



Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za elektrotehniko*

ELEKTROENERGETSKA OMREŽJA IN NAPRAVE

Poročilo 1. laboratorijske vaje: Poteki napetosti,
tokov in trenutnih moči 3-faznega sistema

Avtor: Jaka Ambruš

Vpisna številka: 64180037

Profesor: dr. Boštjan Blažič

Asistentka: Janja Dolenc

Datum: 6.11.2020

Kazalo vsebine

1. Uvod	2
2. Podatki uporabljenih elementov in shema vezja	2
3. Rešitve nalog	3
1. Naloga: Časovni potek napetosti in tokov	3
2. Naloga: Amplitudni in fazni spekter toka in napetosti 3.faze	4
3. Naloga: Temenske vrednosti in fazni koti osnovne komponente napetosti in tokov, relativno glede na napetost prve faze.	5
4. Naloga: Kazalci napetosti in tokov za osnovno komponento	5
5. Naloga: Potek trenutnih faznih moči na podlagi meritev	6
6. Naloga: Potek trenutnih faznih moči na podlagi izračunov	6
7. Naloga: Izračuni in kazalčni diagrami P, Q, S	7
8. Naloga: Skupni faktor delavnosti	8
4. Odgovori na vprašanja	9
4.1 Kakšen je karakter bremena in po čem/kako ga prepoznamo?	9
4.2 Opiši vzročno-posledični odnos med harmonskim popačenjem toka bremena in napetosti na merilnem mestu. Kaj v največji meri prispeva k popačenju v omrežju?	9
4.3 Ali lahko tudi višje harmonske komponente povzročajo delovno moč? Če da, kako/kdaj in če ne, zakaj?	9
4.4 Primerjajte trenutno moč, ki ste jo izračunali kot produkt toka in napetosti in tisto, ki ste jo določili na podlagi analitične formule, amplitud in faznih kotov (komentar na primerjavo rezultatov iz 5. in 6. naloge).	9
5. Zaključek	10

Kazalo slik:

Slika 1: Shema vezja 1. laboratorijske naloge	2
Slika 2: Časovni poteki tokov in napetosti 1. Naloge.....	3
Slika 3: Amplitudni in fazni spekter napetosti 3. faze	4
Slika 4: Amplitudni in fazni spekter toka 3. faze	4
Slika 5: Kazalčna diagrama napetosti in tokov	5
Slika 6: Skupni kazalčni diagram napetosti in tokov.....	6
Slika 7:Potek trenutnih faznih moči na podlagi meritev	6
Slika 8:Časovni potek trenutnih faznih moči na podlagi izračunov	7
Slika 9: Kazalčni diagram moči 3. faze	8
Slika 10: Kazalčni diagram skupnih moči vseh treh faz	8

1. Uvod

Pri 1. laboratorijski vaji smo opazovali poteke tokov, napetosti in moči na modelu 3-faznega voda. Zaradi ponavljanja napak pri merjenju toka z osciloskopom so bili shranjeni tokovi v voltih, kar smo pretvorili v ampere z množenjem izmerjene vrednosti z 1000(dobimo kV), z upoštevanjem tokovnih klešč in merila modela. Na variaku smo nastavili napetost na 110V, ki je bila priključena na transformator z medfazno napetostjo 110V na primarni strani in 20V na sekundarni strani. Model je bil v razmerju $M = 1:1000$. Ker je osciloskop meril fazne napetosti so bili rezultati nekoliko drugačni. Naučil sem se tudi funkcijo 'piskača' s katerim pred začetkom poizkusa vedno preverimo varovalke za varno delo v laboratoriju.

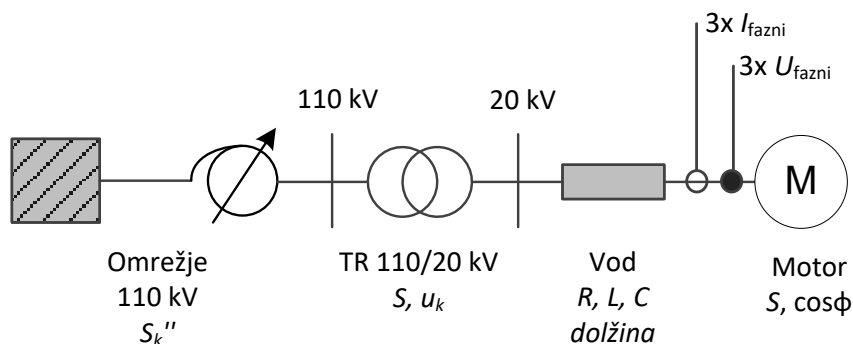
2. Podatki uporabljenih elementov in shema vezja

Uporabljeni elementi:

- transformator:
 - 110/20 kV
 - $u_k=10\%$
 - $S=35\text{ MVA}$
- nadzemni vod:
 - $l=20\text{ km}$
 - $R'=0,265\ \Omega/\text{km}$
 - $X'=0,200\ \Omega/\text{km}$
 - $C'=0,270\ \mu\text{F}/\text{km}$
- asinhronski motor:
 - $U_N=20\text{ kV}$
 - $S=4,7\text{ MVA}$
 - $\cos\varphi=0,89$

Pri izvedbi vaje smo uporabili tudi variak, avtotransformator(oz. varovalke), dva multimetra in osciloskop.

Shema vezja:

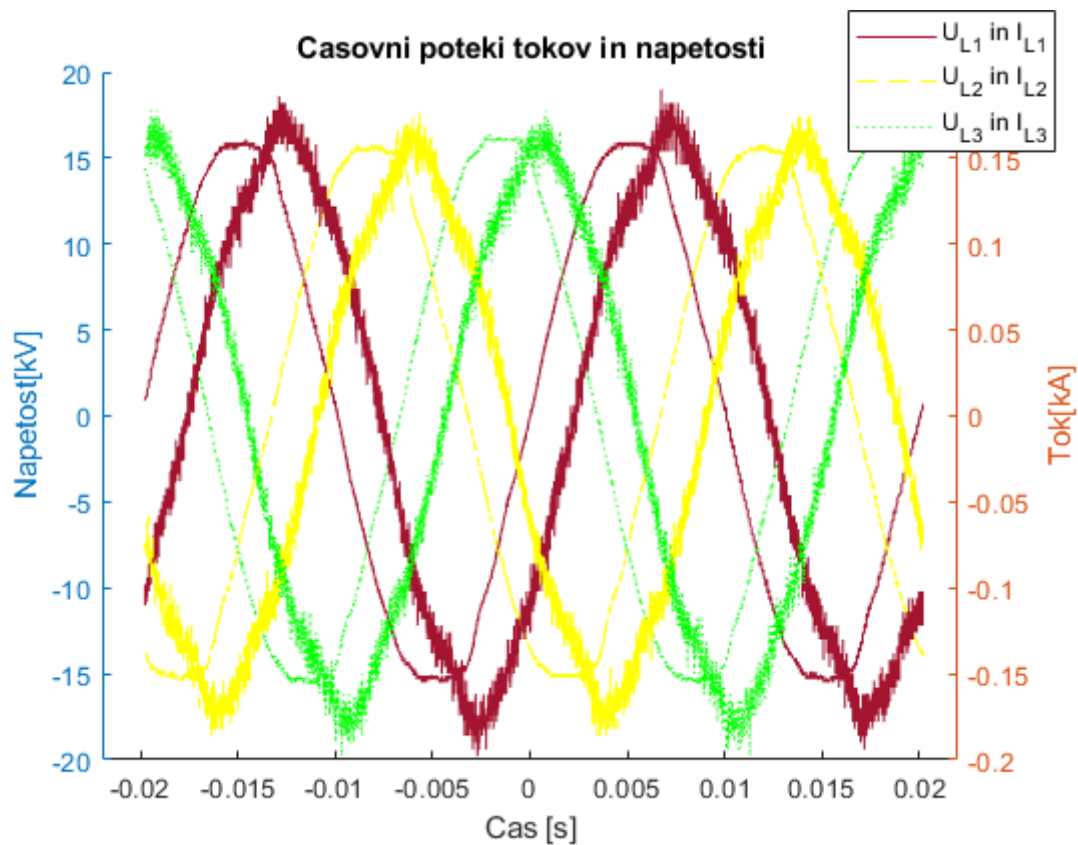


Slika 1: Shema vezja 1. laboratorijske naloge

3. Rešitve nalog

1. Naloga: Časovni potek napetosti in tokov

S pomočjo programskega okolja Matlab sem izrisal sledeče poteke napetosti in tokov.

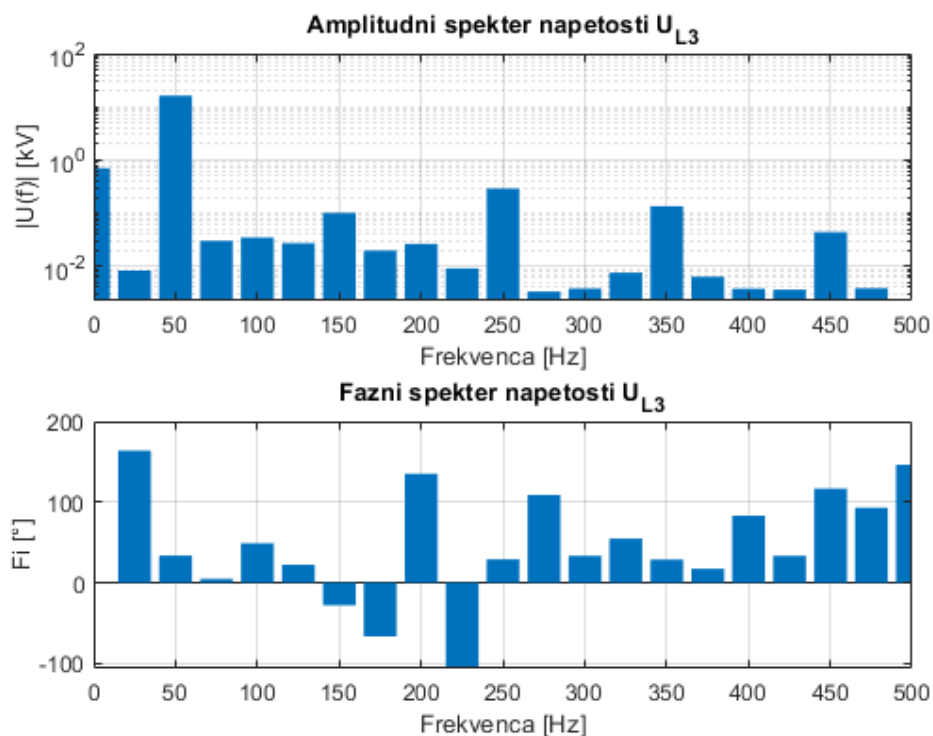


Slika 2: Časovni poteki tokov in napetosti 1. Naloga

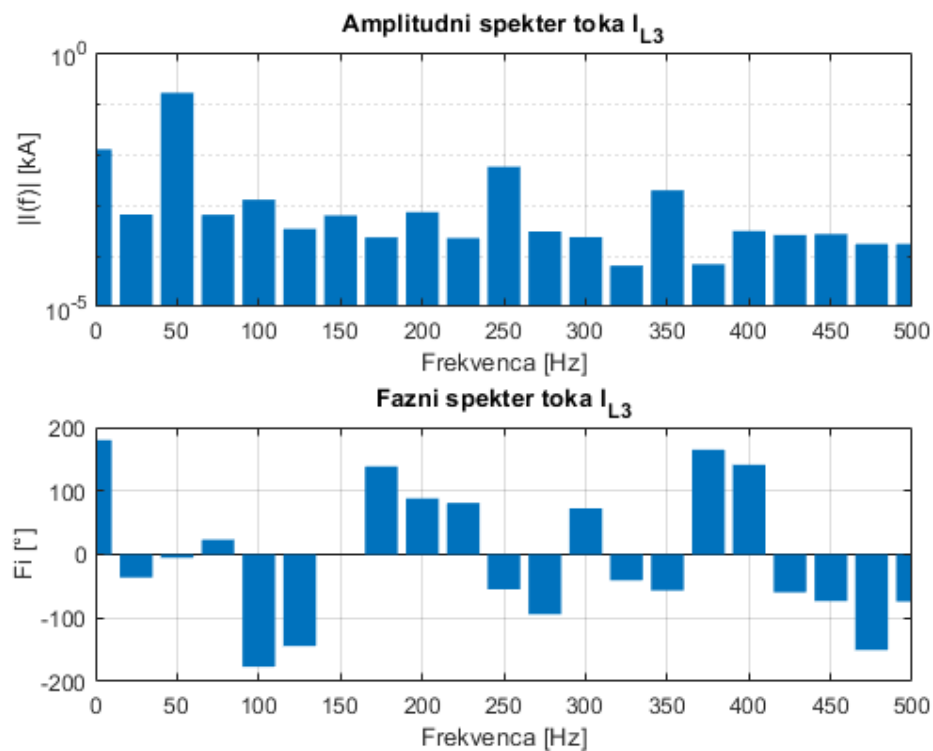
Iz prikaza časovnih potekov je razvidno, da tok in napetost nista v fazi.

2. Naloga: Amplitudni in fazni spekter toka in napetosti 3.faze

S Fourierovo transformacijo sem v programskem okolju Matlab izrisal amplitudni in fazni spekter toka in napetosti poljubno izbrane faze.



Slika 3: Amplitudni in fazni spekter napetosti 3. faze



Slika 4: Amplitudni in fazni spekter toka 3. faze

3. Naloga: Temenske vrednosti in fazni koti osnovne komponente napetosti in tokov, relativno glede na napetost prve faze.

Po izrisu amplitudnih in faznih spektrov napetosti in toka pri vseh treh fazah odčitamo temenske vrednosti in fazne kote pri omrežni frekvenci 50Hz. Za nadaljnjo risanje kazalčnih diagramov sem si izbral UL1, ter njegov fazni kot odštel od preostalih faznih kotov veličin in s tem dobil fazni zamik drugih napetosti relativen na UL1.

Rezultati napetosti:

Tabela 1: Tabela amplitude, faznega kota in faznega zamika relativno no UL1 napetosti

Napetost	Amplituda/kV	Fazni kot /°	Fazni zamik/°
U_{L1}	16,01	-86,36	0
U_{L2}	15,80	153	239,36
U_{L3}	16,18	33,8	120,16

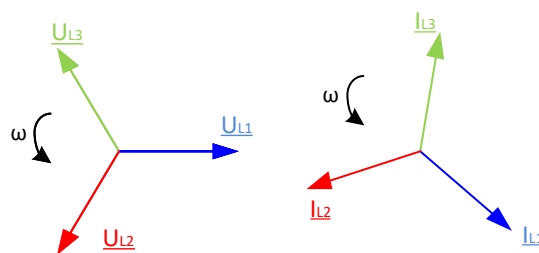
Rezultati tokov:

Tabela 2: Tabela amplitude, faznega kota in faznega zamika relativno no UL1 tokov

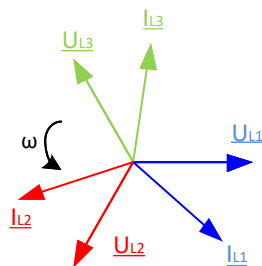
Tok	Amplituda/kA	Fazni kot /°	Fazni zamik/°
I_{L1}	0,164	-127,4	-41,04
I_{L2}	0,157	112,3	198,66
I_{L3}	0,162	-5,174	81,19

4. Naloga: Kazalci napetosti in tokov za osnovno komponento

Iz podatkov 3. naloge sem narisal kazalčne diagrame tokov in napetosti. Za izris diagramov sem uporabljal programsko okolje Microsoft Visio. Posebej pozoren sem bil na merilo. Kazalčni diagram napetosti je v merilu 1mm=1000V, kazalčni diagram toka pa 1mm=10A



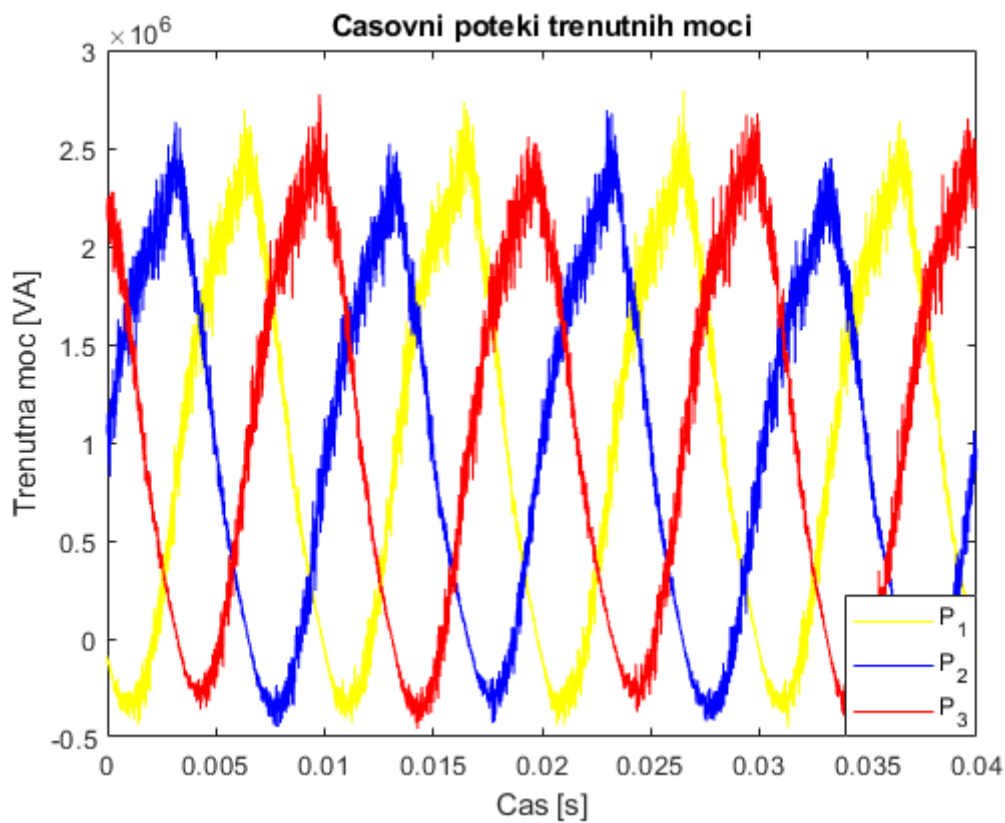
Slika 5: Kazalčna diagrama napetosti in tokov



Slika 6: Skupni kazalčni diagram napetosti in tokov

5. Naloga: Potek trenutnih faznih moči na podlagi meritev

S enačbo $p_{Lk}(t) = u_{Lk}(t) \cdot i_{Lk}(t)$, $k=1,2,3$ sem s pomočjo programskega okolja Matlab izrisal sledeč časovni potek moči vseh treh faz na podlagi meritev:

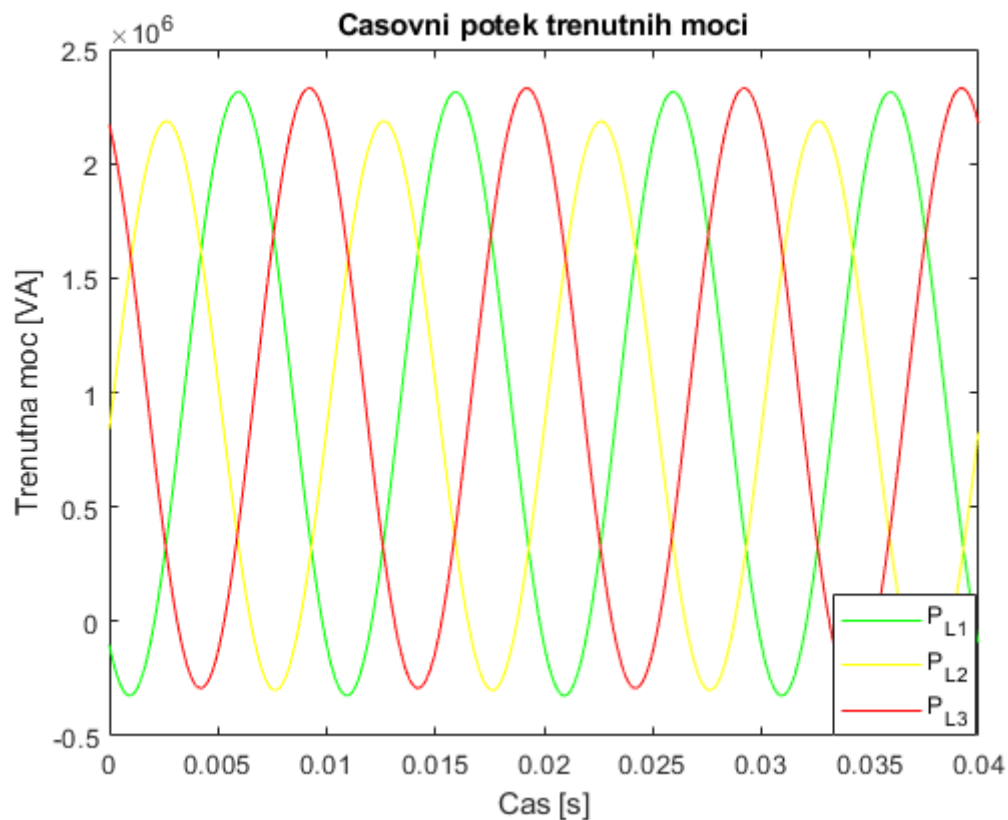


Slika 7: Potek trenutnih faznih moči na podlagi meritev

6. Naloga: Potek trenutnih faznih moči na podlagi izračunov

V okolju Matlab sem na podlagi enačbe:

$$p_{Lk}(t) = \frac{1}{2} \cdot \hat{u}_{L1} \hat{i}_{Lk} \cdot [\cos(\varphi_{uk} - \varphi_{ik}) + \cos(2\omega t + \varphi_{uk} + \varphi_{ik})]$$



Slika 8: Časovni potek trenutnih faznih moči na podlagi izračunov

Dobimo lepe sinusne veličine v primerjavi z grafom poteka trenutnih faznih moči na podlagi meritev, saj ne vpliva velik šum.

7. Naloga: Izračuni in kazalčni diagrami P, Q, S

Uporabljene enačbe:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \hat{u}_{Lk} \hat{i}_{Lk} \cdot \cos(\varphi_k)$$

$$Q = \frac{1}{2} \cdot \hat{u}_{Lk} \hat{i}_{Lk} \cdot \sin(\varphi_k)$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

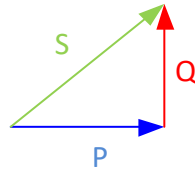
Rezultati:

Tabela 3: Rezultati P, Q, S

Faze	P [MW]	Q [Mvar]	S [MVA]
L1	0,994	1,315	1,648
L2	0,942	0,810	1,243
L3	1,019	0,824	1,310
Seštevek	2,955	2,949	4,201

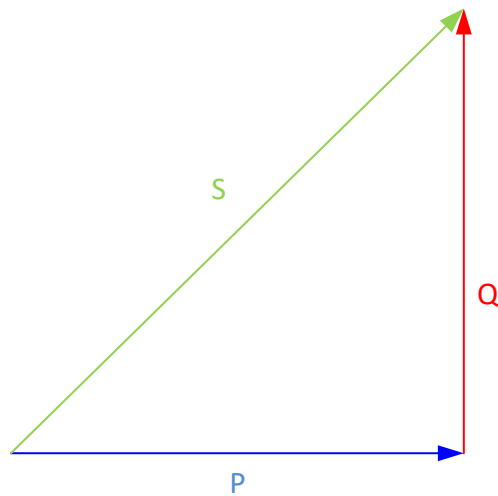
Kazalčna diagrama:

2mm:100000



Slika 9: Kazalčni diagram moči 3. faze

2mm:100000



Slika 10: Kazalčni diagram skupnih moči vseh treh faz

8. Naloga: Skupni faktor delavnosti

Enačba faktorja delavnosti: $\cos \varphi = \frac{P_{3f}}{S_{3f}} = 0,703$

Pove nam delež navideznega prispevka.

4. Odgovori na vprašanja

4.1 Kakšen je karakter bremena in po čem/kako ga prepoznamo?

Breme je ohmsko-induktivno, kar prepoznamo po toku, ki zaostaja za napetostjo manj kot za 90° .

4.2 Opiši vzročno-posledični odnos med harmonskim popačenjem toka bremena in napetosti na merilnem mestu. Kaj v največji meri prispeva k popačenju v omrežju?

Ob popačitvi toka pride do popačitve napetosti, skupni tok pa popači potreba po usmeritvi enosmernega toka po potrebi porabnikov.

4.3 Ali lahko tudi višje harmonske komponente povzročajo delovno moč? Če da, kako/kdaj in če ne, zakaj?

Lahko povzročijo delovno moč če sta napetost in tok v fazi.

4.4 Primerjajte trenutno moč, ki ste jo izračunali kot produkt toka in napetosti in tisto, ki ste jo določili na podlagi analitične formule, amplitud in faznih kotov (komentar na primerjavo rezultatov iz 5. in 6. naloge).

Zaradi prispevkov višjih harmonikov(šum v omrežju) dobimo pri produktu izmerjenih napetosti in tokov popačen graf. Ker je pri trenutni moči upoštevana le osnovna harmonska komponenta graf ni popačen in dobimo lepe sinusne veličine.

5. Zaključek

Vaja je bila dobro strukturirana in poučna, ter se dobro ujemala s tekočo snovjo.