

## **MERENJE PRISUSTVA TREĆEG HARMONIKA U STRUJI NEUTRALNOG PROVODNIKA U NISKONAPONSKOJ DISTRIBUTIVNOJ MREŽI**

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

### **UVOD**

U realnim distributivnim sistemima, opterećenje niskonaponske mreže je uglavnom nesimetrično. Nesimetrija u mreži može biti posledica napajanja mešovite potrošnje, koja predstavlja skup monofaznih potrošača, koji su neravnomerno raspoređeni po fazama. Isto tako, nesimetrija u mreži može biti rezultat različitih grafika opterećenja pojedinih potrošača. U prvom slučaju, reč je o sistematskoj nesimetriji, a u drugom, o slučajnoj nesimetriji. Kao posledica sistematske i slučajne nesimetrije, kroz neutralni provodnik protiče izvesna struja.

Sa porastom primene nelinearnih uređaja i aparata, kao što su personalni računari, monitori, energetski pretvarači, fluorescentne sijalice, živine sijalice i slično, dolazi do sve veće pojave izobličenja struje opterećenja. Zato, kroz neutralni provodnik pored osnovnog teku i struje viših harmonika, a naročito su uočljivi harmonici deljivi sa tri. Ovi karakteristični redovi harmonika se pojavljuju i u slučaju kada su monofazni nelinearni potrošači ravnomerno raspoređeni po fazama. Harmonici linijskih struja čiji je red deljiv sa tri (treći, deveti itd.) su međusobno u fazi, pa se u neutralnom provodniku aritmetički sabiraju.

Zato, struja u neutralnom provodniku može dostići vrednost do  $\sqrt{3}$  puta veće vrednosti faznih struja.

Uzimajući sve u obzir, struja u neutralnom provodniku protiče zbog nesimetrije opterećenja i nelinearnosti struje opterećenja. Oba razloga uzrokuju povećanje gubitaka aktivne snage u distributivnim mrežama, kako u vodovima tako i u transformatorima.

### **STRUJA NEUTRALNOG PROVODNIKA**

U trofaznoj četvorožičnoj mreži, struja kroz neutralni provodnik predstavlja sumu vektora sve tri fazne struje. U simetričnom sinusoidalnom trofaznom sistemu, suma struja je jednaka nuli u svakom trenutku, pa je zato i struja neutralnog provodnika jednaka nuli. Međutim, u uslovima kada su opterećenja lineranih jednofaznih potrošača po fazama različita, struja neutralnog provodnika ima neku vrednost. Najčešće je razlika struja u fazama mala pa je i struja neutralnog provodnika mnogo manja od struje faznih provodnika.

Kada se napaja nelinearno trofazno opterećenje, postojaće struja u neutralnom provodniku. Zbog nesinusoidalnih struja u faznim provodnicima, suma struja u neutralnom provodniku može biti različita od nule čak i kada su iste efektivne vrednosti svih struja. Struja neutralnog provodnika određena je kao

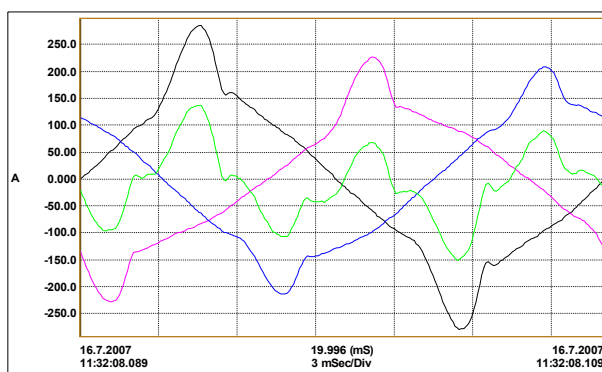
zbir komponenti trećeg harmonika faznih struja (i ostalih koji su deljivi sa tri). Kao posledica toga, struje neutralnog provodnika sa trećim harmonikom može premašiti faznu struju osnovne frekvencije.

## REZULTATI MERENJA

Da bi se dobila kompletnija slika o učešću trećeg harmonika u struji neutralnog provodnika i nesimetriji struja opterećenja faza, u ovom radu su predstavljeni rezultati merenja koja su sprovedena u različitim distributivnim transformatorskim stanicama (TS) 10/0.4 kV/kV i niskonaponskim (NN) izvodima na teritoriji PD „Jugoistok“- Ogranak Elektrodistribucija Leskovac. Posebno su istaknuti snimci talasnih oblika struje na niskonaponskoj strani transformatora, koji ukazuju na postojanje visoke vrednosti trećeg harmonika u struji neutralnog provodnika i nesimetrije opterećenja. Ove transformatorske stanice napajaju različite tipove potrošnje:

1. TS „Robna kuća“ (trgovačka potrošnja)
2. TS „Ilije Strele“ (stambena gradska potrošnja sa daljinskim grejanjem)
3. TS „S-17“ (administrativna potrošnja)
4. TS „Slobodan Penezić“ (stambena gradska potrošnja bez daljinskog grejanja)

U cilju utvrđivanja karakteristika trgovačkog tipa potrošnje, izvršena su merenja u TS „Robna Kuća“, instalisane snage transformatora 1000 kVA, koja napaja poslovne i prostorije tržnog centra. Iz ove TS napaja se veliki broj fluorescentnih svetiljki i klima uređaja, koji predstavljaju česte izvore harmonika u niskonaponskim mrežama. Merenja su vršena tokom nedelju dana u letnjem periodu (od sredine jula 2007. godine pa nadalje), kada je udeo rezistivne potrošnje u ukupnoj potrošnji znatno manji u odnosu na onaj tokom zimskih meseci. Koeficijent nesimetrije struje  $I_{umb}$  dostigao je maksimalnu vrednost od 26.9%. Na osnovu efektivnih vrednosti struje opterećenja u fazama transformatora, zaključuje se da je ovaj transformator u periodu merenja bio podopterećen. U trenutku snimanja talasnog oblika struja opterećenja, vrednost struje neutralnog provodnika je iznosila 67.22A, što je preko 50% od vrednosti struje najmanje opterećene faze u tom trenutku (struja druge faze 113.32A). Opterećenje transformatora i ukupna harmonijska distorzija struje (THDi) po fazama na niskonaponskoj strani su:  $I_1 = 139A$ ,  $THDI_1 = 26.13\%$ ,  $I_2 = 113.32A$ ,  $THDI_2 = 27.02\%$ ,  $I_3 = 115.03A$ ,  $THDI_3 = 16.71\%$ . Kao posledica pojave harmonijske distorzije struje u fazama transformatora ima se i velika vrednost ukupne harmonijske distorzije struje neutralnog provodnika, koja je iznosila  $THDI_N = 329.89\%$ . U struji neutralnog provodnika dominiraju harmonici deljivi sa tri. Efektivne vrednosti karakterističnih harmonika struje neutralnog provodnika bile su:  $I_{h1}=19.2A$ ,  $I_{h3}=59.8A$ ,  $I_{h6}=0.2A$ ,  $I_{h9}=18.4A$ ,  $I_{h12}=0.1A$ ,  $I_{h15}=4.8A$ ,  $I_{h21}=2.2A$ . Očigledno, parni harmonici imaju zanemarjive vrednosti. Na slici 1 prikazani su talasni oblici struja pojedinih faza i neutralnog provodnika u TS „Robna Kuća“. Na ovoj i svim narednim slikama crnom, ružičastom i plavom bojom su označene struje pojedinih faza, a zelenom bojom struja neutralnog provodnika.



Slika 1. Talasni oblici struja pojedinih faza i neutralnog provodnika u TS „Robna Kuća“

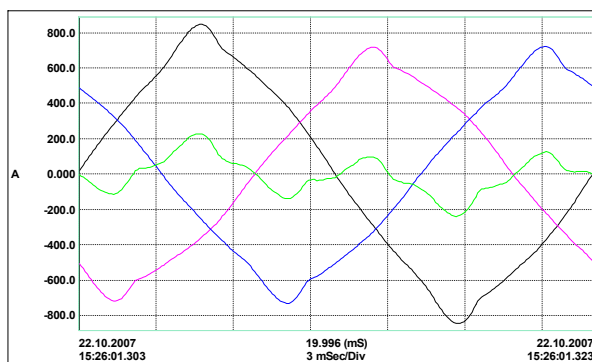
Usled harmonika u faznim strujama i struji neutralnog provodnika povećavaju se gubici u vodu niskonaponske mreže u odnosu na gubitke koji se imaju pri osnovnoj frekvenciji (samo prvi harmonik). Procentualno povećanje gubitaka može se izračunati na osnovu podataka o efektivnim vrednostima pojedinih harmonika faznih struja i struje neutralnog provodnika, prema jednačini:

$$\Delta P_{har} [\%] = \frac{I_{A3}^2 + I_{B3}^2 + I_{C3}^2 + I_{N3}^2 + I_{A6}^2 + I_{B6}^2 + I_{C6}^2 + I_{N6}^2 + I_{A9}^2 + I_{B9}^2 + I_{C9}^2 + I_{N9}^2 + \dots}{I_{A1}^2 + I_{B1}^2 + I_{C1}^2 + I_{N1}^2} 100. \quad (1)$$

Dominantan uticaj na povećanje gubitaka imaju neparni harmonici deljivi sa tri (treći, deveti, petnaesti, itd), odnosno harmonici reda  $h = 6k + 3$ , gde je  $k = 0, 1, 2, 3, 6$ .

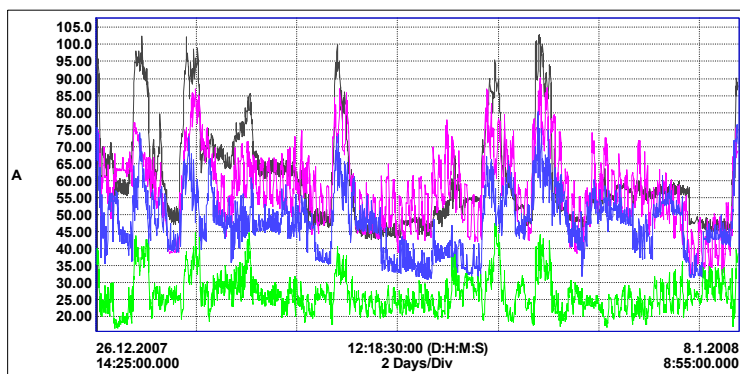
Za struje sa slike 1, porast gubitaka  $\Delta P_{har3} [\%]$  iznosi 12.42%.

Za utvrđivanje karakteristika stambene gradske potrošnje sa daljinskim grejanjem (zgrade), razmatra se TS „Ilije Strele“, snage 630 kVA. Merenja su obavljena u periodu od nedelju dana, počev od sredine oktobra 2007. godine. Faktor nesimetrije struja  $I_{umb}$  dostigao je maksimalnu vrednost u toku snimanja od 19.2%, a njegova srednja vrednost bila je 7,159%. Na slici 2, koja je snimljena u ponedeljak 22.10.2007.god., prikazani su talasni oblici faznih struja i struje neutralnog provodnika celokupnog opterećenja transformatora. Opterećenje transformatora je nesimetrično, imajući u vidu da je vrednost struje u prvoj fazi 517.28A znatno veća od uravnoteženog opterećenja druge i treće faze, koje iznosi 441.46A i 440.82A. Što se tiče učešća harmonika u faznim strujama, ima se relativno ista vrednost parametra  $THDI$ . Vrednosti  $THDI$  struja pojedinih faza su 8.65%, 8.62% i 8.92%. Kao posledica neuravnoteženog trofaznog opterećenja i pojave viših harmonika, struja neutralnog provodnika ima vrednost 104.9A, i vrednost  $THDI_N$  od 178.54%. Važno je pomenuti, da treći harmonik struje neutralnog provodnika dostiže vrednost 171.7% osnovnog harmonika. Efektivne vrednosti karakterističnih viših hamonika u struji neutralnog provodnika imaju vrednosti:  $I_{h1}=50.7A$ ,  $I_{h3}=87A$ ,  $I_{h6}=0.3A$ ,  $I_{h9}=23.7A$ ,  $I_{h12}=0.1A$ ,  $I_{h15}=5.6A$ ,  $I_{h12}=2.2A$ . Pokazuje se da je učešće trećeg harmonika u struji neutralnog provodnika dominantno, što je i napomenuto u uvodnom delu ove analize kao teorijska mogućnost. Od uticaja su još i deveti, petnaesti i dvadesetprvi harmonik, pri čemu sa porastom reda harmonika vrednost struje opada. Sa slike 2 može se uočiti trostruka perioda talasnog oblika struje neutralnog provodnika. Kao posledica harmonika, dolazi do povećanja gubitaka u odnosu na gubitke koji se imaju kada je samo nesimetrija po fazama sa prvim harmonikom, koje u ovom slučaju iznosi  $\Delta P_{har3} [\%] = 1.6698$ .

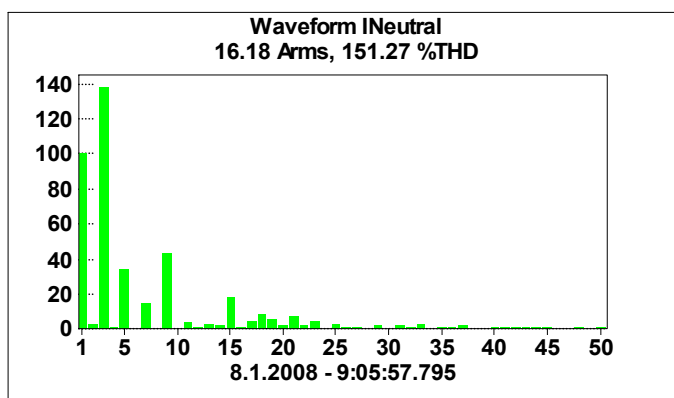


Slika 2. Talasni oblici struja pojedinih faza i neutralnog provodnika u TS „Ilije Strele“

Naredno merenje, odnosi se na potrošače čije opterećenje pretežno čini računarska oprema i fluorescentno osvetljenje i predstavlja administrativni tip potrošnje. Snimano je opterećenje Upravne zgrade Elektrodistribucije u Leskovcu. Izvorna TS je „S-17“ ( $2 \times 630kVA$ ), a snimani NN izvod (PP00/Al  $4 \times 150mm^2$ ) se napaja iz transformatora T1. Na slici 3 je prikazan vremenski tok struja opterećenja niskonaponskog izvoda. Maksimalno zabeležena nesimetrija opterećenja je 29%, dok su maksimalno zabeležene vrednosti  $THDI$  faznih struja izvoda  $I_1$ ,  $I_2$  i  $I_3$ , za period od 12 dana, 27.7%, 16.8% i 18.8%, respektivno. Talasni oblik struje snimljen je u jutarnjim satima, kada je opterećenje najveće. Zabeležene vrednosti faznih struja i totalne harmonijske distorzije su:  $I_1 = 60.14A$ ,  $THDI_1 = 4.62\%$ ,  $I_2 = 57.72A$ ,  $THDI_2 = 7.52\%$ ,  $I_3 = 59.57A$ ,  $THDI_3 = 9.77\%$



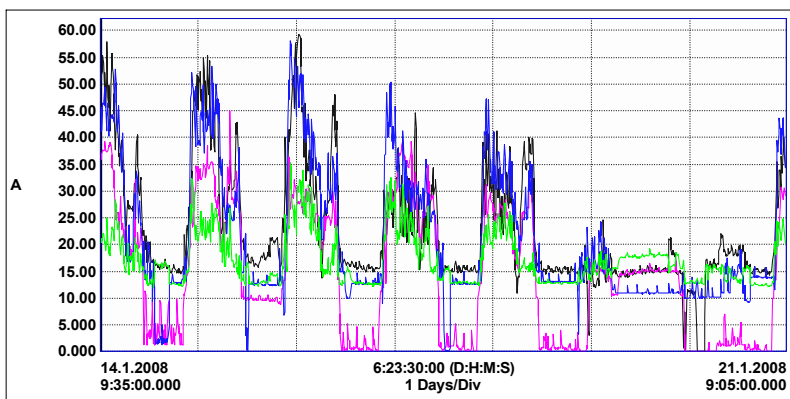
Slika 3. Fazne struje i struja neutralnog provodnika NN izvoda 1 u TS „S-17” T1



Slika 4. Harmonijski spektar struje neutralnog provodnika NN izvoda 1 u TS „S-17” T1

Na slici 4 je prikazan harmonijski spektar struje neutralnog provodnika razmatranog izvoda, pri čemu su vrednosti date u procentima od osnovnog harmonika. Imajući u vidu strukturu potrošača u ovakvom objektu (veliki broj nelineranih potrošača), dobijen je očekivano visok sadržaj viših harmonika u struji neutralnog provodnika. Efektivne vrednosti karakterističnih neparnih harmonika su:  $I_{h1}=5.7A$ ,  $I_{h3}=7.8A$ ,  $I_{h9}=2.5A$ ,  $I_{h15}=1.0A$ ,  $I_{h21}=0.4A$ . Povećanje gubitaka  $\Delta P_{har}$ , saglasno relaciji (1) iznosi 0.909%.

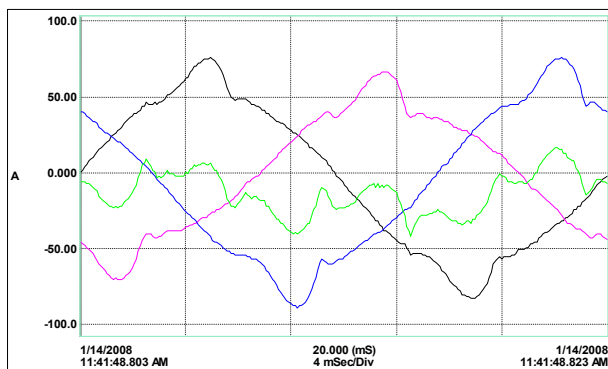
Snimano je opterećenje i drugog niskonaponskog izvoda ( $PP41/Cu 4 \times 95mm^2$ ) koji napaja objekte Regionalne privredne komore u Leskovcu, takođe iz transformatorske stanice „S-17” T1. Snimanje opterećenja je sprovedeno u periodu od nedelju dana, započeto sredinom januara 2008. godine i prikazano je na slici 5.



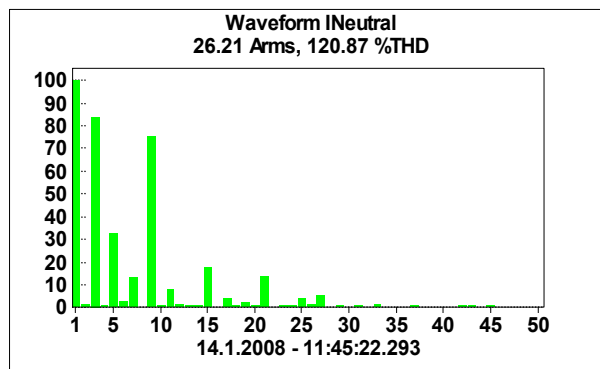
Slika 5. Fazne struje i struja neutralnog provodnika NN izvoda 2 u TS „S-17” T1

Značajno je uočiti opterećenje niskonaponskog izvoda u šestom danu (subota 19. januar). Naime, u najvećem delu dana struja neutralnog provodnika bila je veća od struje opterećenja bilo koje faze.

Odnos struje neutralnog provodnika i struje najviše opterećene faze iznosi 1.11. Maksimalna vrednost strujne nesimetrije za nedelju dana iznosi 49.9%, i zabeležena je šestog dana. Imajući u vidu potrošače koji se napajaju sa ovog izvoda, očekivana je visoka vrednost  $THDI$ . Maksimalno zabeležena vrednost  $THDI$  u periodu snimanja je bila 39.1% u prvoj fazi, dok su u drugoj i trećoj fazi zabeležene vrednosti od 36.6% i 33.5%.



Slika 6. Talasni oblici struja pojedinih faza i neutralnog provodnika NN izvoda 2 u TS „S-17“ T1



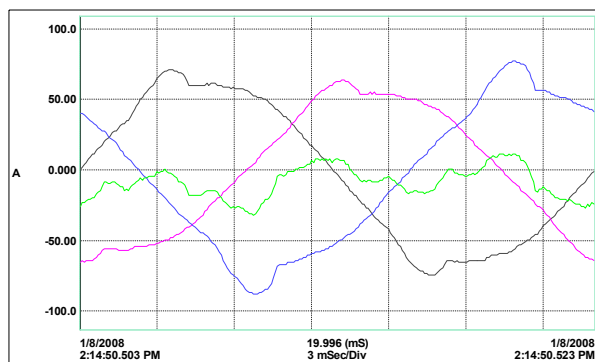
Slika 7. Harmonijski spektar zbirne struje neutralnog provodnika T1 u TS „S-17“

Snimak talasnog oblika struje, napravljen je u prepodnevnom satima, kada je dnevno opterećenje niskonaponskog izvoda najveće. U trenutku snimanja, vrednost struje neutralnog provodnika je iznosila 19.48A, što predstavlja 41.36% od struje najviše opterećene faze izvoda. Opterećenje po fazama niskonaponskog izvoda i ukupne harmonijske distorzije faznih struja su:  $I_1 = 46.3A$ ,  $THDI_1 = 11.5\%$ ,  $I_2 = 38.36A$ ,  $THDI_2 = 15.94\%$ ,  $I_3 = 47.09A$ ,  $THDI_3 = 13.7\%$ . Kao posledica velike harmonijske distorzije faznih struja javlja se i velika vrednost ukupne harmonijske distorzije struje neutralnog provodnika,  $THDI_N = 135.7\%$ . Efektivne vrednosti najvažnijih harmonika u struji neutralnog provodnika su:  $I_{h1}=8.2A$ ,  $I_{h3}=9.2A$ ,  $I_{h9}=5.5A$ ,  $I_{h15}=1.6A$ ,  $I_{h21}=1.3A$ . Za talasni oblik struja na slici 6, porast gubitaka  $\Delta P_{har}$  iznosi 2.812%.

Istovremeno, izvršeno je snimanje talasnog oblika struja ukupnog opterećenja transformatora koji napaja predhodno pomenute niskonaponske izvode i još četiri niskonaponska izvoda za obližnje lokale i stambenu zgradu koja ima daljinsko grejanje. Faktor nesimetrije struja transformatora  $I_{umb}$  imao je maksimalnu vrednost od 30.1%. Efektivna vrednost struje neutralnog provodnika neznatno je porasla i pored velikog porasta faznih struja, dok je njen harmonijski sadržaj smanjen. Snimak napravljen 14.01.2008. pokazuje da je vrednost  $THDI_N$  zbirne struje neutralnog provodnika 120.87%, a njena efektivna vrednost je 26.21A. Vrednost trećeg harmonika je smanjena i iznosi 83.7% osnovnog harmonika.

Efektivne vrednosti pojedinih harmonika struje neutralnog provodnika bile su:  $I_{h1}=15.5A$ ,  $I_{h3}=13A$ ,  $I_{h6}=0.5A$ ,  $I_{h9}=11.7A$ ,  $I_{h12}=0.3A$ ,  $I_{h15}=2.7A$ ,  $I_{h21}=2.1A$ . Na slici 7 je prikazan spektar harmonika ukupne struje neutralnog provodnika u TS „S-17“ T1. Porast gubitaka  $\Delta P_{har}$  koji odgovara harmonijskom sastavu struja je 1.04%.

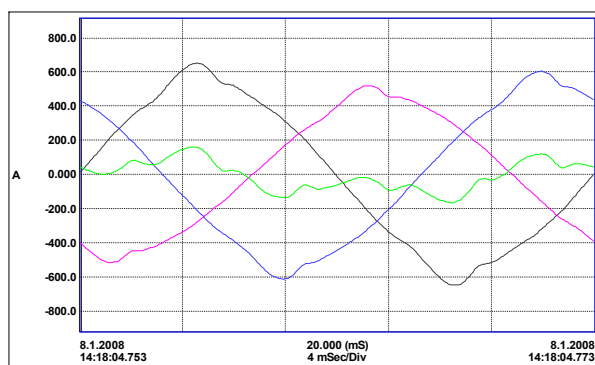
Slični rezultati su dobijeni na niskonaponskom izvodu (PP00/AI  $4 \times 150mm^2$ ) koji napaja objekte SUP-a u Leskovcu. Ovaj izvod se takođe napaja iz transformatorske stanice „S-17“ ali sa drugog transformatora T2. Transformatori T1 i T2 rade odvojeno. Na slici 8. su prikazani talasni oblici faznih struja i struje neutralnog provodnika niskonaponskog izvoda. Imajući u vidu da računari, osvetljenje i drugi nelinearni uređaji predstavljaju značajan udeo opterećenja izvoda, prisustvo trećeg harmonika u struji neutralnog provodnika je razumljivo.



Slika 8. Talasni oblici struja pojedinih faza i neutralnog provodnika NN izvoda u TS „S-17“ T2

Faktor strujne nesimetrije  $I_{umb}$  dostigao je maksimalnu vrednost od 35.6% za period snimanja od nedelju dana. U trenutku snimanja, fazne struje izvoda i odgovarajući  $THDI$  iznose: 48.51A, 8.66%, 43.27A, 8.7% i 49.41A, 12.62%. Za talasni oblik struja sa slike 8,  $\Delta P_{har} = 1.89\%$ . Neutralni provodnik je opterećen strujom od 14.39A, a njen  $THDI_N$  iznosi 216.18%. I ovde, dominantan je treći harmonik sa 198.8% od osnovnog. Efektivne vrednosti struja pojedinih harmonika su:  $I_{h1}=4.6A$ ,  $I_{h3}=9.1A$ ,  $I_{h6}=0.1A$ ,  $I_{h9}=2.6A$ ,  $I_{h12}=0.0A$ ,  $I_{h15}=1.1A$ ,  $I_{h21}=0.1A$ .

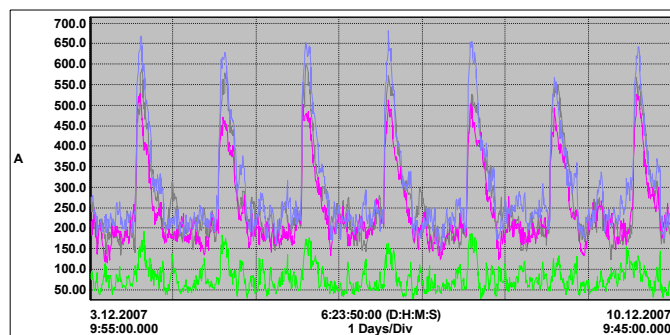
Kao i u prethodnom slučaju, izvršeno je snimanje talasnih oblika struja transformatora T2 na niskonaponskoj strani, koji su prikazani na slici 9. Za period od sedam dana, maksimalno zabeležena vrednost nesimetrije opterećenja faza je 12.3%. Transformator T2 je znatno opterećeniji od transformatora T1. Fazne struje i parametar  $THDI$  iznose: 407.3A, 7.47%, 332.6A, 6.02% i 385.99A, 6.44%, a  $\Delta P_{har} = 0,921\%$ . Struja neutralnog provodnika iznosi 85.69A i  $THDI_N = 84,25\%$ . Treći harmonik je 77.6% osnovnog. Efektivne vrednosti struje pojedinih harmonika su:  $I_{h1}=65.2A$ ,  $I_{h3}=50.6A$ ,  $I_{h6}=0.0A$ ,  $I_{h9}=18.2A$ ,  $I_{h12}=0.1A$ ,  $I_{h15}=5.7A$ ,  $I_{h21}=2.0A$ .



Slika 9. Talasni oblici faznih struja i struje neutralnog provodnika transformatora T2 u TS „S-17“

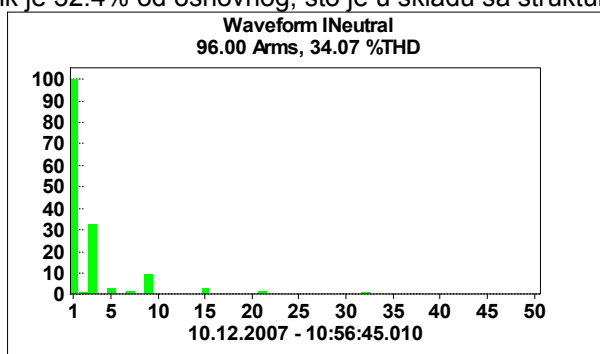
Poslednje merenje predstavljeno u ovom radu, odnosi se na potrošače koji se mogu svrstati u kategoriju stambena gradska potrošnja bez daljinskog grejanja. Merenja su obavljena u transformatorskoj stanici TS „Slobodan Penezić“,  $S = 630kVA$ , u periodu od nedelju dana.

Na slici 10 su prikazane struje opterećenja i lako se može uočiti da je maksimalno opterećenje transformatora u satima posle ponoći, kada je na snazi niža tarifa. To je vreme kada većina potrošača u stambenim zgradama koje napaja ova TS, aktivira termoakumulacione peći koje koriste za zagrevanje stambenog prostora. Dijagram opterećenja prikazan na slici 10 je karakterističan za ovaj tip potrošača. Maksimalno zabeležena nesimetrija struje za period merenja je iznosila 21%. Maksimalne vrednosti struje opterećenja koje su registrovane iznose 598.2A, 528A i 679.6A dok su maksimalne vrednosti  $THDI$  iznosile 11.1%, 13.3% i 11.2%, respektivno. Najveća vrednost struje neutralnog provodnika je 191.9A.



Slika 10. Fazne struje i struja neutralnog provodnika u TS "Slobodan Penezić"

Snimak talasnih oblika struja, izvršen je u prvoj polovini decembra meseca u prepodnevnom satima. Vrednosti struja i parametra THDI u trenutku snimanja su bile: 163.48A, 6.87%, 169.31A, 9.1% i 253.67A, 4.17%, respektivno. Neutralni provodnik je opterećen strujom od 96.0A sa  $THDI_N = 34.07\%$ . Efektivne vrednosti struje pojedinih harmonika su:  $I_{h1}=90.5A$ ,  $I_{h3}=29.4A$ ,  $I_{h6}=0.1A$ ,  $I_{h9}=8.2A$ ,  $I_{h12}=0.1A$ ,  $I_{h15}=2.5A$ ,  $I_{h21}=1.4A$ . Na slici 11 je prikazan spektar harmonika struje neutralnog provodnika. Treći harmonik je 32.4% od osnovnog, što je u skladu sa strukturom potrošača.



Slika 11. Spektar harmonika struje neutralnog provodnika u TS „Slobodan Penezić“

## PREGLED REZULTATA

U tabeli 1 dat je pregled rezultata svih merenja: naziv TS i izvoda koji je uzet u analizu, mesec kada je izvršeno merenje, tip potrošnje, efektivna vrednost struje neutralnog provodnika i procentualno učešće struje trećeg harmonika u ukupnoj struji neutralnog provodnika.

TABELA 1 – PREGLED REZULTATA MERENJA

Naziv TS	Mesec	Tip potrošnje	$I_N [A]$	$I_{3h} / I_N \times 100 [\%]$
Robna kuća	Jul	Trgovačka	67.22	89.0
Ilije Strele-nova	Oktobar	Stambena gradska potrošnja sa daljinskim grejanjem	104.09	83.6
S-17 (T1) Izvod-Uprava E.D. Leskovac	Decembar Januar	Administrativna	16.18	48.2
S-17 (T1) Izvod-Regionalna privredna komora	Januar	Administrativna	19.48	47.2
S-17 (T1)	Januar	Administrativna	26.21	49.6
S-17 (T2) Izvod-SUP	Januar	Administrativna	14.39	63.2
S-17 (T2)	Januar	Administrativna	85.69	59.1
Slobodan Penezić	Decembar	Stambena gradska potrošnja bez daljinskog grejanja	96	30.6

Na osnovu prethodno navedenih rezultata merenja, kao i rezultata iz tabele 1, može se zaključiti da je procentualno učešće struje trećeg harmonika u ukupnoj struji neutralnog provodnika blizu 50% za sve tipove potrošnje sem za stambeni tip potrošnje bez daljinskog grejanja (30%). Pronađen je izvod kod koga je struja neutralnog provodnika bila veća od faznih struja, a to je niskonaponski izvod koji napaja objekte Regionalne privredne komore u Leskovcu ( $\approx 110\%$  fazne struje).

Imajući u vidu sve navedene podatke o harmonijskim sadržajima i efektivnim vrednostima faznih struja i struje neutralnog provodnika, može se doneti zaključak da upotreba nelinearnih uređaja i nesimetrija u niskonaponskoj mreži PD "Jugoistok" - Ogranak Leskovac izazivaju porast gubitaka snage. Iz tog razloga potrebno je preduzeti odgovarajuće mere za eliminisanje trećeg harmonika i uravnoteženje opterećenja po fazama radi smanjenja gubitaka snage i energije u niskonaponskoj mreži.

## ZAKLJUČAK

Rezultati merenja u pojedinim transformatorskim stanicama i niskonaponskim izvodima u distributivnoj mreži PD "Jugoistok"-Ogranak Leskovac, koja napaja različite tipove potrošnje, pokazuju da postoji nesimetrija opterećenja u svim delovima dana i svakog dana u nedelji. Maksimalna vrednost nesimetrije opterećenja od 49.9% zabeležena je na izvodu u TS „S-17“ koji napaja Regionalnu privrednu komoru u Leskovcu.

Konstatovano je da upotreba nelinearnih uređaja u velikoj meri deformiše talasni oblik struja i da doprinosi povećanju struje neutralnog provodnika. U većini slučajeva, učešće trećeg harmonika struje neutralnog provodnika premašuje vrednost  $\approx 50\%$  ukupne struje. Vrednosti THDI na nekim niskonaponskim izvodima su izraženije nego na niskonaponskoj strani transformatora. Najmanje vrednosti *THDI* faznih struja su registrovane u TS koja napaja potrošače tipa stambena gradska potrošnja bez daljinskog grejanja.

Sve ovo dovodi do povećanja gubitaka snage i energije u niskonaponskoj distributivnoj mreži.

## LITERATURA

1. J. Desmet, I. Sweertvaegher, G. Vanlame, K. Stockman, R. Belmans, 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.
2. T. Gruz, 1990, "A Survey of Neutral Currents in Three-Phase Computer Power Systems", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 26, No.4.
3. Z. Ivanović, V. Katić, M. Vekić, B. Dumnić, 2006, „Effects of harmonics in University of Novi Sad supply network – A case study of faculty of technical sciences“, CD Rom of the CIRED SCG
4. 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.
5. R. C. Dugan et al., 2002, "Electrical Power Systems Quality", McGraw-Hill.