

Selektivna zemljospojna zaštita za distributivne izvode

Jelisaveta Krstivojević

Energetika/Katedra za elektroenergetske sisteme
Elektrotehnički fakultet
Beograd, Srbija
j.krstivojevic@etf.rs

Milenko Đurić

Energetika/Katedra za elektroenergetske sisteme
Elektrotehnički fakultet
Beograd, Srbija
mdjuric@etf.rs

Sadržaj— U radu je predstavljen algoritam za usmerenu zemljospojnu zaštitu koji bi se koristio u izolovanoj mreži. Ideja je da se realizuje usmereni zemljospojni relej za veći broj vodova koji polaze sa sabirnica. Releji bi kao ulazne signale koristio samo nulte struje iz obuhvatnih strujnih transformatora, koje bi upoređivao po fazi smatrajući neku nultu struju referentnom. Ona struja koja bi bila suprotnog smera u odnosu na sve ostale ukazivala bi na odvod sa zemljospojem. U programskom paketu Matlab – Simulink razvijen je model mreže u kojoj je simuliran zemljospoj. Simulacijama su generisani potrebni ulazni signali kojima je testiran rad algoritma. Razvoj algoritma, formiranje modela za simulaciju i rezultati testova su dati u radu.

Ključne riječi- 1 digitalna zaštita; 2 zemljospojna zaštita; 3 fazni komparator.

I. UVOD

Jedno od pozitivnih svojstava rešenja sa izolovanom neutralnom tačkom je to da se jednofazni zemljospojevi, zbog malih struja, ne moraju isključivati automatski. U aktuelnim tehničkim preporukama JP Elektroprivreda Srbije naglašeno je da svaki zemljospoj u izolovanoj mreži treba eliminisati najkasnije za dva časa. Na ovaj način omogućava se samogašenje velikog broja prolaznih zemljospojeva. Zemljospoj izaziva male struje kvara i ne utiče na rad potrošača, jer se međufazni naponi ne menjaju. Međutim, treba imati u vidu da duži rad mreže pod zemljospojem može nepovoljno uticati na sigurnost rada pojedinih elemenata mreže i postrojenja.

Kod mreža sa izolovanom neutralnom tačkom zemljospojna zaštita zavisi od veličine kapacitivne struje zemljospoja galvanski povezane mreže. Veličine kapacitivnih struja zemljospoja nadzemnih vodova su male, na 10 kV iznose oko 0,03 A/km, dok su kod kablovskih vodova znatno veće i iznose oko 1,4 A/km.

Selektivna zemljospojna zaštita se obavezno primenjuje ako ukupna kapacitivna struja zemljospoja u mreži 10 kV (20 kV) prelazi 10 A, može da se primeni i pri nižim vrednostima struje zemljospoja, ali ne ispod 1 A. [1]

II. JEDNOFAZNI ZEMLJOSPOJ U IZOLOVANOJ MREŽI

Posmatra se zemljospoj u složenoj izolovanoj mreži (Sl. 1) sa tri voda i sabirnicama ABC [2]. Neka se dogodio zemljospoj na fazi A voda III. Struja kvara rasprostire se na sve vodove mreže. Na Sl. 1. nisu prikazani kapaciteti faza A prema zemlji, jer nisu pod naponom. Kroz provodnike

faze A u mreži struja teče od izvorne tačke, faze A transformatora, do mesta kvara najkraćim putem. Struja zemljospoja na mestu kvara utiče u zemlju, a zatim se kroz kapacitete prema zemlji faza B i C svih elemenata vraća u mrežu.

Struje kroz obuhvatne transformatore 1 i 2 teku od voda ka sabirnicama, dok struja kroz transformator 3 teče od sabirnica ka vodu. Smer struje kroz obuhvatni transformator na vodu sa zemljospojem je suprotan od smera struja kroz ostale obuhvatne transformatore.

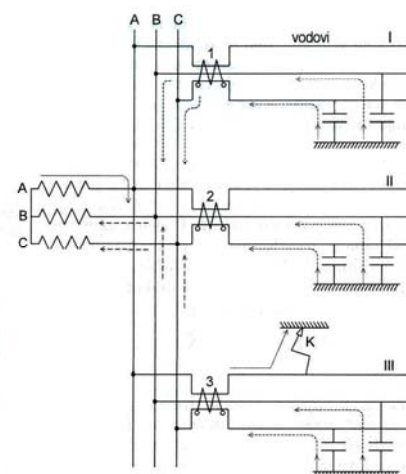
Upravo ova činjenica je iskorišćena prilikom razvoja algoritma za usmerenu zemljospojnu zaštitu, koji će biti predstavljen u ovom radu.

III. DIGITALNI FAZNI KOMPARATOR

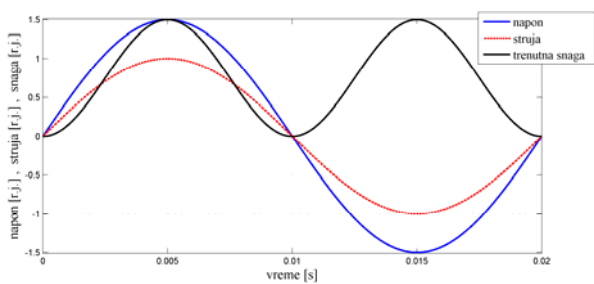
Usmereni releji se u relejnoj zaštiti koriste da bi proširili selektivnost pojedinim vrstama zaštite (prekostrujnoj, zemljospojnoj, distantnoj, itd.). Da bi se odredio smer struje potrebno je odrediti njen fazni pomeraj u odnosu na neku referentnu veličinu, koja može biti napon ili neka druga struja. [3]

Razvijeni algoritam pri određivanju smera struje ne računa ugao između struje i druge referentne veličine, već koristi metodu integracije trenutne snage na polovini periode osnovnog harmonika signala, koji je detaljno opisan u [2].

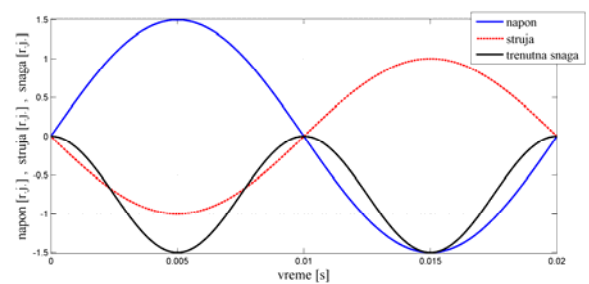
Na Sl. 2 i Sl. 3 su prikazani talasni oblici napona i struje za slučajeve kada su napon i struja u fazi, i slučaj kada su fazno



Slika 1. Raspodela struje zemljospoja u izolovanoj mreži sa tri voda



Slika 2. Signali struje i napona su u fazi



Slika 3. Signali struje i napona su fazno pomereni za 180°

pomereni za 180°. U prvom slučaju trenutna snaga je pozitivna u svakom trenutku, tada je i integral trenutne snage računat na intervalu dužine poluperiode pozitivan. Kada su signali napona i struje u protivfazi trenutna snaga je negativna u svakom trenutku. Integral trenutne snage na intervalu dužine poluperiode takođe je negativan (Sl 4).

Algoritam koji se bazira na integralu trenutne snage, računatom na intervalu dužine polovine periode ima osobine faznog komparatora. Integral je po modulu maksimalan ako su struja i napon u fazi ili protivfazi. Tada je usmereni relej sa ovakvim algoritmom najosetljiviji.

Neka su odbirci struje i napona smešteni u posebnim registrima dužine ($m/2$):

$$\left[i_1 \quad i_2 \quad i_3 \quad \dots \quad i_{(m/2-1)} \quad i_{m/2} \right] \quad (1)$$

$$\left[u_1 \quad u_2 \quad u_3 \quad \dots \quad u_{(m/2-1)} \quad u_{m/2} \right], \quad (2)$$

gde je m – paran broj odbiraka u periodu signala.

Integral trenutne snage može se odrediti pomoću sume:

$$E_p = T \sum_{n=1}^{m/2} u(n) \cdot i(n), \quad (3)$$

gde je: T – perioda odabiranja.

Numerička vrednost ovog integrala zavisi od amplitude signala (napona i struje). Na osnovu apsolutne vrednosti integrala teško je proceniti udaljenost od granice usmerenosti. Ova mana se otklanja normalizacijom izraza (3). Normalizovana vrednost se dobija kada se izraz (3) podeli integralom snage koji se dobija kada su napon i struja u fazi:

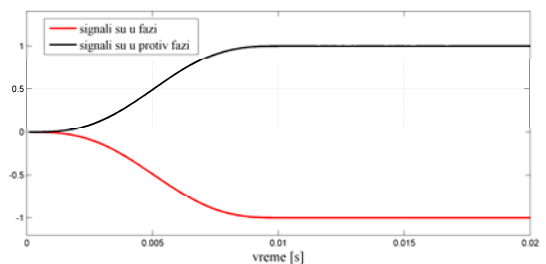
$$E_s = 2 \int_0^{T/2} UI \cos(\omega t) \cos(\omega t) dt = \frac{UIT_1}{2} = \frac{UImT}{2}, \quad (4)$$

gde je T_1 – perioda signala.

Bez obzira na stvarne vrednosti napona i struje normalizovana vrednost integrala trenutne snage leži u opsegu [-1, 1], odnosno jednaka je faktoru snage:

$$E_{r.j.} = \frac{E_p}{E_s} = \frac{T \sum_{n=1}^{m/2} u(n) \cdot i(n)}{\frac{UImT}{2}} = \frac{2 \sum_{n=1}^{m/2} u(n) \cdot i(n)}{UIm} = \cos \varphi \quad (5)$$

Algoritam za usmerenu zemljospojnu zaštitu koji će biti predstavljen u ovom radu, vrši faznu komparaciju nultih struja primenom prikazanog metoda. S tim što algoritam za proračun faznog pomeraja između signala ne koristi napon kao referentnu veličinu, već jednu od nultih struja koje se releju dovode kao ulazni signali.

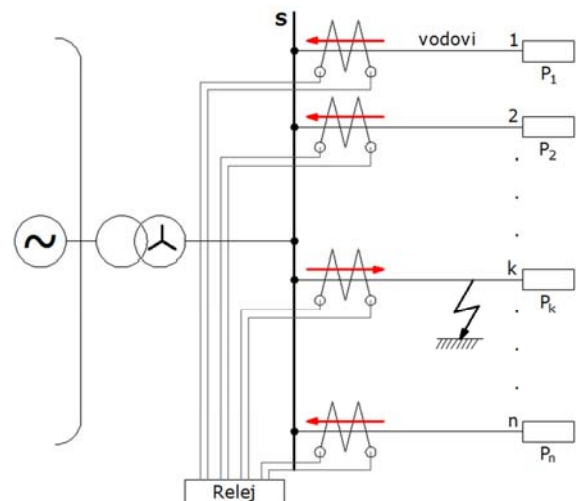


Slika 4. Normalizovani integrali $E_{r.j.}$ - slučajevi kada su signali napona i struje u fazi i u protivfazi

IV. RAZVOJ ALGORITMA

Posmatrajmo sabirnice S sa kojih polazi (N) vodova na čijem kraju se nalaze potrošači (Sl. 5.). Na početku svakog voda nalazi se obuhvatni strujni transformator. Zvezdište energetskog transformatora je izolovano. Ulazne signale releja čine nulte struje svih obuhvatnih strujnih transformatora.

Ako se dogodi zemljospoj na nekom od vodova u opisanoj mreži, da bi relej mogao korektno da radi potrebno je da broj vodova (n) koji polaze sa sabirnica (i koji su pri tom u pogonu) ne bude manji od tri. Ukoliko bi bilo ($n=2$), u slučaju pojave zemljospoja na nekom od ova dva voda, relej ne bi mogao upoređivanjem faza dve nulte struje da odredi na kom odvodu se dogodio zemljospoj. Za slučaj da je ($n \geq 3$) i na bilo kom od tih (n) vodova se dogodi zemljospoj, tada bi na ulaz



Slika 5. Raspodela struje zemljospoja u izolovanoj mreži sa n vodova

releja bilo dovedeno (n) nultih struja, od kojih bi (n-1) struja tekla od voda ka sabirnicama, a jedna bi tekla od sabirnica ka vodu. Poređenjem ovih signala i pronalaženjem struje koja ima suprotan smer u odnosu na sve ostale relej bi mogao da odredi na kom odvodu se dogodio zemljospoj.

Po nastanku zemljospoja računanjem potrebnih integrala, relej na osnovu dobijenih vrednosti prvo određuje uklopno stanje. Nakon toga vrši se provera koliko ima vodova koji su u pogonu. Ako bi ovaj broj bio manji od tri relej bi dao obaveštenje da nije u mogućnosti da odredi na kom od vodova je došlo do zemljospoja.

Na Sl. 6 prikazana je struktura algoritma za određivanje odvoda na kome je kvar. Mogu se uočiti sledeći algoritamski koraci:

1. U prvom koraku vrši se *A/D konverzija signala*. Sa zadatom periodom odabiranja odbirci svih ulaznih signala smeštaju se u posebne vektore dužine $m/2$, gde je m paran broj odbiraka u jednoj periodu signala. Na taj način formira se (N) pomoćnih vektora:

$$\begin{bmatrix} i_{01_1} & i_{01_2} & i_{01_3} & \dots & i_{01_m/2-1} & i_{01_m/2} \end{bmatrix} \quad (6)$$

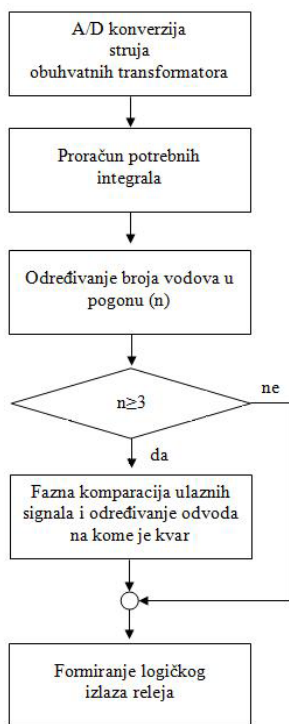
$$\begin{bmatrix} i_{02_1} & i_{02_2} & i_{02_3} & \dots & i_{02_m/2-1} & i_{02_m/2} \end{bmatrix} \quad (7)$$

...

$$\begin{bmatrix} i_{0k_1} & i_{0k_2} & i_{0k_3} & \dots & i_{0k_m/2-1} & i_{0k_m/2} \end{bmatrix} \quad (8)$$

...

$$\begin{bmatrix} i_{0N_1} & i_{0N_2} & i_{0N_3} & \dots & i_{0N_m/2-1} & i_{0N_m/2} \end{bmatrix} \quad (9)$$



Slika 6. Struktura programa

gde su:

- N – ukupan broj vodova koji polaze sa sabirnica S;
- m – paran broj odbiraka u periodu signala;
- j – indeks odbirka u pomoćnom vektoru ($j=1, 2, \dots, m/2$);
- $i_{0i-j} - j$ – ti odbirak nulte struje i – tog voda.

Nakon uzimanja svakog novog odbirka izvršava se aktualizacija vektora tako što se najstariji član, sa indeksom 1 odbaci, ostali članovi se "pomere" za jednu poziciju ulevo, indeksi im se smanje za jedan, a novi član se upiše na poslednju poziciju i dodeli mu se indeks $m/2$. Tako se dobijaju klizeći prozori, a odbirci signala se tretiraju kao skalari.

2. *Proračun potrebnih integrala*. U opštem slučaju prilikom poređenja ulaznih signala za (N) vodova, broj različitih parova koje je moguće formirati jednak je broju kombinacija bez ponavljanja druge klase N-točlanog skupa, odnosno:

$$\binom{N}{2} = \frac{N \cdot (N-1)}{2} \quad (10)$$

Za ovako formirane parove proračunava se vrednost integrala primenom sledećeg izraza:

$$I_{ij} = \frac{2}{m} \sum_{n=1}^{m/2} i_{0-i}(n) \cdot i_{0-j}(n), \quad (11)$$

gde su:

- $i=1, 2, \dots, N; j=1, \dots, N; (i \neq j)$;
- i_{0-i} – odbirak nulte struje i – tog odvoda;
- i_{0-j} – odbirak nulte struje j – tog odvoda.

Ukoliko bi to bilo potrebno releju se može dodati i funkcija merenja efektivnih vrednosti nultih struja. Algoritam bi tada bio dopunjen tako da proračunava ove pomenute veličine, koje bi zatim mogle da se iskoriste i za proračun normalizovane vrednosti izraza (11):

$$I_{ij}(r.j.) = \frac{\frac{2}{m} \sum_{n=1}^{m/2} i_{0-i}(n) \cdot i_{0-j}(n)}{I_{0i} \cdot I_{0j}} \quad (12)$$

gde su:

- $i=1, 2, \dots, N; j=1, \dots, N; (i \neq j)$;
- i – oznaka "referentnog" voda;
- I_{0i} – efektivna vrednost struje i – tog odvoda;
- I_{0j} – efektivna vrednost struje j – tog odvoda.

Prilikom fazne komparacije, koja će naknadno biti opisana, može se koristiti bilo koji od prethodna dva izraza. U algoritmu čiji će rad biti testiran i predstavljen u ovom radu za proračun integrala korišćen je izraz (11).

3. *Određivanje broja vodova koji su u pogonu (n)*. Pre nego što se pristupi određivanju na kom vodu je došlo do zemljospoja, neophodno je proveriti da li je moguća primena razvijenog algoritma, odnosno potrebno je odrediti uklopno stanje i proveriti da li broj vodova u pogonu nije manji od tri.

U prethodnom koraku pomoću izraza (11) dobijene su vrednosti integrala I_{ij} za sve moguće parove ulaznih signala.

Ako k -ti vod nije u pogonu, svi odbirci i_{0-k} u vektoru (8) biće jednaki nuli i pre i nakon nastanka zemljospoja. Takođe, svi integrali I_{ij} koji su proračunati pomoću struje i_{0-k} biće jednaki nuli.

Počev od $i=1$ za svako $j=i+1, \dots, N$ redom se proverava da li su I_{ij} ($I_{12}, I_{13}, \dots, I_{1N}$) jednaki nula. Posmatrajući period posle nastanka zemljospoja, ako se za neko i i $j=i+1, \dots, N$ dobije da je svaki I_{ij} jednak nuli, to znači da je taj i -ti vod van pogona. Dakle, ako svi integrali ($I_{12}, I_{13}, \dots, I_{1N}$) imaju vrednost nula, vod 1 je van pogona. Posle čega se i uveća za 1 ($i=2$) i ponovo za svako $j=i+1, \dots, N$ redom provere svi I_{ij} ($I_{23}, I_{24}, \dots, I_{2N}$). Postupak se ponavlja sve dok se ne pronađe prvi integral I_{ij} čija je vrednost različita od nule. Tada se taj i -ti vod proglašuje referentnim $i_{ref}=i$. U slučaju kada bi svi integrali za sve proračunate parove bili jednaki nuli program bi promenljivoj i_{ref} dodelio vrednost nula.

Sada se, ako je u prethodnom koraku dobijeno i_{ref} različito od 0, prebroje svi integrali $I_{i_{ref},j}$ za svako $j=i_{ref}+1, \dots, N$ koji su različiti od nula. Prebrojana vrednost uvećana za jedan predstavlja broj vodova koji su u pogonu (n). Prilikom brojanja integrala nije potrebno vršiti proveru za $j < i_{ref}$ iz razloga što je prilikom određivanja i_{ref} utvrđeno da je to broj (oznaka) prvog voda koji je u pogonu.

4. Ukoliko se proverom uklopnog stanja prekidača dobije podatak da je broj (n) manji od tri, relej daje obaveštenje da nije u mogućnosti da odredi na kom od vodova je došlo do zemljospoja. Za $n \geq 3$, relej prelazi na sledeći algoritamski korak.

5. Metod na kome se bazira fazna komparacija je opisan u prethodnom odeljku. Nakon što su proračunate potrebne sume, upoređivanjem dobijenih vrednosti određuje se izvod na kome se dogodio zemljospoj.

U prethodnom koraku određen je referentni vod, pa se na dalje koriste samo integrali I_{ij} ($i=i_{ref}, i \neq j$). Što znači da nam po određivanju referentnog voda za faznu komparaciju nije potrebno $\binom{N}{2}$ integrala (izraz (10)), već $(N-1)$.

Tabela 1 prikazuje znak proračunatog integrala na polovini osnovne periode signala prilikom fazne komparacije nulte struje voda 1 ($i=i_{ref}=1$) sa nulnim strujama svih ostalih vodova ($j=2, 3, \dots, k, \dots, N$). Svaka kolona pokazuje znakove integrala za slučaj zemljospoja na nekom od vodova: 1, 2, 3, k ili N. U tabeli znak “+” označava da je u datom slučaju proračunati integral pozitivan, a “-“ da je negativan.

TABELA 1 Znak integrala I_{ij} u slučaju zemljospoja na nekom od vodova

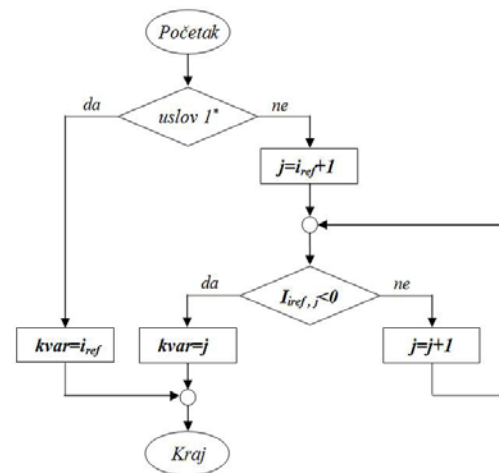
I_{ij} ($i \neq j, i=i_{ref}=1$)	za zemljospoj na vodu				
	1	2	3	k	N
I_{12}	-	-	+	+	+
I_{13}	-	+	-	+	+
...
I_{1k}	-	+	+	-	+
...
I_{1N}	-	+	+	+	-

Dakle, slučaj kada su svi integrali u koloni negativni ukazuje na to da je zemljospoj na referentnom i -tom odvodu. Dok slučaj kada je negativan samo jedan integral I_{ik} , a svi ostali integrali I_{ij} ($i=1, j=2, \dots, N, j \neq k$ i $i \neq j$) pozitivni, ukazuje na to da je zemljospoj na k -tom odvodu. Ovo se može uočiti posmatranjem druge i pete kolone u tabeli 1, koje odgovaraju zemljospoju na vodu 1 i zemljospoju na vodu k , respektivno.

Kao što je već objašnjeno, može se dogoditi da neki od integrala $I_{i_{ref},j}$ bude jednak nuli i pre i posle zemljospoja. Takvi integrali u ovom algoritamskom koraku nemaju uticaja na određivanje voda na kome je kvar.

Opisani podalgoritam za određivanje odvoda sa kvarom prikazan je na Sl 7.

Promenljivoj $kvar$ se dodeljuje oznaka (broj) odvoda na kome se dogodio zemljospoj.



Slika 7. Podalgoritam za određivanje odvoda sa kvarom

*uslov 1: ispituje se da li svi integrali $I_{i_{ref},j}$ imaju negativnu vrednost

5. Formiranje logičkog izlaza releja. Vrednost promenljive $kvar$ se u svakom ciklusu dodeljuje promenljivoj $izlaz$. Logički izlaz releja se prikazuje u obliku step-funkcije u skladu sa izrazom (13).

$$izlaz(x) = \begin{cases} 0 & , \text{ ukoliko je } n < 3 \\ & n \text{ je broj vodova u pogonu} \\ i & , \text{ ako je kvar na vodu } i \\ & \text{gde je } i = 1, 2, \dots, N, \\ & N \text{ je ukupan broj vodova} \\ & \text{koji polaze sa sabirnica } S \end{cases} \quad (13)$$

V. FORMIRANJE MODELA ZA SIMULACIJU

U cilju provere rada opisanog releja napravljen je model za simulaciju zemljospoja u izolovanoj mreži sa pet odvoda, pomoću koga se generišu ulazni signali potrebni za simulaciju rada releja.

Model mreže u kojoj je simuliran zemljospoj razvijen je u programskom paketu Matlab – Simulink. Dok je simulacija rada usmerenog zemljospojnog releja ostvarena pisanjem

odgovarajućeg programskog koda (m – fajla). Tokom simulacije zemljospoja signali od interesa, odnosno ulazni signali koji se dovode zemljospojnom releju, se u obliku odbiraka sa zadatom frekvencijom odabiranja upisuju u poseban fajl. Simulator rada releja učitava ovaj fajl, a zatim ga dalje obrađuje na način koji je objašnjen u prethodnom odeljku.

Principiska šema na osnovu koje je formiran Simulink model je prikazana na Sl. 8. Simulink model se sastoji od dve vrste blokova: raspoloživih blokova Simulink biblioteke, kojim su predstavljeni modeli napojne mreže, energetskog transformatora, prekidača, vodova sa raspodeljenim parametrima, trofaznih potrošača i blok kojim se zadaje kvar, i blokova koji su kreirani u skladu sa potrebama simulacije kojim su predstavljeni obuhvatni strujni transformatori.

Osnovni podaci o sprovedenim simulacijama jednofaznog zemljospoja:

- ukupno vreme simulacije je iznosilo 0,25 s;
- trenutak nastanka kvara je 0,04 s od početka simulacije;
- simuliran je samo metalni zemljospoj;
- broj odbiraka u osnovnoj periodi signala $m=40$;
- frekvencija odabiranja $f_{odb}=2$ kHz
- elementi mreže:

energetski transformator – X kV/10 kV sa izolovanim zvezdištem sekundarnog namotaja.

vodovi – izvršene su simulacije kada sa sabirnica polaze:

1. kablovski vodovi ($\omega\epsilon_0 \approx 80 \cdot 10^{-6}$ S/km) i
2. nadzemni vodovi ($\omega\epsilon_0 \approx 1,6 \cdot 10^{-6}$ S/km).

vodovi su različitih dužina (d_1, d_2, d_3, d_4, d_5);

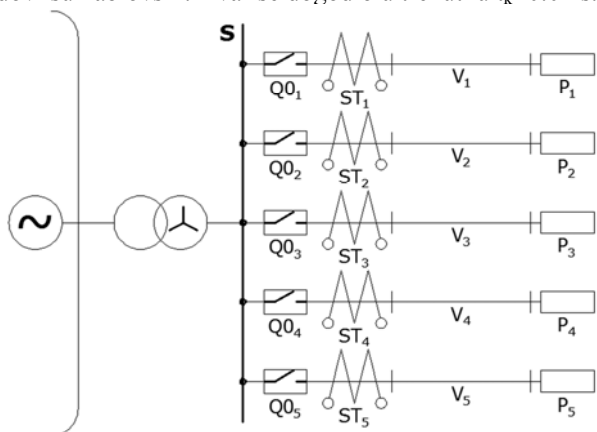
trofazni potrošači – su različitih snaga.

VI. TESTIRANJE ALGORITMA

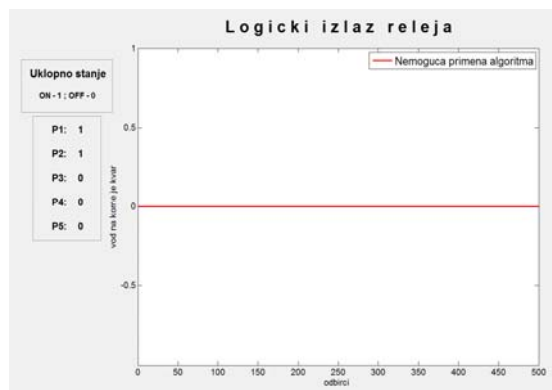
U cilju provere i demonstracije rada releja sproveden je niz testova. Neki od njih će biti prikazani u daljem tekstu.

Prvim testom demonstriran je slučaj kada su, od pet vodova koji polaze sa sabirnica, dva u pogonu, a tri van. Tada je logičkiom izlazu releja dodeljena vrednost u skladu sa izrazom (13). Sl. 9 prikazuje zadato uklopno stanje i logički izlaz releja.

Drugim testom je demonstriran rad releja u slučaju kada je svih pet vodova u pogonu, a zemljospoj se dogodio na vodu 1. Vodovi su kablovski. Kvar se dogodio u trenutku $t_k=0.04$ s.

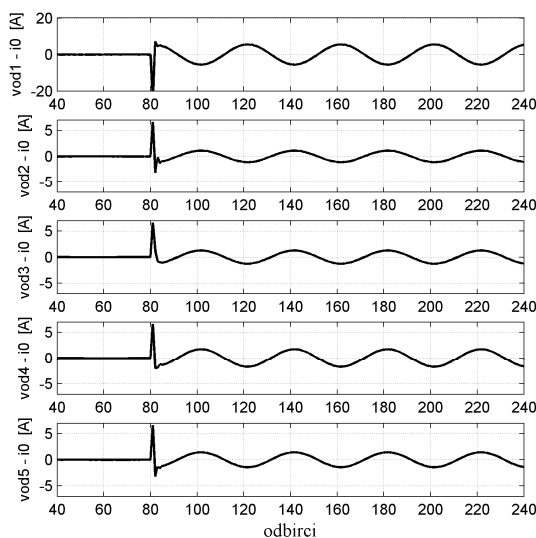


Slika 8. Principiska šema na osnovu koje je formiran Simulink model

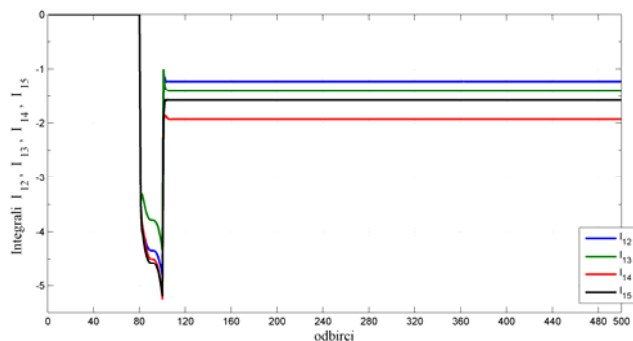


Slika 9. Logički izlaz releja za slučaj kada su u pogonu dva oda

S obzirom da se u ovom primeru kvar dogodio na vodu 1, koji je proglašen referentnim (izraz (11) – $i=i$). Svi proračunati integrali imaju negativne vrednosti, jer je nulta struja na vodu 1 u protiv fazi sa strujama svih ostalih vodova (Sl. 10.). Sl. 11. i Sl. 12. daju prikaz rezultata dobijenih primenom razvijenog algoritma.



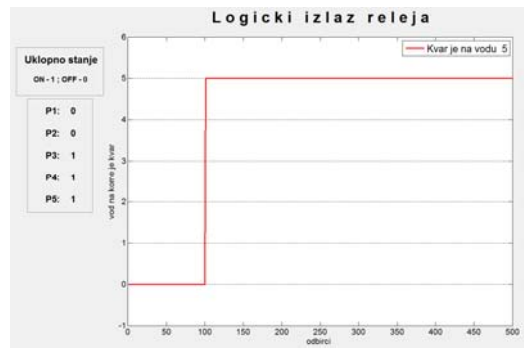
Slika 10. Vremenski tok nulnih struja na svim vodovima (pre i u toku zemljospoja na vodu 1)



Slika 11. Proračunati integrali I_{12}, I_{13}, I_{14} i I_{15}

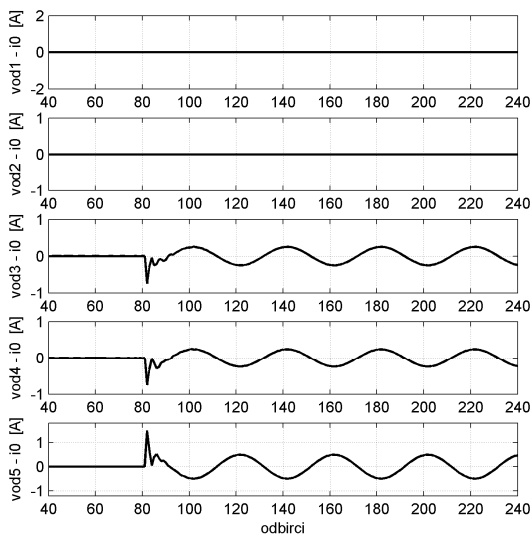


Slika 12. Logički izlaz pri zemljospoju na vodu 1

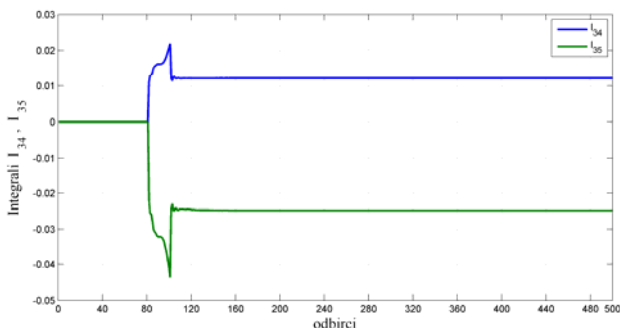


Slika 15. Logički izlaz releja pri zemljospoju na vodu 4

Trećim testom dat je primer rada releja u slučaju kada su dva voda van pogona, i kada je došlo do zemljospoja na fazi A voda 5. Za vodove van pogona izabrani su vodovi 1 i 2. U ovom primeru biće prikazan slučaj kada su vodovi koji polaze sa sabirnica nadzemni. Na srednjenaponskom nivou vazdušni vodovi često imaju kablovske uvode u postrojenje, pa je i u ovom slučaju moguća upotreba obuhvatnog strujnog transformatora kao filtra nulte struje. Naredne slike prikazuju dobijene rezultate. Pošto je zemljospoj na vodu 5, a referentna struja – struja voda 3, integral I_{34} je pozitivan, a integral I_{35} negativan (SI 14).



Slika 13. Vremenski tok nultih struja na svim vodovima (pre i u toku zemljospoja na vodu 4)



Slika 14. Proračunati integrali I_{34} i I_{35}

VII. ZAKLJUČAK

Prikazani algoritam predstavlja novo rešenje za realizaciju usmerenog zemljospojnog releja za veći broj vodova koji polaze sa sabirnica. Relej određuje na kom odvodu je kvar poređenjem samo nultih struja iz obuhvatnih transformatora. Iz priloženih rezultata vidi se da je u svim testovima tačnost algoritma bila veoma dobra. Takođe, iako se prema tehničkim preporukama u izolovanoj mreži ne zahteva brzo isključenje zemljospoja, uvidom u rezultate može se zapaziti da algoritam odlikuje velika brzina rada. To može pogodovati pojedinim elementima mreže i postrojenja na čiju sigurnost rada nepovoljno utiče duži rad mreže pod zemljospojem.

ZAHVALNICA

Autori zahvaljuju Ministarstvu za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije koje je omogućilo izradu ovog rada u okviru Projekta III 42009 "Inteligentne energetske mreže".

LITERATURA

- [1] Tehnička preporuka br.4a1, "Zaštita elektrodistributivnih vodova 10 kV, 20 kV i 35 kV", IV izdanje, JP Elektroprivreda Srbije, maj 2001.
- [2] M. Đurić, "Relejna zaštita", Beopres, Beograd 2008.
- [3] Z. Stojanović, M. Đurić, "The algorithm for directional element without dead tripping zone based on digital phase comparator", Electric Power Systems Research 2011., str 377-383
- [4] J. Nahman, "Uzemljenje neutralne tačke distributivnih mreža", Naučna knjiga, Beograd 1980.

ABSTRACT

This paper presents a new algorithm for directional earth fault protection which could be used in an isolated network. Relay uses zero sequence currents only. It declares one of the currents as the referent and performs phase comparison. Current that would be in the opposite direction compared to all the other would indicate to the line with a earth fault. Input signals are generated using the software tool Matlab/Simulink.

SELECTIVE EARTH FAULT PROTECTION FOR DISTRIBUTION FEEDER

Jelisaveta Krstivojević
Milenko Đurić