

# PRIMERI REŠENIH ZADATAKA U QucsStudio-u

## – TROFAZNA KOLA –

v0.1

Dr Nikola Basta, asistent, [nbasta@etf.rs](mailto:nbasta@etf.rs)

Dr Milka Potrebić, redovni profesor, [milka\\_potrebic@etf.rs](mailto:milka_potrebic@etf.rs)

Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu

Katedra za opštu elektrotehniku

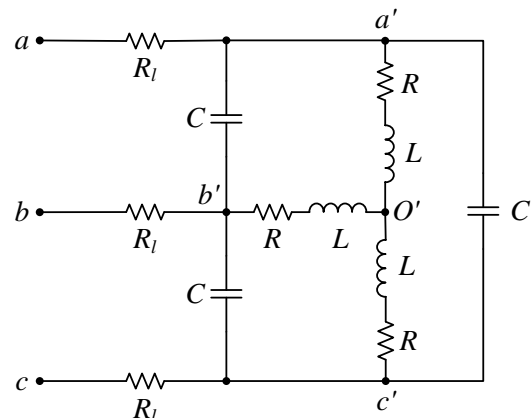
### UVOD

U ovom dokumentu dati su primeri rešenih zadataka sa trofaznim kolima u alatu *QucsStudio* v3.3.2. Pri rešavanju zadataka, motiv je da se do traženog numeričkog rezultata dođe očitavanjem sa grafika (struja, napona i snaga), kao i računanjem pomoću ugrađenih matematičkih funkcija. Takođe, kola su simulirana u vremenskom domenu, te se mora imati u vidu da na grešku rezultatnih srednjih i efektivnih vrednosti utiču i prelazni procesi. Ova greška postaje manja kako se povećava razmatrani vremenski interval, odnosno broj obuhvaćenih perioda.

### 1. Zadatak

Na slici 1.1 je prikazana uravnotežena trofazna mreža. Poznate su otpornosti faznih provodnika,  $R_l$ , kao i parametri prijemnika (elektromotora) vezanog u zvezdu:  $R$  i  $L$ . Mreža se napaja linijskim naponima koji obrazuju simetričan direktan sistem prvog reda efektivne vrednosti  $U$  i frekvencije  $f = \frac{\omega}{2\pi}$ . Odrediti (a) kapacitivnosti kondenzatora  $C$ , koje treba vezati u trougao na krajevima prijemnika, kako bi faktor snage mreže bio maksimalan, (b) aktivnu snagu mreže i prijemnika pri ispunjenom uslovu pod (a) i (c) fazorski dijagram napona mreže pri ispunjenom uslovu pod (a).

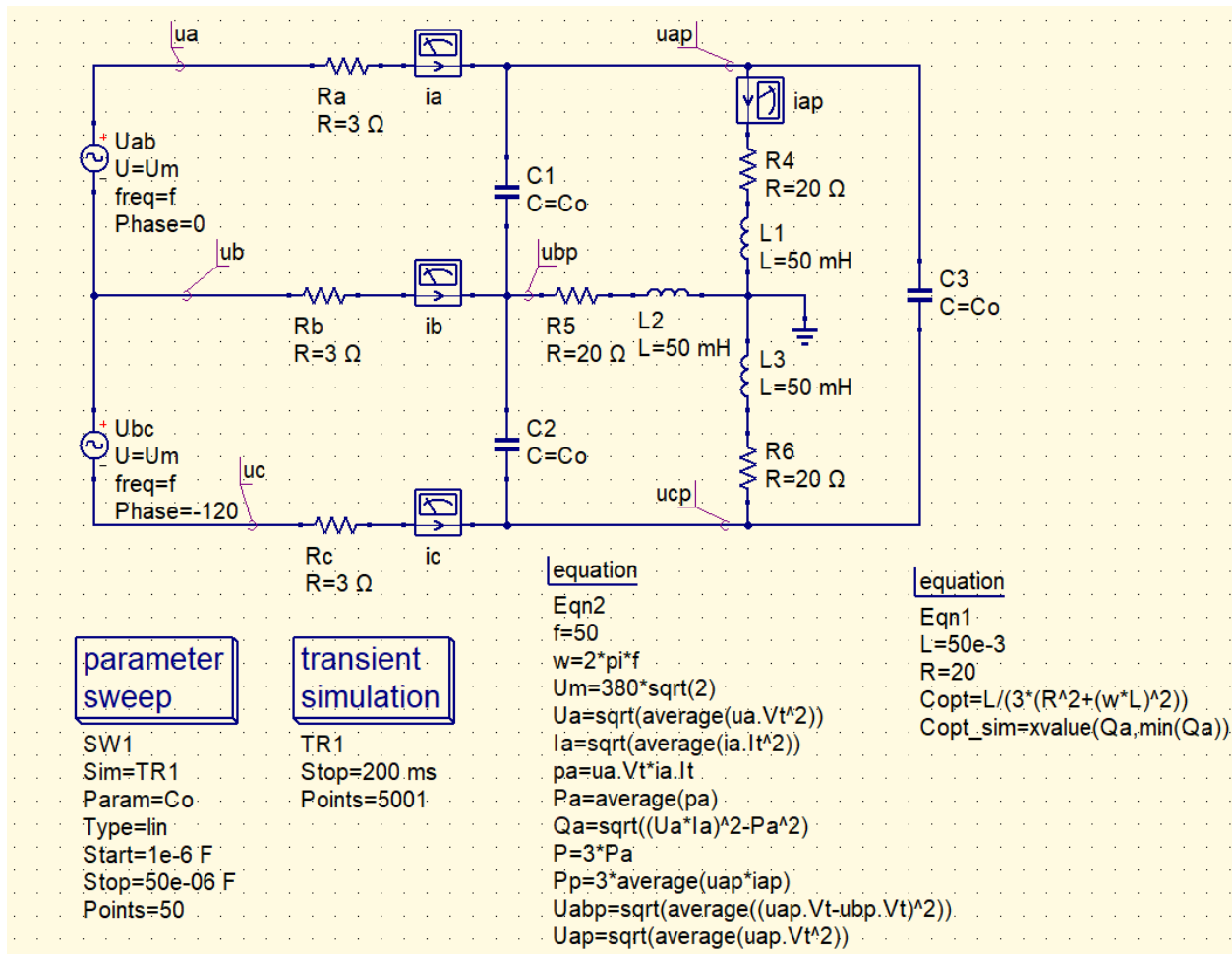
Brojne vrednosti:  $U = 380$  V,  $f = 50$  Hz,  $R_l = 3$   $\Omega$ ,  $R = 20$   $\Omega$ ,  $L = 50$  mH.



Slika 1.1 Šema kola uz 1. zadatak.

### REŠENJE:

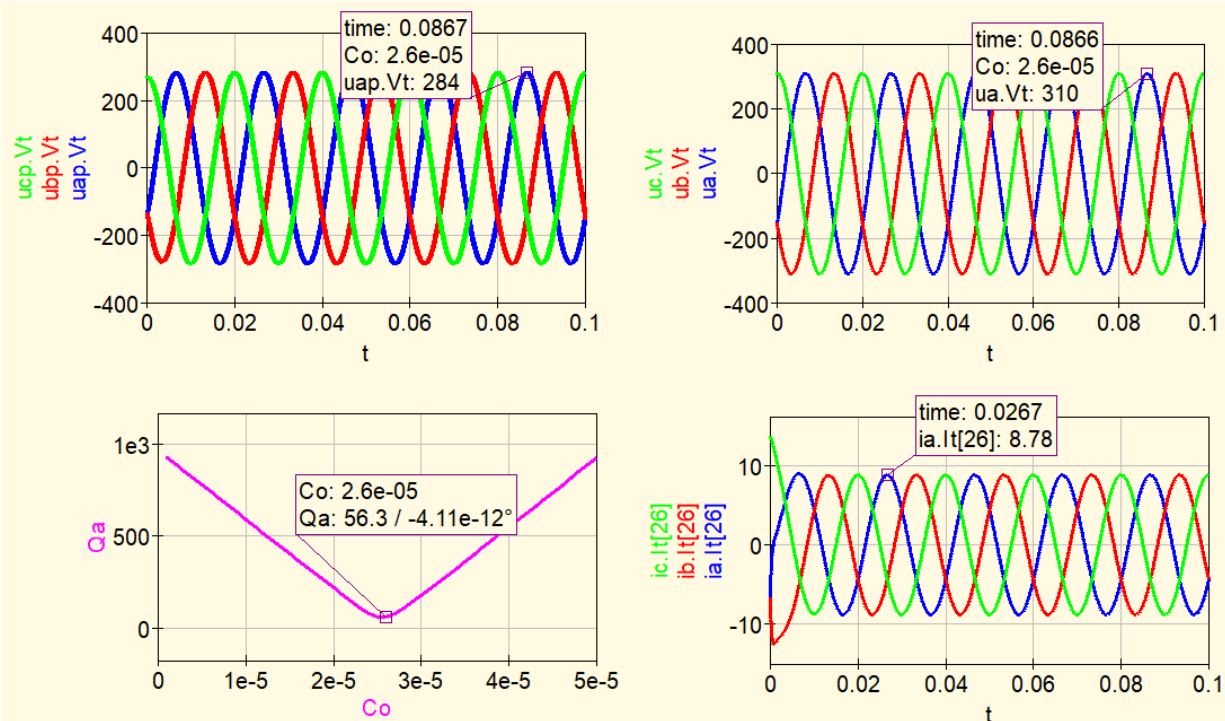
Na slici i 1.2 prikazana je realizacija šeme, kao i pomoćne veličine, efektivne vrednosti odgovarajućih napona, struja i snaga, određene ugrađenim matematičkim funkcijama *QucsStudio*-a. Trenutne vrednosti struja određujemo ampermetrima, a napona čvorova pomoću oznaka na provodnicima, komandom *Insert Wire Label* iz trake sa alatkana. Takva oznaka (ili labela) nam daje pristup vrednosti potencijala za dati čvor. Pomenute labele za čvorove  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $a'$ ,  $b'$  i  $c'$  vidimo na slici 1.2:  $ua$ ,  $ub$ ,  $uc$ ,  $uap$ ,  $ubp$  i  $ucp$ , respektivno.



Slika 1.2 Realizacija kola sa slike 1.1 i parametri simulacije.

Posmatranjem reaktivne snage generatora na jednoj fazi,  $Q_a$ , i variranjem kapacitivnosti kondenzatora, određujemo njenu optimalnu vrednost, koja iznosi  $C = C_{opt} \approx 26\ \mu\text{F}$ , a odgovara minimalnoj vrednosti  $Q_a$ . Za tako odabranu kapacitivnost, prikazujemo grafik faznih napona i linijskih struja (slika 1.3). Optimalna kapacitivnost je određena funkcijom *min*, a predstavlja 26. član niza probnih kapacitivnosti, koja je varirana u opsegu  $1 \div 50\ \mu\text{F}$  u 50 koraka. Stoga prikazujemo trenutne vrednosti napona, struja i snaga koje odgovaraju indeksu br. 26. Iz simulacije dobijena optimalna kapacitivnost upoređena je sa onom dobijenom analitički,  $C_{opt\_sim}$  (slike 1.2 i 1.3).

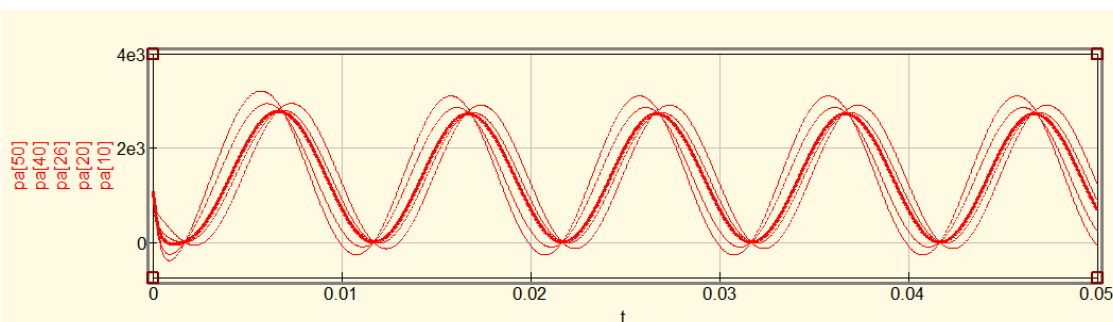
Na slici 1.4 prikazana je varijacija trenutne vrednosti snage na jednoj fazi generatora za različite vrednosti kapacitivnosti  $C$ . Trenutna snaga za  $C = C_{opt}$  prikazana je podebljanom linijom.



Copt	Copt_sim
2.58e-05	2.6e-05

Co	P	Pp	Uabp	Uap
2.4e-5	4092	3742	347 / -3.51e-15°	201 / -3.51e-15°
2.5e-5	4091	3742	347 / -3.51e-15°	201 / -3.51e-15°
2.6e-5	4092	3742	347 / -3.51e-15°	201 / -3.51e-15°
2.7e-5	4092	3742	347 / -3.51e-15°	201 / -3.51e-15°
2.8e-5	4093	3742	347 / -3.51e-15°	201 / -3.51e-15°

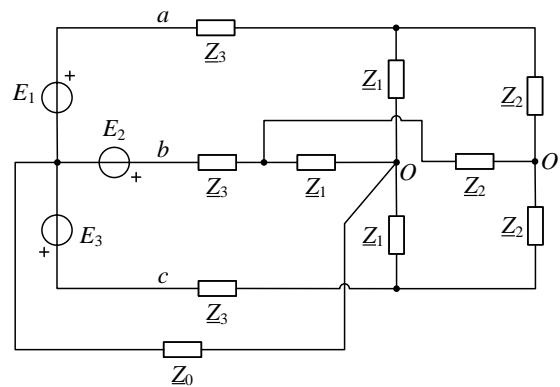
Slika 1.3 Grafici faznih napona i linijskih struja i reaktivne snage na jednoj fazi za različite vrednosti kapacitvnosti  $C$ . U tabeli su prikazane efektivne vrednosti faznih napona prijmnika, kao i aktivne snage mreže i prijmnika



Slika 1.4 Grafik trenutne snage na jednoj fazi mreže za različite kapacitvnosti kondenzatora  $C$ . Vidi se kako za optimalnu kapacitvnosti,  $C = C_{opt} \approx 26 \mu\text{F}$ , trenutna snaga ima samo pozitivne vrednosti, tj. faktor snage iznosi 1.

## 2. Zadatak

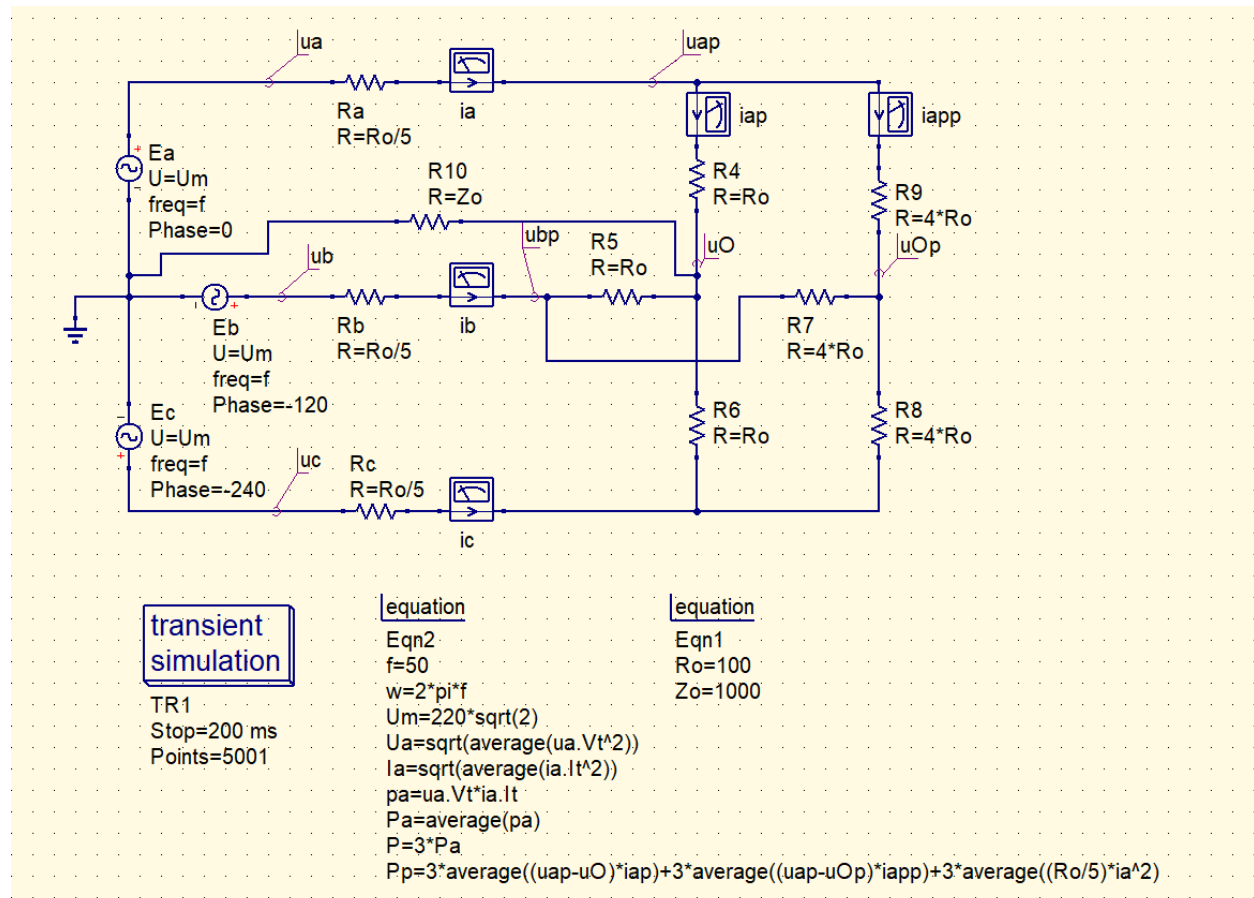
Trofazno električno kolo je uravnoteženo:  $Z_3 = R/5$ ,  $Z_2 = 4R$ ,  $Z_1 = R$ ,  $R > 0$ . Odrediti trenutne vrednosti struja generatora. Odrediti srednju snagu koju trofazni generator predaje ostatku električnog kola. Kolika je trenutna vrednost napona impedanse  $Z_0$ ?



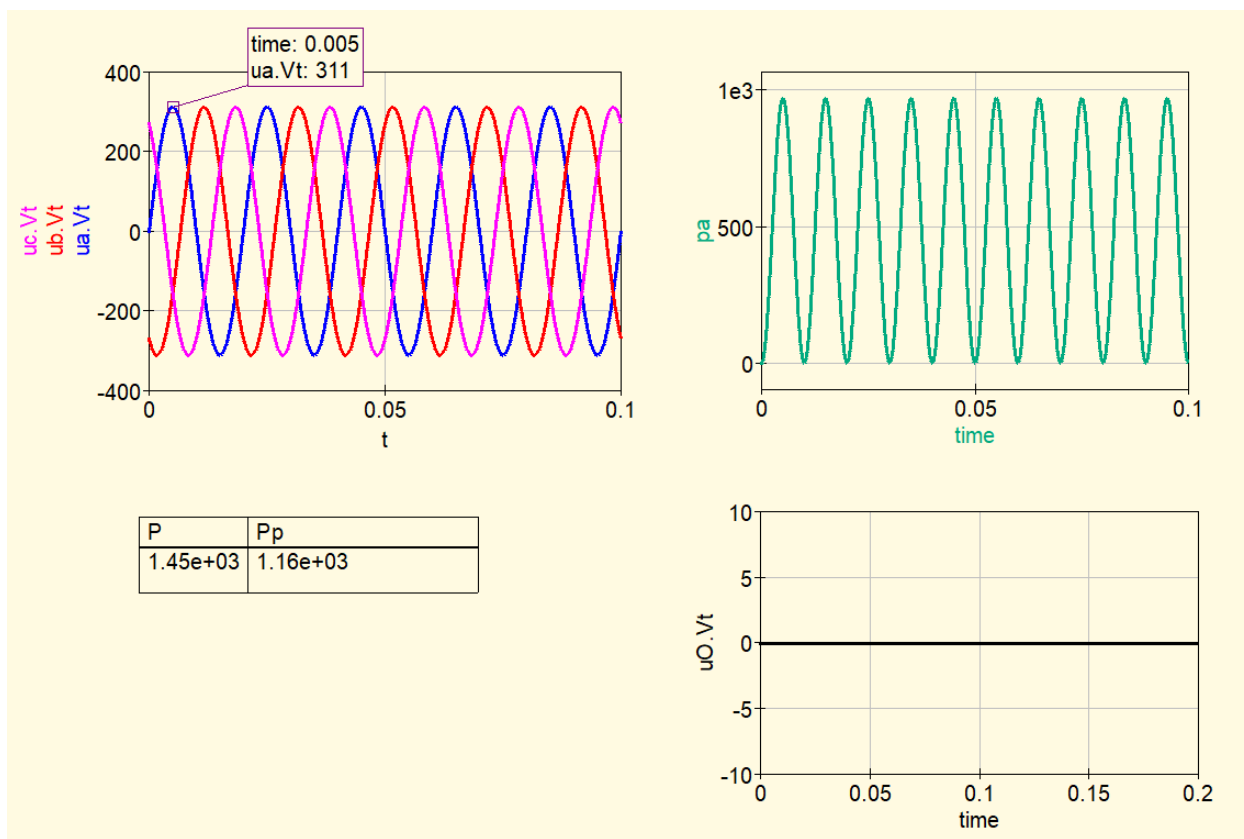
Slika 2.1 Šema kola uz 2. zadatak.

### REŠENJE:

Mreža je čisto rezistivna (slika 2.2). Deo snage generatora disipira se na faznim provodnicima, a ostatak na potrošaču. Na slici 2.3 prikazani su grafici trenutnih vrednosti faznih napona i snage jedne faze generatora. U tabeli su date srednje snage generatora i potrošača.



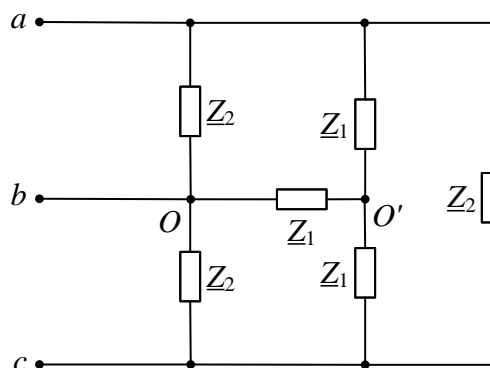
Slika 2.2 Realizacija kola sa slike 2.1 i parametri simulacije.



Slika 2.3 Grafik trenutnih vrednosti faznih napona i snage jedne faze generatora. Crnom linijom prikzana je trenutna vrednost napona impedanse  $Z_0$ , a u tabeli su date ukupne srednje snage generatora,  $P$ , i potrošača,  $P_p$ .

### 3. Zadatak

Međufazni napon trofaznog generatora je 400 V, a frekvencija je 50 Hz. Na generator se priključuju dva simetrična trofazna potrošača. Prvi potrošač je vezan u zvezdu i njegova impedansa je  $25/_30^\circ \Omega$ , a drugi potrošač je vezan u trougao i njegova impedansa je  $40 \Omega$ . Odrediti fazne struje potrošača i linijske struje generatora. Kolika je snaga koju daje generator i koliki je ukupni faktor snage?

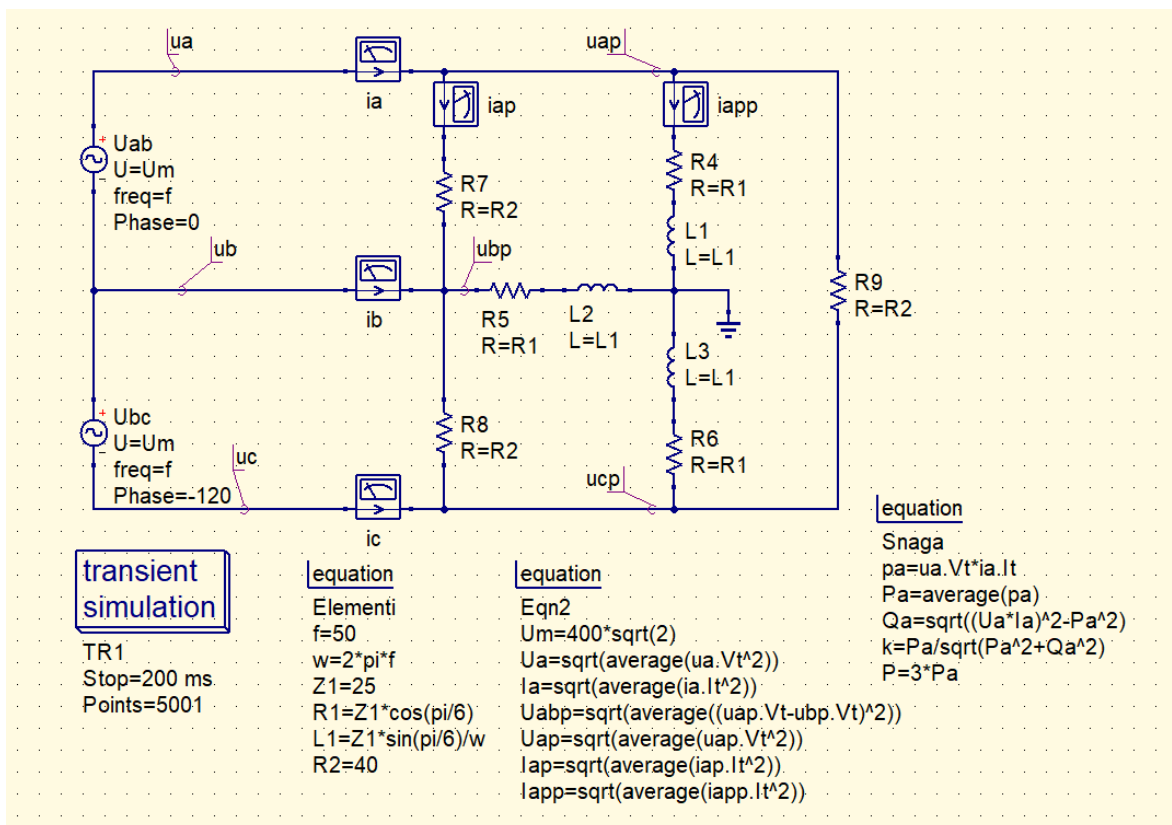


Slika 3.1 Šema kola uz 3. zadatak.

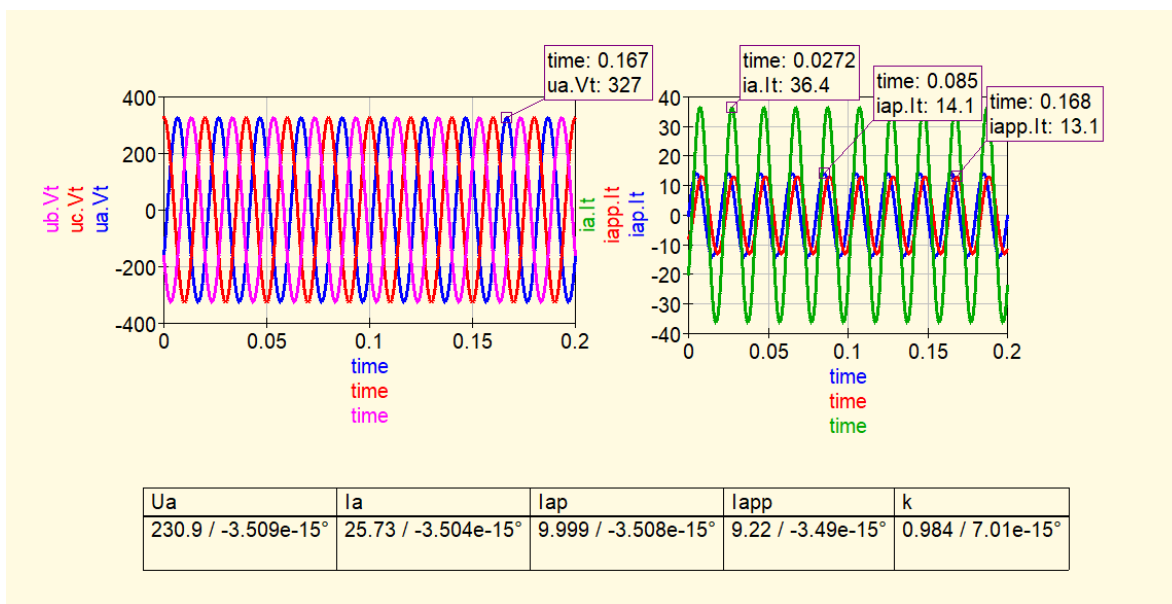
#### REŠENJE:

Pomoću ampermetara na odgovarajućim granama potrošača, možemo direktno meriti trenutne vrednosti njihovih faznih struja (slika 3.2). Na osnovu trenutnih vrednosti napona i struja određujemo efektivne, a

time i reaktivnu snagu. S obzirom na simetriju, za određivanje faktora snage, dovoljno je da posmatramo odnos reaktivne i prividne snage samo na jednoj fazi mreže.



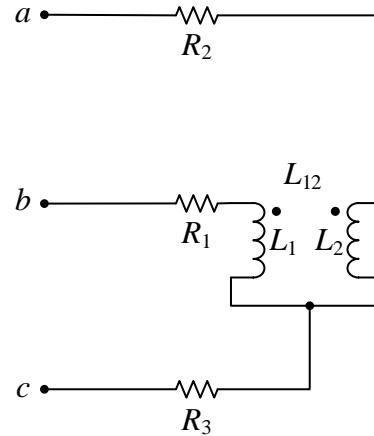
Slika 3.2 Realizacija kola sa slike 3.1 i parametri simulacije.



Slika 3.3 Grafici trenutnih vrednosti faznih napona generatora, jedne linijske struje mreže, kao i faznih struja potrošača. Tabela prikazuje efektivne vrednosti faznog napona generatora, linijske struje, faznih struja potrošača, kao i faktor snage generatora.

## 4. Zadatak

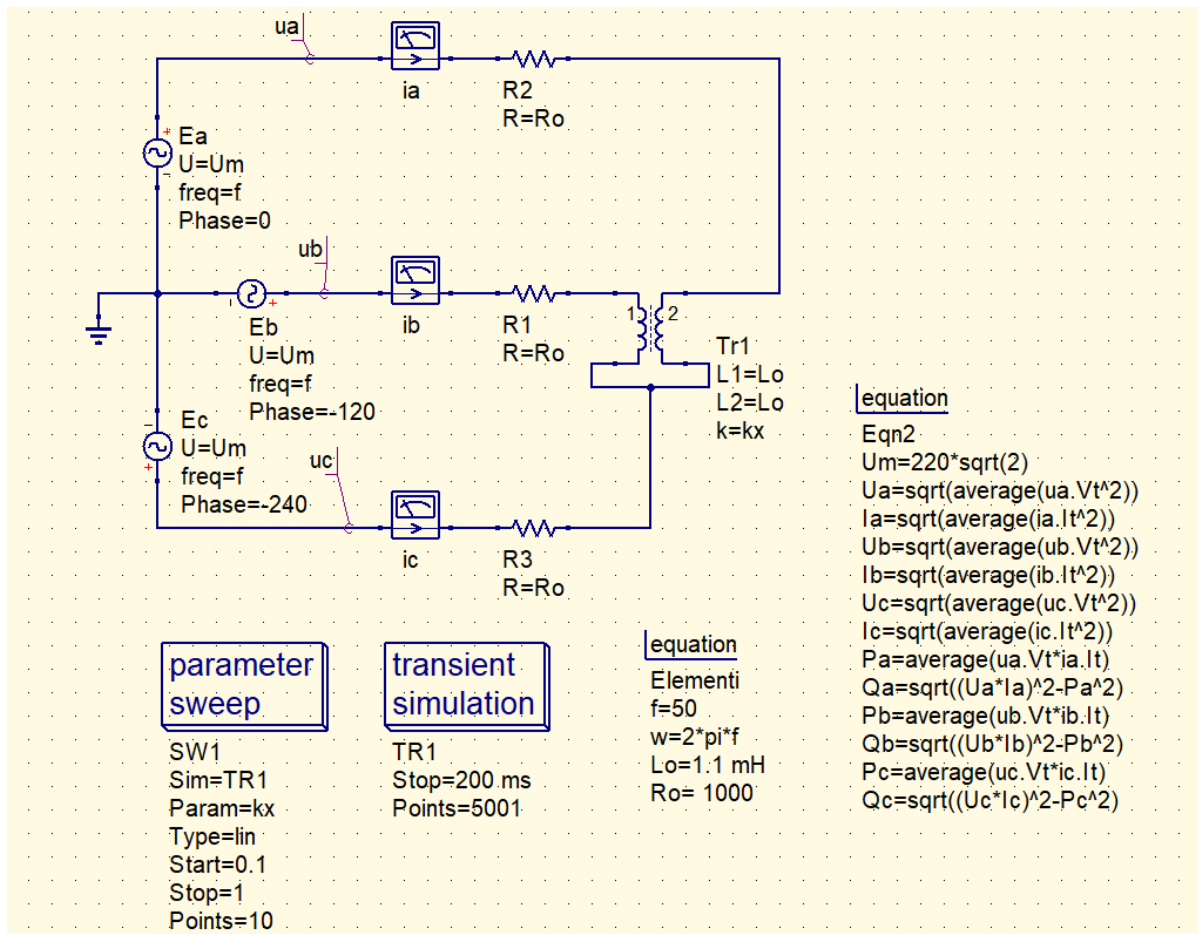
Trofazni prijemnik (potrošač) je prikazan na slici 4.1. Odrediti vezu parametara prijemnika tako da on bude simetričan. Koliko u tom slučaju iznosi koeficijent sprege transformatora?



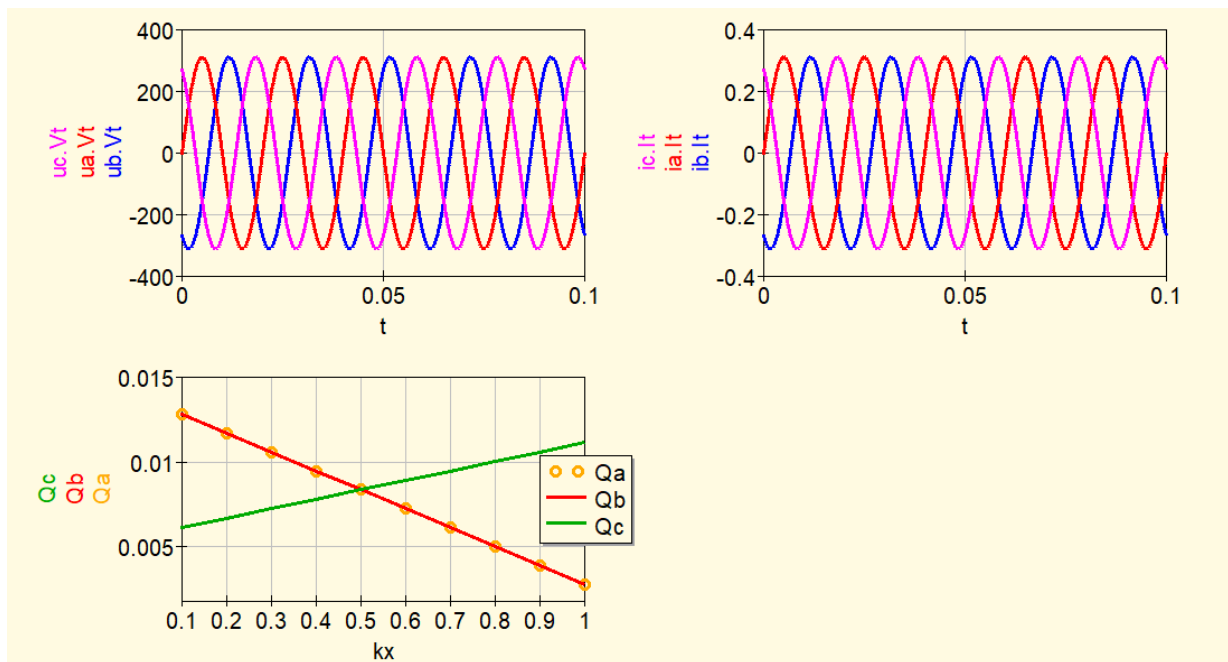
Slika 4.1 Šema kola uz 4. zadatak.

REŠENJE:

Na osnovu simetrije, zaključujemo da mora biti  $R_1 = R_2 = R_3 = R_o$  i  $L_1 = L_2 = L_o$ . Posmatranjem reaktivne snage generatora (slika 4.3) za svaku od faza i variranjem koeficijenta sprege, određujemo njegovu optimalnu vrednost,  $k = 0.5$ . Usvojene vrednosti elemenata su  $R_o = 1 \text{ k}\Omega$  i  $L_o = 1.1 \text{ mH}$ .



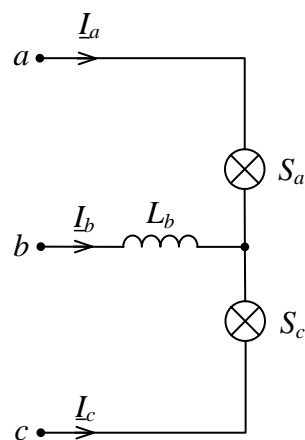
Slika 4.2 Realizacija kola sa slike 4.1 i parametri simulacije.



Slika 4.3 Grafici trenutnih vrednosti faznih napona i linijskih struja, kao i reaktivnih snaga generatora za različite vrednosti koeficijenta sprege.

## 5. Zadatak

Trofazno kolo prikazano na slici 5.1 sastoji se od neuravnotežene mreže priključene na sistem simetričnih linijskih napona. Smatrajući da su otpornosti sijalica  $S_a$  i  $S_c$  iste, odrediti koja od njih će jače svetliti u slučaju direktnog, a koja u slučaju inverznog sistema napona.

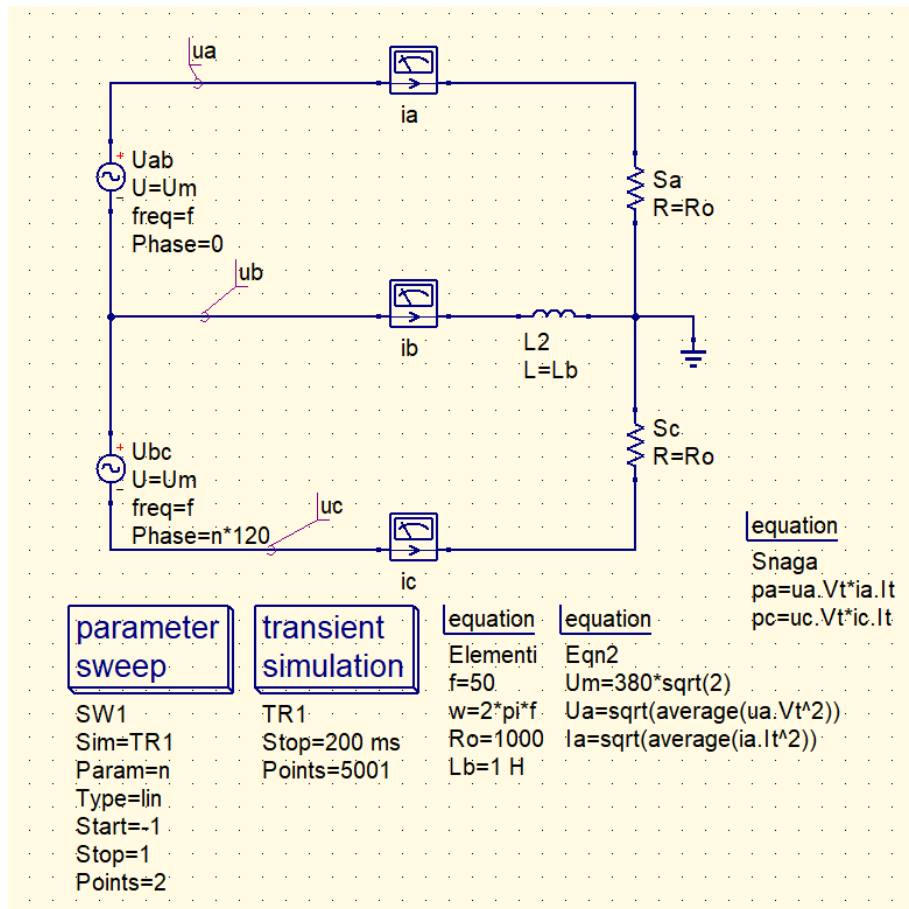


Slika 5.1 Šema kola uz 5. zadatak.

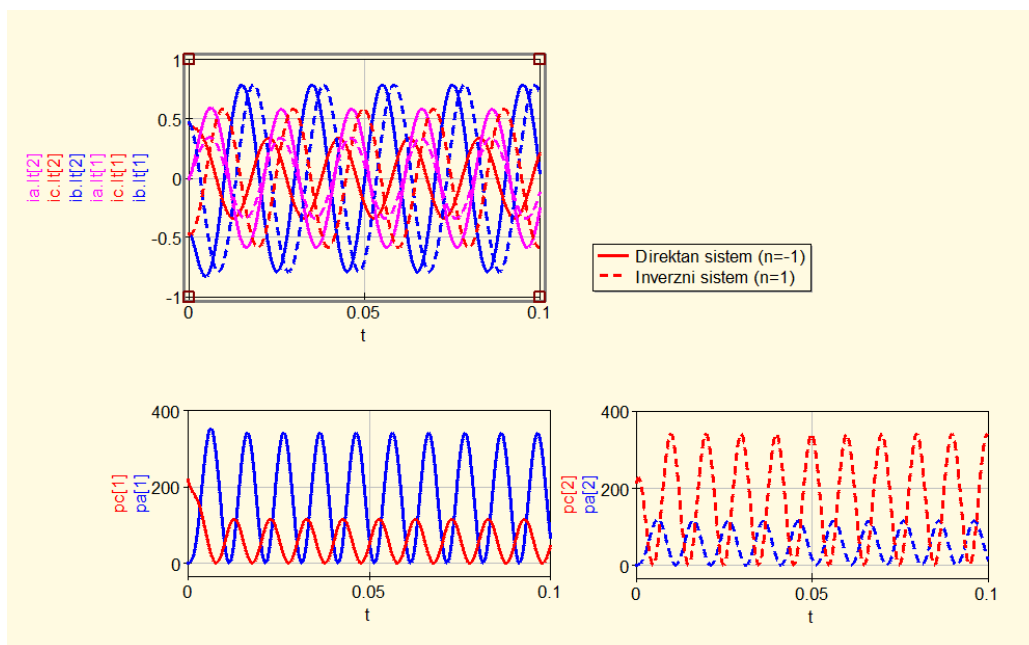
### REŠENJE:

Postavljanjem ampermetara i labela na svaki od faznih provodnika možemo posmatrati trenutne vrednosti linijskih struja, kao i snaga u granama  $a$  i  $c$  za slučaj direktnog i inverznog sistema (slika 5.2). Veća linijska struja, odnosno srednja snaga faze potrošača, znači i veću potrošnju na sijalici, a time i njeno jače sijanje. Zaključujemo da će sijalica  $S_a$  jače sijati u direktnom, a  $S_c$  u inverznom sistemu napona.





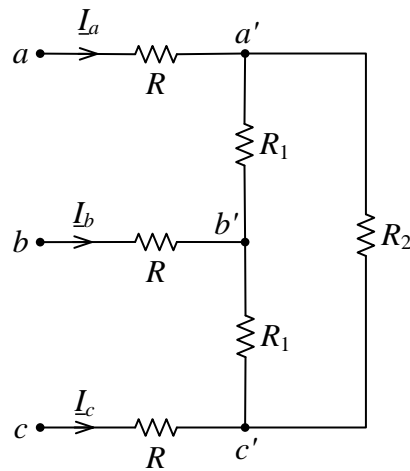
Slika 5.2 Realizacija kola sa slike 5.1 i parametri simulacije.



Slika 5.3 Grafici trenutnih vrednosti linijskih struja i snaga jedne faze generatora za slučaj direktnog i inverznog sistema

## 6. Zadatak

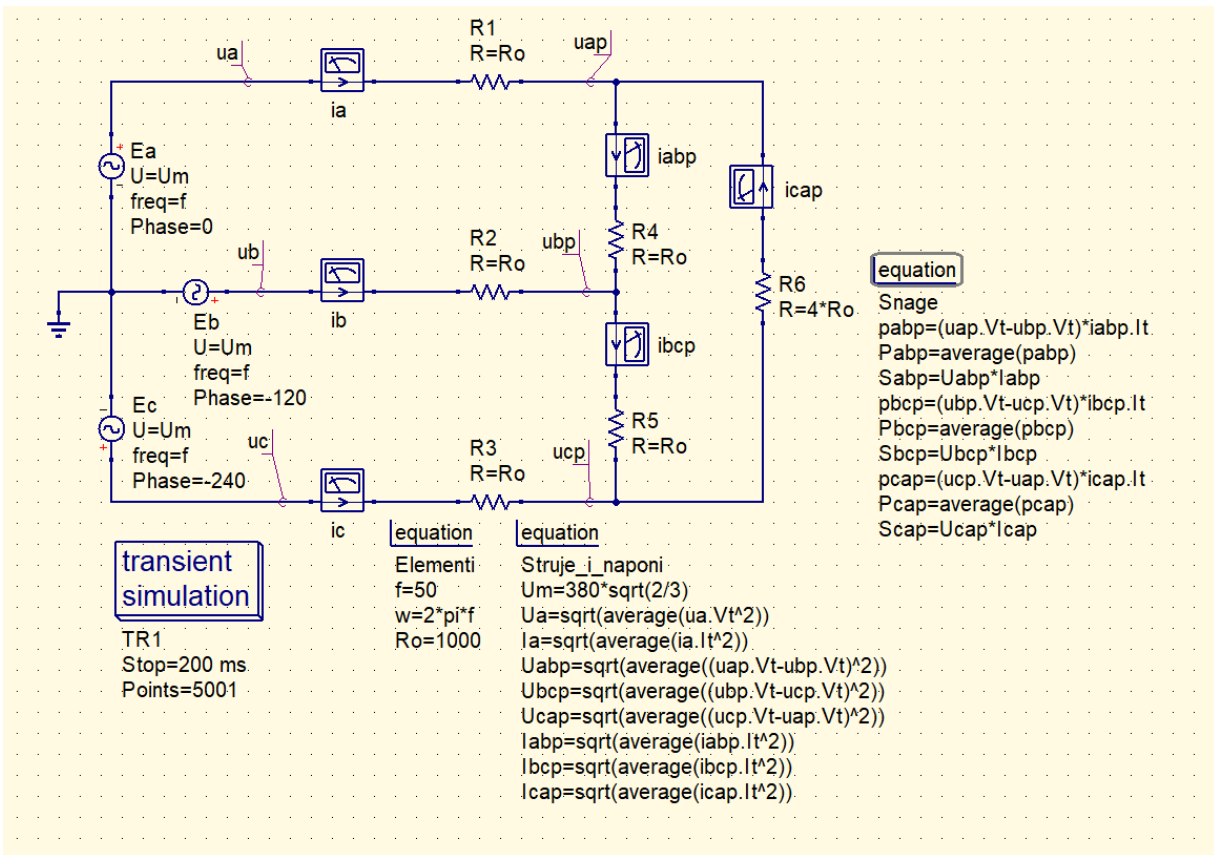
Sistem linijskih napona mreže prikazane na slici 6.1 je simetričan direktan, poznate kompleksne vrednosti  $U_{ab} = U$ . Poznati su parametri  $R$ ,  $R_1 = R$  i  $R_2 = 4R$ . Odrediti (a) kompleksne struje mreže, (b) kompleksnu snagu prijemnika vezanog između tačaka  $a'$ ,  $b'$  i  $c'$ .



Slika 6.1 Šema kola uz 6. zadatak.

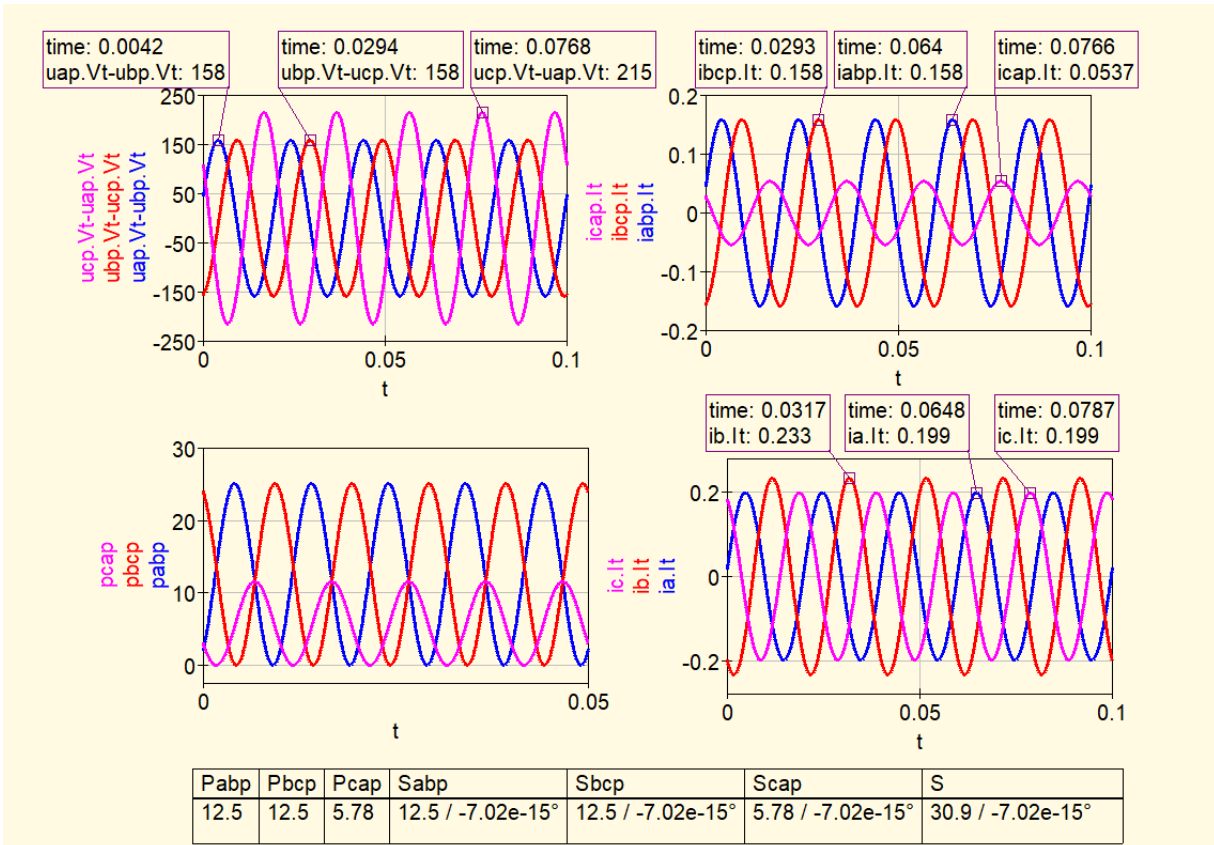
### REŠENJE:

Kako kolo simuliramo u vremenskom domenu (slika 6.2), umesto fazora struja mreže, prikazaćemo njihove trenutne vrednosti, a pomoću njihovih efektivnih vrednosti odredićemo prividnu snagu prijemnika.



Slika 6.2 Realizacija šeme sa slike 6.1

Na slici 6.3 prikazani su grafici trenutnih vrednosti linijskih struja mreže, kao i faznih struja, napona i snaga potrošača. S obzirom na to da je mreža čisto rezistivna, ukupna prividna snaga potrošača jednaka je njegovoj srednjoj (aktivnoj) snazi, što je prikazano u tabeli, takođe na slici 6.3.



Slika 6.3 Grafici trenutnih vrednosti linijskih struja mreže, kao i faznih struja, napona i snaga potrošača.

## LITERATURA

- [1] <http://dd6um.darc.de/QucsStudio/qucsstudio.html>
- [2] <http://tek.etf.rs/>