

# Projektovanje pasivnog kompenzatora neaktivne snage industrijskog potrošača

Predrag Mršić, Nemanja Kitić, Bojan Erceg, Đorđe Lekić, Čedomir Zeljković, Petar Matić

Univerzitet u Banjoj Luci, Elektrotehnički fakultet, Banja Luka, Republika Srpska  
 predrag.mrsic@etf.unibl.org, nemanja.kitic@etf.unibl.org, bojan.erceg@etf.unibl.org,  
 djordje.lekic@etf.unibl.org, cedomir.zeljkovic@etf.unibl.org, petar.matic@etf.unibl.org

**Sažetak**—Porast broja energetskih pretvarača u savremenim industrijskim postrojenjima dovodi do povećanja ukupnog harmonijskog izobličenja napona i struje. Prisustvo izobličenih napona i struja zahtijeva novi pristup projektovanju pasivnih kompenzatora za industrijske potrošače, koji se zasniva na kompenzaciji neaktivne snage. U ovom radu je sprovedena analiza talasnih oblika struje opterećenja za realan industrijski potrošač, te je izvršen proračun pasivnih kompenzatora neaktivne snage primjenom postupka minimizacije gubitaka aktivne snage napojnog voda. Predloženo rješenje je testirano računarskim simulacijama koje kao ulazne podatke koriste talasne oblike napona i struja izmjerene u postrojenju.

**Ključne riječi**—industrijski potrošač; neaktivna snaga; pasivni kompenzator; viši harmonici;

## I. UVOD

Distributivne kompanije industrijskim potrošačima naplaćuju prekomjerno utrošenu reaktivnu energiju, tako da se u industrijskim postrojenjima uglavnom pristupa kompenzaciji reaktivne energije. Procedura projektovanja baterija kondenzatora za kompenzaciju reaktivne energije u simetričnim prosto-periodičnim radnim režimima je relativno jednostavna [1]. Usljed primjene sve većeg broja energetskih pretvarača u industriji, neophodno je uvažiti više harmonike napona i struja pri kompenzaciji reaktivne energije [2]. Opšteprihvaćenom definicijom reaktivne snage obuhvata se samo oscilatorna razmjena energije između potrošača i izvora, pa se javlja potreba za definicijom neaktivne snage koja uvažava i tokove snaga viših harmonika [3].

Ugradnjom otočne baterije kondenzatora smanjuje se ekvivalentna impedansa potrošača, što je praćeno sporenim efektom povećavanja amplituda viših harmonika struje i gubitaka aktivne snage napojnog voda. Osim toga, postoji i opasnost od pojave rezonanse između kapacitivnosti baterije kondenzatora i induktivnosti napajnih vodova i transformatora. Jedan od načina za ograničenje viših harmonika struje je zamjena baterija kondenzatora pasivnim filterima koji će imati ulogu kompenzatora neaktivne snage [4]–[9]. Pasivni filtri se projektuju tako da reaktansa filtra na učestanosti osnovnog harmonika bude jednaka reaktansi kondenzatora koja se dobije minimizacijom gubitaka aktivne snage napojnog voda [3], ali

Rad je finansijski podržan od strane Ministarstva za naučnotehnološki razvoj, visoko obrazovanje i informaciono društvo Republike Srpske u okviru projekta Poboljšanje pokazatelja kvaliteta električne energije industrijskih potrošača.

da se istovremeno ostvari zanemarljiva impedansa filtra na učestanostima viših harmonika koje treba eliminisati [4]–[9]. Na ovaj način se istovremeno postiže da reaktansa filtra bude pretežno kapacitivna za osnovni harmonik, a pretežno induktivna za više harmonike, čime se sprečava pojava neželjenih rezonansi.

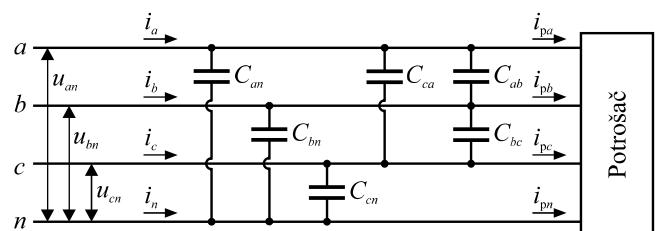
U ovom radu je izvršen proračun pasivnog kompenzatora neaktivne snage za realan industrijski potrošač primjenom postupka minimizacije gubitaka aktivne snage napojnog voda. Postupak za proračun parametara pasivnog kompenzatora neaktivne snage je predstavljena u drugoj glavi. Rezultati proračuna za konkretna mjerena su verifikovani računarskim simulacijama projektovanog sistema u trećoj glavi.

## II. METODOLOGIJA

U ovoj glavi će biti izložen postupak za proračun parametara pasivnog kompenzatora neaktivne snage za opšti slučaj trofaznog četvorozičnog sistema sa složenoperiodičnim i nesimetričnim naponima i strujama. Osnovna ideja postupka je da se u prvom koraku izvrši proračun baterije kondenzatora kojom se kompenzuje neaktivna snaga potrošača prema [3]. U drugom koraku, dodavanjem prigušnica na red sa kondenzatorskom baterijom formiraju se pasivni filtri za eliminaciju viših harmonika struje i kompenzaciju neaktivne snage potrošača [9].

### A. Kompenzacija neaktivne snage primjenom kondenzatora

Na Sl. 1 je prikazana uopštena konfiguracija kondenzatorske baterije za kompenzaciju neaktivne snage sa šest kondenzatora. Tri kondenzatora su vezana između faznih provodnika ( $C_{ab}$ ,  $C_{bc}$ ,  $C_{ca}$ ), a tri između svakog faznog i neutralnog provodnika ( $C_{an}$ ,  $C_{bn}$ ,  $C_{cn}$ ). Kondenzatori  $C_{ab}$ ,  $C_{bc}$  i  $C_{ca}$  su vezani u trougao, a kondenzatori  $C_{an}$ ,  $C_{bn}$  i  $C_{cn}$  u zvjezdu.



Sl. 1. Kompenzacija neaktivne snage potrošača u trofaznom četvorozičnom sistemu primjenom šest kondenzatora [3].

Tri kondenzatora vezana u trougao mogu se transfigurisati u zviježdu, ali kako potencijal dobijenog izolovanog zvježđa u opštem slučaju nije jednak potencijalu neutralnog provodnika, broj kondenzatora se ne može redukovati [3]. Kapacitivnosti kondenzatora prikazanih na Sl. 1 se određuju minimizacijom funkcionala [3]:

$$J_c = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} \left( i_a^2 + i_b^2 + i_c^2 + i_n^2 \right) dt, \quad (1)$$

koji je proporcionalan gubicima aktivne snage napojnog voda, gdje su  $i_a$ ,  $i_b$  i  $i_c$  struje faznih provodnika, dok je  $i_n$  struja neutralnog provodnika napojnog voda (Sl. 1).

Kapacitivnosti su date izrazom [3]:

$$[C_{an} C_{bn} C_{cn} C_{ab} C_{bc} C_{ca}]^T = -\mathbf{B}^{-1} \mathbf{g} = -\begin{bmatrix} \mathbf{B}_{11} & \mathbf{B}_{12} \\ \mathbf{B}_{21} & \mathbf{B}_{22} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \mathbf{g}_1 \\ \mathbf{g}_2 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

gdje su [3]:

$$\mathbf{B}_{11} = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} \begin{bmatrix} 2(Du_{an})^2 & Du_{an}Du_{bn} & Du_{an}Du_{cn} \\ Du_{an}Du_{bn} & 2(Du_{bn})^2 & Du_{bn}Du_{cn} \\ Du_{an}Du_{cn} & Du_{bn}Du_{cn} & 2(Du_{cn})^2 \end{bmatrix} dt, \quad (3)$$

$$\mathbf{B}_{12} = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} \begin{bmatrix} Du_{an}Du_{ab} & 0 & -Du_{an}Du_{ca} \\ -Du_{bn}Du_{ab} & Du_{bn}Du_{bc} & 0 \\ 0 & -Du_{cn}Du_{bc} & Du_{cn}Du_{ca} \end{bmatrix} dt, \quad (4)$$

$$\mathbf{B}_{22} = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} \begin{bmatrix} 2(Du_{ab})^2 & -Du_{ab}Du_{bc} & -Du_{ab}Du_{ca} \\ -Du_{ab}Du_{bc} & 2(Du_{bc})^2 & -Du_{bc}Du_{ca} \\ -Du_{ab}Du_{ca} & -Du_{bc}Du_{ca} & 2(Du_{ca})^2 \end{bmatrix} dt, \quad (5)$$

$$\mathbf{B}_{21} = \mathbf{B}_{12}^T, \quad (6)$$

$$\mathbf{g}_1 = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} \begin{bmatrix} (i_{pa} - i_{pn})Du_{an} \\ (i_{pb} - i_{pn})Du_{bn} \\ (i_{pc} - i_{pn})Du_{cn} \end{bmatrix} dt, \quad (7)$$

$$\mathbf{g}_2 = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} \begin{bmatrix} (i_{pa} - i_{pb})Du_{ab} \\ (i_{pb} - i_{pc})Du_{bc} \\ (i_{pc} - i_{pa})Du_{ca} \end{bmatrix} dt, \quad (8)$$

dok je  $D = d/dt$  operator diferenciranja po vremenu.

U mnogim praktičnim slučajevima, minimizacija funkcionala (1) se postiže sa manje od šest kondenzatora. To su slučajevi u kojima se primjenom (1)–(8) dobijaju negativne vrijednosti nekih kapacitivnosti i slučajevi u kojima je rang matrice  $\mathbf{B}$  manji od šest [3]. Na primjer ako se u (2) izostave kondenzatori vezani između faznih provodnika ( $C_{ab}$ ,  $C_{bc}$ ,  $C_{ca}$ ), izraz (2) se svodi na:

$$[C_{an} C_{bn} C_{cn}]^T = -\mathbf{B}_{11}^{-1} \mathbf{g}_1. \quad (9)$$

### B. Kompenzacija neaktivne snage primjenom pasivnih filtera

Impedansa kondenzatora opada sa povećanjem učestanosti, tako da iako baterije kondenzatora ne generišu više harmonike struja, one mogu povećati harmonijsko izobličenje struje napojnog voda. Da bi se eliminisali viši harmonici struje napojnog voda, svaki od kondenzatora na Sl. 1 se mijenja pasivnim filtrom koji ima istu vrijednost ekvivalentne kapacitivnosti. U opštem slučaju, pasivni filter se sastoji od  $n_g$  paralelno vezanih  $RLC$  grana (Sl. 2). Podešavanjem rezonantne učestanosti  $i$ -te grane [6]:

$$\omega_{ri} = \frac{1}{\sqrt{L_i C_i}}, i = \overline{1, n_g}, \quad (10)$$

gdje su  $C_i$  i  $L_i$  kapacitivnost i induktivnost  $i$ -te grane, moguće je eliminisati jedan viši harmonik struje napojnog voda. U praksi se rezonantna učestanost (10) bira tako da bude nešto manja (oko 95 %) od učestanosti harmonika koji se želi eliminisati, da bi se na taj način izbjegle velike vrijednosti struje u samim filtrima [6]. Kako bi se dodatno ograničila struja filtra, dodaje se i otpornik otpornosti  $R_i$  na red sa  $C_i$  i  $L_i$ , čija se vrijednost bira na osnovu faktora dobrote  $i$ -te  $RLC$  grane [6]:

$$Q_i = \frac{\omega_{ri} L_i}{R_i}, i = \overline{1, n_g}. \quad (11)$$

Polazeći od izraza za admitansu  $i$ -te grane na učestanosti osnovnog harmonika:

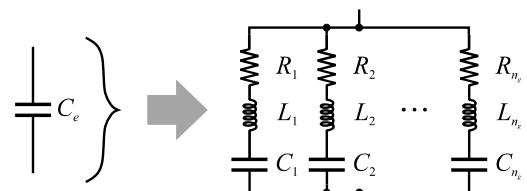
$$Y_i(\omega_1) = \frac{1}{R_i + j\omega_1 L_i + \frac{1}{j\omega_1 C_i}}, i = \overline{1, n_g}, \quad (12)$$

postavlja se uslov da ekvivalentna susceptansa paralelne veze  $n_g$  grana, kojima se mijenja jedan kondenzator na Sl. 1, bude jednaka susceptansi tog kondenzatora na osnovnoj učestanosti:

$$C_e = \frac{\text{Im} \left\{ \sum_{i=1}^{n_g} Y_i(\omega_1) \right\}}{\omega_1} = \sum_{i=1}^{n_g} \frac{C_i (1 - \omega_1^2 L_i C_i)}{(\omega_1 R_i C_i)^2 + (1 - \omega_1^2 L_i C_i)^2}. \quad (13)$$

Izborom vrijednosti za  $\omega_{ri}$  i  $Q_i$  nije jednoznačno određen način preraspodjele kapacitivnosti na pojedine grane. Jedan od načina da se jednoznačno odrede kapacitivnosti pojedinih grana filtra je da se definije dodatni uslov da otpornosti i faktori dobrote budu jednaki za sve grane:

$$R_i = R_j, Q_i = Q_j \Rightarrow \frac{\omega_{ri} L_i}{Q_i} = \frac{\omega_{rj} L_j}{Q_j}, i, j = \overline{1, n_g}, i \neq j, \quad (14)$$



Sl. 2. Zamjena kondenzatora pasivnim filtrom sa  $n_g$   $RLC$  grana.

odakle se dobija jednakost:

$$\omega_n C_i = \omega_j C_j, i, j = \overline{1, n_g}, i \neq j. \quad (15)$$

Primjenom (10)–(15), dobija se kapacitivnost  $i$ -te grane:

$$C_i = \frac{C_e}{\sum_{j=1}^{n_g} \frac{\omega_{ri}}{\omega_{rj}} \left( 1 - \frac{\omega_i^2}{\omega_{rj}^2} \right)} \quad (16)$$

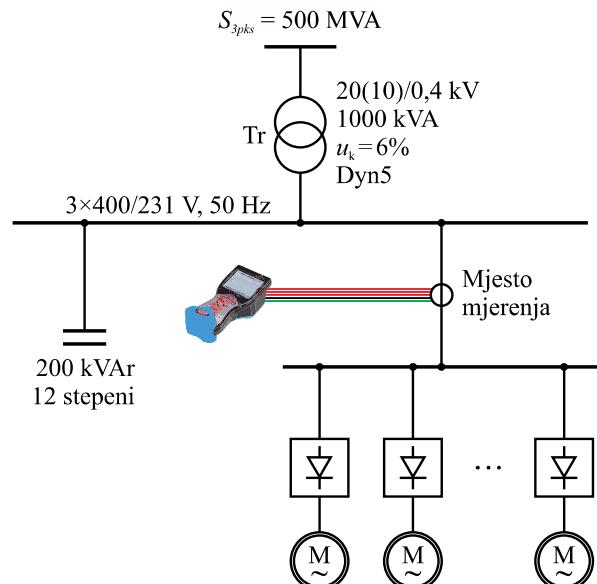
Nakon što se kapacitivnost  $i$ -te grane izračuna iz (16), induktivnost  $L_i$  se računa iz (10) za usvojenu vrijednost rezonantne učestanosti  $\omega_{ri}$ , dok se otpornost  $R_i$  određuje iz (11) za usvojenu vrijednost faktora dobrote  $Q$ .

### III. REZULTATI

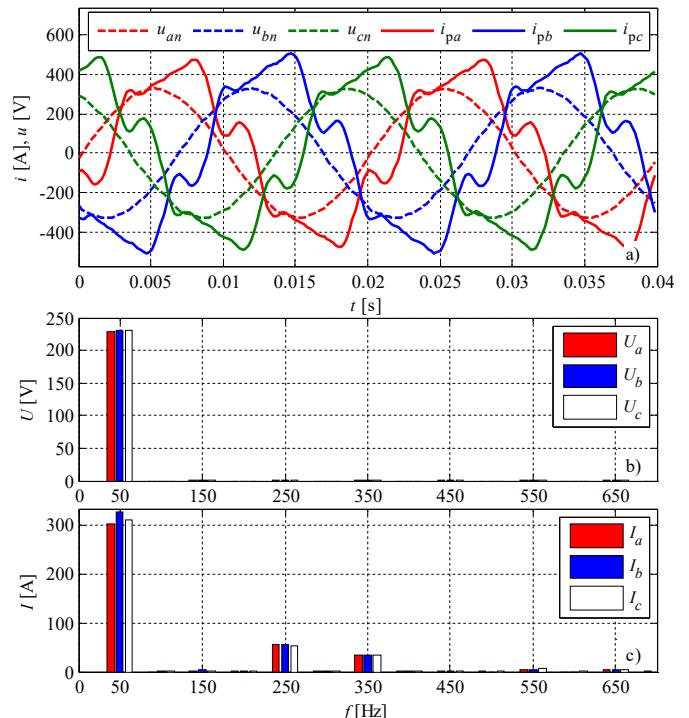
U ovoj glavi će biti prikazani rezultati računarske simulacije sistema za kompenzaciju neaktivne snage jednog industrijskog postrojenja u Banjalučkoj pivari. Uprošćena šema razmatranog postrojenja je prikazana na Sl. 3. Postrojenje sadrži veliki broj regulisanih elektromotornih pogona sa energetskim pretvaračima, što ima za posljedicu veliku vrijednost harmonijskog izobličenja struje napojnog voda. U postrojenju je izvršena kompenzacija reaktivne snage pomoću klasične baterije kondenzatora, kojom se popravlja faktor snage, ali ne smanjuje harmonijsko izobličenje struje. Rezultati prikazani u ovoj glavi ilustruju mogućnost zamjene klasične kondenzatorske baterije pasivnim filtrom kojim se istovremeno popravlja faktor snage i smanjuje harmonijsko izobličenje struje.

#### A. Analiza talasnih oblika napona i struje potrošača

Talasni oblici napona i struja za nominalni radni režim industrijskog potrošača su izmjereni pomoću mjernog instrumenta Metrel® PowerQ4 MI 2592 i prikazani su na Sl. 4a. Iz harmonijskog spektra napona na potrošaču (Sl. 4b) se vidi da napon ne sadrži značajan postotak viših harmonika ( $THD_U \approx 1\%$ ), ali da su u spektru struje (Sl. 4c), pored osnovnog, izraženi peti i sedmi harmonik. Prisustvo petog i sedmog harmonika u spektru struje je posljedica šestpulsnih ispravljivača kojima se napajaju pretvarači regulisanih elektromotornih pogona. U Tabeli I su navedene efektivne vrijednosti harmonijskih komponenti struje potrošača, kao i vrijednost ukupnog harmonijskog izobličenja, koje iznosi  $THD_I \approx 20\%$ , što je mnogo veće u odnosu na preporuke koje daje standard [2]. Rezultati mjerjenja u Tabeli I ukazuju i na blagu nesimetriju u faznim strujama na učestanosti osnovnog harmonika, što je posljedica postojanja jednofaznih potrošača u postrojenju. Na osnovu sprovedene analize postojećeg stanja, može se zaključiti da se eliminacijom petog i sedmog harmonika struje, može značajno smanjiti  $THD_I$ . Stoga je opravdano razmotriti mogućnost zamjene kondenzatorske baterije pasivnim filtrima sa dvije paralelne  $RLC$  grane ( $n_g = 2$ ) čije rezonantne učestanosti treba podesiti tako da se ponište peti i sedmi harmonik struje potrošača.



Sl. 3. Uprošćena šema industrijskog postrojenja u Banjalučkoj pivari.



Sl. 4. Naponi i struje potrošača: a) talasni oblici, b) harmonijski spektar napona, c) harmonijski spektar struje.

TABELA I. PODACI O HARMONIJSKOM SASTAVU STRUJE POTROŠAČA

Fazne struje	Harmonici							$THD_I [\%]$
	1	3	5	7	9	11	13	
$I_a$ [A]	302,9	2,7	55,5	33,4	0,4	5,4	4,0	21,08
$I_b$ [A]	325,5	3,6	54,3	33,8	2,1	4,2	4,3	19,47
$I_c$ [A]	309,5	2,2	54,1	33,6	0,6	5,5	4,2	20,35

### B. Analiza talasnih oblika struje sa pasivnim filtrom

Na osnovu izložene procedure, opisane u drugoj glavi, projektovan je pasivni filter sa dvije grane u cilju eliminacije petog i sedmog harmonika struje potrošača. Korišćenjem izraza (1)–(8), za razmatrane talasne oblike struja prikazane na Sl. 4a, dobijene su negativne vrijednosti kapacitivnosti  $C_{ab}$ ,  $C_{bc}$  i  $C_{ca}$ , tako da je broj kondenzatora redukovana sa šest na tri. Usvojeno je rješenje sa tri kondenzatora ( $C_{an}$ ,  $C_{bn}$  i  $C_{cn}$ ) u sprezi zvijezda, čije su kapacitivnosti izračunate pomoću (9). Raspodjela ovih kapacitivnosti po granama filtra izvršena je prema (16) usvajajući vrijednost faktora dobrote  $Q = 100$  [6]. Rezonantne učestanosti pojedinih grana filtra u proračunu su podešene na 97 % učestanosti petog i sedmog harmonika. Induktivnosti pojedinih grana filtra izračunate su iz (10), dok su otpornosti izračunate iz (11). Parametri grana pasivnih filtera za sve tri faze su dati u Tabeli II. Razlike u vrijednostima parametara filtra po fazama su posljedica blage nesimetrije u faznim strujama potrošača (Tabela I).

Na Sl. 5a prikazani su talasni oblici napona i struje kompenzovanog potrošača dobijeni računarskim simulacijama, gdje se vidi da su struje gotovo sinusne i u fazi sa naponom. Iz harmonijskog spektra napona na potrošaču (Sl. 5b) se vidi da napon ni u ovom slučaju nije izobličen ( $THD_U \approx 1\%$ ). Nakon ugradnje pasivnog filtra značajno su umanjene efektivne vrijednosti petog i sedmog harmonika struje napojnog voda, što se vidi iz harmonijskog spektra prikazanog na Sl. 5c. U Tabeli III su navedene efektivne vrijednosti harmonijskih komponenti struje kompenzovanog potrošača, kao i vrijednost ukupnog harmonijskog izobličenja, koje nakon kompenzacije iznosi  $THD_I \approx 2,5\%$ . Dobijena vrijednost ukupnog harmonijskog izobličenja struje je u skladu sa preporukama standarda [2].

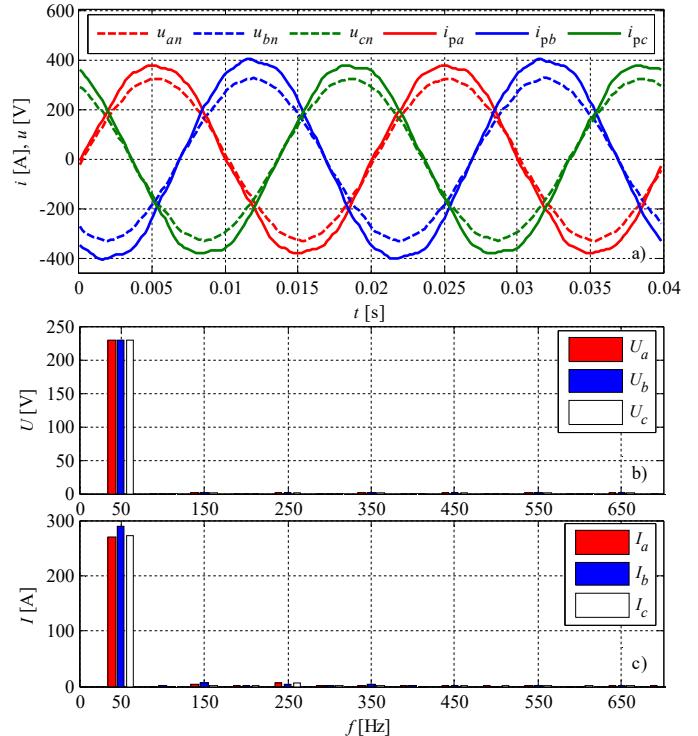
U Tabeli IV izvršeno je poređenje vrijednosti harmonijskog izobličenja struje, faktora snage i aktivne snage industrijskog potrošača prije i nakon ugradnje pasivnog filtra. Iz Tabele IV se vidi da se ugradnjom pasivnog filtra sa parametrima datim u Tabeli II istovremeno popravlja faktor snage i smanjuje harmonijsko izobličenje struje. Povećanje aktivne snage industrijskog potrošača uslijed gubitaka u filtru je manje od 0,5 % ukupne aktivne snage potrošača prije kompenzacije.

### IV. ZAKLJUČAK

U radu je izvršen proračun pasivnog filtra za kompenzaciju neaktivne snage i eliminaciju viših harmonika struje jednog industrijskog postrojenja u Banjalučkoj pivari. Simulacije projektovanog sistema pokazuju da se ugradnjom pasivnih filtera može postići faktor snage 0,9987 uz istovremeno smanjenje ukupnog harmonijskog izobličenja struje sa 20 % na 2,5 %. Iako je u radu izvršen proračun filtra za samo jedan radni režim, isti postupak se može koristiti i za promjenljivo opterećenje. U tom slučaju, pasivni filter bi trebalo projektovati za različita opterećenja u više diskretnih stepeni primjenom izloženog postupka.

### ZAHVALNICA

Autori zahvaljuju kompaniji *Banjalučka pivara A.D. Banja Luka*, na pruženoj stručnoj i tehničkoj podršci pri izradi ovog rada.



Sl. 5. Naponi i struje napojnog voda nakon kompenzacije neaktivne snage potrošača pasivnim filtrom: a) talasni oblici, b) harmonijski spektar napona, c) harmonijski spektar struje.

TABELA II. PARAMETRI PASIVNIH FILTARA

Faze	Prva grana			Druga grana		
	$R_1$ [mΩ]	$L_1$ [μH]	$C_1$ [mF]	$R_2$ [mΩ]	$L_2$ [μH]	$C_2$ [mF]
a	5,9	381,8	1,1	5,9	275,5	0,8
b	5,5	358,7	1,2	5,5	258,8	0,8
c	5,9	383,1	1,1	5,9	276,5	0,8

TABELA III. PODACI O HARMONIJSKOM SASTAVU STRUJE NAPOJNOG VODA NAKON UGRADNJE PASIVNOG FILTRA

Fazne struje	Harmonici							$THD_I$ [%]
	1	3	5	7	9	11	13	
$I_a$ [A]	270,9	3,3	6,4	1,4	0,1	1,8	1,9	2,87
$I_b$ [A]	288,6	4,9	4,0	2,8	0,7	1,0	1,9	2,53
$I_c$ [A]	272,5	1,1	5,4	2,1	0,2	1,9	2,1	2,41

TABELA IV. UKUPNO HARMONIJSKO IZOBLIČENJE STRUJE, FAKTOR SNAGE I AKTIVNA SNAGA INDUSTRIJSKOG POSTROJENJA

	Prije kompenzacije	Nakon kompenzacije
	$THD_I$ [%]	20
$PF$	0,8628	0,9987
$P$ [kW]	190,1	190,6

## LITERATURA

- [1] IEEE Guide for the Application of Shunt Power Capacitors," in *IEEE Std 1036-2010 (Revision of IEEE Std 1036-1992)*, pp.1-88, 17 Jan. 2011.
- [2] IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems," in *IEEE Std 519-2014 (Revision of IEEE Std 519-1992)*, pp.1-29, 11 June 2014.
- [3] T.B. Šekara, J.Č. Mikulović and Ž.R. Đurišić, "Optimal Reactive Compensators in Power Systems Under Asymmetrical and Nonsinusoidal Conditions," in *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 23, no. 2, pp. 974-984, Apr. 2008.
- [4] J. Dixon, L. Moran, J. Rodriguez and R. Domke, "Reactive Power Compensation Technologies: State-of-the-Art Review," in *Proceedings of the IEEE*, vol. 93, no. 12, pp. 2144-2164, Dec. 2005.
- [5] J.C. Das, *Power System Harmonics and Passive Filter Designs*, John Wiley & Sons, 2015.
- [6] J. C. Das, "Passive filters - potentialities and limitations," in *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 40, no. 1, pp. 232-241, Jan.-Feb. 2004.
- [7] A. B. Nassif, W. Xu and W. Freitas, "An Investigation on the Selection of Filter Topologies for Passive Filter Applications," in *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 24, no. 3, pp. 1710-1718, July 2009.
- [8] B. Badrzadeh, K. S. Smith and R. C. Wilson, "Designing Passive Harmonic Filters for an Aluminum Smelting Plant," in *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 47, no. 2, pp. 973-983, March-April 2011.
- [9] D. A. Gonzalez and J. C. McCall, "Design of Filters to Reduce Harmonic Distortion in Industrial Power Systems," in *IEEE Trans. on Ind. Appl.*, vol. IA-23, no. 3, pp. 504-511, May 1987.

## ABSTRACT

The use of power converters in modern industrial plants results in increased voltage and current harmonic distortion. Distortion of voltages and currents should be accounted for by using a new approach based on non-active power compensation. In this paper the waveforms of load currents for a particular industrial consumer are analyzed and a passive power compensator is designed using a procedure based on minimization of active power losses in the main supply line. The performance of the proposed solution is verified by computer simulations using recorded current and voltage waveforms from the real plant as inputs.

## PASSIVE COMPENSATION OF NON-ACTIVE POWER FOR INDUSTRIAL CONSUMERS

Predrag Mršić, Nemanja Kitić, Bojan Erceg, Đorđe Lekić, Čedomir Zeljković, Petar Matić