

Način izvođenja: U ovom ciklusu rade se dvije vježbe u laboratoriju A309 (2 + 2 sata) i jedna u računalnoj učionici (1 sat). Redoslijed obavljanja vježbi kao i termini vidljivi su iz rasporeda koji je objavljen na WebOE.

Ivan Felja

Uvjet za pristupanje vježbi su riješeni pripremni zadaci. **Pripremne** zadatke** (odvojeno za svaku vježbu) predajete odmah nakon dolaska u laboratorijski pomoći priješavanju pripremnih zadataka potražite na WebOE...

** priprema se radi na arkfu papiru formata A4. U zagлавju treba napisati:

Priprema za 2. ciklus laboratorijskih vježbi OE ime prezime grupa/podgrupa

(slijedi postupak rješavanja-zadatake nije potrebno prepisivati).

Uvjet za pristupanju računalnom testu je pozitivno ocijenjeno tijekom prijavačenog mjerila izveštice, koje predajete prilikom dolaska na treću vježbu (**na treću vježbu možete pristupiti tek kada ste napravili prve dvije**). Za pripremu računalnog testa možete koristiti testove za vježbu koje nalazite na WebOE...

Ponavljачima koji ponavljaju predmet OE **prvi puta** priznaje se dio obavijenih laboratorijskih vježbi (predano izveštice od prošle godine). Detalje pogledati na stranicama Osnova... Ostali ponavljaci obavljaju sve vježbe.

Izostanci-nadoknade. Molimo studente da se zbog popunjenoosti termina maksimalno pridžavaju svojim podgrupa i termina za vježbe. U slučaju zakašnjenja na svoj termin student se odmah javlja nastavniku u laboru koji će ga uputiti na prvi sljedeći u kojem ima slobodno radno mjesto.

Student koji je na dan svog termina **sprječen** (iz opravданog razloga) neka se sa ispričnicom odmah sljedeći dan javi u kancelariju Zavoda 6 kat od 9-10 sati gdje će mu se dodijeliti novi termin.

Student koji nije obavio vježbe zbog **dulje bolesti** u **sjednu vježbi** može ih nadoknadić samouz odobrenje profesora. Takav student neka se sa formulatom(molbom) za nadoknadu i liječničkom potvrdom javi u kancelariju Zavoda najkasnije danom završetka vježbi. Odobrene nadoknade državaju se u terminima konzultacija. Sve nadoknade treba obaviti prije drugog međuspitja i u redoslijedu vježbi. Nadoknade nakon ispita nisu moguće.

Na vježbe obavezno treba donijeti fascikl sa postupcima rješavanja domaćih zadatača.



Sadržaj

- VJEŽBA II.1. VEKTORSKI I FAZORSKI PRIKAZI
 VJEŽBA II.2. FREKVENCIJSKE OVISNOSTI
 VJEŽBA II.3. SNAGA KOD IZMENJIVIĆNE STRUJE
 Dodatak
 Izvješće

VJEŽBA II.1 VEKTORSKI I FAZORSKI PRIKAZI

Cilj: Upoznavanje sa mjeranjem efektivne vrijednosti sinusne struje i napona univerzalnim instrumentom. Prikaz sinusoidne vektorom i kompleksnim brojem. Crtanje i analiza vektorskog i fazorskog dijagrama za jednostavan strujni krug. Napomena: na vježbe trebate donijeti pribor za čitanje (trocuk, kutomjer, šestar, olovka, gumica)

Uvod. Sinusoidni izvori imaju veliku važnost u elektrotehnici. Stoga su razvijene posebne metode za rješavanje strujnih krugova sa sinusoidnom pobudom. Dio elektrotehnike u kojem se razmatraju takvi krugovi naziva se: područje izmjeničnih struja (eng. AC).

Zanimljivo je ponašanje pasivnih elemenata L i C kada su priključeni na sinusni napon. Pokazuje se da se tij element "odupiru" prolasku struje putem otpora koji nazivamo induktivan (oznaka X_L) i kapacitivni otpor (oznaka X_C). Ovi otpori se mogu izračunati ovako: $X_L = 2\pi fL$, odnosno $X_C = 1/2\pi fC$. Treba napomenuti da su pojam induktivnog i kapacitivnog otpora vezani isključivo uz sinusoidalnu pobudu. Struja kroz elemente L i C izražena je relacijom $i = U/X_L$ odnosno $i = U/X_C$ (Ohmov zakon za izmjeničnu struju).

Za analizu izmjeničnih strujnih krugova (i mreža) u stacionarnom stanju prikladne su tzv. simboličke metode kojima zaobilazimo (teža) izračunavanja (rješavanje diferencijalnih jednadžbi) sa trenutnim vrijednostima u vremenskoj domeni. Temelj simboličkih metoda je u zamisao da se sinusoidalne vektorske prikaze vektorima. Ako se vektor (u x-y koordinatnom sustavu) okreće kutom brzinom ω tada se projekcija (dužina projekcije) na os y mijenja po sinusoidalnom zakonu. Na slici prikazujemo vektor i u njegovom početnom položaju. Početni fazni kut (za $t=0$) određen je sa kutom na prema pozitivnoj x -osi (taj kut je pozitivan ako se mjeri u smjeru obrnutom od kazaljke na satu ili u drugom slučaju, negativan). Ako istovremeno razmatramo veći broj sinusoida vektora definiramo i međusoban fazni pomak, kao razliku početnih faznih kutova. Uveden je i pojam faznog pretlođenja i zaostajanja dviju sinusoida (vektora). Pri tom je jedna od sinusoida (vektora) referentna. Kutevi u suprotnom smjeru od kazaljke na satu znače predhodjenje. Npr. za tri vektora prikazana slikevom vrijedi: Vektor i_2 pretodi vektoru i_3 za kut $\alpha=45^\circ$. Vektor i_1 zaostaje iz vektora i_2 za kut 90° . Vektor i_3 pretodi vektoru i_1 za kut 45° itd. Trenutačnu vrijednost struje ili napona određena je sa projekcijom vektora na y -os. Prilikom crtanja vektorskog prikaza treba voditi računa o sljedećem:

1. kod otpornika struja i napon su u fazi
2. kod idealnog kondenzatora struja prethodi napunu za 90°
3. kod idealne zavojnice struja zaostaje iz napona za 90°
4. vektore obično crtamo za $t=0$ i zamisljamo da rotiraju oko ishodišta kutom brzinom ω suprotno od kretanja kazaljke na satu. Kut zaokreta u radijanima dobijemo množenjem

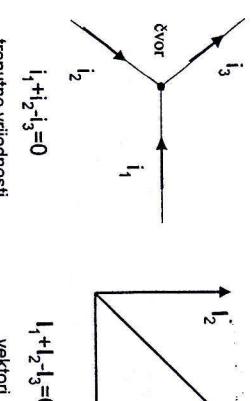
str. 1
str. 6
str. 11

kutne brzine ω sa t . Npr. ako je frekvencija 50 Hz nakon vremena $t=5 \text{ ms}$ vektori se okrenu za $\pi/2$ ($50 \cdot 2\pi \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0.5 \pi$ radjana odnosno 90°). Projekcijom na os y dobijemo trenutačnu vrijednost sinusne funkcije u to trenutku.

5. Za proračune snage i energije bitne su efektivne vrijednosti napona i struja pa se stoga vektori zamisle i (nacrtaju) umanjeni za $\sqrt{2}$ puta (ako efektivna vrijednost nije sinusoidalna). Dogovorno efektivne vrijednosti sinusnih struja i napona označavamo velikim slovom U odnosno I . Trenutačnu vrijednost u ovom slučaju dobijemo tako da projekciju na os y pomnožimo s $\sqrt{2}$.

Vektore označavamo **debljim slovima** ili iznad slova stavljamo oznaku \rightarrow . Kirchhoffovi zakoni prikazuju se u vektorskome obliku, što znači da suma vektora struja u nekom čvoru odnosno suma vektora napona u nakoj konturi mora biti jednaka nuli. Npr. pretpostavimo da se u nekom čvoru električne mreže sastaju tri grane. Ako se struje i_1 i i_2 poznate tada će struja i_3 zbog KZS ($i_1 + i_2 - i_3 = 0$) biti jednaka $i_3 = i_1 + i_2$. Primjenom adicisionog teorema (vremenska domena-trenutne vrijednosti) može se izračunati da je struja $i_3 = 5 \cdot \sqrt{2} \sin(\omega t + \pi/4)$. Jednostavnije struju i_3 možemo odrediti koristenjem vektorskog prikaza.

Iz KZS u vektorskome obliku $i_1 + i_2 - i_3 = 0$ slijedi da je vektor struje $i_3 = i_2 + i_1$. Postupak određivanja vektora i_3 prikazan je na slici. Jasno je da vektorski prikaz treba crtati u odgovarajućem mjerilu. Početni fazni kut vektora i_3 može se odrediti kutomjerom. Nakon što se ovim (zaobilaznim) postupkom odredi početni fazni kut i amplituda napiše se analitički izraz za rezultantu struju. Amplitudu dobijemo množenjem duljine rezultantnog vektora sa $\sqrt{2}$.



Vektor se može prikazati sa svojim komponentama u kompleksnom obliku. (tzv. radijus vektor kompleksnog broja). Ako koristimo takav prikaz, postupak je još jednostavniji jer otpada potreba za crtanjem vektora. Jednostavno se zbrajaju i oduzimaju kompleksni brojevi koji "zamjenjuju" vektore odnosno struje (i napone) u vremenskoj domeni. Na temelju "zamijenjene" veze kompleksnog broja i sinusoidne razvijen je vrlo elegantan postupak rješavanja (analize) strujnih krugova sa sinusoidnom pobudom u stacionarnom stanju. Kompleksne brojeve kojima prikazujemo sinusne napone odnosno struje nazivamo **FAZORMA**.

Postoji više načina označavanja struja, napona itd. u kompleksnom obliku: npr. točka iznad oznake zatim crtica iznad ili ispod oznake, podebljana oznaka itd. Ovdje će se rabiti podcrtana oznaka (\underline{i} ili \underline{U}). Fazore možemo nacrtati u kompleksnoj ravnini. Ovdje je os x realna os (\Re) dok je os y imaginarna os (\Im). Ako fazore napona i/ili struja učrtamo u kompleksnu ravninu

Ako je zaključiti da fazorski i vektorski dijagrami proizaze dobivamo fazorski dijagram.

eden iz drugog. Odnos fazora napona i struje (Ohmov zakon) predstavlja kompleksnu impedanciju ($Z = \underline{U}/\underline{I}$). U općem slučaju kompleksna impedancija ima realni dio (radni otpor) i imaginarni dio (reaktancija ili jalovi otpor). Reaktancija može biti pozitivna (induktivna) ili negativna (kapacitivna). Npr. $Z = 10 + 10j$ Ω , može biti serijski spoj radnog otpora od 10Ω i induktivnog otpora X_L od 10Ω ($X_L = 10 \cdot L$). Za ovu impedanciju kažemo da je induktivnog tipa (karaktera). Sa kompleksnim impedancijama se formalno računa kao sa "običnim" otpornicima (vrijede formule za serijski, paralelni itd. spojevi). Npr. paralelni spoj dvojne impedancije: $Z_{\parallel} = Z_1 Z_2 / (Z_1 + Z_2)$. Za praktičku primjenu "fazorske" metode treba baratati s osnovnim računskim operacijama nad kompleksnim brojevima (množenje dijeljenje, zbrajanje i oduzimanje). Tu je dakako potrebno znati prevarijati algebraški oblik kompleksnog broja u polarni i obratno.

U kompleksnom području induktivan i kapacitivan otpor izražavaju se imaginarnim brojevima iX odnosno $-iX$, koje nazivamo operatori.

Apsolutni iznos kompleksne impedancije ($|Z|$) naziva se prividni otpor i označava se slovom Z. Instrumenti za mjerjenje napona i struja pokazuju efektivne vrijednosti. Prividni otpor nekog elementa ili dijela strujnog kruga je odnos efektivnih vrijednosti napona i struje tog elementa.

Recipročna vrijednost kompleksne impedancije je kompleksna vodljivost (admittancija). Dakle: $\underline{Y} = \frac{1}{\underline{Z}}$, $Y = |\underline{Y}|$. Imaginarni dio kompleksne vodljivosti naziva se još susceptancija. Apsolutni iznos kompleksne vodljivosti naziva se prividna vodljivost koja je zanravno odnos efektivne vrijednosti struje i napona. ($Y = |U|/I$) za taj dio strujnog kruga.

1 PBR PREMA

Pinter OE 2 dio: str. 63-73, predavanje, dodatak: mjerjenje efektivne vrijednosti sinusnih nanona i struja. WFB nastavni materijali fotografije pokusa, zadaci za pripremu...

Zadatak II.1.1 U strujnom krugu prema slici
 $R_1=470\ \Omega$ $R_2=1000\ \Omega$ $I=12\text{ A}$ $C=4.7\text{ }\mu\text{F}$

Zadatak II/12. Zadan je spoj prema slici 1.2. Izračunajte fazore struja I_1 , I_2 , I_3 i napona U_R_1 , U_R_2 , U_R_3 , U_C (efektivne vrijednosti). Zadano je: $U = 12 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$, $R_1 = R_2 = 1000 \Omega$, $R_3 = 680 \Omega$, $C = 4.7 \mu\text{F}$. Uzmite da je početni fazni kut fazora napona izvora nula tj. $U = 120^\circ = 12 + 0i$. Napone napišite u polarnom i algebarskom obliku.

Resultat:

$$\begin{array}{llll} I_1 = \underline{G_{11}} & a_1 = 0^\circ & I_2 = \underline{\sqrt{2}S_{11}} & a_2 = 45^\circ \\ U_1 = \underline{\quad} & U_2 = \underline{\quad} & U_3 = \underline{\quad} & U_3 = \underline{\quad} \\ I_1 = \underline{\quad} & U_2 = \underline{\quad} & U_3 = \underline{\quad} & U_3 = \underline{\quad} \end{array} \quad \begin{array}{l} I = \underline{\quad} \quad a = \underline{\quad} \\ U_C = \underline{\quad} \quad \text{polarni oblik} \\ U_C = \underline{\quad} \quad \text{alg. oblik} \end{array}$$

Tablica 1.1

2.0PI'S POKUSA

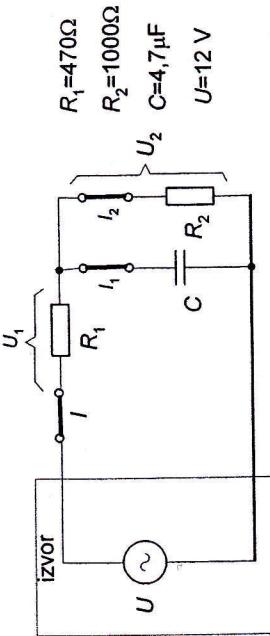
Izvode se dva pokusa na istom radnom mjestu.
Pribor: Sinusni izvor 12V 50 Hz, digitalni univerzalni instrument (Metex), panel za spajanje, otpornici : 1000 Ω (2 komada); 470 Ω , promjenjivi otpornik (otporna dekada), kondenzator 4,7 μF , spojni vodovi.

Pregledajte da li je na radnom mjestu potreban pribor (prema gornjem popisu). Ako nastroj nedostaje odmah javite demonstratoru ili nastavniku. Premještanje pribora nije dozvoljeno bez odobrenja nastavnika

卷之三

POKLOP 1 VEKTORSKI DIAGRAM

1. Strujni krug spojite prema slici 1.1. Podeljiana mjesto na shemi označavaju da treba postaviti kratke (crne) žice na panelu, što će kasnije olakšati mijenje struje. Uključite izvor (12 V efektivno). Ako je izvor ispravan svijetli crvena lampica. U slučaju kvara pozovite demonstratora.



Slika 11

2. Podesite instrument za mjerjenje sinusnog napona (ACV) do 20V. (pazite da priključne žice spojite na odgovarajuće stezaljke na instrumentu COM, V) Izmjerite efektivne vrijednosti napona. Rezultate upišite u tablicu 1.1

3. Podesite instrument za mjerjenje sinusne struje (ACA) do 20 mA. (pazite da priključne žice spojite na odgovarajuće stezaljke na instrumentu COM,A) Izmjerite efektivne vrijednosti struja. Rezultate upišite u tablicu 1.1

U_1, V	U_2, V	U, V	I_1, mA	I_2, mA

Tablica 1.1

3. Isključite izvor. Raspojite strujni krug.
 4. Pristupite crtanjem vektorskog prikaza struja i napona (u IZVJEŠĆU).

Uzmite mjerilo $2 \text{ mA} \approx 1 \text{ div}$, $1 \text{ V} \approx 1 \text{ div}$ (div je oznaka za kockicu na pripromjenjenoj grafici).

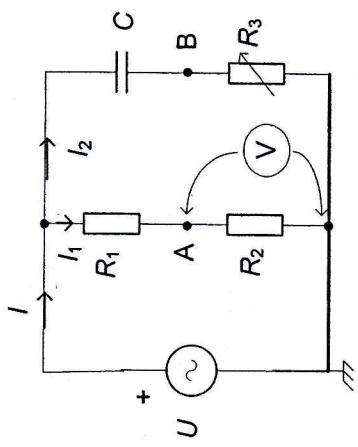
Prepostavite da je **početni fazni kut struje I_2 jednak nuli**. (taj vektor dolazi u $+x$ os).

Uputa: $U \times$ os ucrtajte vektor struje I_2 . U fazi s tom strujom je napon U_2 . Vektor tog napona također postavite u x os. Napon U_2 je ujedno napon na kondenzatoru. Struja kroz kondenzator fazno prethodi naponu za 90° . Dakle vektor te struje treba ucrati u y os. Zbrojite vektore struja i dobivate vektor ukupne struje. Napon na R_1 je u fazi sa ukupnom strujom. Vektor tog napona ucrtaite u smjeru vektora ukupne struje. Zbrojite vektore napona U_1 i U_2 i dobivate vektor napona izvora. Kutomjerom izmjerite kut između vektora ukupne struje i vektora ukupnog napona. Fazni kut spoja je kut između vektora ukupnog napona i ukupne struje. Taj kut je kapacitivan tj. negativan. Ukupna struja prethodi naponu izvora. Odnos kvocijent ukupnog napona i ukupne struje je prividni otpor spoja. To je ujedno iznos kompleksne impedancije. Napišite iznos i kut ukupne impedancije: $Z = \underline{\hspace{2cm}}$ $\phi = \underline{\hspace{2cm}}$.

Rezultate upišite u Izješće.

POKUS 2. FAZORSKI DIJAGRAM

- Strujni krug sastavite (na ploči za spajanje) prema slici 1.2. Promjenjivi otpornik R_3 (dekadu) podešite na 680Ω . $R_1=R_2=1000 \Omega$, $C=4,7 \mu\text{F}$. Način priključivanja i korištenje otporne dekade objašnjeno je u 1.ciklusu vježbi.
- Instrument podešite za mjerjenje izmjenične struje (preklopka na ACA, pazite na pravilan priključak mjernih vodova crni na COM, a crveni na A. Područje mjerjenja postavite na 20 mA .
- Uključite napajanje (isklopkom na sinusnom izvoru).
- Izmjerite struje prema tablici 1.2. Uvijek prilikom uključivanja ampermatra u strujni krug isključite izvor.
- Podesite instrument za mjerjenje izmjeničnog napona. (ACV područje 20 V , pazite na pravilan priključak mjernih vodova **COM; V1/2** tj. prebacite crveni priključni vod na odgovarajući priključnicu).
- Izmjerite napone na elementima kruga prema tablici 1.2. Na slici je prikazano priključivanje instrumenta za mjerjenje napona na R_2 .



slika 1.2

I, mA	I_1, mA	I_2, mA	U_{R_1}, V	U_{R_2}, V	U_{R_3}, V	U_C, V

Tablica 1.2

7. Voltmetar spojite između točaka A i B te izmjerite napon kod raznih iznosa otpora R_3 prema tablici 1.3.
 Napomena: $R_3=\infty$ postigne se tako da odspojite R_3 .

$R_3, \text{k}\Omega$	I, mA	I_1, mA	I_2, mA	U_{R_1}, V	U_{R_2}, V	U_{R_3}, V	U_C, V

tablica 1.3

8. Isključite izvor i instrument te raspojite strujni krug (uredno složite elemente kruga).
9. Odredite fazore napona i struja prema tablici 1.2.
 Struja I_1 u fazi je s naponom izvora. Struja I_2 prethodi u fazi naponu izvora za kut koj odredit će ovako: $\alpha_{12} = \arctg(U_C/U_{R_3})$
- .Nacrtajte fazorski dijagram (u IZVJEŠĆU). Fazor napona izvora postavite pod nulu stupnjeva. mjerilo: $1 \text{ V} \approx 1 \text{ div}$, $2 \text{ mA} \approx 1 \text{ div}$.
 Uputa: Fazori napona na R_1 i R_2 imaju imaginarni dio jednak nuli jer su ovi naponi u fazi s naponom izvora. Isto vrijedi za struju I_1 . Struja I_2 prethodi naponu izvora za kut koji odredit će $\arctg(U_C/U_{R_3})$. Napišite fazor struje I_2 u polarnom i pravokutnom obliku.
 $I_2 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mA}$

Odgovorite na pitanja (u Izješću):
 1. Koji je fazni kut napona na kondenzatoru u odnosu na napon izvora?
 2. Koji je fazni kut napona na otporniku R_3 u odnosu na struju I_2 ?

3. Da li se i kako mijenja iznos napona U_{AB} priklikom promjene otpora R_3 ? Kako biste to objasnili?

4. Napišite izraz za fazor napona U_{AB} kada je $R_3=1000 \Omega$ $U_{AB}=$ _____

VJEŽBA II.2 FREKVENCJSKE OVISNOSTI

Cilj: Upoznavanje sa praktičkim određivanjem frekvencijske karakteristike uz korištenje laboratorijskog izvora sinusnog signala i osciloskopa. Osposobljavanje za osnovna podešavanja ovih instrumenata.

Uvod. Frekvencijska ovisnost neke fizikalne veličine u strujnom krugu (npr. struje, napona, faznog kuta, snage itd.) dobiva se "matematički" pomoću analitičkog izraza ili eksperimentalno tzv. snimanjem. Može se prikazati grafom u kojem se na osi x nalazi frekvencija, a na osi y fizikalna veličina od interesa (na osi x skalu može biti logaritamska) Za snimanje je potreban izvor napona promjenjive frekvencije kao i odgovarajući instrument sa kojim ćemo mjeriti tu fizikalnu veličinu. Postupak se sastoji od mijenjanja frekvencije i očitavanja fizikalne veličine za odabrani niz frekvencija. Rezultati se pri tom upisuju u pripremljenu tablicu (naravno da postoje i složeni uredaji-instrumenti za snimanje frekvencijskih ovisnosti kod kojih se sve to obavlja automatski).

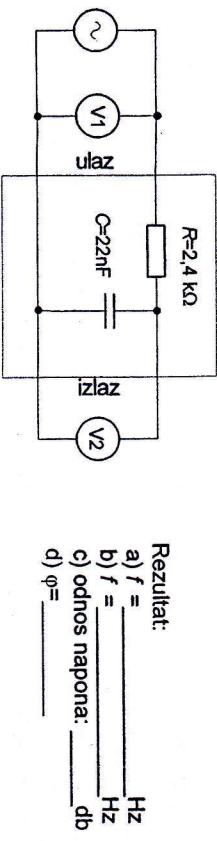
Frekvencijske ovisnosti se u elektrotehničkoj praksi nazivaju frekvencijske karakteristike ili frekvencijski odzivi. U krugovirima koji sadrže elemente L i C može

na pojedinim frekvencijama nastupiti posebno stanje koje se naziva rezonancija. U rezonanciji je imaginarni dio kompleksne impedancije jednak nuli. Napon i struja su u fazi. U ovoj vježbi snimamo frekvencijski odziv serijskog RC spoja (POKUS 1) i serijskog RLC spoja (POKUS 2). Kod prikaza i analize i frekvencijskih karakteristika koristi se nekoliko važnih pojmova: rezonantna frekvencija, granica frekvencija, faktor dobre, niske frekvencije, visoke frekvencije te pojma propuštanja. Na temelju frekvencijskih odziva definiraju se svojstva tzv. filtera signala (npr. visoki propust, niski propust itd.). Napon se može promatrati kao ulazni odnosno izlazni (slika uz zadatok 2.1), pri tom je općenito važan odnos izlaznog i ulaznog napona, koji se često izražava logaritamskom odnosom u decibelima ovako: $\text{odnos}_{dB} = 20 \log \frac{U_{izlazno}}{U_{ulazno}}$. (taj odnos također ovisi o frekvenciji). Napomena negativan broj decibela označava slabljenje.

- (1) POKUS 1 Pinter OE II: 14.2./15.6. predavanja, WEB nastavni materijali 2. ciklus : Frekvencijske ovisnosti u RLC krugu. Dodatak opis rješenje opreme: Osciloskop; laboratorijski izvor promjenjivih napona – funkcionalni generator, fotografije pokusa.

Zadatak II.2.1. Serijski RC spoj priključen je na napon stalne amplitudne i promjenjive frekvencije. Odredite a) frekvenciju na kojoj struja prethodi napunu za 45 stupnjeva. b) frekvenciju na kojoj će odnos pokazivanja voltmetara V_2 / V_1 biti 0,7. (odnos izlaznog i ulaznog napona) c) izrazite taj odnos napona u decibelima d) fazni kut na 2 kHz.

zadano je $R=2,4 \text{ k}\Omega$ $C=22\text{nF}$. $U=5 \text{ V (eff)}$



Zadatak II.2.2. Zadan je serijski RLC spoj. Izračunajte a) rezonantnu frekvenciju i odredite iznos struje u rezonanciji. Koliki je napon na zavojnici odnosno na kondenzatoru kada je frekvencija puno puno veća od rezonantne? Zadano je: $R=900\Omega$, $C=22 \text{ nF}$, $L=40\text{mH}$, $U=5 \text{ V (eff)}$

Rezultat: a) $f_{rez} =$ $I_{rez} =$, a na kondenzatoru je: _____

Zadatak II.2.3. Zadan je a) serijski RLC b) paralelni RLC krug. Odredite kakav karakter (induktivni ili kapacitivni) odnosno koji predznak ima fazni kut φ za frekvencije manje, jednake i veće od rezonantne frekvencije. Rezultate upišite u tablicu:

Frekvencija:	$f < f_{rez}$	$f = f_{rez}$	$f > f_{rez}$
a) serijski			
b) paralelni			

2. OPIS POKUSA

Napomena: pokusi 1 i 2 se izvode na istom radnom mjestu.
Pribor: funkcionalni generator (sa BNC priključkom), analogni instrument PHMWE, panel za spajanje, otpornik (900Ω), otpornik ($2,4 \text{ k}\Omega$), zavojnica ($L=40 \text{ mH}$, $R=30\Omega$), kondenzator (22nF) osciloskop (TEK 2205) sa divljem sondama prilagođenim za panel; spojni vodovi

3. UPUTA ZA RAD

Pregledajte da li je na radnom mjestu potreban pribor (prema gornjem popisu). Ako nešto nedostaje odmah javite nastavniku. Premještanje pribora nije dozvoljeno bez dopuštenja nastavnika.

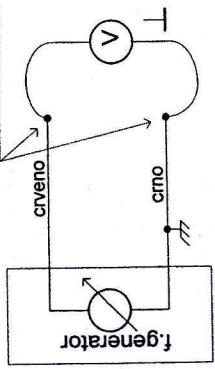
POKUS 1 SERIJSKI RC SPOJ

- a) podešavanje funkcionalnog generatora
1. Funkcionalni generator podešite na sinusni signal frekvencije od 1 kHz. (DC nivo-offset na isključeno)

2. Univerzalni instrument podešite za mjerjenje efektivne vrijednosti sinusnog napona do 10 V .

3. Prikљučite voltmeter na izlazne stezaljke f. generatora kako je prikazano na slici 2.1 i podešite izlazni napon na 5 V efektivno. (priključnice $\perp V$)

čvorovi na panelu

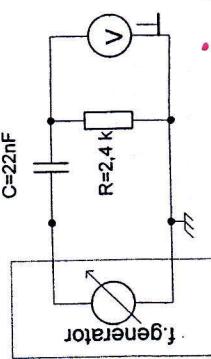


b) mjerjenje napona na otporniku

4 sniježni krug prema slici 2.2.

5. mijenjajte frekvenciju prema vrijednostima u tablici i ujište u tablicu pokazivanje voltmetra.

C=22nF



卷之三

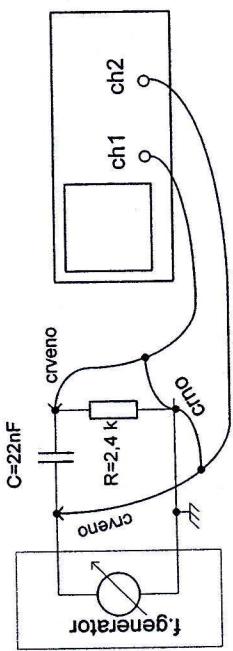
Tablica 2.1

c) Mjerenje faznog kuta i amplitude signala pomoću dvokanalnog osciloskora

Elementi su spojeni prema slici 2.3. Napon iz f. generatora neka ostane podešen kao naponje ($5V_{eff}$). Na prvi ulaz (kanal CH1) osciloskopa priključite napon sa otpornika, a na drugi (CH2) napon izvora. Napon na otporniku je u fazi sa strujom pa signal na drugom ulazu po fazi odgovara struje. **Pažnja:** Pazite na priključak zajedničke mase (crno). Osciloskop je podešen ovako (izvršite kontrolu):

Osjetljivost:	CH1	2V/div	CH2	5V/div
Vremenska baza:				50 μ s/div

Način prikaza dva kanala: ALT
 Prikaz kanala: BOTH
 Otkidanje vremenske baze: AUTO (sa porastom slope: +)
 Signal za sinhronizaciju (source): CH1
 Uključite osciloskop i provjerite da li je na oba kanala nulti nivo podešen na sredinu zaslona (ulazna preklopka postavi se na GND i zatim se izvrši podešavanje gumbom POS ↑ nakon podešavanja se postaviti na AC).
 Pomoću gumba TRIG LEVEL i POS ↔ podešite da signal (sinusoida) sa CH1 (napon otpornika tj. struja) počinje u ishodištu zaslona. U odnosu na taj signal odredujemo fazni kut drugog signala (izvora).



Slika 2.3

6. Podesite frekvenciju na iznose prema tablici 2.2 te za svaku frekvenciju ustanovite faznu razliku signala kao i amplitudu napona na otporniku.

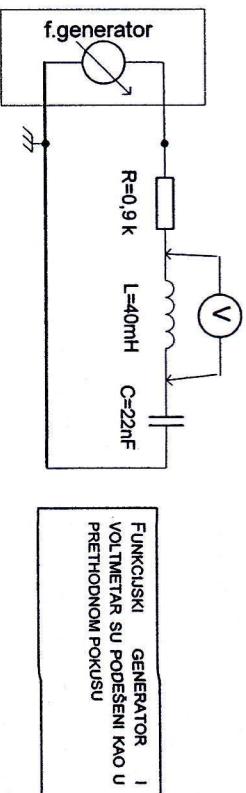
	2	3	4	
f kHz				2
T (div)				amplituda (div)
razilka (div)				amplituda (V)
razilka (stunjeva)				a c

Isključite osciloskop prikijuće žice (BNC) ne vaditi iz osciloskopa.

POKUS 2: SERIJSKI RLC KRUG

1 Smjijte elemente strujnog kruga prema slici 2.4.

IZVJEŠĆE



slika 2.4

2. Izmjerite redom napone prema tablici 2.2. napomena : za vrijeme mjerjenja ne smanjivati mjerivo područje voltmetra jer se pri tom smanji otpor voltmetra, a to utječe na pokazivanje!

3. Odredite frekvencije (mjenjajući frekvenciju uz istovremeno promatranje kazaljke instrumenta) za koje su iznosi pojedinih napona maksimalni zabilježite ih u tablici 2.3

f (kHz)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U_R (V)										
U_L (V)										
U_C (V)										

Tablica 2.2.

Nacrtajte grafove frekvencijskih ovisnosti napona na slikama 1. i 3 te vektorski prikaz napona izvora i struje iz pokusa 1 (izračunajte amplitudu struje) za frekvenciju 2000 Hz. Uzmite da je početni fazni kut napona jednak nuli. Izračunajte fazni kut φ spoja. Odgovorite na ova pitanja:
1.Koja je granična frekvencija za serijski RC spoj sa kojim ste radili pokus 1 (očitati iz grafa)

2. Kolika je širina pojasa frekvencija uz $R=900 \Omega$ u pokusu 2? (uputa: potrebitno je na dijagramu $U_R(f)$ odrediti frekvencije na kojima napon na otporniku padne za $\sqrt{2}$ puta u odnosu na napon u rezonanciji). $\Delta f =$ _____

3. Koliki je faktor dobrote serijskog kruga (pokus 2) sa kojim ste eksperimentalirali? Upita: to je odnos napona na zavojnici (ili kondenzatoru) i napona na otporniku pri rezonantnoj frekvenciji. Odgovor: Faktor dobrote je $Q =$ _____

4. Kolika je struja u serijskom RLC krugu iz pokusa 2 u rezonanciji?

5. Napišite analitičku formulu koja predstavlja ovisnost napona na kondenzatoru iz pokusa 2 o frekvenciji.

VJEŽBA II.3. SNAGA KOD IZMJENIČNE STRUJE

1. PRIPREMA

Zadatak II.3.1. Odredite radnu, jalovu i prividnu snagu trošila ako je u pokusu prema slici 3.1 vatmeter pokazuje 18 W, ampermeter 0,25 A i voltmeter 100 V.

Radna snaga $P =$ _____ prividna snaga $S =$ _____ jalova snaga $Q =$ _____

Zadatak II.3.2. Odredite kapacitet kondenzatora koji treba spojiti paralelno trošilu iz pokusa prema slici 3.1 uz koji će radna i prividna snaga postati jednake.

$$C = \text{_____ } \mu\text{F}$$

Zadatak II.3.3. Na sinusni izvor koji ima $Z_i=2+3j \Omega$ priključen je otpornik R . Otpor vodova je 2Ω . Koliki treba biti otpornik R da bi snaga na njemu bila maksimalna?

$$R = \text{_____ }$$

2. OPIS POKUSA

U ovoj vježbi radite virtualne pokuse tj koristite računalo. Nakon logina na WebOE potražite stranicu laboratorijske vježbe, 2. ciklus, vježba II.3. Dobivate stranicu sa prvim pokusom, a sa nje odlazite na drugi i na kraju na treći pokus. Rezultate i zapožaćanja upisujete u skriptu.

	f za U_{max}	U_{max}
otpornik		
zavojnjica		
kondenzator		

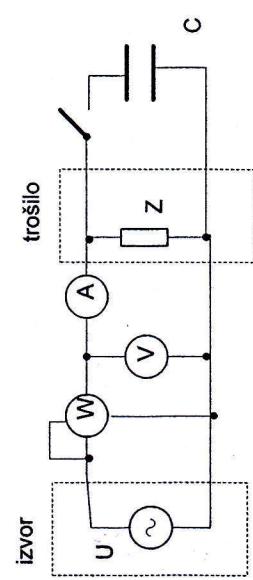
Tablica 2.3.

- 4.Isključite f. generator , raspoljite strujni krug, uredno složite sav pribor, (ne vaditi priključne (BNC) vodove voltmetra f. generatora i osciloskopa)

POKUS 1 TRENUTAČNA SNAGA

U stacionarnom stanju su napon i struja trošila (općenito dvopolja) sinusne funkcije. Međusobni fazni pomak tih funkcija ovisi o tipu (karakteru) trošila. Ako je trošilo radni otpor funkcije naponu i struje su "u fazi". Trenutna snaga je umnožak tih funkcija (kako se mnogo dve sinusne funkcije možete pogledati u matematičkom priboru). Važno je uočiti da je umnožak sinusna funkcija koja ima **dvostruku frekvenciju** i u općenitom slučaju neku **srednju vrijednost**. Srednja vrijednost je radna snaga,

Zamislimo da smo napravili stvarni pokus u kojem izmjerimo napon, struju i radnu snagu nekog induktivnog trošila. Shema spoja je prikazana na slici. Na temelju izmjerene snage, naponu i struje dobivaju se svи ostali podaci vezani uz snagu trošila..

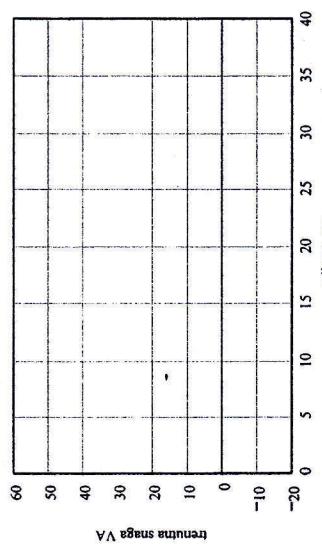


Slika 3.1

UPUTA ZA RAD

Dobili ste stranicu sa programom koji analizira rezultate pokusa tj. na temelju izmjereni- upisanih podataka program će izračunati sve ostale veličine vezane uz snagu i nacrtati če graf trenutne snage.

1. Kliknite na tipku izračunaj-nacrtaj
2. Dobiveni graf precrtajte na sliku 3.2



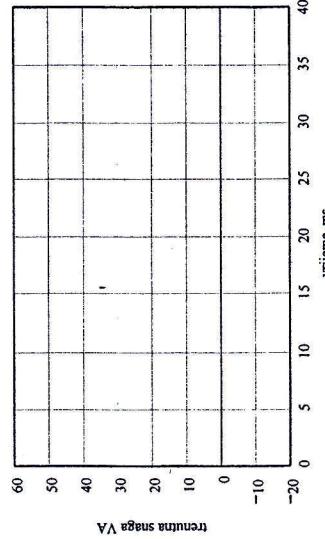
Slika 3.2

Pitanja:
Iz grafa odredite odredite prividnu snagu.

Odredite pozitivnu i negativnu vrijednost vršne snage. $P_{max} = \frac{P_{max}}{\rho_{max}}$
Kolika je razlika pozitivne i negativne vršne snage tj. Kolika je snaga od "vrha do vrha"?
Snaga "od vrha do vrha je: _____ VA

Odredite periodu i frekvenciju funkcije trenutne snage. $T = \text{_____}$
 $f = \text{_____}$
Koliki je faktor snage? $\cos\phi = \text{_____}$

3. Kliknite na tipku "spoji kondenzator" (ovime spajamo kondenzator paralelno trošilju)
Ako trošilo paralelno spojimo kondenzator odgovarajućeg kapaciteta dolazi do promjene na grafu trenutne snage. Mjenja se prividna i jalova snaga, ali radna ostane jednaka..
Budući da je faktor snage odnos radne i prividne snage mijenja se i faktor snage (ovdje paralelno spajamo kondenzator od 3 μF). Na sliku 3.3 precrtajte graf trenutne snage uz uključeni kondenzator.



Slika 3.3

Pitanja
Koliki je novi faktor snage $\cos\phi' = \text{_____}$

Da li je moguće postići da faktor snage postane jednak 1?
Odgovor: da ako kondenzator ima kapacitet koji ste izračunali u zadaku II.3.2.
Upišite ovu vrijednost kapaciteta i kliknite na tipku "spoji kondenzator". Kakav je sada graf trenutne snage?
Kolika je prividna snaga?

Fotografiju stvarnog pokusa možete pogledati na WebOE.

POKUS 2. TROKUT SNAGE

Radna jalova i prividna snaga povezane su relacijom $S^2 = P^2 + Q^2$ koja upućuje na mogućnost prikaza snaga pomoću pravokutnog "trokuta snage". Za trošilo iz

prethodnog pokusa ovde je prikazan "trokut snage". (Kliknite na tipku izračunaj-nacrtaj). Ako trošili paralelno spojite kondenzator promijeni se jalova i prividna snaga dok radna snaga ostane jednaka. Odredite koliki treba biti kapacitet kondenzatora uz koji će radna snaga postati jednaka prividnoj. Koliki je faktor snage u tom slučaju? (Kliknite na tipku kompenzacija, a zatim nekoliko puta na tipku +0,5). Ako bismo dalje povećavali kapacitet, trošilo postaje kapacitivno. (možete zaključiti da će se faktor snage manji od jedan dobiti sa dvije vrijednosti kapaciteta).

$$C = \text{_____} \quad \cos\varphi = \text{_____}$$

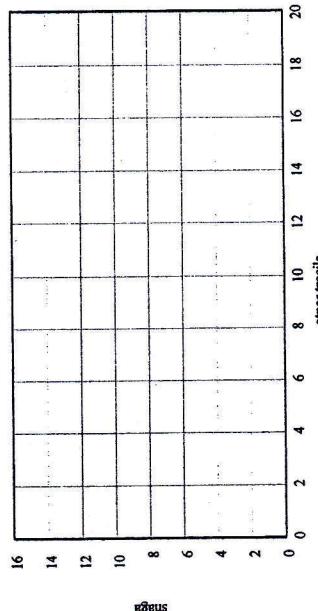
Nacrtajte trokut snage (slika 3.4) prije i nakon priključenja kondenzatora.

Važno: induktivna komponenta snage se cira "prema gore", a kapacitivna "prema dolje"

R, Ω	4	6	12	14	16	18
P, W						

Tablica 3.1

4. Nacrtajte graf promjene snage u ovisnosti o iznosu otpora R



Prije uključenja kondenzatora
nakon uključenja

Slika 3.4

nakon uključenja

Prije uključenja kondenzatora

Pitanje:

Koliki treba biti R da bi snaga na njemu bila maksimalna. $R = \text{_____}$

POKUS 3. PRILAGODENJE NA MAKSIMALNU SNAGU

Na slici je prikazan izvor sa nepoznatim parametrima U , Z . "Vanjski dio" strujnog kruga ima promjenjivu impedanciju kojoj možete posebno mijenjati radni dio (R) i reaktivni dio (X). Karakter reaktivnog dijela određen je predznakom (+ induktivno, - kapacitivno). U početku je reaktivni dio nula, a radni 1Ω . U vanjskom dijelu kruga nalazi se vatmetar ("mjeri" radnu snagu tj. snagu na R) i ampermeter ("mjeri" efektivnu vrijednost struje).

1. Podešavanjem reaktivnog dijela istražite da li izvor ima unutarnju reaktanciju, te ako ima, njen karakter i iznos. Unutarnja reaktancija izvora je: _____

2. Podešavanjem otpora R ustanomite unutarnji otpor izvora: _____

Na temelju podataka dobivenih u točkama 1) i 2) zaključujem da je unutarna impedancija izvora: $Z = \text{_____}$ (u kompleksnom obliku)

3. Zadajte $X=0$, a R mijenjajte prema tablici 3.1, i zapišite odgovarajuće snage

m.broj

ime prezime

podgrupa

VJEŽBA II.1

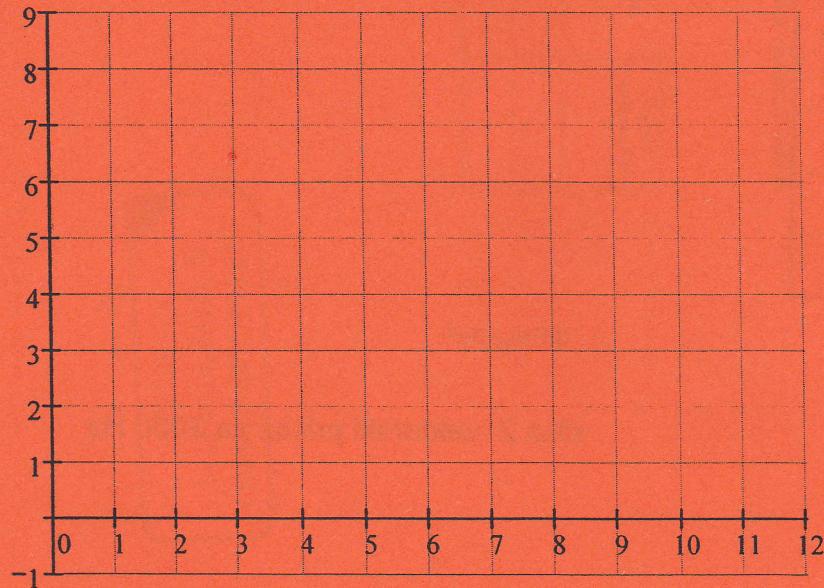
broj radnog mjesta: _____

Popis opreme:

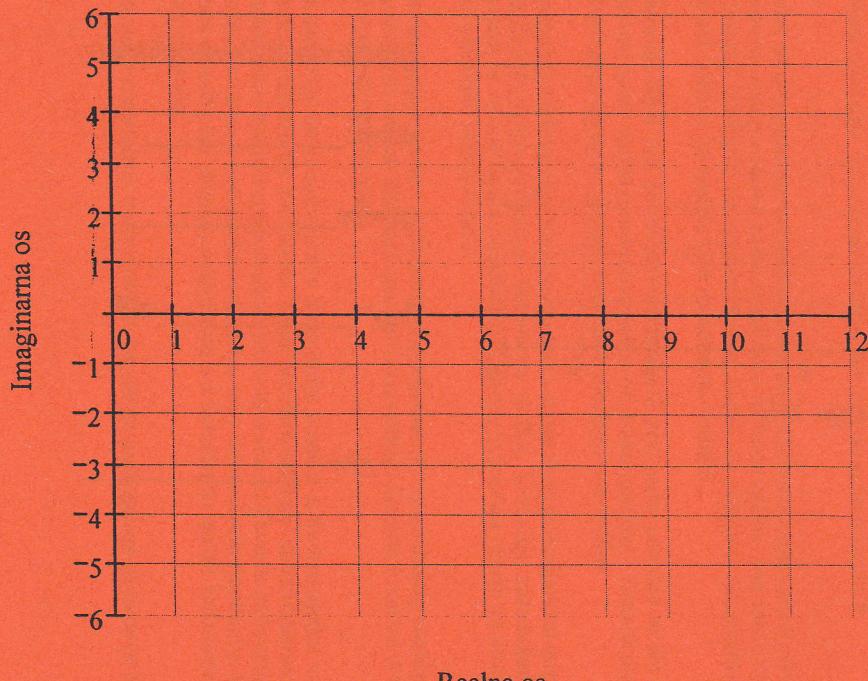
1. Vektorski (POKUS1 i fazorski (POKUS 2) dijagrami

odgovori:

POKUS 1 VEKTORSKI DIJAGRAM



POKUS 2 FAZORSKI DIJAGRAM

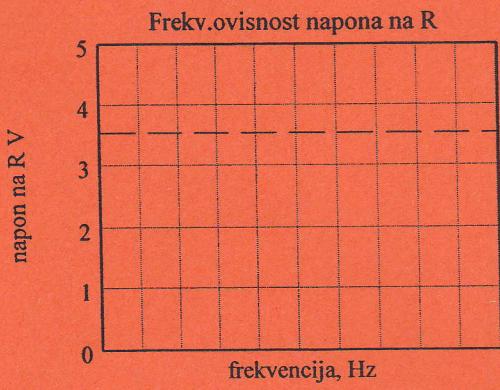


Realna os

VJEŽBA II.2 Frekvencijske ovisnosti broj radnog mesta: _____

Popis opreme:

POKUS 1. Serijski RC spoj

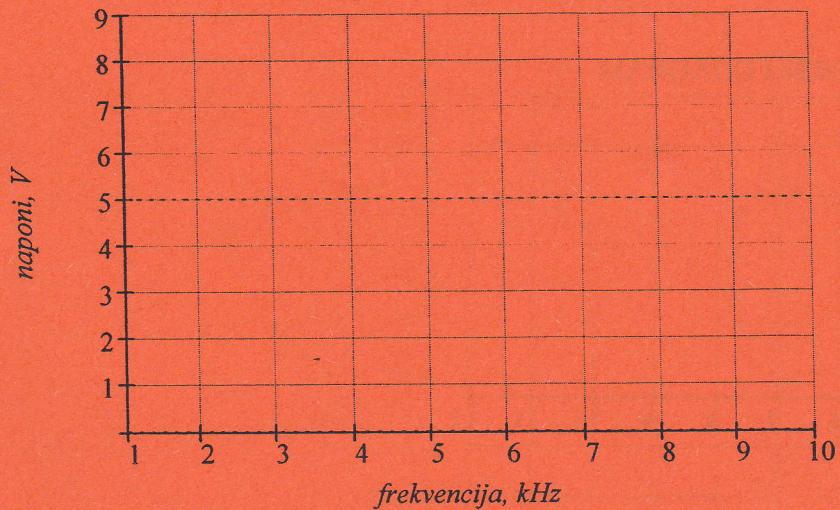


$$\varphi = \alpha_u - \alpha_i =$$

slika 1 $f_g =$ _____

slika 2 vektorski prikaz za 2000 Hz

POKUS 2. Serijski RLC spoj



slika 3

$$f_{rez} =$$

granicne frekvencije su:

donja: _____

gornja: _____

$$I_{rez} =$$
 _____ mA

$$\Delta f =$$

analitički oblik ovisnosti: $U_C(f) =$

Vježbe sam obavio/la (datum) 1. _____ 2. _____

Potpis studenta:

Pregledao (potpis nastavnika):