

7 ZAKLJUČEK

Prehod iz radialnega v paralelno obratovanje napajanje, ki smo ga opravili na Bovškem, je bil nujen, zato da zagotovimo stabilne napetostne razmere, ki so potrebne za normalno obratovanje industrije in gospodinjstev. V paralelno obratovanje smo vključili obstoječa radialna voda DV Kobarid–Plužna in DV Kobarid–Bovec. Na tem temelji tudi diplomska naloga, v kateri smo opisali izvedbo projekta, pri katerem smo pridobili tudi lastne izkušnje. Izvedba projekta je temeljila na majhni prenovi obstoječe opreme in vključitvi novih parametrov zaradi uvedbe smerne zaščite. Pri tem pa smo se morali soočiti z natančnostjo zaščitnih relejev, saj smo imeli dve generaciji zaščit; elektromehanske in numerične.

Glavni namen je zagotoviti pravilno delovanje zaščitnega sistema ob okvari na enem od daljnovodov. Pri radialnem napajanju je selektivnost delovanja zaščite bolj ali manj zagotovljena pri paralelnem ali zankastem omrežju, ko imamo vključeno smerno zaščito pa postane selektivnost bolj kompleksna.

Začeli smo v RTP Kobarid, kjer smo s prevezavo in dodanim časovnim elementom dodali pogoj zakasnitve kratkostične zaščite in omogočili selektivno delovanje ob okvari le na enem od DV. Vse zaščite, ki so v RTP Kobarid, so starejšega izvora ISKRA COMBIFLEKS, ki imajo večje pogoške, zato je težko doseči ustrezno časovno zakasnitev in točen tokovni prag delovanja. Še posebej so vprašljivi popustilni časi (reset value) elektromehanskih relejev.

Dogodki, ki so se pojavili po prenovi, so pokazali neselektivnost pri delovanju zemeljskostične zaščite, predvsem zaradi neustreznega časovnega stopnjevanja relejev.

V RP Bovec ni bilo fizičnih posegov na zaščiti, ker imamo novejšje numerične releje. Najpomembnejša je bila vključitev smernih parametrov vseh zaščit: nadtokovni, kratkostični, zemeljskostični in občutljivi zemeljskostični. Po prenovi smo imeli nekaj delovanj zaščite, ki pa so pokazala neselektivnost in je bilo treba opraviti nekaj analiz dogodkov in dodatnih preizkusov.

Prva ugotovitev, povezana z delovanjem kratkostične zaščite, je bila previsoko nastavljena sprožilna vrednost kratkostičnega toka, ki je bila vzrok nedelovanje kratkostične zaščite in delovanje občutljive zemeljskostične zaščite.

Druga ugotovitev, povezana z analizo okvar, je bila levo vrtenje fazorjev napetosti in tokov, priključenih na numerični rele. Proizvajalec v svojih navodilih omenja možno nepravilno delovanje nekaterih zaščitnih funkcij. Preizkusi na releju, ki smo jih pozneje opravili, so pokazali, da spremenjena smer vrtilnega polja povzroči premik območja delovanja zaščite za skoraj 180° , saj se spremeni kot med referenčno vrednostjo in okvarnim tokom. Rešitev v tem primeru je zamenjava vrtilnega polja, ki pa zahteva večji poseg na priključkih zaščite.

Ob delovanju zemeljskostične zaščite na enem od izvodov v RP Bovec zaščita na napajalnih vodih ni delovala selektivno. Oscilografije na izvodih so pokazale, da je bila smer toka $3I_0$ na napajalnih vodih za 180° zamaknjena proti toku $3I_0$ na izvodu, kar je dokaz, da so smeri napačno nastavljene. Preizkusi na releju so to potrdili in naslednji korak je bil sprememba smeri gledanja detekcije okvare v paralelnih vodih. Ker nismo želeli posegati v vezalno shemo toka $3I_0$ v izvodnih celicah, smo to raje opravili v nastavitvah releja.

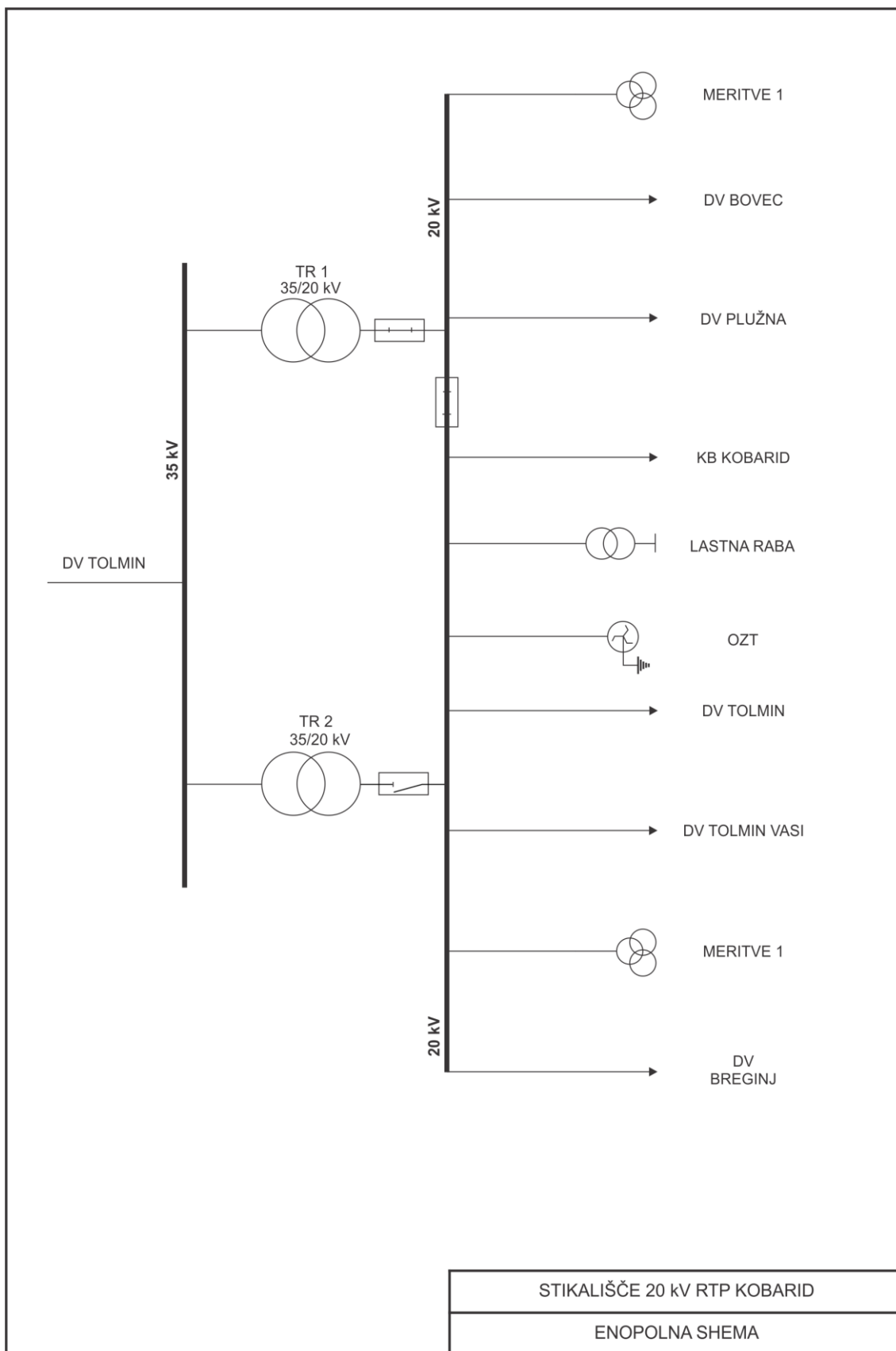
Eden od vzrokov neselektivnosti v tem primeru pa so tudi zakasnilni časi zemeljskostične zaščite v RTP Kobarid. V slednjem primeru bi nastavitev daljšega zakasnilnega časa delovanja zaščite v RTP Kobarid, npr. 100 ms, pripomogla, da bi zaščite v RP Bovec delovale selektivno. Ta ukrep pa zahteva proučitev dovoljenega časa trajanja napetosti dotika in koraka. Pripominjamo, da sedanje stanje zaščitnega sistema v RTP Kobarid narekuje posodobitev.

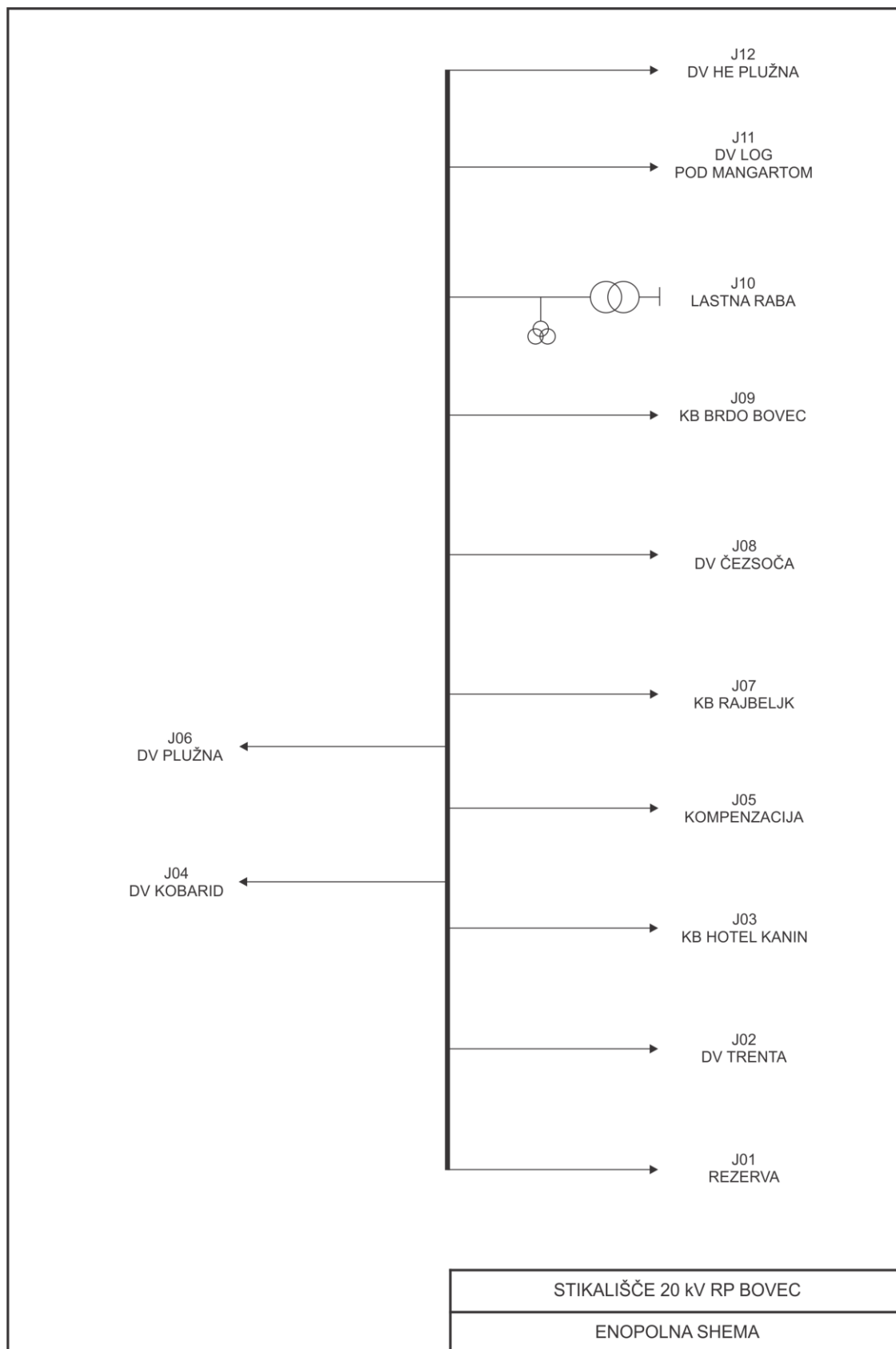
Ali so parametri zaščitnega sistema nastavljeni pravilno, pa nam bo pokazala prihodnja praksa.

LITERATURA IN VIRI

- Babnik, M. (1999). *Zaščita EES*. Ljubljana.
- Batič, D., & Mlaj, B. (januar 2014). *Poročilo o kakovosti oskrbe z električno energijo*. Maribor.
- Deželak, K., Seme, S., & Štumberger, G. (2012). *Obratovanje v zanki*. Maribor: FERI.
- Elektro Primorska, d. d. (maj 2015). *Poročilo o kakovosti oskrbe z električno energijo v letu 2014*.
- Hrastnik, D., Rošer, M., & Škof, R. (2012). *Obratovanje v zanki*. Maribor: FERI.
- Hrastnik, D., Rošer, M., & Škof, R. (2015). Sklepanje zank v SN omrežju Elektro Celje d.d. *12. konferenca slovenskih elektroenergetikov*. Portorož.
- Hrobat, P., & Isakovič, R. (2007). Ozemljitve transformatorskih postaj pri različnih sistemih ozemljevanja nevtralne točke. *Konferenca slovenskih elektroenergetikov* (str. 1/51-56). Terme Čatež: CIGRE/CIRED.
- Hrobat, P., Grabner, K., Huč, D., & Strmec, J. (2010). *Proučitev SN zemeljskostične zaščite in njenega delovanja pri različnih načinih ozemljitve nevtralne točke*. Ljubljana: Elektroinštitut Milan Vidmar.
- Leban, T. (1998). *Selektivnost zaščit v SN mrežah z ozemljeno nevtralno točko preko ohmske upornosti*. Diplomsko delo, Ljubljana.
- Leskovec, F. (1997). Selektivnost zaščite med RP 20 kV in RTP 110 kV. *CIGRE*. Nova Gorica.
- Tehnična navodila SEG CSP2-F*. (brez datuma). WOODWARD.

PRILOGE





ZAPISNIK										Datum:		14.01.2016	
ELEKTRO PRIMORSKA d.d.			O PREIZKUŠANJU TOKOVNE				Preizkusil:		Viko Bobek, u.d.i.e.				
Nova Gorica, Erjavčeva 22			ZAŠČITE ŠT.		04/16-To		Preizkusil:		Sandi Trpin				
							Prisoten:		Matic Kumar, u.d.i.e.				
Stikališče:		RP BOVEC 20 kV				TRANSFORMATOR - GENERATOR							
Naprava:		DV 20 kV Plužna				Proizv.:		Tip :					
Celica št.:		J 06		Vrsta zaščite: prim - sek. sek.		Moč (kVA):		Stik :					
Odklopnik		Proizv. : MINEL		Tip : PUD 206-350		Tok (A) :		Uk (%) :					
G 521/83		N.tok (A): 630		Odkl.kratk.tok: 8,5 kA		Napetost (kV) :		cos fi :					
Tokovni		Proizv. : FMT Zajčar		Tip : STEM 2421		DALJNOVOD - KABLOVOD		Daljnovod					
transf.		Prest. (A): 2x150/5/5		Vezava : 150/5 A		Snov-presek:		Al - Fe 70 mm ²					
		Pretok št.: Fs 5		TT vmesni :		I term. (A) :		235		Ik (A) :			
NADTOKOVNI ČLEN	Proizv. : SEG		Tip : CSP2 - F3		Št.komb. : 005		In (A) : 5						
	Obm.nast.: (0,1 - 5) x In		Up (V) :		Časovni člen								
	Tip in št.		R S T		Tip : CSP2 - F3		Št. : 005						
	faznega člena				Območje nastavitve (s) :		0,03 - 300						
KRATKOST. ČLEN	Proizv. : SEG		Tip : CSP2 - F3		Št.komb. : 005								
	Tip in št.		R S T		In (A) : 5								
	faznega člena				Območje nastavitve (A) :		(0,1 - 40) x In						
ZEMELJSKOST. ČLEN	Proizv. : SEG		Tip : CSP2 - F3		Št.komb. : 005		In (A) : 5						
	Obm.nast.: (0,01-20) x In		Up (V) :		Časovni člen								
	Tip in št.		R S T		Tip : CSP2 - F3		Št. : 005						
	faznega člena				Območje nastavitve (s) :		0,05 - 300						
PREIZKUS													
Člen	Faza	Nast. releja	Pritegnilni	Popustilni	Faktor	Nast.čas.č	Kontr. čas:	Čas delovanja (s)					
		x In oz.(A)	tok (A)	tok (A)	popust.	(s)	pri toku (A)	t 1	t 2	t 3	t sred.		
NADTOKOVNI SMERNA	SMERNA	1,2 x In	180	175	1,03	0,8	220	0,82	0,82	0,81	0,82		
		MTA 250°											
KRATKOST. SMERNA	SMERNA	2,5 x In	375	370		0,03	390	0,04	0,05	0,04	0,04		
		MTA 250°											
ZEMELJSK.	SMERNA	0,24xIn; 0,6V	60	58	1,03	0,17	65	0,21	0,21	0,20	0,21		
	RESI 110°												
SMERNA	0,02xIn; 10V	5	4	1,25	0,4	10	0,44	0,44	0,44	0,44			
Izklopni impulz releja deloval na:						izklop odklopnika: da							
svetl. tablo: da			zv. signal:			sign.polož. odklopnika : da			daljinska sign. :				
A-meter na CMP 1 -120 da/ R,S,T			Bu-signal:			KT-signal :							
A-meter na celici: da/S			Bu-izklop:			KT-izklop :			PAPV: da/30 s				
OPOMBA:		Zaščita deluje pravilno. Meritve opravljene z instrumentom OMICRON tip CMC 353, tov.št. DL48											

ZAPISNIK							Datum:		14.01.2016			
ELEKTRO PRIMORSKA d.d.			O PREIZKUŠANJU TOKOVNE				Preizkusil:		Viko Bobek, u.d.i.e.			
Nova Gorica, Erjavčeva 22			ZAŠČITE ŠT.		03/16-To		Preizkusil:		Sandi Trpin			
							Prisoten:		Matic Kumar, u.d.i.e.			
Stikališče:			RP BOVEC 20 kV				TRANSFORMATOR - GENERATOR					
Naprava:			DV 20 kV Kobarid				Proizv.:		Tip :			
Celica št.:		J 04		Vrsta zaščite:		prim - sek. sek.		Moč (kVA):		Stik :		
Odklopnik		Proizv. :		MINEL		Tip :		PUD 206-350		Tok (A) :		Uk (%) :
F 756/82		N.tok (A):		630		Odkl.kratk.tok:		8,5 kA		Napetost (kV) :		cos fi :
Tokovni		Proizv. :		FMT Zaječar		Tip :		STEM 2421		DALJNOVOD - KABLOVOD		Daljnovod
transf.		Prest. (A):		2x150/5/5		Vezava :		150/5 A		Snov-presek:		Al - Fe 70 mm ²
		Pretok. št.:		Fs 5		TT vmesni :				I term. (A) :		235
		Proizv. :		SEG		Tip :		CSP2 - F3		Št.komb. :		008
		Obm.nast.:		(0,1 - 5) x In		Up (V) :				Časovni člen		
		Tip in št.		R		S		T		Tip :		CSP2 - F3
		faznega člena								Št. :		008
										Območje nastavitve (s) :		0,03 - 300
KRATKOST.		ČLEN		Proizv. :		SEG		Tip :		CSP2 - F3		Št.komb. :
				Tip in št.		R		S		T		In (A) :
				faznega člena						Območje nastavitve (A) :		(0,1 - 40) x In
ZEMELJSKOST.		ČLEN		Proizv. :		SEG		Tip :		CSP2 - F3		Št.komb. :
				Obm.nast.:		(0,01-20) x In		Up (V) :		Časovni člen		
		Tip in št.		R		S		T		Tip :		CSP2 - F3
				faznega člena						Št. :		008
										Območje nastavitve (s) :		0,05 - 300
PREIZKUS												
Člen	Faza	Nast. releja	Pritegnilni	Popustilni	Faktor	Nast.čas.č	Kontr. čas	Čas delovanja (s)				
								x In oz.(A)	tok (A)	tok (A)	popust.	(s)
NADTOKOV	SMERNA	1,2 x In	180	175	1,03	0,8	200	0,82	0,81	0,82	0,82	
		MTA 250°										
KRATKOST.	SMERNA	4,0 x In	600	590		0,03	630	0,03	0,04	0,04	0,04	
		MTA 250°										
ZEMELISK.	SMER)	0,24xIn; 0,6V	60	58	1,03	0,17	65	0,21	0,21	0,22	0,21	
		RESI 110°										
	SMER)	0,02xIn; 10V	5	4	1,25	0,6	10	0,63	0,63	0,63	0,63	
Izklopni impulz releja deloval na:							izklop odklopnika: da					
svetl. tablo:			da		zv. signal:		sign.polož. odklopnika :		daljnska sign. :			
A-meter na CMP 1 -120 da/ R,S,T				Bu-signal:		KT-signal :						
A-meter na celici:			da/S		Bu-izklop:		KT-izklop :					
OPOMBA: Zaščita deluje pravilno. Meritve opravljene z instrumentomOMICRON												
tip CMC 353, tov.št. DL482 W.												
Sandi Trpin: Paralelno napajanje RP Bovec iz RTP Kobarid										stran 48 od 63		

ZAPISNIK										Datum:		8.07.2015					
ELEKTRO PRIMORSKA d.d.				O PREIZKUŠANJU TOKOVNE				Preizkusil:		Bratkič Jožef, inž.el.							
Nova Gorica, Erjavčeva 22				ZAŠČITE ŠT.		59/15-To		Preizkusil:		Bobek Viko, u.d.i.e.							
								Prisoten:		Kranjc Emil							
Stikališče:				RTP KOBARID 35/20 kV				TRANSFORMATOR - GENERATOR				700054					
Naprava:				Ozemljilni TR 20 kV				Proizv.:		ENERGOINVEST		Tip :		ZT 100/20 ZN			
Celica št.:		6		Vrsta zaščite:		prim. - sek. sek.		Moč (kVA):				Stik :		Z n			
Odklopnik		Proiz. :		TSN		Tip :		CSR 24/630		Tok (A) :		50 A/5 s.		Uk (%) :			
71998		N.tok (A):		630		Odk. moč:				Napetost (kV) :		20		cos fi :			
Tokovni		Proizv. :		ISKRA		Tip :		TK 880		DALJNOVOD - KABLOVOD							
transf.		Prest. (A):		250/5		Vezava :		250/5 A		Snov-presek:							
		Pretok št.:				TT vmesni :				I term. (A) :				Ik (A) :			
KRATKOST. NADTOKOVNI ČLEN		Proizv. :		ISKRA SYSEN		Tip :		TFI 1220		Št.komb. :		1461 K		In (A) :		5	
		Obm.nast.:		1-3		Up (V) :				Časovni člen							
		Tip in št.		R		S		T		Tip :		TRC 3001		Št. :		2267 K	
		faznega člena								Območje nastavitve (s) :		0,01-990					
KRATKOST. ČLEN		Proizv. :				Tip :				Št.komb. :							
		Tip in št.		R		S		T		In (A) :							
		faznega člena								Območje nastavitve (A) :							
VISOKOOHMS. ČLEN		Proizv. :		ISKRA SYSEN		Tip :		TFI 1520		Št.komb. :		2445 K		In (A) :		5	
		Obm.nast.:		0,5-4,5		Up (V) :				Časovni člen							
		Tip in št.		R		S		T		Tip :		TRC 3001		Št. :		2269 K	
		faznega člena								Območje nastavitve (s) :		0,01-990					
PREIZKUS																	
Člen	Faza	Nast. releja x In oz.(A)	Pritegnilni tok (A)	Popustilni tok (A)	Faktor popust.	Nast.čas.č (s)	Kontr. čas pri toku (A)	Čas delovanja (s)									
								t 1	t 2	t 3	t sred.						
VISOKOOH. NADTOKOVNI	R																
	S	1,25	60	56	1,07	1,4	70	1,50	1,50	1,50	1,50						
	T																
KRATKOST. NADTOKOVNI	R																
	S																
	T																
VISOKOOH. NADTOKOVNI	R																
	S	3,0	2,5	2,2	1,14	300	4,0							296			
	T																
Izklopni impulz releja deloval na:				izklop odklopnika: da													
svetl. tablo		da		zv. signal:		sign.polož. odklopnika : da		daljinska sign. :									
A-meter na kompl.:				Bu-signal:		KT-signal :		Izklop TR 1 in TR 2 na 20 kV									
A-meter na celici:				Bu-izklop		da		KT-izklop :									
OPOMBA: Zaščita deluje pravilno. Meritve opravljene z instrumentomOMICRON																	
tip CMC 256-6, tov.št. DI 515 J.																	

ZAPISNIK										Datum:		9.07.2015											
ELEKTRO PRIMORSKA d.d.				O PREIZKUŠANJU TOKOVNE				Preizkusil:		Bratkič Jožef, inž.el.													
Nova Gorica, Erjavčeva 22				ZAŠČITE ŠT.		65/15-To		Preizkusil:		Bobek Viko, u.d.i.e.													
								Prisoten:		Kranjc Emil													
Stikališče:				RTP KOBARID 35/20 kV				TRANSFORMATOR - GENERATOR															
Naprava:				DV 20 kV Bovec				Proizv.:				Tip:											
Celica št.:		9		Vrsta zaščite:		prim. - sek. sek.		Moč (kVA):				Stik:											
Odklopnik		Proizv.:		MINEL		Tip:		PU 206 - 350		Tok (A):				Uk (%):									
C 517/82		N.tok (A):		630		Odk. moč:		350		Napetost (kV):				cos fi:									
Tokovni transf.		Proizv.:		FMT Zaječar		Tip:		JN 20 B		DALJNOVOD - KABLOVOD		Daljnovod											
		Prest. (A):		2x150/5/5		Vezava:		150/5 A		Snov-presek:		Al - Fe 70 mm ²											
		Pretok št.:		n<5, >10		TT vmesni:				I term. (A)		235		Ik (A):									
NADTOKOVNI ČLEN		Proizv.:		ISKRA		Tip:		TZI 1040		Št.komb.:		15814 Z		In (A):		5							
		Obm.nast.:		3-9		Up (V):								Časovni člen									
		Tip in št. faznega člena		R		S		T		Tip:		TZI 1034		Št.:		5249 Z							
												Območje nastavitve (s):		0,6-6									
KRATKOST. ČLEN		Proizv.:		ISKRA		Tip:		TZI 1034		Št.komb.:		5249 Z											
		Tip in št. faznega člena		R		S		T		In (A):		5											
												Območje nastavitve (A):		2-∞									
ZEMELJSKOST. ČLEN		Proizv.:		ISKRA		Tip:		TFP 4090		Št.komb.:		13282 Z		In (A):		5							
		Obm.nast.:		(1-5) x 30 mA		Up (V):								Časovni člen									
		Tip in št. faznega člena		R		S		T		Tip:		TFP 4090		Št.:		13282 Z							
														Območje nastavitve (s):		0,3 - 3							
PREIZKUS																							
Člen	Faza	Nast. releja x In oz.(A)	Pritegnilni tok (A)	Popustilni tok (A)	Faktor popust.	Nast.čas.č (s)	Kontr. čas pri toku (A)	Čas delovanja (s)															
								t 1	t 2	t 3	t sred.												
NADTOKOVNI	R		180	160	1,13																		
	S	6,0	180	160	1,13	1,2	200	1,16	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15										
	T		180	160	1,13																		
KRATKOST.	R		1200																				
	S	8 x In	1200			0,05		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12										
	T		1200																				
ZEMELJSK.	NADT	2,0	60	56	1,07	0,4	70	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42										
	SMER	3,7	4,8	4,0	1,20	0,8	7,0	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81										
Izklopni impulz releja deloval na:				svetl. tablo				da				zv. signal:				sign.polož. odklopnika : da				daljinska sign. :			
A-meter na kompl.:				da				Bu-signal:				KT-signal :											
A-meter na celici:								Bu-izklop:				KT-izklop :				PAPV: da/30 s							
OPOMBA: Zaščita deluje pravilno. Meritve opravljene z instrumentomOMICRON tip CMC 256-6, tov.št. DI 515 J.																							

ZAPISNIK										Datum:		9.07.2015					
ELEKTRO PRIMORSKA d.d.				O PREIZKUŠANJU TOKOVNE				Preizkusil:		Bratkich Jožef, inž.el.							
Nova Gorica, Erjavčeva 22				ZAŠČITE ŠT.		64/15-To		Preizkusil:		Bobek Viko, u.d.i.e.							
								Prisoten:		Kranjc Emil							
Stikališče:				RTP KOBARID 35/20 kV				TRANSFORMATOR - GENERATOR									
Naprava:				DV 20 kV Plužna				Proizv.:				Tip:					
Celica št.:		8		Vrsta zaščite:		prim - sek. sek.		Moč (kVA):				Stik:					
Odklopnik		Proizv.:		MINEL		Tip:		PU 206 - 350		Tok (A):				Uk (%):			
H 554/83		N.tok (A):		630		Odk. moč:		350		Napetost (kV):				cos fi:			
Tokovni		Proizv.:		FMT Zajčar		Tip:		STEM 2421		DALJNOVOD - KABLOVOD		Daljnovod					
transf.		Prest. (A):		2x150/5/5		Vezava:		150/5 A		Snov-presek:		Cu 50 mm ²					
		Pretok. št.:		n<5, >10		TT vmesni:				I term (A)		230		Ik (A):			
NDTOKOVNI ČLEN		Proizv.:		ISKRA		Tip:		TZI 1040		Št.komb.:		12858 Z		In (A):			
		Obm.nast.:		3-9		Up (V):								Časovni člen			
		Tip in št.		R		S		T		Tip:		TZI 1034		Št.:		12205 Z	
		faznega člena										Območje nastavitve (s):		0,6-6			
KRA TKOST. ČLEN		Proizv.:		ISKRA		Tip:		TZI 1034		Št.komb.:		12205 Z					
		Tip in št.		R		S		T		In (A):		5					
		faznega člena										Območje nastavitve (A):		2-∞			
ZEMELJSKOST. ČLEN		Proizv.:		ISKRA		Tip:		TFP 4090		Št.komb.:		7101 V		In (A):			
		Obm.nast.:		(1-5) x 30 mA		Up (V):								Časovni člen			
		Tip in št.		R		S		T		Tip:		TFP 4090		Št.:		7101 V	
		faznega člena												Območje nastavitve (s):		0,3 - 3	
PREIZKUS																	
Člen	Faza	Nast. releja		Pritegnilni tok (A)	Popustilni tok (A)	Faktor popust.	Nast. čas.č (s)	Kontr. čas. pri toku (A)	Čas delovanja (s)								
		x In oz.(A)	tok (A)						t 1	t 2	t 3	t sred.					
KRA TKOST. NADTOKOV	R			180	165	1,09											
	S	6,0		180	165	1,09	1,1	200	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10			
	T			180	165	1,09											
KRA TKOST.	R			1200													
	S	8 x In		1200			0,06		0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11			
	T			1200													
ZEMELJSK.	NADT	2,2		60	56	1,07	0,3	70	0,30	0,31	0,30	0,30	0,30	0,30			
	SMER	5,0		4,6	4,0	1,15	0,7	8,0	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78			
Izklopni impulz releja deloval na:				svetl. tablo				svetl. signal:				zv. signal:					
A-meter na kompl.:				da				Bu-signal:				KT-signal:					
A-meter na celici:								Bu-izklop:				KT-izklop:					
												PAPV: da/30 s					
OPOMBA:				Zaščita deluje pravilno. Meritve opravljene z instrumentom OMICRON tip CMC 256-6, tov.št. DI 515 J.													
Sandi Trpin: Paralelno napajanje RP Bovec iz RTP Kobarid																	
stran 51 od 63																	

NASTAVITVE RELEJA

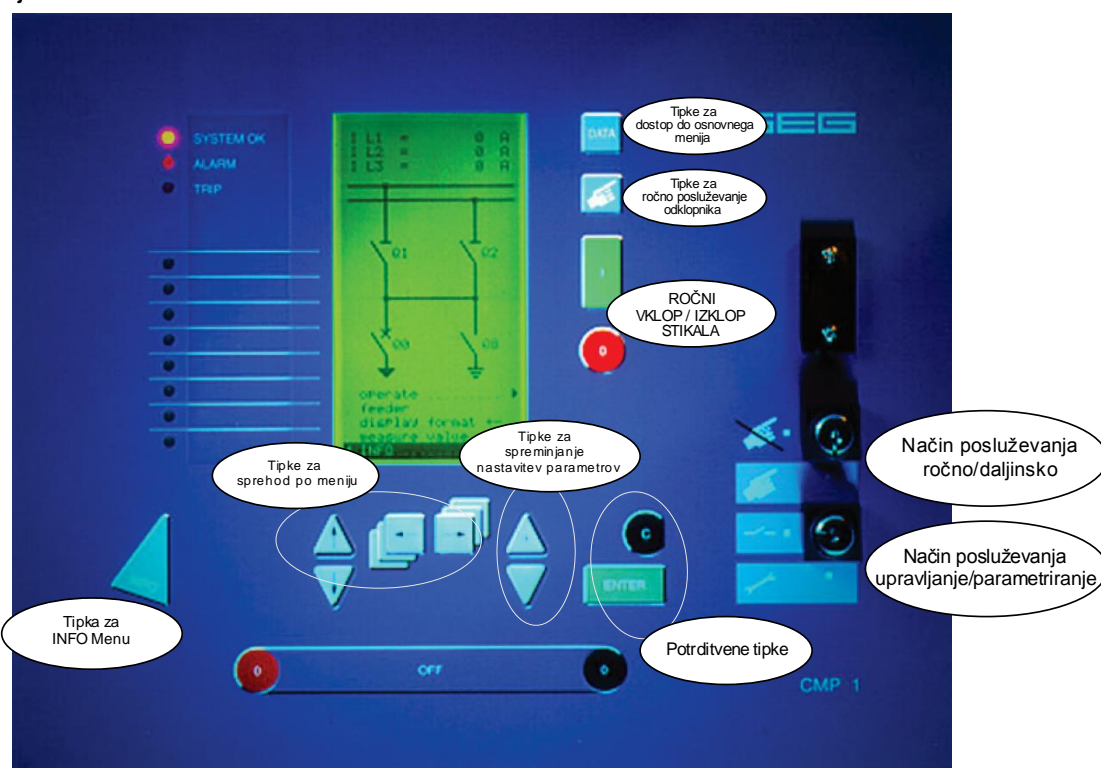
Osnovne nastavitve

(izvleček iz tehničnih navodil proizvajalca releja SEG WOODWARD)

Rele SEG CSP2 omogoča nastavitve vseh nadtokovnih zaščit, zemeljskostičnih zaščit, frekvenčnih zaščit in napetostnih zaščit v časovno odvisnih ali časovno neodvisnih karakteristikah. Do nastavitve lahko dostopamo preko LCD ekrana na releju ali pa preko programskega vmesnika SL-SOFT.

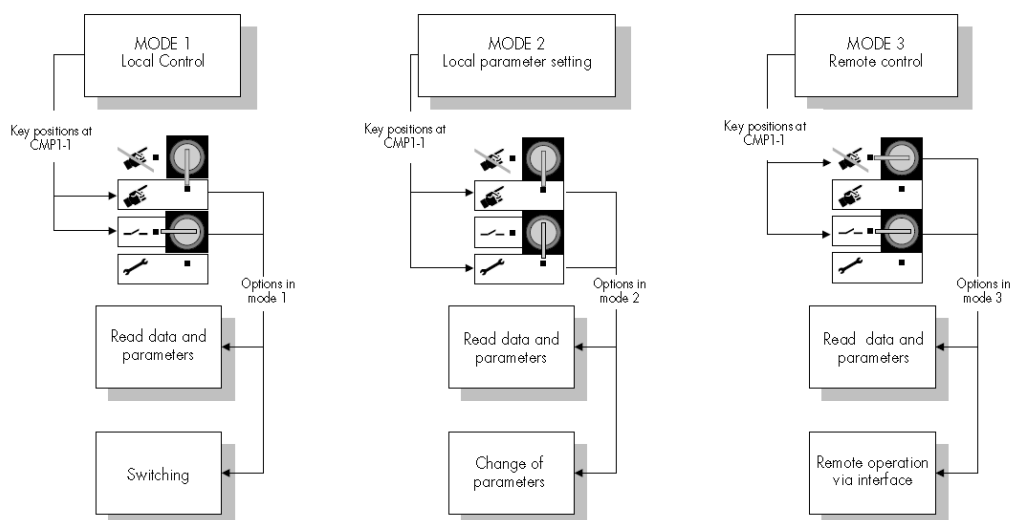
Nastavitve preko LCD-ekrana na releju

V primeru, da nimamo računalnika s potrebnim programom SL SOFT, lahko dostopamo do nastavitve preko LCD-ekrana, ki je nameščen na sprednji strani releja.



Slika 18: Čelna plošča releja SEG CMP 1

Da bi po nepotrebnem ali pomoti sprožili odklopnik ali spreminjali osnovne nastavitve in parametre, lahko preklapimo stikali/ključka, ki omogočata ustrezno obratovalno stanje releja. Prvi ključek omogoča način ravnanja iz DALJINSKEGA v ROČNI način, drugi ključek pa nam omogoča UPRAVLJANJE ali PARAMETRIRANJE releja (Slika 18).



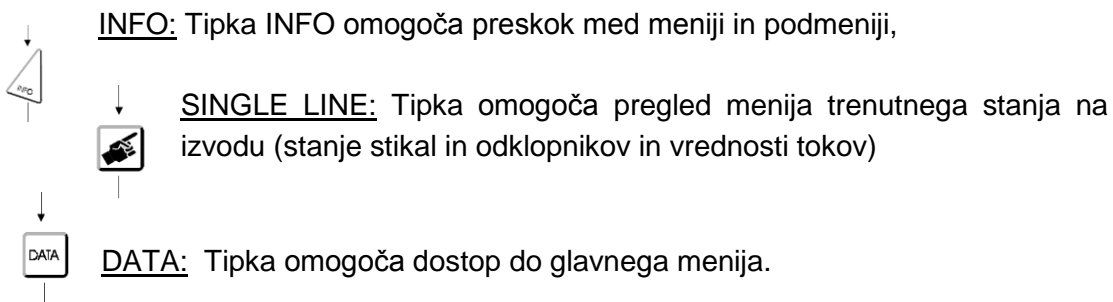
Slika 19: Obratovalna stanja releja

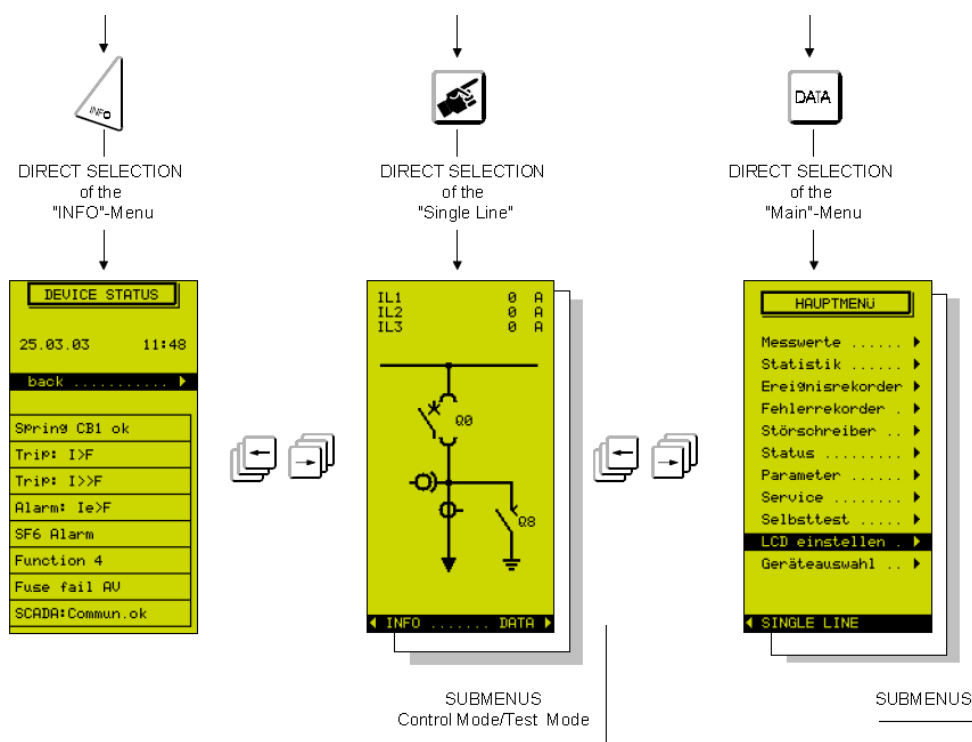
MODE 1: pozicija ključev za ROČNI način upravljanja stikala / releja

MODE 2: pozicija ključev za BRANJE parametrov ali SPREMINJANJE parametrov

MODE 3: pozicija ključev za DALJINSKO ravnanje z relejem / odklopnikom

Nastavitve parametrov releja, prikazane na LCD-ekranu, so enake kot v programu SL-SOFT, dostop do osnovnega menija pa je omogočen preko tipk na čelni plošči releja.

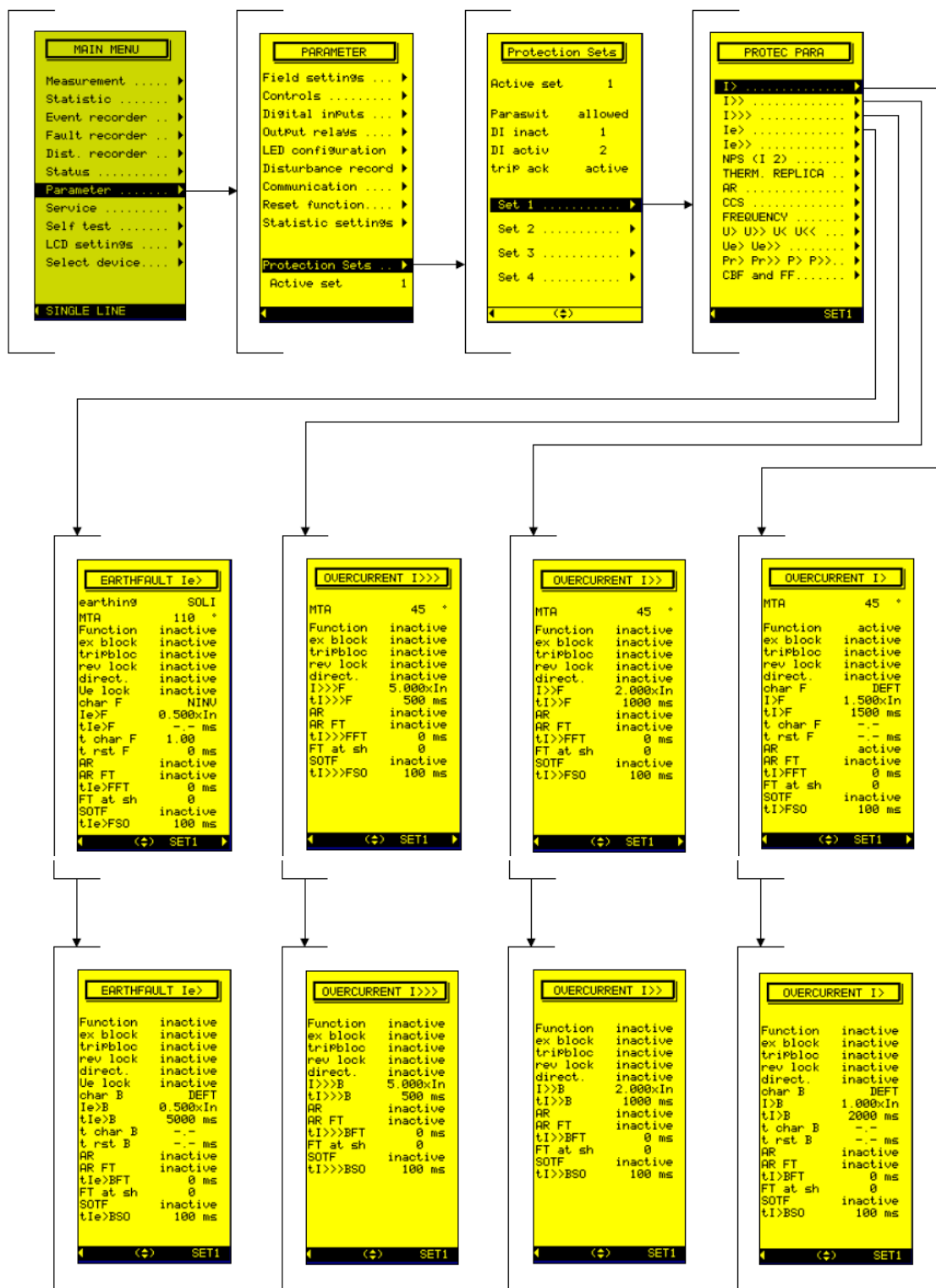




Slika 20: Funkcijske tipke na čelni plošči releja

Vir: SEG Tehnična navodila

Slika 20 prikazuje, kako so sestavljeni meniji in podmeniji. Če želimo pregledati osnovne parametre zaščite, moramo iti po korakih: MAIN MENU → PARAMETER → PROTECTION SETS → PROTECTION PARAMETER (I>, I>>, Ie...) → I> (vse nastavitve izbrane zaščite).



Slika 21: Struktura menija na LCD-monitorju releja

Vir: SEG Tehnična navodila

Nastavitve preko programskega vmesnika SL-SOFT.

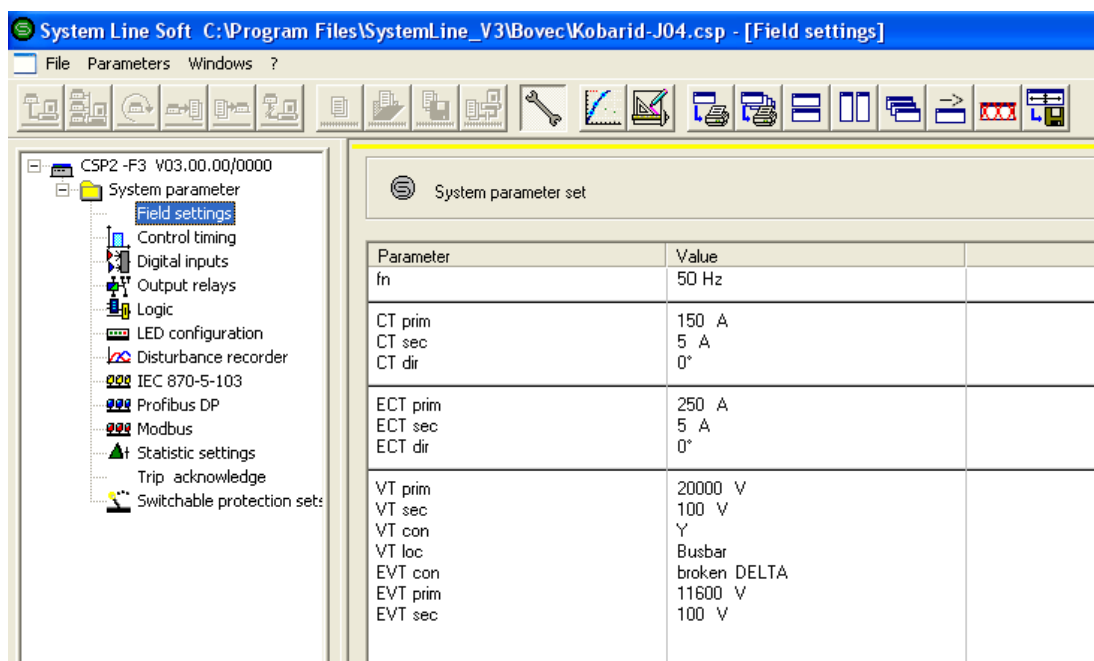
Glavni meni s podmeniji nam omogoča nastavitve parametrov izvoda in zaščite. Osnovni meni je sestavljen iz naslednjih.

- Measurement – meritve toka, napetosti, frekvence, delovne in jalove moči ...
- Statistics – statistika meritev
- Event recorder – zapisi dogodkov
- Fault recorder – zapisi ob okvari (ob delovanju odklopnika na okvaro TRIP)
- disturbance recorder – zapis analognih meritev ob okvari ali anomaliji v omrežju na izvodu
- I/O status – digitalni vhodi in izhodi
- Service – nastavitve datuma in časa
- Parameters – parametri zaščite

Parameter sets					Available in CSP2-		
Parameters	Settings	Description	Presetting	Step Range	L	F3	F5
Active Set	„1“	ID number display of active parameter set and input field for switching over via CMP1	„1“	1	●	●	●
	„2“						
	„3“						
	„4“						
Paraswitch	„Not Permitted“	No switch-over action possible	„Not Permitted“	-	●	●	●
	„ Not Permitted “	Switching over: Possible via CMP1 or control system					
	„Via DI“	Switching over: Possible via digital input only (DI-function „Switch. Over P-Set“)					
DI inactive	„1“	„Protect. Parameter Set 1“ is active, if DI is inactive	„1“	1	●	●	●
	„2“	„Protect. Parameter Set 2“ is active, if DI is inactive					
	„3“	„Protect. Parameter Set 3“ is active, if DI is inactive					
	„4“	„Protect. Parameter Set 4“ is active, if DI is inactive					
DI active	„1“	„Protect. Parameter Set 1“ is active, if DI is active	„2“	1	●	●	●
	„2“	„Protect. Parameter Set 2“ is active, if DI is active					
	„3“	„Protect. Parameter Set 3“ is active, if DI is active					
	„4“	„Protect. Parameter Set 4“ is active, if DI is active					
Trip ack.	„active“	A protection trip has to be reset either via button „C“ at the CMP, the DI „Reset“ or via SCADA before the CB can be reconnected	„inactive“	-	●	●	●
	„inactive“	After a protection trip the CB can be re connected without reset					

Slika 22: Nastavitve osnovnih parametrov za aktiviranje grupe v Parameter sets

ACTIVE SET: rele omogoča nastavitve štirih grup, ki so med seboj neodvisne. Štiri skupine omogočajo različne nastavitve v primeru različnih scenarijev ali drugačnih obratovalnih stanj.



Slika 23: Meni z osnovnimi nastavitvami razmerij tokovnih in napetostnih merilnih transformatorjev v programu SL-SOFT

Nadtokovna zaščita

Nadtokovna zaščita je razdeljena v tri področja:

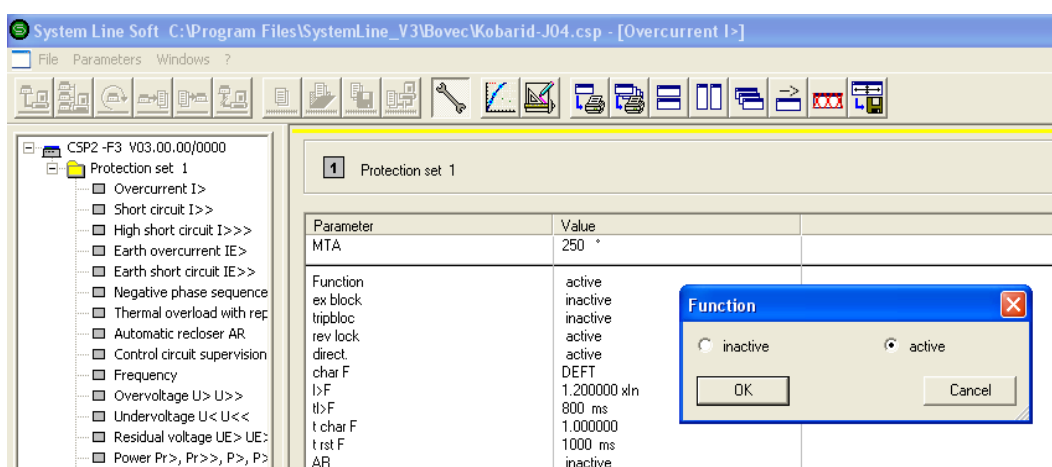
- Nadtokovna zaščita I>F, I>B
- Kratkostična zaščita I>>F, I>>B
- Druga stopnja kratkostične zaščite I>>>F, I>>>B

Vse zaščite omogočajo smer Naprej – Forward (F) in Nazaj – Backward (B) in časovno odvisno ali neodvisno karakteristiko (DEFT ali INV). Za aktiviranje nadtokovne smerne zaščite so potrebni pogoji; smer zaščite (F ali B), in kot MTA.

V aktivni grupi, ki jo izberemo, sta dva paketa nastavitvev: I> F in I> B. Vsaka nam omogoča, da nastavimo vrednosti toka časa in smeri. Smerna zaščita vedno »gleda« v omrežje, v našem primeru proti RTP Kobarid, zato je nastavev Nazaj torej I>B. Izbrati moramo tudi vrsto časovne karakteristike »(Trip characteristic); časovno odvisno ali časovno neodvisno. Nastavitve so ločene za vsako vrsto nadtokovne zaščite (I>, I>>, I>>>).

Time Overcurrent Protection Functions				Available in CSP2-		
Protective Function	Protect. Step	Directional Criterion for Tripping	Trip Characteristic	L	F3	F5
Overcurrent Protection I>	I>F	Forward or non-directional	DEFT/INV	•	•	•
	I>B	Backward or non-directional				
Short-Circuit Protection I>>	I>>F	Forward or non-directional	DEFT	•	•	•
	I>>B	Backward or non-directional				
High set Short-Circuit Protect. I>>>	I>>>F	Forward or non-directional	DEFT	-	•	•
	I>>>B	Backward or non-directional				

Slika 24: Tabela nastavitve parametrov za nadtokovno zaščito



Slika 25: Aktiviranje zaščite v programu SL-SOFT

Zemeljskostična zaščita

Zemeljskostična nadtokovna zaščita je razdeljena v dva dela:

- Zemeljskostična nadtokovna Ie>>
- Zemeljskostična občutljiva Ie>

Functions of the time earth-overcurrent protection				Available in CSP2-		
Protective Functions	Protect. stage	Directional Criterion for Tripping	Trip Characteristic	L	F3	F5
Earth-Overcurrent Prot. Ie>	Ie>F	Forward or non-directional	DEFT/INV	•	•	•
	Ie>B	Backward or non-directional				
Earth-Short-Circuit Prot. Ie>>	Ie>>F	Forward or non-directional	DEFT	•	•	•
	Ie>>B	Backward or non-directional				

Slika 26: Vrste zemeljskostične zaščite

Pri tej zaščiti nastavimo parametre za smer (Ie>F ali Ie>B) in časovno zakasnitev (DEFT – časovno odvisna karakteristika in INV – časovno neodvisna karakteristika). Pri zemeljskostični zaščiti moramo izbrati še ustrezen način ozemljitve nevtralne točke transformatorja. Ta dva parametra veljata za celotno zemeljskostično zaščito v grupi.

Earth-overcurrent protection stage: Ie>F (Forward direction or non-directional)						Available in CSP2-		
Parameters	Setting/Setting Range	Description	Presetting	Step Range	Tolerance	L	F3	F5
Earthing	„SOLI“	System with solidly earthed star point (MTA = variable)	„SOLI“	1°	±5° of the adjustment value at $I_E > 1.0 \cdot I_N$ and $U_E > 5\% U_N$			
	„RESI“	System with resistance-earthed star point (MTA = variable)		1°	±5° of the adjustment value at $I_E > 1.0 \cdot I_N$ and $U_E > 5\% U_N$	●	●	●
	„COS“	System with earth fault compensation (MTA = 180°, fixed)			±5° at $I_E \cdot \cos\phi > 20\% I_N$ and $U_E > 10\text{ V}$			
	„SIN“	System with isolated star point (MTA = -90° = 270°, fixed)			±5° at $I_E \cdot \sin\phi > 20\% I_N$ and $U_E > 10\text{ V}$			
MTA	0°...355°	Typical angle between earth current component and residual voltage (can only be adjusted when earthing = SOLI or RESI)	110°	1°		●	●	●
Function	„active“	Ie>F stage put into function		-		●	●	●
	„inactive“	Ie>F stage put out of function	„inactive“					
ex block	„active“	Ie>F stage is ineffective when DI „Protect.Block.“ is active		-		●	●	●
	„inactive“	Ie>F stage is effective irrespectively of the DI „Protect.Block.“ state	„inactive“					
trip bloc	„active“	OFF command to the local CB is being blocked		-		●	●	●
	„inactive“	OFF command to the local CB is being issued	„inactive“					
rev. lock	„active“	Ie>F stage is ineffective when DI „rev. lock“ is active		-		●	●	●
	„inactive“	Ie>F stage is effective irrespectively of the DI „rev. lock“ state	„inactive“					
	„active“	Ie>F stage trips in forward direction only (directional)						

Slika 27: Parametri za nastavitve zemeljskostične zaščite v načinu »F«

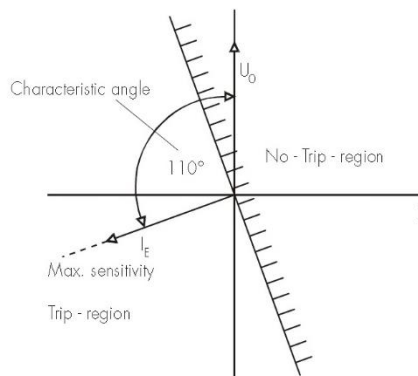
Earth-overcurrent protection stage: $I_{e>B}$ (Backward direction or non-directional)						Available in CSP2-		
Parameters	Setting/Setting Range	Description	Presetting	Step Range	Tolerance	L	F3	F5
Function	„active“	$I_{e>B}$ stage is put into function				•	•	•
	„inactive“	$I_{e>B}$ stage is put out of function	„inactive“	-				
ex block	„active“	$I_{e>B}$ stage ineffective when DI „Protect. Block.“ is active				•	•	•
	„inactive“	$I_{e>B}$ stage is effective irrespectively of the DI „Protect. Block.“ state	„inactive“	-				
tripbloc.	„active“	OFF command to the local CB is being blocked				•	•	•
	„inactive“	OFF command to the local CB is being issued	„inactive“	-				
rev. lock	„active“	$I_{e>B}$ stage is ineffective when the DI „rev. lock“ is active				•	•	•
	„inactive“	$I_{e>B}$ stage is effective irrespectively of the DI „rev. lock“ state	„inactive“	-				
direct.	„active“	$I_{e>B}$ stage trips in backward direction only (directional)				•	•	•
	„inactive“	$I_{e>B}$ stage trips in both direction (non-directional)	„inactive“	-				
Ue lock	„active“	$I_{e>B}$ stage is only effective if the residual voltage protection $U_{e>}$ or $U_{e>>}$ is activated				•	•	•
	„inactive“	$I_{e>B}$ stage is effective no matter whether the residual voltage protection $U_{e>}$ or $U_{e>>}$ is activated or not	„inactive“	-				
char B	„DEFT“	DEFT Definite time characteristic	„DEFT“			•	•	•
	„NINV“	INV characteristic (normal inverse)						
	„VINV“	INV characteristic (very inverse)						
	„EINV“	INV characteristic (extremely inverse)						
	„LINV“	INV characteristic (long time inverse)						
$I_{e>B}$	0.01...20 x I_n	Pickup value of the overcurrent related to the rated current Disengaging ratio 97% or 0.5% x I_n	0.5 x I_n	0.001 x I_n	±3% of the adj. value or 0.3% I_{n0}	•	•	•
t $I_{e>B}$	50...300,000 ms	Trip time delay, for DEFT characteristics only	5000 ms	1 ms	±1% or ±20 ms	•	•	•
t char B	0.05 2	Characteristic factor, for INV characteristics only	1.0	0.01	INV ±5% NINV ±7.5% VINV, LINV ±10% EINV	•	•	•
t rst B	0...60,000 ms	Reset time for intermittent phase faults, for INV characteristics only	0 ms	1 ms	only INV ±3% of the adjustment	•	•	•

Slika 28: Parametri za nastavitev zemeljskostične zaščite v načinu »B«

Tako kot pri nadtokovni zaščiti moramo tudi tu izbrati in aktivirati željeno grupo, če želimo imeti smerno zaščito, pa moramo aktivirati še smer (»direct« active ali inactive). Tokovne vrednosti jih nastavimo kot večkratnik nazivnega toka (xI_n), ki so podane v osnovnih parametrih merilnih transformatorjev.

Za nastavitev zemeljskostične zaščite nam rele omogoča štiri metode glede na vrsto ozemljitve omrežja: z izoliranim zvezdiščem »SIN«, direktno ozemljenim zvezdiščem »SOL«, zvezdiščem, ozemljenim z Petersenovo dušilko, ali kompenzirano omrežje »COS« in zvezdiščem, ozemljenim z ohmskim uporom »RESI«. Glede na vrsto mreže, ki jo imamo, izberemo v nastavitvah ustrezno metodo.

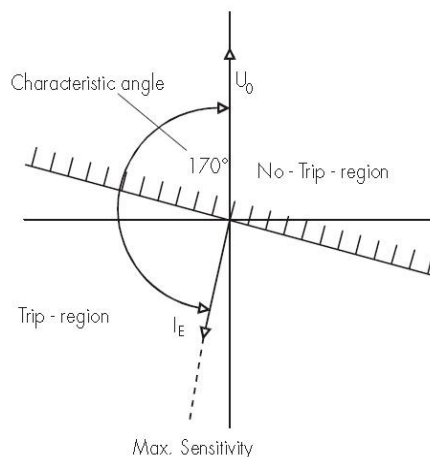
1. Direktno ozemljena nevtralna točka transformatorja »SOLI«



V tem omrežju imajo okvare večinoma induktivni karakter, karakteristični kot med $3I_0$ in $3U_0$, pri kateri se doseže največja občutljivost meritve, je izbrana na 110° , ko tok I_0 prehiteva napetost U_0 . (gledano v matematični smeri).

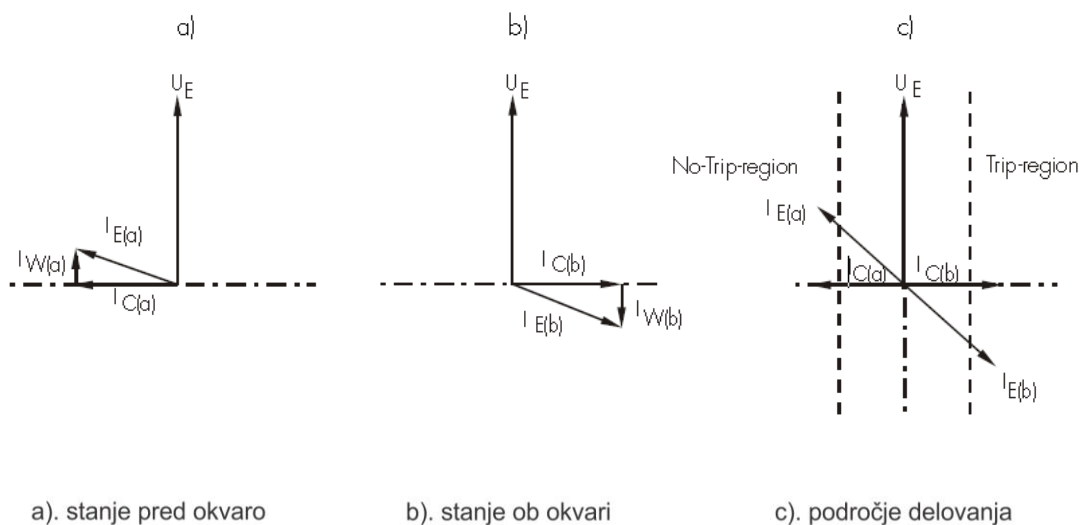
V nastavitvah nam rele ponuja kot 110° , ki ga lahko spreminjamo v koraku po $\pm 1^\circ$. Področje delovanja zaščite je $\pm 90^\circ$ od karakterističnega kota.

2. Nevtralna točka transformatorja, ozemljena preko delovnega upora »RESI«.



V omrežjih, kjer imamo nevtralno točko transformatorja ozemljeno preko delovnega upora (80Ω), imajo okvare ohmski karakter z rahlo induktivno komponento. Priporočen kot, pri katerem se doseže največja občutljivost meritve, je 170° , ko tok I_0 prehiteva napetost U_0 (gledano v matematični smeri). Področje delovanja zaščite je $\pm 90^\circ$ od karakterističnega kota.

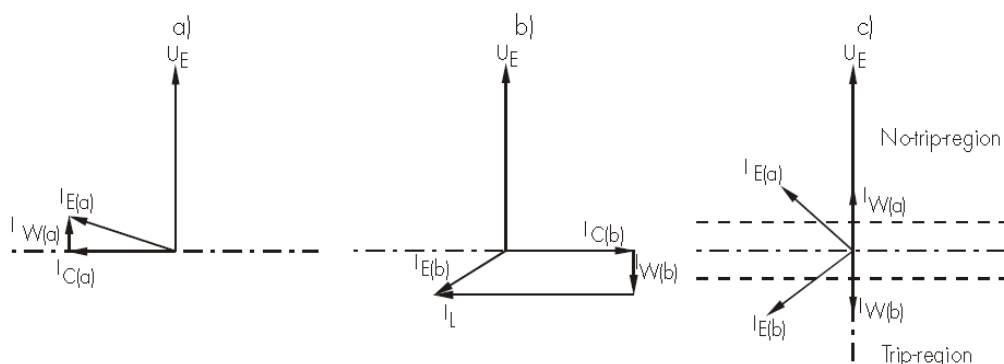
3. Omrežje z izolirano nevtralno točko transformatorja »SIN«



$U_e/3U_0$ residualna napetost
 $I_e/3I_0$ okvarni tok
 I_c kapacitivna komponenta toka
 I_w omska komponenta toka

Karakteristični kot, pri katerem deluje zaščita, je -90° glede na $3U_0$ in ta kot je nespremenljiv. Kot delovanja nam definira kapacitivni tok I_c , ki teče v normalnem obratovalnem stanju (slika a) ali ob okvari (slika b). V normalnem obratovanju I_c prehiteva napetost U_e za $+90^\circ$, ob okvari na mestu enofaznega kratkega stika pa teče samo kapacitivni tok brez dodatne ohmske ali induktivne komponente I_L , ki zaostaja za U_e za 90° . Kapacitivni tok je tok, I_c ki steče samo preko dozemnih kapacitivnosti zdravih faz. Osnova za preračunavanje kota je $\sin \varphi$.

4. Zvezdišče transformatorja, ozemljeno s Petersenovo dušilko ali kompenzirano omrežje »COS«.



Karakteristični kot, pri katerem deluje zaščita, je 180° glede na $3U_0$ in ta kot je nespremenljiv. Tok zemeljskega stika $3I_0$ je odvisen od kompenziranosti omrežja oziroma uglašenosti Petersenove dušilke. Ob zemeljskem stiku se pojavi še

induktivna komponenta I_L , ki vpliva na usmerjenost vektorja I_e in ta je 180° zamaknjen proti $3U_o$. Osnova za preračunavanje kota je $\cos \varphi$.