

DTV A-EP

Numerička distantna zaštita sa uređajem za APU

*Korisničko uputstvo
Juni, 2003.*

Sadržaj

Numerička distantna zaštita sa uređajem za APU	1
Sadržaj	2
1. Primjena, karakteristike	4
1.1. Primjena	4
1.2. Glavne karakteristike	4
1.2.1. Funkcija distantne zaštite	4
1.2.2. Funkcija prekostrujne zaštite	4
1.2.3. Automatsko ponovno uključenje (APU)	4
1.2.4. Hardverske karakteristike	4
1.2.5. Softverske karakteristike	5
1.2.6. Komunikacija sa uređajem	5
1.2.7. Opcije	5
2. Funkcija distantne zaštite	6
2.1. Princip rada distantne zaštite	6
2.1.1. Klasično mjerenje distance	6
2.1.2. Rješenje diferencijalne jednačine funkcije distantne zaštite	7
2.1.3. Impedantna karakteristika distantne zaštite	7
2.2. Podešavanje impedantnih stepena	9
2.2.1. Podešavanje prvog stepena	10
2.2.2. Podešavanje drugog stepena	13
2.2.3. Podešavanje trećeg stepena	15
2.2.4. Podešavanje četvrtog i petog stepena	15
2.2.5. Podešavanje faktora α za kompenzaciju l_0	15
2.2.6. Podešavanje detekcije struje nulte komponente	16
2.3. Podešavanje u nekim posebnim slučajevima	17
2.3.1. Podešenje za prenosni vod sa "T" prelazom	17
2.3.2. Izobličenje zbog duplih vodova	17
3. Funkcija pomoćne prekostrujne zaštite	18
3.1. Aktiviranje pomoćne prekostrujne zaštite	18
3.2. Podešavanje pomoćne prekostrujne zaštite	18
3.3. Podešavanje $3I_{0>}$ pomoćne zemljospojne zaštite	19
3.4. Podešavanje naponskog stepena	19
4. Automatsko ponovno uključenje	20
4.1. Mjerenje vremena kvara	20
4.2. Blokiranje funkcije automatskog ponovnog uključnja	21
4.2.1. Blokiranje pomoću parametara	21
4.2.2. Blokada i aktiviranje pomoću tastera na prednjoj ploči uređaja	21
4.2.3. Blokada i aktiviranje pomoću digitalnog ulaza	21
4.2.4. Blokada APU pomoću digitalnog ulaza	21
4.3. Ciklusi automatskog ponovnog uključnja	21
4.3.1. BAPU ciklus	21
4.3.2. Prvo sporo APU (SAPU1)	23
4.3.3. Drugo sporo APU (SAPU2)	24
4.3.4. Definitivno isključenje	25
4.3.5. Realizacija "master-slave" logike	26
5. Dodatne funkcije zaštite	28
5.1. Zaštita od uključnja pri kvaru (switch-on-to-fault)	28
5.2. Uključenje pri bliskom kvaru (close-in fault)	28
5.3. Zaštita od kvara prekidača	28
5.4. Druga podešenja	28
6. Prikaz mjerenih vrijednosti, provjera, testiranje	29
6.1. Podešavanje prikaza mjerene vrijednosti struje	29
6.2. Podešavanje prikaza lokacije kvara	29
6.3. Podešenje signalizacije greške pri automatskom testu uređaja	29
6.4. Blokada provjere prekidačkih krugova	29
6.5. Testiranje uređaja	30
7. Programiranje softverske matrice	32

7.1. Redovi softverske matrice (digitalni signali funkcija)	32
7.2. Kolone softverske matrice (izlazni releji)	32
7.3. Programiranje izlaznih releja.....	33
8. Programiranje PROTLOG logičkih jednačina	34
8.1. Podešavanje parametara tajmera logičkih jednačina	34
8.2. Binarni ulazi uređaja	34
8.3. Relejni izlazi uređaja	35
8.4. Ulazni signali PROTLOG jednačina.....	35
8.5. Izlazni signali PROTLOG jednačina.....	37
8.6. Isključna logika uređaja.....	38
9. Hardverske jedinice uređaja	40
10. Tehnički podaci.....	41
11. Dizajn, veličina	43
12. Opcije.....	43
13. Podaci za narudžbu	43
Dodatak A - izgled prednje ploče uređaja.....	44
Dodatak B - izgled zadnje ploče uređaja	45
Dodatak C - oznake kontakata	46
Dodatak D - vezivanje mjernih transformatora	47

1. Primjena, karakteristike

1.1. Primjena

Numerička distantna zaštita DTVA-EP, sa uređajem za jednopolno i trolno APU i lokatorom kvara, obezbjeđuje selektivnu zaštitu od kratkih spojeva i zemljospoja i automatsko ponovno uključenje zračnih vodova i kablova efektivno uzemljenih, mješovitih mreža.

1.2. Glavne karakteristike

Numerička distantna zaštita DTVA-EP, sa uređajem za jednopolno i trolno APU, pripada porodici uređaja EuroProt. To je multiprocesorski uređaj sa sljedećim glavnim funkcijama:

1.2.1. Funkcija distantne zaštite

- Pet impedantnih stepena sa poligonalnom karakteristikom
- Četvrti i peti stepen mogu se podesiti za djelovanje *Naprijed* ili *Nazad*
- Svaki stepen izvodi klasično mjerenje distance: u slučaju faznih kvarova bez zemljospoja računanje se izvodi pomoću formule U_L/I_L , u slučaju zemljospoja pomoću formule $U_F/(I_F + \alpha \cdot 3I_0)$.
- Primijenjeni algoritam je neosjetljiv na zasićenje strujnih transformatora, računanje se vrši na osnovu tri mjerene vrijednosti napona i struje
- U slučaju bliskih kvarova, računanje se izvodi i na osnovu odbiraka napona koji su smješteni u memoriji, čime se eliminišu mrtve zone
- U slučaju uključanja pri kvaru (switch on-to fault), program generiše komandu za definitivno isključenje bez vremenskog zatezanja
- Tipično vrijeme djelovanja je 25 ± 5 ms

1.2.2. Funkcija prekostrujne zaštite

- Trofazna prekostrujna zaštita sa strujno-nezavisnom karakteristikom može se podesiti u slučaju isključenja trip-releja u sekundarnom krugu naponskog transformatora (kada nema više informacije o naponu)
- $3I_0 >$ zemljospojna prekostrujna zaštita sa strujno nezavisnom karakteristikom može se podesiti u slučaju isključenja trip-releja u sekundarnom krugu naponskog transformatora (nema više informacije o naponu)

1.2.3. Automatsko ponovno uključenje (APU)

- Jednopolno i trolno APU
- Jedan ciklus brzog APU (BAPU)
- Dva ciklusa sporog APU (SAPU1 i SAPU2)
- Overreach podešenje drugog stepena, bez dodatnog vremenskog zatezanja, $t(Z2<)=0$
- Programabilno selektivno ili overreach podešenje zone za prvo isključenje, isključenje poslije prvog BAPU, poslije prvog SAPU ili pri definitivnom isključenju
- Overreach se može blokirati u slučaju trofaznih kvarova
- Nezavisno podešavanje pojedinačnih ciklusa APU za jednopolno, trolno isključenje i APU
- Ciklusi APU se mogu pojedinačno aktivirati i deaktivirati
- Automatsko određivanje lokacije kvara
- On-line prikaz mjerenih vrijednosti za posljednji kvar

1.2.4. Hardverske karakteristike

- Potpuno digitalna obrada mjerenih veličina, poseban A/D konvertor, DSP (Digital Signal Processor) procesor, glavni procesor
- 16 optokaplerskih digitalnih ulaza
- 20 izlaznih kontakata, od kojih 8 ima fiksne funkcije, ostalih 12 su slobodno programabilni

- Tip 12 programabilnih kontakata (NO, NC) može se birati pri narudžbi uređaja
- Uređaj se ugrađuje u standardni 19" rek, u kućištu za ugradnju ili nadgradnju
- Ugrađen lokalni komunikacioni interfejs sa LCD displejem 2x16 karaktera, 6 tastera za podešavanje funkcija zaštite, prikaz poruka, pregled memorisanih događaja

1.2.5. Softverske karakteristike

- Inteligentna digitalna softverska matrica
 - Redovi matrice predstavljaju individualne funkcije
 - Kolone matrice predstavljaju programabilne izlazne kontakte
- Ugrađene funkcije kontinualnog i periodičnog automatskog nadzora uređaja
- Registrator pogonskih događaja sa memorijom od 50 događaja, registrator digitalnih događaja sa memorijom od 300 događaja i rezolucijom 1 ms
- Logičke PROTLOG jednačine između 48 ulaza i 19 izlaza
- Rezultat pet logičkih jednačina se može proslijediti na izlazne kontakte preko digitalne softverske matrice

1.2.6. Komunikacija sa uređajem

- RS232 konektor na prednjoj ploči, fiber-optički konektor na zadnjoj ploči uređaja
- Rukovanje pomoću PC računara ili pomoću lokalnog komunikacionog interfejsa
- Podešavanje individualnih funkcija zaštite, prikaz poruka, pregled memorisanih događaja, editovanje PROTLOG jednačina pomoću PC-a
- Pregled on-line informacija, prikaz mjerenih vrijednosti struja, napona, prikaz izračunatih vrijednosti, vrijednosti impedansi
- Sat realnog vremena sa RAM memorijom i baterijom, sinhronizacija sata pomoću vanjskog PC računara, preko optičkog kabla ili pomoću digitalnog optokaplerskog ulaza

1.2.7. Opcije

- Dodatnih 8 optokaplerskih digitalnih ulaza
- Izlazni kontakti sa prekidnom moći 4 A, 220 V DC
- Modul registratora poremećaja
- Modul diferencijalne zaštite voda
- Modul za konekciju sa SCADA sistemom

2. Funkcija distantne zaštite

2.1. Princip rada distantne zaštite

2.1.1. Klasično mjerenje distance

Distantna zaštita kontinualno mjeri impedanse u šest mogućih petlji. Računanje se izvodi u međufaznim petljama pomoću međufaznih napona i razlike faznih struja, u petljama faza-zemlja fazni napon dijeli se faznom strujom kompaundovanom strujom nulte komponente. Jednačine na osnovu kojih se mjere impedanse za pojedine tipove kvarova date su u sljedećoj tabeli:

Kvar	Računanje impedanse	Drugi načini računanja
3 fazni (N)	$Z_{BC}=(U_B - U_C)/(I_B - I_C)$	$Z_{CA}, Z_{AB}, Z_A, Z_B, Z_C$
2 fazni AB	$Z_{AB}=(U_A - U_B)/(I_A - I_B)$	
2 fazni BC	$Z_{BC}=(U_B - U_C)/(I_B - I_C)$	
2 fazni CA	$Z_{CA}=(U_C - U_A)/(I_C - I_A)$	
2 fazni-N AB	$Z_{AB}=(U_A - U_B)/(I_A - I_B)$	Z_A, Z_B
2 fazni-N BC	$Z_{BC}=(U_B - U_C)/(I_B - I_C)$	Z_B, Z_C
2 fazni-N CA	$Z_{CA}=(U_C - U_A)/(I_C - I_A)$	Z_C, Z_A
Faza-N A	$Z_A=U_A/(I_A + \alpha \cdot 3I_0)$	
Faza-N B	$Z_B=U_B/(I_B + \alpha \cdot 3I_0)$	
Faza-N C	$Z_C=U_C/(I_C + \alpha \cdot 3I_0)$	

Tabela 1. Formule za računanje impedanse

Srednja kolona tabele prikazuje korektnu formulu za računanje impedanse, u desnoj koloni su date formule koje rezultuju istom vrijednošću impedanse.

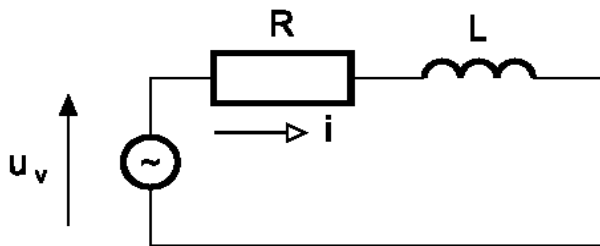
U Tabeli 1. faktor α je: $\alpha=(Z_0 - Z_1)/3Z_1$

Tabela 1. pokazuje da u slučaju jednofaznih kvarova sa zemljom samo formula koja sadrži faktor α rezultuje korektnom vrijednošću impedanse, u slučaju međufaznih kvarova bez spoja sa zemljom može se primijeniti samo druga formula. U slučaju drugog tipa kvarova (3f-N, 2f-N), obje formule rezultiraju korektnom vrijednošću impedanse ako se koriste odgovarajuće struje i naponi.

Razdvajanje primjene dviju jednačina zasniva se na prisustvu ili odsustvu zemljospojne struje. U slučaju kvarova sa zemljom (u mrežama sa efektivno uzemljenim zvjezdištem), ako je zemljospojna struja iznad određene vrijednosti, formula sa faktorom α će rezultovati korektnom vrijednošću impedanse, koja je proporcionalna udaljenosti do mjesta kvara.

Može se pokazati da korektna primjena formula u Tabeli 1., ukoliko su podešenja funkcija distantne zaštite korektna, rezultuje impedansom pozitivnog redoslijeda između mjesta kvara i mjesta na kome se vrši mjerenje.

2.1.2. Rješenje diferencijalne jednačine funkcije distantne zaštite



Slika 2.1 Ekvivalentno kolo petlje kvara

Za elemente ekvivalentne impedanse sa slike 2.1 može se napisati sljedeća diferencijalna jednačina:

$$u_v = Ri + L \frac{di}{dt}$$

Ako se u ovoj jednačini vrijednosti napona i struje zamijene odgovarajućim vrijednostima u dva različita trenutka odabiranja, dobijaju se dvije jednačine sa dvije nepoznate veličine R i L, koje se mogu izračunati.

Ovaj osnovni princip realizovan je u algoritmu zamjenjujući napon uzorcima međufaznog napona u trenucima odabiranja, i zamjenjujući struju razlikom dvije fazne struje u slučaju kvarova bez zemljospoja. Npr. u slučaju kvara među fazama B i C:

$$u_{vb} - u_{vc} = R_1(i_b - i_c) + L_1 \frac{d(i_b - i_c)}{dt}$$

U slučaju jednofaznog spoja sa zemljom koriste se uzorkovane vrijednosti faznog napona i fazne struje modifikovane sa zemljospojnom strujom:

$$u_{va} = R_1(i_a + \alpha_R 3i_o) + L_1 \frac{d(i_a + \alpha_L 3i_o)}{dt}$$

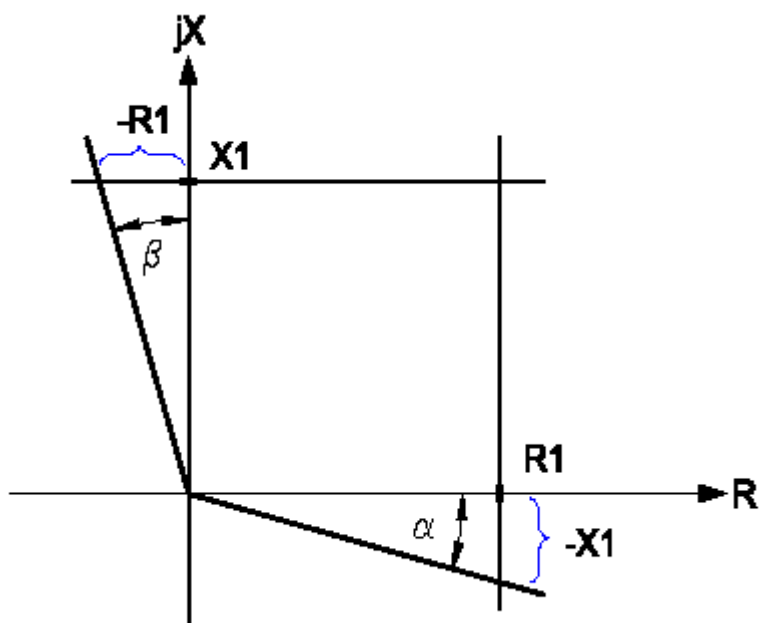
gdje su vrijednosti:

- R_1 – vrijednost otpornosti pozitivnog redoslijeda voda ili kablovske sekcije između mjesta kvara i mjesta na kome se nalazi relej
- L_1 – vrijednost induktiviteta pozitivnog redoslijeda voda ili kablovske sekcije između mjesta kvara i mjesta na kome se nalazi relej
- V indeks označava lokaciju releja
- $3i_o = i_a + i_b + i_c$ je vrijednost nulte komponente struje u trenucima odabiranja
- $\alpha_R = (R_0 - R_1)/3R_1$
- $\alpha_L = (L_0 - L_1)/3L_1$

Formula za računanje pokazuje da faktori za množenje vrijednosti R i L sadrže različite α faktore, koji nisu kompleksni brojevi.

2.1.3. Impedantna karakteristika distantne zaštite

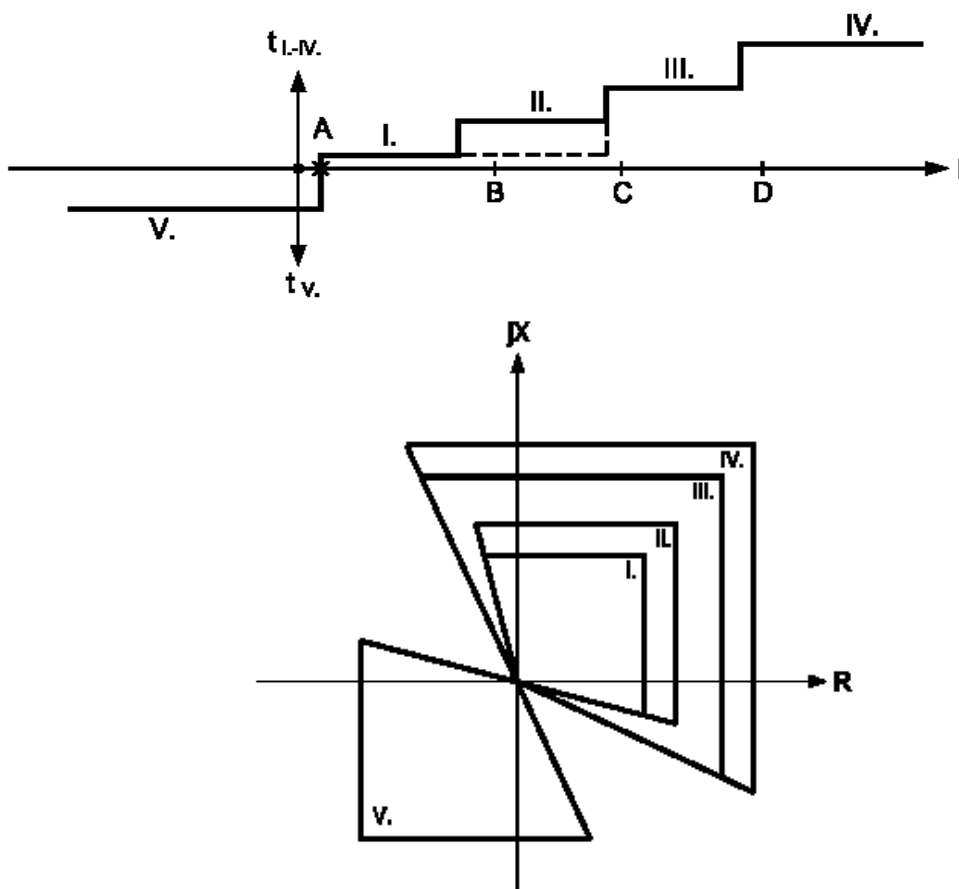
Izračunate vrijednosti R_1 i $X_1 = \omega L_1$ definišu šest tačaka u kompleksnoj impedantnoj ravni za šest mogućih petlji. Zaštita poredi ove tačke sa poligonalnom karakteristikom distantne zaštite, prikazanoj na slici 2.2.



Slika 2.2 Poligonalna karakteristika distantne zaštite

Ako je mjerena tačka unutar poligona, algoritam startuje mjerenje vremena, ukoliko je mjereno vrijeme duže od podešenog vremena zaštita generiše komandu za isključenje odgovarajućih faza prekidača.

Jedno moguće podešenje karakteristike vrijeme-distanca distantne zaštite prikazano je na slici 2.3.



Slika 2.3 Karakteristika vrijeme-distanca distantne zaštite

Najmanja vrijednost impedanse uvijek se mjeri u petlji kvara (VECTOR software se može koristiti za vizualizaciju mjerene impedanse pri raznim tipovima kvarova. Ovaj software jako je koristan pri analizi i podešavanju poligonalne karakteristike distantne zaštite).

Zaštita određuje lokaciju kvara (udaljenost do mjesta kvara) na osnovu izračunate vrijednosti reaktanse X. U R smjeru linija poligona ima ulogu samo da razlikuje "zdravu" impedansu od impedanse mjerene za vrijeme kvara.

U slučaju bliskih kvarova, i u slučaju da je prenos snage preko voda nepovoljan za detekciju kvara, nisu samo impedanse petlje kvara unutar poligona, nego su osim toga i impedanse petlji koje sadrže zdrave faze na granicama poligona. Da bi se izbjeglo neselektivno djelovanje zaštite, algoritam distantne zaštite primjenjuje dvije vrste zaštite. Jedna od njih zasniva se na činjenici da prisustvo ili odsustvo zemljospojne struje može da se koristi za razdvajanje međufaznih kvarova i zemljospojeva. Na ovaj način se u jednom trenutku uzimaju u obzir samo tri izračunate vrijednosti impedansi.

Zahtjev sa faznom selektivnošću može se narušiti npr. u slučaju jednofaznog kvara sa zemljom, ako se vodom prenosi velika snaga. Da bi se izbjegao ovaj problem, nagib poligonalne karakteristike mora se optimalno podesiti.

2.2. Podešavanje impedantnih stepena

U slučaju isključenja trip-releja u sekundarnom kolu naponskog transformatora, nema više mogućnosti za mjerenje impedanse jer nema informacije o naponu. Informaciju o isključenju trip-releja algoritam dobija preko posebnog digitalnog ulaza, u ovom slučaju je mjerenje distance automatski blokirano. Ako mjerenje napona nije moguće, aktivna je samo prekostrujna zaštita.

Interpretacija signala sa digitalnog ulaza (220 V DC) se može podesiti kao parametar: prisustvo napona na digitalnom ulazu može dati informaciju o ispravnom ili neispravnom stanju sekundarnog kola naponskog transformatora. Parametar koji je potrebno podesiti je:

NT trip-relej OK=220 V : -/+

Vrijednost parametra "-" (na ekranu PC-a, prozor parametara) znači da odsustvo napona daje informaciju o ispravnom stanju sekundarnog kola naponskog transformatora.

Vrijednost parametra "+" (na ekranu PC-a, prozor parametara) znači da prisustvo napona daje informaciju o ispravnom stanju sekundarnog kola naponskog transformatora.

Da bi se aktivirala distantna zaštita, mora se detektovati najmanje 100 ms ispravnog stanja sekundarnog kola naponskog transformatora.

Distantna zaštita ima nekoliko impedantnih stepena da bi se ostvarila selektivna koordinacija sa drugim uređajima zaštite u mreži. Ovi stepeni su potpuno međusobno nezavisni. Algoritam mjeri impedanse svih šest petlji, izračunate vrijednosti zatim se porede sa podešenim vrijednostima svakog poligona.

Pojedini stepeni mogu se individualno aktivirati/deaktivirati programiranjem PROTLOG logičkih jednačina. Interpretacija logičkih signala opisana je kasnije u posebnom poglavlju.

Ako je određeni impedantni stepen deaktiviran, njegovi izlazi su u neaktivnom stanju. U ovom slučaju podešene vrijednosti ostaju iste.

Podešavanje pojedinih impedantnih stepena izvodi se uglavnom na osnovu tradicionalnog načina za podešavanje distantne zaštite.

2.2.1. Podešavanje prvog stepena

Prvi impedantni stepen nema dodatnog vremenskog zatezanja, usmjeren je naprijed, njegova uloga je da štiti veći dio voda (ili kabla). Ovaj stepen ne smije da djeluje umjesto zaštite locirane na odlazećim vodovima udaljenih sabirnica, tako da podešenje mora biti ispod ukupne impedanse pozitivnog redoslijeda štice voda. Jednačina za selektivno podešenje prvog stepena je:

$$Z^I \leq \frac{Z_V}{(1 + \varepsilon)}$$

gdje je:

- Z^I - podešenje prvog impedantnog stepena
- Z_V - impedansa pozitivnog redoslijeda štice voda
- ε - uobičajeni faktor sigurnosti = 0,15

Postupak podešavanja objašnjen je u sljedećem primjeru:

- 120 kV zračni vod dužine 40 km
- jedinična reaktansa pozitivnog redoslijeda: 0,200 Ω /km
- jedinična otpornost pozitivnog redoslijeda: 0,056 Ω /km
- jedinična reaktansa nultog redoslijeda: 0,200 Ω /km
- jedinična otpornost nultog redoslijeda: 0,056 Ω /km
- prenosni odnos naponskog transformatora: 120 kV/0,1 kV
- prenosni odnos strujnog transformatora: 600 A/5 A

Karakteristika koju je potrebno podesiti je poligonalna, sa četiri nezavisne vrijednosti podešenja. Parametri koji se podešavaju su **X1**, **R1**, **-X1/R1**, **-R1/X1**.

X1 - podešenje reaktanse izvodi se na osnovu klasične formule:

$$X^I \leq \frac{X_V}{(1 + \varepsilon)}$$

Vrijednosti parametara zadaju se u sekundarnim m Ω jedinicama, sa multiplicirajućim faktorom [$*10 * C_i * C_u$]. Ovaj faktor zavisi od nominalnih sekundarnih vrijednosti struje i napona strujnog, odnosno naponskog transformatora.

In	Ci
1 A	1
5 A	1/5

Un	Cu
100 V	1
200 V	2

U našem primjeru $C_i = 1/5$ ($I_n = 5$ A) i $C_u = 1$ ($U_n = 100$ V).

Primarna reaktansa $X_{\text{prim.}} = \text{dužina} * x / (1 + \varepsilon) = 40 \text{ km} * 0,200 \Omega/\text{km} / (1 + 0,15) = 6,96 \Omega$

Transformišimo u sekundarnu vrijednost:

$X_{\text{sekund.}} = (a_i/a_u) * X_{\text{prim.}} = (600/5) / (120/0,1) * 6,96 \Omega = 0,696 \Omega = 696 \text{ m}\Omega$

Vrijednost koju je potrebno podesiti je:

X1 = $X_{\text{sekund.}} / [*10 * C_i * C_u] = 696 \text{ m}\Omega / [*10 * 1/5 * 1] = \underline{\underline{348 \text{ m}\Omega}}$

R1 - podešenje otpornosti

Pri podešavanju otpornosti potrebno je uzeti u obzir sljedeće:

- Vrijednost otpornosti štice dijela voda, izračunate sa faktorom $1/(1 + \epsilon)$ mora biti unutar poligona
- U slučaju električnog luka na mjestu kvara, on se aproksimira vrijednošću otpornosti dodatoj vrijednosti impedanse sekcije voda. Ovo povećava ukupnu vrijednost otpornosti, koja takođe mora biti unutar poligona. Prisjetimo se Warrington formule za računanje otpornosti luka uzrokovane efektivnom vrijednošću struje I i dužinom luka d :

$$R_{arc} [\Omega] = \frac{28700 * d^{[m]}}{I[A]^{1.4}}$$

Na primjer, $d=1$ m, $I=500$ A, $R_{arc}=4,78$ Ω . Ako je struja 1000 A, ova vrijednost smanjuje se na 1,81 Ω .

- U slučaju zemljospoja mora se uzeti u obzir otpornost zemlje na mjestu kvara. Suma pomenutih otpornosti (otpornost voda+otpornost luka+otpornost zemlje) mora biti unutar poligona.
- Izračunata impedansa i dalje sadrži greške usljed netačnosti algoritma, amplitudnih i faznih greški primijenjenih strujnih i naponskih transformatora, greški mjerenja usljed tranzijentnih pojava pri kratkim spojevima. Niz mjerenih impedansi nije jedna tačka u impedantnoj ravni, nego pokriva određeno područje u ravni. Karakteristika se mora podesiti da uključuje i ovo područje.

Zbog prethodno navedenih efekata karakteristika se mora proširiti u R smjeru. Sljedeće činjenice međutim su kontradiktorne sa ovom potrebom:

- Uloga R podešenja je da otkrije tačke izračunate impedanse u slučaju velikog opterećenja voda. Tako da male "normalne" impedanse za vrijeme velikog opterećenja voda ne mogu startovati prorađivanje zaštite.
- U slučaju velikog opterećenja impedansa izračunata za zdrave faze se približava granicama karakteristike. Fazna selektivnost zahtijeva podešenje koje isključuje ove vrijednosti impedanse.

Zbog kontradiktornosti navedenih zahtjeva mora se pronaći kompromisno rješenje: podešenje se bira na osnovu praktičnog iskustva. U razmatranju može pomoći program VECTOR, podešavanje parametara olakšano je usklađivanjem vrijednosti sa datom konfiguracijom, i efekti netačnosti pojedinih faktora mogu se ispitati i vizualizovati.

Na primjer, u slučaju 120 kV voda, kompromisno podešenje $X1=R1$ može se uzeti kao adekvatno.

Primarna vrijednost 6,96 Ω može uključiti:

- 40 km*0,056 Ω /km/(1+0,15)=1,95 Ω otpornosti voda
- 2 Ω max. otpornosti luka
- 3 Ω max. otpornosti zemlje

Ako je potrebno, ova vrijednost može se korigovati u skladu sa praktičnim iskustvima. Vrijednost parametra R1 ista je kao i vrijednost X1: **R1=X1=348 m Ω**

-X1/R1 - podešenje nagiba granice karakteristike $\alpha = \arctg(-X1/R1)$ u oblasti negativne reaktanse

Pri podešavanju ovog parametra moraju se uzeti u obzir sljedeća razmatranja:

- Granica oblasti impedanse je R osa (negativna reaktansa nije moguća u slučaju kvara na vodu). Impedansa je na R osi kada je kvar tačno na mjestu strujnog transformatora, a mjeri se otpornost pri kvaru. Karakteristika mora sa nekom marginom sigurnosti da obuhvati i ovu mjerenu tačku.
- Napajanje na udaljenom kraju voda može izobličiti napon otpornosti kvara. Impedansa se računa sa mjerenom vrijednošću struje I_R i napona U_R na mjestu releja. Napon U_R uključuje i pad napona na otporu kvara. Ako je prije kvara postojalo veliko opterećenje voda, pad napona uzrokovan ekvivalentnim napajanjem na udaljenom kraju voda ima različitu vektorsku poziciju od pada napona uzrokovane izvorom napajanja na mjestu releja. Napon na otporu može imati značajan fazni

pomjeraj. U slučaju nepovoljnog smjera, ovaj pomjeraj može odvesti mjerenu impedansu izvan karakteristike. Zaštita od ovog efekta je "otvaranje" nagiba karakteristike.

- U slučaju bliskih kvarova napon može imati jako malu vrijednost koja je nedovoljna za računanje smjera. Tada se za računanje smjera mogu iskoristiti vrijednosti napona smještene u memoriji. U toku kvara tok snage može se znatno promijeniti u odnosu na stanje u normalnom pogonu, a napon u toku kvara je rotiran u odnosu na zdravi napon. Ova rotacija zavisi od impedanse i toka snage. Da bi se odredio korektan smjer, korisno je otvoriti nagib karakteristike.
- Netačnost algoritma, greške mjerenja uzrokovane tranzijentnim pojavama u toku kvara, greške mjernih transformatora uzrokuju takođe i grešku u mjerenju impedanse. Na ovaj način, mjerena impedansa ne određuje samo jednu tačku u impedantnoj ravni, nego može da pokriva i prilično veliko područje u nizu uzastopnih trenutaka odabiranja. Karakteristika takođe mora da obuhvati i ovo područje. Zbog navedenih efekata korisno je otvoriti karakteristiku. Teoretska granica je linija okomita na impedansu voda. Naredna činjenica međutim je kontradiktorna otvaranju karakteristike:
- Karakteristika ne smije obuhvatiti impedanse mjerene u zdravim petljama. Razdvajanje mjernih petlji zasnovano na zemljospornoj struji može isključiti mjerene vrijednosti impedansi pojedinih petlji, ali preostale vrijednosti impedanse mjerene u zdravim petljama mogu se približiti karakteristici, posebno u slučaju velikog opterećenja neposredno prije kvara. Kao primjer može poslužiti bliski jednofazni kratki spoj sa zemljom faze A, kada je impedansa mjerena u zdravoj petlji B blizu granice karakteristike. Zbog toga je poželjno da karakteristika bude što je moguće više zatvorena.

Navedeni zahtjevi su kontradiktorni, stoga je potreban dobar tehnički kompromis da bi se nagib karakteristike podesio na osnovu iskustva. U prethodnom razmatranju može se koristiti program VECTOR za identifikaciju kritičnih situacija i analizu uticaja pojedinih faktora.

Vrijednost parametra $-X1/R1$ izražava se u %.

Na primjer, u slučaju 120 kV voda podešenje koje se preporučuje je 50%. U ovom slučaju nagib od R ose je $26,57^\circ$ prema dole, to je najveće moguće otvaranje. Ako je potrebno podešenje se može modifikovati.

Preporučeno podešenje: **$-X1/R1=50\%$**

$-R1/X1$ - podešenje nagiba granice karakteristike $\beta = \arctg(-R1/X1)$ u oblasti negativne otpornosti

Pri podešavanju ovog parametra, slično kao i kod podešavanja nagiba $-X1/R1$, potrebno je uzeti u obzir sljedeća razmatranja:

- Granica moguće vrijednosti impedanse je impedansa voda, tačke na ovoj liniji mjere se u slučaju kvarova duž voda. Karakteristika mora obuhvatiti ove tačke.
- U slučaju bliskih kvarova napon može imati jako malu vrijednost koja je nedovoljna za računanje smjera. Tada se za računanje smjera mogu iskoristiti vrijednosti napona smještene u memoriji. U toku kvara tok snage može se znatno promijeniti u odnosu na stanje u normalnom pogonu, a napon u toku kvara je rotiran u odnosu na zdravi napon. Ova rotacija zavisi od impedanse i toka snage. Da bi se odredio korektan smjer, korisno je otvoriti nagib karakteristike.
- Netačnost algoritma, greške mjerenja uzrokovane tranzijentnim pojavama u toku kvara, greške mjernih transformatora uzrokuju takođe i grešku u mjerenju impedanse. Na ovaj način, mjerena impedansa ne određuje samo jednu tačku u impedantnoj ravni, nego može da pokriva i prilično veliko područje u nizu uzastopnih trenutaka odabiranja. Karakteristika takođe mora da obuhvati i ovo područje. Zbog navedenih efekata korisno je otvoriti karakteristiku. Teoretska granica je linija okomita na impedansu voda. Naredna činjenica međutim je kontradiktorna otvaranju karakteristike:
- Karakteristika ne smije obuhvatiti impedanse mjerene u zdravim petljama. Razdvajanje mjernih petlji zasnovano na zemljospornoj struji može isključiti mjerene vrijednosti impedansi pojedinih petlji, ali preostale vrijednosti impedanse mjerene u zdravim petljama mogu se približiti karakteristici, posebno

u slučaju velikog opterećenja neposredno prije kvara. Kao primjer može poslužiti bliski dvofazni kratki spoj faza A i B, kada je impedansa mjerena u zdravoj petlji AB blizu granice karakteristike. Zbog toga je poželjno da karakteristika bude što je moguće više zatvorena.

Navedeni zahtjevi su kontradiktorni, stoga je potreban dobar tehnički kompromis da bi se nagib karakteristike podesio na osnovu iskustva. U prethodnom razmatranju može se koristiti program VECTOR za identifikaciju kritičnih situacija i analizu uticaja pojedinih faktora.

Vrijednost parametra $-R1/X1$ izražava se u %.

Na primjer, u slučaju 120 kV voda podešenje koje se preporučuje je 50%. U ovom slučaju nagib od X ose je $26,57^\circ$ ulijevo, to je najveće moguće otvaranje. Ako je potrebno podešenje se može modifikovati.

Preporučeno podešenje: **$-R1/X1=50\%$**

Prvi stepen distantne zaštite nema dodatno vremensko zatezanje (kašnjenje), vrijeme djelovanja je 25 ± 5 ms.

2.2.2. Podešavanje drugog stepena

Ovaj stepen zaštite obično ima selektivno vremensko zatezanje, mora djelovati u slučaju kvara na udaljenom kraju voda, čija lokacija nije pokrivena prvim stepenom. Djelovanje mora biti osigurano čak i ako zaštita ima dozvoljenu negativnu grešku:

$$Z^{II} \geq \frac{Z_V}{(1-\varepsilon)}$$

gdje je Z^{II} podešenje drugog impedantnog stepena.

Ako su odlazeći vodovi udaljenih sabirnica takođe šticeći distantnom zaštitom, onda drugi stepen naše zaštite ne smije djelovati umjesto drugog stepena zaštite najkraćeg odlaznog voda. Nije dozvoljeno nikakvo presjecanje karakteristika, čak i ako udaljena zaštita djeluje sa negativnom greškom, a naša zaštita ima nepovoljnu pozitivnu grešku:

$$Z^{II} \leq \frac{Z_V + (1-\varepsilon)Z_K^I}{(1+\varepsilon)} = \frac{Z_V + (1-\varepsilon)\frac{Z_K}{(1+\varepsilon)}}{(1+\varepsilon)}$$

gdje su:

- Z^{II} - podešenje drugog stepena
- Z_V - impedansa pozitivnog redoslijeda šticećeg voda
- ε - uobičajeni sigurnosni faktor
- Z_K^I - podešenje distantne zaštite udaljenog voda
- Z_K - impedansa pozitivnog redoslijeda udaljenog voda

Ako je udaljeni vod isuviše kratak, moguće je da se drugi stepen naše zaštite preklapa sa drugim stepenom distantne zaštite udaljenog voda. U ovom slučaju podešenje vremena je jednako dvostrukoj vrijednosti selektivnog vremenskog koraka.

Ako sabirnice na udaljenom kraju voda napajaju transformator, drugi stepen zaštite ne smije preći preko transformatora (povećanje dosega, *overreaching*), čak i ako zaštita ima pozitivnu grešku:

$$Z'' \leq \frac{Z_V + Z_{TR}}{(1 + \varepsilon)}$$

gdje su:

- Z_{II} - podešenje drugog stepena
- Z_{TR} - impedansa transformatora
- Z_V - impedansa pozitivnog redoslijeda šticenog voda
- ε - uobičajeni sigurnosni faktor

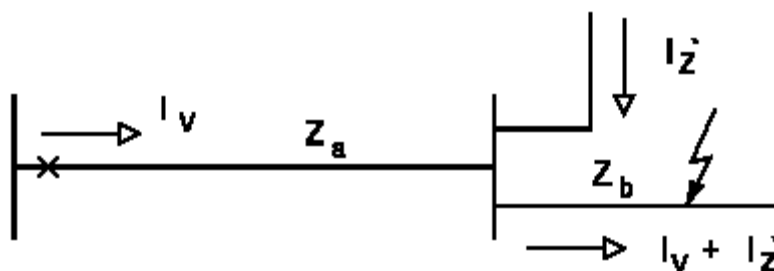
Parametri koje je potrebno podesiti su sljedeći:

R2, X2, -R2/X2, -X2/R2

Za objašnjenje značenja pojedinih parametara pogledati uputstvo za podešavanje prvog stepena.

Z2 stepen vr. kašnjenje

Vremensko kašnjenje drugog stepena podešava se u milisekundama, vrijednost je obično jednaka vrijednosti jednog selektivnog vremenskog koraka.



Slika 2.4 Izobličenja uzrokovana napajanjem na udaljenom kraju voda

Ako se desi kvar na sljedećem odlaznom vodu (slika 2.4), zaštita ne može mjeriti impedansu koja je proporcionalna udaljenosti, zbog izobličenja uzrokovanih komponentom struje kratkog spoja I_z' trećeg voda. Mjerena impedansa biće veća od stvarne, što znači da je granica impedantnog stepena povučena. Moguće je da će zaštita detektovati kvar samo u narednom stepenu (umjesto drugog stepena samo u trećem stepenu, što daje još dodatno vremensko kašnjenje).

Podešavanje drugog stepena kao *overreaching* stepena

Primjena *overreaching*-a (povećanje doseg) u saradnji sa automatskim ponovnim uključanjem može biti efektivna da bi se izbjegli problemi uzrokovani zakašnjenjem eliminacijom kvara u slučaju kvarova koji su blizu kraja udaljenog voda. Overreaching se može podesiti sa uslovom da je detektovan jednofazni kvar, ili bez uslova. U drugom slučaju overreaching važi za sve tipove kvarova. U slučaju primjene overreaching-a podešenje će pokriti i kvarove na početku odlaznog voda. Formula za podešenje je sljedeća:

$$Z^{OVERREACH} \geq \frac{Z_V}{(1 - \varepsilon)}$$

Komanda isključenja je praćena automatskim ponovnim uključanjem. Ako se poslije APU (u toku određenog perioda podešenog odgovarajućim parametrom) ponovo detektuje kvar, generiše se druga komanda isključenja sa vremenskim kašnjenjem u skladu sa selektivnim podešenjem.

Podešavanje APU objašnjeno je kasnije u posebnom poglavlju.

2.2.3. Podešavanje trećeg stepena

Treći stepen distantne zaštite podešava se tako da drugi stepen odgovara zaštiti najkraćeg odlaznog voda udaljenog postrojenja, a treći stepen je podešen da prelazi (overreach, doseže preko) najduži odlazni vod, uzimajući u obzir najveća izobličenja uzrokovana odlaznim vodovima. Vremensko zatezanje trećeg stepena je još jedan dodatni selektivni vremenski korak.

Ako udaljeno postrojenje ima duple sabirnice, a vremensko zatezanje zaštite prekidača između sabirnica je jednako jednom selektivnom vremenskom koraku, onda drugi stepen naše zaštite mora biti zakašnjen za dodatni vremenski korak.

Naravno, u ovom uputstvu se ne mogu pokriti sve moguće konfiguracije mreže, ali ovi primjeri pokazuju da podešenja zaštite moraju biti koordinirana sa svim ostalim zaštitama mreže, tako da se određivanje vrijednosti podešenja mora vršiti sa velikom pažnjom.

Parametri koji se podešavaju za treći stepen su:

R3, X3, -R3/X3, -X3/R3

Pogledati objašnjenje značenja pojedinih parametara u uputstvu za podešavanje prvog stepena.

Z3 stepen vr. kašnjenje

Vremensko kašnjenje trećeg stepena podešava se u milisekundama, vrijednost je obično jednaka vrijednosti podešenja drugog stepena plus dodatni selektivni vremenski korak.

2.2.4. Podešavanje četvrtog i petog stepena

Podešavanje ova dva stepena vrši se u skladu sa podešenjima prethodnih stepena. Ova dva stepena razlikuju se po tome što se mogu usmjeriti i nazad. U slučaju potrebe se parametri za podešavanje smjera:

Z4 smjer i **Z5 smjer**, mogu podesiti sa vrijednošću **1** (1=Nazad).

Stepeni koji su usmjereni nazad mogu obrazovati prirodnu zaštitu sabirnica postrojenja. Ako je vremensko zatezanje kraće od zatezanja drugog stepena distantne zaštite na udaljenom kraju voda, onda je osigurano da će u slučaju kvara na sabirnicama biti isključeni odgovarajući prekidači. Pošto ovaj stepen mora detektovati bliske kvarove, podešenje impedanse mora biti odgovarajuće male vrijednosti. U ovoj ulozi podešenje impedanse inverznog stepena (stepena usmjerenog nazad) može biti manje od podešenja zaštite najkraćeg voda.

Četvrti i peti stepen (kao i treći stepen) uvijek generišu komandu tropolnog definitivnog isključenja.

2.2.5. Podešavanje faktora α za kompenzaciju I_o

Kao što je rečeno u poglavlju 1, u slučaju zemljospojeva impedansa se računa pomoću formule koja sadrži faktor α . Parametar koji se podešava je:

I_o kompenz.

Sa podacima iz prethodnog primjera:

$$\alpha_R = \frac{R_o - R_l}{3R_l} = \frac{\frac{R_o}{R_l} - 1}{3} = \frac{\frac{0.211}{0.056} - 1}{3} = 0.923$$

$$\alpha_L = \frac{L_o - L_1}{3L_1} = \frac{X_o - X_1}{3X_1} = \frac{\frac{X_o}{X_1} - 1}{3} = \frac{\frac{0.859}{0.200} - 1}{3} = 1.098$$

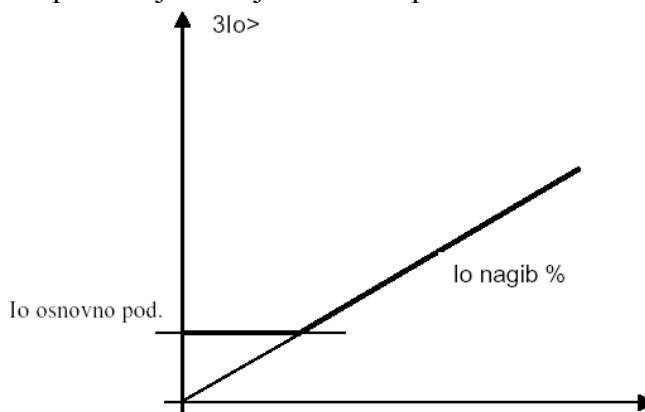
Odstupanje dva faktora je približno 16%. Ako ispitamo efekat ove greške (pomoću VECTOR programa) rezultat je da je greška u okviru očekivanih granica (približno 4% greške impedanse i 1,4% greške ugla). Podešenje je dovoljno tačno na osnovu vrijednosti reaktanse:

Sa vrijednostima iz prethodnog primjera: **$I_o \text{ kompenz.}=100\%$**

2.2.6. Podešavanje detekcije struje nulte komponente

Detekcija struje nulte komponente potrebna je da bi se razdvojili zemljospojevi od kvarova u kojima nema zemljospojne struje. Na ovaj način može se spriječiti da, na primjer, pri bliskom kratkom spoju faze A sa zemljom mjerena impedansa u petljama CA ili AB ne dovede do pogrešnog isključenja. Ako se detektuje znatna vrijednost zemljospojne struje, onda se rezultati izračunati za međufazne petlje ne uzimaju u obzir. Drugi primjer može biti kvar između faza B i C, kada je mala impedansa detektovana takođe u petljama B-N i C-N. U slučaju BC kvara nema zemljospojne struje, pa se mjerene vrijednosti za petlje faza-zemlja mogu isključiti iz razmatranja.

Da bi se detektovalo prisustvo ili odsustvo zemljospojne struje, primjenjuje se karakteristika sa nagibom. U tu svrhu moraju se odrediti minimalno podešenje struje (*I_o osnovno podešenje*) i procentualni nagib (*I_o nagib %*). Ova karakteristika primjenjuje se za detekciju zemljospojne struje u slučaju većih vrijednosti faznih struja. Oba podešenja moraju se zadati procentualno u odnosu na vrijednost nominalne struje zaštite.



Slika 2.5 Detekcija struje nulte komponente

Parametri koje je potrebno podesiti su:

I_o osnovno podešenje

Za korektno podešenje, potrebno je uzeti u obzir sljedeće:

- Podešenje treba da bude dovoljno osjetljivo da bi bilo moguće detektovati najmanju moguću vrijednost zemljospojne struje u slučaju jednofaznog ili dvofaznog kvara sa zemljom. Selektivnost je potrebna uglavnom u slučaju kvarova u osnovnoj zoni, tj. u zoni prvog i drugog stepena distantne zaštite. Ovde je potrebno odrediti najmanju vrijednost zemljospojne struje na osnovu niza računanja vrijednosti kratkog spoja. Nekada je neophodno izvršiti računanje i u zonama koje su usmjerene nazad.
- Podešenje je sa druge strane ograničeno zemljospojnim strujama koje se mogu detektovati u slučaju kvarova bez učešća zemlje. Kod ovakvih kvarova nema zemljospojne struje. Međutim, zbog raznih

greški može se detektovati izvjesna vrijednost zemljospojne struje. Ovo su na primjer greške strujnih transformatora, različite vrijednosti zasićenja u individualnim fazama, zemljospojne struje mogu biti prisutne i u slučaju asimetričnog rasporeda određenih mrežnih elemenata.

Prethodna razmatranja obično ne uzrokuju poteškoće u podešavanju. Opseg podešenja je 5-30% od nominalne vrijednosti strujnog transformatora.

Io nagib

Nagib je potreban jer se u slučaju povećanja faznih struja povećavaju i greške strujnih transformatora. Opseg podešenja je 10-50% sume tri fazne struje.

2.3. Podešavanje u nekim posebnim slučajevima

2.3.1. Podešenje za prenosni vod sa "T" prelazom

Ako vod ima više od dvije vezne tačke, onda zaštita ne može korektno mjeriti udaljenost između mjesta kvara i lokacije releja ukoliko se javi kvar poslije "T" prelaza. Ovo se može objasniti izobličenjem uzrokovanim napajanjem na "T" prelazu. Mjerena impedansa iznosi:

$$Z = Z_A + \frac{I_A + I_B}{I_A} Z_T$$

što znači da je mjerena impedansa veća od impedanse proporcionalne udaljenosti: $Z_A + Z_T$. Zbog ove činjenice veći dio voda je štićen samo drugim stepenom.

Isti efekat uzrokuje da je doseg drugog stepena manji, i funkcija daljinske pomoćne zaštite izvodi se nekad trećim stepenom distantne zaštite.

2.3.2. Izobličenje zbog duplih vodova

Ako su dva voda montirana na istom dalekovodu, onda će se zbog efekta induktivnog kaplovanja indukovati napon na štićenom vodu. Ovaj indukovani napon će djelovati na izobličenje mjerene impedanse u slučaju zemljospojeva. Znak indukovanog napona može biti različit, zavisno od smjera nulte komponente struje paralelnog voda.

Najmanja moguća impedansa mjerena u slučaju kvara na kraju voda mora se odrediti i na osnovu toga korektno podesiti prvi stepen zaštite:

$$Z^I \leq \frac{Z_{meas. \min}}{(1 + \varepsilon)}$$

Na sličan način određuje se maksimalna impedansa, a podešenje drugog stepena zaštite je:

$$Z^{II} \geq \frac{Z_{meas. \max}}{(1 - \varepsilon)}$$

3. Funkcija pomoćne prekostrujne zaštite

3.1. Aktiviranje pomoćne prekostrujne zaštite

Ako trip-relej u sekundarnom krugu naponskog transformatora isključi, nema mogućnosti za mjerenje napona, pa ni impedanse. Informaciju o proradi ovog releja zaštita dobija preko posebnog digitalnog ulaza, i distantna zaštita je automatski blokirana. U ovom slučaju aktivna je samo trofazna prekostrujna zaštita i zemljospojna zaštita.

3.2. Podešavanje pomoćne prekostrujne zaštite

Da bi se aktivirala pomoćna prekostrujna zaštita mora se podesiti logička varijabla $I > \text{stepen akt.}$ programiranjem PROTLOG jednačina (npr pomoću invertovane (negirane) vrijednosti digitalnog ulaza $NT \text{ trip-relej OK}$). Potrebna jednačina u ovom slučaju je:

$$I > \text{stepen akt.} = !NT \text{ trip-relej OK}$$

Interpretacija logičkih signala (ulaza i izlaza), kao i programiranje PROTLOG jednačina dato je kasnije u posebnom poglavlju.

Da bi se podesila pomoćna prekostrujna zaštita potrebno je podesiti proradnu vrijednost struje i odgovarajuće vremensko zatezanje. U neaktivnom stanju vrijednost parametara se ne mijenja.

$I > \text{stepen podešenje}$

Pri određivanju proradne vrijednosti sljedeća razmatranja moraju se uzeti u obzir:

- Prekostrujna zaštita treba da djeluje pri svim kratkim spojevima duž voda, čak i ako se radi o kvaru koji uzrokuje minimalnu struju kratkog spoja, mreža ima minimalnu snagu kratkog spoja, i konfiguracija mreže je nepovoljna. Minimalna struja kratkog spoja može se odrediti na osnovu niza računanja. Formula za podešavanje je:

$$I_{Set} \leq \frac{I_{Sh.C.min}}{(1 + \varepsilon)}$$

- Maksimalna struja opterećenja ne smije izazvati nepotrebno djelovanje zaštite:

$$I_{Set} \geq \frac{I_{Op.max}}{(1 - \varepsilon)}$$

- Da bi se ispunio zahtjev fazne selektivnosti, fazne struje u zdravim fazama ne smiju izazvati nepotrebno djelovanje zaštite:

$$I_{Set} \geq \frac{I_{Health.max}}{(1 - \varepsilon)}$$

$I > \text{stepen vr. kašnjenje}$

Vremensko zatezanje prekostrujne zaštite mora se podesiti u koordinaciji sa drugim uređajima zaštite u mreži.

Pomoćna prekostrujna zaštita generiše uvijek komandu za trolno definitivno isključenje.

3.3. Podešavanje 3Io> pomoćne zemljospojne zaštite

Zamljospojna prekostrujna zaštita sa strujno nezavisnom karakteristikom mjeri 3Io nultu komponentu struje, i može se podesiti kao daljinska pomoćna zaštita. Da bi se aktivirala ova funkcija mora se podesiti vrijednost logičke varijable *Io2 stepen akt.* primjenom PROTLOG logičkih jednačina. Interpretacija logičkih signala i programiranje PROTLOG jednačina objašnjeno je kasnije u posebnom poglavlju.

Da bi se podesila pomoćna zemljospojna zaštita, potrebno je podesiti proradnu vrijednost struje i odgovarajuće vremensko zatezanje. Ako je funkcija neaktivna (blokirana) vrijednost parametara se ne mijenja.

Io2> stepen podešenje

Pri određivanju proradne vrijednosti moraju se uzeti u obzir sljedeća razmatranja:

- Zaštita treba da djeluje u slučaju svih zemljospojnih kvarova duž voda. Minimalna struja kratkog spoja može se odrediti na osnovu niza računanja. Formula za podešavanje je:

$$I_{o2Set} \leq \frac{3I_{0min}}{(1 + \varepsilon)}$$

- Ako je bilo koja druga zaštita eliminisala kvar, a postoji asimetričan rad mreže, u slučaju povećanih struja u zdravim fazama zaštita treba da otpusti:

$$I_{o2Set} \geq \frac{3I_{0asym...max}}{(1 - \varepsilon)}$$

Io2> stepen vr. kašnjenje

Vremensko zatezanje zemljospojne zaštite mora se podesiti u koordinaciji sa ostalim zaštitnim uređajima u mreži.

Pomoćna zemljospojna zaštita generiše uvijek komandu za trolno definitivno isključenje.

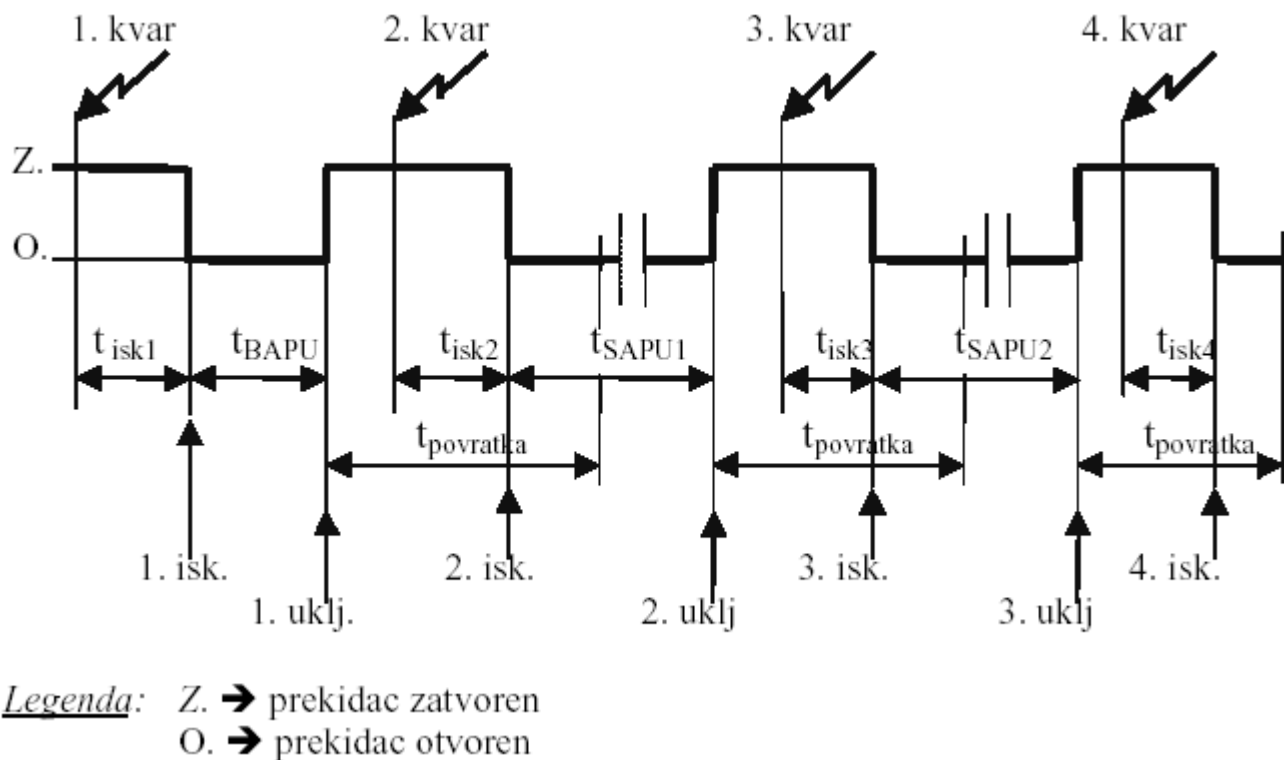
3.4. Podešavanje naponskog stepena

Zaštita sempluje vrijednosti napona koje koristi za računanje impedanse, a takođe i za prikaz mjerenih vrijednosti faznih napona. Zavisno od potrebe, naponski stepen može se podesiti kao podnaponski ili nadnaponski. Parametri koji se podešavaju su:

- U<> stepen podešenje - vrijednost se podešava procentualno u odnosu na nominalnu vrijednost napona
- U<> stepen vr. kašnjenje - vrijednost se zadaje u milisekundama
- U<> smjer - ovaj parametar definiše da li je naponski stepen podnaponski ili prenaponski. Moguće vrijednosti su: 0 - prenaponski, 1 - podnaponski stepen

4. Automatsko ponovno uključenje

Distantna zaštita DTVA-EP sadrži i uređaj za tropolno automatsko ponovno uključenje (APU) koji se može programirati i podesiti zavisno od potreba i konfiguracije mreže. Slika 4.1 prikazuje dijagram sa svim mogućim ciklusima APU. Ovaj dijagram pretpostavlja da se kvar ponovno javlja za neko fiksno vrijeme (*vrijeme povratka*). Zavisno od podešenih parametara, neki od ciklusa APU mogu nedostajati. Ako se nakon APU kvar više ne javi, preostali ciklusi APU će takođe nedostajati.



Slika 4.1 Ciklusi automatskog ponovnog uključanja

4.1. Mjerenje vremena kvara

Ako je prije eliminacije kvara trajanje kvara duže, mogućnost uspješnog APU je smanjena. Zbog toga je vrijeme mjereno od nastanka kvara ograničeno u smislu pokušaja automatskog ponovnog uključanja. Parametar **tDjelovanja** služi za ovo podešenje.

Mjerenje vremena počinje pri pobudi zaštite ili pri prijemu eksternog signala za start APU funkcije (*APU ext.start*). Ako je trajanje kvara duže od vrijednosti podešenja ovog parametra, neće više biti pokušaja APU (u skladu sa podešenjem i vrstom kvara, generiše se komanda za jednopolno ili tropolno definitivno isključenje).

Ako je vrijeme isteklo prije komande isključenja zaštite, funkcija APU je blokirana. Ako je na primjer ovo vrijeme kraće od vremenskog zatezanja drugog impedantnog stepena, onda drugi stepen neće inicirati automatsko ponovno uključanje. Parametar koji se podešava je:

Max trajanje kvara za neblokiranje APU (tDjelovanja) - vrijednost se zadaje u milisekundama

Za korektan rad APU potrebno je da vrijednost ovog parametra bude veća od vremenskog zatezanja drugog stepena. Ovaj parametar nema efekta ako je vrijednost podešenja veća od vremenskog zatezanja svih aktiviranih impedantnih stepena.

4.2. Blokiranje funkcije automatskog ponovnog uključenja

4.2.1. Blokiranje pomoću parametara

Postoji parametar pomoću koga je moguće blokirati APU. Ovaj parametar je:

APU fiksno blokirano

Moguće vrijednosti parametra su:

- + (u prozoru parametara softwarea): APU je fiksno blokirano, nema druge mogućnosti za aktiviranje APU iz drugih izvora, ne postoji APU
- - (u prozoru parametara softwarea): APU nije fiksno blokirano, na ovaj način postoji mogućnost za aktiviranje APU iz drugih izvora. Ovo se može uraditi pomoću tastera na prednjoj ploči uređaja ili pomoću signala sa posebnog optokaplerskog digitalnog ulaza. Podešenje "-" samo od sebe ne znači aktiviranje APU, potrebno je da bude aktivan neki drugi signal za aktiviranje

4.2.2. Blokada i aktiviranje pomoću tastera na prednjoj ploči uređaja

Funkcija APU može se aktivirati ili blokirati pomoću tastera SW2 na prednjoj ploči uređaja, ako postoji dozvola u skladu sa prethodnim paragrafom.

4.2.3. Blokada i aktiviranje pomoću digitalnog ulaza

APU se može eksterno blokirati pomoću impulsa na digitalnom ulazu *APU blokada*. Stanje blokade ostaje sve dok se ne dobije signal na digitalnom ulazu *APU aktivan*, ili se na prednjoj ploči ne pritisne taster SW2 za aktiviranje APU. Ovo je moguće samo ako postoji dozvola na osnovu podešenja parametra za fiksnu blokadu APU (ako APU nije fiksno blokirano).

4.2.4. Blokada APU pomoću digitalnog ulaza

APU se može privremeno blokirati pomoću logičkog signala na digitalnom ulazu *APUzabrana*, sve dok je vrijednost ovog signala logička 1.

4.3. Ciklusi automatskog ponovnog uključenja

Trostepeno automatsko ponovno uključenje obuhvata jedan ciklus brzog APU (BAPU) i dva ciklusa sporog APU (SAPU1 i SAPU2), slika 4.1.

APU se može inicirati prvim i drugim stepenom distantne zaštite ili pomoću signala za digitalnog ulaza *APU ext.start*. Parametri za podešavanje pojedinih ciklusa dati su u daljem tekstu.

4.3.1. BAPU ciklus

BAPU ciklus se mora posebno aktivirati. Parametar koji je potrebno podesiti je:

BAPU dozvoljeno?

Moguća podešenja su:

- + : BAPU je dozvoljeno
- - : BAPU nije dozvoljeno

Vezano za prvu komandu isključenja, može se podesiti da li će zaštita generisati komandu za jednopolno isključenje u slučaju jednofaznog kratkog spoja. Parametar koji se podešava je:

Jednofazno prvo isključenje dozvoljeno?

Moguća podešenja su:

- + : jednofazno prvo isključenje je dozvoljeno
- - : jednofazno prvo isključenje nije dozvoljeno, uvijek se generiše komanda trolnog isključenja

Vezano za prvu komandu isključenja, može se podesiti da li će karakteristika biti u *overreaching* modu (povećanje doseg). Ako je ovo potrebno onda će drugi stepen djelovati bez vremenskog zatezanja, što znači da će stepen bez vremenskog zatezanja doseći preko štićenog voda, u skladu sa podešenjem drugog stepena. Parametar koji se podešava je:

Prvo isključenje overreach mod?

Moguća podešenja su:

- + : overreaching mod prvog stepena je aktivan
- - : overreaching mod prvog stepena je blokiran, prvi stepen uvijek djeluje sa selektivnim podešenjem

Overreaching mod važi samo za jednofazne kratke spojeve ili za sve vrste kvarova. Parametar koji se podešava je:

3f isključenje overreach mod dozvoljen?

Moguća podešenja su:

- + : trofazni overreach mod je dozvoljen, što znači da, ako je podešenje parametra *Prvo isključenje overreach mod?="+"*, overreach mod važi za sve vrste kvarova.
- - : overreach mod važi pod uslovom da se javi jednofazni kratak spoj (naravno ako je *Prvo isključenje overreach mod?="+"*), pri drugim vrstama kvarova komanda isključenja generiše se u skladu sa selektivnim podešenjem.

Efekat prethodnih parametara zavisi i od logičkog signala *Overreach blok.*, koji se može programirati pomoću PROTLOG logičkih jednačina.

Kada se generiše komanda isključenja startuje se tajmer na osnovu koga se ispituje da li je kvar eliminisan u nekom određenom vremenu. Ako nije, onda se radi o kvaru prekidača, i kvar se mora eliminisati djelovanjem drugih prekidača. Ako druga zaštita može upravljati istim prekidačem, obavezno se mora primijeniti zaštita od kvara prekidača. DTVA-EP distantna zaštita posjeduje takođe i ovu funkciju koja je objašnjena u jednom od narednih poglavlja.

Efekat komande isključenja je obično isključenje prekidača, a kvar je eliminisan nakon vremena djelovanja prekidača, i eliminisana je struja kvara. Kada vrijednost struje padne na nulu, startuje se nekoliko tajmera:

- tajmer mrtvog vremena
- tajmer vremena diskriminacije

Parametri koji se podešavaju u odnosu na ove tajmere su:

Mrtvo vrijeme: mrtvo vrijeme za jednopolno i za trolno APU može se posebno podesiti (ovo će biti efektivno zavisno od podešenih parametara).

Jednopolno APU mrtvo vrijeme

U slučaju jednofaznog isključenja električni luk može da se ugasi nešto sporije zbog efekata kaplovanja napona zdravih faza, pa je ovo mrtvo vrijeme neznatno duže. U toku mrtvog vremena vod

prenosi električnu energiju, veza dva postrojenja na krajevima voda nije u prekidu. Vrijednost parametra se zadaje u milisekundama.

Tropolno APU (1.stepen) mrtvo vrijeme

Ako je vod isključen u sve tri faze, električni luk iščezava brže, mrtvo vrijeme može biti kraće. Neophodno je da mrtvo vrijeme bude što je moguće kraće, jer ne postoji direktna veza između postrojenja, i vod ne prenosi nikakvu energiju. Program daje mogućnost da APU djeluje sa drugim parametrima ako je komanda isključenja generisana prvim stepenom distantne zaštite, i ako je isključenje inicirano drugim stepenom. Ovo podešenje važi za djelovanje prvog stepena. Vrijednost parametra se zadaje u milisekundama.

Tropolno APU (2.stepen) mrtvo vrijeme

Ovo podešenje odnosi se na slučaj da je APU startovano drugim stepenom distantne zaštite. Vrijednost parametra zadaje se u milisekundama.

Max. vrijeme za evaluaciju kvara (tDiskriminacije)

Na osnovu vremena diskriminacije zaštita može odlučiti šta da radi u slučaju da se u toku mrtvog vremena kvar proširi i na drugu fazu. Mjerenje ovog vremena počinje kada i mjerenje mrtvog vremena.

Ako se nova komanda isključenja generiše nakon isteka vremena diskriminacije, ali prije isteka mrtvog vremena, generiše se komanda definitivnog tropolnog isključenja, a mjerenje mrtvog vremena se zaustavlja. Ako je prvi kvar bio jednofazni kratki spoj, a kvar se proširi na drugu fazu (faze) u toku prvog mrtvog vremena i u toku vremena diskriminacije, generiše se komanda tropolnog isključenja. Mjerenje trofaznog mrtvog vremena startuje, praćeno tropolnim ciklusom APU. Tipično podešenje jednako je polovini mrtvog vremena.

Ako se nakon generisanja komande jednopolnog isključenja u toku mrtvog vremena detektuje isti kvar, zaštita generiše komandu tropolnog isključenja.

Nakon isteka mrtvog vremena BAPU, u skladu sa podešenjima generiše se komanda za automatsko ponovno uključenje. Istovremeno se startuje tajmer (sa fiksnim podešenjem 5 s) za mjerenje "vremena povratka". Ako u toku ovog perioda zaštita ponovo ne detektuje kvar, nakon isteka ovog vremena se resetuje funkcija APU (vraća se u normalno stanje). Ako se u toku vremena povratka ponovo detektuje kvar, trenutno se generiše komanda isključenja, a APU funkcija nastavlja program u skladu sa podešenim parametrima.

Ovaj parametar nema efekta ako je njegova vrijednost veća od vrijednosti najdužeg mrtvog vremena.

4.3.2. Prvo sporo APU (SAPU1)

Ako brzo APU nije bilo uspješno, i ako u toku vremena povratka zaštita ponovo detektuje kvar, program nastavlja sa SAPU1 ciklusom ponovnog uključjenja. Ovaj ciklus je aktiviran i ako je BAPU blokirano. SAPU1 takođe mora biti aktivirano. Parametar koji se podešava je:

SAPU1 dozvoljeno?

Moguća podešenja su:

- + : SAPU1 dozvoljeno
- - : SAPU1 nije dozvoljeno, program nastavlja sa SAPU2 ciklusom, uzimajući u obzir podešenja

Vezano za drugu komandu isključenja (isključenje poslije BAPU), potrebno je podesiti parametar koji dozvoljava ili ne dozvoljava komandu jednofaznog isključenja u slučaju jednofaznog kratkog spoja. Parametar koji se podešava je:

Jednofazno isključenje poslije BAPU dozvoljeno?

Moguća podešenja su:

- + : jednofazno isključenje dozvoljeno
- - : jednofazno isključenje nije dozvoljeno, generiše se uvijek komanda trofaznog isključenja

Za drugu komandu isključenja mora se definisati da li je overreach mod aktiviran. Ako jeste, onda drugi stepen distantne zaštite djeluje bez dodatnog vremenskog zatezanja, pa zavisno od podešenih parametara stepen bez vremenskog zatezanja će doseći preko štice vodova. Parametar koji se podešava je:

Isključenje poslije BAPU overreach mod?

Moguća podešenja su:

- + : overreach mod aktiviran
- - : ovaj stepen će djelovati u skladu sa selektivnim podešenjem

Overreach mod može biti aktivan samo za jednofazne kratke spojeve, ili za sve vrste kvarova. Podešenje koje se odnosi na ovo slično je za sve cikluse APU, za objašnjenje pogledati poglavlje 4.3.1.

U trenutku izdavanje komande prekidaču, počinje mjerenje vremena zaštite od kvara prekidača. Na osnovu komande isključenja prekidač eliminiše kvar, nema struje kvara. U ovom trenutku startuju se ponovo dva tajmera:

- tajmer mrtvog vremena
- tajmer vremena diskriminacije

Parametri koje je potrebno podesiti za ove tajmere su:

Mrtvo vrijeme: za funkciju APU jednofazno i trofazno mrtvo vrijeme podešavaju se posebno (ova podešenja biće efektivna zavisno od drugih podešenih parametara).

SAPU1 (1polno) mrtvo vrijeme - vrijednost se zadaje u sekundama

SAPU1 (3polno) mrtvo vrijeme - vrijednost se zadaje u sekundama

Vrijeme diskriminacije, koje je podešeno za prvo mrtvo vrijeme, takođe važi i ovde. Na kraju mrtvog vremena SAPU1 ciklusa prekidač dobija komandu za uključanje. U istom trenutku startuje se tajmer sa fiksnim podešenjem 5 s za mjerenje vremena povratka. Ako u toku ovog perioda zaštita ne detektuje kvar, APU funkcija se resetuje. Ako u toku ovog vremena zaštita ponovo detektuje kvar, APU nastavlja sa narednim ciklusom u skladu sa podešenjima.

4.3.3. Drugo sporo APU (SAPU2)

Ako prvo sporo APU (SAPU1) nije bilo uspješno, i ako u toku vremena povratka zaštita ponovo detektuje kvar, ponovo se generiše komanda isključenja, a program nastavlja sa SAPU2 ciklusom ponovnog uključanja. Ovaj ciklus je aktiviran i ako je SAPU1 blokirano. SAPU2 takođe mora biti posebno aktivirano. Parametar koji se podešava je:

SAPU2 dozvoljeno?

Moguća podešenja su:

- + : SAPU2 dozvoljeno
- - : SAPU2 nije dozvoljeno, biće izostavljeno

Vezano za treću komandu isključenja (isključenje poslije SAPU1), potrebno je podesiti parametar koji dozvoljava ili ne dozvoljava komandu jednofaznog isključenja u slučaju jednofaznog kratkog spoja. Parametar koji se podešava je:

Jednofazno isključenje poslije SAPU1 dozvoljeno?

Moguća podešenja su:

- + : jednofazno isključenje dozvoljeno
- - : jednofazno isključenje nije dozvoljeno, generiše se uvijek komanda trofaznog isključenja

Za treću komandu isključenja mora se definisati da li je overreach mod aktiviran. Ako jeste, onda drugi stepen distantne zaštite djeluje bez dodatnog vremenskog zatezanja, pa zavisno od podešenih parametara stepen bez vremenskog zatezanja će doseći preko štice vod. Parametar koji se podešava je:

Isključenje poslije SAPU1 overreach mod?

Moguća podešenja su:

- + : overreach mod aktiviran
- - : ovaj stepen će djelovati u skladu sa selektivnim podešenjem

Overreach mod može biti aktivan samo za jednofazne kratke spojeve, ili za sve vrste kvarova. Podešenje koje se odnosi na ovo slično je za sve cikluse APU, za objašnjenje pogledati poglavlje 4.3.1.

U trenutku izdavanje komande prekidaču, počinje mjerenje vremena zaštite od kvara prekidača. Na osnovu komande isključenja prekidač eliminiše kvar, nema struje kvara. U ovom trenutku startuju se ponovo dva tajmera:

- tajmer mrtvog vremena
- tajmer vremena diskriminacije

Parametri koje je potrebno podesiti za ove tajmere su:

Mrtvo vrijeme: za funkciju APU jednofazno i trofazno mrtvo vrijeme podešavaju se posebno (ova podešenja biće efektivna zavisno od drugih podešenih parametara).

SAPU2 (1polno) mrtvo vrijeme - vrijednost se zadaje u sekundama

SAPU2 (3polno) mrtvo vrijeme - vrijednost se zadaje u sekundama

Vrijeme diskriminacije, koje je podešeno za prvo mrtvo vrijeme, takođe važi i ovde. Na kraju mrtvog vremena SAPU2 ciklusa prekidač dobija komandu za uključanje. U istom trenutku startuje se tajmer sa fiksnim podešenjem 5 s za mjerenje vremena povratka. Ako u toku ovog perioda zaštita ne detektuje kvar, APU funkcija se resetuje. Ako u toku ovog vremena zaštita ponovo detektuje kvar, APU nastavlja sa narednim ciklusom u skladu sa podešenjima.

4.3.4. Definitivno isključenje

Ako ni drugo sporo APU nije bilo uspješno, zaštita detektuje kvar u toku vremena povratka i generiše komadnu definitivnog isključenja. Program nastavlja ovde ako je SAPU2 blokirano.

Za komandu definitivnog isključenja mora se definisati da li je dozvoljena komanda jednopolnog isključenja u slučaju jednofaznog kratkog spoja. Rad mreže odvija se dalje u asimetričnom stanju. Parametar koji se podešava je:

Jednofazno definitivno isključenje dozvoljeno?

Moguća podešenja su:

- + : jednofazno isključenje dozvoljeno
- - : jednofazno isključenje nije dozvoljeno, generiše se uvijek komanda trofaznog isključenja

Za komandu definitivnog isključenja mora se definisati da li je overreach mod aktiviran. Ako jeste, onda drugi stepen distantne zaštite djeluje bez dodatnog vremenskog zatezanja, pa zavisno od podešenih parametara stepen bez vremenskog zatezanja će doseći preko štice vod. Parametar koji se podešava je:

Definitivno isključenje overreach mod?

Moguća podešenja su:

- + : overreach mod aktiviran za definitivno isključenje
- - : posljednji ciklus APU će djelovati u skladu sa selektivnim podešenjem

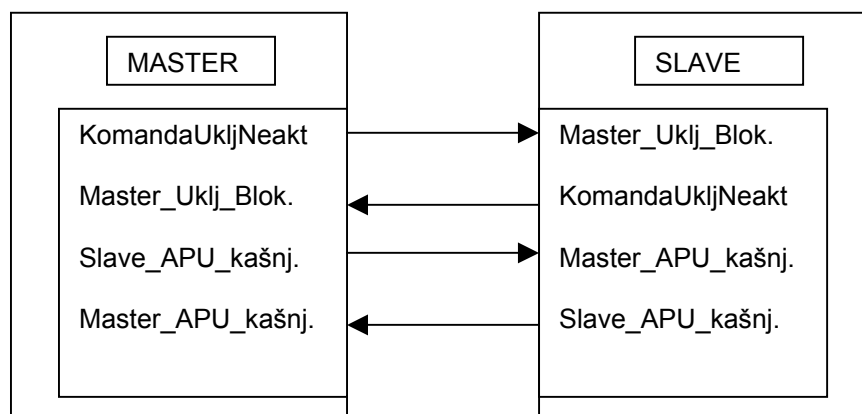
Overreach mod može biti aktivan samo za jednofazne kratke spojeve, ili za sve vrste kvarova. Podešenje koje se odnosi na ovo slično je za sve cikluse APU, za objašnjenje pogledati poglavlje 4.3.1.

4.3.5. Realizacija "master-slave" logike

Ukoliko postoje dva uređaja koja upravljaju istim prekidačem, neizbježno je organizovati koordinaciju rada ova dva uređaja, posebno kada je u pitanju APU. U ovom slučaju jedan uređaj je "master" (glavni), njegova uloga je da utiče na APU drugog uređaja logičkim impulsima, a drugi uređaj je "slave" (potčinjeni). Master uređaj je onaj kod koga parametar **Master mod podešenje** ima vrijednost "+", dok je kod slave uređaja vrijednost ovog parametra "-".

Ako uređaj radi samostalno, što znači da automatsko ponovno uključanje ne zahtijeva koordinaciju sa drugim uređajima, ovaj parametar mora se podesiti na vrijednost "-", a ulazi *Master_APU_kašnj.* i *Master_Uklj_Neakt.* ne smiju biti povezani.

Postoji nekoliko načina rada, na osnovu kojih se odvija paralelan rad dva uređaja. APU može biti inicirano samo od strane master uređaja. Ukoliko master uređaj zakaže, slave uređaj može preuzeti kontrolu nad APU. Komande isključenja generišu oba uređaja. Programi isključenja i automatskog ponovnog uključanja moraju biti isti kod oba uređaja. Potrebne veze date su na narednoj slici:



Slika 4.2 Realizacija master-slave logike

Master generiše dva logička signala. Jedan od njih je *Slave_APU_kašnj.* signal koji se aktivira zajedno sa komandom isključenja zaštite i traje do kraja ciklusa APU. Njegova uloga je da odloži ciklus APU slave uređaja, na ovaj način slave uređaj ne može preuzeti kontrolu nad APU ciklusima.

Ako je ponovno uključenje uspješno, 5 s nakon komande uključjenja master generiše komandu *KomandaUkljNeakt* čije je trajanje programirano. Na ovaj način može se zaustaviti ciklus APU slave uređaja, i u toku trajanja komande ne može biti iniciran ni jedan ciklus APU. 50 ms nakon generisanja komande master deaktivira komandu *Slave_APU_kašnj.*

Ukoliko se APU završi komandom definitivnog isključenja, master generiše signal *Definitivno isključenje* i signal *Slave_APU_kašnj.*

Signal *Master_Uklj_Neakt* generišu i master i slave uređaj. Ovaj signal generiše se u slave modu, ako je uređaj generisao komandu definitivnog isključenja. Signal *KomandaUkljNeakt* mora se prenijeti od slave do master uređaja, tako da nakon definitivnog isključenja ni jedan uređaj ne smije inicirati ciklus APU. Master provjerava signal *Master_Uklj_Neakt* i APU je blokirano ako je ovaj ulaz aktivan, a signal *Slave_APU_kašnj.* se ignoriše. Za vrijeme trajanja komande *KomandaUkljNeakt* sopstvena funkcija APU je takođe blokirana. Parametri koji se podešavaju su:

Master mod podešenje

Moguća podešenja su:

- + : uređaj je podešen kao "master"
- - : uređaj je podešen kao "slave"

Ako uređaj radi samostalno onda je odgovarajuće podešenje ovog parametra "-".

Trajanje komande za blokadu uključjenja - vrijednost se zadaje u milisekundama, a tipično podešenje je 100 ms.

5. Dodatne funkcije zaštite

5.1. Zaštita od uključenja pri kvaru (switch-on-to-fault)

Komanda za ručno uključenje zadaje se preko digitalnog ulaza. U ovom slučaju počinje mjerenje vremena povratla, čije je trajanje 5 s. Ako se detektuje kvar u nekom stepenu distantne zaštite, uređaj generiše komandu definitivnog isključenja. Ova komanda može biti komanda jednopolnog isključenja u slučaju jednofaznih kratkih spojeva.

5.2. Uključenje pri bliskom kvaru (close-in fault)

Ako postoji trajan bliski kvar, a vod se uključi, onda mjereni napon nije dovoljan za pouzdanu detekciju smjera. U ovom slučaju zaštita pretpostavlja da se radi o direktnom kvaru (smjer je naprijed) i trenutno se generiše komanda isključenja.

5.3. Zaštita od kvara prekidača

Zaštita startuje tajmer u trenutku generisanja komande isključenja. Ako kvar nije eliminisan u toku odbrojavanja ovog tajmera, generiše se druga komanda isključenja na drugom izlazu programiranom pomoću softverske matrice. Vremensko zatezanje može se zadati kao parametar:

Vremensko kašnjenje signala greške pri kvaru prekidača - vrijednost se zadaje u milisekundama, u koordinaciji sa drugim uređajima zaštite.

Programiranjem PROTLOG jednačina može se generisati fazno selektivna komanda ako algoritam ima informaciju o statusu polova prekidača. Interpretacija logičkih signala data je kasnije u posebnom poglavlju.

5.4. Druga podešenja

- komunikacioni parametri uređaja mogu se podesiti samo sa prednje ploče uređaja pomoću ugrađenog komandnog interfejsa. Ovi parametri su sljedeći:
 - Lozinka
 - RS232/Opto
 - Brzina
 - Kod stanice
 - Kod uređaja
 - Fiber optička petlja
- Pojedine funkcije i stepeni zaštite mogu biti blokirani pomoću logičkih jednačina
- Uređaj posjeduje sat realnog vremena čije se podešavanje izvodi pomoću PC računara

6. Prikaz mjerenih vrijednosti, provjera, testiranje

6.1. Podešavanje prikaza mjerene vrijednosti struje

Jedna od dodatnih funkcija zaštite je mjerenje vrijednosti radnih i kratkospojnih struja i prikaz njihovih primarnih vrijednosti. Sekundarna nominalna struja zaštite treba da bude jednaka nominalnoj sekundarnoj struji strujnog transformatora, a primarna vrijednost se može podesiti kao parametar:

ST primarna nominalna struja - vrijednost se zadaje u Amperima.

6.2. Podešavanje prikaza lokacije kvara

Dodatna funkcija zaštite je prikaz udaljenosti do mjesta kvara procentualno u odnosu na ukupnu dužinu voda. Ova vrijednost dobija se dijeljenjem mjerene reaktanse sa ukupnom reaktansom voda, a vrijednost se izražava u procentima. Ovo podešenje ne utiče na rad funkcija zaštite, njegova uloga je samo informacione prirode. Parametar koji se podešava je:

Xn (voda)

Računanje vrijednosti za podešavanje slična je računanju podešenja impedantnih stepena. Koristeći podatke iz primjera: $Cu=1$ ($Un=100V$), $Ci=1/5$ ($In=5A$), vrijednost koja se podešava dobija se na sljedeći način:

Primarna reaktansa:

$$X_{prim} = \text{dužina} \cdot x = 40 \text{ km} \cdot 0,200 \text{ } \Omega/\text{km} = 8 \text{ } \Omega$$

Transformisano na sekundarnu impedansu:

$$X_{sec} = a_i/a_u \cdot X_{prim} = (600/5)/(120/0,1) \cdot 8 \text{ } \Omega = 800 \text{ m}\Omega$$

Vrijednost koju je potrebno podesiti je:

$$X_n = X_{sec} / (10 \cdot Cu \cdot Ci) = 800 \text{ m}\Omega / (10 \cdot 1 \cdot 1/5) = 400 \text{ m}\Omega$$

6.3. Podešenje signalizacije greške pri automatskom testu uređaja

Softver sadrži sistem automatskog testiranja i nadzora uređaja. Ovo podrazumijeva provjeru napona napajanja, provjeru ispravnosti krugova prekidača (isključnih i uklopnih), a Watch Dog funkcija provjerava ispravan rad softvera. Ako se detektuje greška, generiše se signal greške i uključuje se crvena LED dioda, a na LCD displeju je prikazan tekst signala greške. U slučaju internog kvara uređaja, "releji spremnosti za rad" se deaktivira (signal je u stanju 1 kada je uređaj ispravan, a u stanju 0 kada se detektuje interni kvar uređaja).

Da bi se izbjegli tranzijentni problemi i nepotrebno generisanja alarma, tj. signala greške, aktiviranje signala greške može se zakasniti za određeno vrijeme, koje se može podesiti kao parametar:

Vremensko kašnjenje signala greške pri auto-testu - vrijeme se zadaje u sekundama.

6.4. Blokada provjere prekidačkih krugova

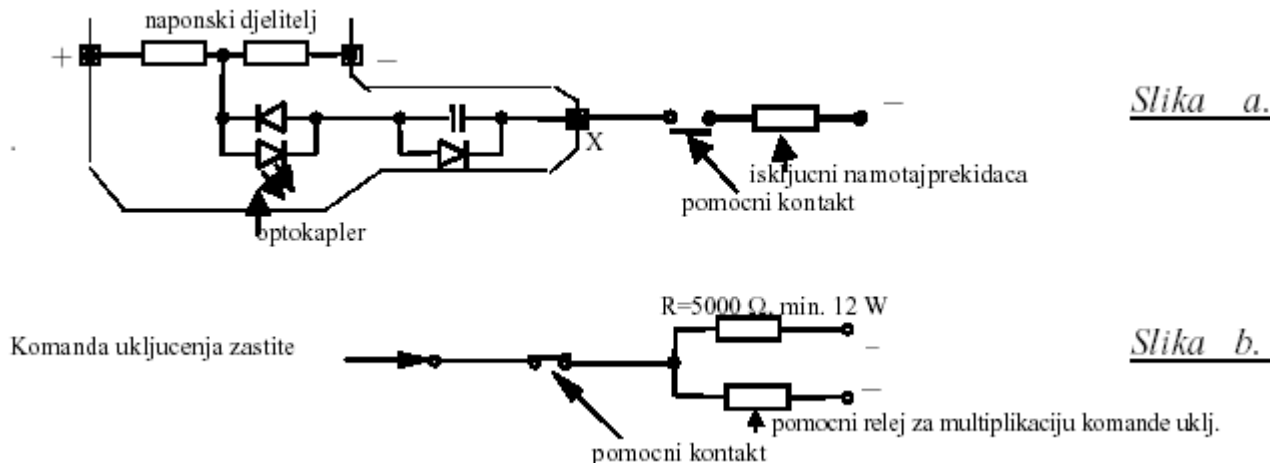
Uređaj posjeduje mogućnost za kontinualnu provjeru prekidačkih krugova (isklopnih i uklopnih). U slučaju prekida provodnika, generiše se signal greške. Ako je ova funkcija nepotrebna, može se deaktivirati, odnosno blokirati. Parametar koji se podešava je:

Blokada provjere isključnih krugova

Moguća podešenja su:

- + : provjera isključena
- - : provjera uključena

Princip provjere isključnih krugova je sljedeći: naponski djelitelj u uređaju generiše oko 24 V (tačka x na slici), ovaj napon povezan je sa prekidačkim krugovima. Ako je kolo prekidača ispravno, otpornost je ispod 5 kΩ i optokapler detektuje ispravno kolo (slika 6.1).



Slika 6.1 Provjera prekidačkih krugova

Ako je kolo neispravno, otpornost je preko 5 kΩ, tada sistem nadzora generiše alarm. Pošto uređaj DTVA-EP generiše fazno selektivne komande isključenja, ova provjera ponavlja se u svim fazama posebno.

Pomoćni kontakt u prekidačkom krugu može uzrokovati probleme, jer je otvoren ako je i prekidač otvoren (radi eliminacije struje kvara). Ovo može dovesti do nepotrebne detekcije greške sistema nadzora. U ovom slučaju moguća je provjera uklopnog kola prekidača, tako da sistem automatskog nadzora provjerava ili uklopni ili isklopni krug prekidača, a generiše grešku samo u slučaju da su oba kruga neispravna.

Ovaj sistem automatskog nadzora može se primijeniti samo u slučaju da prekidač ima jedan namotaj za uključanje. Ako postoji više ovih namotaja, komanda uključivanja prekidača se multiplikuje pomoćnim relejem. U ovom slučaju može se primijeniti metod prikazan na slici 6.1 b).

6.5. Testiranje uređaja

Numerička izvedba uređaja obezbjeđuje da ako program radi, a Watch Dog funkcija ne generiše signal greške, uređaju je potrebno manje testiranja nego kod tradicionalnih elektronskih uređaja.

U slučaju modifikacija moraju se provjeriti veze uređaja. Ovo podrazumijeva provjeru korektnog polariteta u slučaju analognih signala, i provjeru veza digitalnih ulaza te relejnih izlaza.

Provjera analognih signala olakšana je on-line prikazom mjerenih vrijednosti signala. Mjerene vrijednosti napona i struja, i izračunate vrijednosti otpornosti, reaktanse i ugla porede se sa normalnim radnim vrijednostima. Vrijednosti struja prikazuju se u amperima (primarne vrijednosti), vrijednosti napona prikazuju se procentualno u odnosu na nominalne vrijednosti napona.

Vrijednosti otpornosti i reaktansi moraju se pomnožiti faktorom $Cu \cdot Ci$:

$$R \cdot (Cu \cdot Ci) = R \cdot (Un/100In) \, \Omega \quad \text{i} \quad X \cdot (Cu \cdot Ci) = X \cdot (Un/100In) \, \Omega$$

Na ovaj način računaju se sekundarne vrijednosti. Primarne vrijednosti dobijaju se množenjem sa impedantnim prenosnim odnosom mjernih transformatora:

$$Z_{pr} = Z_{sec} \cdot a_u / a_i$$

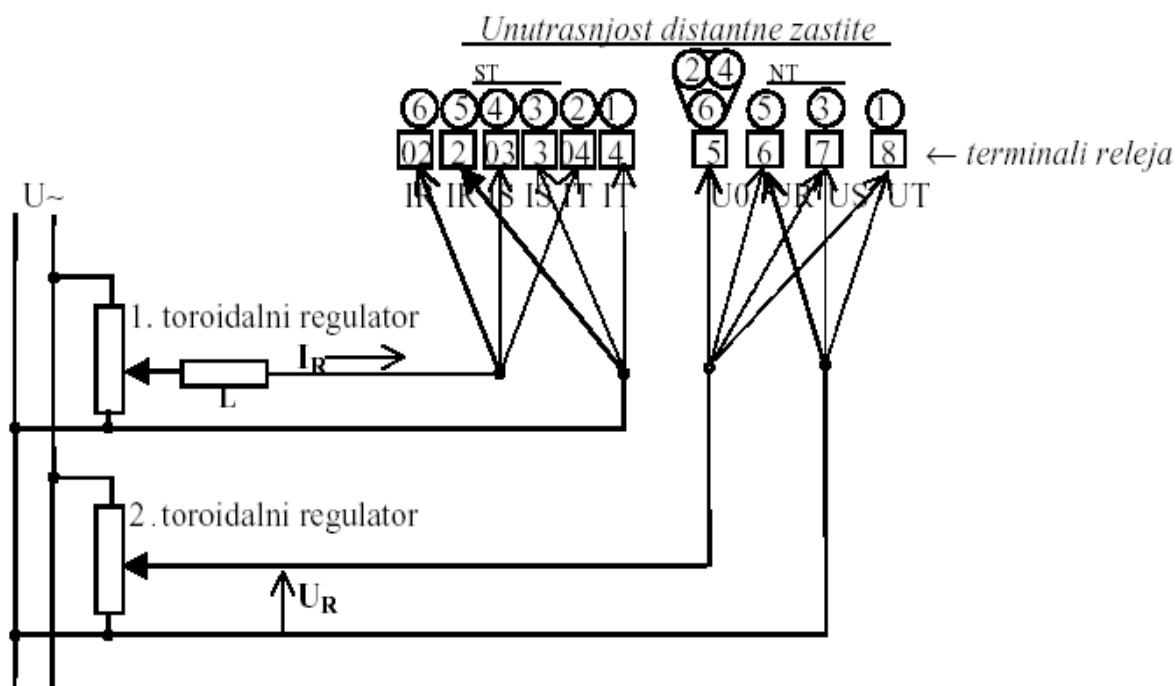
Ugao impedanse računa se kao: $\theta = \arctg(X/R)$

Korektan polaritet veza može se provjeriti takođe pomoću on-line prozora softvera. Provjera polariteta izvodi se samo jednom, ostale veze su automatske. U slučaju simetričnog opterećenja impedansa mora biti ista u svim fazama, a smjer mjerene impedanse mora se podudarati sa smjerom toka snage prenosnog voda.

Ako je struja opterećenja manja od donje granice za izvođenje računanja (oko $0,3 \cdot I_n$), onda on-line prikaz daje vrijednosti 320,00 Ω , što znači da nema računanja impedanse. U ovom slučaju postoji mogućnost upotrebe posebnog strujnog transformatora koji povećava struju oko 5 puta i omogućava izvođenje testa.

Sa posebnim test uređajem testiranje je još jednostavnije. Dovoljno je provjeriti karakteristiku u jednoj tački da bi se provjerilo korektno podešenje parametara. U on-line prozoru moguće je vidjeti prikaz vrijednosti za svaki stepen, tip kvara i signale isključenja za pojedinačne faze.

Ako nije dostupan poseban test uređaj, onda se na osnovu slike 6.2 i dva toroidalna transformatora može izvršiti jednostavno testiranje uređaja. U ovom testu samo testirana faza može biti provjerena. Ostale faze mogu takođe generisati komande isključenja.



Slika 6.2 Testiranje uređaja

7. Programiranje softverske matrice

Uređaj posjeduje 12 slobodno programabilnih izlaznih kontakata. Kolone softverske matrice odgovaraju ovim kontaktima, a redovi matrice predstavljaju dostupne digitalne signale uređaja. Signal se može usmjeriti na izlazni kontakt ako se u presjeku odgovarajućeg reda i kolone umjesto znaka "-" unese znak "+".

7.1. Redovi softverske matrice (digitalni signali funkcija)

Red	LCD prikaz	Objašnjenje
Z1< prorada	MX Z1<	Komanda isključenja prvog stepena distantne zaštite
Z2< pobuda	MX Z2<	Pobuda drugog stepena distantne zaštite
Z3< pobuda	MX Z3<	Pobuda trećeg stepena distantne zaštite
Z4< pobuda	MX Z4<	Pobuda četvrtog stepena distantne zaštite
Z5< pobuda	MX Z5<	Pobuda petog stepena distantne zaštite
Z2< prorada	MX Z2< t	Komanda isključenja drugog stepena distantne zaštite
Z3< prorada	MX Z3< t	Komanda isključenja trećeg stepena distantne zaštite
Z4< prorada	MX Z4< t	Komanda isključenja četvrtog stepena distantne zaštite
Z5< prorada	MX Z5< t	Komanda isključenja petog stepena distantne zaštite
R faza prorada	MX R faza isk.	Komanda isključenja R faze
S faza prorada	MX S faza isk.	Komanda isključenja S faze
T faza prorada	MX T faza isk.	Komanda isključenja T faze
3 polno isključenje	MX 3 faz. isk.	Komanda trofaznog isključenja
Definitivno isključenje	MX Def. isk.	Komanda definitivnog isključenja
APU uključenje	MX APU uklj.	Komanda automatskog ponovnog uključanja
APU blokada	MX APU blokiran	Automatsko ponovno uključanje fiksno blokirano
1. MX jednačina	MX 1.MX jednac.	Rezultat prve matrične jednačine
2. MX jednačina	MX 2.MX jednac.	Rezultat druge matrične jednačine
3. MX jednačina	MX 3.MX jednac.	Rezultat treće matrične jednačine
4. MX jednačina	MX 4.MX jednac.	Rezultat četvrte matrične jednačine
5. MX jednačina	MX 5.MX jednac.	Rezultat pete matrične jednačine

7.2. Kolone softverske matrice (izlazni releji)

Izlazni kontakti K1...K7 i K9 imaju fiksne funkcije čije je značenje dato u sljedećoj tabeli:

Izlazni kontakt	Objašnjenje
K1	I komanda isključenja R faze
K2	I komanda isključenja S faze
K3	I komanda isključenja T faze
K4	Komanda uključanja
K5	I komanda isključenja R faze
K6	I komanda isključenja S faze
K7	I komanda isključenja T faze
K9	Signal greške (NC kontakt)

Programabilni izlazni kontakti i njihovi binarni kodovi dati su u sljedećoj tabeli:

Izlazni kontakt	Kod	Objašnjenje
K8	1	K8 izlazni kontakt
K10	2	K10 izlazni kontakt
K11	4	K11 izlazni kontakt
K12	8	K12 izlazni kontakt
K13	16	K13 izlazni kontakt
K14	32	K14 izlazni kontakt
K15	64	K15 izlazni kontakt

K16	128	K16 izlazni kontakt
K17	256	K17 izlazni kontakt
K18	512	K18 izlazni kontakt
K19	1024	K19 izlazni kontakt
K20	2048	K20 izlazni kontakt

7.3. Programiranje izlaznih releja

Određen broj izlaznih releja (12 programabilnih izlaznih releja) može se slobodno programirati pomoću digitalne softverske matrice. Programiranje matrice može se izvesti pomoću lokalnog komandnog interfejsa ili pomoću računara.

Programiranje pomoću lokalnog interfejsa izvodi se na sljedeći način: prvo se izabere odgovarajući MX= parametar (odgovarajući digitalni signal, tj određeni red matrice), a zatim se sabiraju kodne vrijednosti releja koji treba da budu aktivirani/deaktivirani u skladu sa vrijednošću signala.

Programiranje pomoću računara je još lakše i jednostavnije. Potrebno je u prozoru parametara uočiti tabelu digitalne softverske matrice. Logičke veze pojedinih digitalnih signala uređaja (redova matrice) i izlaznih kontakata uređaja (kolona matrice) ostvaruju se tako što se u presjeku odgovarajućeg reda i kolone umjesto znaka "-" unese znak "+" (što se postiže dvostrukim klikom miša ili pritiskom na taster ENTER na tastaturi računara na mjestu presjeka odgovarajućeg reda i kolone).

	K8	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20
Z1< prorada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Z2< pobuda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Z3< pobuda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Z4< pobuda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Z5< pobuda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Z2< prorada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Z3< prorada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Z4< prorada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Z5< prorada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R faza prorada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S faza prorada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T faza prorada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3 polno isključenje	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Definitivno isključenje	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
APU uključenje	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
APU blokada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1. MX jednačina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. MX jednačina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. MX jednačina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. MX jednačina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5. MX jednačina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Napomena: matrične jednačine 1-5 programiraju se posebno u prozoru jednačina, a rezultat pojedinačnih jednačina predstavljen je signalima MX jednačina, koji se kao i ostali digitalni signali mogu usmjeriti na jedan od izlaznih kontakata.

8. Programiranje PROTLOG logičkih jednačina

8.1. Podešavanje parametara tajmera logičkih jednačina

PROTLOG sistem logičkih jednačina posjeduje 48 ulaznih i 19 izlaznih signala između kojih je moguće pisati logičke veze, odnosno logičke jednačine. Sistem posjeduje i dva dodatna tajmera koji se mogu koristiti pri programiranju, a čiji rad se može kontrolisati podešavanjem određenih parametara. Ti parametri su sljedeći:

Tajmer 1 vremensko kašnjenje pri aktiviranju/resetovanju

Tajmer 1 vremensko kašnjenje - zadaje se u milisekundama

Način rada tajmera se može izabrati podešavanjem prvog parametra a vremensko kašnjenje podešavanjem drugog. Na isti način podešavaju se i parametri za drugi tajmer:

Tajmer 2 vremensko kašnjenje pri aktiviranju/resetovanju

Tajmer 2 vremensko kašnjenje - zadaje se u milisekundama

8.2. Binarni ulazi uređaja

Logički ulazi na poziciji "E" (pogledati oznake kontakata i šemu uređaja u prilogu)

SinhIskAkt. - ovo je osnovni signal komunikacije između dva uređaja zaštite, on može biti komanda, dozvola ili zabrana primljena od zaštite na drugom kraju voda.

Kom.Greška - signal greške u komunikacionom kanalu.

APUaktivan - vanjski impuls za aktiviranje APU.

APUblokada - vanjski impuls za blokiranje APU.

APUzabrana - vanjska zabrana APU. U toku aktivnog stanja ovog ulaza program APU je blokiran.

NT trip-relej - ulaz za signal sa trip-releja u sekundarnom kolu naponskog transformatora. Odgovarajući parametar (*NT trip-relej OK=220 V*) daje informaciju o tipu kontakta trip-releja, odnosno da li se signal isključenja ovog releja daje otvaranjem ili zatvaranjem kontakta.

Ručno uključenje - ulaz za komandu ručnog uključivanja prekidača.

Daljinsko isključenje - ulaz za komandu daljinskog isključenja

Logički ulazi na poziciji "D" (pogledati oznake kontakata i šemu uređaja u prilogu)

APU eksterni start - vanjski signal za start APU

PR_R_Uklj - statusni signal sa R faze prekidača: pol zatvoren

PR_S_Uklj - statusni signal sa S faze prekidača: pol zatvoren

PR_T_Uklj - statusni signal sa T faze prekidača: pol zatvoren

Master_APU_Kašnjenje - jedan od signala master-slave logike: signal je *Slave_APU_kašnj.*

Master_Uključenje_Blokirano - jedan od signala master-slave logike: signal je *KomandaUkljNeakt*.

Ulaz 15 - programabilan ulaz

Ulaz 15 - programabilan ulaz

Logički ulazi na poziciji "C" (pogledati oznake kontakata i šemu uređaja u prilogu)

Opcioni ulaz 17...Opcioni ulaz 24 - programabilni ulazi

8.3. Relejni izlazi uređaja

Relejni izlazi na poziciji "J" (pogledati oznake kontakata i šemu uređaja u prilogu)

Isklj. I R - komanda isključenja R faze

Isklj. I S - komanda isključenja S faze

Isklj. I T - komanda isključenja T faze

Uključenje - komanda uključenja

Relejni izlazi na poziciji "I" (pogledati oznake kontakata i šemu uređaja u prilogu)

Isklj. II R - komanda isključenja R faze

Isklj. II S - komanda isključenja S faze

Isklj. II T - komanda isključenja T faze

K8 - programabilan izlazni kontakt

Relejni izlazi na poziciji "H" (pogledati oznake kontakata i šemu uređaja u prilogu)

Greška - signal greške, odnosno kvara uređaja

K10...K12 - programabilni izlazni kontakti

Relejni izlazi na poziciji "G" (pogledati oznake kontakata i šemu uređaja u prilogu)

K13...K16 - programabilni izlazni kontakti

Relejni izlazi na poziciji "F" (pogledati oznake kontakata i šemu uređaja u prilogu)

K17...K20 - programabilni izlazni kontakti

8.4. Ulazni signali PROTLOG jednačina

NT trip-relej OK - interni logički signal čija je vrijednost 1 ako vrijednost izračunata od signala sa ulaza *NT trip-relej* i parametra *NT trip-relej OK=220 V* ukazuje na ispravno stanje sekundarnog kruga naponskog transformatora, i ovo stanje je nepromijenjeno najmanje 100 ms

SinhIskAkt. - signal za dozvolu komande sinhronizovanog isključenja, čija je vrijednost ekvivalentna vrijednosti signala na ulazu *SinhIskAkt.*

Kom.Greška - u osnovi rada logike daljinskog isključenja je ispravnost komunikacionog kanala između dva kraja voda. Signal sa ulaza *Kom.Greška* daje informaciju o stanju ovog kanala.

Ručno uklj. - komanda sa ulaza *Ručno uključenje*.

Daljinsko isk. - komanda sa ulaza *Daljinsko isključenje*.

APU ekst.start - komanda sa ulaza *APU eksterni start*.

PR_R_Uklj - statusna informacija sa ulaza *PR_R_Uklj* dobijena sa faze R prekidača.

PR_S_Uklj - statusna informacija sa ulaza *PR_S_Uklj* dobijena sa faze S prekidača.

PR_T_Uklj - statusna informacija sa ulaza *PR_T_Uklj* dobijena sa faze T prekidača.

Master_APU_kašnj. - informacija sa ulaza *Master_APU_Kašnjenje*.

Master_Uklj_Blok. - informacija sa ulaza *Master_Uključenje_Blokirano*.

Ulaz 15...Ulaz 24 - informacija sa ulaza 15...24, slobodno programabilni ulazni signali

Z1< prorada - interna logička varijabla: prvi stepen distantne zaštite generisao je komandu isključenja

Z2< t prorada - interna logička varijabla: drugi stepen distantne zaštite generisao je komandu isključenja

Z3< t prorada - interna logička varijabla: treći stepen distantne zaštite generisao je komandu isključenja

Z4< t prorada - interna logička varijabla: četvrti stepen distantne zaštite generisao je komandu isključenja

Z5< t prorada - interna logička varijabla: peti stepen distantne zaštite generisao je komandu isključenja

I> - interna logička varijabla: pobuda pomoćne prekostrujne zaštite

I> t - interna logička varijabla: prorada pomoćne prekostrujne zaštite

U<> - interna logička varijabla: pobuda podnaponske/prenaponske zaštite

U<> t - interna logička varijabla: prorada podnaponske/prenaponske zaštite

SAPU1,2 u toku - interna logička varijabla: prvi ili drugi ciklus sporog APU je u toku

Tajmer1 u toku - interna logička varijabla: odbrojavanje vremena tajmera 1 je u toku

Tajmer 1 isteklo - interna logička varijabla: odbrojavanje vremena tajmera 1 je isteklo

Tajmer2 u toku - interna logička varijabla: odbrojavanje vremena tajmera 2 je u toku

Tajmer2 isteklo - interna logička varijabla: odbrojavanje vremena tajmera 2 je isteklo

Io2>t - interna logička varijabla: prorada pomoćne zemljospojne zaštite

Z1_Neaktivan - interna logička varijabla: prvi stepen distantne zaštite je blokiran

Z2_Neaktivan - interna logička varijabla: drugi stepen distantne zaštite je blokiran

Z3_Neaktivan - interna logička varijabla: treći stepen distantne zaštite je blokiran

Z4_Neaktivan - interna logička varijabla: četvrti stepen distantne zaštite je blokiran

Z5_Neaktivan - interna logička varijabla: peti stepen distantne zaštite je blokiran

R_faza prorada - interna logička varijabla: komanda isključenja R faze pri jednofaznom kratkom spoju

S_faza prorada - interna logička varijabla: komanda isključenja S faze pri jednofaznom kratkom spoju

T_faza prorada - interna logička varijabla: komanda isključenja T faze pri jednofaznom kratkom spoju

3_polno_isklj. - interna logička varijabla: komanda troleznog isključenja

Kvar prekidača - interna logička varijabla: nakon generisanja komande isključenja startuje se tajmer. Ako se kvar ne eliminiše u toku podešenog vremena, vrijednost ovog signala postaje logička 1.

Slave_APU_kašnj. - jedan od osnovnih signala master-slave logike za kašnjenje APU. Izvor je master uređaj.

KomandaUkljNeakt - jedan od osnovnih signala master-slave logike za blokadu APU.

8.5. Izlazni signali PROTLOG jednačina

Z1 neaktivan - blokada prvog stepena distantne zaštite. Podrazumijevano podešenje obezbjeđuje da je prvi stepen distantne zaštite aktivan (nije blokiran). Fiksna blokada moguća je pomoću logičkog signala "vrijednost uvijek 1" (Uvijek uklj.). Ako blokada zavisi od neke logičke veze varijabli može se programirati odgovarajuća logička jednačina između pojedinih varijabli korištenjem PROTLOG jednačina.

Z2 neaktivan - blokada drugog stepena distantne zaštite.

Z3 neaktivan - blokada trećeg stepena distantne zaštite.

Z4 neaktivan - blokada četvrtog stepena distantne zaštite.

Z5 neaktivan - blokada petog stepena distantne zaštite.

Sinh.isklj. ($t_2=0$) - osnovni signal tele-protection logike, čiji je efekat da se vremensko zatezanje podešeno kao parametar za drugi stepen distantne zaštite ignoriše. Ovo znači (ako drugi stepen nije blokiran, i ako je drugi stepen pobuđen) da logička 1 ovog signala rezultuje trenutnom komandom isključenja.

Overreach blok. - u radu funkcija zaštite i APU Overreach je podešeno sljedećim parametrima:

- Prvo isključenje overreach mod?
- 3f isključenje overreach mod dozvoljen?
- Isključenje poslije BAPU overreach mod?
- Isključenje poslije SAPU1 overreach mod?
- Definitivno isključenje overreach mod?

Ovaj logički signal nadvladava prethodna podešenja. Podrazumijevano podešenje je logička 0, što znači da overreaching nije blokirano. Blokada se može programirati PROTLOG logičkim jednačinama.

I> stepen akt. - aktiviranje pomoćne prekostrujne zaštite. Podrazumijevano podešenje je logička 0, što znači da pomoćna prekostrujna zaštita nije aktivirana. Aktiviranje se može programirati pomoću PROTLOG logičkih jednačina.

1polno isk. akt. - u radu funkcija zaštite i APU jednopolno isključenje može se podesiti sljedećim parametrima:

- Jednofazno prvo isključenje dozvoljeno?
- Jednofazno isključenje poslije BAPU dozvoljeno?
- Jednofazno isključenje poslije SAPU1 dozvoljeno?
- Jednofazno definitivno isključenje dozvoljeno?

Ovaj logički signal nadvladava prethodna podešenja. Podrazumijevano podešenje je logička 0, što znači da jednofazno isključenje nije aktivirano. Aktiviranje se može programirati PROTLOG logičkim jednačinama.

Io2> stepen akt. - aktiviranje pomoćne zemljospojne zaštite. Podrazumijevano podešenje je logička 0, što znači da pomoćna prekostrujna zaštita nije aktivirana. Aktiviranje se može programirati PROTLOG logičkim jednačinama.

1.MxJednačina - rezultat prve matrične jednačine, koja predstavlja jedan red u softverskoj matrici. Vrijednost logičke 0 ili 1 prosljeđuje se na jedan ili više izlaznih releja uređaja, zavisno od podešenja u softverskoj matrici. Podrazumijevani rezultat je logička 0, za promjenu vrijednosti zavisno od vrijednosti ulaznih signala potrebno je programiranje PROTLOG jednačinama.

2.MxJednačina - rezultat druge matrične jednačine.

3.MxJednačina - rezultat treće matrične jednačine.

4.MxJednačina - rezultat četvrte matrične jednačine.

5.MxJednačina - rezultat pete matrične jednačine.

Tajmer1 start - startovanje prvog tajmera može se programirati PROTLOG jednačinama. Parametri ovog tajmera su podešenje kašnjenja pri aktiviranju/resetovanju i podešenje kašnjenja.

Tajmer1 stop - zaustavljanje prvog tajmera može se programirati PROTLOG jednačinama.

Tajmer2 start - startovanje drugog tajmera može se programirati PROTLOG jednačinama. Parametri ovog tajmera su podešenje kašnjenja pri aktiviranju/resetovanju i podešenje kašnjenja.

Tajmer2 stop - zaustavljanje drugog tajmera može se programirati PROTLOG jednačinama.

8.6. Isključna logika uređaja

Distantna zaštita DTVA-EP može dati nalog za isključenje prekidača samo na osnovu sljedeće logičke jednačine:

$$\text{Isključenje} = !Z1_Neaktivan * Z1 + !Z2_Neaktivan * Z2 + (T2 + \text{Sink.Isk}(t2=0)) + !Z3_Neaktivan * Z3 * T3 + !Z4_Neaktivan * Z4 * T4 + !Z5_Neaktivan * Z5 * T5 + \text{Daljinsko isk.} + I>\text{stepen akt.} * I> * TI + Io2>\text{stepen akt.} * Io2> * TIo2$$

gdje su logičke funkcije: "+" OR funkcija, "*" AND funkcija, "!" negacija.

Ova jednačina programirana je u osnovnom softveru uređaja, nije potrebno nikakvo dodatno programiranje, i nije je moguće promijeniti. Rezultat jednačine naravno zavisi od vrijednosti njenih argumenata, odnosno od vrijednosti pojedinih logičkih signala koji je čine.

Objašnjenje jednačine:

Bilo koji od pet stepena distantne zaštite može generisati komandu isključenja. Određeni stepen generiše komandu isključenja ako:

- Stepen nije blokiran (npr u PROTLOG logičkim jednačinama $Z3_{neaktivna}=0$, trip-relej u sekundarnom kolu naponskog transformatora mora dati informaciju o ispravnom stanju u trajanju od najmanje 100 ms, što znači da mora postojati odgovarajući ulazni signal na ulazu $NT_{trip-relej}$, i parametar $NT_{trip-relej OK}=220 V$ mora biti na odgovarajući način interpretiran)
- Stepen je pobuđen (npr signal $Z3_{pobuda}=1$) zbog detekcije kvara
- Podešeno vrijeme zatezanja je isteklo (npr $T3$)

Posebnu ulogu ima prvi stepen koji nema dodatnog vremenskog zatezanja, djeluje uvijek sa vremenom koje je potrebno algoritmu da izvrši neophodna računanja, kao i drugi stepen koji može djelovati ubrzano kada se zbog signala $Sinh.Isk(t2=0)$ ignoriše tajmer drugog stepena.

Daljinsko isk. je signal sa ulaza *Daljinsko isključenje*, koji generiše komandu tpolnog isključenja nezavisno od djelovanja funkcija zaštite.

Mogućnost modifikacije isključne logike uređaja ogleda se u programiranju PROTLOG jednačina, gdje se pojedinačni stepeni zaštite mogu blokirati, vremensko zatezanje drugog stepena može se ignorisati podešavanjem signala $Sinh.Isk(t2=0)$,

9. Hardverske jedinice uređaja

DTVA-EP numerička distantna zaštita sa uređajem za APU je modularan uređaj. Lokacije modula označene su sa lijeva na desno slovima od A do V. Naredna lista objašnjava identifikacioni kod modula i četverocifreni identifikacioni broj:

A.) T [EU-TAP(4A) P386] 4558 - DC/DC napojna jedinica distantne zaštitei uređaja za APU. Opseg napona napajanja je 88-310 V. Na štampanoj ploči postoji i optokaplerski ulaz za sinhronizaciju sata.

B.) [EU-TAST P369/4] 4732 ili 5629 - Ova specijalna jedinica locirana je vertikalno ispod prednje ploče uređaja, a sadrži displej, tastaturu, serijski komunikacioni interfejs, LED diode za signalizaciju, itd.

C.) O [EU-OPTO P354] 4733 - Osam optokaplerskih digitalnih ulaza (Ulaz17...Ulaz24), opciono.

D.) O [EU-OPTO P354] 4733 - Osam optokaplerskih digitalnih ulaza.

E.) O [EU-OPTO P354] 4733 - Osam optokaplerskih digitalnih ulaza.

F.) R4E [EU-RELÉ P353] 4731 - Četiri izlazna releja (K17, K18, K19 i K20).

G.) R4 [EU-RELÉ P353] 4758 - Četiri izlazna releja (K13, K14, K15 i K16).

H.) R4E [EU-RELÉ P353] 4731 - Četiri izlazna releja (signal greške, K10, K11, K12).

I.) R4 [EU-RELÉ2 P353] 4758 - Četiri izlazna releja (R II isk, S II isk, T II isk, K8).

J.) R4E [EU-RELÉ P353] 4731 - Četiri izlazna releja (R I isk, S I isk, T I isk, Uključenje).

K.) M [EU-UKE I96A P382] 4729 - interni sistem za nadzor prekidačkih krugova.

L.) CPU ZI [EU ZAVARIRO P395] 5984 - modula registratora poremećaja, kao opcija.

M.) CPU MAIN [EU-198A P436] 7069 - Centralna procesorska jedinica sa glavnim procesorom i DSP procesorom, memorijom, I/O kontrolerima, serijskim ulazima/izlazima, konektorom za fiber-optički kabl sa svojim drajverom, internom provjerom programa pomoću "Watch Dog" kola, registratorom događaja sa memorijom za 50 događaja, regostratorom niza digitalnih događaja sa memorijom za 300 događaja sa rezolucijom 1 ms.

N.) Opcioni interfejs za SCADA sistem.

O.) i P.) Opcioni dodatak za longitudinalnu diferencijalnu zaštitu.

R.) A/D [EU-AD8 P372] 7096 + 7111 - A/D konvertor, multiplekser, kolo za odabiranje i zadržku.

S.) i T.) FV [EU-DTVA-U P407] 5832 - Naponska ulazna jedinica (tri pomoćna NT).

U.) i V.) [EU-DTVA-I P412] 6250 - Trofazna strujna ulazna jedinica (tri pomoćna NT).

Modul se može zamijeniti drugim modulom samo ako je kod modula identičan (npr. A/D, AV), ako su četverocifreni brojevi identični, i ako je verzija EPROM-a (ukoliko postoji) na ploči takođe identična. U svakom drugom slučaju, kontaktirajte proizvođača.

10. Tehnički podaci

Nominalna sekundarna struja, I_n	1 A ili 5 A
Nominalni sekundarni napon, U_n	100 V ili 200 V
Nominalna frekvencija	50 Hz
Kapacitet preopterećenja, naponski krug, kontinualno strujni krug, kontinualno 1 s	1,3x U_n 4x I_n 100x I_n ($I_n=1$ A) 50x I_n ($I_n=5$ A)
Dinamička strujna granica	100x I_n
Potrošnja u krugu strujnog transformatora	5 A <0.5 VA 1 A <0.1 VA
Potrošnja u krugu naponskog transformatora	<1.5 VA
Tačnost, impedantni releji (preko 50% I_n)	± 5%
Tačnost, prekostrujni releji (preko 50% I_n)	± 2%
Tačnost, digitalni tajmeri	± 3% (pri koraku 10 ms) ± 12 ms (pri koraku 1 s)
Histerezis, impedantni stepeni	15 %
Omjer otpuštanja, prekostrujni relej	95%
Broj digitalnih optokaplerskih ulaza	16 kom, + 8 kom kao opcija
Broj izlaznih kontakata	20 kom
Tip kontakata	8 fiksni (7 NO, 1 NC), 12 programabilnih
Izlazni kontakti, električne karakteristike	
Nominalni napon	250 V
Struja kontinualnog opterećenja	8 A
Struja uklopa	16 A
Struja isklopa pri 220V DC, čisto omsko opterećenje	0,25 A
L/R=40 ms	0,14 A
Pomoćni DC napon	220 V ili 110 V (opseg 88...310 V)
Dozvoljena temperatura ambijenta	0° do 50° C
Test izolacije (IEC 255)	2 kV, 50 Hz 5 kV, 1.2/50 μ s
Test poremećaja (IEC 255)	2.5 kV, 1 MHz
Test elektrostatičkog pražnjenja (ESD; IEC 801-2)	8 kV
Burst test, (IEC 801-4)	2 kV
Test na elektromagnetske smetnje	IEC 801-3
Opsezi podešavanja:	
Impedantni stepeni, na realnoj osi, R_1 na imaginarnoj osi, X_1	(0-10000)*(*10*Cu*Ci) m Ω korak 10*(*10*Cu*Ci) m Ω (0-10000)*(*10*Cu*Ci) m Ω korak 10*(*10*Cu*Ci) m Ω
Podešenje usmjerenog releja, uglovni koeficijent na X osi, - R_1/X_1 uglovni koeficijent na R osi, - X_1/R_1	0-50%, korak 1% 0-50%, korak 1%
Z4, smjer	1/0 (1=naprijed, 0=nazad)
Z5, smjer	1/0 (1=naprijed, 0=nazad)
Linijska impedansa za lokator greške $X_n(\text{linije})(*10*Cu*Ci)$	100-5000 m Ω , korak 10 m Ω
$3I_0$ zemljospojna zaštita, a	0-100%, korak 2%
$3I_0$ detektor greške, osnovna osjetljivost	10-50%, korak 1%
$3I_0$ detektor greške, nagib	5-30%, korak 1%
Faktor iz prethodnih parametarskih jednačina: (*10*Cu*Ci)= $U_n / (10*I_n)$	
Nominalna primarna struja strujnog transformatora	50-1500 A, korak 25 A
Prekostrujni relej, $I > I_n$	30-2500%, korak 5%

DTVA-EP

Naponski stepen, U_{\leq}/U_n	0-100%, korak 2%
Tip naponskog stepena, U_{\leq}	0/1 (0=prenaponski, 1=podnaponski)
Tajmer impedantnog stepena (osim prvog stepena), t	0-60000 ms, korak 10 ms
Tajmer prekostrujnog stepena, $t(I_{\leq})$	0-60000 ms, korak 10 ms
Tajmer naponskog stepena, $t(U_{\leq})$	0-60000 ms, korak 10 ms
Tajmer signala spremnosti za rad, t(greške)	0-600 s, korak 1 s
Tajmer jednačina, t	0-60000 ms, korak 10 ms
BAPU i SAPU mrtvo vrijeme	0-60000 ms, korak 10 ms
1polno APU mrtvo vrijeme	0-600 s, korak 1 s
Eksterna komunikacija	RS 232/optički kabl
Eksterna komunikacija, brzina prenosa (BaudRate)	150 do 19200, korak:2x
Način rada optičkog kabla	Radikalni ili petlja
Dnevni automatski samonadzor, vrijeme startovanja	0 do 23 h 59 min, korak 1 min
Automatski samonadzor, blokada	do 60 min
Broj podstanica u sistemu	0-254
Broj uređaja u podstanici	0-254

11. Dizajn, veličina

EuroProt uređaj uvijek se montira u rekeve i dizajniran je u dva oblika. Jedan je pogodan za ugradnju u standardni 19" rek, a drugi je u kućištu koje se montira na relejnu ploču.

Dizajn	Širina	Visina	Dubina
Za 19" ormar	483 mm	132,5 mm	201 mm
Za ploču	490 mm	250 mm	250 mm

Težina 8 kg.

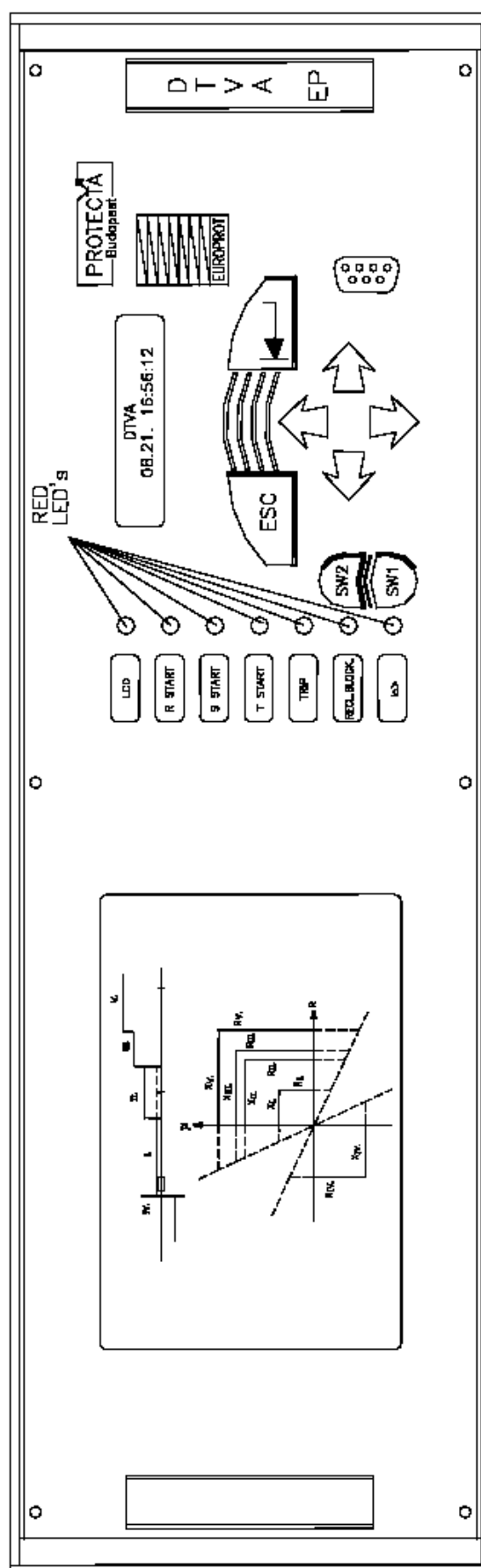
12. Opcije

- Digitalni registrator poremećaja (pogledati poseban opis)
- Longitudinalna diferencijalna zaštita
- SCADA konekcija (pogledati opis EuroProt sistema)
- Izlazni releji sa prekidnom moći 4 A
- Ulaz za toroidalni tip strujnog transformatora
- 8 binarnih ulaza za PROTLOG jednačine

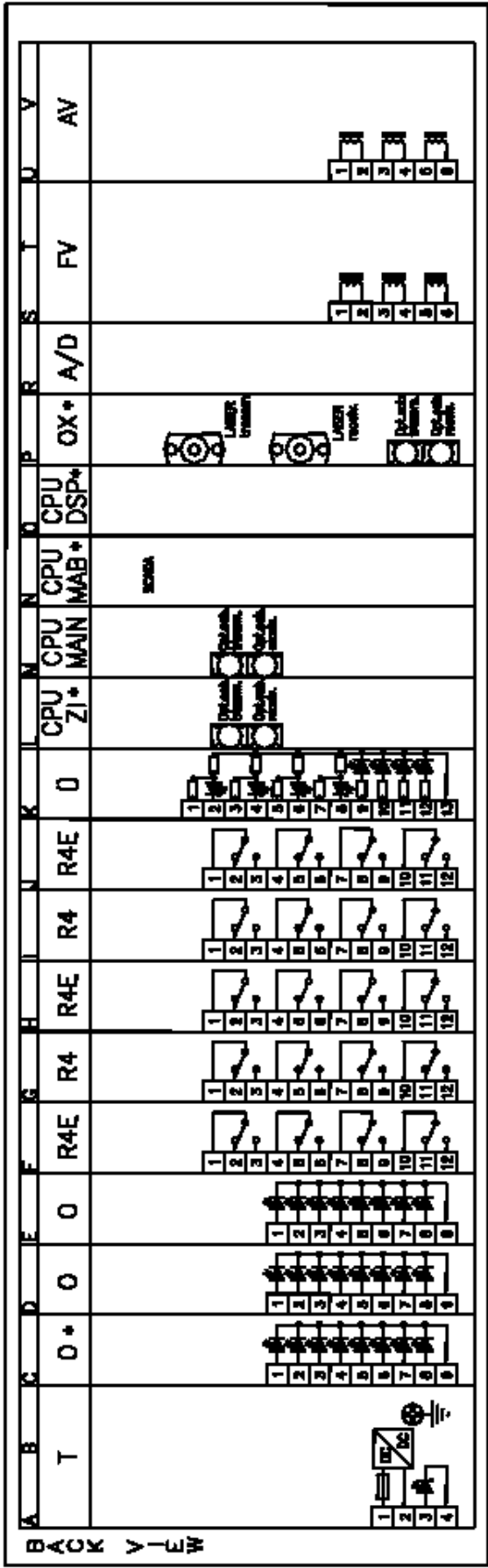
13. Podaci za narudžbu

- Tip zaštite (DTVA-EP)
- Tip kućišta (za 19" rek ili samostalno kućište)
- Nominalna struja (1 A, 5 A)
- Nominalni napon (100 V, 200 V)
- Tip izlaznih kontakata (NC ili NO)
- Opcije

Dodatak A - izgled prednje ploče uređaja



Dodatak B - izgled zadnje ploče uređaja



Dodatak C - oznake kontakata

"U", "V" ST		
Rb	Oznaka	ext
6	Ir	02
5	Ir	2
4	Is	03
3	Is	3
2	It	04
1	It	4

"S", "T" NT		
rb	Oznaka	ext
6	Uo	5*
5	Ur	6
4	Uo	5*
3	Us	7
2	Uo	5*
1	Ut	8

"K" sistem nadzora		
rb	Oznaka	ext
1	M+	9*
2	Isk. I R	10*
3	M+	9*
4	Isk. I S	11*
5	M+	9*
6	Isk. I T	12*
7	J+	13*
8	Uklj.	14*
9	M2+	15*
10		
11		
12		
13	Optokapler -	69*

"J" R4E		
rb	Oznaka	ext
1	M+	9*
2		
3	Isk. I R	10*
4	M+	9*
5		
6	Isk. I S	11*
7	M+	9*
8		
9	Isk. I T	12*
10	J+	13*
11		
12	Uklj.	14*

"I" R4		
rb	Oznaka	ext
1	+	15
2		
3	Isk. II R	16
4	+	15
5		
6	Isk. II S	17
7	+	15
8		
9	Isk. II T	18
10	+	19
11		
12	K8	20

"H" R4E		
rb	Oznaka	ext
1	+	21
2	Greška	22
3		
4	+	23
5		
6	K10	24
7	+	25
8		
9	K11	26
10	+	27
11		
12	K12	28

"G" R4		
rb	Oznaka	ext
1	+	29
2		
3	K13	30
4	+	31
5		
6	K14	32
7	+	33
8		
9	K15	34
10	+	35
11		
12	K16	36

"F" R4E		
rb	Oznaka	ext
1	+	37
2		
3	K17	38
4	+	39
5		
6	K18	40
7	+	41
8		
9	K19	42
10	+	43
11		
12	K20	44

"E" OPTOKAPLER		
rb	Oznaka	ext
1	SinhlskAkt.	45
2	Kom.Greška	46
3	APUaktivn	47
4	APUblokada	48
5	APUzabrana	49
6	NT trip-relej	50
7	Ručno uklj.	51
8	Daljinsko isk.	52
9	OPTO -	69*

"D" OPTOKAPLER		
rb	Oznaka	ext
1	APU ekst.start	45
2	PR_R_Uklj	46
3	PR_S_Uklj	47
4	PR_T_Uklj	48
5	Master APU kaš.	49
6	Master Uklj Blok.	50
7	Ulaz15	51
8	Ulaz16	52
9	OPTO -	69*

"C" OPTOKAPLER		
rb	Oznaka	ext
1	Ulaz17	45
2	Ulaz18	46
3	Ulaz19	47
4	Ulaz20	48
5	Ulaz21	49
6	Ulaz22	50
7	Ulaz23	51
8	Ulaz24	52
9	OPTO -	69*

"A", "B" TAP		
rb	Oznaka	ext
1	Napajanje+	54
2	Napajanje-	55
3	Clocksynchron+	56
4	Clocksynchron-	57

Napomena: slova u prvom redu označavaju poziciju određenog modula, brojevi u prvoj koloni označavaju redni broj kontakta na odgovarajućem modulu, druga kolona je oznaka kontakta, treća je redni broj kontakta na rednoj stezaljci u slučaju kućišta za nadgradnju (kontakti sa prednje strane), kontakt označen sa "" označava višestruku vezu kontakta.*

Dodatak D - vezivanje mjernih transformatora

