

Analiza metoda za detekciju izvora harmonijskih izobličenja na elektroenergetskoj mreži

Dejan Stevanović i Predrag Petković, *Member, IEEE*

Apstrakt— U ovom radu biće dat pregled metoda koji se koriste za detekciju izvora harmonijskih izobličenja na elektroenergetskoj mreži. Cilj je da se originalni metod zasnovan na korišćenju snage izobličenja koji su autori nedavno publikovali, uporedi na realnim primerima sa drugim poznatim metodima. Rezultati simulacije potvrđuju da se vrednost snage izobličenja može efikasno koristiti za detekciju izvora harmonijskih izobličenja na mestu priključka potrošača na elektroenergetsku mrežu.

Ključne reči—Nelinearni potrošači; harmonici; snaga izobličenja.

I. UVOD

Razvoj svesti o značaju racionalnog korišćenja energije izuzetno je napredovala naročito od poslednjih decenija prošlog veka. Danas se o ovoj temi raspravlja na globalnom nivou i to kako u stručnim tako i u političkim krugovima. Njen nerazdvojivi deo predstavljaju inventivni metodi za štednju na svim nivoima. Mala potrošnja energije, odnosno energetska efikasnost, postaje jedan od najvažnijih projektanskih zahteva u svim sferama inženjerstva. Izuzetak ne predstavljaju ni savremeni elektronski uređaji. Šta više, oni pomažu da se preciznije meri potrošnja sa ciljem da bi se racionalnije koristili resursi. Zato se osnovna razlika između mnogih električnih uređaja različitih generacija ne ogleda toliko u funkciji koju obavljaju, već u efikasnosti trošenja električne energije. Takođe korišćenje ovih uređaja dovodi do smanjenje emisije CO₂. Pored ovih očiglednih prednosti koje doprinose sve većoj upotrebi energetske-efikasnih uređaja, njih karakteriše i jedan ozbiljan nedostatak. Naime svi oni predstavljaju izrazito nelinearne potrošače. Struja ovih potrošača ne prati striktno promenu napona mreže, već sadrži više harmonike. Harmonici protiču kroz energetske sistem i modulišu napon čime remete talasni oblik napona kod svih potrošača koji se nalaze u blizini.

Sa porastom broja nelinearnih potrošača raste i veličina harmonijskog izobličenja celog sistema. Postojanje harmonijskih izobličenja utiče negativno na rad pojedinih komponenata distributivne mreže i drugih potrošača[1-5]. Najvažniji su oni koji doprinose povećanju gubitaka i smanjenju životnog veka opreme koja se koristi kako u elektroenergetskom (EE) sistemu tako i u domaćinstvu.

Dejan Stevanović - Inovacioni centar naprednih tehnologija CNT d.o.o, Bul. Nikole Tesle 61/5, 18000 Niš, Srbija (e-mail: dejan.stevanovic@icnt.rs).
Predrag Petković - Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija (e-mail: predrag.petkovic@elfak.ni.ac.rs).

II. PREGLED POSTOJEĆIH METODA ZA DETEKCIJU NELINEARNIH POTROŠAČA

Sve veće prisustvo harmonika u EE mreži nametnulo je potrebu da se ograniče njihove maksimalne vrednosti posebnim standardima. Najpoznatiji standardi kojima su definisane granične vrednosti harmonika napona i struje su: IEEE 519, IEC61000 i EN 50160. Nijedan od pomenutih standarda ne definiše metod za određivanje izvora harmonijskog zagađenja (nelinearnog potrošača). Svesni nedostatka ovih standarda stručnjaci se utrkuju da razviju što precizniji, efikasniji i jednostavniji metod za implementaciju. Rezultat toga jeste primena velikog broja različitih metoda koji se mogu podeliti u dve grupe: metodi zasnovani na merenjima u više tačaka ili *multi-point* (MP) metodi i metodi zasnovani na merenjima u jednoj tački ili *single-point* (SP) metodi.

TABELA I
PREGLED POSTOJEĆIH METODA ZA DETEKCIJU IZVORA HARMONIJSKIH IZOBLIČENJA

Metod	Potrebni podaci	Cilj
Praćenje znaka harmonijske aktivne snage [6]	Napon i struja, dobijeni merenjima u PCC tački	Detekcija izvora izobličenja
Praćenje znaka harmonijske reaktivne snage[6]		
Metod zasnovan na merenju neaktivne snage [7],[8]		
Rangiranje na osnovu harmonijskih izobličenja [9]	Struja dobijana merenjima u PCC tački	
Metod zasnovan na određivanju vrednosti impedanse [10]	Tevenenovo ekvivalentno kolo potrošača i elektroenergetskog sistema	Podela odgovornosti između potrošača i elektroenergetskog sistema

Multi point metodi zahtevaju merenja u više distribuiranih tačaka na mreži. Ovi metodi daju precizan uvid o zastupljenosti harmonika u EE mreži. Za njihovu implementaciju potreban je distribuiran i sinhronizovan merni sistem sa kompleksnom i skupom mernom opremom. S druge

strane SP metodi ne zahtevaju skupu mernu opremu ali je njihova preciznost daleko manja nego kod MP metoda. Pregled postpojećih metoda dat je u Tabeli I.

Prednosti i nedostaci metoda iz Tabele I prikazani su u [11,12]. Zajednički nedostatak svih postojećih rešenja je njihova komplikovana implemetacija a samim tim nemogućnost njihove primene na nivou pojedinog potrošača (brojila), zbog čega se uglavnom primenjuju na nivou transformatorskih stanica. Naše mišljenje je da postoji efikasniji i jednostavni način za detekciju izvora harmonijskih izobličenja. Jedan takav metod detaljno je objašnjen u [11, 12]. Zato u sledećem poglavlju dajemo njegov sažeti prikaz.

III. METOD ZA DETEKCIJU NELINEARNIH POTROŠAČA ZASNOVAN NA MERENJU SNAGE IZOBLIČENJA

Analizom jednačina za izračunavanje aktivne (1) i reaktivne snage (2), može se zaključiti da samo harmonici struje i napona istog reda utiču na ukupnu vrednost aktivne i reaktivne snage.

$$P = \sum_{h=1}^M V_{RMS_h} I_{RMS_h} \cos(\theta_h) = P_1 + P_H, \quad (1)$$

$$Q_B = \sum_{h=1}^M V_{RMS_h} I_{RMS_h} \sin(\theta_h) = Q_1 + Q_H, \quad (2)$$

gde P_1 i Q_1 označavaju aktivnu i reaktivnu snagu osnovnog harmonika, respektivno, dok P_H i Q_H označavaju aktivnu i reaktivnu snagu viših harmonika, respektivno. Treba napomenuti da u prethodnim izrazima indeks h označava isti redni broj harmonika kada se radi o naponu i struji. Drugim rečima na P_H i Q_H utiču samo komponente napona i struje istih frekvencija (proizvodi h -tog harmonika napona i h -tog harmonika struje). Pojedini autori [5] osporavaju definiciju (2). Glavna zamerka odnosi se na njenu tačnost. Uprkos tome, navedena definicija ima praktičnu primenu kod gotovo svih instrumenata koji mere reaktivnu snagu u prisustvu harmonika. Detaljnija analiza ostalih definicija koje se koriste za merenje reaktivne snage može se naći u [12, 13].

Doprinos harmonijske komponente aktivne i reaktivne snage na njihovu ukupnu vrednost je mali, obično manji od 3% [14, 15]. Glavni efekat harmonici imaju na efektivnu vrednost struje i napona a samim tim i na prividnu snagu koja se računa kao proizvod efektivne vrednosti struje i napona:

$$U = V_{RMS} I_{RMS}. \quad (3)$$

Važno je napomenuti da se jednačina trougla koja važi za prostoperiodične sisteme ne može primeniti za računanje prividne snage. Ukoliko bi se koristila pomenuta jednačina došlo bi do pojave greške. Naime u prisustvu harmonika važi sledeća nejednakost:

$$U^2 > S^2 = P^2 + Q_B^2. \quad (3)$$

Jasno je da razlika potiče od prisustva viših harmonika, odnosno da je ona posledica izobličenja napona i struje u sistemu. Prateći ukupnu logiku u definisanju aktivne i reaktivne snage Budeanu je 1927. godine uveo pojam snage izobličenja (*distortion power*), koja je posledica prisustva

harmonika u mreži. Zato je uveo korekciju u izrazu za prividnu snagu:

$$U^2 = S^2 + D_B^2, \quad (4)$$

gde S , predstavlja faznu snagu, a D_B snagu izobličenja. Suština ove korekcije sadržana je u činjenici da je u odsustvu harmonika, $D_B=0$, tako da važi $U^2 = S^2 = P^2 + Q_B^2$, čime ova poznata definicija postaje specijalni slučaj primene (4).

Na osnovu ovoga sledi da snaga izobličenja može da se izračuna kao:

$$D_B = \sqrt{U^2 - P^2 - Q_B^2}. \quad (5)$$

Kao što je rečeno doprinos harmonika ispoljava se kroz snagu izobličenja. Dakle osim aktivne, reaktivne i prividne snage postoji i snaga izobličenja.

Zamenom izraza koji se koriste za računanje aktivne, reaktivne i prividne snage ((1), (2), (3) respektivno) u jednačini (5) dobija se:

$$D_B^2 = \sum_n^{M-1} \sum_{k=n+1}^M (V_n \cdot I_k \cdot \cos \theta_n - V_k \cdot I_n \cdot \cos \theta_k)^2 + \sum_n^{M-1} \sum_{k=n+1}^M (V_n \cdot I_k \cdot \sin \theta_n - V_k \cdot I_n \cdot \sin \theta_k)^2 \quad (6)$$

U slučaju kada je na mrežu priključen linearni otporni potrošač (npr. grejač, sijalica) struja i napon imaju iste harmonike, tj. odnos između napona i struje je isti za sve harmonike

$$\frac{V_1}{I_1} = \frac{V_3}{I_3} = \dots = \frac{V_h}{I_h}, \quad (7)$$

gde h označava red harmonika. Odavde proističe da je $V_n \cdot I_k = V_k \cdot I_n$. Otporni karakter potrošača prouzrokuje multi fazni ugao $\cos \theta_n = \cos \theta_k = 1$, $\sin \theta_n = \sin \theta_k = 0$, tako da će svi sabirci u (6) biti jednaki nuli, pa je i snaga izobličenja jednaka nuli.

Kada je na mrežu priključen linearni reaktivni (induktivni ili kapacitivni) potrošač, impedanse potrošača za svaki harmonik nusu međusobno jednake ($Z_1 \neq Z_3 \neq \dots \neq Z_h$) pa samim tim ne važi uslov (7). Zato će se iz (6) dobiti da je $D_B > 0$.

U slučaju nelinearnog potrošača, struja sadrži i harmonike koji ne postoje kod napona, tako da ne utiču na aktivnu (1) i reaktivnu (2) snagu. Harmonici koji postoje kod struje direktno doprinose efektivnoj vrednosti struje, tako da povećavaju prividnu snagu a posledično utiču i na pojavu snage izobličenja $D_B > 0$.

IV. POREĐENJE METODA ZA DETEKCIJU NELINEARNIH POTROŠAČA

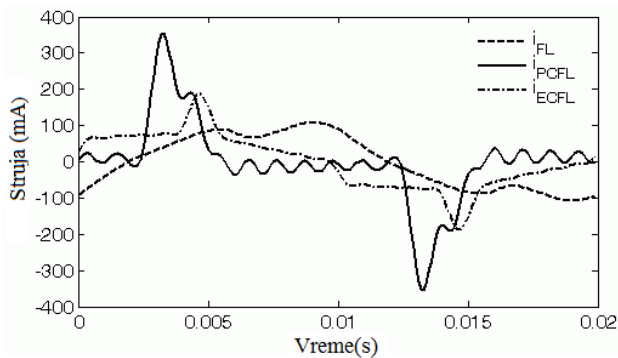
Rezultati merenja objavljeni u [11, 12] potvrđuju da se vrednost snage izobličenja može uspešno koristiti za detekciju izvora harmonijskog izobličenja na mestu priključenja potrošača (*Point of Common Coupling, PCC*) odnosno na mestu priključenja brojila. U cilju poređenja metoda koji predlažemo sa *non-active* metodom objavljenim u [16-19] urađen je set simulacija za osam različitih realnih potrošača povezanih na EE sistem, to su:

- Sijalica
- Grejalica
- Fluorescentna lampa (FL)
- EcoBulb štedljive sijalice (ECFL)
- Phillips štedljive sijalice (PCFL)
- 6-pulsni trofazni diodni usmerač (3-DR)
- 6-pulsni izvor napajanja za računar (SMPS)
- 6-pulsni PWM kontrolisani drajver promenljive brzine (PWM VSD)

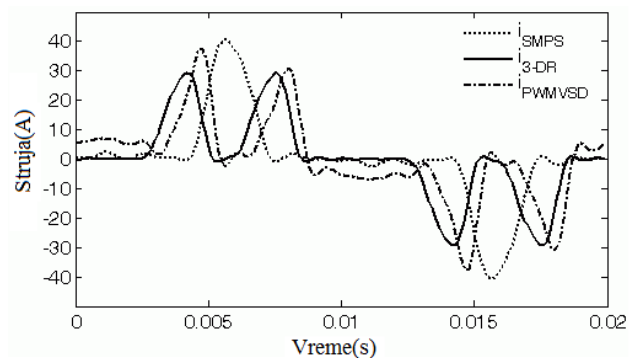
U tabeli II date su informacije o spektru struje dobijene merenjem i preuzete iz literature [20, 21]. Svaki harmonik struje definisan je amplitudom i faznim pomerajem. Amplituda je data u procentima u odnosu na osnovnu komponentu struje, dok je fazni ugao dat u odnosu na osnovnu komponentu napona.

TABELA II. SPEKTAR STRUJE POTROŠAČA

Red harmonika	FL	EcoBulb CFL	Philips CFL	3-DR	SMPS	PWM VSD
1	100/-41.2°	100/18°	100/32°	100/-11.8°	100/-12°	100/0°
3	20/273.4°	11.8/-151°	86.4/-107°	0/0°	81/135°	9/60°
5	10.7/339°	25.9/21°	60.2/124°	72.3/-241.2°	61/-70°	70/70°
7	2.1/137.7°	12.9/-128°	34.3/7°	51.5/-88.3°	37/83°	60/-150°
9	1.4/263.2°	15.3/40°	21.7/-82°	0/0°	16/-115°	6/30°
11	0.9/39.8°	9.41/-101°	22.4/-176°	16/15.7°	2.4/170°	30/-80°
13	0.6/182.4°	8.24/58°	21.7/74°	9/-235.1°	6.3/-50°	20/-40°
15	0.5/287°	5.88/-68°	17.8/-34°	0/0°	7.9/110°	3/-170°
17		2.35/71°	15/-134°	7.5/-171.5°		15/70°
19		3.53/-28°	14.3/15°	5.4/-41.9°		9/60°



a)



b)

Sl. 1. Talasni oblik struje za a) Fluorescentne lampe: FL, ECFL i PCFL b) Usmerača: 3-DR, SMPS i PWM VSD

TABELA III. POREĐENJE METODA ZASNOVAN NA MERENJU SNAGE IZOBLIČENA SA NON-ACTIVE METODOM

	Sijalica	Grejač	FL	EcoBulb CFL	Philips CFL	3- DR	SMPS	PWM VSD
Q_1 [VAR]	0.00	0.00	15.15	-6.04	-10.06	470.34	478.20	0.00
Q_{SH} [VAR]	0.00	0.00	15.87	7.44	21.98	1948.40	2138.40	1863.50
Q_X [VAR]	0.00	0.00	16.04	9.31	24.49	2148.70	2203.10	2327.40
$Q_F \equiv M$ [VAR]	0.00	0.00	16.04	9.66	25.05	2149.80	2602.20	2327.70
Izvor harmonijskog izobličenja	Metod M1	niko	niko	potrošač	potrošač	potrošač	potrošač	potrošač
	Metod M2	niko	niko	potrošač	potrošač	potrošač	potrošač	potrošač
	Metod M	niko	niko	potrošač	potrošač	potrošač	potrošač	potrošač

Na Sl.1.a prikazani su talasni oblici struje za FL, ECFL i PCFL, dok su na Sl.1.b prikazani talasni oblici struje za 3-DR, 6-SMPS i PWM VSD [20, 21]. Da bi se simulirao što realniji slučaj, pretpostavili smo da su svi potrošači priključeni na napon koji osim osnovne komponente sadrži i treći harmonik čija je vrednost 3% vrednosti osnovne komponente, što predstavlja gornju granicu izobličenja dopuštenu standardom IEEE Std. 519-1995. Rezultati simulacija, sistematizovani su u Tabeli III. Cilj je da se detektuje da li određeni potrošač predstavlja izvor harmonijskog izobličenja. U poslednja tri reda predstavljeni su zaključci do kojih se dolazi primenom *non-active* metoda objavljenog u [16 i 17] (označen sa M1 u Tabeli III) modifikovanom varijantom istog metoda objavljenog u [18, 19] (označen sa M2 u Tabeli III) i metoda opisanog u prethodnom odeljku (označen sa M u Tabeli III)

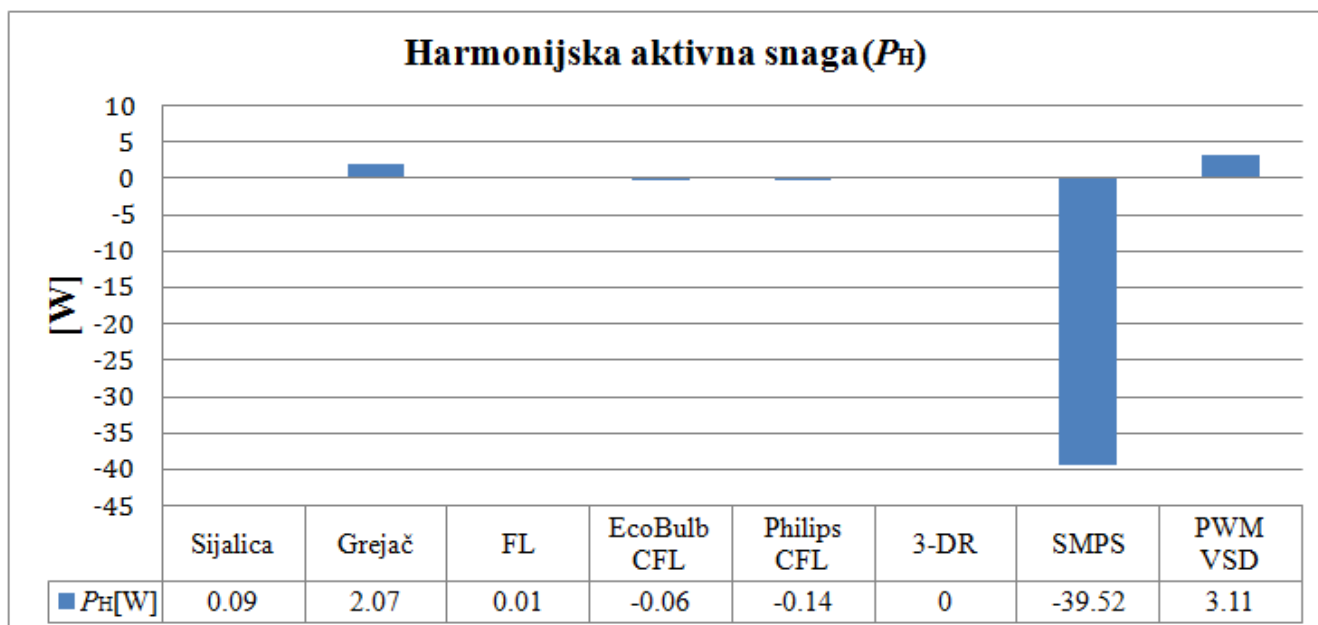
Kod sijalice i grejača, koji spadaju u grupu linearnih otpornih potrošača, nijedan od analiziranih metoda ne može da pruži informaciju o lokaciji izvora harmonijskog izobličenja. Ovo se objašnjava činjenicom da je struja napajanja ovih potrošača izobličena usled izobličenja napona napajanja. Stoga se uticaj harmonika ogleda samo u povećanju vrednosti aktivne snage dok će vrednost reaktivne snage i snage izobličenja biti jednaka nuli. U praksi ovo ne predstavlja veliki problem, imajući u vidu da su, saglasno standardu IEEE 519-1992 i standardu IEC/EN61000-2-2, distributeri električne energije dužni da održavaju nizak nivo izobličenja napona napajanja. Osim standarda, distributere na to obavezuje potreba da zaštite opremu koja se koristi u sistemu prenosa i distribucije električne energije. Naime, kao što je rečeno, prisustvo harmonika značajno smanjuje životni vek komponentama u EE mreži i povećava rizik od otkaza. U [16, 17] pokazano je da metod M1 detektuje izvor

harmonijskog izobličenja na strani potrošača u slučaju kada je vrednost reaktivne snage definisane po Sharon-u], Q_{Sh} [19], bliža vrednosti definisanoj prema Fryze-u, Q_F nego vrednosti osnovne komponente reaktivne snage Q_1 . U suprotnom, izvor izobličenja je na strani distributera električne energije. Isti zaključak važi i za metod M2 samo što je Q_{Sh} zamenjen sa Q_X koja predstavlja fiktivnu (*fictious*) reaktivnu snaga a Q_F zamenjena pojmom neaktivna snaga N . Iako metodi M1 i M2 uspešno detektuju izvor izobličenja, zajednički su im sledeći nedostaci:

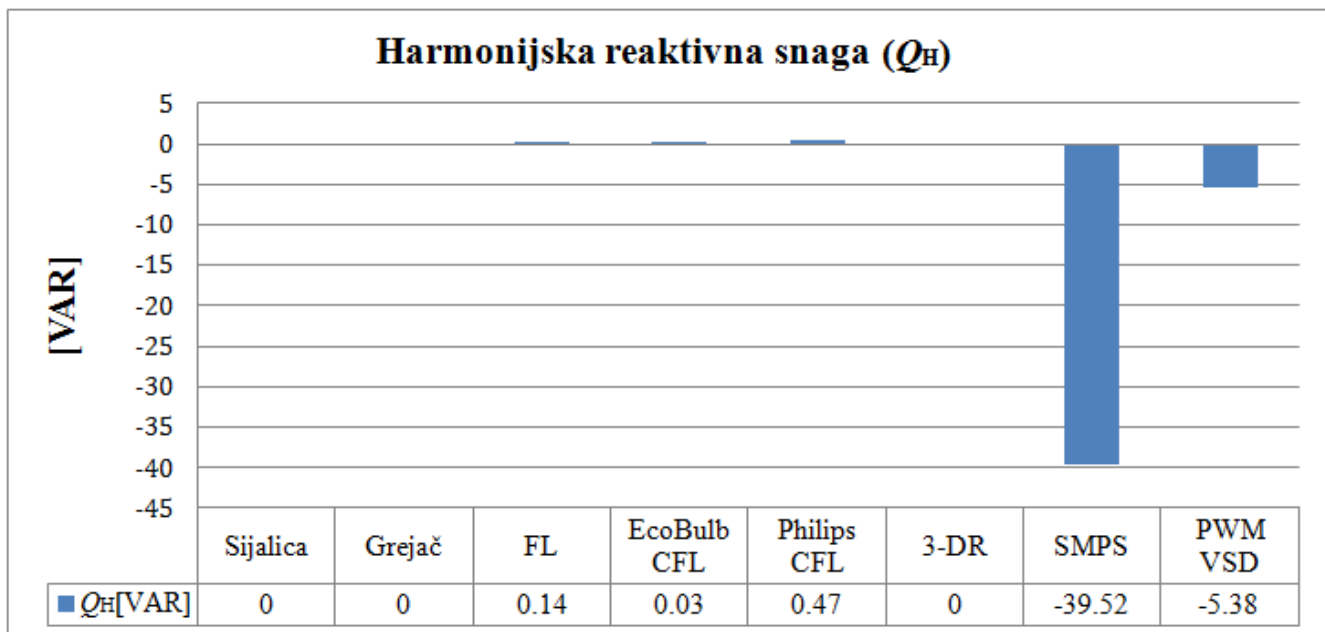
- Za potrošače male nominalne snage može da se desi da je razlika između vrednosti reaktivnih snaga mala, kao kod FL. Posledično, za preciznu identifikaciju potrebni su instrumenti velike tačnosti, što značajno povećava cenu realizacije.
- Vrednost fiktivne i Sharonove reaktivne snage može biti samo pozitivna, što kod potrošača sa kapacitivnom prirodom, što je slučaj kod CFL i LED sijalice, može da izazove konfuziju.
- Zahteva se merenje tri neaktivne snage definisane na tri različita načina.

Metod za detekciju izvora harmonijskog izobličenja predložen u [11, 12] poredili smo i sa metodoima baziranim na praćenju znaka aktivne harmonijske snage P_H i reaktivne harmonijske snage Q_H , [6].

Saglasno metodu za praćenje znaka P_H , ukoliko je $P_H > 0$ izvor izobličenja je na strani distributera električne energije - u suprotnom, izvor izobličenja je potrošač. Na Sl. 2 grafički je prikazana vrednost aktivne harmonijske i reaktivne harmonijske snage za navedene potrošače.



Sl. 2.a Histogram vrednosti harmonijske aktivne snage na analiziranim potrošačima



Sl. 2.b Histogram vrednosti harmonijske reaktivne snage na analiziranim potrošačima

Kao što je do sada rečeno, sem sijalice i grejača svi ostali simulirani potrošači spadaju u grupu nelinearnih potrošača. Zato se kod njih očekuje da $P_H < 0$. Međutim, sa slike 2.a očigledno je da metod zasnovan na praćenju znaka P_H nije u stanju da detektuje izvor izobličenja u slučaju PWM VSD. Naime, ovaj metod pogrešno „okrivljuje“ EE sistem kao uzročnika harmonijskih izobličenja, a na osnovu talasnog oblika struje prikazanog na slici 1.b jasno je da je izvor izobličenja potrošač. Alternativno, neki autori predlažu opservaciju znaka Q_H za utvrđivanje uzročnika nelinearnih izobličenja na EE mreži [6]. Međutim sa slike 2.b jasno je da Q_H predstavlja nepouzdan pokazatelj izvora harmonijskog izobličenja. Kod različitih tipova nelinearnih opterećenja znak Q_H se menja, tako da je u slučaju (FL, EcoBulb CFL i Philips CFL) pozitivan, a u slučaju (SMPS i PWM VSD) negativan.

Očigledno da znak Q_H ne ukazuje na to da li je uzročnik EE sistem ili potrošač.

V. ZAKLJUČAK

Rezultati simulacije različitih tipova potrošača, prezentovani u Tabeli III nedvosmisleno pokazuju da se vrednost snage izobličenja uspešno može koristiti za detekciju potrošača koji predstavlja izvor harmonijskog izobličenja. Šta više, metod zasnovan na merenju snage izobličenja uspešno indentifikuje i kvantifikuje stepen harmonijskog izobličenja koji unosi svaki potrošač merenjem parametara potrošnje na mestu priključka potrošača. Drugim rečima, do ove dragocene informacije može se doći obradom podataka prikupljenim posredstvom savremenih elektronskih brojila. Metod je upoređen na primerima više realnih potrošača sa nedavno publikovanim metodima. Poređenje sa dva metoda bazirana na praćenju tri komponente neaktivne snage, i metodima baziranim na posmatranju znaka harmonijske komponente aktivne i reaktivne snage pokazuje da se metod zasnovan na merenju snage izobličenja uspešno može koristiti u svim

situacijama za detekciju izvora harmonijskih izobličenja.

ZAHVALNICA

Rezultati prikazani u ovom radu ostvareni su u okviru projekta TR 32004 čiju realizaciju finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] G.K. Singh, "Power system harmonics research a survey", European Transactions on Electrical Power, vol.19, pp. 151-172, 2007
- [2] Integral Energy Power Quality Centre: "Technical note No. 3 - Harmonic Distortion in the Electric Supply System," University of Wollongong, <http://goo.gl/8Qpwo>, March 2000. [April 8. 2015].
- [3] D. Stevanović, P. Petković, "Harmonics in Power System Problems and Solutions (in Serbian*)", Proc. of XII International Scientific Symposium INFOTEHA@-JAHORINA 2013, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 20. mart - 22. mart, 2013, pp. 203-208.
- [4] D. Stevanović, B. Jovanović, P. Petković, "Simulation of Utility Losses Caused by Nonlinear Loads at Power Grid", Proc. of Small System Simulation Symposium 2012, Niš, Serbia, 12.02.-14.02., 2012, pp. 155-160.
- [5] D. Stevanović, P. Petković, "The Losses at Power Grid Caused by Small Nonlinear Loads", Serbian Journal of Electrical Engineering, Volume 10, No. 1, February 2013, Čačak, Serbia, pp. 209-217, 2013.
- [6] W. Xu, X. Liu, Y. Liu. "An investigation on the validity of power-direction method for harmonic source determination". *IEEE Trans. Power Del.*, Vol. 18, No. 1, pp.214 - 219, 2003.
- [7] A. Cataliotti, V. Cosentino. "Disturbing loads identification in power systems: a single-point time-domain method based on the IEEE 1459-2000". *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, Vol. 58, No.5, pp.1436-1445, 2009.
- [8] A. Cataliotti, V. Cosentino. "A single-point approach based on IEEE 1459-2000 for the identification of prevailing harmonic sources detection in distorted three phase power systems". *Metrol. Meas. Syst.*, Vol. 16, No.2, pp.209-218, 2009.
- [9] S. Lee, J. W.Park. "New power quality index in a distribution power system by using RMP model". *IEEE Tran. on Industrial Applications*, Vol. 46, No.3, pp.1204 - 1211, 2010.
- [10] L. Chun, W. Xu, T. Tayjasanant. "A critical impedance based method for identifying harmonic sources". *IEEE Trans. Power Del.*, Vol. 19, No.2, pp.671-678, 2004.

- [11] D. Stevanović, P. Petković: "A single-point method based on distortion power for the detection of harmonic sources in power system". *Metrol. Meas. Syst.*, Vol. 21, No 1, pp.3-14, March, 2013.
- [12] P. Petković, D. Stevanović, "Detection of power grid harmonic pollution sources based on upgraded power meters," *Journal of Electrical Engineering*, vol. 65, no. 3, pp. 163-168, 2014.
- [13] Dimitrijević, M., Litovski, V., "Quantitative Analysis of Reactive Power Calculations for Small Non-linear Loads," Proc. Small System Simul. Symp. 2012, Niš, Serbia, pp. 150-154, 12.02.-14.02., 2012
- [14] A. E. Emanuel, "Summary of IEEE standard 1459: definitions for the measurement of electric power quantities under sinusoidal, nonsinusoidal, balanced, or unbalanced conditions," *Proc. of the IEEE Tran. On Industrial Applications*, vol. 40 n.3, pp. 869 - 876 , May 2004.
- [15] J. G. Webster, *The measurement, instrumentation, and sensors handbook*, IEEE Press, 1999.
- [16] P. V. Barbaro, A. Cataliotti, V. Cosentino, and S. Nuccio, "A novel approach based on nonactive powers for the identification of disturbing loads in power systems," *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 22, no. 3, pp.1782-1789, Jul. 2007.
- [17] A. Cataliotti, V. Cosentino, S. Nuccio, "Comparison of nonactive powers for the detection of dominant harmonic sources in power systems," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 57, no. 8, pp. 1554-1561, Aug. 2008.
- [18] A. Cataliotti, V. Cosentino, "A single-point approach based on IEEE 1459-2000 for the identification of detection of prevailing harmonic sources in distorted three phase power systems," *Proc. of the Metrology and Measurement Systems*, vol. 16, no. 2, pp. 209-218, June 2009.
- [19] A. Cataliotti, V. Cosentino, "A new measurement method for the detection of harmonic sources in power system based on approach of the IEEE Std.1459-200," *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 25, no. 1, pp. 332-340, Jan. 2010.
- [20] Z. Wei, "Compact Fluorescent Lamps phase dependency modelling and harmonic assessment of their widespread use in distribution systems," Doktorska disertacija, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, 2009.
- [21] J. G. Wakileh, *Power Systems Harmonics*, Springer, 2001.

ABSTRACT

This paper gives a survey of different methods aimed to detect source of harmonic distortion in power grid. The goal is to compare the original method recently proposed by the same authors with other known approaches. The proposed method is based on using distortion power as an indicator of distortion. Simulations confirmed efficiency of the proposed method and applicability at point of common coupling. .

Analysis of methods for detection sources of harmonic distortion on power grid

Dejan Stevanović and Predrag Petković