

## Algoritam za detekciju prekida faznog provodnika u radijalnim mrežama

MLADEN M. OSTOJI, JP "Elektromreža Srbije", Beograd

MILENKO B. URI, Univerzitet u Beogradu,

Elektrotehnički fakultet, Beograd

Originalni naučni rad

UDC: 621.315.1.018.1

DOI: 10.5937/tehnika16022570

*U radu je predstavljen algoritam za usmereni relej koji se koristi za detekciju prekida faznog provodnika u radijalnim mrežama. Algoritam kao ulazne signale koristi sinhronizovane napone koji se mere na početku i kraju voda. Mereni naponi se fazno porede i na osnovu smera normalizovane energije detektuje se fazni provodnik sa prekidom. U programskom paketu Matlab/Simulink razvijen je model radijalne mreže u kojoj je simulirana pojava prekida faznog provodnika. Simulacijama su generisani potrebni ulazni signali kojima je testiran rad algoritma. Razvoj algoritma, formiranje modela za simulaciju i rezultati testiranja predloženog algoritma prikazani su u radu.*

**Ključne reči:** prekid faznog provodnika, fazni komparator

### 1. UVOD

Prekid faznog provodnika je zbog atmosferskih uticaja karakterističan za nadzemne vodove, ali se dešava i kod kablovskih vodova. Zbog toga je u radu posebna pažnja posvećena analizi prekida faznog provodnika na nadzemnim vodovima.

Najčešće mesto prekida faznog provodnika su strujni mostovi na zateznim stubovima. Do prekida dolazi usled pregaranja strujnih mostova prouzrokovanog lošim kontaktom. Nisu retki ni slučajevi prekida faznih provodnika na nosivim stubovima, kada usled mehaničkih vibracija tokom eksploatacije dolazi do oštećenja provodnika u nosivoj stezaljci. Direktni prekidi faznih provodnika u rasponima između stubova događaju se znatno ređe. Najčešće su prouzrokovani istrošenošću materijala usled dugog eksploatacionog veka.

Opasnost od prekida faznog provodnika ogleda se u pojavi nesimetrije u naponima i strujama što za posledicu može imati nesimetrično opterećenje voda, dodatno zagrevanje rotacionih mašina, nizak kvalitet napona, probleme u radu generatora itd.

Prekid faznog provodnika po svom karakteru predstavlja redni kvar sa velikom impedansom. Kvarovi sa velikom impedansom su prilično veoma malim strujama i kao takvi često nisu detektovani uređajima relejne zaštite. Proučavanje kvarova sa velikom impedansom koji su karakteristični za prekide provodnika po-

inje još početkom šezdesetih godina prošlog veka. U strujnoj literaturi se mogu pronaći različiti algoritmi koji se bave ovom problematikom. Prema [1] algoritmi koji se koriste za detekciju kvarova sa velikom impedansom mogu se svrstati u klasičan pristup i heuristički pristup. U klasičan pristup se svrstavaju algoritmi bazirani na wavelet transformaciji [2], Kalmanovom filteru [3], prilično harmonika nižeg reda u struji kvara [4], prilično flikera u struji kvara [5] i primeni Fraktal teoreme [6]. Algoritmi koji se mogu svrstati u heuristički pristup bazirani su na neuronskim mrežama [7], fuzzy logici [8], genetskom algoritmu [9] i na primeni ekspertskog sistema [10]. U strujnoj literaturi se mogu pronaći i algoritmi koji predstavljaju kombinaciju, wavelet transformacije fuzzy logike, i genetskog algoritma [11].

Algoritam koji je prikazan u ovom radu baziran je na primeni fazne komparacije u vremenskom domenu.

### 2. KRITERIJUMI ZA DETEKCIJU PREKIDA PROVODNIKA

U normalnom simetričnom režimu fazori napona i struja su fazno pomereni za  $120^\circ$ . Kada dođe do prekida faznog provodnika fazori napona mereni na početku radijalnog voda ostaju nepromenjeni kako po etku radijalnog voda tako i u pogledu faznog stava. Ova činjenica se ogleda u tome da su ovi fazori napona diktirani od strane generatora, pa je razumljivo da se njihov fazorski dijagram u stanju sa prekidom bitno ne razlikuje od normalnog stanja. Situacija na drugom kraju voda je nešto drugačija. Usled nesimetrije režima koja je izazvana ovom vrstom kvara dolazi do

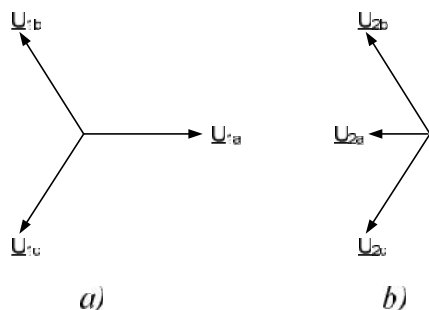
Adresa autora: Mladen Ostojić, JP "Elektromreža Srbije", Beograd, Kneza Miloša 11

Rad primljen: 13.01.2016.

Rad prihvaćen: 04.04.2016.

zna ajnih promena u fazorima napona i struja ija je faza u prekidu. Promena fazora napona u fazi sa prekidom ogleđa se u rotaciji njenog fazora za ta no  $180^\circ$ . Pozicija fazora napona je ina e odre ena fazorima napona iz drugih dveju zdravih faza. Fazori napona zdravih faza mereni na po etku i kraju voda ostaju nepromenjeni, kako u pogledu modula tako i u pogledu faznih stavova. Ako se izvrši grafi ko pore enje fazorskih dijagrama napona izmerenih na po etku voda i napona izmerenih na kraju voda uo ava se razlika izme u fazora napona faze u prekidu. Ta razlika iznosi upravo  $180^\circ$ . Ova injenica predstavlja glavni kriterijum na kome je baziran algoritam za detekciju prekida faznog provodnika.

Fazorski dijagrami napona merenih na po etku i kraju voda, za režim sa prekidom faznog provodnika u fazi *a* prikazani su na slici 1.



Slika 1 - Fazorski dijagrami napona a) na po etku voda b) na kraju voda

Na osnovu prethodne analize, za fazu bez prekida faznog provodnika važi slede a relacija [12]:

$$\arg\left\{\frac{U_1}{U_2}\right\} \cong 0^\circ \quad (1)$$

Za fazu sa prekidom važi:

$$\arg\left\{\frac{U_1}{U_2}\right\} \cong 180^\circ \quad (2)$$

Na osnovu prethodno datih fazorskih dijagrama na slici 1 može se izvesti još jedan zaključak. Ako se posmatra fazorski dijagram za napon meren na kraju voda može se primetiti da se fazor napona sa fazom u prekidu (faza *a*) nalazi na podjednako udaljenosti od preostala dva fazora napona. Drugim re imima fazor napona faze sa prekidom predstavlja polovinu zbira fazora napona zdravih faza. Ova injenica može se usvojiti kao još jedan kriterijum u postupku detekcije prekida provodnika.

U narednoj tabeli dati su kriterijumi za detekciju prekida provodnika, izvedeni na osnovu prethodne teorijske analize.

U realnim uslovima merenja napona na po etku i kraju voda mogu se pojaviti izvesne greške merenja.

Da bi se obuhvatile potencijalne greške merenja za uglove i uvedene su slede e tolerancije [13]:

$$r = 0^\circ \pm 20^\circ$$

$$s = 180^\circ \pm 20^\circ$$

Tabela 1. Kriterijumi za detekciju prekida faznog provodnika

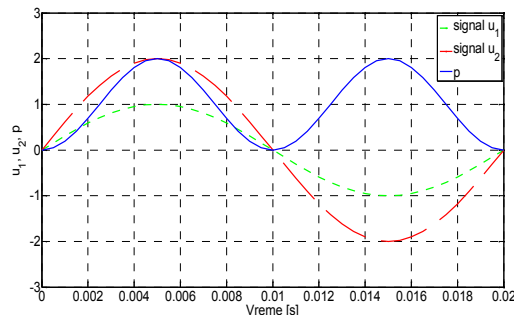
Prekid faznog provodnika		
faze a	faze b	faze c
$\arg\left\{\frac{U_{1a}}{U_{2a}}\right\} \cong s$	$\arg\left\{\frac{U_{1a}}{U_{2a}}\right\} \cong r$	$\arg\left\{\frac{U_{1a}}{U_{2a}}\right\} \cong r$
$\arg\left\{\frac{U_{1b}}{U_{2b}}\right\} \cong r$	$\arg\left\{\frac{U_{1b}}{U_{2b}}\right\} \cong s$	$\arg\left\{\frac{U_{1b}}{U_{2b}}\right\} \cong r$
$\arg\left\{\frac{U_{1c}}{U_{2c}}\right\} \cong r$	$\arg\left\{\frac{U_{1c}}{U_{2c}}\right\} \cong r$	$\arg\left\{\frac{U_{1c}}{U_{2c}}\right\} \cong s$

### 3. RAZVOJ ALGORITMA ZA DETEKCIJU PREKIDA PROVODNIKA

Algoritam za detekciju prekida faznog provodnika koji je predstavljen u ovom radu, vrši faznu komparaciju napona merenih na po etku i kraju voda. Fazna komparacija ulaznih signala napona bazirana je na prora unu integrala trenutne snage na intervalu dužine polovine osnovne periode signala. Za referentnu veličinu algoritam koristi napon meren na po etku voda. Metoda fazne komparacije predstavljena je u [14], a primenjena je u [15-17].

Merenja napona na po etku i kraju voda moraju biti sinhronizovana. Sinhronizovana merenja napona mogu e je postići i primenom GPS sistema ili IEC 61850 komunikacionog protokola [18].

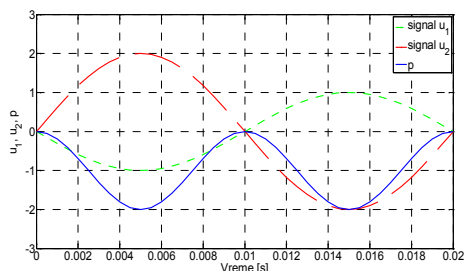
Na slici 2 prikazani su talasni oblici signala  $u_1$  i  $u_2$  za slu aj kada su oni u fazi. U ovom slu aj u proizvodu dva signala u svakom trenutku je pozitivan, te je i integral trenutne snage ra unat na intervalu dužine polovine periode ova dva signala pozitivan.



Slika 2 - Signali  $u_1$  i  $u_2$  su u fazi

Na slici 3 prikazani su talasni oblici signala  $u_1$  i  $u_2$  za slu aj kada su oni fazno pomereni za  $180^\circ$ , odnosno kada su u protiv fazi. U ovom slu aj u trenutna snaga

uvek je negativna, te je i njen integral ra unat na intervalu dužine polovine periode negativan.



Slika 3 - Signali  $u_1$  i  $u_2$  su fazno pomereni za  $180^\circ$

Ako fazni pomeraj izme u ulaznih signala napona leži u opsegu  $90^\circ > \xi > 270^\circ (-90^\circ)$  integral trenutne snage je pozitivan. Ako fazni pomeraj izme u signala napona leži u opsegu  $90^\circ < \xi < 270^\circ (-90^\circ)$  integral trenutne snage je negativan. Integral je po modulu maksimalan ako je  $\xi = 0^\circ$  ili  $180^\circ$ , odnosno usmereni relej sa ovakvim algoritmom je najosetljiviji kada su signali napona u fazi ili protiv fazi.

Neka su odbirci napona smešteni u posebnim naponskim registrima dužine  $m$ :

$$\left[ u_{11}, u_{12}, \dots, u_{1(m-1)}, u_{1m} \right] \text{ i } \left[ u_{21}, u_{22}, \dots, u_{2(m-1)}, u_{2m} \right],$$

gde je:

$u_{1j}$ -odbirci napona mereni na po etku voda,

$j=1, 2, \dots, m$ ,

$u_{2j}$ -odbirci napona mereni na kraju voda,

$j=1, 2, \dots, m$ ,

$m$ -broj odbiraka u osnovnoj periodi signala,

$m=T_{od}/T$ .

Nakon uzimanja svakog novog odbiraka u registrima se izvršava aktualizacija odbiraka tako što se najstariji odbirak odbaci, a ostali odbirci se pomere za jednu poziciju ulevo, indeksi im se smanje za jedan, a novi odbirak se upiše na poslednju poziciju u registru i dodeli mu se indeks  $m$ . Na taj na in se dobija klize i prozor podataka, a odbirci signala se tretiraju kao skalari.

Digitalna fazna komparacija ulaznih signala napona vrši se pomo u relaciji:

$$E_P = \frac{2}{T} \int_t^{t+T/2} u_1(t)u_2(t)dt = T_{od} \sum_{n=1}^{m/2} u_1(n)u_2(n) \quad (3)$$

gde je:

$T$  – osnovna perioda signala,

$T_{od}$  – perioda odabiranja

Numeri ka vrednost integrala trenutne snage na intervalu jednakom polovini periode signala zavisi od amplitude ulaznih signala. Na osnovu apsolutne vrednosti integrala teško je proceniti udaljenost od granice usmerenosti. Ova mana se otklanja normalizacijom

relacije (3). Relaciju (3) treba podeliti integralom trenutne snage (energijom) koji se dobija kada su ulazni signali napona u fazi:

$$E_S = 2 \int_0^{T/2} U_1 U_2 \cos(\xi t) \cos(\xi t) dt = \frac{U_1 U_2 T_{od} m}{2} \quad (4)$$

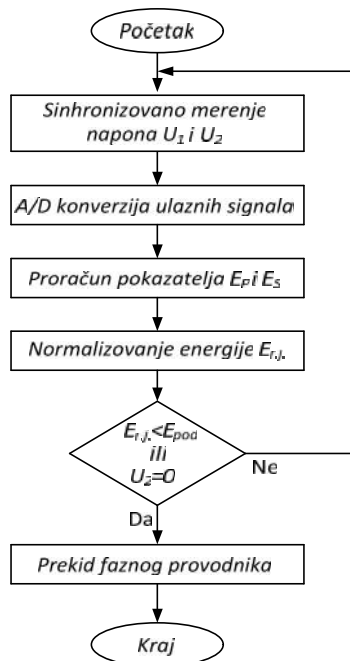
Deljenjem (3) sa (4) dobija se normalizovana vrednost energije:

$$E_{r.j.} = \frac{E_P}{E_S} = \frac{T_{od} \sum_{n=1}^{m/2} u_1(n)u_2(n)}{\frac{U_1 U_2 T_{od} m}{2}} = \frac{2 \sum_{n=1}^{m/2} u_1(n)u_2(n)}{U_1 U_2 m} \quad (5)$$

Bez obzira na stvarne vrednosti napona merene na po etku i kraju voda normalizovana vrednost energije (indeksa usmerenosti) (5) leži u opsegu:  $-1 \leq E_{r.j.} \leq 1$ .

Osetljivost algoritma može se podesiti da bude maksimalna za bilo koji fazni pomeraj izme u ulaznih signala napona.

Na osnovu prethodno izvedenih zapažanja na slici 4 prikazan je blok dijagram predloženog algoritma za detekciju prekida faznog provodnika.



Slika 4 - Blok dijagram predloženog algoritma

U prvom bloku, sa zadatom frekvencijom odabiranja ( $f_{od}$ ) vrši se A/D konverzija ulaznih signala napona. Odbirci svih ulaznih signala napona smeštaju se u posebne naponske registre.

U drugom bloku vrši se fazna komparacija ulaznih signala, prora unava se integral trenutne snage na intervalu dužine polovine osnovne periode signala, prema relaciji (3) i integral trenutne snage za slu aj kada su ulazni signali u fazi, relacija (4). Tre i blok obuhvata normalizaciju energije, relacija (5). U etvrtom

bloku se proverava znak normalizovane vrednosti energije (indeksa usmerenosti) i na osnovu toga algoritam procenjuje da li postoji prekid provodnika u nekoj od faza *a, b* ili *c*.

4. TESTIRANJE ALGORITMA

Za potrebe testiranja algoritma za detekciju prekida provodnika u programskom paketu Matlab/Simulink razvijen je model radijalne mreže na kojem je simulirana pojava kvara sa prekidom faznog provodnika. Pri testiranju algoritma vo eno je ra una da se obuhvati što realnija situacija kvara koja se može pojaviti u mreži. Prvo je izvršeno testiranje algoritma za ist prekid provodnika (kvar  $K_1$  na slici 5).

U realnim uslovima prilikom prekida provodnika esti su slu ajevi da provodnik zbog prekida pravi kratak spoj. Do ove pojave može do i kada usled prekida strujnog mosta provodnik pravi kratak spoj sa konstrukcijom stuba, a kod prekida provodnika u rasponu provodnik pada na zemlju i pravi kratak spoj sa zemljom.

Da bi se obuhvatile ove pojave algoritam je testiran i za slu aj prekida provodnika sa kratkim spojem. Kratak spoj je simuliran ispred i iza mesta prekida provodnika (kvarovi  $K_2$  i  $K_3$  na slici 5).

Na slici 5 prikazana je jednopolna šema radijalne mreže na kojoj su sprovedena testiranja predloženog algoritma.

Aktivna mreža:  $U_n=110\text{kV}$ ,  $S_{p3}=1000\text{MVA}$ ,  $R/X=7$ .

Vod: Al/ 240/40 mm<sup>2</sup>,  $r_{v20^\circ\text{C}}=0.121 /\text{km}$ ,  $r_{v0}=0.313 /\text{km}$ ,  $l_v=1.285\text{mH/km}$ ,

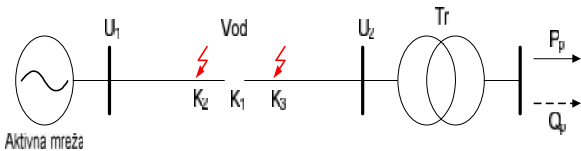
$l_{v0}=4.221\text{mH/km}$ ,  $c_v=8.955 \text{nF/km}$ ,

$c_{v0}=5.323 \text{nF/km}$ ,  $d=30 \text{km}$ .

Transformator: SnT =40 MVA, YNd5,

$m_T=110/21 \text{kV}$ ,  $r_t=0,07 \text{r.j.}$ ,  $x_t=0.12 \text{r.j.}$ ,

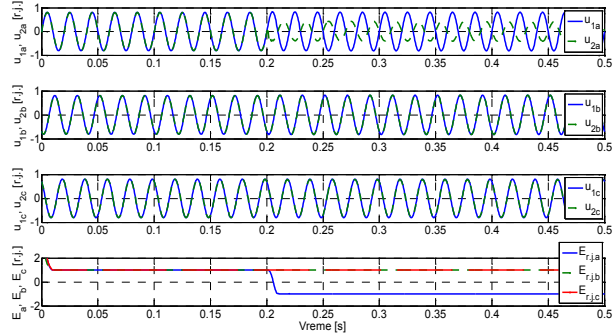
Potrošnja:  $S_p=0-40 \text{MVA}$ ,  $\cos =0.97$ .



Slika 5 - Jednopolna šema radijalne mreže

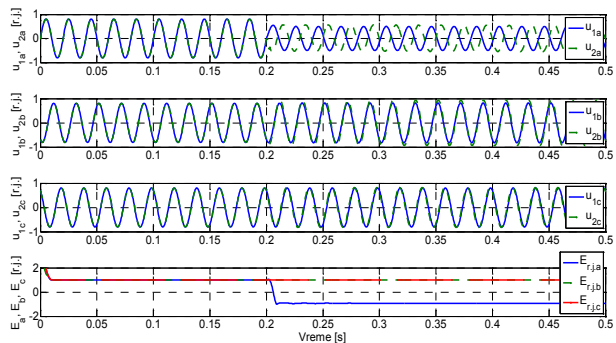
Prilikom testiranja algoritma usvojena je frekvencija odabiranja  $f_{od}=2 \text{kHz}$ , odnosno  $m=40$  odbiraka u osnovnoj periodi signala.

Na slici 6 prikazani su rezultati testiranja algoritma za slu aj prekida provodnika faze *a*, bez kratkog spoja (kvar  $K_1$  na slici 5). Prekid provodnika nastaje u trenutku  $t=0.2 \text{s}$ . Algoritam uspešno detektuje prekid provodnika nakon 10 ms.



Slika 6 - Prekid provodnika faze *a* (kvar  $K_1$ )

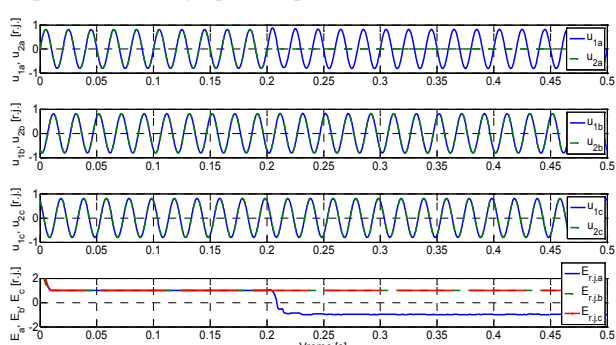
Na slici 7 prikazani su rezultati testiranja algoritma za slu aj prekida provodnika faze *a* sa kratkim spojem na strani prema aktivnoj mreži (kvar  $K_2$  na slici 5). Prekid provodnika nastaje u trenutku  $t=0.2 \text{s}$ . Algoritam uspešno detektuje prekid provodnika nakon 10 ms.



Slika 7 - Prekid provodnika i kratak spoj faze *a* (kvar  $K_2$ )

U realnim uslovima pri prekidu provodnika faze *a* sa kratkim spojem na strani prema potroša u (kvar  $K_3$  na slici 5) vrednost napona na kraju radijalnog voda je jednaka nuli. Kao kriterijum za detekciju ovog kvara usvojen je uslov  $U_2 = 0$ .

Na slici 8 prikazani su rezultati testiranja algoritma za prekid provodnika faze *a* sa kratkim spojem na strani prema potroša u za slu aj da napon na kraju voda ima malu vrednost koja je razli ita od nule. Prekid provodnika nastaje u trenutku  $t=0.2 \text{s}$ . Algoritam uspešno detektuje prekid provodnika nakon 15 ms.

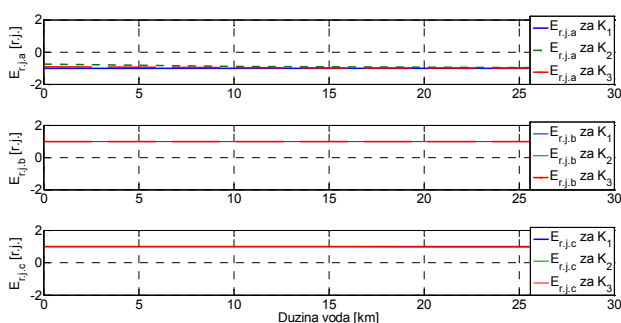


Slika 8 - Prekid provodnika i kratak spoj faze *a* (kvar  $K_3$ )

Kvarovima  $K_2$  i  $K_3$  simulirana je pojava prekida provodnika sa kratkim spojem. Pažljivom analizom dobijenih rezultata može se zaključiti da kratak spoj ne narušava faznu razliku između u napona merenih na početku i kraju voda.

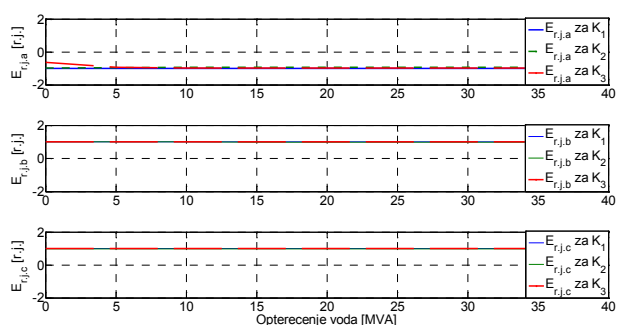
Algoritam je testiran i za prekid dva fazna provodnika. Za sve testirane slučajeve kvara algoritam uspešno detektuje prekide provodnika.

Da bi se proverio uticaj dužine voda na rad algoritma, kvarovi  $K_1$ ,  $K_2$ , i  $K_3$  simulirani su na različitim dužinama voda. Na slici 9 prikazana je zavisnost normalizovane energije od dužine voda za tri slučaja kvara u fazi  $a$ . Može se uočiti da je uticaj dužine voda na normalizovanu energiju zanemarljiv, što znači da dužina voda ne utiče na rad algoritma.



Slika 9 - Zavisnost normalizovane energije od dužine voda

U narednom koraku proveren je uticaj opterećenja voda na rad algoritma. Na slici 10 prikazana je zavisnost normalizovane energije od opterećenja voda za tri slučaja kvara u fazi  $a$ . Može se uočiti da je uticaj opterećenja voda na normalizovanu energiju zanemarljiv, što znači da opterećenje voda ne utiče na rad algoritma.



Slika 10 - Zavisnost normalizovane energije od opterećenja voda

## 5. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljen algoritam za detekciju prekida faznog provodnika u radijalnim mrežama baziran na primeni digitalne fazne komparacije. Algoritam izračunava normalizovanu energiju (integral trenutne snage) na intervalu jednakom polovini osnovne

periode ulaznih signala napona. Normalizovana vrednost energije leži u opsegu od +1 do -1 u zavisnosti od faznog pomeraja između ulaznih signala napona i koristi se kao kriterijum za detekciju faze sa prekidom. Predloženi algoritam je veoma jednostavan i odlikuje ga velika brzina reagovanja. Na osnovu prethodnih testiranja pokazano je da algoritam zadovoljava sve postavljene uslove, bez posebnog uticaja na preciznost detektovanja prekida provodnika. Testiranja su pokazala da algoritam detektuje kvar sa kašnjenjem od 10 do 15 ms od trenutka nastanka kvara, što je sasvim dovoljno za primenu u praksi. Dalja istraživanja mogu biti u pravcu poboljšanja algoritma za primenu u slabopetljenim mrežama.

## LITERATURA

- [1] M. Sedighzadeh, A. Rezazadeh, N. I. Elkalashy, Approaches in High Impedance Fault Detection A Chronological Review, Advances in Electrical and Computer Engineering, Vol. 10, Issue. 3, pp. 114–128, 2010.
- [2] D. C. T. Wai and X. Yibin, A novel technique for high impedance fault identification, IEEE Transaction on Power Delivery, vol. 13, No. 3, pp. 738-744, July 1998.
- [3] A. A. Girgis, W. Chang, and E. B. Makram, Analysis of high impedance fault generated signals using a kalman filtering approach, IEEE Transaction on Power Delivery, vol. 5, No. 4, pp. 1714–1724, Nov. 1990.
- [4] D. C. Yu and S. H. Khan, An adaptive high and low impedance fault detection method, IEEE Transaction on Power Delivery, vol. 9, No. 4, pp. 1812–1821, Oct. 1994.
- [5] A. F. Sultan, G. W. Swift and D. J. Fedirchuk, Detecting arcing downed wires using fault current flicker and half-cycle asymmetry, IEEE Transaction on Power Delivery, vol. 9, No. 1, pp. 461–470, Jan. 1994.
- [6] A. V. Marnishev, B. D. Russell and C. L. Benner, Analysis of high impedance faults using fractal techniques, IEEE Transaction on Power Systems, vol. 11, No. 1, pp. 435–440, Feb. 1996.
- [7] S. Eborn, D. L. Lubkeman and M. White, A neural network approach to the detection of incipient faults on power distribution feeders, IEEE Transaction on Power Delivery, vol. 5, No. 2, pp. 905–914, April 1990.
- [8] F. G. Jota and P. R.S. Jota, High-impedance fault identification using a fuzzy reasoning system, IEE Proceedings - Generation, Transmission and Distribution, Vol. 145, Issues 6, pp. 656-661, Nov. 1998.



- [9] R. Sedighi, M. R. Haghifam, O. P. Malik, Soft computing applications in high impedance fault detection in distribution systems, *Electric Power Systems Research*, 76, pp 136-144, 2005.
- [10] B. D. Russell, C. L. Benner, Arcing Fault Detection for Distribution Feeders: Security Assessment in Long Term Field Trials, *IEEE Transaction on Power Delivery*, vol. 10, No. 2, pp. 676-683, April 1995.
- [11] M. R. Haghifam, A. R. Sedighi, O. P. Malik, Development of a fuzzy inference system based on genetic algorithm for high-impedance fault detection, *IEE Proceedings - Generation, Transmission and Distribution*, Vol. 153, No. 3, pp. 359-367, May 2006.
- [12] D. Bekut, I. Stefani, I. Grbi, Algorithm for phase interruption recognition in distribution networks, 9th International Symposium, Interdisciplinary Regional Research ISIRR 2007, Novi Sad, 21-22 Jun, 2007.
- [13] T. Adu, An Accurate Fault Classification Technique for Power System Monitoring Devices, *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 17, No. 3, pp. 684-689, July 2002.
- [14] M. uri, Z. Stojanovi, Relejna zaštita, KIZ Centar, Beograd, 2014.
- [15] Z. Stojanovi, M. uri, The algorithm for directional element without dead tripping zone based on digital phase comparator, *Electric Power Systems Research*, 81, pp. 377-383, 2011.
- [16] S. Zubi, M. uri, A distance relay algorithm based on the phase comparison principle, *Electric Power Systems Research*, 92, pp. 20-28, 2012.
- [17] J. Krstivojevic, M. uri, A New Method of Improving Transformer Restricted Earth Fault Protection, *Advances in Electrical and Computer Engineering*, Vol. 14; Issue 3, pp. 41-48, 2014.
- [18] G. Preston, The Location and Analysis of Arcing Faults on Overhead Transmission Lines using Synchronised Measurement Technology, [PhD Thesis], The University of Manchester, 2012.

## SUMMARY

### ALGORITHM FOR DETECTION OF THE BROKEN PHASE CONDUCTOR IN THE RADIAL NETWORKS

*The paper presents an algorithm for a directional relay to be used for a detection of the broken phase conductor in the radial networks. The algorithm would use synchronized voltages, measured at the beginning and at the end of the line, as input signals. During the process, the measured voltages would be phase-compared. On the basis of the normalized energy, the direction of the phase conductor, with a broken point, would be detected. Software tool Matlab/Simulink package has developed a radial network model which simulates the broken phase conductor. The simulations generated required input signals by which the algorithm was tested. Development of the algorithm along with the formation of the simulation model and the test results of the proposed algorithm are presented in this paper.*

**Key words:** broken phase conductor, phase comparator