

# Rekonfiguracija distributivne mreže primenom metode jednostrukog zatvaranja petlji

Dr Darko Šošić

Energetika/Katedra za elektroenergetske sisteme  
Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet  
Beograd, Srbija  
sosic@etf.rs

Vladimir Bečejac

Student doktorskih studija  
Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet  
Beograd, Srbija  
vbecejac@gmail.com

**Sažetak**—Rekonfiguracija topologije je jedan od važnijih alata koji se koristi u eksploataciji ili u fazi planiranja distributivnih mreža. U ovom radu je prikazana heuristička metoda za nalaženje konfiguracije koja će prouzrokovati najmanje gubitke aktivne snage u radijalnoj distributivnoj mreži. Metoda se zasniva na postepenom zatvaranju sekcionih prekidača pojedinačnih petlji i optimalnom otvaranju poveznih prekidača istih petlji u cilju obezbeđivanja radijalne konfiguracije distributivne mreže. Pored minimalnih gubitaka aktivne snage ovom metodom se predlaže i minimalan broj manipulacija prekidačkih elemenata. Rezultati sprovedene analize su prikazani na mreži sa 38 čvorova.

**Ključne reči**- smanjenje gubitaka; rekonfiguracija; distributivne mreže; heuristička metoda; ograničen broj prekidačkih operacija.

## I. UVOD

Većina distributivnih mreža se projektuje da radi kao radijalna mreža, a sve u cilju postizanja efikasne koordinacije zaštite pojedinih elemenata mreže. Distributivni izvodi pored ostalih elemenata sadrže i određeni broj normalno zatvorenih (sekcionih) i normalno otvorenih (poveznih) prekidača. U prisustvu kvara, neki od sekcionih prekidača će se otvoriti u cilju izolovanja dela izvoda koji je obuhvaćen kvarom. U isto vreme, određeni broj poveznih prekidača će se zatvoriti u cilju prebacivanja dela ili celokupne izolovane potrošnje na druge izvode ili na druge grane istog izvoda. Posle otklanjanja kvara svi prekidači će se vratiti u svoje normalno radno stanje.

U normalnim radnim režimima ovi prekidači se mogu periodično koristiti za rekonfiguraciju distributivne mreže u cilju povećanja pouzdanosti mreže, smanjivanja gubitaka aktivne snage ili za balansiranje potrošnje. Procenjeno je da se od ukupne proizvodnje električne energije, ne računajući ilegalno preuzimanje električne energije, od 5% do 13% troši na gubitke u distributivnoj mreži [1].

Kao rezultat rekonfiguracije može se desiti da se celokupna potrošnja izvoda, ili jedan njen deo, prebaci na drugi izvod pomoću zatvaranja odgovarajućih poveznih prekidača i otvaranja odgovarajućih sekcionih prekidača. Međutim manipulacije ovih prekidača moraju da budu usklađene tako da se očuva radijalnost distributivne mreže. Takođe je potrebno izvršiti i odgovarajuću koordinaciju zaštitnih uređaja prilikom promene topologije mreže.

Sa druge strane, čak i za relativno male distributivne mreže broj nezavisnih prekidačkih operacija je toliko veliki da bi sprovođenje proračuna tokova snaga za svaku moguću kombinaciju postalo nepraktično i neprihvatljivo i za primenu u postupku planiranja. U stručnoj literaturi postoji više heurističkih metoda koje se koriste za rekonfiguraciju distributivne mreže [2]–[5]. Heurističke tehnike su zapravo optimizacioni procesi za nalaženje rešenja upotrebom karakteristika sistema, koje mogu biti definisane pomoću odgovarajućih koeficijenata. Ovi koeficijenti mogu da budu jednostavni (dobijeni na osnovu slobodnog nahodjenja ili iskustva autora) ili sa druge strane mogu da se zasnivaju na rešavanju složenih problema pomoću analize osetljivosti potpunog ili uprošćenog matematičkog modela. Prvu metodu rekonfiguracije su predložili Merlin i Back [2] koristeći branch-and-bound optimizacionu tehniku. Ova metoda je vremenski veoma zahtevna pošto postoji ukupno  $2^n$  mogućih kombinacija, gde je  $n$  ukupan broj prekidača. Na sličnoj ideji su Shirmohammadi i Hong [3] zasnovali svoju metodu koja polazi od upetljane mreže i postepenim otvaranjem prekidača dolazi do radijalne strukture. Civanlar je sa grupom autora [4] razvio metodu koja se zasniva na upotrebi jednostavne formule za određivanje smanjenja gubitaka usled prebacivanja potrošača sa jednog izvoda na drugi. U [5] je razvijena metoda koja polazi od upetljane mreže i na osnovu vrednosti prekidačkog koeficijenta vrši otvaranje pojedinačnih petlji dokle god se ne postigne radijalna struktura distributivne mreže.

Početkom devedesetih godina počeli su da se pojavljuju radovi koji su za rešavanje problema rekonfiguracije koristili metaheurističke algoritme [6]–[13]. Metaheuristički pristup je specifičan način pretrage, koji započinje iz neke početne tačke (ili iz skupa početnih tačaka), prostora rešenja zadatog problema i navođenja početne tačke pomoću nekih pravila u cilju izbegavanja lokalnih optimuma. Glavna razlika između različitih metaheurističkih metoda je način pretrage prostora rešenja. Ove metode mogu da daju optimalno rešenje nezavisno od početne konfiguracije distributivne mreže, ali su vremenski veoma zahtevne tako da se mogu upotrebiti samo u svrhu planiranja. U cilju rekonfiguracije distributivne mreže radi smanjivanja gubitaka aktivne snage i/ili minimizacije prekidačkih operacija korišćene su različite metode: sekvencijalno kodirani genetski algoritam [6], harmony search algoritam [7], modifikovana honey bee mating optimizacija [8], dok je u [9] razvijena nova vrsta kodiranja upravljačkih promenlji-

vih za genetski algoritam. Pored smanjivanja gubitaka aktivne snage neki autori su koristili rekonfiguraciju u cilju smanjivanja operacionih troškova [10], smanjivanja finansijskih troškova nastalih usled propada napona [11], balansiranje potrošnje [13].

Poslednjih godina pojavili su se radovi koji pomoću veštačke inteligencije kao što su neuralne mreže [14] i ekspertski sistemi [15] pokušavaju da reše problem rekonfiguracije distributivne mreže. Neuralne mreže predstavljaju potencijalnog kandidata za upotrebu u realnom vremenu zbog mogućnosti veoma brzog davanja rešenja. Glavna mana ove primene je veoma velika količina tačnih podataka koji su potrebni za treniranje neuralne mreže, pri čemu je neophodno sprovesti treninge za svaku pojedinačnu distributivnu mrežu i za svaku moguću promenu koja može da nastane. Rad ekspertskih sistema je u osnovi veoma sličan radu heurističkih metoda.

U ovom radu će biti prikazana heuristička metoda koja se zasniva na pojedinačnoj postepenoj optimizaciji svake petlje. Svrha ovog algoritma je smanjivanje gubitaka i ograničavanje prekidačkih operacija. U drugom delu je detaljno objašnjen predloženi algoritam. Prikaz rezultata je dat u trećem delu. Dok je u četvrtom delu dat zaključak rada.

## II. ALGORITAM

1. Izvršiti proračun tokova snaga u radijalnoj mreži [16].
2. Odrediti koji će se od normalno otvorenih prekidača prvi zatvoriti da bi se formirala petlja. Neke od mogućnosti su:
  - zatvaranje poveznih prekidača na čijim krajevima vlada najveća razlika napona,
  - zatvaranje poveznih prekidača na čijim krajevima vlada najmanja razlika napona,
  - proizvoljan odabir prekidača koji će se zatvarati.
3. Uvažiti promene u tokovima snaga koje su nastale usled zatvaranja normalno otvorenog prekidača. Usvojen je model potrošnje sa konstantnom snagom, što praktično znači da se mogu iskoristiti struje injektiranja iz poslednje iteracije backward/forward proračuna [16] sa suprotnim znakom. Tok struje kroz prekidač se najlakše može objasniti pomoću slike 1.

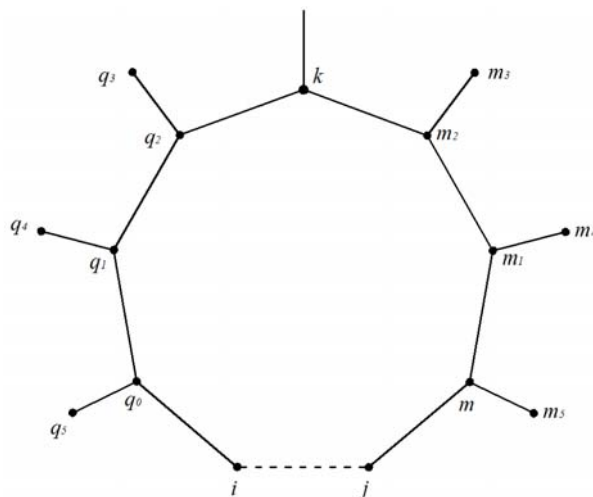
Da bi se izbeglo dodavanje novih čvorova svaki otvoreni prekidač se može posmatrati kao grana koja „visi”, pri čemu se sam prekidač može predstaviti nultom impedansom.

Struja kroz tek zatvorenu granu (prekidač)  $ij$  se računa iterativno. Za izračunavanje ove struje potrebno je poznavati impedansu petlje koja za ovaj primer iznosi  $Z_{petlje} = Z_{k-q_2-q_1-q_0-i-j-m-m_1-m_2-k}$ .

- Struja grane  $ij$  se računa pomoću sledećeg izraza

$$I_{ij} = (V_i - V_j) / Z_{petlja} \quad (1)$$

- Izračunavanje struje po granama petlje od čvora  $k$  do čvora  $i$ , kao što je dato za granu  $q_0-i$



Slika 1. Petlja posle zatvaranja prekidača  $i-j$

$$I_{q_0-i} = I_{q_0-i \text{ staro}} + I_{ij} \quad (2)$$

- Izračunavanje struje po granama petlje od čvora  $k$  do čvora  $j$ , kao što je dato za granu  $m-j$

$$I_{m-j} = I_{m-j \text{ staro}} - I_{ij} \quad (3)$$

$I_{q_0-i \text{ staro}}$  i  $I_{m-j \text{ staro}}$  u prvoj iteraciji su struje po odgovarajućim granama koje su izračunate pomoću proračuna tokova snaga ( $J$  u backward/forward algoritmu [16]).

- Sa ovako izračunatim strujama potrebno je izračunati napone u čvorovima duž petlje uz pretpostavku da je napon u čvoru  $k$  ostao nepromenjen. Napon u čvoru  $i$  je potrebno izračunati sa obe strane, tj.  $V_i'$  za putanju  $k-q_2-q_1-q_0-i$  i  $V_i''$  za putanju  $k-m_2-m_1-m-j-i$ . Ako je razlika ova dva napona manja od unapred definisane vrednosti zaustavlja se proračun, u suprotnom se ide na sledeću tačku.
- Izračunati inkrementalnu struju koja se dodaje struji  $I_{ij}$ .

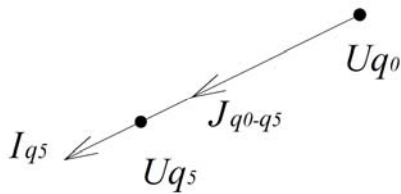
$$\Delta I_{ij} = (V_i' - V_i'') / Z_{loop} \quad (4)$$

Posle ovoga proračun se vraća na prvu tačku i iteracije se nastavljaju dokle god se ne zadovolji kriterijum konvergencije iz prethodne tačke.

4. Izračunavanje struja kroz bočne grane pomoću novih napona. Zbog zavisnosti struje potrošnje od napona čvorova određivanje struje ogranka ( $J$ ) se vrši iterativno.

- Određivanje napona na drugom kraju ogranka. Za primer sa slike 2 važi sledeći izraz:

$$U_{q_5} = U_{q_0} - J_{q_5-q_0} \cdot Z_{q_5-q_0} \quad (5)$$



Slika 2. Ogranak mreže

- Određivanje struje potrošnje za novu vrednost napona:

$$I_{q5} = (S_{q5}^{spec} / U_{q5})^* \quad (6)$$

pri čemu je sada  $S_{q5}^{spec}$  snaga potrošnje a ne snaga injektiranja.

- Određivanje struje po grani  $q5-q0$ .

$$J_{q5-q0} = I_{q5} \quad (7)$$

Ova jednačina važi kada je čvor  $q5$  poslednji u nizu, ali ako ovaj čvor napaja još neke čvorove tada je potrebno uvažiti i struje grana koje potiču iz tog čvora pri čemu se usvaja da ove struje ostaju nepromenjene.

- Izračunavanje promene napona u čvoru  $q0$ .

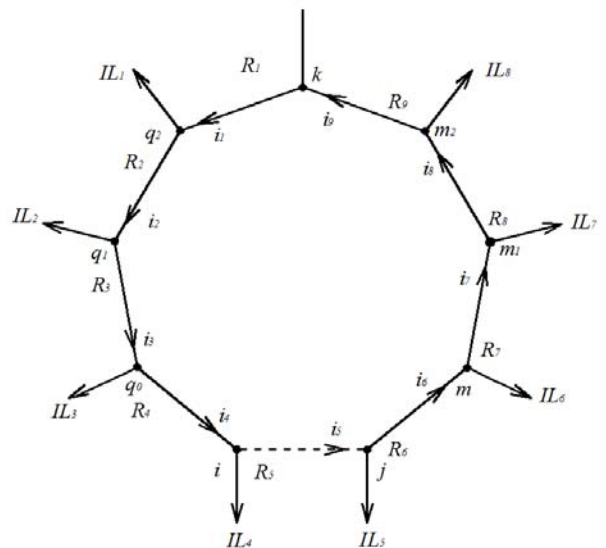
$$U'_{q0} = U_{q5} + J_{q0-q5} \cdot Z_{q5-q0} \quad (7)$$

- Ako je  $U'_{q0} - U_{q0} < \varepsilon$  postupak se završava, u suprotnom se vraća na prvu tačku.

5. Određivanje optimalnih tokova snaga pomoću I i II Kirhofovog zakona. Na slici 3 su struje po granama označene malim slovima ( $i_1, \dots, i_9$ ), dok su sa  $IL_1, \dots, IL_8$  označene struje odepa na koje se dodaju vrednosti struja potrošnje čvorova petlje. Nakon izračunavanja struja  $i$  pomoću izraza **Error! Reference source not found.** otvara se grana kroz koju teče najmanja struja  $i$ .

$$\begin{bmatrix} R_1 & R_2 & R_3 & R_4 & R_5 & R_6 & R_7 & R_8 & R_9 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \\ i_5 \\ i_6 \\ i_7 \\ i_8 \\ i_9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ IL_1 \\ IL_2 \\ IL_3 \\ IL_4 \\ IL_5 \\ IL_6 \\ IL_7 \\ IL_8 \end{bmatrix} \quad (7)$$

6. Za novu konfiguraciju distributivne mreže potrebno je uraditi proračun tokova snaga da bi u narednoj iteraciji postupak kompenzacije bio tačniji. Zatvoriti narednu petlju i vratiti se na korak 3. U slučaju da su ispitane sve petlje završiti proračun.



Slika 3. Petlja

### III. REZULTATI

U tabeli 1 su dati podaci o granama mreže kao i podaci o potrošnji u pojedinim čvorovima mreže. Na slici 4 je prikazana šema razmatrane distributivne mreže pre procesa rekonfiguracije. Punim linijama su prikazani vodovi koji su u pogonu dok su isprekidanim linijama prikazani vodovi koji „više” zbog reagovanja odgovarajućih prekidača.

Kao što je pomenuto u drugom koraku algoritma postoji više varijanti odabira sekcionijskih prekidača koji će se zatvarati. U ovom radu će se razmatrati četiri slučaja:

1. sekcioni prekidači sa najvećom razlikom napona,
2. sekcioni prekidači sa najmanjom razlikom napona,
3. slučajni raspored, najbolja varijanta, i
4. slučajni redosled najgora varijanta.

U svim razmatranim slučajevima svaka petlja se posmatrala tačno jedanput. Gubici aktivne snage u baznom stanju, pre rekonfiguracije, iznose 209,91 kW.

Rezultati sprovedenih analiza su dati u tabelama 2-5. Kada je razmatran prvi slučaj, odabir sekcionijskih prekidača na osnovu maksimalnog napona, u početnim koracima je dolazilo do redukcije gubitaka aktivne snage. Međutim posle drugog koraka algoritma dolazi do povećanja ukupnih gubitaka aktivne snage, tako da je dobijeno rešenje lošije u odnosu na bazno stanje.

Ako bi se sa druge strane posmatrao drugi slučaj, tabela 3, kada su kandidati za otvaranje bili sekcionijski prekidači koji su imali najmanju razliku napona između svojih krajeva, svakim korakom (osim poslednjeg) su se dobijala lošija radna stanja u pogledu gubitaka aktivne snage u odnosu na bazno stanje.

Rezultati predložene metode kada se razmatra proizvoljan redosled odabira sekcionijskih prekidača veoma zavisi od odabranog redosleda, kao što se može videti iz rezultata koji su dati u tabelama 4 i 5. I pored najboljeg redosleda biranja sekci-

TABELA I. PODACI O DISTRIBUTIVNOJ MREŽI I POTROŠNJI – NASTAVAK

Čvor 1	Čvor 2	$R(\Omega)$	$X(\Omega)$	$P^a(\text{kW})$	$Q^a(\text{kvar})$
1	2	0.0922	0.0470	100	60
2	3	0.4930	0.2511	90	40
3	4	0.3660	0.1864	120	80
4	5	0.3811	0.1941	60	30
5	6	0.8190	0.7070	60	20
6	7	0.1872	0.6188	200	100
7	8	0.7114	0.2351	200	100
8	9	1.0300	0.7400	60	20
9	10	1.0440	0.7400	60	20
10	11	0.1966	0.0650	45	30
11	12	0.3744	0.1238	60	35
12	13	1.4680	1.1550	60	35
13	14	0.5416	0.7129	120	80
14	15	0.5910	0.5260	60	10
15	16	0.7463	0.5450	60	20
16	17	1.2890	1.7210	60	20
17	18	0.7320	0.5740	90	40
2	19	0.1640	0.1565	90	40
19	20	1.5042	1.3554	90	40
20	21	0.4095	0.4784	90	40
21	22	0.7089	0.9373	90	40
3	23	0.4512	0.3083	90	50
23	24	0.8980	0.7091	420	200
24	25	0.8960	0.7011	420	200
6	26	0.2030	0.1034	60	25
26	27	0.2842	0.1447	60	25
27	28	1.0590	0.9337	60	20
28	29	0.8042	0.7006	120	70
29	30	0.5075	0.2585	200	600
30	31	0.9744	0.9630	150	70
31	32	0.3105	0.3619	210	100
32	33	0.3410	0.5302	60	40
8	34	2	2	0	0
9	35	2	2	0	0
12	36	2	2	0	0
18	37	0.5	0.5	0	0
25	38	0.5	0.5	0	0
34	21	0	0		
35	15	0	0		
36	22	0	0		
37	33	0	0		
38	29	0	0		
20	21	0.4095	0.4784		
21	22	0.7089	0.9373		

a. Snaga potrošnje u napajanom (projemnom) čvoru

TABELA II. TOK PROMENE GUBITAKA AKTIVNE SNAGE SA PROMENOM KONFIGURACIJE MREŽE – NAJVEĆA RAZLIKA NAPONA.

Otvoren prekidač	Zatvoren prekidač	Gubici (kW)
36-22	9-8	158,75
38-29	27-26	159,85
37-33	14-13	198,19
35-15	11-10	219,36
34-21	7-6	215,27

TABELA III. TOK PROMENE GUBITAKA AKTIVNE SNAGE SA PROMENOM KONFIGURACIJE MREŽE – NAJMANJA RAZLIKA NAPONA.

Otvoren prekidač	Zatvoren prekidač	Gubici (kW)
37-33	6-26	555,15
34-21	34-8	555,15
35-15	15-14	406,69
36-22	6-5	726,26
38-29	30-31	262,19

TABELA IV. TOK PROMENE GUBITAKA AKTIVNE SNAGE SA PROMENOM KONFIGURACIJE MREŽE – SLUČAJAN IZBOR (NAJBOLJA VARIJANTA).

Otvoren prekidač	Zatvoren prekidač	Gubici (kW)
36-22	9-8	158,75
34-21	7-6	152,03
35-15	15-14	151,65
38-29	5-4	182,55
37-33	30-31	210,42

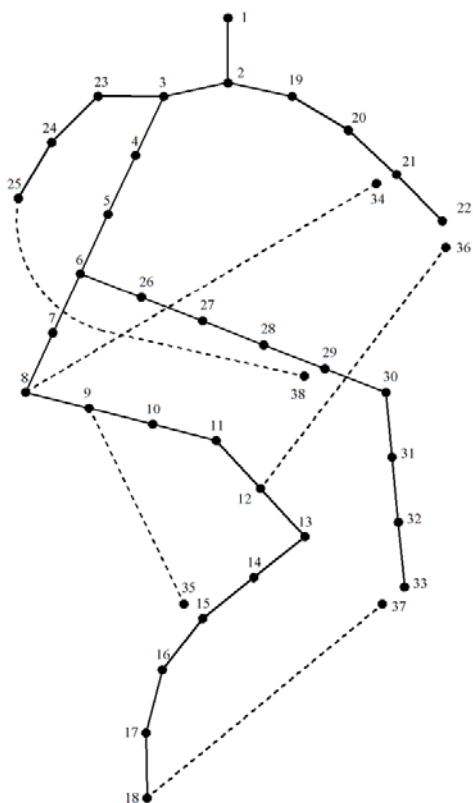
TABELA V. TOK PROMENE GUBITAKA AKTIVNE SNAGE SA PROMENOM KONFIGURACIJE MREŽE – SLUČAJAN IZBOR (NAJGORA VARIJANTA).

Otvoren prekidač	Zatvoren prekidač	Gubici (kW)
37-33	6-26	555,15
36-22	6-5	622,03
34-21	21-22	798,61
35-15	15-14	562,90
38-29	9-8	298,50

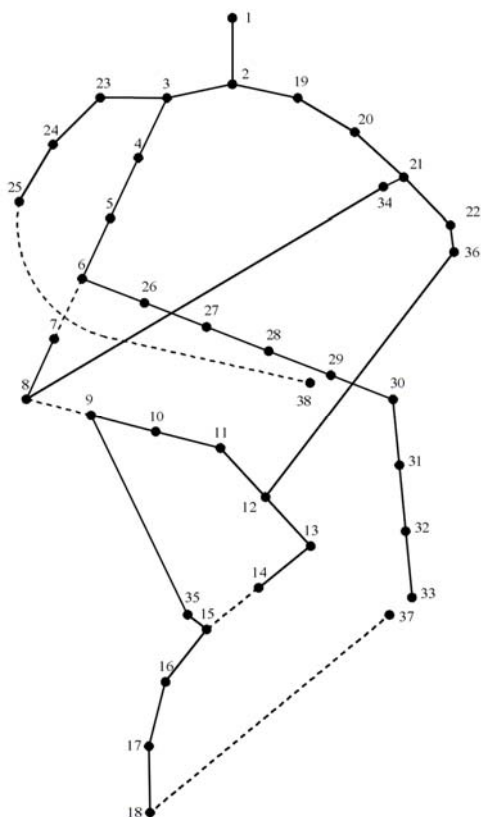
onih prekidača ako se insistira na jednostrukom zatvaranju svih petlji krajnji rezultati su lošiji u poređenju sa baznim stanjem.

Ako bi se pomenutom algoritmu dodao korak u kome bi se vršilo ispitivanje uticaja novonastalog stanja na visinu gubitaka prihvatila bi se samo rešenja koja doprinose poboljšanju opšteg stanja. Vreme izvršavanja opisanog algoritma u zavisnosti od izbora sekcioničkih prekidača se kretalo u opsegu od 1,5 do 2 s. Dodavanjem pomenutog koraka vreme proračuna, za razmatranu test mrežu, opada ispod 1s.

Na slici 5 je prikazana distributivna mreža nakon najbolje rekonfiguracije.



Slika 4. Jednopolna šema distributivne mreže pre rekonfiguracije.



Slika 5. Jednopolna šema distributivne mreže posle rekonfiguracije.

#### IV. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazana heuristička metoda za rešavanje problema rekonfiguracije izvoda distributivnih mreža. Predložena metoda koristi koncept optimalnog odabira sekcionijskih prekidača za otvaranje koji se zasniva na upotrebi Kirhofovih zakona i proračunu tokova snaga u distributivnoj mreži. Predložena metoda je testirana na mreži sa 38 čvorova. Pokazano da striktno poštovanje originalnog algoritma može prouzrokovati dobijanje lošijih rešenja od polaznog stanja. U radu je predloženo jednostavno poboljšanje algoritma koje bi ga sprečilo da generiše lošija rešenja od trenutnog stanja.

#### 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] T.P. Wagner, A.Y. Chikhani and R. Hackam, "Feeder reconfiguration for loss reduction: an application of distribution automation," IEEE Transactions on Power Systems, vol. 6, no. 4, pp. 1922-1933, October 1991.
- [2] A. Merlin and H. Back, "Search for a minimal-loss operating spanning tree configuration in an urban power distribution system," 5th Power System Computation Conf. (PSCC), Cambridge, U.K., 1975.
- [3] D. Shirmohammadi and H.W. Hong, "Reconfiguration of electric distribution networks for resistive line losses reduction," IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 4, no. 3, pp. 1492-1498, April 1989.
- [4] S. Civanlar, J.J. Grainger, H. Yin and S.S.H. Lee, "Distribution feeder reconfiguration for loss reduction," IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 3, no. 3, pp. 1217-1223, 1988.
- [5] W.-M. Lin and H.-C. Chin, "A New Approach for Distribution Feeder Reconfiguration for Loss Reduction and Service Restoration," IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 13, no. 3, pp. 870-875, 1998.
- [6] H.D.M. Braz and B.A. Souza, "Distribution Network Reconfiguration Using Genetic Algorithms With Sequential Encoding: Subtractive and Additive Approaches," IEEE Transactions on Power Systems, vol. 26, no. 2, pp. 582-593, 2011.
- [7] R. Srinivasa Rao, K. Ravindra, K. Satish and S. V. L. Narasimham, "Power Loss Minimization in Distribution System Using Network Reconfiguration in the Presence of Distributed Generation," IEEE Transactions on Power Systems, vol. 28, no. 1, pp. 317-325, 2013.
- [8] J. Olamaei, T. Niknam, S. Badali and Arefi, "Distribution Feeder Reconfiguration for Loss Minimization Based on Modified Honey Bee Mating Optimization Algorithm," Energy Procedia, vol. 14, pp. 304-311, 2012.
- [9] E.M. Carreno, R. Romero and A. Padilha-Feltrin, "An Efficient Codification to Solve Distribution Network Reconfiguration for Loss Reduction Problem," IEEE Transactions on Power Systems, vol. 23, no. 4, pp. 1542-1551, 2008.
- [10] Z. Qin, D. Shirmohammadi and W.-H.E. Liu, "Distribution feeder reconfiguration for operation cost reduction," IEEE Transactions on Power Systems, vol. 12, no. 2, pp. 730-735, 1997.
- [11] S. Bahadoorsingh, J. Milanović, Y. Zhang, C.P. Gupta and J. Dragović, "Minimization of Voltage Sag Costs by Optimal Reconfiguration of Distribution Network Using Genetic Algorithms," IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 22, no. 4, pp. 2271-2278, 2007.
- [12] D.P. Bernardon, V.J. Garcia, A.S.Q. Ferreira and L.N. Canha, "Multicriteria Distribution Network Reconfiguration Considering Subtransmission Analysis," IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 25, no. 4, pp. 2684-2691, 2010.

- [13] M.E. Baran and F.F. Wu, "Network reconfiguration in distribution systems for loss reduction and load balancing," IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 4, no. 2, pp. 1401-1407, 1989.
- [14] A. Augugliaro, L. Dusonchet, M.G. Ippolito and E.R. Sanseverino, "Minimum Losses Reconfiguration of MV Distribution Networks Through Local Control of Tie-Switches," IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 18, no. 3, pp. 762-771, 2003.
- [15] T. Taylor and D. Lubkeman, "Implementation of heuristic search strategies for distribution feeder reconfiguration," IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 5, no. 1, pp. 239-246, 1990.
- [16] D. Šošić, M. Žarković and G. Dobrić, "Fuzzy-based Monte Carlo simulation for harmonic load flow in distribution networks," IET Generation, Transmission & Distribution, vol. 9, no. 3, pp. 267 - 275, 2015.

ABSTRACT

Topological reconfiguration is an important tool for the planning and operation of electric power distribution systems.

This paper presents heuristic method for finding a configuration that will cause the least active power losses in a distribution network. The method is based on the gradual closure of tie switches of single loop and optimum opening of sectionalizing switch of the same loop in order to ensure radial distribution network configuration. In addition to the minimum active power loss this method also proposes a minimum number of manipulations of switching elements. Results of the analysis are shown on the network with 38 nodes.

**RECONFIGURATION OF THE DISTRIBUTION  
NETWORK USING SINGLE-LOOP CLOSURE  
METHOD**

Darko Šošić  
Vladimir Bečejac