

Testiranje algoritama poprečne diferencijalne zaštite bez naponskih ulaza na trofaznom modelu EES-a

Miodrag Forcan
Elektrotehnički fakultet
Beograd, Srbija
miodrag.forcan@live.com

Zoran Stojanović
Elektrotehnički fakultet
Beograd, Srbija
stojanovic@etf.rs

Sadržaj— U radu je razmatrana primjena algoritama za poprečnu diferencijalnu zaštitu vodova bez naponskih ulaza. Predstavljen je trofazni model elektroenergetskog sistema (EES-a). Za potrebe modela, izvršen je pojednostavljen električni proračun dvostrukih vodova vođenih na istim stubovima. Realizovan je simulator rada relejne zaštite u realnom vremenu. Opisane su osnovne karakteristike moderne digitalne poprečne diferencijalne zaštite, koja je bazirana na priraštajima strujnih signala. Dati su rezultati testiranja dva algoritma, na bazi priraštaja srednjih i trenutnih vrijednosti električnih signala. Analizirane su osnovne osobine zaštite: osjetljivost, selektivnost i brzina reagovanja.

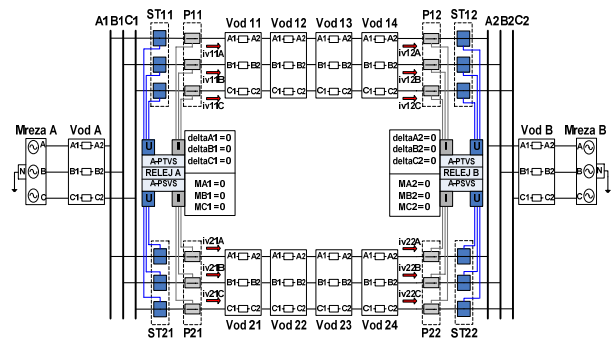
Ključne riječi- digitalni relej; usmjereni relej; strujni diferencijalni relej; dvostruki vod; poprečna diferencijalna zaštita;

I. UVOD

Nadzemni vodovi ili dalekovodi su sastavni dio prenosne mreže elektroenergetskog sistema. Jednu od karakterističnih situacija čine paralelno vođeni vodovi na istim ili zasebnim stubovima [1]. Dvostruki vodovi se koriste za napajanje potrošača i povezivanje dijelova prenosne mreže koji zahtijevaju veliku pouzdanost snabdijevanja električnom energijom. Ovakav način prenosa omogućava razmjenu većih snaga pri istim udaljenostima u odnosu na prenos putem jednostrukih vodova. Pozitivne strane ove vrste prenosa energije su povoljnija cijena i manja zahtjevana površina zemljišta. Osnovni problem predstavlja postojanje povećanih međusobnih induktivnosti između provodnika, što otežava realizaciju relejne zaštite [2]. Specifičan slučaj predstavljaju dvostruki vodovi koji počinju i završavaju na istim sabirnicama. Blizina provodnika dvostrukih vodova na istim stubovima uzrokuje smanjenje pouzdanosti rada distantne relejne zaštite. Ovakvi vodovi se štite poprečnom diferencijalnom zaštitom. U slučaju zahtjeva selektivnog isključenja voda sa kvarom, primjenjuje se usmjerena poprečna diferencijalna zaštita [3]. U ovom radu vršena je simulaciona analiza rada algoritama za digitalne usmjerene releje poprečne diferencijalne zaštite dvostrukih vodova. Razmatrani algoritmi zasnivaju se na metodi koja koristi priraštaje električnih veličina, u konkretnom slučaju priraštaje strujnih signala [4-5]. Primjenom usmjerene poprečne diferencijalne zaštite, koja koristi samo strujne mjerne signale, izbjegnuta je upotreba naponskih mjernih transformatora.

II. TROFAZNI MODEL EES-A

Softverski paket Matlab/Simulink omogućava modelovanje električnih šema sa mogućnošću mjerenja električnih signala u realnom vremenu. Za potrebe testiranja algoritama za poprečnu diferencijalnu zaštitu bez naponskih ulaza formiran je trofazni model prenosne mreže sa sistemom dvostrukih vodova, koji je prikazan na narednoj slici:



Slika 1. Model prenosne mreže sa sistemom dvostrukih vodova.

Na Sl.1 prikazan je model prenosne mreže u varijanti dvostranog napajanja, ali sitnim modifikacijama jednostavno se dobijaju varijante jednostranog napajanja sa potrošnjom i bez potrošnje.

A. Modelovanje trofaznih izvora

Trofazni izvori (mreža A i mreža B) su modelovani zadavanjem parametara: snaga trolnog kratkog spoja ($S_{3ks}=3000$ MVA) i odnos reaktanse i aktivne otpornosti izvora ($X/R=8$). Odnos reaktanse i aktivne otpornosti izvora je usvojen na osnovu preporuka ANSI (American National Standards Institute). Nazivni napon trofaznih izvora je 110 kV. Naponi mreže A fazno "prednjače" u odnosu na napone mreže B za 20° , što znači da se energija prenosi od mreže A ka mreži B.

B. Modelovanje dvostrukog voda

Dionice dvostrukih vodova su modelovane modelom voda sa raspodijeljenim parametrima. Dužina jedne dionice iznosi 50 km. Pretpostavljeno je da su provodnici tipa Al-Če. Pošto se radi o 110 kV-nom vodu provodnici su realizovani kao jednostruki. Za analizirani dvostruki vod usvojeni su

poluprečnici za fazni provodnik i zaštitno uže od 1 cm i 0.8 cm, respektivno.

Kod proračuna podužne aktivne otpornosti provodnika, mora se uvažiti skin efekat. Na osnovu usvojene vrijednosti poluprečnika provodnika $r=10$ mm dobijaju se naredne vrijednosti za podužnu otpornost: $R_d=R_i=0.08917 \Omega/\text{km}$ i $R_0=0.23917 \Omega/\text{km}$. Podužne provodnosti dvostrukog voda su zanemarene.

Nakon definicije geometrijskog rasporeda faznih provodnika na stubu i proračuna odgovarajućih srednjih geometrijskih rastojanja dobijaju se vrijednosti za podužnu induktivnost dvostrukog voda: $L_d=L_i=1.2508 \text{ mH}/\text{km}$ i $L_0=6.8402 \text{ mH}/\text{km}$. Dobijene vrijednosti podužnih induktivnosti su veće u odnosu na vrijednosti za jednostruki vod.

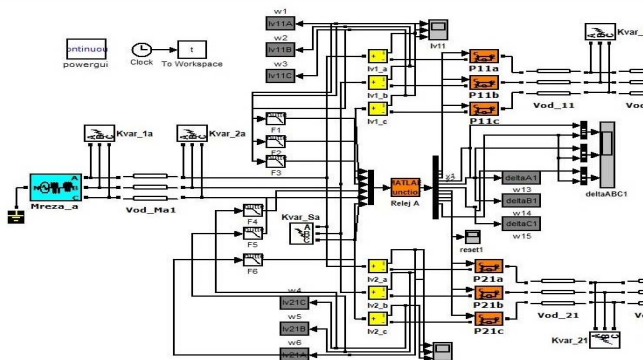
Radi jednostavnijeg modelovanja i proračuna, podužne kapacitivnosti dvostrukog voda su računane identično kao za jednostruki vod. Ovo pojednostavljenje ne utiče bitno na modelovanje rada poprečne diferencijalne zaštite. Uz zanemarenje ugiba faznih provodnika, dobijaju se vrijednosti za podužni kapacitet dionice dvostrukog voda: $C_d=C_i=9.331 \text{ nF}/\text{km}$ i $C_0=5.669 \text{ nF}/\text{km}$.

C. Modelovanje ostalih elemenata ees-a

Zbog pojednostavljenja modelovanja rada poprečne diferencijalne zaštite, prekidači su modelovani kao idealni. Takođe, u analizi je izostavljen model strujnih mjernih transformatora. U slučaju jednostranog napajanja sa potrošnjom, potrošač je modelovan čisto aktivnom otpornošću. Odabrana sprega trofaznog potrošača je zvijezda, a vrijednost otpornosti po fazi iznosi $R_p=100 \Omega$.

III. SIMULATOR RADA RELEJNE ZASTITE U REALNOM VREMENU

Za potrebe modelovanja rada digitalne relejne zaštite, realizovan je simulator upotrebom softverskog paketa Matlab/Simulink. Takođe, modelovana je i poprečna diferencijalna zaštita bez naponskih ulaza. Sl. 2 prikazuje dio modela dvostrukih vodova sa poprečnom diferencijalnom zaštitom bez naponskih ulaza u trofaznoj varijanti.



Slika 2. Simulator rada poprečne diferencijalne zaštite vodova bez naponskih ulaza.

Zaštitni algoritam releja implementira se u šemu putem bloka "MATLAB function". Broj ulaznih i izlaznih parametara bloka nije ograničen, te se na ovaj način zaštitnom releju može dovesti proizvoljan broj mjernih signala. Korak proračuna modelovane šeme u Simulink-u podešen je na 0.01 ms, dok je perioda odabiranja zaštitnog releja podešena na 1 ms. Pošto je perioda odabiranja za dva reda veličine veća od koraka proračuna parametara šeme u Simulink-u, mjerni signali se sa aspekta relejne zaštite mogu smatrati kontinualnim.

IV. ALGORITMI ZA POPREČNU DIFERENCIJALNU ZAŠTITU BEZ NAPONSKIH ULAZA

Pažnju naučne javnosti izazvala su dva algoritma za usmjerenu poprečnu diferencijalnu zaštitu vodova bez naponskih signala, koja su se pojavila u naučnim radovima devedesetih godina prošlog vijeka[4-5].

A. Algoritam na bazi priraštaja srednjih vrijednosti struja vodova (A-PSVS)

Ovaj algoritam zasniva se na priraštaju srednjih vrijednosti struja vodova. Definišu se računski signali M_1 i M_2 kao priraštaji apsolutnih trenutnih vrijednosti struja vodova:

$$M_1(k) = M_1(k-1) + |i_1(k)| - |i_1(k-n)|, \quad (1)$$

$$M_2(k) = M_2(k-1) + |i_2(k)| - |i_2(k-n)|, \quad (2)$$

gdje su:

$i_1(k)$ – trenutna vrijednost struje voda 1,

$i_2(k)$ – trenutna vrijednost struje voda 2,

k – tekući odbirak strujnog signala,

n – broj odbiraka u periodi strujnog signala.

Na osnovu proračunatih signala formira se signal razlike priraštaja:

$$M_{12}(k) = M_1(k) - M_2(k), \quad (3)$$

Razlika priraštaja srednjih vrijednosti struja vodova određuje poziciju kvara. Kvar se nalazi na vodu 1 ukoliko je ispunjen uslov:

$$M_{12}(k) > M_{pod}, \quad (4)$$

Lokacija kvara je na vodu 2, ako je ispunjen uslov:

$$M_{12}(k) < -M_{pod}, \quad (5)$$

Ukoliko je kvar van štice dionice, tada vrijedi:

$$|M_{12}(k)| < M_{pod}, \quad (6)$$

Vrijednost parametara M_{pod} zavisi od konkretnog sistema dvostrukih vodova koji se modeluje. Vrijednost signala razlike priraštaja (pokazatelja kvara), veća od M_{pod} , je ograničenog trajanja, što znači da je izlaz releja impulsnog tipa.

B. Algoritam na bazi priraštaja trenutnih vrijednosti struja vodova (A-PTVS)

Drugi algoritam bazira se na ideji da se umjesto priraštaja srednjih vrijednosti struja vodova koriste priraštaji trenutnih vrijednosti struja vodova. Dakle, umjesto razlika apsolutnih

vrijednosti odbiraka struja, koriste se razlike stvarnih vrijednosti. Priraštaji su definisani narednim relacijama:

$$D_1(k) = i_1(k) - i_1(k-n), \quad (7)$$

$$D_2(k) = i_2(k) - i_2(k-n). \quad (8)$$

Pokazatelj kvara računa se prema izrazu:

$$D_{12}(k) = D_{12}(k-1) + |D_1(k)| - |D_2(k)|. \quad (9)$$

Iz prethodnog izraza je uočljivo da se pri proračunu pokazatelja kvara koristi razlika apsolutnih vrijednosti priraštaja, a ne razlika priraštaja apsolutnih vrijednosti. Vrijednost pokazatelja kvara određuje poziciju kvara. Ukoliko je kvar na vodu 1 vrijedi naredna relacija:

$$D_{12}(k) > D_{pod}. \quad (10)$$

Za kvarove na vodu 2 važi uslov:

$$D_{12}(k) < -D_{pod}. \quad (11)$$

Ukoliko je kvar van štíčene dionice onda vrijedi relacija (12).

$$|D_{12}(k)| < D_{pod}. \quad (12)$$

Gdje je D_{pod} podešeni prag reagovanja.

Vrijednost pokazatelja kvara, veća od D_{pod} , je neograničenog trajanja, što znači da je izlaz releja kontinualnog tipa.

V. TESTIRANJE ALGORITAMA POPRECNE DIFERENCIJALNE ZASTITE BEZ NAPONSKIH ULAZA

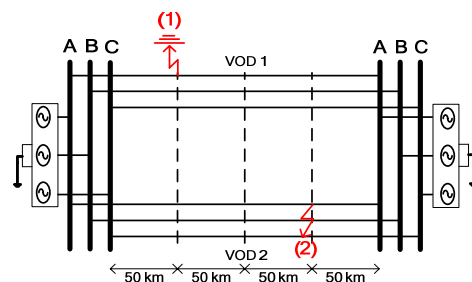
Za različite režime rada prenosnog sistema dvostrukih vodova izvršena je simulaciona analiza funkcionalnosti poprecne diferencijalne zaštite bez naponskih ulaza. Testovi su vršeni simultano za algoritme A-PTVS i A-PSVS. U obzir su uzete tri topologije prenosne mreže: dvostrano napajanje, jednostrano napajanje sa potrošnjom i jednostrano napajanje bez potrošnje. Razmatrane su različite lokacije kvarova i različiti trenuci kvarova. Takođe, algoritmi su testirani na sve moguće vrste kvarova: jednofazni, dvofazni, dvofazni sa zemljospojem, trofazni i trofazni sa zemljospojem. Algoritmi će biti testirani za unaprijed definisani prag reagovanja od 2 kA (prag reagovanja ima fiksnu vrijednost).

A. Dvostrano napajana prenosna mreža

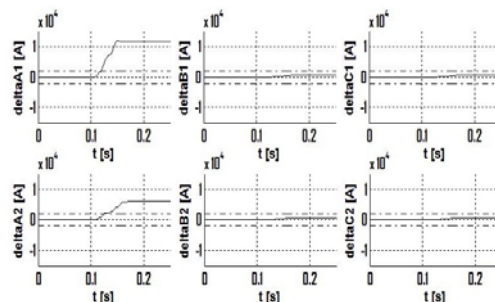
Sa obje strane prenosnog sistema dvostrukih vodova se nalaze jaki izvori. Slika 3 prikazuje razmatrane lokacije i tipove kvarova.

a) Kvar 1

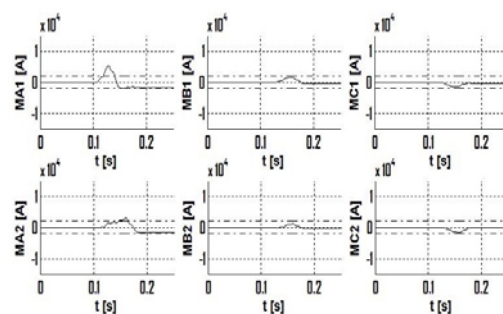
Lokacija kvara je na vodu 1 na udaljenosti 50 km od početka dionice dvostrukog voda. U pitanju je jednofazni kratak spoj faze A. Na Sl. 4 i Sl. 5 su prikazane vremenske promjene pokazatelja kvara pri radu algoritama A-PTVS i A-PSVS, respektivno. Sa prethodno pomenutih slika se vidi da su oba testirana algoritma osjetljiva i selektivna. Pokazatelji kvara u fazi A su pozitivni, čime je identifikovano da se radi o kvaru na vodu 1. Pokazatelji kvara u ostalim fazama ne prelaze podešenu vrijednost praga reagovanja.



Slika 3. Lokacije i tipovi kvarova u dvostrano napajanoj mreži.

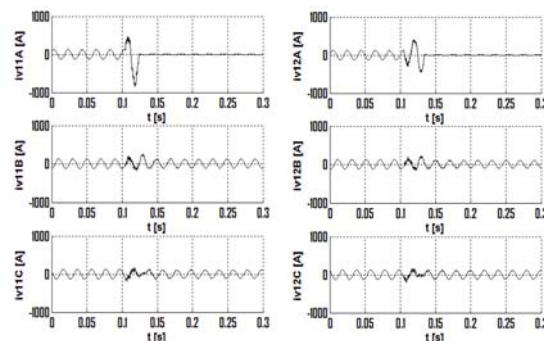


Slika 4. Promjene pokazatelja kvara pri radu algoritma A-PTVS.



Slika 5. Promjene pokazatelja kvara pri radu algoritma A-PSVS.

Sl. 6 prikazuje vremenske promjene struja na početku i kraju dionice voda 1.



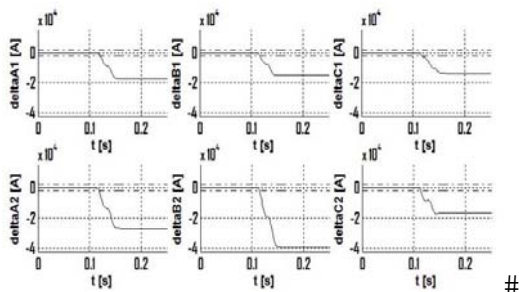
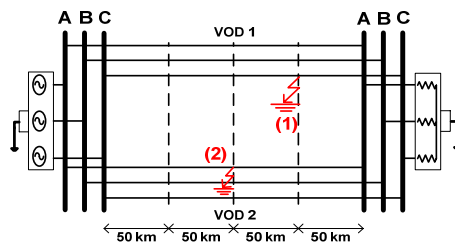
Slika 6. Vremenske promjene struja u fazama voda 1.

Sa grafika na Sl. 6 je uočljivo isključenje struje u fazi A voda 1. U svim narednim testovima prikaz vremenskih promjena

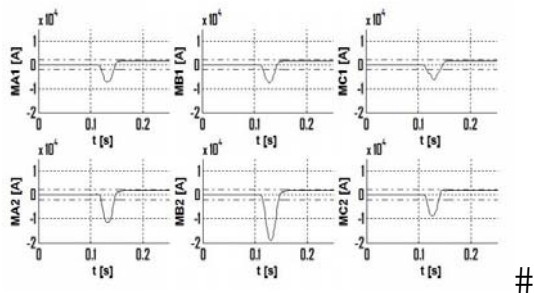
struja će biti izostavljen, a analiza rada zaštite će se vršiti na osnovu vremenskih promjena pokazatelja kvara.

b) Kvar 2

Lokacija kvara je na vodu 2 na udaljenosti 150 km od početka dionice dvostrukih vodova. Radi se o trofaznom kratkom spoju bez zemljospoja. Sl. 7 i Sl. 8 prikazuju vremenske promjene pokazatelja kvara pri radu algoritama A-PTVS i A-PSVS, respektivno.



Slika 7. Promjene pokazatelja kvara pri radu algoritma A-PTVS.



Slika 8. Promjene pokazatelja kvara pri radu algoritma A-PSVS.

Na osnovu prethodnih slika može se zaključiti da je zaštita osjetljiva i selektivna pri radu oba algoritma. Negativne vrijednosti pokazatelja kvara ukazuju da je lokacija kvara na vodu 2. Primjetno je da osjetljivost pokazatelja kvara varira od faze do faze. Takođe, jasno je vidljivo da je izlaz releja kontinualnog tipa kod algoritma A-PTVS, a impulsnog tipa kod algoritma A-PSVS. Takođe, vrijednosti pokazatelja kvara algoritma A-PSVS mijenjaju znak nakon isključenja faza voda 2, te je neophodno blokiranje ponovnog neselektivnog reagovanja zaštite.

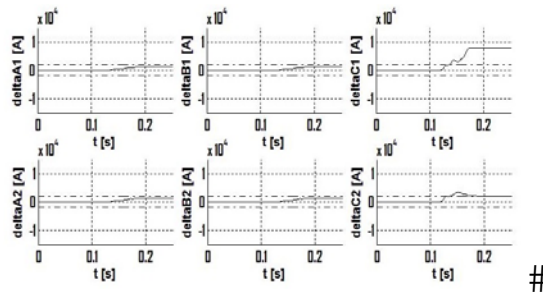
B. Jednostrano napajana prenosna mreža sa potrošnjom

Na kraju dionice dvostrukog voda nalazi se trofazni potrošač vezan u zvijezdu. Slika 9 prikazuje razmatrane lokacije i tipove kvarova.

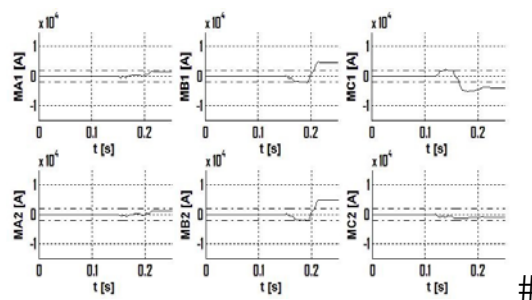
a) Kvar 1

Lokacija kvara je na vodu 1 na udaljenosti 150 km od početka dionice dvostrukih vodova. U pitanju je jednofazni kratak spoj faze C. Na Sl. 10 i Sl. 11 su prikazane vremenske promjene pokazatelja kvara pri radu algoritama A-PTVS i A-PSVS tipa, respektivno.

Slika 9. Lokacije i tipovi kvarova u jednostrano napajanoj mreži sa potrošnjom.



Slika 10. Promjene pokazatelja kvara pri radu algoritma A-PTVS.

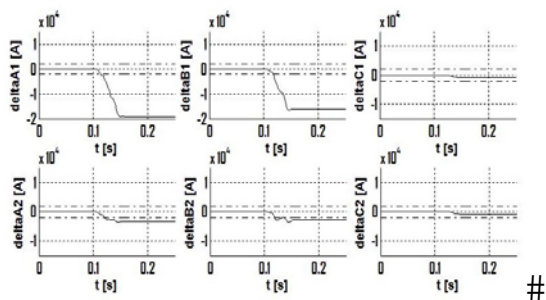


Slika 11. Promjene pokazatelja kvara pri radu algoritma A-PSVS.

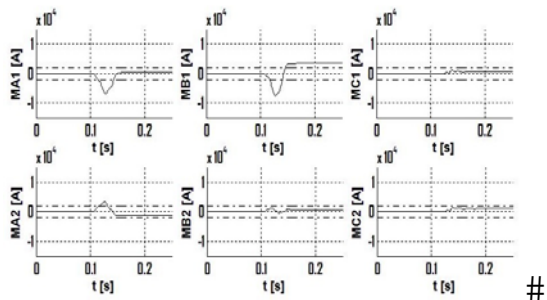
Rezultati prethodnog testa pokazuju da je algoritam A-PTVS osjetljiv i selektivan u razmatranom slučaju kvara. Pokazatelji u fazi C imaju pozitivne vrijednosti, što predstavlja indicaciju kvara na vodu 1. Pokazatelji kvara algoritma A-PSVS u fazi B imaju negativne vrijednosti. Neselektivnost algoritma je prisutna i u fazi C. Pomenuti algoritam je neselektivan u slučaju kvarova u jednostrano napajanoj mreži sa potrošnjom.

b) Kvar 2

Lokacija kvara je na vodu 2 na udaljenosti 100 km od početka dionice dvostrukih vodova. Radi se o dvofaznom kratkom spoju sa zemljospojem između faza A i B. Sl. 12 i Sl.13 prikazuju vremenske promjene pokazatelja kvara pri radu algoritama usmjerenog i neusmjerenog tipa, respektivno.



Slika 12. Promjene pokazatelja kvara pri radu algoritma A-PTVS.

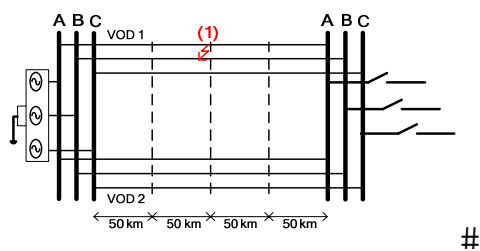


Slika 13. Promjene pokazatelja kvara pri radu algoritma A-PSVS.

Sa grafika na Sl. 12 uočava se da je zaštita osjetljiva i selektivna pri radu algoritma A-PTVS. Pokazatelji kvara imaju negativne vrijednosti u fazama A i B, što ukazuje da se radi o kvaru na vodi 2. Sl. 13 ilustruje neosjetljivost zaštite u fazi B i neselektivno reagovanje releja u fazi A na kraju dionice dvostrukog voda, pri radu algoritma A-PSVS.

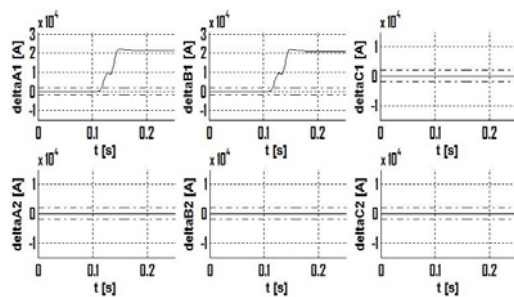
C. Jednostrano napajana prenosna mreža bez potrošnje

Kraj dionice dvostrukog voda nalazi se u praznom hodu. Sl. 14 prikazuje razmatrane lokacije i tipove kvarova.



Slika 14. Lokacije i tipovi kvarova u jednostrano napajanoj mreži bez potrošnje.

Sa Sl. 14 je primjetno da će biti razmotrena jedna lokacija kvara na udaljenosti 100 km od početka dionice dvostrukog voda. Radi se o dvofaznom kvaru bez zemljospoja između faza A i B voda 1. Sl. 15 prikazuje vremenske promjene pokazatelja kvara algoritma usmjerenog tipa. Sa grafika na prethodno pomenutoj slici je uočljivo da je zaštita osjetljiva samo na početku dionice dvostrukog voda. Dakle, nije došlo do potpunog isključenja kvara.

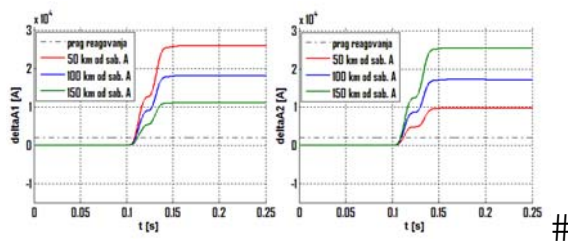


Slika 15. Promjene pokazatelja kvara pri radu algoritma A-PTVS.

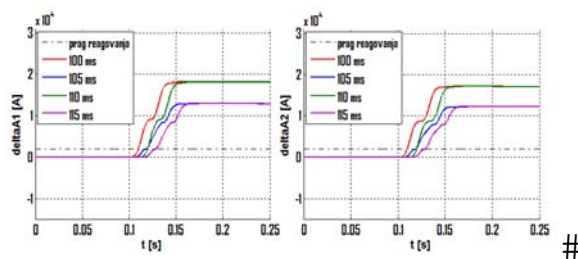
Algoritam A-PTVS nije primjenjiv za slučaj prenosne mreže bez potrošnje. Testiranje algoritma A-PSVS, za ovaj slučaj kvara, nije neophodno, jer algoritam nije pouzdan ni za slučaj jednostrano napajane mreže sa potrošnjom.

VI. ANALIZA OSJETLJIVOSTI, SELEKTIVNOSTI I BRZINE REAGOVANJA ZAŠTITE

Postoji mnogo faktora koji utiču na osjetljivost testiranih algoritama. Najvažniji od njih su lokacija kvara i trenutak nastanka kvara. Na osjetljivost algoritama utiče i tip kvara koji nastaje. Pored pomenutih faktora, važno je istaći da kod jednostranog napajanja, osjetljivost algoritama zavisi od vrijednosti potrošnje. Sl. 16 prikazuje vremenske promjene pokazatelja kvara algoritma A-PTVS za jednofazni kratak spoj u fazi A voda 1, pri variranju lokacije kvara. Sl. 17 prikazuje vremenske promjene pokazatelja kvara algoritma A-PTVS, za jednofazni kratak spoj u fazi A voda 1, pri variranju trenutka nastanka kvara.

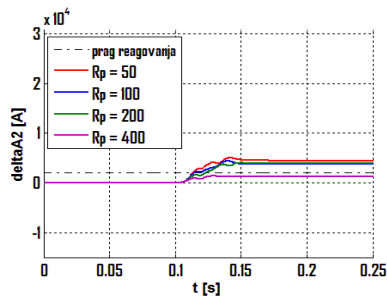


Slika 16. Promjene pokazatelja kvara algoritma A-PTVS pri variranju lokacije kvara.



Slika 17. Promjene pokazatelja kvara algoritma A-PTVS pri variranju trenutka nastanka kvara.

Na Sl. 18 su prikazane vremenske promjene pokazatelja kvara algoritma A-PTVS, za isti tip kvara, pri variranju vrijednosti potrošnje na kraju dionice dvostrukog voda.



Slika 18. Promjene pokazatelja kvara algoritma A-PTVS pri variranju vrijednosti potrošnje na kraju dionice dvostrukog voda.

Sa grafika na Sl. 17 vidi se ciklična promjena osjetljivosti pokazatelja kvara. Osjetljivost algoritma je najveća za trenutke kvara koji se podudaraju sa prolascima struje kroz nulu. Sa slike 18 je primjetno da osjetljivost pokazatelja kvara opada sa smanjenjem potrošnje.

Pri razmatranju selektivnosti, algoritam A-PTVS se u svim testovima pokazao kao selektivan, ukoliko ispunjava kriterijum osjetljivosti. Algoritam A-PSVS se pokazao kao neselektivan u slučaju jednostranog napajanja sa potrošnjom.

Brzina reagovanja testiranih algoritama prvenstveno zavisi od lokacije kvara. Za bliže kvarove zaštita, postavljena sa strane odgovarajućih sabirnica, brže reaguje.

VII. SAMOPODESIVI PRAG REAGOVANJA

Jedan od osnovnih nedostataka prethodno testiranih algoritama je fiksna vrijednost praga reagovanja koja zavisi od parametara modelovanog sistema dvostrukih vodova. Na osnovu osobina strujnog stabilizovanog diferencijalnog releja razvila se ideja samopodesivog praga reagovanja. Samopodesivi prag reagovanja je definisan narednim izrazom:

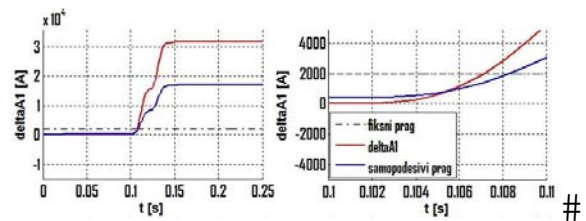
$$S = k \cdot (\Delta i_1 + \Delta i_2) \quad (13)$$

gdje su: S - vrijednost samopodesivog praga reagovanja,

k - balansni koeficijent zavisano od parametara sistema (obično ima vrijednost 0.5),

$\Delta i_1, \Delta i_2$ - priraštaji struja vodova 1 i 2.

Sljedeća slika prikazuje vremenske promjene pokazatelja kvara algoritma A-PTVS i samopodesivog praga reagovanja u fazi A, za dvofazni kratak spoj sa zemljospojem između faza A i B na sredini dionice voda 1. Sa prethodno pomenute slike može se vidjeti da je zaštita sa samopodesivim pragom reagovanja brža u odnosu na zaštitu sa fiksno podešenom vrijednošću praga reagovanja, koja je usvojena. Kod ovog pristupa ne postoji potreba za unaprijed poznatom vrijednošću praga reagovanja.



Slika 19. Vremenske promjene pokazatelja kvara algoritma A-PTVS i samopodesivog praga reagovanja u fazi A, za dvofazni kratak spoj sa zemljospojem između faza A i B voda 1.

VIII. ZAKLJUČAK

Realizacijom simulatora rada relejne zaštite u realnom vremenu omogućeno je detaljno testiranje najrazličitijih zaštitnih algoritama. Kroz simulacionu analizu rada poprečne diferencijalne zaštite bez naponskih ulaza na trofaznom modelu EES-a, uočene su osnovne prednosti i mane algoritama baziranih na priraštajima električnih signala. Algoritam A-PTVS se pokazao kao primjenjiv i pouzdan kod dvostrano napajane prenosne mreže i jednostrano napajane prenosne mreže sa potrošnjom. Algoritam A-PSVS je primjenjiv samo kod dvostrano napajane prenosne mreže.

LITERATURA

- [1] M. Forcan, Z. Stojanović, "Usmjerena poprečna diferencijalna zaštita vodova bez naponskih ulaza", Zbornik radova Infoteh Jahorina, pp. 202-207, mart 2014.
- [2] M. Đurić, "Elementi EES-a", Beopres, Beograd, 2009.
- [3] M. Đurić, Z. Stojanović, "Relejna zaštita", KIZ Centar, Beograd, 2014.
- [4] M. I. Gilany, O. P. Malik, G. S. Hope, "A digital protection technique for parallel transmission lines using a single relay at each end", Transactions on Power Delivery, Vol. 7, No. 1, pp. 118-123, January 1992.
- [5] M. M. Eissa, O. P. Malik, "A new digital directional transverse differential current protection technique", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 11, No.3, pp. 1285-1291, July 1996.

ABSTRACT

In this paper functionality of directional transverse differential protection with no voltage inputs is considered. For this purpose, three-phase model of double transmission lines is created. Two different algorithms for differential relays are analysed. Algorithms are based on increments of values of double-line currents. The first algorithm is based on increments of instantaneous values of currents, while the second is based on increments of mean values of currents. The algorithms are analysed through the real-time simulator accomplished using software tool Matlab/Simulink. Advantages and limitations of algorithms, based on results of various tests on three-phase model of power system, are presented in the paper.

TESTING OF ALGORITHMS FOR DIRECTIONAL TRANSVERSE DIFFERENTIAL PROTECTION WITH NO VOLTAGE INPUTS ON THREE-PHASE MODEL OF POWER SYSTEM

Miodrag Forcan, Zoran Stojanović