

Stohastički karakter nesimetričnih komponenti u procesu akvizicije i detekcije

Momčilo D. Vujičić, Vladimir M. Mladenović

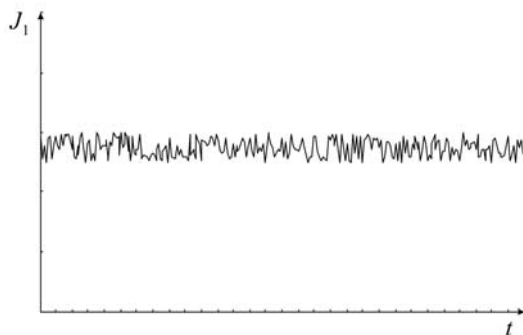
Sadržaj — Eksperimentalna istraživanja kroz merenje izvedena na različitim lokacijama električne mreže pokazuju da merne vrednosti nisu konstante i da osciluju oko nekih srednjih vrednosti. Vremenski dijagrami ukazuju na činjenicu da su gustine promena mnogo veće kod inverznih nego kod direktnih komponenti. Ove vremenske zavisnosti i njihovo oscilovanje oko srednjih vrednosti mogu se objasniti promenama u električnoj mreži, uključenja i isključenja prijemnika, izmena opterećenja, pogonskim karakteristikama različitih prijemnika itd.

U ovom radu data je analiza uticaja nesimetrija u primarnim električnim mrežama na osnovu kojih se dobijaju nulta, inverzna i direktna komponenti potrebne u procesu detekcije i lokacije kvarova u električnim mrežama.

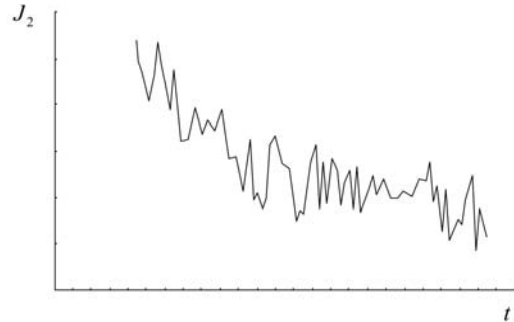
Cljučne reči – trofazni sistem, stohastika, inverzna komponenta.

I. UVOD

JASNO je da nema metoda za tačno određivanje uticaja komponenti na promene u mreži ali je isto tako jasno da simetrične komponente presudno utiču na karakter nesimetrija. Uticaj nesimetrija moguće je odrediti kroz popis i sistematizaciju srednjih vrednosti i praktično dobiti nalaženjem verovatnoće mogućih stanja. Prema ovoj metodi prvo se registruju nesimetrije ρ_i , a zatim se može odrediti stohastička funkcija $\rho_i(\alpha)$ gde je α mera za verovatnoću pojave simetričnih komponenti.



a)



b)

Sl. 1. Vremenska zavisnost a) direktne, b) inverzne komponente dobijene merenjem.

Na slici 1a) sa J_1 označena je direktna simetrična komponenta, a na slici 1b) sa J_2 inverzna simetrična komponenta, gde su njihove gustine verovatnoće označene sa $p(J)$. U toku eksploatacije električne mreže u intervalima stacionarnih režima simetrične komponente imaju sledeće redoslede:

- direktna komponenta J_1 ima normalnu (Gausovu) raspodelu uz pretpostavku da su fazne struje I_A, I_B, I_C nesimetrične i
- inverzna komponenta J_2 ima Rayleigh – vu raspodelu.

Interval stacionarnosti je po hipotezi takav vremenski razmak u kome se funkcije i parametri raspodele komponenti opterećenja (struja ili napona) mogu posmatrati da zavise od režima rada prijemnika.

II. ODREĐIVANJE INVERZNE KOMPONENTE

Prema pretpostavci za određivanje simetričnih direktne komponente prisutna je normalna raspodela verovatnoće koja je predstavljena sledećim izrazom

$$p(J_1) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(J_1 - \bar{J}_1)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

gde su: J_1 - direktna komponenta kao nezavisna promenljiva, \bar{J}_1 - srednja vrednost i σ - varijansa nezavisno promenljive J_1 i funkcija raspodele $p(J_1)$ odnosi se na promenu nezavisno promenljive J_1 u granicama od $(-\infty, \infty)$, tako da je tada

$$\int_{-\infty}^{\infty} p(J_1) dJ_1 = 1 \quad (2)$$

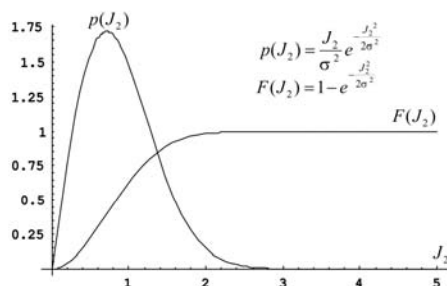
Kao što je pomenuto inverzna komponenta ima Rayleigh – ovu raspodelu. Gustina verovatnoće ove nezavisno promenljive data je izrazom:

$$p(J_2) = \frac{J_2}{\sigma^2} e^{-\frac{J_2^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

Proračunom i zamenom vrednosti $p(J_2)$ određuje se distributivna funkcija

$$F(J_2) = \int_0^{J_2} p(J_2) dJ_2 = 1 - e^{-\frac{J_2^2}{2\sigma^2}} \quad (4)$$

Na slici 2. za proizvoljni slučaj određeno je $p(J_2)$ i $F(J_2)$.



Sl. 2. Prikaz za proizvoljni primer zadatog $p(J_2)$ i $F(J_2)$
Iz distributivne funkcije može se pronaći da je

$$1 - F(J_2) = e^{-\frac{J_2^2}{2\sigma^2}} \quad (5)$$

$$J_2 = \sigma \sqrt{-2 \log[1 - F(J_2)]}$$

Iz izraza (5) nalazi se vrednost J_2/σ koja se naziva razmerom

$$\frac{J_2}{\sigma} = k = \sqrt{-2 \log[1 - F(J_2)]} \quad (6)$$

Podkorena veličina u izrazima (5) i (6) za proizvoljno izabranu verovatnoću prekoračenja $F(J_2)$ je konstantna

$$k(\alpha) = \sqrt{-2 \log[1 - \alpha]} \quad (7)$$

gde je $\alpha = F(J_2)$

Takođe, prema izrazu (5) za određenu vrednost u određenu vrednost α može se odrediti J_2 i napisati:

$$J_2 = k(\alpha) \cdot \sigma \quad (8)$$

Na slici. 6a) su Rayleigh-ove gustine verovatnoće, dok su na slici 6b) distribucione funkcije, u oba primera za različite σ .

Maksimalna vrednost gustine verovatnoće iz uslova $J_2 = 8$ se dobija ako se u izrazu (6) zameni $\frac{J_2}{\sigma} = 1$ i

$$\frac{J_2}{\sigma} = k = \sqrt{-2 \log[1 - \alpha]} = 1 \text{ odakle je}$$

$$(1 - \alpha) \cdot e^{\frac{1}{2}} = 0.6065 \text{ i } \alpha = 0.3935. \text{ Tada je}$$

$$p(J_2)_{\max} = \frac{J_2}{\sigma^2} e^{-\frac{J_2^2}{2\sigma^2}} = \frac{1}{\sigma} \cdot e^{-\frac{1}{2}} = 0.6065 \cdot \frac{1}{\sigma} \quad (9)$$

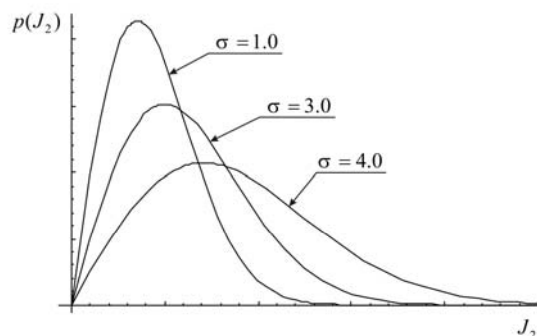
Izraz (8) je predstavljen hiperbolom gde se $p(J_2)$ povećava sa rastom σ kao na slici 6a, a za neko $J_2 = \sigma$ je

$$F(J_2) = 1 - e^{-\frac{1}{2}} = 0.3935 \text{ i}$$

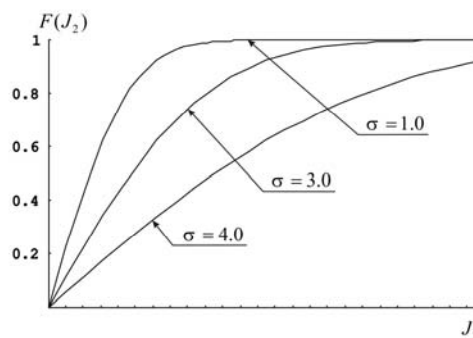
$J_2(39.35) = \sigma \sqrt{-2 \log[1 - 0.3935]} = \sigma$. Tada vrednost $F(J_2) = 0.3935$ predstavlja 39,35% od cele površine ispod krive $p(J_2)$.

TABELA 1: NUMERIČKE VREDNOSTI INVERZNE KOMPONENTE.

J_2	$p(J_2) \times 1000$	$F(J_2) \times 100$
5	2.9	0.75
10	5.84	2.9
20	10.6	11.35
30	13.78	23.75
40.73	14.89	39.35
50	14.18	52.92
60	12.2	66.2
77.92	8.8	73.86
80	7	85.46
87.4	5.26	90
100	2.9	95.08
120	0.9	98.62
160	0.042	99.35



a)



b)

Sl. 6a) Rayleigh-ove gustine verovatnoće, b) distribucione funkcije za različite vrednosti σ .

Na slici 6a. funkcije raspodele opisane su izrazom

$$p(J_2) = \frac{J_2}{\sigma^2} e^{-\frac{J_2^2}{2\sigma^2}} = \frac{k(\alpha)}{\sigma} \cdot e^{-\frac{1}{2}[k(\alpha)]^2} \quad (17)$$

gde je $e^{-\frac{1}{2}[k(\alpha)]^2} = e^{-\frac{1}{2}[-2 \log(1 - \alpha)]} = (1 - \alpha)$.

TABELA 2: NUMERIČKE VREDNOSTI FUNKCIJE $k(\alpha)$.

α	$k(\alpha)$
0.1	0.459
0.1176	0.5
0.2	0.668
0.3	0.844
0.3935	1
0.5	1.177
0.7	1.551
0.8	1.794
0.9	2.145
0.95	2.447
0.99	3.034

Takođe je

$$p(J_2) = k(\alpha) \cdot [1 - \alpha] \cdot \frac{1}{\sigma} \quad (11)$$

ili

$$p(J_2) = J_2(\alpha) \cdot \frac{(1 - \alpha)}{\sigma^2} \quad (12)$$

gde je na kraju

$$J_2(\alpha) = p(J_2) \cdot \frac{\sigma^2}{1 - \alpha} = k(\alpha) \cdot (1 - \alpha) \cdot \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{\sigma^2}{1 - \alpha} = k(\alpha) \cdot \sigma \quad (13)$$

što odgovara izrazu (6).

Slično kao kod direktne komponente za proizvoljan primer izmerenih vrednosti mogu se odrediti aritmetička sredina i standardna devijacija $\bar{J}_2 = 72.92$; $\sigma = 40.73$ i potražiti J_2 koja neće biti sa verovatnoćom (90, 95, 99%) prekoračenja iz izraza (6) i (7) i tabela 1 i 2 su

$$\begin{aligned} k(90) &= 2.145 & J_2(90) &= k(90) \cdot \sigma = 87.36 \\ k(95) &= 2.447 & J_2(95) &= 99.66 \\ k(99) &= 3.034 & J_2(99) &= 123.57 \end{aligned}$$

U ovom primeru se za izabranu verovatnoću mere prekoračenja vrednosti J_2 takođe zavisna od σ .

III. STOHAŠTIČKA NESIMETRIJA

U oba primera određivanja simetričnih komponenti direktne i inverzne tražene vrednosti rastu sa povećanjem vrednosti standardne devijacije.

$$J_2(\alpha) = k(\alpha) \cdot \sigma_2 \quad (14)$$

pri čemu se gustina verovatnoće se menja po hiperboli i raste kada raste σ . Prema tabelama 1 i 2 određene su vrednosti za ocenu verovatnoće neprekoračenja za proizvoljno izabrane vrednosti predstavljene graficima (slika 7., 8., 9. i 10.), gde je odlučujući parametar α .

Ukoliko se za analiziranu vrednost J_2 izabere ista verovatnoća neprekoračenja npr $\alpha = 0.9$, može se iz datih hiperbola napisati prema

$$p(J_2) = k(\alpha) \cdot [1 - \alpha] \cdot \frac{1}{\sigma_2} \quad (15)$$

da je

$$p(J_2) \cdot \sigma_2 = 0.2145 \quad (16)$$

Izraz $p(J) \cdot \sigma$ je konstanta i u ovom slučaju je $\alpha = \Phi(z) = 0.9$.

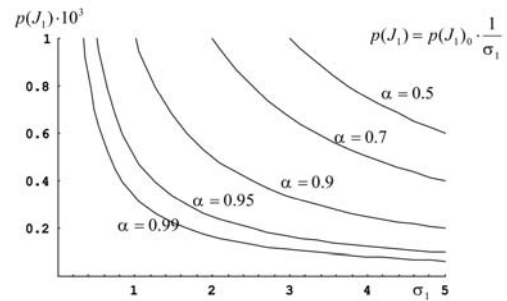
Podsećajući se podsetimo na oscilatorni karakter merne vrednost J_2 na stohastičku nesimetriju $\rho_{1(\alpha)}$ koja se može odrediti iz

$$\rho_{1(\alpha)} = \frac{J_2(\alpha)}{J_1(\alpha)} = \frac{k(\alpha) \cdot \sigma_2}{J_1 + z(\alpha) \cdot \sigma_1} \quad (17)$$

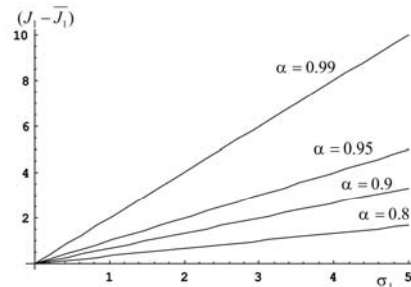
Vrednost nesimetrije određena ovim izrazom i praktično je uvek veća nego vrednost određena prema srednjoj vrednosti.

TABELA 3

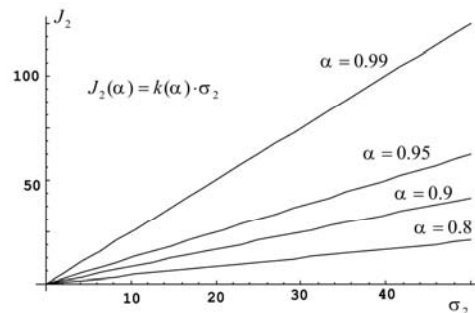
α	$k(\alpha)$	$k(\alpha)[1 - \alpha]$
0.2	0.668	0.5344
0.3935	1	0.6065
0.5	1.177	0.5885
0.7	1.551	0.4653
0.9	2.145	0.2145
0.95	2.447	0.1223
0.99	3.034	0.03034



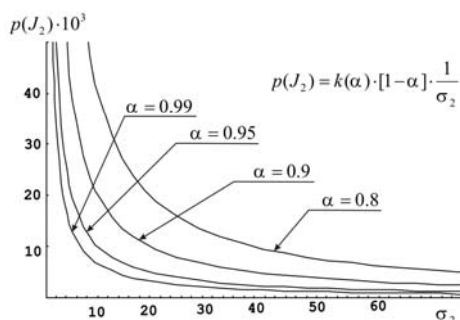
Sl. 7. Karakteristike u funkciji parametra α za ocenu verovatnoće neprekoračenja određene vrednosti prema tabela 1 i 2



Sl. 8. Karakteristike u funkciji parametra α za ocenu verovatnoće neprekoračenja određene vrednosti prema tabela 1 i 2



Sl. 9. Karakteristike J_2 u funkciji parametra α



Sl. 10. Karakteristike $p(J_2)$ u funkciji parametra α

Iz praktično izvedenih merenja proizilazi da je poslednji slučaj najčešći. Sva četiri parametra su uz uvedeni trofazni trožični sistem efektivna struja i ekvivalentna snaga sistema su

$$J_{ef.sist} \rightarrow J_{ef.sist} = \sqrt{J_R^2 + J_S^2 + J_T^2} \quad (18)$$

$$S_{3ekv} = \sqrt{3} \cdot U \quad (19)$$

$$J_{ef.sist} = \sqrt{3}U \cdot \sqrt{J_R^2 + J_S^2 + J_T^2} \quad (20)$$

Efektivna vrednost struje sistema se može napisati i u obliku

$$\begin{aligned} J_{ef.sist} \rightarrow J_{ef.sist} &= \sqrt{J_R^2 + J_S^2 + J_T^2} = \\ &= \sqrt{3(J_1^2 + J_2^2)} = J_1 \sqrt{3(1 + \rho_i^2)} = \frac{J_1}{\rho_i} \sqrt{3(1 + \rho_i^2)} \end{aligned} \quad (21)$$

i konačno je

$$J_2 = \frac{J_{ef.sist}}{\sqrt{3(1 + \rho_i^2)}} \quad (22)$$

IV. ZAKLJUČAK

Sa gledišta dinamike električne mreže sa istom verovatnoćom treba očekivati razvoj nesimetrija u zavisnosti od kompleksne vrednosti opterećenja (tehnički, mehanički, svetlosni prijemnici itd...)

U toku jedne godine, prema dijagramu opterećenja, moguće su promene u karakteru opterećenja zbog nepredviđenih uključenja i isključenja u zavisnosti od čega su menjane i simetrične komponente. Ako se pretpostavi trofazni trofazni sistem, teorijski mogu nastati četiri slučaja ili njihove kombinacije

- 1) $J_2 = const$, menja se J_1, ρ_i, J_{ef}
- 2) $J_1 = const$, menja se J_2, ρ_i, J_{ef}
- 3) $\rho_i = const$, menja se J_1, J_2, J_{ef}
- 4) očekivana vrednost nije konstantna a menja se J_1 i povećava J_2 ili obratno.

Svi navedeni dobijeni parametri dovode se na ulaz sistema koji ima ulogu da izvrši akviziciju i detekciju eventualnih kvarova u trofaznim električnim mrežama.

LITERATURA

- [1] V. Mladenović, S. Bjelić, „Proces diskretne obrade signala u funkciji merenja, kontrole i zaštite elektroenergetskog sistema od kratkih spojeva“, Zbornik Više elektrotehničke škole Požarevac
- [2] M.Vujčić, V.Mladenovic, “Digital filter for obtaining negative sequence component in electrical networks“, ETRAN 2007, Serbian IEEE section
- [3] S. Bjelic, V.Mladenovic, “Algorithm of measurement – information system to make diagnosis faults in electrical networks“, 14th TELECOMMUNICATIONS FORUM, TELFOR 2006., IEEE COM SOC Chapter Serbia & Montenegro, Belgrade, Serbia 21, 22 and 23. November 2006, PEL#7.6
- [4] Mladenović V., Bjelić S., “Measuring of nonsymmetrical components in power energy networks“, The IASTED International Conference on Power, Energy, and Applications PEA(2006), September 11-13, 2006, Gaborone, Botswana ID#506-047
- [5] [5] V. Mladenovic, S. Bjelic, Estimation of time characteristic of measurement – information system, Proceeding of The Advanced School of Electrotechnical Engineering Zvecan, March, 2007, page 121-126
- [6] S.Bjelic, V.Mladenovic, “Influence of nondominant higher harmonics to dominant basic harmonic in electrical networks“, Proceeding of The Advanced School of Electrotechnical Engineering Zvecan, March, 2007, page 127-132
- [7] V.Mladenovic, S.Bjelic, “Estimation of time characteristic of measurement – information system“, Proceeding of The Advanced School of Electrotechnical Engineering Zvecan, March, 2007, page 121-126

ABSTRACT

The researching experiments are used on the different locations of electrical networks using measurements and show that measured values do not constant and oscillate around own values. All changes of this values are consequences of switch off and switch on of electrical networks, changing of loads, characteristics of receivers etc.

In this paper, the analysis of influence unsymmetrical components in primary electrical networks are given where zero, negative sequence and direct components are needed in process and detection faults in electrical networks.

STOCHASTIC CHARACTER OF UNSYMMETRICAL COMPONENTS IN ACQUISITION AND DETECTION PROCESSES

Vladimir M. Mladenović, Momčilo D. Vujčić