

UNIVERZITET CRNE GORE

**ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET
PODGORICA**

Gojko Joksimović

**PRAKTIKUM IZ
OSNOVA ELEKTROTEHNIKE II**

PREZIME I IME STUDENTA:

BROJ INDEKSA:

ODSJEK:

PODGORICA, Mart 2017

UVODNE NAPOMENE

1. PONAŠANJE U LABORATORIJU

1.1. Opšte preporuke u vezi ponašanja u laboratoriji

- izbjegavati šetanje između stolova u toku izvođenja vježbe;
- ne razgovarati i komentarisati preglasno;
- oblačiti se prikladno za laboratorijske vježbe kako djelovi odjeće ne bi upadali u instrumente i makete;
- mobilne telefone držati isključene.

1.2. Opšte preporuke u vezi rada u laboratoriji

- pažljivo odabrati instrumente s obzirom na vrstu i opseg mjerenja;
- instrumente postaviti stabilno i povezati sigurnim spojevima;
- provjeriti spojeve kao i mjerna područja, prije povezivanja;
- svaku zapaženu neispravnost odmah prijaviti dežurnom asistentu.

1.3. Strogo je zabranjeno:

- skidanje, premještanje ili obavljanje bilo kakvih drugih promjena na maketama, oznakama i upozorenjima koje su drugi postavili, bez dozvole ili prisustva dežurnog u laboratoriji;
- površan, nepažljiv i neodgovoran rad prilikom mjerenja;
- namjerno, neodgovorno ili nepažljivo oštećenje uređaja, instrumenata ili predmeta u laboratoriji;
- namjerno skrivanje ili neprijavlivanje nastalih šteta i primijećenih neispravnosti;
- spajanje, prespajanje, premještanje instrumenata sa drugih stolova;
- skidanje sondi sa osciloskopa i signal generatora;
- podešavanje preklopnika za slabljenje signala na sondama osciloskopa.

Nepridržavanje ovih pravila, u zavisnosti od nastale štete i stepena prestupa, povlači kao konsekvencu udaljenje sa vježbe, diskvalifikaciju sa kompletnih vježbi i, u krajnjem slučaju, prijavu disciplinskoj komisiji.

1.4. Studenti su ovlašćeni da uključe instrumente i napajanja tek po direktnom odobrenju dežurnog asistenta, uz pridržavanje dobijenih pismenih i usmenih uputstava. Ukoliko na maketi postoji više nezavisnih kola na koja se napajanje posebno dovodi, priključenje napajanja na svako kolo posebno zahtijeva odobrenje dežurnog.

2. PRAVILA O BEZBJEDNOSTI LJUDI I OPREME

2.1. Strujni udar nastaje najčešće dodirivanjem provodnih predmeta povezanih na napon javne mreže, što nastaje kao posljedica slučajnog kvara instrumenta, nepažljivog rukovanja opremom i instrumentima i nepridržavanja pravila o bezbjednosti.

a) Šuko utikači instrumenata i šuko utičnice na razvodnoj kutiji, najčešća su mjesta gdje se zbog nepažljivog postupanja može doživjeti strujni udar. Ukoliko je uz dozvolu dežurnog u laboratoriji potrebno uključivati ili isključivati mrežno napajanje, raditi to uz maksimalne mjere opreza. Ogoljene priključke na šuko utikačima i utičnicama NIKAKO i NIKADA ne dirati rukama.

b) Instrumenti povezani na napon mreže su osciloskop, generator signala i izvor za napajanje. U slučaju kvara metalni neizolovani djelovi instrumenata se mogu naći na potencijalu od 220V. Zbog toga treba izbjegavati dodirivanje golim rukama metalnih neizolovanih dijelova instrumenata, posebno sa njihove zadnje strane.

2.2. Mehaničke povrede

a) Povrede alatom ili laboratorijskim priborom. Ukoliko se koristi alat (pinceta, šrafčiger, kliješta) potrebno ih je koristiti sa razumnim oprezom, jer može doći do posjekotina, ogrebotina, oštećenja instrumenata, laboratorijskog materijala ili odjeće. Isto važi i za sonde osciloskopa i instrumenata, šestare, lenjire i tehničke olovke.

b) Povrede usled pada ili udara. Nastaju kao posljedica šetanja kroz laboratoriju u toku vježbi i postojanja mehaničkih prepreka (torbe, jakne, pomjerene stolice) ili nepažljivog ponašanja (sjedenje na ivici stolice, ljuljanje na stolici itd.). Da bi se takve povrede smanjile na najmanju moguću meru, potrebno je jakne i torbe odložiti na unaprijed određeno mesto, stolice složiti nakon završetka vježbi, a tokom vježbi se ponašati koncentrisano i profesionalno.

Svaku eventualnu povredu treba prijaviti dežurnom asistentu radi evidencije, a zatim se uputiti u studentsku polikliniku radi saniranja povrede. Naplata osiguranja nije moguća bez ljekarskog uvjerenja. Prava u vezi naplate osiguranja regulisati u studentskoj službi.

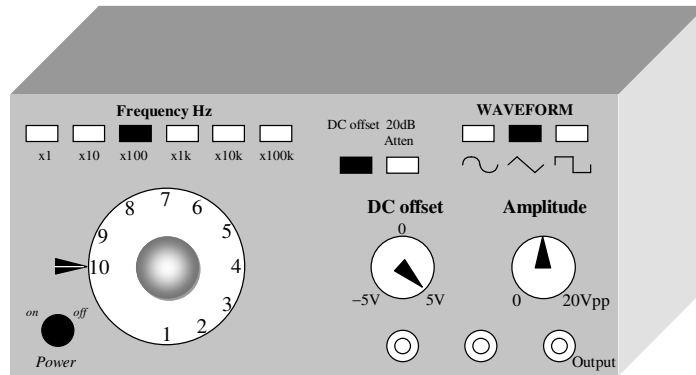
3. UPOZNAVANJE SA LABORATORIJSKOM OPREMOM

3.1 Izvor za napajanje

Koristi se kao izvor jednosmjernog napona električnih kola koja su predmet ispitivanja u vježbama. Svi izlazni priključci izvora su galvanski odvojeni od javne električne mreže. Trenutno podešena vrijednost izlaznog napona kao i izlazna struja, mogu se očitati na displeju izvora.

3.2 Generator signala (funkcijski generator)

Generator signala je laboratorijski uređaj koji služi generisanju periodičnog naponskog signala sa podesivom amplitudom, učestanošću i srednjom vrijednošću. Ima podesivu izlaznu otpornost, a izlaz mu je galvanski odvojen od javne električne mreže. Posebno je potrebno obratiti pažnju na izlaznu otpornost jer ona može prouzrokovati sistemske greške u mjerenjima. Tipični izgled laboratorijskog funkcijskog generatora prikazan je slikom 1.



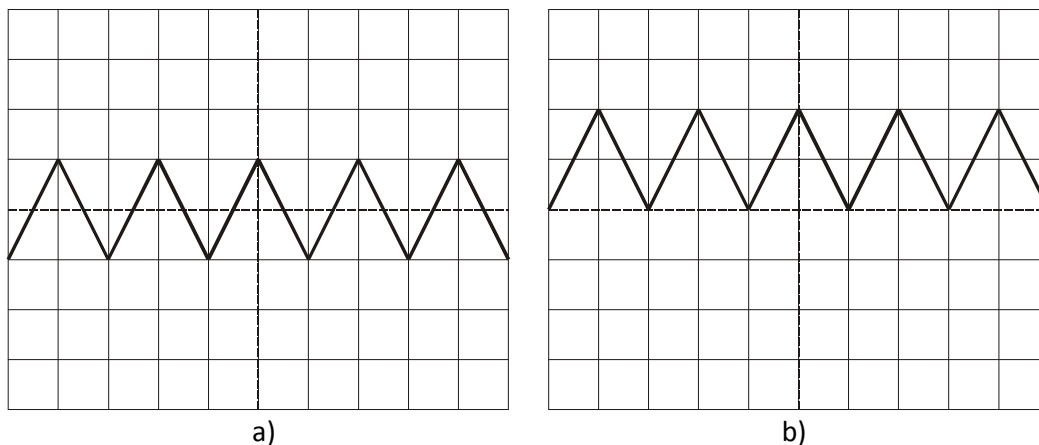
Slika 1. Izgled funkcijskog generatora

Izbor željenog talasnog oblika izlaznog napona se vrši selektorima u gornjem desnom uglu instrumenta. Izbor se može vršiti između sinusnog, trougaonog i pravougaonog signala. Na slici je izabran trougaoni signal.

Amplituda signala se podešava krajnjim desnim dugmetom za podešavanje, pri čemu je maksimalna vrijednost amplitude napona za prikazani generator funkcije 10V, odnosno 20V vrh-vrh (20Vpp – peak to peak).

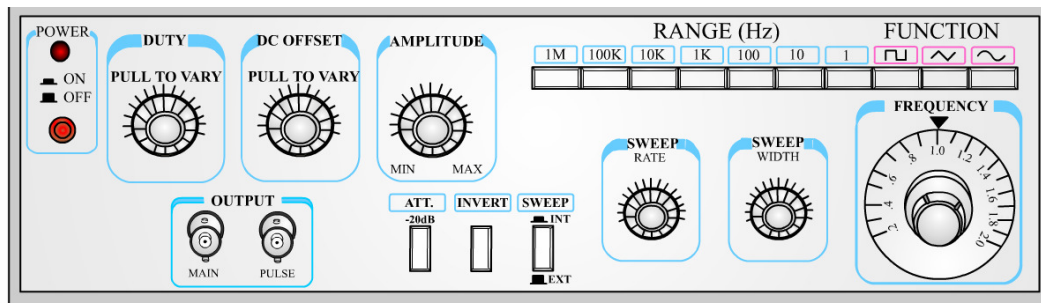
Učestanost signala se podešava koristeći centralno dugme za podešavanje zajedno sa selektorima učestanosti na vrhu. Na slici je izabrana učestanost $10 \times 100\text{Hz} = 1\text{kHz}$.

Pomoću *DC offset* kontrole, periodičnom naponskom signalu je moguće superponirati jednosmjernu komponentu napona u granicama od -5 do 5 volti. Slika 2. prikazuje izgled signala bez DC offset-a i sa DC offset-om od 5V , uz ostale izabrane parametre signala kao na slici 1.



Slika 2. Izlazni signal iz funkcijskog generatora prikazan na displeju osciloskopa ($5\text{V}/\text{div}$, $0.5\text{ms}/\text{div}$) a) bez DC offset-a b) sa DC offset-om od 5V

Slika 3. prikazuje izgled prednjeg panela savremenijeg funkcijskog generatora.



Slika 3. Izgled prednjeg panela modernijeg funkcijskog generatora

3.3 Osciloskop

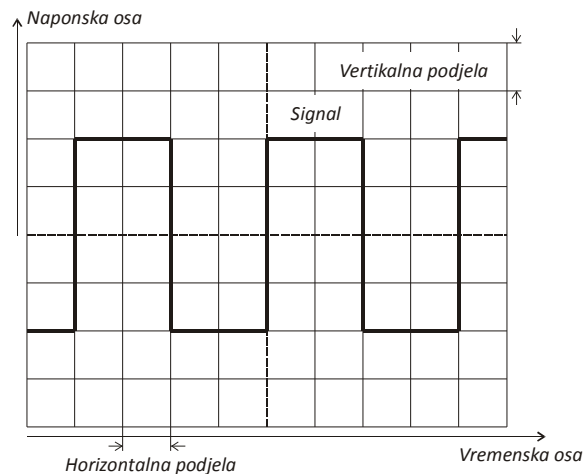
Namijenjen je posmatranju naponskog signala u vremenskom domenu kao i posmatranju funkcionalnih zavisnosti između dva naponska signala. Ulazne sonde osciloskopa su preko mase spojene za uzemljenje javne mreže.

Ukoliko se koriste obje mase na sondama, voditi strogo računa o tome da se uvijek povežu na tačke istog potencijala u kolu kako se preko njih ne bi ostvario neželjeni kratak spoj.

Pošto se tačka povezivanja masa kratko spaja sa uzemljenjem javne mreže, voditi računa da se tačka povezivanja masa nekim drugim putem ne poveže na potencijal koji može biti različit u odnosu na potencijal uzemljenja javne mreže.

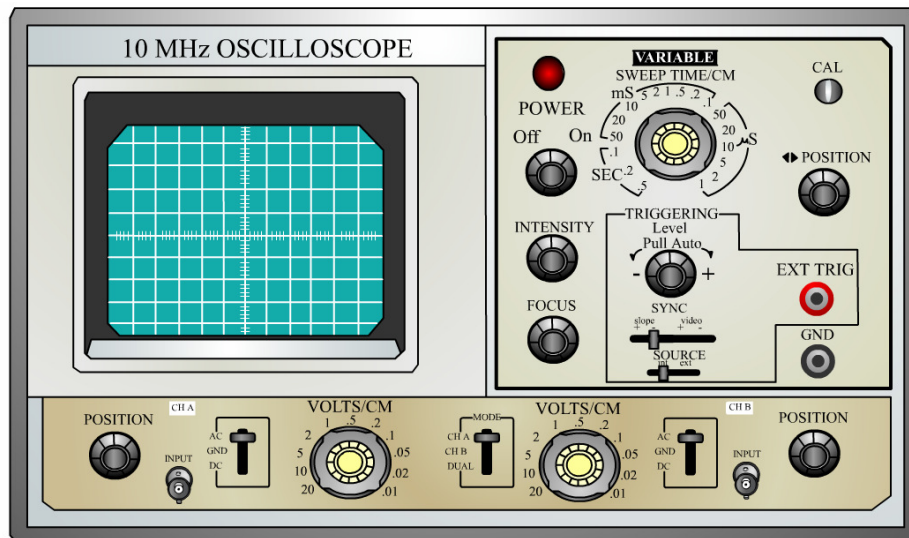
Sonde osciloskopa mogu imati preklopnik za podešavanje slabljenja (atenuaciju) signala 1:1 ili 1:10. Potrebno je uskladiti slabljenje podešeno na sondi sa prikazivanjem na osciloskopu isključivo podešavanjem osciloskopa! Preklopnik na sondama ne pomjerati bez prethodne konsultacije sa dežurnim asistentom.

Displej odnosno ekran osciloskopa podijeljen je mrežom na podeoke (divisions - div). Vrijeme se očitava po horizontalnoj osi, s lijeva na desno, dok se napon očitava po vertikalnoj osi, odozdo naviše, slika 4.



Slika 4. Displej osciloskopa (1V/div, 1ms/div)

Obje ose je moguće skalirati. Poznavanjem izabrane skale, prikazani signal je moguće odrediti kako po amplitudi, tako i po učestanosti ako je u pitanju periodičan signal. Najčešće osciloskopi mogu prikazivati dva signala istovremeno odnosno imaju dva kanala. Tipičan izgled jednog dvokanalnog osciloskopa (kanal A, CH A i kanal B, CH B) prikazan je slikom 5.



Slika 5. Tipični izgled dvokanalnog osciloskopa

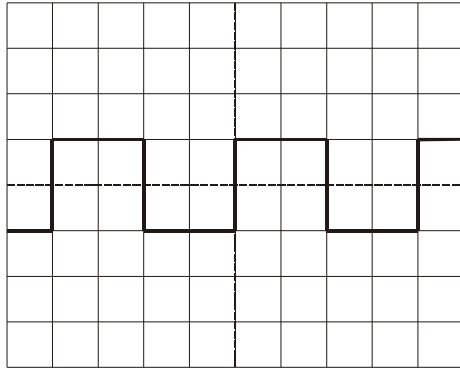
Kontrola osciloskopa se vrši preko sledećih parametara:

- Osjetljivost (sensitivity)

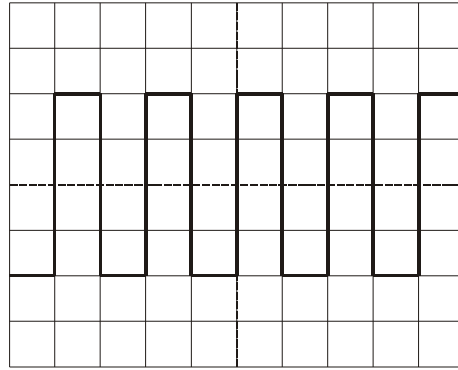
Kontrola osjetljivosti omogućava skaliranje signala po vertikalnoj osi. Obično je poželjno osjetljivost tako podesiti da signal bude prikazan preko cijelog ekrana po vertikalnoj osi kako bi očitavanje parametara signala bilo jednostavnije i tačnije. Kontrola osjetljivosti se izražava u voltima po podeoku (voltage per division (V/div)). Ukoliko je izabrana osjetljivost 1V/div tada signal sa slike 4. ima amplitudu 2V odnosno vrh-vrh vrijednost (peak-to-peak) od 4V. Za izabranu osjetljivost od 2V/div isti signal ima oblik na displeju kao na slici 6.

- Vremenska baza

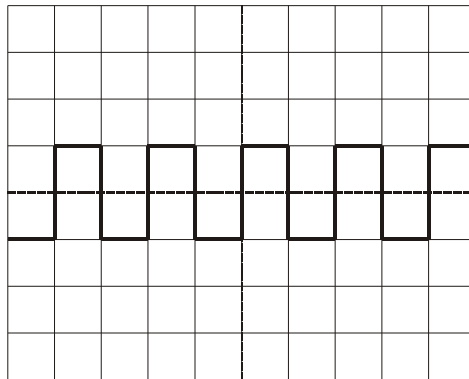
Podešavanje vremenske baze omogućava skaliranje po horizontalnoj tj. vremenskoj osi. Za periodične signale, najčešće je odgovarajuća vremenska baza takva da je na ekranu prikazana perioda signala. Vremenska baza se izražava u sekundama po podeoku (sec per division, sec/div). Za izabranu vremensku bazu od 1ms/div, signal sa slike 4. ima periodu 4ms odnosno učestanost $f=1/4\text{ms}=250\text{Hz}$. Ukoliko se promijeni vremenska baza, tako da ona iznosi 2ms/div, isti signal će na displeju osciloskopa izgledati kao na slici 7. Slika 8. prikazuje isti signal za istovremeno promijenjenu osjetljivost i vremensku bazu na vrijednosti 2V/div i 2ms/div.



Slika 6. Displej osciloskopa
(2V/div 1ms/div)



Slika 7. Displej osciloskopa
(1V/div, 2ms/div)



Slika 8. Displej osciloskopa
(2V/div, 2ms/div)

Korišćenjem odgovarajućih senzora (davača) moguće je bilo koju neelektričnu veličinu pretvoriti u napon i takav talasni oblik pratiti i analizirati korišćenjem osciloskopa. Tako se korišćenjem mikrofona, koji je pretvarač zvučnih talasa u električni napon, može analizirati zvučni talas, ili korišćenjem senzora koji pretvaraju mehaničke vibracije u električni napon može se analizirati rad automobilskog motora, vibracije građevinskih konstrukcija, mostova, betonskih ploča itd.

3.4. Analogni voltmetar

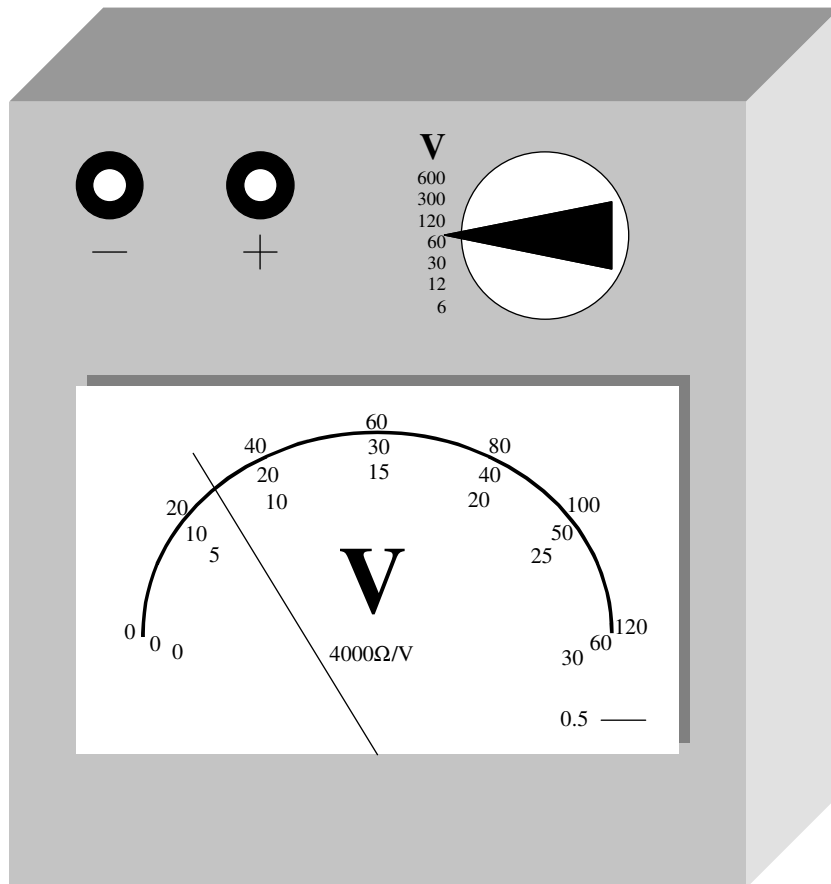
Slika 9. prikazuje izgled analognog voltmetra za mjerenje jednosmjernih napona.

U gornjem lijevom uglu se nalaze priključci iz kojih se provodnici vode do tačaka u kolu između kojih se mjeri napon. Kako se radi o voltmetru za mjerenje jednosmjernih napona, priključci su označeni oznakama polariteta: plus i minus. U cilju pravilnog skretanja kazaljke voltmetra potrebno je priključke vezati tako da provodnik vezan na plus priključak bude na višem potencijalu od provodnika koji je na minus priključku. U suprotnom, potrebno je izvršiti zamjenu priključaka.

Kod voltmetara za mjerenje naizmjeničnih napona nije potrebno voditi računa o polaritetu, tako da kod ovih voltmetara na priključcima nema oznake polariteta. Ovi voltmetri su skoro isključivo tako baždareni da prikazuju efektivnu vrijednost mjenog naizmjeničnog napona.

U gornjem desnom uglu instrumenta nalazi se selektor mjernog opsega voltmetra. Instrumentom sa slike 9. moguće je vršiti mjerenje jednosmjernih napona u opsegu od 6 do 600 volti. U cilju zaštite instrumenta, uvijek je poželjno mjerenje početi na većem naponskom opsegu a nakon toga vršiti promjenu mjernog opsega tako da skretanje kazaljke voltmetra bude u desnoj polovini skale.

U središnjem dijelu instrumenta se nalazi skala (u konkretnom slučaju trostruka skala) sa kazaljkom. Ono što je bitno imati na umu je sledeće: puni otklon kazaljke odgovara izabranom opsegu, naime, ako je izabrani opseg 60V tada puni otklon kazaljke označava napon od 60 volti, tj. 30 (donja skala), 60 (središnja skala) ili 120 (gornja skala) podeoka odgovara naponu od 60V. Dakle, na izabranom mjernom opsegu jedan podeok nosi vrijednost od $60/30=2V$ (donja skala) ili $60/60=1V$ (središnja skala) ili $60/120=0.5V$ (gornja skala). Ukoliko je otklon kazaljke kao na slici 9, naime 15 podeoka po srednjoj skali, tada je mjerena vrijednost napona jednaka $15 \times 1V=15V$. Isto se dobija i ako se posmatra gornja ($30 \text{ podeoka} \times 0.5V=15V$) ili donja ($7.5 \text{ podeoka} \times 2V=15V$) skala.



Slika 9. Analogni voltmetar za mjerenje jednosmjernih napona

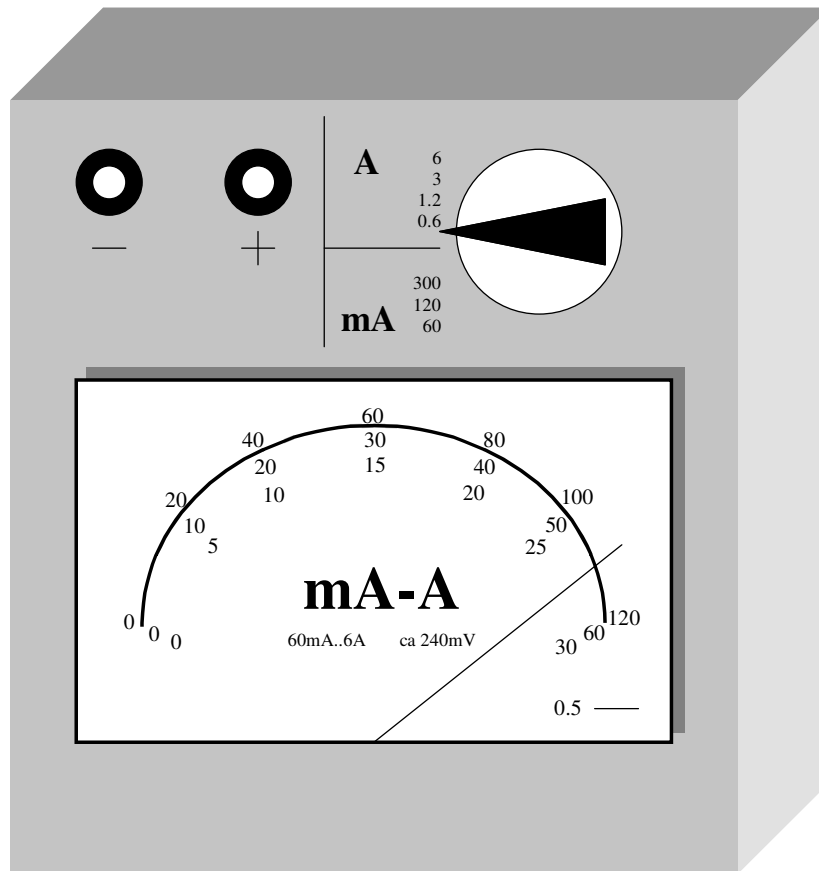
Idealan voltmetar jeste onaj sa beskonačno velikom unutrašnjom otpornošću. U tom slučaju, priključivanjem voltmetra na dvije tačke u kolu čiji je napon potrebno odrediti, ne remeti se prethodno stanje u kolu. Međutim, realni voltmetar ima konačnu unutrašnju otpornost, čiju vrijednost je potrebno poznavati u slučaju preciznijih mjerenja. Podatak o unutrašnjoj otpornosti voltmetra obično postoji na svakom

instrumentu. Za instrument sa slike 9. to je podatak koji se nalazi u središnjem dijelu skale, $4000 \Omega/V$. Za mjerenja na naponskom opsegu od $6V$ unutrašnja otpornost instrumenta je $6V \times 4000 \Omega/V = 24000 \Omega = 24 k\Omega$. Slično važi i za ostale opsege.

Na samom dnu skale sa desne strane, nalaze se brojevi i simboli koji definišu klasu tačnosti, namjenu, vrstu instrumenta prema izvedbi, otpor izolacije instrumenta itd. Za instrument sa slike 9. se vidi da je njegova klasa tačnosti 0.5 , kao i da je instrument namijenjen mjerenju jednosmjernih napona (simbol $-$). U slučaju da je instrument za mjerenje naizmjeničnih napona simbol u donjem desnom uglu bi bio prikazan simbol \sim . Kada se instrumentom mogu mjeriti i jednosmjerne i naizmjenične veličine tada postoje oba simbola, jedan iznad drugog.

3.5. Analogni ampermetar

Slika 10. prikazuje izgled analognog ampermetra.



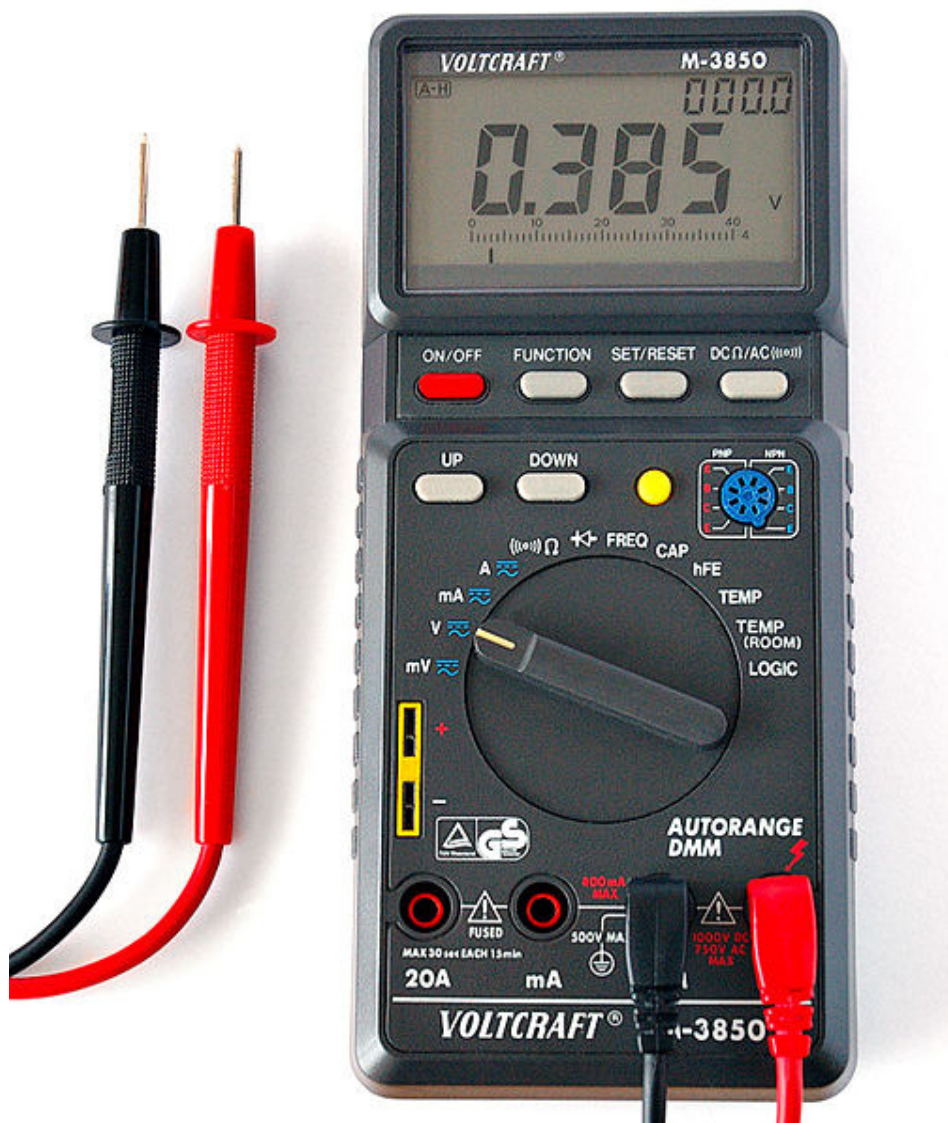
Slika 10. Izgled analognog ampermetra za mjerenje jednosmjernih struja

U principu, sve što je već rečeno o analognom voltmetru važi i za analogni ampermetar. U cilju što preciznijeg mjerenja, ampermetar za razliku od voltmetra, treba da ima što je moguće manju unutrašnju otpornost. Podatak o unutrašnjoj otpornosti ampermetra sa slike 10. dat je preko pada napona na samom ampermetru i govori o tome da je u mjernom opsegu od $60mA$ do $6A$ taj pad napona oko $240mV$.

Ono što ampermetar razlikuje od voltmetra jeste način njegovog priključivanja u kolo. Ampermetar se u kolo vezuje redno.

3.6 Digitalni multimetar

Digitalni multimetar (poznat i kao AVO-metar, A-Amper, V-Volt, O-Om) je univerzalni instrument, baterijski napajan, čijom se konfiguracijom priključaka i odgovarajućih kontrola ostvaruje funkcija ampermetra, voltmetra ili ommetra. Instrument ne smije da se konfiguriše u režim ampermetra, a da se u kolo poveže kao voltmetar jer to dovodi do kratkog spajanja tačaka različitog potencijala! Slika 11. prikazuje tipični digitalni univerzalni instrument.



Slika 11. Izgled tipičnog digitalnog multimetra

4. OZNAČAVANJE OTPORNIKA

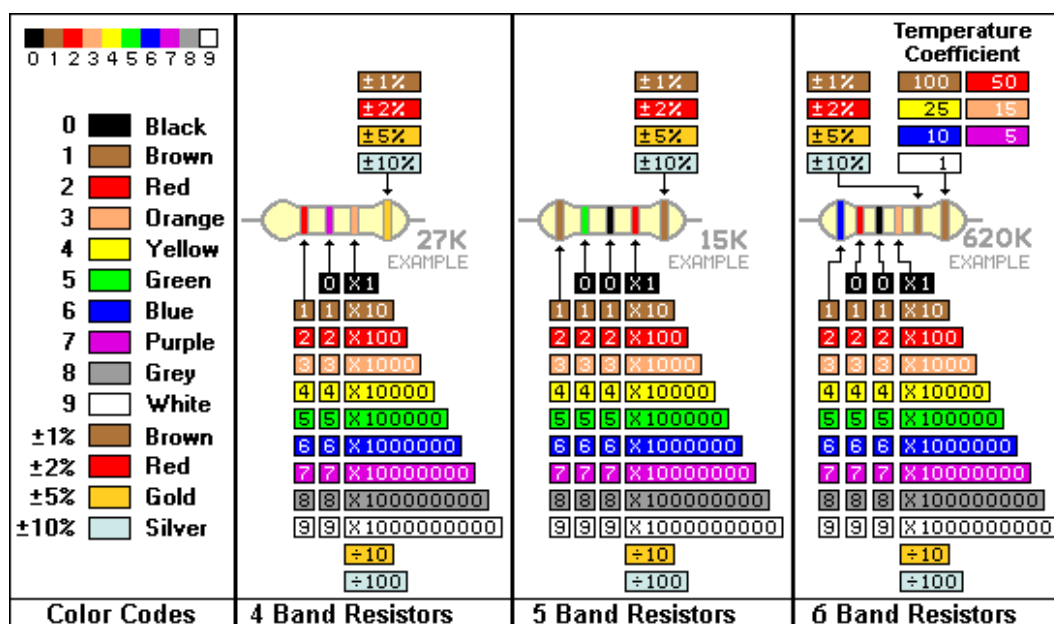
U cilju pojednostavljivanja označavanja vrijednosti otpornika u elektronici, usvojen je način označavanja otpornika bojama. Pritom se na tijelu otpornika mogu naći četiri, pet ili šest različito obojenih traka, slika 12.

U sistemu označavanja vrijednosti otpornika sa 4 ili 5 traka, zadnja traka ukazuje na toleranciju otpornika. Naime, nijedan otpornik ne može imati apsolutno tačnu vrijednost otpornosti tako da svaki proizvođač daje toleranciju za proizvedeni otpornik (1%, 2%, 5%, 10%), odnosno definiše granice u kojima se vrijednost otpornosti datog otpornika može naći u odnosu na nominalnu vrijednost.

U sistemu označavanja vrijednosti otpornika sa 6 traka, predzadnja traka ukazuje na toleranciju otpornika a zadnja na njegov temperaturni koeficijent, slika 12.

Prilikom određivanja otpornosti u omima potrebno je otpornik postaviti tako da je ona traka koja ukazuje na toleranciju ili temperaturni koeficijent sa desne strane i „čitati boje“ sa lijeva na desno, slika 12.

Treba znati da nekada i boja tijela otpornika ima svoje značenje. Posebno je bitno napomenuti da otpornici bijele i plave boje tijela označavaju negorive otpornike i otpornike koji imaju ulogu osigurača u kolu. Otpornici koji igraju ulogu osigurača u kolu su negorivi otpornici, koji kada dođe do njihovog pregrijavanja, pregore i na taj način prekinu tok struje u kolu, slično topljivim osiguračima. Ovi otpornici se nikada ne smiju zamijeniti običnim otpornicima jer se u suprotnom rizikuje izazivanje požara u nekim havarijskim situacijama.



Slika 12. Označavanje otpornika bojom

LABORATORIJSKA VJEŽBA BROJ 1

SNIMANJE KARAKTERISTIKE MAGNEĆENJA FEROMAGNETIKA

UVOD

Propuštanjem jednosmjerne struje, čiji intenzitet može da se mijenja, kroz dva namotaja postavljena na feromagnetskom jezgru oblika prstena, generiše se vremenski stalno tj. stacionarno magnetsko polje u jezgru. Mjerenjem intenziteta vektora jačine magnetskog polja \mathbf{H} (posredno, mjerenjem jačine struje) i vektora magnetske indukcije \mathbf{B} (korišćenjem Holove sonde), moguće je doći do karakteristike magnećenja feromagnetska koja je poznata i kao histerezisna petlja. Cilj vježbe je snimanje i poređenje karakteristika magnećenja dva različita feromagnetska jezgra, jednog napravljenog od masivnog gvožđa i jednog lameliranog - formiranog od međusobno izolovanih gvozdenih limova. Iz dobijenih karakteristika magnećenja je moguće očitati vrijednost remanentne indukcije B_r i koercitivnog polja H_c .

UPUTSTVO

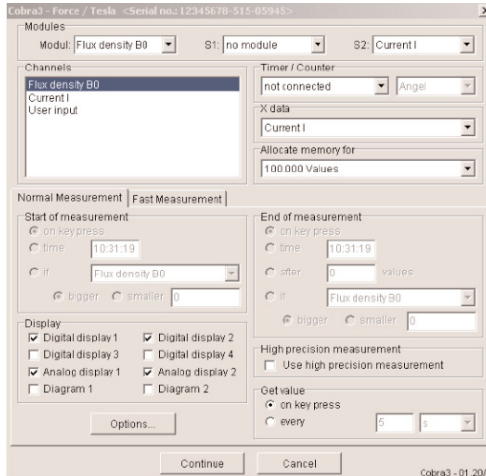
Eksperimentalna postavka je prikazana slikom 1.1. Izvor napajanja i interfejs za mjerenje struje (jačine magnetskog polja) i magnetske indukcije treba povezati na dvije međusobno udaljene utičnice i po mogućnosti na dvije različite faze, kako bi se izbjegao uticaj jakih magnetskih polja, a time i smanjile greške pri prikupljanju podataka.



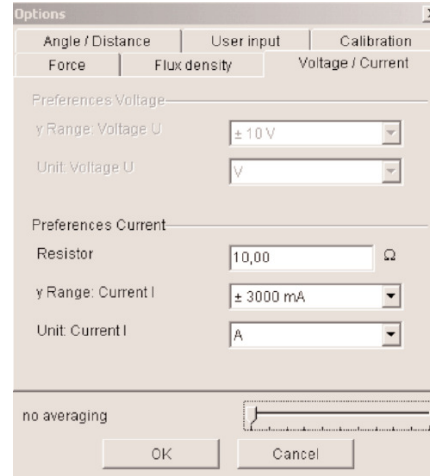
Slika 1.1. Eksperimentalna postavka

Modul *Force/Tesla* povezati na port BASIC-UNIT a napon koji se mjeri na otporniku dovesti na analogni ulaz 2 BASIC-UNITa.

Kabl Holove sonde povezati sa *Force/Tesla* modulom i Holovu sondu pozicionirati ispod jarma magnetskog jezgra tako da je senzor smješten tik do rupe u stubu jezgra. Struja kroz namotaje a samim tim i magnetsko polje u jezgru se smije invertovati pomoću komutatorskog prekidača samo onda kada je napon jednak nuli, u suprotnom će se formirati naponski pikovi koji mogu nepovoljno uticati na transfer podataka. Prikazanom postavkom se snimaju struja kroz namotaje na magnetskom jezgru i magnetska indukcija, mjerena Holovom sondom. Parametre softvera za akviziciju podataka postaviti u skladu sa slikama 1.2a i 1.2b. Izabrati ikonu *continue* kako bi prilikom mjerenja bio dostupan grafički prikaz, slika 1.3.

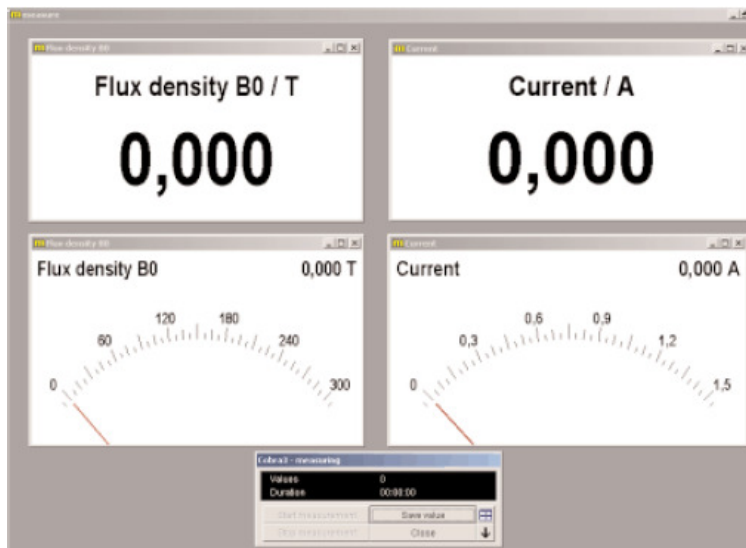


a)



b)

Slika 1.2. Podešavanje parametara sistema za akviziciju podataka



Slika 1.3. Grafički prikaz tokom mjerenja

Postaviti reostat (promjenljivi otpornik) tako da je njegova otpornost 10Ω . Ako je u magnetskom jezgru prisutan zaostali magnetizam, jezgro je potrebno razmagnetisati na sledeći način:

- Postaviti komutatorski prekidač u položaj kojim se stvara magnetsko polje suprotnog smjera od onog koje je u jezgru zaostalo.

- Povećati napon na dovoljno veliku vrijednost da magnetska indukcija postigne nultu vrijednost.

Podesiti strujni limiter na vrijednost 5A.

Posle izbora ikone *Start measurement* polako i ravnomjerno povećavati napon od nulte vrijednosti, a zatim ga smanjivati do nule. Istovremeno, snimati svaku vrijednost struje i magnetske indukcije, pritiskajući *enter* ili *space* nakon svake promjene napona.

Komutatorski prekidač služi promjeni polariteta primijenjenog napona.

Nakon promjene polariteta napona, opet povećavati i smanjivati vrijednost napona polako i ravnomjerno.

Još jednom promijeniti polaritet napona uz pomoć komutatorskog prekidača i povećati napon.

Završiti sa mjerenjem i pritisnuti *close* dugme.

Vratiti napon na nultu vrijednost.

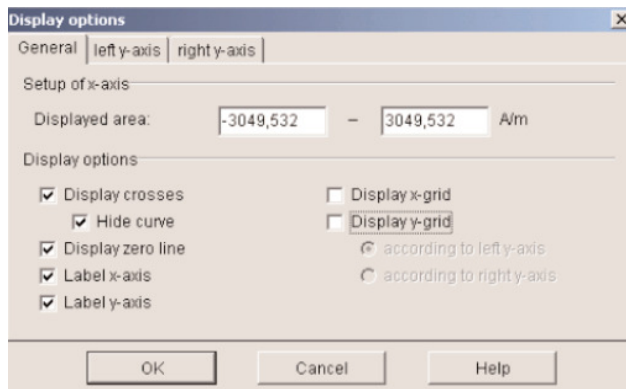
Snimljene vrijednosti će biti predstavljene grafički kao magnetska indukcija u funkciji od struje – jačine magnetskog polja.

Napomena:

Dobar rezultat se dobija stepenastim povećavanjem struje od po 20mA.

Vrijednost magnetske indukcije u jezgru ne treba da pređe vrijednost od 1000mT, što je ograničenje mjernog pretvarača - Holove sonde.

Grafički prikaz snimljenih rezultata se može podešavati u prozoru koji je prikazan na slici 1.4, *Display options*.



Slika 1.4. Display opcije

TEORIJSKO OBJAŠNJENJE

Kako interfejs korišćen za akviziciju podataka mjeri napon, struja kroz namotaje postavljene na kalemu se mjeri posredno, preko napona na otporniku poznate otpornosti (10Ω):

$$I = \frac{U}{10\Omega} \quad (1.1)$$

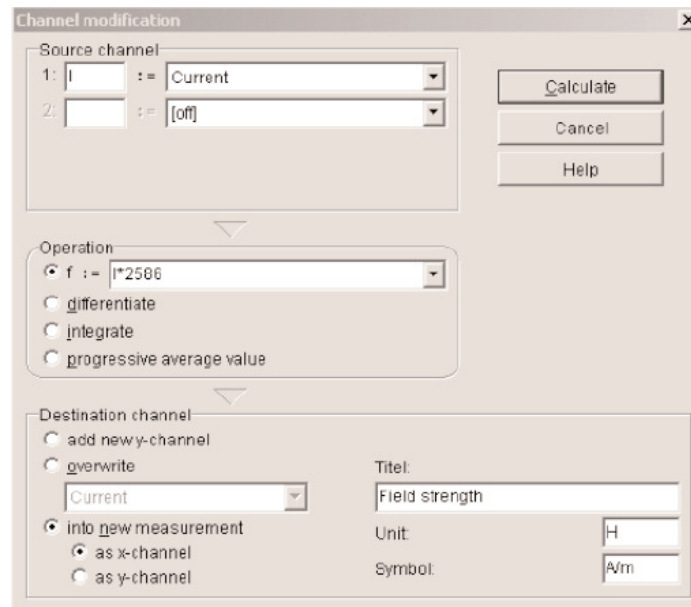
Jačina magnetskog polja se izračunava iz sledeće relacije,

$$H = \frac{N \cdot I}{L} \quad (1.2)$$

gdje je N broj navojaka a L je srednja dužina magnetskog jezgra. Srednja dužina masivnog jezgra je $L=232\text{mm}$, dok je za lamelirano jezgro $L=244\text{mm}$. Samim tim je i faktor N/L različit za različita jezgra:

- Za masivno jezgro $N/L=2586$ nav/m
- Za lamelirano jezgro $N/L=2459$ nav/m

Ovi parametri se postavljaju u meniju *Channel modification*, u prozoru *Operation*, slika 1.5.



Slika 1.5. Modifikacija parametara kanala za akviziciju podataka

U cilju preciznijeg očitavanja vrijednosti remanentne indukcije i koercitivnog polja u grafičkom prozoru koristiti funkcije *zoom* i *survey*. Vrijednosti dobijene za remanentnu

indukciju i koercitivno polje trebaju biti veće za masivno jezgro nego za ono koje je lamelirano.

OPREMA

1. Kalem, 600 navojaka, 2 kom.
2. Masivno željezno jezgro u obliku slova U, 1 kom.
3. Masivno željezno jezgro u obliku slova I, 1 kom.
4. Lamelirano željezno jezgro u obliku slova U, 1 kom.
5. Lamelirano željezno jezgro u obliku slova I, 1 kom.
6. Naizmjenični (komutatorski) prekidač, 1 kom.
7. Univerzalna jedinica za napajanje sa analognim displejem, 1 kom.
8. Reostat, 10Ω , 5.7A, 1 kom.
9. Mjerač magnetske indukcije (Teslametar), digitalni, 1 kom.
10. Tangencijalna Holova sonda sa zaštitnom kapom, 1 kom.
11. Držač za Holovu sondu, 1 kom.
12. COBRA interfejs 2, 1 kom.
13. PC COBRA kabl za akviziciju podataka RS 232, 2m, 1 kom.
14. Softver COBRA, 1 kom.
15. Osnovni softver PHYWE, 1 kom.
16. Kabl crveni, 750mm, 5 kom.
17. Kabl plavi, 750mm, 5 kom.

REZULTATI MJERENJA

Sa snimljenih karakteristika magnećenja, očitati vrijednosti remanentne indukcije i koercitivnog polja za oba jezgra i očitane vrijednosti unijeti u narednu tabelu.

	Remanentna indukcija B_r [T]	Koercitivno polje H_c [A/m]
Masivno feromagnetsko jezgro		
Lamelirano feromagnetsko jezgro		

Datum:

Potpis asistenta:

LABORATORIJSKA VJEŽBA BROJ 2

ELEKTROMAGNETSKA INDUKCIJA

UVOD

Magnetski fluks je, po definiciji, integral skalarnog proizvoda vektora magnetske indukcije i vektorskog elementa površi, po površini kroz koju se magnetski fluks traži:

$$\Phi = \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} \quad (2.1)$$

Vremenski promjenljivo magnetsko polje indukuje elektromotornu silu (ems) u konturi kojom se taj fluks obuhvata. Ona je po intenzitetu jednaka brzini promjene magnetskog fluksa kojim se kontura obuhvata:

$$e = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (2.2)$$

Ako provodnu konturu čini namotaj sa N koncentričnih navojaka, dakle takav namotaj kog koga se svaki od njegovih navojaka obuhvata istim magnetskim fluksom, tada je indukovana ems N puta veća,

$$e = -\frac{d\Psi}{dt} = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (2.3)$$

gdje je $\Psi = N\Phi$ magnetsko obuhvatanje. Gornji izraz je poznat kao Faradejev zakon elektromagnetske indukcije, pri čemu znak minus odražava Lencovo pravilo, po kom je indukovana ems u provodnoj konturi takvog smjera da će protjerati struju koja će se svojim magnetskim poljem suprotstaviti promjenama stranog magnetskog polja. Indukovana ems jednaka je cirkulaciji vektora indukovanog električnog polja po zatvorenoj konturi:

$$e = -N \frac{d\Phi}{dt} = \oint_c \mathbf{E}_{ind} \cdot d\mathbf{l} \quad (2.4)$$

Sa druge strane, cirkulacija vektora magnetske indukcije po zatvorenoj konturi definisana je Amperovim zakonom,

$$\oint_c \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \sum_S I = \mu_0 \int_S \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S} \quad (2.5)$$

gdje se u obzir uzimaju sve struje koje prodiru površ S koja je razapeta konturom C . Konstanta μ_0 je magnetska permeabilnost vakuma čija je brojna vrijednost $\mu_0=4\pi\cdot 10^{-7}$ H/m.

Propuštanjem prostoperiodične, tj. naizmjenične struje,

$$i(t) = \sqrt{2}I \sin \omega t = \sqrt{2}I \sin(2\pi f t) \quad (2.6)$$

kroz namotaj solenoida, u njegovoj unutrašnjosti se formira približno homogeno magnetsko polje, takođe prostoperiodično, tj. polje koje se u vremenu mijenja po harmonijskom zakonu.

U slučaju kada se radi o dugom tankom solenoidu, tj. kada je dužina solenoida značajno veća od površine njegovog poprečnog presjeka, gustina magnetskog fluksa, odnosno magnetska indukcija je data sledećim izrazom:

$$B(t) = \mu_0 \cdot n \cdot i(t) \quad (2.7)$$

gdje je sa n označen broj navojaka po jedinici dužine solenoida, $n=N_1/l$.

Ubacivanjem kalema poprečnog presjeka S_2 sa N_2 navojaka unutar solenoida, u kalemu će se indukovati ems. Efektivna vrijednost indukovane ems se mjeri pomoću voltmetra, za koji se može smatrati da je beskonačno velike otpornosti, tako da je mjereni napon jednak indukovanoj ems:

$$u + e = 0 \quad (2.8)$$

Iz (2.3) slijedi:

$$u(t) = -e(t) = N_2 \frac{d\Phi(t)}{dt} \quad (2.9)$$

Dalje iz (2.1) i (2.7):

$$u(t) = N_2 \frac{d\Phi(t)}{dt} = N_2 \frac{d}{dt}(B(t) \cdot S_2) = \mu_0 n N_2 S_2 \frac{di(t)}{dt} \quad (2.10)$$

Nakon diferenciranja prostoperiodične struje date izrazom (2.6), iz (2.10) se dobija vremenski oblik napona tj. indukovane ems:

$$u(t) = \sqrt{2} \cdot 2\pi f \cdot \mu_0 N_2 S_2 n I \cos(2\pi f t) \quad (2.11)$$

Maksimalna vrijednost indukovane ems je, iz (2.11),

$$U_{\max} = \sqrt{2} \cdot 2\pi f \cdot \mu_0 \cdot N_2 \cdot S_2 \cdot n \cdot I \quad (2.12)$$

tako da je njena efektivna vrijednost, koju voltmetar i mjeri:

$$U = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}} = 2\pi f \cdot \mu_0 \cdot N_2 \cdot S_2 \cdot n \cdot I \quad (2.13)$$

Sređivanjem gornjeg izraza, on se može prikazati kao:

$$U = 3 \cdot d^2 \cdot N_2 \cdot f \cdot I \cdot 10^{-12} \quad (2.14)$$

gdje je d prečnik unutrašnjeg kalema u milimetrima a I struja kroz spoljašnji kalem, u miliamperima.

ZADATAK

Zadatak vježbe jeste mjerenje indukovane ems u kalemu koji se nalazi u homogenom, vremenski promjenljivom magnetskom polju koje se mijenja po prostoperiodičnom zakonu.

Vremenski promjenljivo, homogeno magnetsko polje se ostvaruje propuštanjem prostoperiodične struje kroz dug tanak solenoid, sa poznatim brojem navojaka po jedinici dužine. Indukovana ems u kalemu je funkcija nekoliko parametara: jačine magnetskog polja, učestanosti, broja navojaka kalema kao i površine njegovog poprečnog presjeka.

Zadatak vježbe je određivanje indukovane ems u funkciji:

1. Intenziteta magnetskog polja
2. Učestanosti magnetskog polja
3. Broja navojaka umetnutog kalema
4. Poprečnog presjeka umetnutog kalema

ŠEMA VEZE I OPREMA

Oprema potrebna za izvođenje vježbe:

Solenoid $d=750\text{mm}$, $n=485$ navojaka po metru

Kalem $N=75$, $d=26$ mm

Kalem $N=100$, $d=41$ mm

Kalem $N=150$, $d=26$ mm

Kalem $N=200$, $d=41$ mm

Kalem $N=300$, $d=26$ mm

Kalem $N=300$, $d=33$ mm

Kalem $N=300$, $d=41$ mm

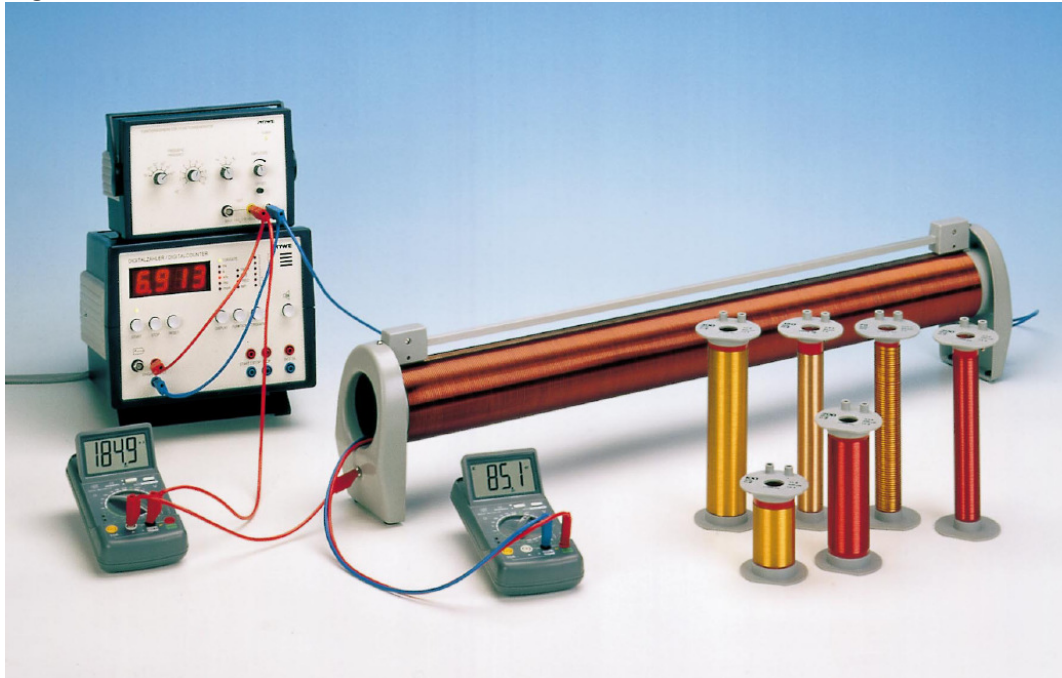
Funkcijski generator

Univerzalni mjerni instrument, 2 komada

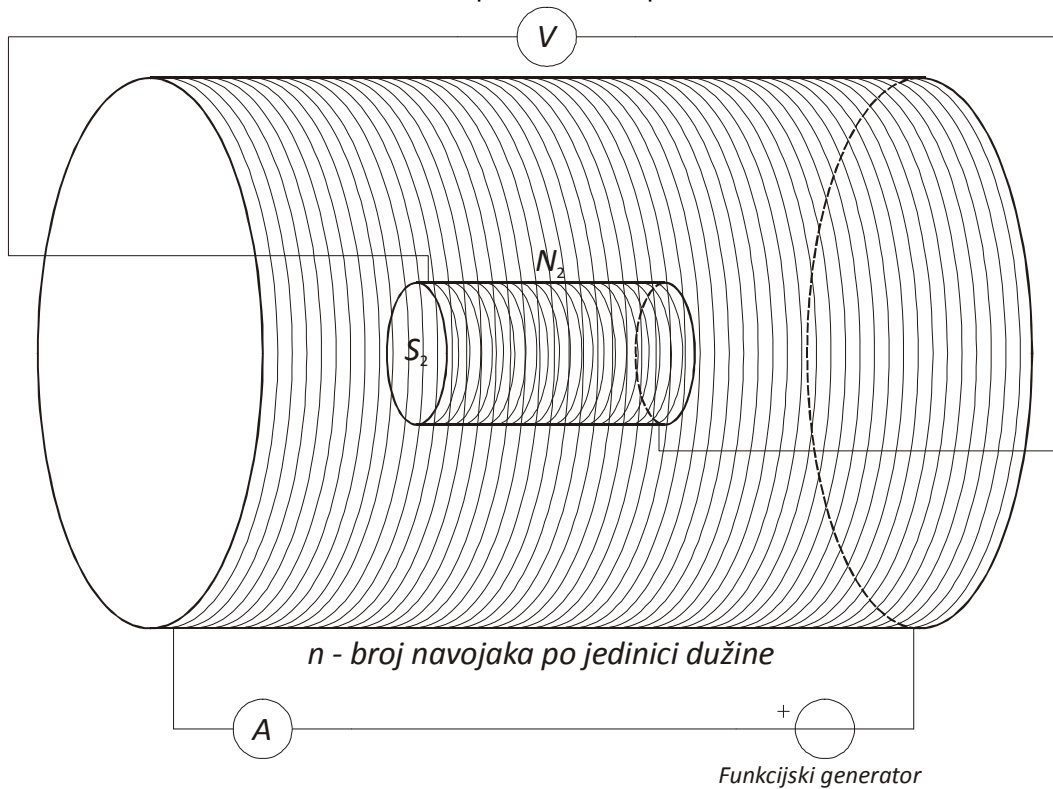
Konekcionni kablovi

Slika 2.1. prikazuje opremu i način povezivanja opreme prilikom izvođenja ekperimenta. Električna šema po kojoj se izvodi vježba, prikazana je slikom 2.2. Struja

koja protiče kroz solenoid i indukovana ems se mjere digitalnim univerzalnim instrumentima. Prilikom izvođenja vježbe, učestanost napona napajanja sa funkcijskog generatora treba mijenjati u opsegu između 1kHz i 12kHz, jer za učestanosti ispod 0.5 kHz kalem praktično predstavlja kratak spoj, a iznad 12 kHz tačnost mjerenja nije zagarantovana.



Slika 2.1. Eksperimentalna postavka



Slika 2.2. Električna šema veza

REZULTATI MJERENJA

1. U sledećoj tabeli srediti rezultate mjerenja indukovane ems za kalem prečnika $d=41\text{mm}$ i broja navojaka $N_2=100$, a za različite vrijednosti struje pri učestanosti od 3 kHz.

$N_2=100$ $d=41\text{mm}$	20mA	25mA	30mA	35mA	40mA	45mA	50mA
$U(\text{mV})$							

Dobijene rezultate prikazati grafički na priloženom milimetarskom papiru, kao funkcionalnu zavisnost $U=f(I)$.

2. U sledećoj tabeli srediti rezultate mjerenja indukovane ems za različite kaleme, pri stalnoj struji $I=50\text{mA}$ i učestanosti $f=6\text{kHz}$.

$I=50\text{mA}$ $f=6\text{kHz}$	$N_2=300$ $d=41\text{mm}$	$N_2=300$ $d=33\text{mm}$	$N_2=300$ $d=26\text{mm}$	$N_2=200$ $d=41\text{mm}$	$N_2=150$ $d=26\text{mm}$	$N_2=100$ $d=41\text{mm}$	$N_2=75$ $d=26\text{mm}$
$U(\text{mV})$							

Dobijene rezultate prikazati grafički na priloženom milimetarskom papiru, kao funkcionalnu zavisnost $U=f(N_2)$ i $U=f(d)$. Pri tom, prvu funkciju prikazati samo za one kalemove koji imaju isti poprečni presjek a drugu samo za one kalemove koji imaju isti broj navojaka a različite poprečne presjeke.

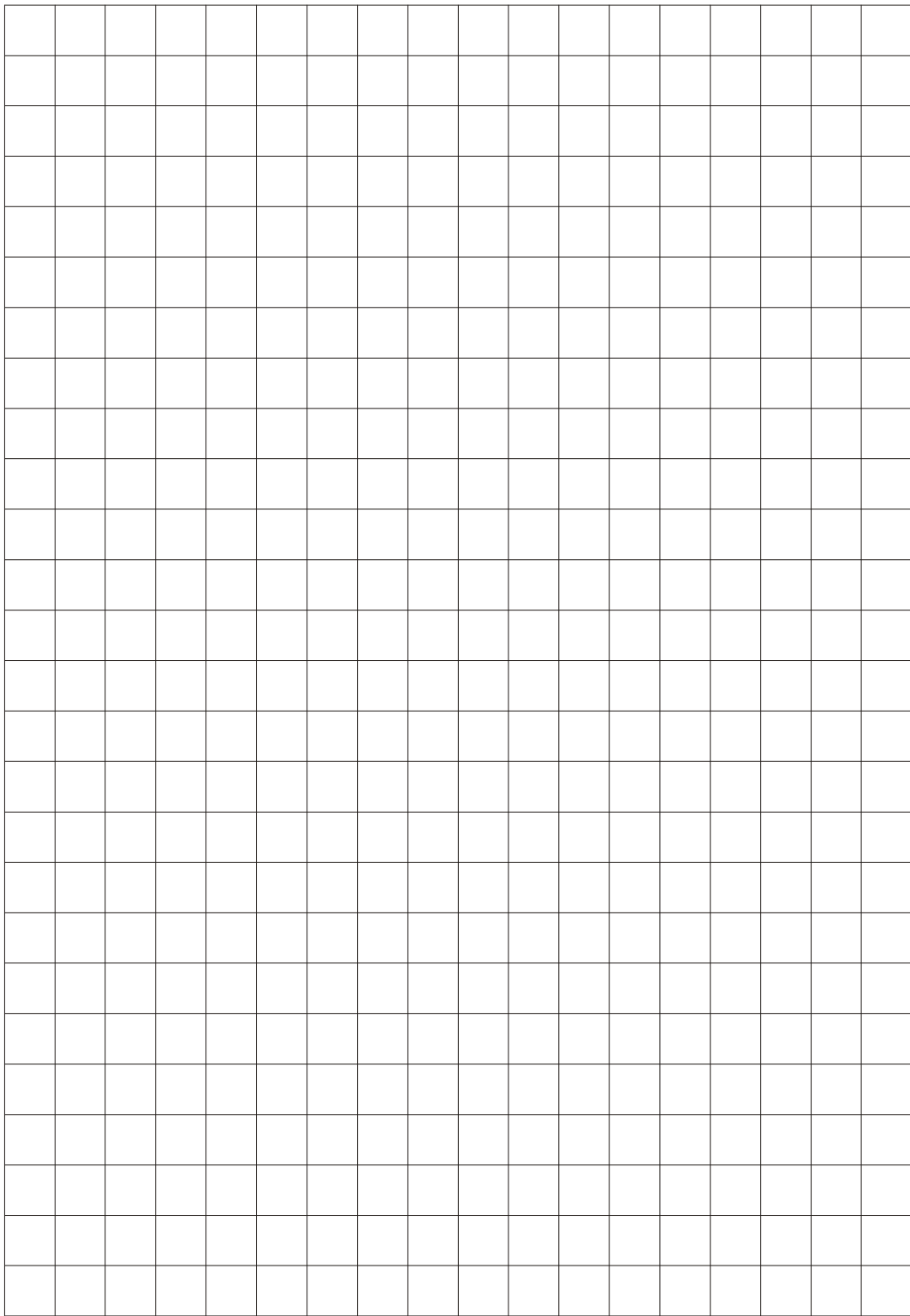
3. U sledećoj tabeli srediti rezultate za indukovanu ems u funkciji od učestanosti za kalem $N_2=200$, $d=41\text{mm}$ i za struju $I=50\text{mA}$.

$N_2=200$ $d=41\text{mm}$ $I=50\text{mA}$	1.5kHz	3kHz	4.5kHz	6kHz	7.5kHz	9kHz	11.5kHz
$U(\text{mV})$							

Dobijene rezultate prikazati grafički na priloženom milimetarskom papiru, kao funkcionalnu zavisnost $U=f(f)$.

Datum:

Potpis asistenta:



LABORATORIJSKA VJEŽBA BROJ 3

ODREĐIVANJE KAPACITIVNOSTI KONDENZATORA NA OSNOVU VREMENSKE KONSTANTE RC KOLA

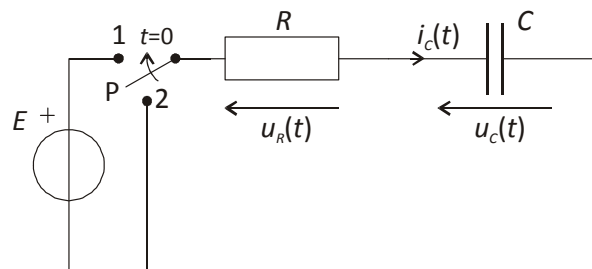
UVOD

Redno RC kolo prikazano slikom 3.1, nakon uključanja idealnog naponskog izvora vremenski stalne ems E , u trenutku $t=0$, opisuje sledeća naponska jednačina,

$$E = u_R(t) + u_C(t) \quad (3.1)$$

pri čemu se napon na otporniku može prikazati kao:

$$u_R(t) = R \cdot i_C(t) = R \frac{dq(t)}{dt} = RC \frac{du_C(t)}{dt} \quad (3.2)$$



Slika 3.1. Redno RC kolo

Dakle,

$$E = RC \frac{du_C(t)}{dt} + u_C(t) \quad (3.3)$$

ili,

$$\frac{du_C(t)}{dt} + \frac{1}{RC} u_C(t) = \frac{E}{RC} \quad (3.4)$$

Rešenje ove diferencijalne jednačine je oblika,

$$u_C(t) = B + (A - B)e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (3.5)$$

gdje je τ vremenska konstanta RC kola, $\tau=R \cdot C$ [s] a konstante A i B su početni i krajnji uslov: $A=u_c(0)$ i $B=u_c(t \rightarrow \infty)$. Za konkretan slučaj, početno neopterećenog kondenzatora slijedi: $A=u_c(0)=0$ i $B=u_c(t \rightarrow \infty)=E$ pa je:

$$u_c(t) = E \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad (3.6)$$

Dakle, napon na kondenzatoru eksponencijalno raste tako da će nakon dovoljno dugog vremena, $t \rightarrow \infty$, napon na kondenzatoru biti jednak ulaznom naponu, $u_c(\infty)=E$, odnosno struja punjenja kondenzatora će biti jednaka nuli. Tada će na elektrodama kondenzatora egzistirati naelektrisanje $Q=CE$.

Za struju kroz priključke kondenzatora u istom prelaznom procesu se dobija:

$$i_c(t) = C \frac{du_c(t)}{dt} = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (3.7)$$

Struja u trenutku priključivanja naponskog izvora (kada je napon na kondenzatoru jednak nuli) naglo "skače" na vrijednost E/R , da bi kasnije, sa punjenjem kondenzatora eksponencijalno padala sa vremenskom konstantom τ , dok ne postane jednaka nuli, za $t \rightarrow \infty$.

Ukoliko se električno kolo odvoji od izvora napajanja i njegovi krajevi se kratko spoje, prebacivanjem prekidača P sa slike 3.1. iz položaja 1 u položaj 2, napon na kondenzatoru će eksponencijalno opadati sa istom vremenskom konstantom. Diferencijalna jednačina koja opisuje ovaj proces je ista kao i ranije ali su različiti početni uslovi: sada je $A=u_c(0)=U$, dok je $B=u_c(t \rightarrow \infty)=0$,

$$u_c(t) = E e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (3.8)$$

$$i_c(t) = C \frac{du_c(t)}{dt} = -\frac{E}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (3.9)$$

i negativnog je predznaka jer je suprotnog smjera od struje punjenja kondenzatora.

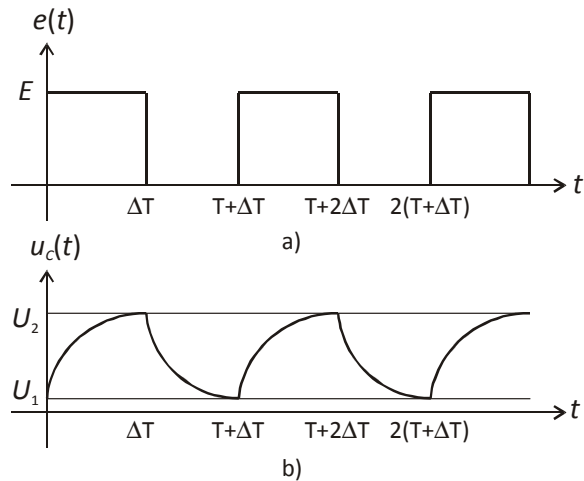
Treba primijetiti da se i proces punjenja i proces pražnjenja kondenzatora odvija sa identičnom vremenskom konstantom. Dakle, poznajući vrijednost otpornosti, nepoznatu vrijednost kapacitivnosti kondenzatora je moguće odrediti na osnovu poznatog oblika vremenske promjene napona na kondenzatoru. Ukoliko se na gornje električno kolo kao ulazni napon $u(t)$, dovode pravougaone četvrtke napona, kao na slici 3.2a, tada će vremenske promjene napona na kondenzatoru biti kao na slici 3.2b.

Posmatrajući dio vremenske zavisnosti napona na kondenzatoru koji opisuje proces pražnjenja kondenzatora, između maksimalne vrijednosti napona na kondenzatoru U_2 i njegove minimalne vrijednosti U_1 postoji sledeći odnos:

$$U_1 = U_2 \cdot e^{-\frac{T}{\tau}} \quad (3.10)$$

Ukoliko napone U_1 i U_2 mjerimo primjenom osciloskopa, vremenska konstanta može biti određena iz gornje jednakosti:

$$\tau = RC = \frac{T}{\ln\left(\frac{U_2}{U_1}\right)} \quad (3.11)$$



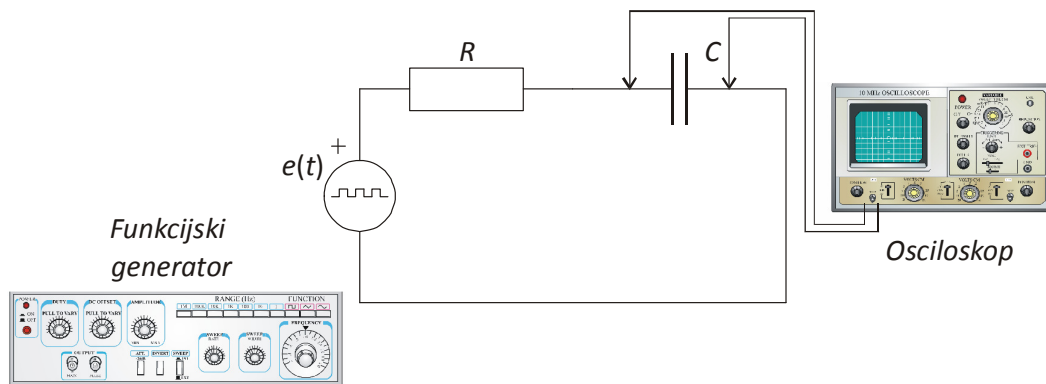
Slika 3.2. Ulazni napon na rednom RC kolu a) i odgovarajući napon na kondenzatoru, b)

Odgovarajućim izborom parametara pulsirajućeg napona T i ΔT nepoznata kapacitivnost se može odrediti sa priličnom tačnošću,

$$C = \frac{T}{R \cdot \ln\left(\frac{U_2}{U_1}\right)} \quad (3.12)$$

IZVOĐENJE VJEŽBE

Šema električnih veza po kojoj se izvodi vježba prikazana je slikom 3.3. Redno sa kondenzatorom čiju kapacitivnost treba odrediti vezan je otpornik otpornosti $R=1k\Omega$. Izvor vremenski promjenljivog napona je funkcijski generator. Kao mjerni instrument koristi se osciloskop. Kanal A osciloskopa je priključen tako da prati napon na kondenzatoru. Pri mjerenju treba voditi računa da je "masa" kabla koji dolazi od funkcijskog generatora i sonde osciloskopa na istom potencijalu!



Slika 3.3. Šema veza pri određivanju nepoznate kapacitivnosti

MJERENJE

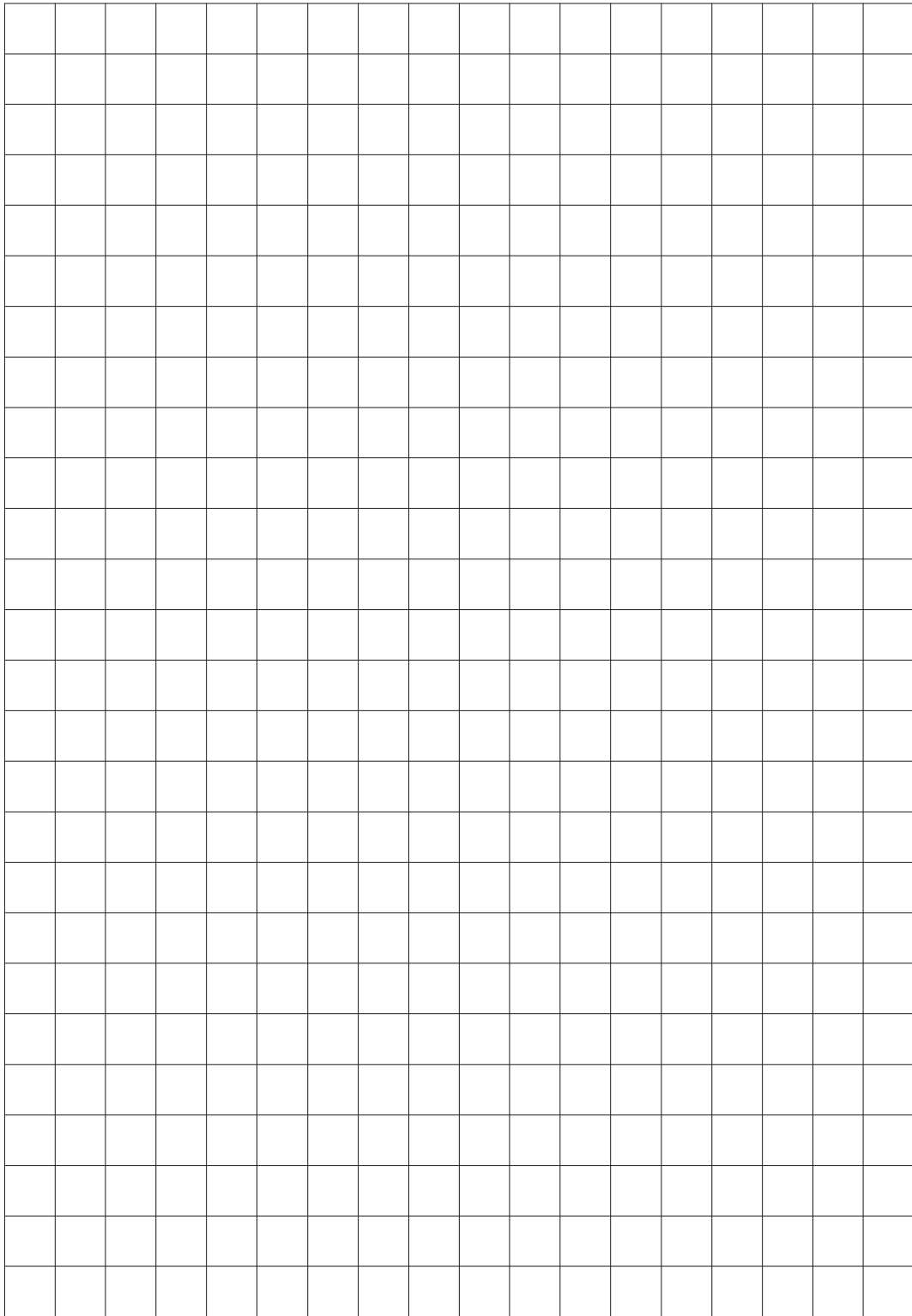
Namjestiti izlaz funkcijskog generatora tako da daje pravougaone četvrtke napona. Posmatrajući talasni oblik izlaznog napona na osciloskopu, pomoću DC offset dugmeta na funkcijskom generatoru kao i pomoću dugmeta za podešavanje amplitude izlaznog napona, izlazni napon funkcijskog generatora podesiti tako da četvrtke napona imaju maksimalnu vrijednost od 6V i minimalnu vrijednost od nula volti. Takođe uz pomoć osciloskopa mjeriti maksimalnu i minimalnu vrijednost napona na kondenzatoru, kao i vrijeme T , za koje napon na kondenzatoru pada sa maksimalne U_2 na minimalnu vrijednost U_1 . Izvršiti mjerenje za tri različite vrijednosti učestanosti, $f=400, 600$ i 800 Hz. Vrijednosti dobijene mjerenjem srediti u narednoj tabeli.

$f(\text{Hz})$	$U_1(\text{V})$	$U_2(\text{V})$	$T(\text{s})$	$C(\mu\text{F})$ iz (3.12)
400				
600				
800				

Za jednu vrijednost učestanosti, na priloženom milimetarskom papiru, u odgovarajućoj razmjeri, skicirati talasne oblike napona na izlazu funkcijskog generatora kao i napona na kondenzatoru, jedan ispod drugog. Brojno označiti maksimalnu i minimalnu vrijednost napona na kondenzatoru kao i vrijeme potrebno da napon padne sa maksimalne na minimalnu vrijednost. Na istom papiru izračunati traženu vrijednost kapacitivnosti.

Datum:

Potpis asistenta:



LABORATORIJSKA VJEŽBA BROJ 4

NAPONSKA I STRUJNA REZONANSA

A) NAPONSKA REZONANSA

Naponska rezonansa u rednom RLC kolu, slika 4.1, nastupa kada su ulazni napon i struja u kolu u fazi, tj. kada je fazna razlika prostoperiodičnog napona i struje jednaka nuli:

$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i = 0 \quad (4.1)$$

Tada je kompleksna impedansa prijemnika,

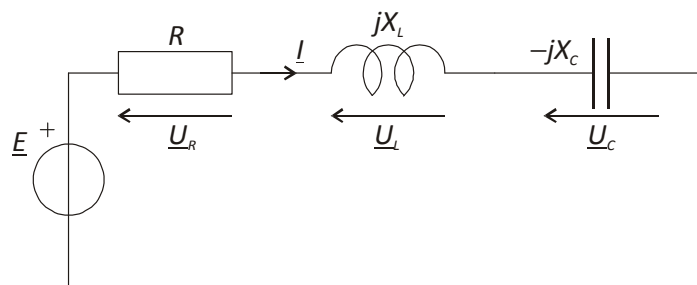
$$\underline{Z} = Z \cos \varphi + j \sin \varphi = R + jX \quad (4.2)$$

u potpunosti realna, jer iz (4.1) i (4.2) slijedi:

$$\underline{Z} = R \quad (4.3)$$

Iz uslova da je reaktansa kola jednaka nuli, $X=0$, tj. $X_L - X_C = \omega_0 L - (1/\omega_0 C) = 0$, dobija se rezonantna ugaona učestanost i rezonantna učestanost:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (4.4)$$



Slika 4.1. Redno RLC kolo

Kako su obje reaktanse funkcije učestanosti, naponska rezonansa u električnom kolu naizmjenične struje može nastupiti,

- promjenom učestanosti napona napajanja,
- promjenom vrijednosti induktivnosti L u kolu,
- promjenom vrijednosti kapacitivnosti C ili
- kombinovanom promjenom parametara iz prethodne tri tačke.

Usvajanjem početne faze napona $\varphi_u=0$ u kolu na slici 4.1, kompleksni izraz za struju u kolu je,

$$\underline{I} = \frac{\underline{U}}{\underline{Z}} = \frac{U}{R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)} \quad (4.5)$$

dok je njena efektivna vrijednost:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \quad (4.6)$$

Efektivna vrijednost napona na elementima kola je:

$$U_R = RI \quad (4.7)$$

$$U_C = X_C I \quad (4.8)$$

$$U_L = X_L I \quad (4.9)$$

Iz (4.6) je očigledno da u režimu naponske rezonanse, efektivna vrijednost struje ima svoj maksimum, jer je ograničena minimalnom impedansom:

$$I_{\max} \xrightarrow{\omega=\omega_0} \frac{U}{R} \quad (4.10)$$

U ovom režimu su naponi na kalem i kondenzatoru, po efektivnoj vrijednosti identični i imaju maksimalnu vrijednost,

$$U_L = X_L I_{\max} = U_C = X_C I_{\max} \quad (4.11)$$

jer su u režimu naponske rezonanse kapacitivna i induktivna reaktansa identične, dok su po faznom stavu u opoziciji. Ovi naponi čak mogu biti značajno veći od primijenjenog napona na ulazu kola. Njihov odnos je poznat kao faktor dobrote kola:

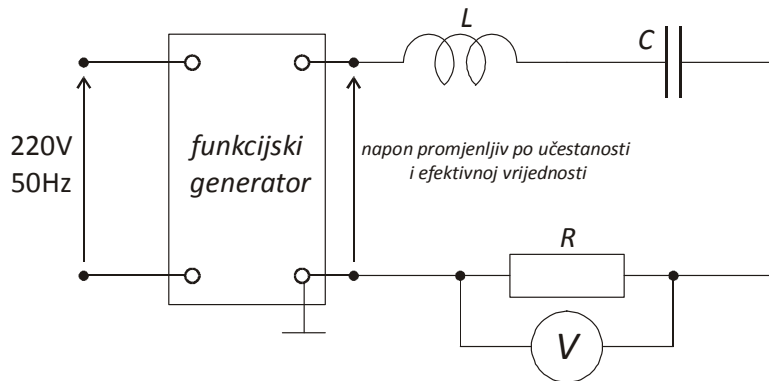
$$Q = \frac{U_L}{U} = \frac{U_C}{U} \quad (4.12)$$

ZADATAK

- a) Prema šemi veza prikazanoj na slici 4.2. izmjeriti efektivnu vrijednost struje za različite učestanosti napona napajanja, na opsegu učestanosti $f \in [0.5-6]$ kHz i na priloženom milimetarskom papiru prikazati tu zavisnost, $I=f(f)$;

- b) Sa grafika odrediti učestanost pri kojoj nastupa naponska rezonansa, f_0 ;
- c) Izmjeriti efektivne vrijednosti napona na kalemu i kondenzatoru u režimu naponske rezonanse i odrediti faktor dobrote kola, Q ;
- d) Nacrtati fazorski dijagram napona.

ŠEMA VEZA



Slika 4.2.

POTREBNI PRIBOR

- 1) Funkcijski generator
- 2) Kalem induktivnosti $L=23.9\text{mH}$ i/ili $L=30.4\text{mH}$
- 3) Baterija kondenzatora promjenljive kapacitivnosti
- 4) Baterija otpornika promjenljive otpornosti
- 5) Elektronski voltmetar

POSTUPAK PRI RADU

Formirati kolo prema električnoj šemi sa slike 4.2. Podesiti napon na krajevima funkcijskog generatora na 10V. Mijenjajući učestanost napona napajanja, mjeriti jačinu struje u kolu. Imajući na umu tehničke osobine instrumenata, efektivna vrijednost struje se mjeri indirektno, na taj način što se mjeri efektivna vrijednost napona na otporniku. Time je efektivna vrijednost struje u kolu $I=U/R$. Prilikom promjene učestanosti obavezno provjeriti da li se efektivna vrijednost napona napajanja promjenila ili nije. Ukoliko jeste, treba je ponovo podesiti na deklarisanu vrijednost od 10V. Izmjeriti napone na krajevima kalema i kondenzatora pri rezonansi. Dobijene rezultate unijeti u datu tabelu. Naći učestanost pri kojoj nastupa fazna rezonansa.

	$R=$ $L=$ $C=$											
$f[\text{kHz}]$	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
$U[\text{V}]$												
$I[\text{A}]$												
	$f_0=$		$I_{\text{max}}=$		$U_L(f=f_0)=$			$U_C(f=f_0)=$			$Q(f=f_0)=$	

Dobijene rezultate prikazati grafički na priloženom milimetarskom papiru, kao funkcionalnu zavisnost efektivne vrijednosti struje od učestanosti, $I=f(f)$.

B) STRUJNA REZONANSA

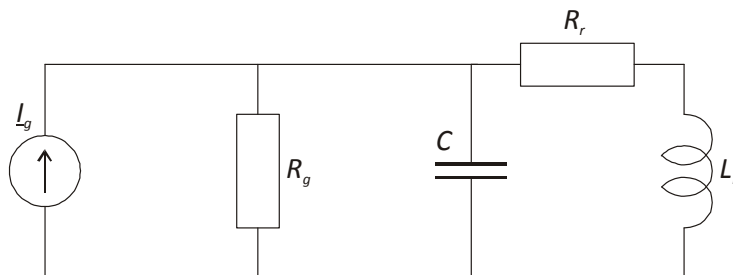
Strujna rezonansa može nastati u električnim kolima naizmjenične struje u kojima egzistiraju induktivne i kapacitivne reaktanse u paralelnoj vezi. Oblik takvog jednog rezonantnog kola, uzimajući u obzir realni kalem kao i realni strujni generator je prikazan na slici 4.3. Ono što važi za impedansu u rednom rezonantnom kolu, važi za admitansu u paralelnom rezonantnom kolu, ono što važi za struje u rednom rezonantnom kolu, u paralelnom važi za napone itd. Uslov za nastanak strujne rezonanse je da je imaginarni dio ulazne admitanse jednak nuli. Iz tog uslova se dobija sledeći izraz za rezonantnu učestanost:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{L_r C} - \left(\frac{R_r}{L_r}\right)^2} \quad (4.13)$$

U slučaju male otpornosti realnog kalema, gornji izraz se može dobro aproksimirati izrazom koji je identičan onom koji je važio u slučaju naponske rezonanse:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{L_r C}} \quad (4.14)$$

U režimu strujne rezonanse, impedansa kola je maksimalna, pa je ulazna struja u kolo minimalna. Sa druge strane, tada su struje kroz kalem i kondenzator maksimalne, identične po efektivnoj vrijednosti ali u faznoj opoziciji. Ove dvije struje u rezonansnom režimu mogu biti značajno veće od ulazne struje, pa se faktor dobrote u ovom slučaju definiše kao odnos struje kroz granu sa kondenzatorom (ili kalemom, svejedno) i ulazne struje.

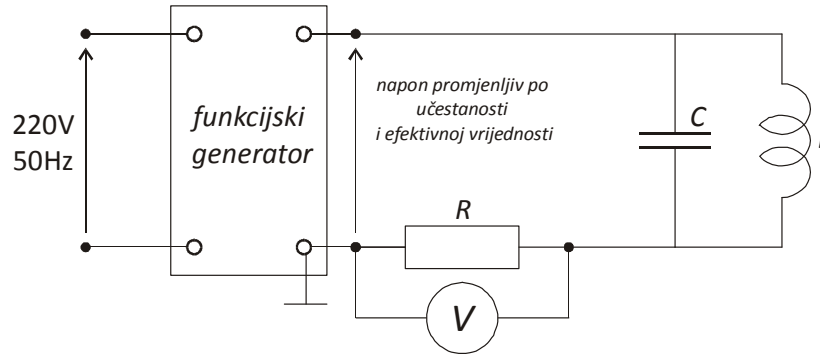


Slika 4.3.

ZADATAK

Odrediti zavisnost ulazne struje paralelne RLC veze od učestanosti, prema šemi veze sa slike 4.4 i nacrtati grafik promjene $I=f(f)$. Naći učestanost pri kojoj nastupa strujna rezonansa – učestanost na kojoj je efektivna vrijednost struje minimalna.

ŠEMA VEZA



Slika 4.4.

POSTUPAK PRI RADU

Podesiti napon na krajevima funkcijskog generatora na 10V. Mijenjajući učestanost napona napajanja, mjeriti jačinu struje u kolu. Struju mjeriti indirektno mjereći napon na krajevima otpornika. Popuniti datu tabelu i nacrtati grafik promjene $I=f(f)$. Mjerenjem dobijenu rezonantnu učestanost uporediti sa izračunatom rezonantnom učestanošću, (4.14).

	$R=$ $L=$ $C=$											
f [kHz]	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
U [V]												
I [A]												
	f_0 mjereno =				I_{\min} =				f_0 računato =			

Datum:

Potpis asistenta:

