

MERENJE I ANALIZA NESIMETRIJE OPTEREĆENJA U NISKONAPONSKOJ DISTRIBUTIVNOJ MREŽI

D. Stojanović, Elektronski fakultet u Nišu, Srbija¹
L. Korunović, Elektronski fakultet u Nišu, Srbija
A. Jović, PD „Jugoistok“ Niš, Elektrodistribucija Leskovac, Srbija

UVOD

Niskonaponske distributivne mreže grade se, po pravilu, kao trofazne četvorožične, sa tri fazna provodnika i jednim neutralnim. Kod simetričnog opterećenja kroz nulti provodnik ne teče struja. Međutim, u realnim uslovima, opterećenje je nesimetrično jer mreža napaja uglavnom skup monofaznih potrošača. Nesimetrija može biti sistematska usled neravnomerne raspodele po fazama pojedinih monofaznih potrošača i slučajna zbog različitih grafika opterećenja pojedinih potrošača. Kao posledica nesimetrije povećavaju se gubici u mreži, a kroz neutralni provodnik teče izvesna struja.

Savremenu etapu razvoja distributivnih mreža karakteriše upotreba velikog broja nelinearnih prijemnika. Sa porastom primene nelinearnih uređaja i aparata, javljaju se harmonijska izobličenja struja opterećenja, što dovodi do povećanja gubitaka u vodovima i transformatorima. Kroz neutralni provodnik teku i struje harmonika koji su deljivi sa tri, čak i kada su monofazni nelinearni potrošači ravnomerno raspoređeni po fazama. Ove komponente harmonika struje su u fazi, pa se stoga aritmetički sumiraju. Dakle, kroz neutralni provodnik postoji struja iz dva razloga: nesimetrija opterećenja i nelinearnost struje opterećenja. I jedan i drugi razlog dovode do povećanja gubitaka aktivne snage, kako u vodovima tako i u transformatorima.

Kod energetskih transformatora glavna posledica struja viših harmonika je povećanje gubitaka, uglavnom u namotajima, zbog izobličenja rasipnih polja. Osim toga, harmonici struje čiji je red deljiv sa tri cirkulišu u primarnom namotaju distributivnih transformatora 10/0,4kV, koji je po pravilu vezan u trougao, i time stvaraju dodatne gubitke. Dobra strana ove sprege je da ovi harmonici ne prodiru u napojnu mrežu. Viši gubici znače da se generiše više toplote u transformatoru tako da se radna temperatura povećava, što vodi bržem starenju izolacije i mogućem skraćivanju životnog veka transformatora. Kao rezultat toga, potrebno je smanjiti maksimalnu snagu (struju) opterećenja transformatora. U praksi to znači da se, u uslovima nelinearne potrošnje, transformator standardne konstrukcije ne može opteretiti naznačenom snagom ili se preduzimaju dodatne mere već kod projektovanja transformatora da se umanje gubici usled struja viših harmonika.

¹ *Dobrivoje Stojanović, dstojanovic@elfak.ni.ac.yu*

Imajući u vidu činjenicu da je niskonaponska distributivna mreža prostorno veoma razgranata, kao i to da je broj distributivnih transformatora 10/0,4kV veoma veliki, problem povećanja gubitaka usled nesimetrije opterećenja i viših harmonika može biti potencijalno veliki. Zato je cilj ovog rada da se merenjima na više lokacija u distributivnoj mreži PD „Jugoistok“ utvrdi nivo nesimetrije opterećenja i struje kroz neutralne provodnike.

Izvršena su brojna merenja na području Niša i Leskovca i to u različitim delovima grada i na izvodima koji napajaju različite kategorije potrošnje u različitim delovima grada. Izmereni podaci za svaku transformatorsku stanicu su snimani tokom nedelju dana, a njihova promena tokom radnih i neradnih dana je analizirana. Pored toga izvršena je i statistička obrada podataka. Rezultati merenja obezbeđuju osnovu za preduzimanje konkretnih akcija preraspodele opterećenja po fazama i smanjenja gubitaka u niskonaponskoj mreži, kao i za procenu povećanja gubitaka.

ANALIZA REZULTATA TERENSKIH MERENJA

Radi dobijanja što bolje slike o nesimetriji opterećenja izabrano je 30 transformatorskih stanica (TS), od toga 16 u Nišu i 14 u Leskovcu. Ove transformatorske stanice nalaze se u različitim delovima grada i napajaju različite kategorije potrošnje:

- stambenu gradsku potrošnju sa daljinskim grejanjem,
- stambenu gradsku potrošnju sa i bez daljinskog grejanja,
- ruralnu,
- trgovačku,
- administrativnu,
- industrijsku i
- mešovitu potrošnju.

U svakoj transformatorskoj stanici vrše se uporedna merenja parametara zbirne potrošnje i potrošnje na jednom od izvoda koji napaja karakteristične potrošače i to u periodu od sedam dana u skladu sa preporukama EN 50160. Merenja su vršena analizatorom snage Chauvin Arnoux C.A. 8334. Korišćeni analizator snage snima struje i napone, a potom daje harmonijski sastav struja i napona, kao i veliki broj indikatora parametara kvaliteta električne energije. Sve vrednosti su usrednjene u intervalu od 10min. Osim toga, u željenom trenutku, uređaj može da snimi talasni oblik svih napona i struja ili spektar njihovih harmonika.

Nesimetrija opterećenja je kvantifikovana faktorom nesimetrije struje koji se izračunava kao

$$I_{unb} = \frac{|I_i|}{|I_d|} \cdot 100, \quad (1)$$

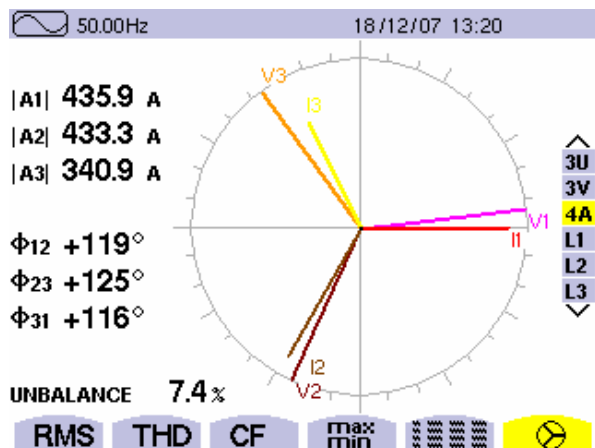
gde indeks i označava inverznu, a indeks d direktnu komponentu struje (2,3).

Od mnoštva rezultata dobijenih na osnovu dvogodišnjih merenja, zbog ograničenog prostora, odve će biti detaljno prikazani i analizirani rezultati samo u tri karakteristične transformatorske stanice koje napajaju: stambenu gradsku, trgovačku i ruralnu potrošnju. Za ostale transformatorske stanice daju se i diskutuju samo najvažniji parametri.

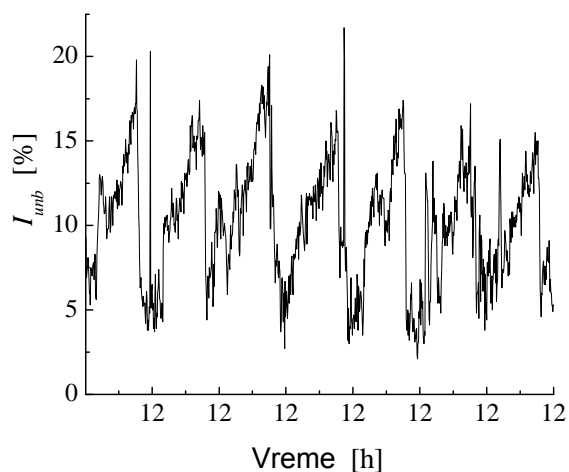
Za ilustraciju prilika u transformatorskoj stanici koja napaja stambenu potrošnju sa daljinskim grejanjem razmatra se TS „Dom studenata“. Merenja u ovoj transformatorskoj stanici izvršena su i u toku nedelju dana, od 19. do 26. decembra 2007. godine. Zabeležena je velika nesimetrija struja opterećenja, što se može videti na Sl.1 gde je prikazan fazorski dijagram struja i napona snimljen u jednom trenutku. Sa ove slike se vidi da se struje razlikuju ne samo po vrednostima, već i po uglu. Faktor nesimetrije u trenutku merenja bio je 7,4%. U periodu od sedam dana struje opterećenja transformatora I_1 , I_2 i I_3 variraju zavisno od doba dana, a njihove srednje vrednosti su 353,15A, 377,91A i 288,94A, respektivno. Faktor nesimetrije struja, definisan relacijom (1), prikazan je na sl. 2 i varira u opsegu od 2,3% do 21,7%. Usled nesimetrije opterećenja, struja neutralnog provodnika varira u opsegu od 53,4 do 199,2A. Srednja vrednost struje neutralnog provodnika od 103,6A iznosi 35,85% prosečne struje najmanje opterećenje faze.

Kako je već rečeno, struja kroz neutralni provodnik javlja se iz dva razloga: zbog nesimetrije opterećenja i zbog proticanja strujnih harmonika deljivih sa tri (koji su posledica nelinearne potrošnje).

Postavlja se pitanje kakva je struktura struje neutralnog provodnika, odnosno koliki je udeo viših harmonika u ukupnoj struji neutralnog provodnika? Da bismo dobili zadovoljavajući odgovor na ovo pitanje, razmotrimo sl. 3 gde su prikazani talasni oblici struja opterećenja I_1 , I_2 i I_3 i struje neutralnog provodnika I_N . Odgovarajući harmonijski spektri struja prikazani su na sl. 4.

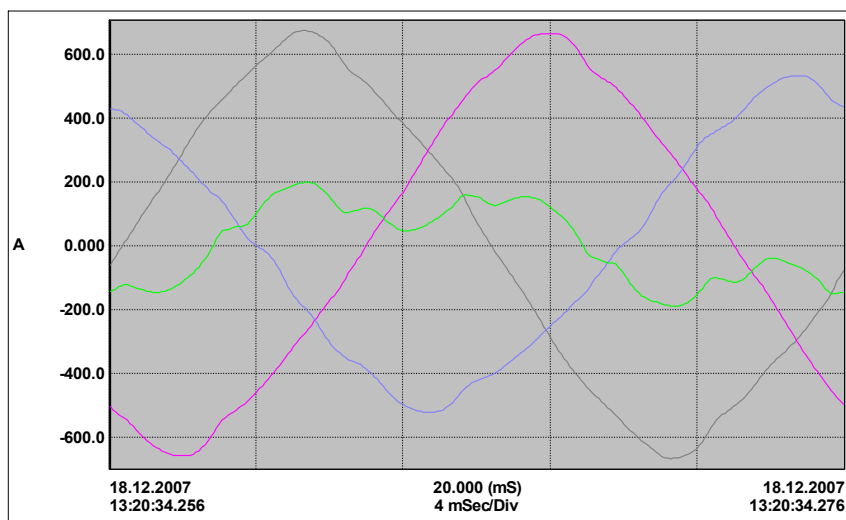


Slika 1 Fazorski dijagram struja i napona transformatora u TS „Dom studenata”

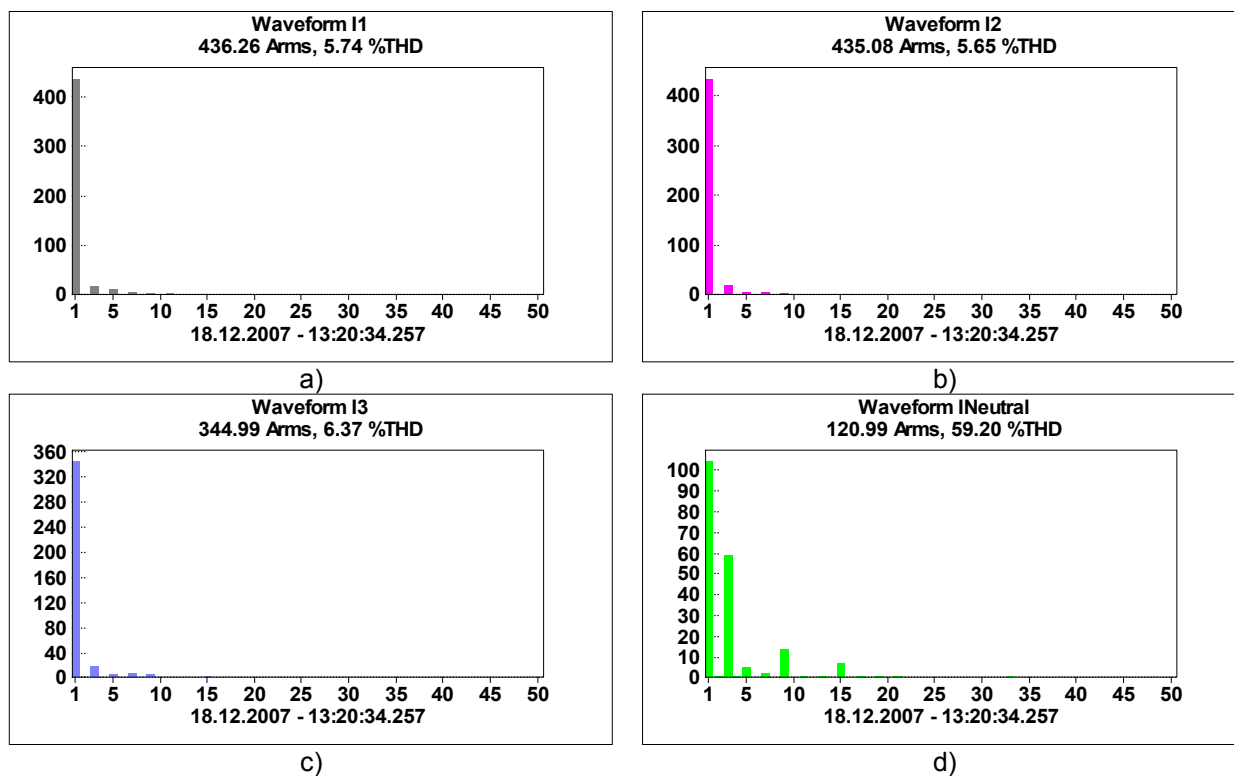


Slika 2 Faktor nesimetrije struja transformatora u TS „Dom studenata”

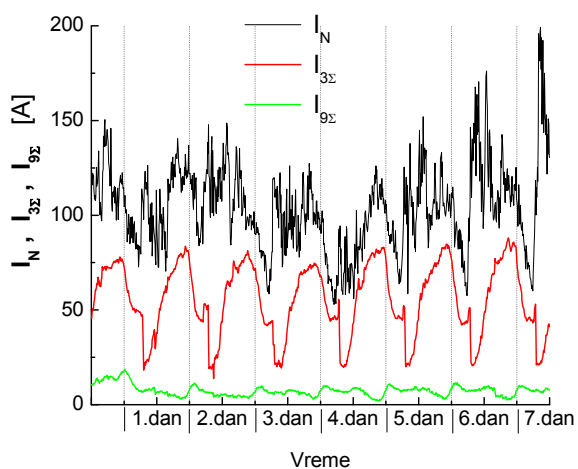
Uočava se deformacija svih struja opterećenja, iskazana preko totalne harmonijske distorzije struja (THDI) I_1 , I_2 i I_3 iznosi 5,74%, 5,65% i 6,37%, respektivno. Primećuje se učešće trećeg, petog, sedmog i devetog harmonika u strujama opterećenja. Na primer, harmonici trećeg, petog, sedmog i devetog harmonika u struji opterećenja treće faze su 5,2%, 1,9%, 2,3% i 1,3%, respektivno. Prisustvo trećeg i devetog harmonika u faznim strujama opterećenja dovodi do porasta struje neutralnog provodnika, s obzirom na to da se ovi harmonici sabiraju. Ovo se lepo vidi na Sl. 3d, gde je prikazan harmonijski spektar struje neutralnog provodnika. Treći i deveti harmonik dominantno utiču na povećanje struje neutralnog provodnika zbog nelinearnih prijemnika. U ovom primeru, efektivna vrednost struje neutralnog provodnika je 121A, a struje prvog (osnovnog), trećeg i devetog harmonika su 104,1A (100%), 59,4A (57%) i 13,6A (13,1%), respektivno. Na Sl. 5 prikazana je promena struje neutralnog provodnika i promene trećeg i devetog harmonika u periodu od nedelju dana. Oдавde se vidi da se struja trećeg harmonika ciklično menja tokom svakog dana od najmanjih vrednosti u jutarnjim časovima (između 7 i 10h) do najvećih tokom večeri (između 18 i 23h). Procetualno učešće trećeg harmonika u struji neutralnog provodnika prikazano je na Sl. 6, i varira od 11 do 89%, sa srednjom vrednošću od 59,7%. Samo kratkim jutarnjim intervalima od 7 do 9h učešće trećeg harmonika pada ispod 20%.



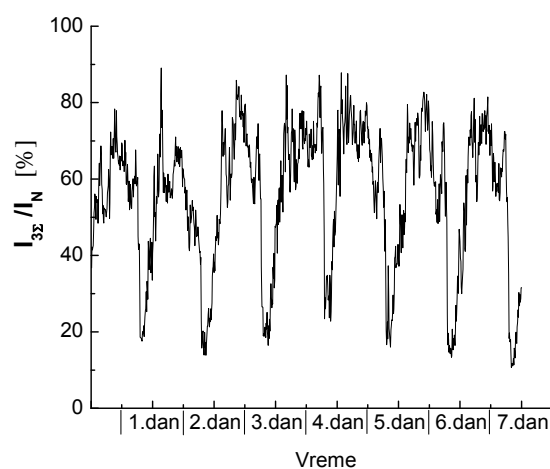
Slika 3 Talasni oblici faznih struja i struje neutralnog provodnika u TS “Dom studenata”



Slika 4 Harmonijski spektri struja u TS "Dom studenata": a) struja I_1 , b) struja I_2 i c) struja I_3

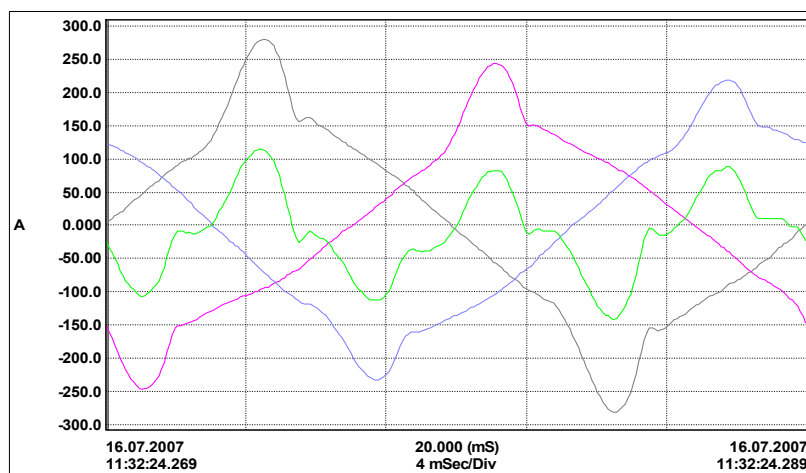


Slika 5 Struja neutralnog provodnika (I_N), suma struja trećeg harmonika ($I_{3\Sigma}$) i suma struja devetog harmonika ($I_{9\Sigma}$) u TS „Dom studenata“

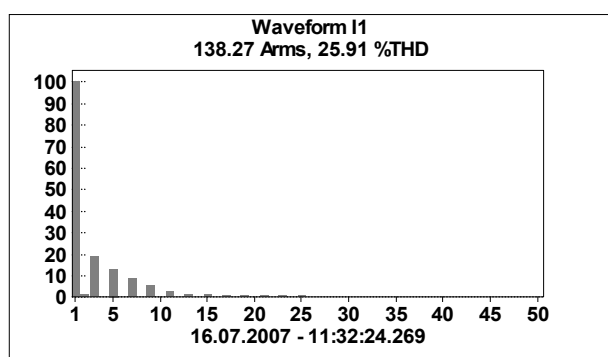


Slika 6 Procentualno učešće trećeg harmonika u struji neutralnog provodnika u TS „Dom studenata“

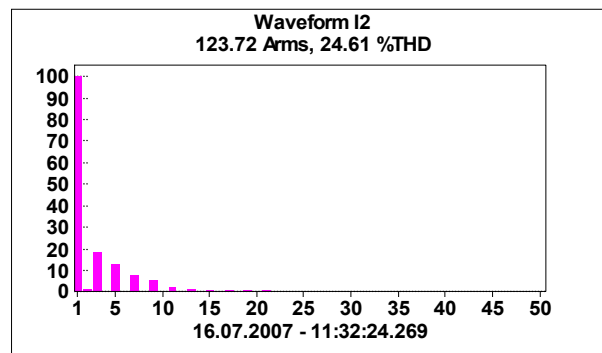
Za ilustraciju prilika u jednoj transformatorskoj stanici koja napaja trgovačku potrošnju, analiziraju se rezultati merenja u u TS „Robna kuća“ u Leskovcu, koji su obavljeni periodu od 16. do 23. jula 2007. godine. Na Sl. 7 prikazani su talasni oblici struja opterećenja i struje neutralnog provodnika u TS jednom trenutku pre podne. Uočava se izrazito velika deformacija struje opterećenja. Harmonijski spektri struja u istom trenutku merenja prikazani su na Sl. 8, odakle se vidi i velika totalna harmonijska distorzija struja (THDI) I_1 , I_2 i I_3 , i to 25,91%, 24,61% i 15,18%, respektivno. Primećuje se veliko učešće trećeg, petog, sedmog i devetog harmonika u struji opterećenja, pogotovu u prve dve faze. Na primer, harmonici trećeg, petog, sedmog i devetog harmonika u struji opterećenja prve faze su 19,1%, 13,5%, 8,7% i 5,5%, respektivno. Visok nivo trećeg i devetog harmonika u faznim strujama opterećenja dovodi do porasta struje neutralnog provodnika, tako da ovi harmonici dominiraju u struji neutralnog provodnika ove transformatorske stanice (Sl. 8d).



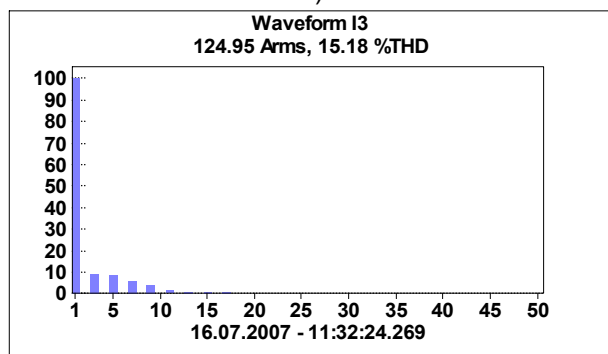
Sl. 7 Talasni oblici faznih struja i struje neutralnog provodnika u TS "Robna kuća"



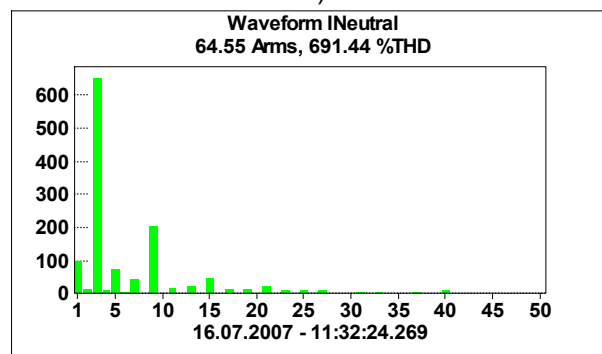
a)



b)



c)



d)

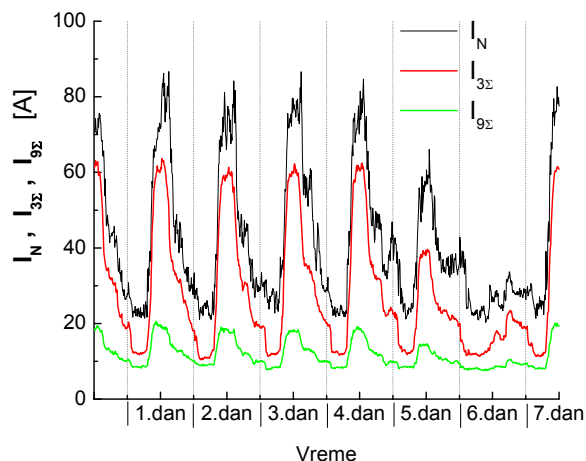
Slika 7 Harmonijski spektri struja u TS "Robna kuća": a) struja I_1 , b) struja I_2 i c) struja I_3

U periodu od sedam dana, THDI varira u opsegu od 11,3 do 29,10% za struju prve faze I_1 , od 16,7 do 44% za struju I_2 i od 7,8 do 23,1% za struju I_3 . Maksimalne vrednosti THDI i vrednosti individualnih harmonika (HDI) prevazilaze limite prema standardu IEEE 519, koji za mreže kakva je ova (gde je $50 < I_k / I_n < 100$) dozvoljavaju THDI=12% i HDI=10% za $h \leq 11$. Za slabije mreže ($20 < I_k / I_n < 50$) ovi limiti su THDI=10% i HDI=8% za $h \leq 11$.

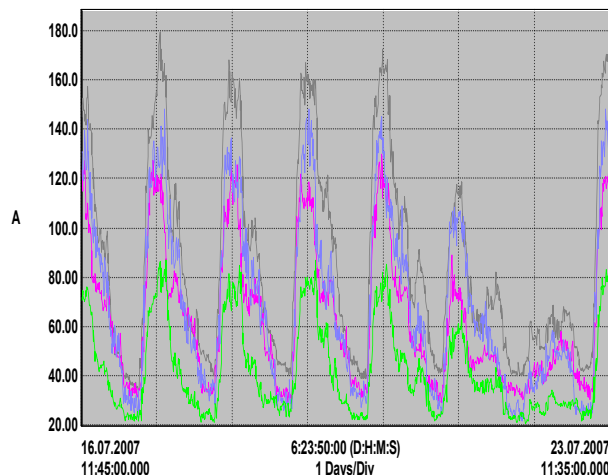
S obzirom na visok nivo THDI u strujama opterećenja, kroz neutralni provodnik teče struja koja je praktično posledica trećeg i devetog harmonika, sto se vidi na Sl. 9. Struja trećeg harmonika, a sa njim i struja neutralnog provodnika, menja se tokom svakog dana od najmanjih vrednosti, oko 11A, u ponoćnim satima (između 2 i 6h) do najvećih, oko 64A, tokom večeri (između 23 i 24h). Treba istaći da

procentualno učešće trećeg harmonika u struji neutralnog provodnika varira od 35% do 89,6%, sa srednjom vrednošću od 65%.

Kao posledica nesimetrije opterećenja i nelinearne potrošnje kroz neutralni provodnik teče značajna struja, čija vrednost se kreće od 40,8% do 107,5% struje najmanje opterećene faze, Sl. 10. Srednja vrednost struje neutralnog provodnika je 40,7% srednje struje najmanje opterećene faze. Faktor nesimetrije struja I_{umb} varira u opsegu od 3,8% do 26,9%, a njegova srednja vrednost je 13,42%.

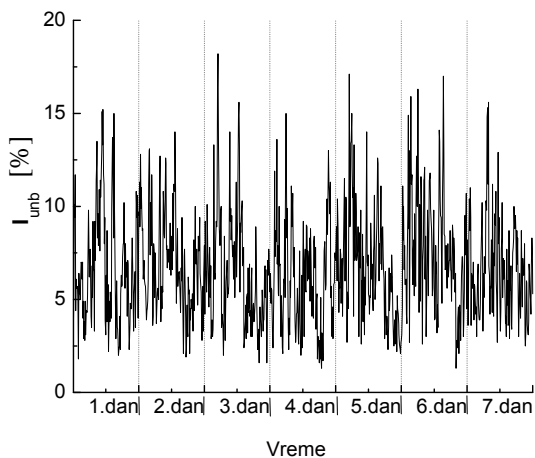


Slika 9 Struja neutralnog provodnika (I_N), suma struja trećeg harmonika ($I_{3\Sigma}$) i suma struja devetog harmonika ($I_{9\Sigma}$) u TS „Dom studenata“

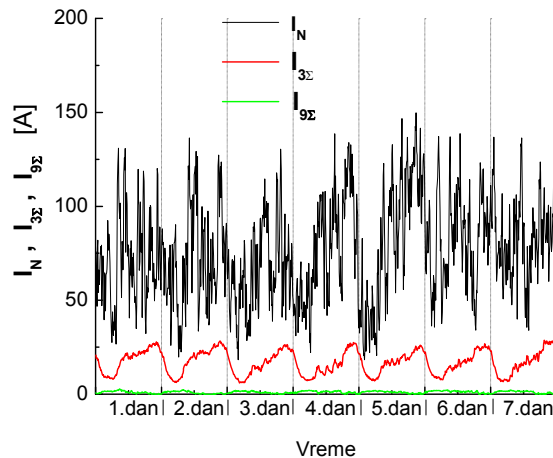


Slika 10 Procentualno učešće trećeg harmonika u struji neutralnog provodnika u TS „Dom studenata“

Kao predstavnik ruralne potrošnje razmatra se TS „Selo Gabrovac“ (250kVA) na području Niša. Merenja su obavljena su u dva navrata – u prvoj i u drugoj polovini novembra, od 4. do 11. 11. 2006. godine i od 15. do 22. 11. 2006. Oba merenja karakterišu slične vrednosti struja i faktora nesimetrije: u prvoj polovini novembra srednje vrednosti ovih veličina su bile $I_{L1}=334,88A$, $I_{L2}=306,81A$, $I_{L3}=324,22A$ i $I_{umb}=6,06\%$, a u drugoj polovini $I_{L1}=317,96$, $I_{L2}=282,35A$, $I_{L3}=303,48A$ i $I_{umb}=6,70\%$. To znači da je opterećenje transformatora ove TS u proseku ravnomernije raspodeljeno po fazama nego kod svih prethodno navedenih transformatorskih stanica. Vrednosti faktora nesimetrije struje u vremenskom domenu prikazane su na Sl. 11 sa koje se vidi da on varira u širokom opsegu, od 1,3 do 18,2% i to sa velikim promenama u svakom dobu dana. Slika 12 prikazuje promene ukupne struje i struja trećeg i devetog harmonika neutralnog provodnika periodu od nedelju dana. Struja trećeg harmonika je u proseku 21,9% ukupne struje, a devetog tek 1,57%. Ovi procenti su razumljivi budući da se radi o ruralnoj sredini, gde preovlađuje rezistivna potrošnja.



Slika 11 Faktor nesimetrije struja u TS „Selo Gabrovac“



Slika 12 Struja neutralnog provodnika (I_N), suma struja trećeg harmonika ($I_{3\Sigma}$) i suma struja devetog harmonika ($I_{9\Sigma}$) u TS „Selo Gabrovac“

Rezultati merenja u ostalim transformatorskim stanicama prikazani su u Tabeli 1. Za svaku TS naveden je tip potrošnje i period vremena. U tabeli su prikazane minimalne i maksimalne vrednosti struja opterećenja I_1 , I_2 i I_3 , minimalne, maksimalne i srednje vrednosti struja neutralnog provodnika I_N i faktora nesimetrije struja I_{umb} . Prvih 12 transformatorskih stanica su na području Leskovca, a ostale na području Niša.

Rezultati iz Tabele 1, koji su dobijeni na osnovu merenja tokom nedelju dana, pokazuju da razmatrani transformatori imaju značajnu nesimetriju opterećenja. Ova nesimetrija postoji u svim delovima dana i svakog dana u nedelji i varira u širokim granicama kod svake transformatorske stanice. Maksimalne vrednosti faktora nesimetrije su svuda iznad 10%, a u tri prelaze 30%. Srednje vrednosti faktora nesimetrije variraju od 3,64 do 14,3%. Samo u dve TS srednja vrednost faktora nesimetrije je manja od 5%, dok je u osam veća od 10%. Prosečna vrednost faktora nesimetrije struja u Leskovcu je 8,76%, a u Nišu 9,60%. Navedene vrednosti faktora nesimetrije odnose se na zbirnu potrošnju. Nesimetrija opterećenja nekih izvoda prelazi navedene granične vrednosti, a najveća srednja vrednost faktora nesimetrije jednog izvoda iznosi 32%.

Struja neutralnog provodnika, kao posledica nesimetrije i nelinearne potrošnje, ima velike vrednosti. Relativna vrednost struje neutralnog provodnika u odnosu na prosečnu struju opterećenja sve tri faze varira od 0,1421(14,21%) u TS «Moravska II» do 0,6685(66,85%) u TS »Robna kuća«. Samo u tri transformatorske stanice struja neutralnog provodnika manja od 20% faznih struja, dok je u pet iznad 50%, a u dve (Bore Price 2 i Medijana 2) čak preko 60%.

TABELA 1 – REZULTATI MERENJA

Ime TS	Tip potrošnje	I_{L1} [A]		I_{L2} [A]		I_{L3} [A]		I_N [A]			I_{umb} [%]		
		min	max	min	max	min	max	min	max	avg	min	max	avg
Moravska II	mešovita	167.7	681.8	153.3	687.4	180.3	663.4	22.8	96.9	46.73	1.1	10.4	4.041
Moravska I	mešovita	0.0	646.5	0.0	648.1	0.0	662.5	0.0	101.9	49.61	0.0	9.6	3.639
S17-T1	administr.	34.7	122.5	20.3	126.9	20.7	126.0	10.0	62.3	26.26	2.4	33.7	11.15
S17-T2	administr.	20.1	135.5	27.3	127.4	27.7	130.5	8.1	68.8	25.25	3.7	26.7	13.5
Gimnazija	administr.	50.3	163.1	54.3	235.9	42.7	18.5	17.3	90.5	42.83	1.7	23.7	8.518
Internat	mešovita	155.9	526.7	105.9	492.7	149.0	532.4	22.4	172.1	65.72	1.1	21.8	8.442
S. Penezic	sa i bez DG	123.3	598.2	114.3	528.0	142.5	679.6	25.4	191.9	77.3	1.5	21.0	8.3
28 Mart	mešovita	151.4	551.3	175.5	649.1	155.3	629.1	32.9	175.0	91.41	1.00	17.7	5.745
Robna kuća	trgovačka	32.6	179.3	29.0	129.7	21.2	148.0	20.3	86.7	41.49	3.8	26.9	13.42
Ilije Strele N	sa i bez DG	225.7	780.	169.9	730.5	161.2	760.9	39.3	210.3	104.9	1.1	19.2	7.159
Ilije Strele L	sa i bez DG	69.5	355.7	59.0	344.6	80.0	366.4	23.5	120.4	56.26	2.2	20.8	7.918
Nevena	industrijska	0.0	252.7	0.0	256.3	0.0	237.3	0.0	46.2	26.77	0.0	36.8	13.25
Bore Price 2	stam. sa DG	64.2	240.2	92.3	322.1	65.3	265.5	23.3	154.5	76.6	3.6	28.4	14.1
Češalj	stam. sa DG	201.8	623.9	197.8	492.8	137.7	568.7	26.7	221.2	102.6	1.5	19.3	9.13
Dom stud.	stam. sa DG	202.2	557	216.9	586.9	150	456.9	52.9	199.2	103.8	2.1	21.7	10.2
Duvanište 7	stam. sa DG	114.7	447.3	108.5	389.5	93.5	389.6	22.2	143	68.5	3.4	30.8	14.3
Medijana 2	stam. sa DG	60.5	331.2	75.3	423.7	63.0	362.1	15.0	200.1	65.1	4.7	25.5	13.8
Medijana 2	stam. sa DG	54.7	187.2	65.1	202.6	56.1	196.3	5.6	55.0	22.7	2.0	16.8	8.5
D. Tucovića 3	trgovačka	44	195.4	49	203.1	9.8	186.1	9.8	63.0	41.0	1.6	17.9	8.1
S. Gabrovac	Stam. rural.	165.8	527.8	143.9	480.1	171.6	505	18.3	149.7	76.2	1.5	16.4	6.1
S. Gabrovac	Stam. rural.	179.8	523	145.5	454.6	141.2	473.2	16.9	184.7	81.2	1.3	18.2	6.7
Delijski vis 1	St. bez DG	213.8	610.9	167.6	559.4	208.8	627.7	23.4	179	77.4	1.7	15.7	7.2
V. Tankosića	St. bez DG	131.6	471.1	161.4	549.0	121	478.3	21.5	170.9	69.7	1.3	19	7.5

ZAKLJUČAK

Ovaj rad prezentuje rezultate merenja u transformatorskim stanicama 10/0,4kV na području Niša i Leskovca radi utvrđivanja nivoa nesimetrije opterećenja niskonaponske distributivne mreže i distributivnih transformatora. Merenja su izvršena u transformatorskim stanicama koje napajaju različite tipove potrošnje i nalaze se u različitim delovima grada. Ustanovljeno je da nesimetrija opterećenja postoji u svim danima u nedelji i delovima dana. Kod većine merenja zbirne potrošnje transformatora i skoro svih merenja opterećenja niskonaponskih izvoda, srednja vrednost faktora nesimetrije struje u periodu od nedelju dana, je veća od 10%. Ova činjenica upućuje na to da je neophodno da se izvrši preraspodela struja po fazama izvoda sa najvećom nesimetrijom faza i najvećom strujom neutralnog provodnika koji su identifikovani u radu.

Ustanovljeno je da nelinearni potrošači u transformatorskim stanicama koje napajaju trgovačku i administrativnu potrošnju značajno doprinose povećanju struje neutralnog provodnika.

Nesimetriju opterećenja i harmonike treba uvažiti kod proračuna gubitaka u distributivnim mrežama. Rezultati merenja obezbeđuju osnovu za preduzimanje konkretnih akcija preraspodele opterećenja po fazama i smanjenja gubitaka u niskonaponskoj mreži, kao i za procenu povećanja gubitaka.

NAPOMENA

Ovaj rad je nastao kao rezultat istraživanja u okviru istraživačko-razvojnog projekata pod nazivom "Karakterizacija dijagrama potrošnje, razvoj metodologije za proračun gubitaka energije u distributivnim mrežama EPS-a i njena eksperimentalna verifikacija", koji finansira Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije.

LITERATURA

1. A. Baggani, J. Desmet, 2003, „Neutral Sizing in Harmonic Rich Installations“, LPQI, www.lpqi.org.
2. J. Desmet et al., 2003, „Analyses of the Neutral Conductor Current in a Three Phase Supplied Network With Non-linear Single Phase Loads“, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 39, No.3.
3. J.C. Balda et al., 1997, „Measurements of Neutral Currents and Voltages on a Distribution Feeder,“IEEE Trans. Power Delivery”, vol. 12, pp. 1799-1804.
2. A. Baggini, Feb. 2003, „Cable Sizing With Reference to Harmonic Currents“, 1st International LPQI Conference, Bologna – Italy.
3. T. Gruz, 1990, „A Survey of Neutral Currents in Three-Phase Computer Power Systems“, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 26, No.4.
4. J. Desmet, G. Delaere, 2005 „Harmonics Selection and Rating of Transformers“, LPQI, www.lpqi.org.
5. Francisco C. De La Rosa, 2006, „Harmonics and power systems“, CRC Press
6. R. C. Dugan et al., 2002, „Electrical Power Systems Quality“, McGraw-Hill.
7. Bollen M, 2000, „Understanding Power Quality Problems“, John Wiley & Sons, Ltd and IEEE Press, Piscataway.

Ključne reči: Nesimetrija opterećenja, neutralni provodnik, distributivna mreža, gubici energije.

¹ *Dobrivoje Stojanović, dstojanovic@elfak.ni.ac.yu*