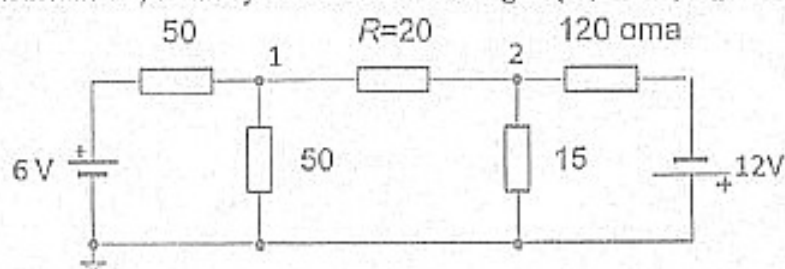


VJEŽBA III.1. TEOREMI MREŽA

1. PRIPREMA Pinter OE II dio: 13.2/ i str.28-34, predavanja, dodatak: upute za korištenje: fazometra, regulacijskog transformatora WebOE simulacija pokusa, fotografije pokusa...

Zadatak III.1.1. Primjenom Theveninove metoda (postupka) odredite: a) struju kroz granu mreže u kojoj se nalazi otpornik $R=20\ \Omega$. b) koliki bi trebao biti otpor R pa da na njemu snaga bude maksimalna c) kolika je maksimalna snaga. ($U_1=6\text{ V}$; $U_2=12\text{ V}$?)



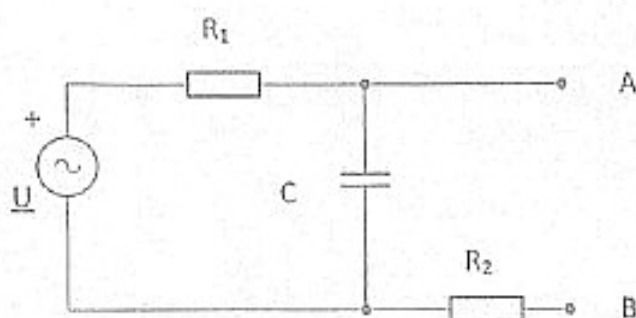
Rezultat $I_R =$ _____ mA $R_{Pmax} =$ _____ Ω $P_{max} =$ _____ mW

Zadatak III.1.2. Primjenom metode napona čvorova izračunajte potencijale točaka 1 i 2 u mreži iz zadatka III.1.1.

Rezultat: $\varphi_1 =$ _____ V $\varphi_2 =$ _____ V

Zadatak III.1.3 Spoj prema slici nadomjestite po a) Theveninu b) Nortonu sa priključnica A i B.

Zadano je: $R_1=470\ \Omega$ $C=4,7\ \mu\text{F}$ $\underline{U}=12/\underline{0}^\circ\text{ V}$ $f=50\text{ Hz}$ $R_2=100\ \Omega$



Rezultat: $Z_{Th} =$ _____ Ω $\underline{U}_{Th} =$ _____ V $I_N =$ _____ mA

$Z_{Th} =$ _____ Ω $U_{Th} =$ _____ V $I_N =$ _____ mA $Z_N =$ _____ Ω

2. OPIS POKUSA

U ovoj vježbi izvodite dva pokusa na različitim radnim mjestima. To znači da će redoslijed obavljanja pokusa biti $1 \rightarrow 2$ ili $2 \rightarrow 1$. Pokus 1 postavljen je na radnim mjestima u prva dva reda. Nakon završetka jednog pokusa premještate se na slobodno radno mjesto gdje je postavljen drugi.

POKUS 1. Theveninov i Nortonov teorem u istosmjernoj mreži

U ovom pokusu praktički određujemo Theveninov i Nortonov nadomjesni izvor u istosmjernoj mreži koja je sastavljena od dva izvora stalnog napona i nekoliko otpornika. Pokazalo se je da (istosmjernu) električnu mrežu gledano sa dvije priključnice možemo nadomjestiti sa serijskim spojem naponskog izvora i otpornika i/ili sa paralelnim spojem strujnog izvora i otpornika. U prvom slučaju govorimo o Theveninovom, a u drugom o Nortonovom nadomjesnom izvoru. Ovaj postupak ima veliku primjenu prilikom analize strujnih i naponskih prilika na jednom elementu (grani) mreže. Taj element (ili grana) se "izvadi" iz mreže, a za preostali dio mreže se odgovarajućim računskim postupkom ili mjerenjem određuju elementi nadomjesnih izvora. Dva su tipična primjera korištenja ove metode:

1. analiza prijenosa maksimalne energije* na taj element
2. određivanje struje i napona na nelinearnom elementu.

Snagu na otporniku poznatog iznosa možemo odrediti mjerenjem napona (jednostavnije je od mjerenja struje). Dapače umjesto napona možemo na skali ili pokazniku odmah dobiti snagu. Npr. ako je otpor 600Ω tada je snaga kod napona $0,775 \text{ V}$ jednaka 1 mW . Kod prijenosa signala važan je odnos ulazne (predane) i izlazne (primljene) snage (energije) pa u tom smislu govorimo o pojačanju ili slabljenju signala. Taj odnos se računa kao $a = 10 \log P_{\text{izl}} / P_{\text{ul}}$ decibela. Npr. ako je izlazna snaga dva puta manja od ulazne $a = -3 \text{ db}$ pa govorimo o slabljenju za 3 decibela (db).

*Treba napomenuti da su mogući i specijalni slučajevi u kojima su elementi nadomjesnih izvora nula ili beskonačno. U takvim slučajevima prilagođavanje na maksimalnu snagu nema smisla (npr. ako je $U_T = 0$ snaga je nula bez obzira što je $R = R_T$). Analize prijenosa energije signala prema trošilu (prijemniku) od posebnog je interesa (osobito u telekomunikacijama)

OPIS POKUSA

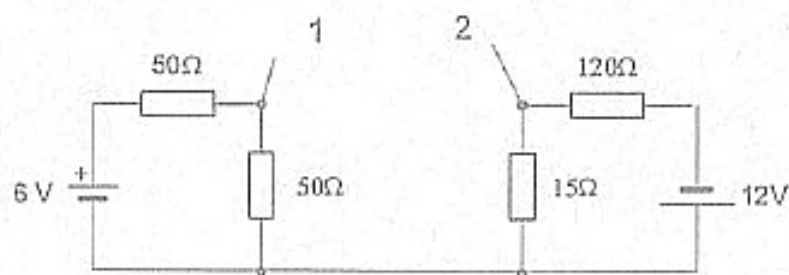
Pribor: analogni instrument kao ampermetar, digitalni instrument kao voltmetar (ohmmetar); 2 otpornika od 50Ω ; 1 otpornik od 120Ω ; 1 otpornik od 15Ω dva istosmjerna izvora (6 i 12 V), promjenjivi otpornik $0-100 \Omega$, nelinearni element (žaruljica $12\text{V}; 0,1 \text{ A}$) panel za spajanje, spojni vodovi.

UPUTA ZA RAD

Sastavite električnu mrežu prema prikazanoj shemi (pazite na pravilne polaritete izvora). Prilikom sastavljanja mreže možete koristiti snimku pokusa sa WebOE.

Mrežu želimo zamijeniti između točaka 1 i 2 Theveninovim i Nortonovim izvorom.

(zamislimo da je između točaka 1 i 2 bio spojen neki element koji smo odspojili).
Parametre nadomjesnog izvora određujemo mjerenjem.

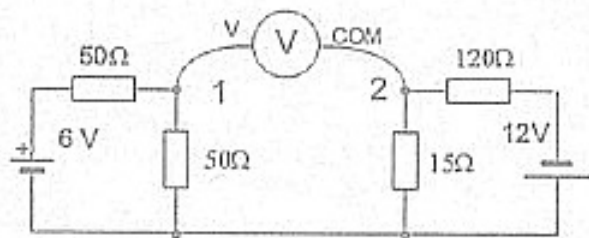


Pokus izvodimo u nekoliko koraka:

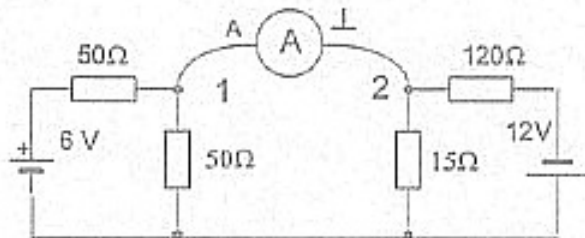
a) Određivanje Theveninovog napona

1. Uključite digitalni instrument koji ste prije toga podesili (priključili) za mjerenje napona DCV 20 V). Pažnja: za COM priključak se koristi crni spojni vod)

2. Uključite izvor (glavna sklopka u sredini i lijeva siva sklopka) i izmjerite napon između točaka 1 i 2. (to je napon praznog hoda koji nazivamo Theveninov napon). (slika a) fotka je na WebOE)



a)



b)

$U_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$ viši potencijal je na točki $\underline{\hspace{2cm}}$ $U_{12} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$

Pažnja Theveninov napon ima iznos i polaritet.

3. isključite izvor (sivom sklopkom na lijevoj strani)

b) Određivanje Nortonove struje

Nortonova struja je ona struja koja prolazi kroz kratkospojnik postavljen na mjesto „izvađenog“ elementa. U ovom slučaju je to struja koja prolazi kroz kratkospojnik između točaka 1 i 2. Taj „kratkospojnik“ je prilikom mjerenja zapravo ampermetar. (otpor ampermetra zanemarujemo)

1. Između točaka 1 i 2 uključite **analogni instrument** pripremljen za mjerenje struje do 300 mA. (priključnice \perp i A za priključak na \perp koristi se crni spojni vod.) Slika b)

2. Uključite izvor i izmjerite struju. Ovu struju nazivamo *struja kratkog spoja* ili Nortonova struja.

$I_N =$ _____ mA smjer od točke _____ prema točki _____

Pažnja osim iznosa važan je i smjer ove struje. Taj smjer je naravno povezan sa polaritetom Theveninova napona. Struja će imati smjer od + prema -.

3. isključite izvor i odspojite ampermetar

c) Određivanje Theveninova otpora

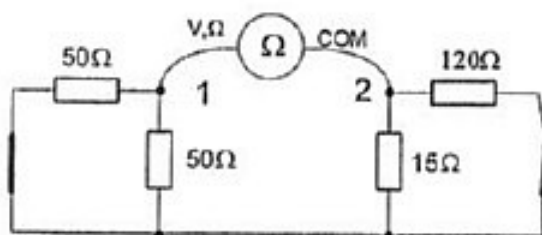
Ovaj posao možemo napraviti na dva načina:

1. Izračunati $R_T = U_T / I_N =$ _____ Ω , (jasno da je to ujedno i otpor Nortonovog nadomjesnog izvora).

2. Poznato je "iz teorije" da prilikom računskog određivanja R_T (odnosno R_N) treba na mjesta naponskih izvora postaviti kratkospojnik. To isto treba napraviti i prilikom mjerenja tog otpora pomoću ommetra. Isključite dakle sa panela priključne vodove izvora (dovoljno je odspojiti samo + pol) i postavite kratkospojnike (kratke žute žice) između spojnih točaka izvora. Digitalni instrument podesite za mjerenje otpora do 200 Ω . Izmjerite otpor između točaka 1 i 2 (fotka je na WebOE)

$R_T = R_N =$ _____ Ω .

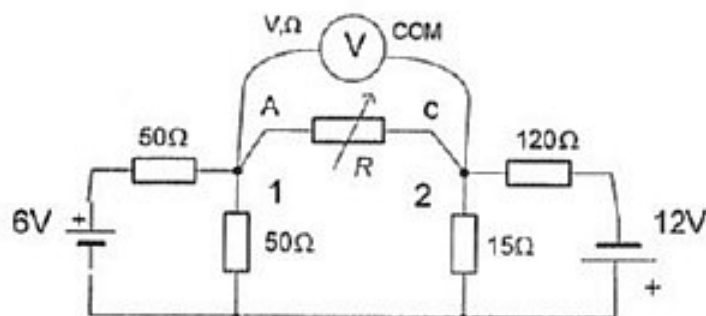
Ako postoje manje razlike otpora dobivenog na dva načina uzmite srednju vrijednost $R_T =$ _____ Ω



d) Priključivanje promjenjivog otpornika na mrežu

U nastavku pokusa spajamo između točaka 1 i 2 promjenjivi otpornik R i mjerimo napon na njemu za nekoliko vrijednosti otpora. Naponi će dakako biti jednaki onima koje bi dobili da smo taj otpornik priključili na Theveninov odnosno Nortonov nadomjesni izvor. Preko izmjenjenog napona možemo izračunati snagu na otporniku R (trošilu). U skladu sa teoremom maksimalne snage očekujemo da ćemo maksimalnu snagu na trošilu dobiti ako je otpor trošila jednak R_T . (R_T figurira kao unutarnji otpor izvora).

1. Spojite otpornik R i izvore u mrežu. Voltmetar podesite za mjerenje napona do 20 V (DCV 20) i priključite ga između točaka 1 i 2. Izmjerite napon voltmetra za vrijednosti otpora R prema tablici 1.



R_2, Ω	10	20	40	60	80	100
U, V						
P, mW						

Tablica 1

2. Isključite izvor sivom sklopkom na lijevoj strani

e) Priključak nelinearnog elementa u mrežu

Element kojemu ovisnost struje o naponu nije pravac nazivamo *nelinearni element*. Ovdje kao nelinearni element koristimo žarulju koja ima nazivne podatke 12 V; 0,1 A. (Snimanje UI karakteristike žarulje razmatrali smo u prvom ciklusu ovih vježbi. Karakteristika je prikazana u Izvješću)

1. Odspojite otpornik R i umjesto njega priključite između točaka 1 i 2 mreže žarulju. Uključite izvor i izmjerite napon na žarulji. $U_2 =$ _____ V

2. Isključite izvor i digitalni instrument te raspojite strujni krug. Uredno složite pribor na radnom mjestu.

IZVJEŠĆE (napraviti kod kuće)

1. Nacrtajte nadomjesni Theveninov i Nortonov izvor zadane mreže i upišite izmjerene parametre elemenata.
2. Nacrtajte na slici a) graf ovisnosti snage na priključenom promjenjivom otporniku o iznosu tog otpora (na temelju izračunatih vrijednosti iz tablice 1).
3. Ucrtajte UI karakteristiku Theveninovog nadomjesnog izvora u graf na kojem je već nacrtana UI karakteristika žarulje (slika b). Odredite radnu točku (presjecište grafova):
 $U_2 =$ _____ V $I_2 =$ _____ mA (uobičajena oznaka za radnu točku je Q)

Odgovorite na pitanja

1. Koliki bi trebao biti napon U_2 uz koji bi Theveninov napon između točaka 1 i 2 bio jednak nuli?
2. Kod koje dvije vrijednosti otpornika R je snaga na R jednaka 80 mW?
3. Koliki je napon na trošilu kada je trošilo prilagođeno na maksimalnu snagu? (Napona u odnosu na U_T)

POKUS 2 Theveninov i Nortonov teorem u izmjeničnoj mreži

Theveninova odnosno Nortonova metoda prikladne su za određivanje strujnih i naponskih prilika na pojedinom elementu (grani) mreže. Taj element «privremeno izvadimo» iz mreže, a preostali dio mreže nadomjestimo (zamijenimo) sa izvorom koji nazivamo Theveninov (naponski model) odnosno Nortonov (strujni model) nadomjesni izvor. U pojedinim slučajevima postoji samo jedan od navedenih nadomjesnih izvora. Postupak može biti računski ili eksperimentalni. Računski postupak primjenili ste kod rješavanja zadataka za pripremu.

U ovom pokusu mjerenjem određujemo parametre nadomjesnog izvora u izmjeničnom strujnom krugu. Potrebno je uspoređivati mjerne rezultate sa onima iz pripreme.

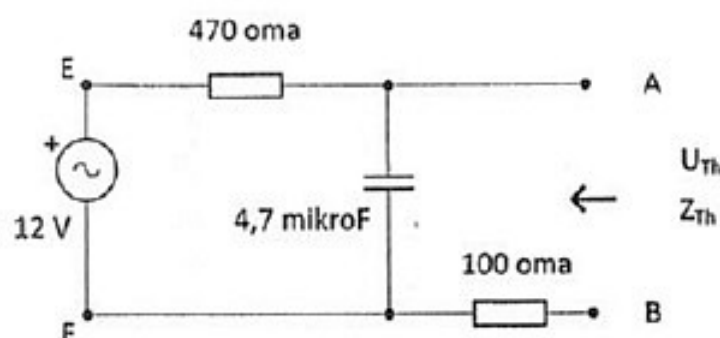
Eksperimentalno određivanje Theveninova napona i Nortonove struje vrši se na sličan način kao kod istosmjerne mreže. Potrebno je sa odgovarajućim instrumentom izmjeriti napon praznog hoda i struju kratkog spoja između priključnica sa kojih vršimo nadomješćavanje. Izmjereni napon naziva se Theveninov napon, a struja je Nortonova struja. Odnos tih veličina je iznos Theveninove odnosno Nortonove impedancije. Problem je međutim u tome što kod izmjenične mreže Theveninova (Nortonova) impedancija osim iznosa, ima u općem slučaju i fazni kut (realni i imaginarni dio).

OPIS POKUSA

Pribor: analogni instrument kao ampermetar, digitalni instrument kao voltmetar; mjerilo faznog kuta; izvor 12 V (priključnice E i F); otpornika od 470 Ω ; otpornik od 100 Ω ; kondenzator od 4,7 mikroF, panel za spajanje, spojni vodovi.

UPUTA ZA RAD

Sastavite električnu mrežu prema prikazanoj shemi. Prilikom sastavljanja mreže možete koristiti snimku pokusa sa WebOE. Nadomješćavanje vršimo sa priključnica A i B.



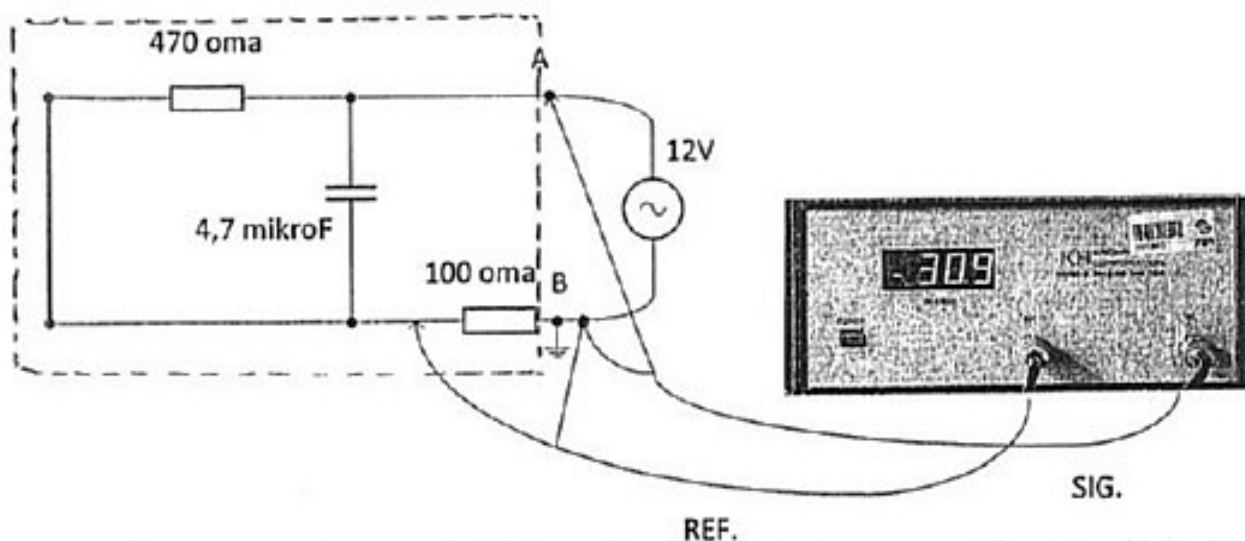
1. Podesite digitalni instrument za mjerenje AC napona do 20 V.
2. Uključite izvor i digitalni instrument
3. Izmjerite napon između točaka A i B (to je Theveninov napon) $U_{Th} = \underline{\hspace{2cm}}$ V
4. Podesite analogni instrument za mjerenje izmjenične struje do 30 mA.
5. Izmjerite struju između priključnica A i B. (Nortonova struja) $I_N = \underline{\hspace{2cm}}$ mA
6. Izračunajte iznos Theveninove odnosno Nortonove impedancije
 $Z_{Th} = Z_N = U_{Th} / I_N = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

ODREĐIVANJE FAZNOG KUTA IMPEDANCIJE*

1. Na mjesto izvora od 12 V potrebno je postaviti kratko spojn timer. Time zadana mreža postaje tzv. pasivna mreža tj spoj elementa R i C.
2. Na priključnice A i B tog spoja priključimo (pomoćni) izvor od 12 V. Pomoću fazometra mjerimo fazni kut između ulaznog napona i ukupne struje. Fazometar ima dva ulaza na koje dovodimo napone između kojih želimo izmjeriti fazni kut. Instrument pokazuje fazni kut napona dovedenog na ulaz SIG. u odnosu na onaj koji je doveden na ulaz REF. Spojni vodovi za priključivanje fazometra su jednaki kao oni za osciloskop tj. imaju tzv. «vrući kraj» i masu. Mase su međusobni spojene i ovdje se spajaju na točku B.



Budući da ukupnu struju koja je referentna veličina za određivanje faznog kuta ne možemo direktno dovesti na ulaz REF. umjesto struje na ulaz REF. fazometra dovodimo napon sa otpornika od 100 oma, jer znamo da je taj napon u fazi sa ukupnom strujom.



3. Uključite fazometar i izvor od 12 V te očitajte fazni kut napona u odnosu na struju. To je fazni kut Theveninove odnosno Nortonove impedancije. (pozitivan kut-induktivno; negativni kut-kapacitivno)

Fazni kut $\varphi =$ _____ stupnjeva

*S obzirom da raspolažemo sa svega 4 fazometra susjedna radna mjesta koriste isti fazometar.

IZVJEŠĆE

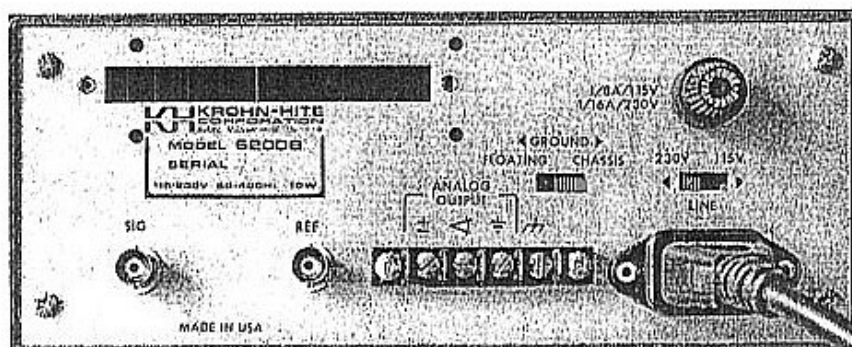
1. Nacrtajte Theveninov i Nortonov nadomjesni izvor za spoj na kojem ste obavili mjerenja. Na sliku upišite ustanovljene parametre.
2. Izračunajte iznos otpora otpornika R koji treba priključiti između točaka A i B da bi snaga na tom otporniku bila najveća moguća.
3. Izračunajte struju kroz tako izračunati otpor R
4. Izračunajte maksimalnu snagu.
5. Koji je uvjet za maksimalnu snagu ako na priključnice A i B spojimo impedanciju kojoj možemo mijenjati realni i imaginarni dio?

4. Fazometar

Za mjerenje faznog pomaka između dvije sinusoidne veličine postoji poseban instrument koji se naziva fazometar. Instrument koji rabimo na vježbama spada u najjednostavnije instrumente jer ima samo dvije priključnice, pokaznik i sklopku za uključenje. Na ulaze koji su označeni sa REF. i SIG. Treba dovesti dva napona između kojih želimo ustanoviti fazni pomak. Instrument pokazuje fazni pomak napona sa SIG. u odnosu na onaj sa REF. Ako želimo ustanoviti pomak struje potrebno je na ulaz dovesti napon sa nekog otpornika jer znamo da su napon i struja na otporniku u fazi. Priključni vodovi su koaksijalni sa tzv. BNC konektorima. Kod tih vodova postoji tzv. "vrući kraj" (sredina koaksijalnog kabela) i masa (plašt kabela).



prednja ploča



zadnja ploča

VJEŽBA III. 1 Teoremi mreža

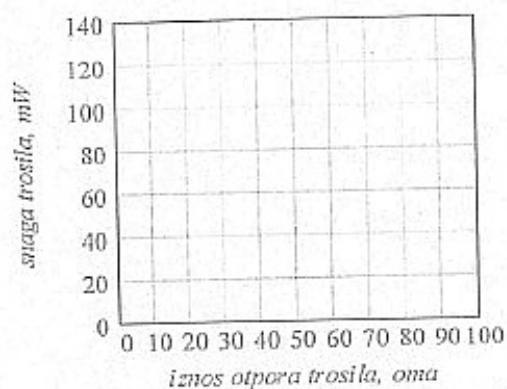
Pokus 1 Theveninov i Nortonov teorem u istosmjernoj mreži

broj radnog mjesta: _____

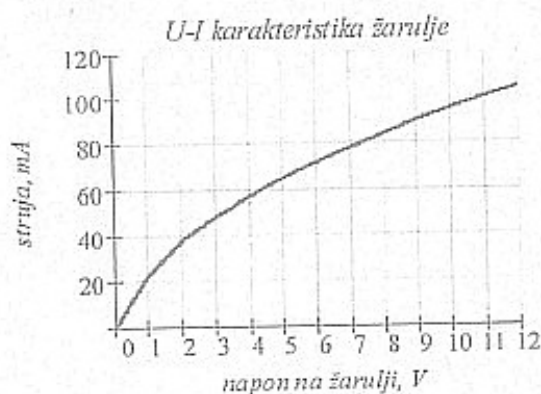
Popis opreme:

1. Theveninov nadomjesni izvor

Nortonov nadomjesni izvor



a)



b)

odgovori na pitanja:

1. $U_2 =$
2. za snagu od 80 mW otpor R :
3. za maksimalnu snagu otpor R mora biti $R =$ Ω . Napon je u tom slučaju $U_R =$

Pokus 2. Theveninov i Nortonov teorem u izmjeničnoj mreži

Popis opreme:

1.

Theveninov izvor

Nortonov izvor

2. $R =$

3. $I_R =$

4. $P_{\max} =$

5.