

# Primena mape rizika u planiranju održavanja elemenata elektroenergetskog sistema

Mileta Žarković

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

prof. dr Zlatan Stojković

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

**Sadržaj**—Ovaj rad predlaže novi metod baziran na fuzzy logici za analizu rizika od gubitka opterećenja i dostupnosti elemenata visokonaponske opreme. Realna merenja iz prenosnog sistema električne energije su korišćena kao ulazni podaci metode. Metoda koristi mape rizike čiji se ulazni podaci dobijaju primenom fuzzy kontrolera i proračunom sa fuzzy brojevima. Primena fuzzy logike omogućava uzimanje u obzir varijaciju opterećenja, parametara stanja elemenata i cenu električne energije. Analiza donošenja odluke pomoću mape rizika je sprovedena za dva termovizijom ispitivana elementa. Rezultati i metoda mogu poslužiti kao dobra orijentacija u praćenju stanja visokonaponske opreme i u donošenju odluka vezanih za eksploataciju elemenata prenosnog sistema električne energije.

**Ključne riječi**—mape rizika; fuzzy logika; donošenje odluke; automatizacija

## I. UVOD (HEADING 1)

Pouzdan i siguran prenos električne energije uz minimalno vreme prekida rada i minimalne gubitke jeste cilj svakog elektroenergetskog sistema. Elementi elektroenergetskog sistema tokom eksploatacije menjaju svoje karakteristike i usled toga povećavaju gubitke električne energije i vreme prekida rada sistema. Da bi havarije i prekidi rada prenosnog sistema bili sprečeni vrše se redovni šestomesečni termovizijski pregledi elemenata, uređaja. U standardnim izveštajima termovizijskog ispitivanja se daju temperature pregrevanja i strujna opterećenja uređaja. Na osnovu praga temperature pregrevanja od 30°C daje se upozorenje o potrebnom održavanju uređaja. U velikom broju slučajeva već je kasno detektovano toplo mesto koje ili dovodi do dužeg trajanja kvara, dužeg prekida rada sistema, ili do havarije u sistemu. Ideja radova [1],[2] je da se na osnovu baze prikupljenih ispitivanja i podataka o uređajima može doneti pravovremena odluka o potrebnom remontu ili detaljnom ispitivanju. Podaci se odnose na temperaturu prethodnog pregrevanja, životni vek, prethodna održavanja uređaja. U radu [1] su primenjene napredne tehnologije veštačke inteligencije za obradu prikupljenih podataka i donošenje odluke. Pre samog donošenja odluke generisan je rezultat naprednih metoda veštačke inteligencije koji predstavlja broj u intervalu od 0 do 1. Taj broj predstavlja hitnost intervencije. Što je ovaj broj veći potrebno je uređaj što pre ispitati. Rezultat metoda se može tumačiti i kao verovatnoća kvara ispitivanog uređaja. Na osnovu verovatnoće kvara potrebno je proceniti koji uređaj u

prenosnom sistemu treba prvo remontovati ili zameniti. Međutim jedan broj, rezultat, ne može relevantno da posluži za donošenje odluka koji uređaj treba prvo remontovati. U takva razmatranja potrebno je uključiti ekonomske faktore.

U ovom radu primenjene su modifikovane mape rizika za donošenje odluka o planiranju remonata elemenata u elektroenergetskom sistemu. Mape rizika uzimaju u obzir stanje elemenata koje je definisano verovatnoćom kvara, koeficijentom hitnosti intervencije. Pored ovih podataka mape rizika uključuju i podatak o značaju ispitivanih elemenata u sistemu. Značaj elemenata u ovom radu je izražen kroz ekonomski gubitak koji bi se odrazio u slučaju ispada ili kvara ispitivanih elemenata. Ekonomski gubitak je izračunat kao novčana vrednost neisporučene električne energije [3]. U tom proračunu vrednosti koje se odnose na intenzitet kvara uređaja, vreme obnavljanja, opterećenje uređaja i cena električne energije su predstavljeni u formi fuzzy brojeva (FB). U radu je objašnjen kompletan proračun FB. Primena fuzzy logike je u skladu sa primenom fuzzy kontrolera u radu [1] koji računa koeficijent stanja opreme. Na taj način uzeta je u obzir promenljivost pomenutih faktora koji su dobijeni iz dijagnostike elemenata JP Elektromreža Srbije. Dati su podaci o ispitivanju opreme na osnovu kojih su definisani parametri proračuna. Definisana je mapa rizika za dva termovizijom ispitivana uređaja. Predstavljeni su rezultati ispitivanja i donošenja odluke.

## II. ANALIZA RIZIKA

Donošenje odluke u okviru monitoringa uređaja i upravljanja rizikom u elektroenergetskom sistemu je kompleksan problem. Rešenje takvog problema nije moguće dobiti iz analitičkih modela ili pojedinačne optimizacije kriterijumskih procesa. Postoje tri komponente koje karakterišu rizik u tehnološkom sistemu. To su nizovi kvarova koji mogu dovesti do neželjenih posledica (na njih ukazuje hitnost intervencije), njihova verovatnoća nastanka (frekvencije otkaza ili intenzitet kvara) i posledice koje prate ove kvarove (cena popravke i nedostupnosti uređaja). Hitnost intervencije ( $i$ ) je izlaz iz predstavljenog fuzzy kontrolera koji obrađuje podatke nakon izvršene termovizije. Fuzzy kontroler uzima u obzir životni vek uređaja, naponski nivo, prethodnu i sadašnju temperaturu pregrevanja ispitivanog uređaja. Parametri kao što

TABELA I. BROJ TOPLIH MESTA PO ELEMENTU I GODINI ISPITIVANJA

| Godina | Prekidač | Rastavljač | Strujni transformator | Transformator |
|--------|----------|------------|-----------------------|---------------|
| 1996.  | 96       | 364        | 126                   | 19            |
| 1997.  | 170      | 503        | 211                   | 29            |
| 1998.  | 127      | 505        | 197                   | 31            |
| 1999.  | 111      | 415        | 113                   | 20            |
| 2000.  | 76       | 227        | 84                    | 9             |
| 2001.  | 79       | 383        | 117                   | 19            |
| 2002.  | 122      | 443        | 183                   | 14            |
| 2003.  | 105      | 339        | 196                   | 16            |
| 2004.  | 155      | 454        | 216                   | 21            |
| 2005.  | 115      | 450        | 200                   | 24            |
| 2006.  | 135      | 539        | 190                   | 27            |
| 2007.  | 90       | 467        | 185                   | 27            |
| 2008.  | 82       | 357        | 127                   | 21            |
| Σ      | 1463     | 5446       | 2145                  | 244           |

su vremena obnavljanja ( $t$ ) će karakterisati svaki ispad, kvar uređaja. Ovi parametri su ulazni podaci za proračun rizika i mogu se proceniti na osnovu statistike, dijagnostike, prethodnih otkaza uređaja. Prikupljanje podataka je od suštinskog značaja u studijama pouzdanosti i rizika. Baza podataka treba da bude kontinualno ažurirana i treba da omoguću registraciju izlaznih podataka i izveštaja u različitim formatima. Baza termovizijskog ispitivanja elektroenergetskog sistema je preuzeta od JP Elektromreža Srbije (EMS) i koristi se za formiranje intenziteta otkaza ( $\lambda$ ) u formi FB. Kada se koristi analitička metoda, parametar  $\lambda$  u modelima kvara je srednja vrednost zasnovana na istorijskoj statistici otkaza. Analiza neizvesnosti u statistici podrazumeva analizu osetljivosti. Mnoge objavljene studije i radovi na temu analize osetljivosti u proceni rizika u svojim proračunima koriste Monte Karlo simulaciju (MKS) [3]-[6]. Zbog neizvesnosti predloženi model u ovom radu koristi FB kako bi zamenuo MKS. Sve varijacije parametara u MKS pokrivaju funkcije pripadnosti FB. Razlog uvođenja metode sa FB jeste brzina proračuna.

Baza podataka se odnosi na broj otkrivenih toplih mesta uređaja u EMS-u u prethodnih 13 godina. Uređaji sa najvećim brojem toplih mesta i kvarova u analiziranom prenosnom sistemu, su: rastavljači, prekidači, strujni transformatori i transformatori. Broj toplih mesta je podeljen po uređaju i godini ispitivanja (Tabela I). Intenzitet kvara se izračunava kao prosečan broj toplih mesta u godini tokom vremenskog perioda od 13 godina za svaki uređaj posebno [7-8]. Procenjena vrednost intenziteta otkaza se može izračunati pomoću jednačine (1):

$$\lambda_2 = \frac{1}{13} \sum_{i=1}^{13} \frac{n_i}{N_i} \quad (1)$$

U jednačini (1)  $n$  je broj toplih mesta za neku od trinaest godina i tip uređaja, a  $N$  je broj ispitivanih, testiranih uređaja u toj godini. Vrednost  $\lambda$  nije ista za svaku godinu, i da bi uzeli

obzir ovu neizvesnot,  $\lambda_1$  je minimum a  $\lambda_3$  je maksimum intenziteta otkaza za period od 13 godina.

$$\lambda_1 \leq \lambda \leq \lambda_3 \quad (2)$$

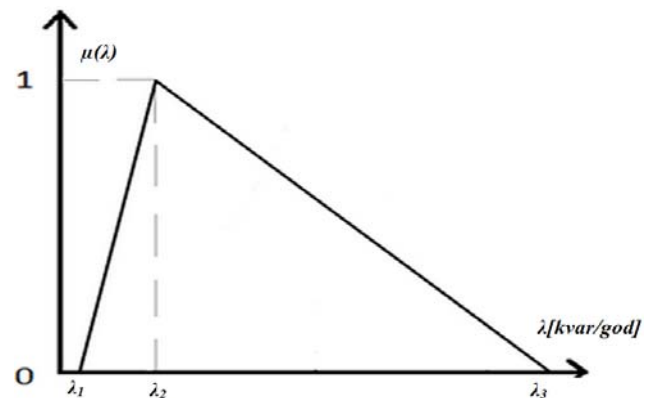
$$\lambda_1 = \min_{i=1,13} \left( \frac{n_i}{N_i} \right) \quad (3)$$

$$\lambda_3 = \max_{i=1,13} \left( \frac{n_i}{N_i} \right) \quad (4)$$

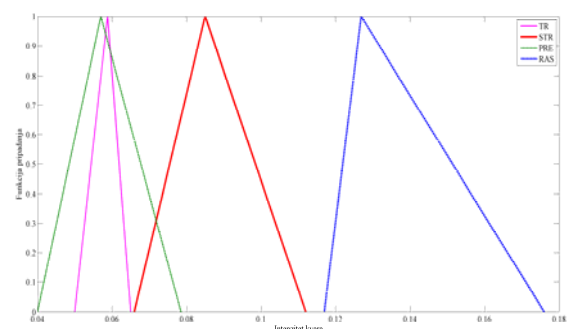
Na osnovu navedenog modelovani su intenziteti otkaza u obliku trougaone funkcije pripadnosti (Sl. 1). Na osnovu Tabele I za četiri pomenuta uređaja su formirane različite funkcije pripadnosti (Sl. 2). Za različite slučajeve kvarova i pregrevanja uređaja vreme trajanja popravke, vraćanja u pogon, nije isto. Vreme otklanjanja kvara, trajanje vremena obnavljanja ( $t$ ) može se odrediti kao prosečno vreme (5). Teoreme [9] u teoriji statistike omogućavaju da se proceni interval vrednosti  $t$  oko srednje vrednosti. Teorema o  $\alpha$   $t$ -distribuciji se koristi za procenu intervala očekivanog vremena trajanja obnavljanja. Ovo je izraženo u jednačinama (6)-(8).

$$t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \quad (5)$$

$$t_2 = t - t_{\alpha/2}(n-1) \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (6)$$



Slika 1. Intenzitet kvara u formi FB

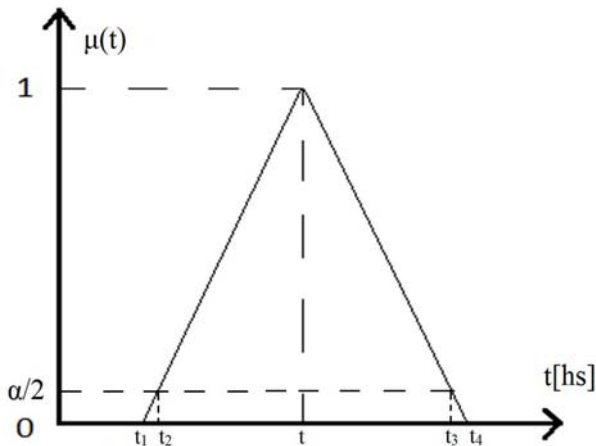


Slika 2. Funkcije pripadnosti intenziteta kvara za: transformator (TR), strujni merni transformator (STR), prekidač (PRE) i reastavljač (RAS)

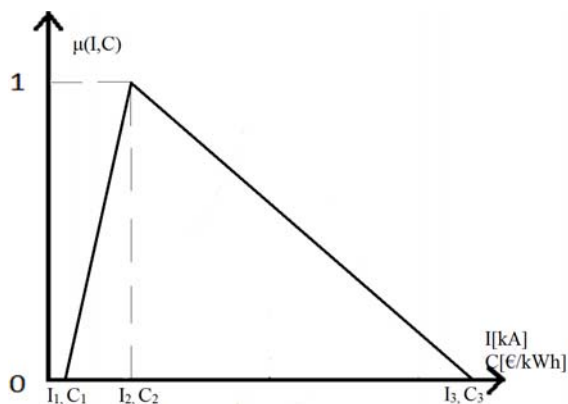
$$t_3 = t + t_{\alpha/2}(n-1) \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

$$t_2 \leq t \leq t_3 \quad (8)$$

Funkcija pripadnosti jednaka je 1 za prosečnu vrednost  $t$  (Sl.3). Nivo značaja, istinitosti  $\alpha$  ima uvek malu vrednost, kao što je 0,05 [4], [5] i  $\alpha/2$  se nalazi na svakoj od granica u  $t$ -distribuciji. Konceptualno gledano nivo značaja je sličan, istovetan, fuzzy stepenu pripadnosti  $\mu$ , jer oba parametra oslikavaju istinitost da neka promenljiva uzima vrednost iz definisanog intervala. Vremena obnavljanja se određuju na osnovu iskustva održavanja uređaja. Vreme popravke, je takođe u korelaciji sa temperaturom pregrevanja. Viša temperatura pregrevanja uzrokuje duže vreme popravke, jer je šteta na opremi veća. Promenljivo opterećenje, potrošnja električne energije, ( $I$  [kA]) i cena električne energije ( $C$  [€/kWh]) su u direktnoj korelaciji. Potrošnja električne energije diktira cenu koja je podeljena u plaćanju tarifa. Veća potrošnja električne energije zahteva prenos veće energije i uzrokuje veće opterećenje uređaja. Za veće opterećenje elemenata, potrošnje, cena električne energije je veća. Opterećenje za svaki termovizijom testirani uređaj se evidentira i sadržan je redovnom izveštaju. Sl. 4 pokazuje opterećenje i cenu u obliku FB. U Elektroprivrednom preduzeću Srbije definisane su tri tarife sa cenama električne energije ( $C_1=0,0395$ ,  $C_2=0,059$ ,  $C_3=0,118$  [€/kWh]).



Slika 3. Trougaona funkcija pripadnosti za vreme obnavljanja



Slika 4. Cena električne energije i opterećenje uređaja u obliku FB

Bazirano na tim tarifama definisan je FB za cenu električne energije  $C(C_1, C_2, C_3)$ . Upotrebom intenziteta kvara i vremena otklanjanja kvara pomoću jednačine (9) se može izračunati pokazatelj nedostupnosti. Nedostupnost ( $u$ ) specificiranog uređaja se definiše u jedinicama [h/god]:

$$u = t \cdot \lambda \quad (9)$$

Množenjem nedostupnosti uređaja sa njegovim opterećenjem, naponskim nivoom i cenom električne energije može se izračunati cena koštanja godišnjih prekida u radu ( $c$  [€/god]):

$$c = u \cdot I \cdot U \cdot C \quad (10)$$

Cena neisporučene električne energije uzrokovana kvarom na ispitivanom uređaju ukazuje na značaj uređaja u prenosnom sistemu. Tokom uvođenja FB i njihovih operacija, funkcije pripadnosti se menjaju po formuli:

$$\mu_C(z) = \mu_{A+(-,*,/)B} = \max\{\min[\mu_A(x), \mu_B(y)]\} \quad (11)$$

Ako su  $A(a_1, a_2, a_3)$  i  $B(b_1, b_2, b_3)$  FB sa svojim intervalima koji definišu  $\alpha$ -nivo pripadnosti, onda su osnovne matematičke operacije sa njima definisane kao:

$$\begin{aligned} A + B &= (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3) \\ A - B &= (a_1 - b_1, a_2 - b_2, a_3 - b_3) \\ A \cdot B &= (a_1 \cdot b_1, a_2 \cdot b_2, a_3 \cdot b_3) \\ A / B &= (a_1 / b_3, a_2 / b_2, a_3 / b_1) \end{aligned} \quad (12)$$

Nakon svih operacija sa FB vrednost  $c$  je potrebno defazifikovati u realnu vrednost. U proračunu ovog rada koristi se najčešće primenljivana metoda defazifikacije, metoda centra gravitacije mase:

$$c = defuzzy(\mu(c)) = \frac{\int \mu(c) \cdot c \, dc}{\int \mu(c) \, dc} \quad (13)$$

Vrednosti značaja uređaja,  $c$ , i stanja uređaja,  $i$ , verovatnoća kvara ili hitnost intervencije, u formi realnih brojeva su upotrebljeni u mapama rizika.

### III. MAPA RIZIKA

Primena mapa rizika kod elektroenergetskih sistema se prvo pominje u radu [10]. Mapa rizika se uvodi kao dvodimenzionalni dijagram, čija vertikalna osa predstavlja ekonomske troškove neisporučene energije,  $c$ , dok horizontalna osa ukazuje u kakvom je stanju uređaj, hitnost intervencije,  $i$  (Sl. 5). Na horizontalnoj osi viša vrednost hitnosti intervencije (indeksa stanja, verovatnoća kvara) odgovara lošijem stanju uređaja, a niža vrednost početku degradacije. Najveći značaj za prenosni sistem ima uređaj koji prenosi najveću energiju. Rangiranje uređaja je kroz vrednost  $c$  uneto u mape rizika. Značaj uređaja je veći ako on prenosi veću energiju i ako njegov kvar stvara veći ekonomski gubitak. Svaka tačka na mapi rizika predstavlja jedan uređaj. Za svaku tačku, može se definisati krajnji rezultat u vidu izlazne ocene mape rizika preko projekcije otiska uređaja na izabranu  $f$ -osu. Vrednost dužine projekcije  $d_i$ ,  $i$ -tog uređaja na mapi, predstavlja ocenu rizika. Što je  $d$  veće, više je kritičan uređaj. Varijacijom ugla  $\varphi$

(Sl. 5) definiše se  $f$ -osa i podešava koja informacija (tehničko stanje ili ekonomski značaj uređaja) ima veći uticaj na donošenje odluke. Na ovaj način ostavljeno je donosiocu odluke da sam proceni relevantnu situaciju u sistemu. Odluku je moguće doneti i na taj način što će se posmatrati i površina svakog uređaja na mapi rizika koja direktno ukazuje na rizik kao proizvod:

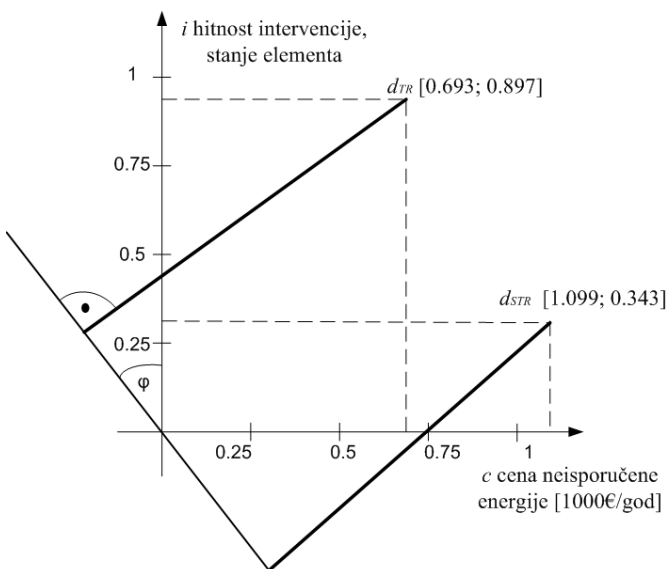
$$R = i \cdot c \quad (14)$$

Moguće je porediti rezultate, odnosno odluke na osnovu ova dva kriterijuma.

#### IV. REZULTATI

Opisana metoda je realizovana uz pomoć programskog alata MATLAB® [11], [12]. Metoda je primenjena na transformatoru 400/220 kV/kV i strujnom transformatoru 110 kV koji su obrađivani u radu [1]. Oba uređaja su u šest meseci dva puta ispitivana termovizijom i utvrđeno je njihovo stanje. Energetski transformator je pušten u rad pre 25 godina, njegova temperatura prethodnog pregrevanja je 20 °C a sadašnja temperatura 29 °C. Konstruisani fuzzy kontroler [1] kao rezultat za ispitivani uređaj daje vrednost  $i=0,897$ . Opterećenje transformatora za vreme termovizije je variralo od  $I_1=250$  A do  $I_3=350$  A. FB za opterećenje je definisan kao  $I(I_1, (I_1+I_3)/2, I_3)$ . Vreme popravke, obnavljanja za ovakav kvar je  $t=2$  h. Vreme obnavljanja prema jednačinama (5-8) je  $t(1,69, 2, 2,31)$  h. Nakon izračunavanja cena neisporučene električne energije je  $c(144,375; 457,934; 1476,475)$  [€/god]. Nakon defazifikacije  $c$  je 692,9281 €/god i ta vrednost je unesena na horizontalnu osu mape rizika.

Strujni merni transformator je star 15 godina. Pri prethodnoj termoviziji nije bilo pregrevanja, dok je naredni pregled pokazao temperaturu pregrevanja od 18°C. Hitnost intervencije za ovaj uređaj je  $i=0,343$  i on je ubeležen kao ordinata na mapi rizika (Sl. 5). Opterećenje uređaja se kreće od 230 A do 340 A, pa je  $I(230, 285, 340)$  A. Uobičajeno vreme otklanjanja za ovakvo pregrevanje je 4 h pa je  $t(3,33, 4, 4,66)$  h. Cena neisporučene električne energije u formi FB je



Slika 5. Mapa rizika sa rezultatima

$c(197,8713; 628,881; 2471,4)$  [€/god], a njena defazifikovana vrednost je 1099,4 €/god. Na mapi rizika  $f$ -osa je izabrana tako da je ugao  $\varphi=45^\circ$ . Projekcije, otisci uređaja na  $f$ -osu su  $d_{TR}$  i  $d_{STR}$  (Sl. 5). Upoređivanjem otisaka elemenata na mapi rizika (Sl. 5) može se zaključiti da je  $d_{TR}$  veće od  $d_{STR}$ . To znači da je prvo potrebno remontovati energetski pa tek onda strujni merni transformator. Rezultati za klasičan proračun rizika (14) su  $R_{TR}=0,622$  i  $R_{STR}=0,377$ . Zaključak je isti kod redosleda popravki elemenata, ali dužine otisaka  $d$  nisu srazmerne kao rizici ( $R_{TR}=1,65 R_{STR}$ ). Mapa rizika omogućava unošenje iskustvenih znanja vezanih za uređaje kao i za planiranje njihovog održavanja. Izborom ugla  $\varphi$  na mapi, dozvoljava se izbor koji parametar treba da ima dominantan uticaj na donošenje odluke.

#### V. ZAKLJUČAK

Opisana metoda za donošenje odluka primenom mape rizika može biti od velike koristi u planiranju održavanja elektrolektronske mreže. Donošenje takvih odluka treba da bude uz uvažavanje velikog broja faktora čije vrednosti nije moguće tačno utvrditi. Primena fuzzy logike omogućava analizu osetljivosti kod donošenja odluke. Fuzzy logika omogućava korišćenje znanja i iskustva stručnjaka. Mape rizika, zajedno sa proračunom FB, predstavljaju efikasan alat kod donošenja odluke nakon ispitivanja elemenata elektroenergetskih sistema. Primena FB umesto primene ustaljene MKS ubrzava proračun a takođe omogućava varijaciju ulaznih parametara. Fuzzy kontroler je moguće razviti sa više ulaza i omogućiti korišćenje i drugih mernih podataka pored termovizijskih. Dalja primena opisane metode odnosiće se na delove elektroenergetskog sistema gde donosilac odluke treba da odluči za konkretno razvodno postrojenje i najkritičnije polje u pogledu rizika.

#### ZAHVALNICA

Autori zahvaljuju Ministarstvu za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije koje je omogućilo izradu ovog rada u okviru Projekata III 42009 Pametne mreže i III 45003 Optoelektronski nanodimenzioni sistemi – put ka primeni, Podprojekat: Nanostrukturni opto-elektronski senzorski sistemi. Drugi autor zahvaljuje Fondaciji “Alexander von Humboldt”, Bon, SR Nemačka, na celokupnoj podršci njegovom naučno-istraživačkom radu.

#### LITERATURA

- [1] M. Žarković, Z. Stojković, Automatizacija termovizijskog postupka u monitoringu i dijagnostici elemenata prenosne mreže, Međunarodni naučno-stručni simpozijum INFOTEH-JAHORINA 2012, Vol. 11, Ref. ENS-2-5, 2012, p.p.139-143
- [2] A. Carlos, L. Almeida, A. P. Braga, S. Nascimento, V. Paiva, H. J. A. Martins, R. Torres, and W. M. Caminhas, Intelligent Thermographic Diagnostic Applied to Surge Arresters: A New Approach, IEEE Transactions on Power Delivery, vol 24, 2009, pp. 751 – 757.
- [3] M. Žarković, Z. Radojević, Procena pouzdanosti napajanja distributivne mreže, Međunarodni naučno-stručni simpozijum INFOTEH-JAHORINA 2014, Vol. 13, Ref. ENS-1-5, 2014, pp.81-85.
- [4] W. Li, J. Q. Zhou, K. G. Xie, X.F. Xiong, Power system risk assessment using a hybrid method of fuzzy set and Monte Carlo simulation. IEEE Transactions on Power Systems vol 28, 2008, pp.336-43.

- [5] B. Canizes, J. Soares, Z. Vale, H. M. Khodr, Hybrid fuzzy Monte Carlo technique for reliability assessment in transmission power systems, *Energy*, vol 45, 2012, pp. 1007- 1017.
- [6] H. Gea, S. Asgarpoorb, Parallel Monte Carlo simulation for reliability and cost evaluation of equipment and systems, *Electric Power Systems Research*, vol 81, 2011, pp. 347–356.
- [7] W. Li, Risk assessment of power systems: models, methods, and application, Hoboken, N.J, Great Britain, Wiley, 2005.
- [8] W. Y. Li, J.Q. Zhou, J.P. Lu, W. Yan, Incorporating a combined fuzzy and probabilistic load model in power system reliability assessment. *IEEE Transactions on Power Systems*, vol 22, 2007, pp. 1386-1398.
- [9] J. Zhoua, W. Lib, J. Lua, W. Yana, Incorporating aging failure mode and multiple capacity state model of HVDC system in power system reliability assessment, *Electric Power Systems Research*, vol 77, 2007, pp. 910–916.
- [10] J. Hennig, M. Tjarks-Sobhani, *Visualisierung in Technischer Dokumentation*, Verlag Schmidt-Romhild, 2003.
- [11] Z. Stojković, *Computer Aided Design in Power Engineering – Application of Software Tools* (Springer, Academic Mind, 2012)
- [12] MATLAB®, *The Language of Technical Computing, Version 7.11.0 (R2011a)*, The Math Works Inc., MA, USA, 2011.

ABSTRACT

This paper proposes a new fuzzy logic method to analyze the risk of loss of load and availability of elements of high voltage equipment. The real measurements of the electricity transmission system are used as an input of method. The method uses a risk map whose input values are obtained by the fuzzy controller and calculation with fuzzy numbers. Fuzzy logic allows taking into account the variation of load, parameters of conditions of elements and the cost of electricity. Analysis of decision making by using risk map is performed for the two tested elements. The results and method can serve as a good orientation in condition monitoring of high voltage equipment and also for making decisions related to the exploitation of the elements of the electricity transmission system.

**APPLICATION OF RISK MAP IN PLANNING  
MAINTENANCE OF POWER SYSTEM ELEMENTS**

Mileta Žarković  
Zlatan Stojković