

MAŠINSKI FAKULTET U NIŠU

*Aca Micić*  
*Biljana Đorđević*

**PRAKTIKUM LABORATORIJSKIH  
VEŽBANJA IZ  
ELEKTROTEHNIKE SA  
ELEKTRONIKOM**

NIŠ, 2015

# OPŠTE NAPOMENE I UPUTSTVA

## OPŠTE NAPOMENE I UPUTSTVA ZA IZVOĐENJE LABORATORIJSKIH VEŽBI

U toku rada u laboratoriji i izvođenja laboratorijskih vežbi potrebno je striktno se pridržavati mera navedenih u sledećem odeljku.

Pre dolsaka na čas potrebno je pažljivo pročitati uputstvo za izvođenje konkretne vežbe, uraditi sve potrebne proračune i pripremiti se za izvođenje vežbe. U svesci su date sve potrebne tabele u koje treba uneti rezultate dobijene merenjima i u skladu sa njima nacrtati (ukoliko je to potrebno) odgovarajuće dijagrame na priloženom milimetarskom papiru.

Radi bržeg i kvalitetnijeg izvođenja vežbe, neophodno je pridržavati se sledećeg redosleda operacija:

1. Elemente električnog kola, potrebne za izvođenje vežbe (izvori, potrošači, instrumenti i slično), rasporediti na stolu tako da vizuelno, približno odgovaraju datoj šemi.
2. Spajanje električnog kola početi od izvora električne struje i strogo se pridržavati date šeme. Elemente spajati na maketi ako nije u vežbi drugačije naznačeno
3. Nakon izvršenog spajanja proveriti samostalno da je sve spojeno korektno, u skladu sa šemom. Proveriti, takođe, da li su svi spojevi kvalitetni.
4. Proveriti da li su preklopnici za izbor merene veličine i mernog područja na mernim instrumentima ispravno postavljeni. Područje uvek prvo postaviti na najveću vrednost, a kasnije, tokom izvođenja vežbe, tražiti povoljnije područje za merenje
5. Proveriti da li kazaljke svih instrumenata pokazuju nulu, te ukoliko je potrebno izvršiti korekciju pomoću korekcionog zavrtnja, ako se radi o analognim instrumentima
6. Pozvati nastavnika ili asistenta da proveri ispravnost spojene šeme i nakon odobrenja uključiti izvor za napajanje
7. Izvor priključiti preko kabla na utičnicu napona 220V, 50Hz na mernom stolu. Da bi utičnice na stolu bile pod naponom, potrebno je uključiti sklopku – preklopnik na stolu
8. Uključiti izvore i njihove napone podesiti prema zadatim vrednostima u konkretnoj vežbi
9. Izvršiti potrebna očitavanja instrumenata, odnosno vežbu izvesti u celini, kako je navedeno u uputstvu za konkretnu vežbu
10. Merni instrumenti moraju biti položeni horizontalno na stolu (ili u drugom položaju propisanom za konkretni instrument), jer je samo u tom položaju pokazivanje instrumenta tačno.
11. Nakon završetka vežbe, prvo isključiti sklopku na stolu, zatim isključiti i odspojiti izvore, nakon toga odspojiti sve elemente električnog kola i uredno ih odložiti na radni sto. Otpornike, kondenzatore i ostale elemente pri tome držati isključivo za izvode, da se ne bi oštetili
12. Provodnike za spajanje treba uredno složiti, ali ih ne treba savijati u kolutove i slično, jer se na taj način brzo oštete
13. Laboratoriju, odnosno radno mesto u celini, treba ostaviti u stanju u kakvom je zatečena kako bi bila spremna za dalji rad
14. Završna faza vežbe je izrada izveštaja o izvedenoj vežbi. Izveštaj se radi prema zahtevima iz uputstva za svaku vežbu, a prednja strana izveštaja mora sadržati lične podatke (ime, prezime i broj indeksa). Izveštaj se predaje nastavniku odnosno asistentu.

## PREDGOVOR

Ovaj praktikum je namenjen studentima Mašinskog fakulteta za predmet *Elektrotehnika sa elektronikom* u cilju poboljšanja kvaliteta nastave i izvođenja praktičnih laboratorijskih vežbi. Praktikum je koncipiran tako da sadrži uputstva za izvođenje laboratorijskih vežbi. U uvodnom delu svake od pet vežbi izložena je teorija koja se odnosi na datu vežbu, a posle svake izložene vežbe opisana je primenjena oprema, način rada i način prikazivanja dobijenih rezultata. Autori su svesni činjenice da ovakva koncepcija praktikuma može imati neke nedostatke i da su pri štampanju učinjene eventualne greške. Zbog toga će unapred biti zahvalni svima koji ukažu na eventualne propuste i greške.

u Nišu,  
maj 2015

Autori

## VEŽBA BR. 1

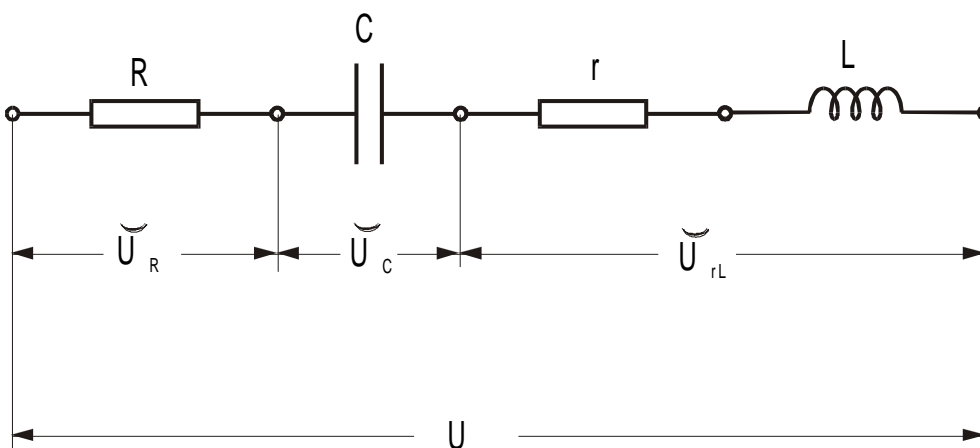
### MERENJA U KOLU NAIZMENIČNE STRUJE SA REDNOM VEZOM OTPORNIKA, KALEMA I KONDENZATORA

U kolu koje je prikazano na sl.1 redno su vezani otpornik otpornosti  $R$ , realni kalem otpornosti  $r$  (koja je naznačena na samom kalemu) i induktivnosti  $L$  i kondenzator kapacitivnosti  $C$  su priključeni na naizmjenični napon  $U$ . Neka je struja kroz ovu rednu vezu prostoperiodična funkcija vremena:  $i = i(t) = I_m \cos \omega t$ . Kompleksni predstavnik prostoperiodične struje je  $\tilde{I} = I_m e^{j\omega t} = I_m$ , a kompleksni predstavnici napona na pojedinim elementima kola su:

- na otporniku  $\tilde{U}_R = R\tilde{I}$  ... (1)

- na kondenzatoru  $\tilde{U}_C = (-j/\omega C)\tilde{I}$  ... (2)

- na kalemu  $\tilde{U}_{rL} = (r + j\omega L)\tilde{I}$  ... (3)



sl.1

Kompleksni predstavnik ukupnog napona  $\tilde{U}$  je jednak zbiru pojedinih kompleksnih predstavnika:

$$\tilde{U} = \tilde{U}_R + \tilde{U}_{rL} + \tilde{U}_C = R\tilde{I} + (r + j\omega L)\tilde{I} + (j/\omega C)\tilde{I} = \tilde{I}[R + r + j(\omega L - 1/\omega C)] \quad \dots (4)$$

Količnik kompleksnih predstavnika napona i struje je impedansa

$$\tilde{Z} = R + r + j(\omega L - 1/\omega C) = R_e + jX \quad \dots (5)$$

Realni deo impedanse je otpornost  $R_e$ , a imaginarni deo  $X$  se naziva reaktansa. Struja i impedansa zavise od kružne učestanosti  $\omega = 2\pi f$ . Kada u kolu nastupi rezonansa (naponska) ukupna reaktansa je  $X = 0$ , impedansa  $Z = R$ , a struja je u fazi sa naponom i ima maksimalnu vrednost. Iz uslova  $X = X_L - X_C = \omega L - 1/\omega C = 0$  nalazi se da je rezonantna kružna učestanost  $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ , a rezonantna učestanost  $f_0 = 1/2\pi\sqrt{LC}$

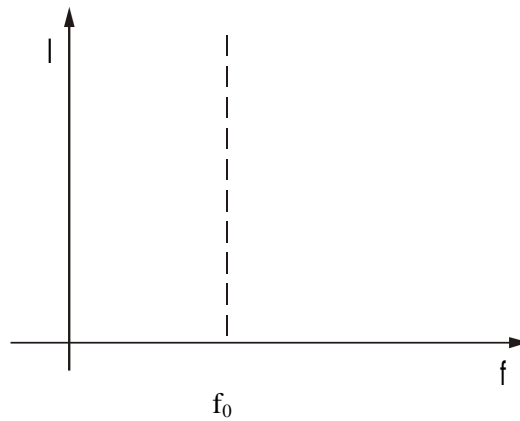
### ZADATAK

a) Izvršiti proveru šeme veza prema slici 2, priključiti napon  $U$ ,  $f=50\text{Hz}$ , izmeriti napone i struju u kolu. Na osnovu toga nacrtati fazorski dijagram i odrediti  $\varphi$  i  $\cos\varphi$ . Pri crtanju fazorskog dijagrama imati u vidu da je napon na otporniku u fazi sa strujom, da napon na kondenzatoru u odnosu na struju kasni za  $\pi/2$  i da napon na kalemu (zbog otpornosti kalema  $r$ ) prednjači u odnosu na struju za neki ugao manji od  $\pi/2$ . Dijagram se crta prema sl.3. Na faznoj osi se u određenoj razmeri nanese napon na



b) Umesto napona  $U$  kolo priključiti na generator TG prebacivanjem prekidača u položaj "2", ampermetrom meriti struje pri određenim učestanostima  $f$ , rezultate uneti u tabelu T-2 i na osnovu njih nacrtati dijagram  $I = I(f)$ . Za maksimalnu vrednost struje odrediti rezonantnu učestanost  $f_0$  i na osnovu nje pri poznatoj kapacitivnosti kondenzatora  $C$  odrediti induktivnost  $L$ .

$f(\text{Hz})$							
$I(\text{mA})$							



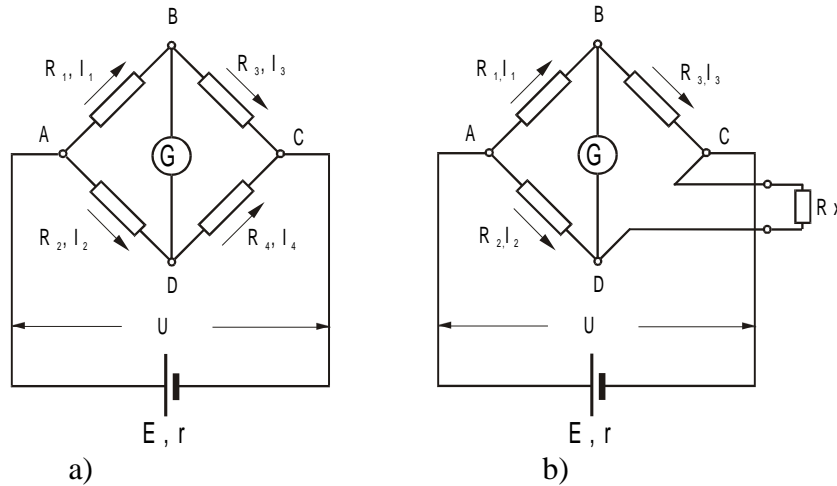
sl.4

## VEŽBA BR. 2

### MERNI MOSTOVI

#### 1. Vitstonov most

Vitstonov most (Weaston-ov most) se koristi za merenje otpornosti (otpornici, otporni pretvarači neelektričnih veličina u električne i sl.). Pomoću njega se mogu vršiti veoma precizna merenja iako je njegova konstrukcija veoma jednostavna (sl.1)



sl.1

Principijska šema mosta prikazana je na sl.1. Otpornici  $R_1$ - $R_4$  redno vezani obrazuju zatvorenu konturu u obliku kvadrata ili romba. U jednoj dijagonali (BD) je priključen indikator (npr. veoma osetljiv galvanometar), a na izvode druge dijagonale (AC) je priključen izvor za napajanje. U opštem slučaju vrednosti otpora  $R_1$ - $R_4$  mogu biti proizvoljne tako da kroz indikacioni instrument protiče struja. Međutim, u posebnom slučaju vrednosti  $R_1$ - $R_4$  tj. odnos njihovih vrednosti može biti takav da kroz indikacioni instrument ne protiče struja ( $I_x=0$ ). Potencijali tačaka B i D su jednaki ( $U_B=U_D$ ), a most je u ravnoteži. Pošto je struja u dijagonali kroz indikacioni instrument jednaka nuli to su struje:

$$I_1 = I_3 = \frac{U}{R_1 + R_3} \quad \text{i} \quad I_2 = I_4 = \frac{U}{R_2 + R_4} \quad \dots (1)$$

Napon između tačaka B i D je jednak nuli pa je:

$$U_{AB} = U_{AD}; U_{BC} = U_{DC}; U_{BD} = 0$$

sledi da je:

$$R_1 I_1 = R_2 I_2$$
$$\frac{U R_1}{R_1 + R_3} = \frac{U R_2}{R_2 + R_4} \quad \dots (2)$$

Iz poslednje jednačine sledi uslov koji moraju zadovoljiti vrednosti otpornosti  $R_1$ - $R_4$  da bi most bio u ravnoteži:

$$R_1 R_4 = R_2 R_3 \quad \dots (3)$$

Za konkretno merenje otpornosti pretpostavimo da je otpornik  $R_4$  (odn. grana CD na sl.2) nepoznat odn. da je

$$R_4 = R_x$$

Tada na osnovu gornje jednačine dobijamo:

$$R_1 R_x = R_2 R_3$$

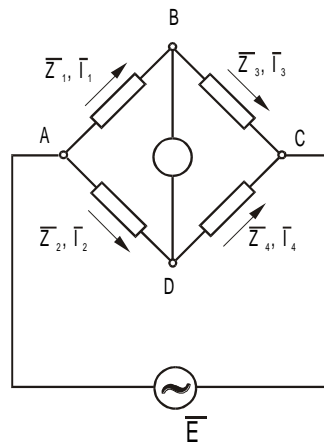
$$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_1} \quad \dots (4)$$

Na osnovu prethodnog izlaganja možemo zaključiti sledeće:

- merenje se vrši kada je most u ravnoteži i kad kroz indikator ne protiče struja tako da on ne utiče na ishod merenja
- u jednačini (4) ne figuriše napon za napajanje (U) kao i otpornosti priključnih vodova tako da male promene njihovih vrednosti ne utiču na ishod merenja
- Vitstonov most je u ravnoteži kada su proizvodi otpornosti u suprotnim granama kola međusobno jednaki

## 1.2. Most za naizmenničnu struju

Mostovi za naizmenničnu struju se koriste za merenje induktivnosti, kapacitivnosti, impedanse i učestanosti. U granama kola koje formiraju zatvorenu konturu nalaze se impedanse  $Z_1, Z_2, Z_3$  i  $Z_4$ . U jednoj dijagonali kvadrata nalazi se indikator, dok je na izvore druge dijagonale priključen generator struje.



sl.2

U opštem slučaju kada impedanse  $Z_1, Z_2, Z_3$  i  $Z_4$  imaju proizvoljne vrednosti kroz sve grane kola kroz indikator će proticati struja.

Do uslova za ravnotežu mosta dolazi se na sličan način kao i kod Vitstonovog mosta. Pošto kroz granu sa indikatorom ne protiče struja to je:

$$\check{I}_1 \check{Z}_1 = \check{I}_2 \check{Z}_2 \quad \dots (5)$$

Na osnovu toga sledi da je uslov ravnoteže impedansi:

$$\check{Z}_1 \check{Z}_4 = \check{Z}_2 \check{Z}_3 \quad \dots (6)$$

a kako je  $\check{Z}_i = \check{Z} = Z_i e^{t\varphi}$  to se uslov ravnoteže može napisati u obliku sistema jednačina:

$$Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3 \quad \dots (7)$$

$$\varphi_1 + \varphi_4 = \varphi_2 + \varphi_3$$



S obzirom na vrstu impedanse razlikuju se Maxwell-ov, Desotijev, Vinov i sl. mostovi.

## ZADATAK

Izvršiti proveru šeme veza na maketi Vitstonovog mosta prema slici. Priključiti izvor napajanja i izvršiti merenja otpornosti:

- merne trake otpora  $R_T$  u jednoj grani mosta
- kalema otpora  $R_K$  pre i posle zagrevanja
- obrtnog potenciometra  $R(\alpha)=k\alpha$  u krajnjem i jednom proizvoljnom položaju

## ŠEMA VEZE OPREME I MERNI INSTRUMENTI

Šema veze opreme i mernih instrumenata je prema sl.1b

## POSTUPAK PRI MERENJU I OBRADA REZULTATA MERENJA

a) Na mestu otpornika  $R_x$  ( $R_4$ ) priključi se konzola sa zalepljenom mernom trakom MT. Promenom otpornosti  $R_2$  dovede se most u ravnotežu i kako su  $R_1$  i  $R_3$  poznati izračuna se (jed.4) otpornost  $R_T$ . Isti postupak se ponovi posle opterećivanja konzole silom  $F$  ( $F=mg$ )

### MERNA TRAKA

	$R_2$	$R_x$
neopterećen		
opterećen		

Tabela T-1

b) Na mestu otpornika  $R_4$ ( $R_x$ ) priključi se kalem sa namotajima od bakarnog provodnika i na sobnoj temperaturi (koja se očitava na termometru) i izmeri otpornost  $R$ . Zatim se kalem priključi na napon  $U=...$  (V). Usled proticanja struje kalem se zagreje ( $P = R_K I^2$ ). Po isteku vremenskog intervala od 15min ponoviti merenje otpornosti kalema.

### KALEM

	$R_2$	$R_x$	$t^\circ$
hladno			
zagrejano			

Tabela T-2

c) Obrtni potenciometar se jednim krajnjim i srednjim izvodom veže umesto otpornika  $R_4$ . Izmeri se maksimalna vrednost otpora  $R_m$  u krajnjem položaju, zatim se osovina potenciometra postavi u proizvoljan položaj  $R_x$ , izmeri otpor i izračuna ugao pomeranja. Potrebno je da se rezultati merenja unesu u tabelu.

### OBRTNI POTENCIOMETAR

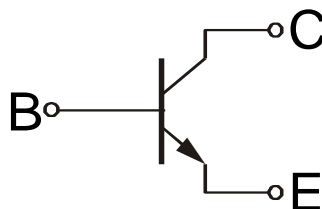
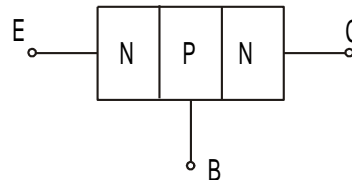
	$R_2$	$R_x$	$\alpha$
$R_m$			
$R(\alpha)$			

Tabela T-3

## VEŽBA BR. 3

### EKSPERIMENTALNO ODREĐIVANJE STATIČKIH KARAKTERISTIKA TRANZISTORA TIPA NPN

Bipolarni tranzistor je celina dva PN spoja sa zajedničkim srednjim slojem (bazom). Spoljašnji slojevi se nazivaju emitor (E) i kolektor (C). Kod tranzistora tipa NPN srednji sloj (oblast) je poluprovodnik P-tipa. Spoljni izvori napajanja kola sa tranzistorima se priključuju tako da je spoj emitera i baze polarisan u direktnom smeru, a spoj kolektora i baze u inverznom smeru. Pošto tranzistor ima tri izvoda postoje i tri različita načina vezivanja u ulazno i izlazno kolo: sa zajedničkim emiterom, zajedničkim kolektorom i zajedničkom bazom. U praksi se koristi najčešće sprega sa zajedničkim emiterom. Sa ovom spregom se postiže i strujno i naponsko pojačavanje ulaznog signala, a ulazna struja (struja baze) je znatno manja od kolektorske (izlazne) struje. Za korišćenje tranzistora je od velikog značaja njegova izlazna karakteristika:  $I_c=f(U_{ce})$  za  $I_b=const.$



Strujno pojačanje tranzistora u sprezi sa zajedničkim emiterom se definiše kao odnos kolektorske i bazne struje

$$\beta = \frac{I_c}{I_b}$$

#### 1. ZADATAK

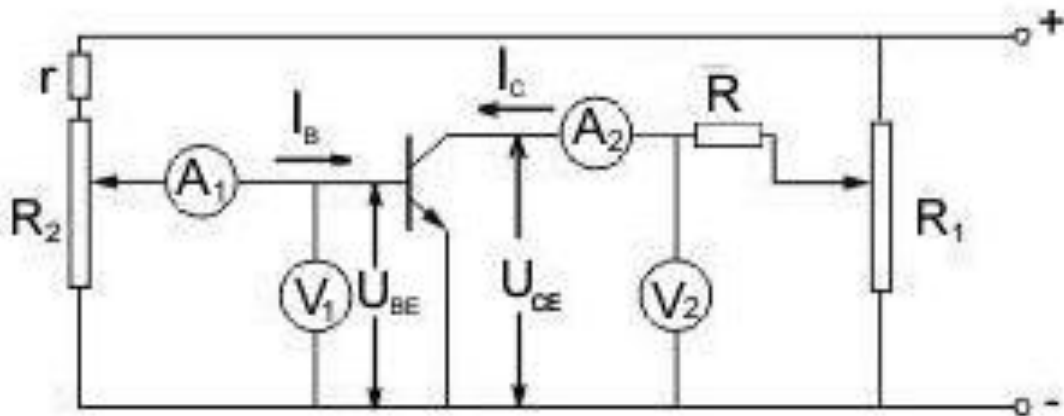
Povezati kolo sa tranzistorom prema šemi na maketi, priključiti napajanje i snimiti izlaznu karakteristiku. Priključiti potrošač R između kolektora i izvora za napajanje i pratiti promene napona i struje potrošača pri promeni struje baze.

#### 2. OPREMA I MERNI INSTRUMENTI

Maketa kola tranzistora NPN tipa na kojoj se nalaze:

- reostat  $R_1$  pomoću koga se podešava napon u kolu kolektora
- reostat  $R_2$  pomoću koga se podešavaju vrednosti napona i struje u kolu baze
- tranzistor NPN, tipa 2N 3054 sa priloženom karakteristikom deklarisanom od strane proizvođača
- potrošač, otpornik R i otpornik r za ograničenje struje baze
- ampermetri  $A_1$  i  $A_2$  za merenje jačine struje u kolima kolektora
- voltmetri  $V_1$  i  $V_2$  za merenje napona u kolima baze i kolektora

### 3. ŠEMA VEZE OPREME I MERNIH INSTRUMENTATA



### 4. POSTUPAK PRI MERENJU

**Izlazne karakteristike:** postavi se reostat R1u položaj pri kome je  $U_{ce}=0V$  i pomoću potenciometra podesi struja baze na vrednost  $I_b=0.1mA$ . Pomoću reostata R1 se podešavaju u intervalima vrednosti  $U_{ce}$  a u opsegu 0-6V. Rezultati očitavanja mernih instrumenata pri pojedinim vrednostima  $U_{ce}$  se unose u donju tabelu. Zatim se postupak merenja ponavlja za vrednosti struja baze  $I_b=0.2mA$  i  $I_b=0.3mA$ .

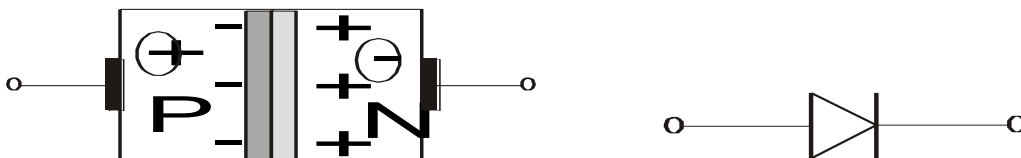
	$I_b(mA) = 0.1mA$		$I_b(mA) = 0.2mA$		$I_b(mA) = 0.3mA$	
	$U_{ce}(V)$	$I_c(mA)$	$U_{ce}(V)$	$I_c(mA)$	$U_{ce}(V)$	$I_c(mA)$
1	0		0		0	
2	0.3		0.3		0.3	
3	0.5		0.5		0.5	
4	1.5		1.5		1.5	
5	3.0		3.0		3.0	
6	4.5		4.5		4.5	
7	6.0		6.0		5.0	

Na osnovu rezultata i z tabele nacrtati izlaznu karakteristiku tranzistora ( $I_c=f(U_{ce})$ ,  $I_b=const.$ )

## VEŽBA BR. 4

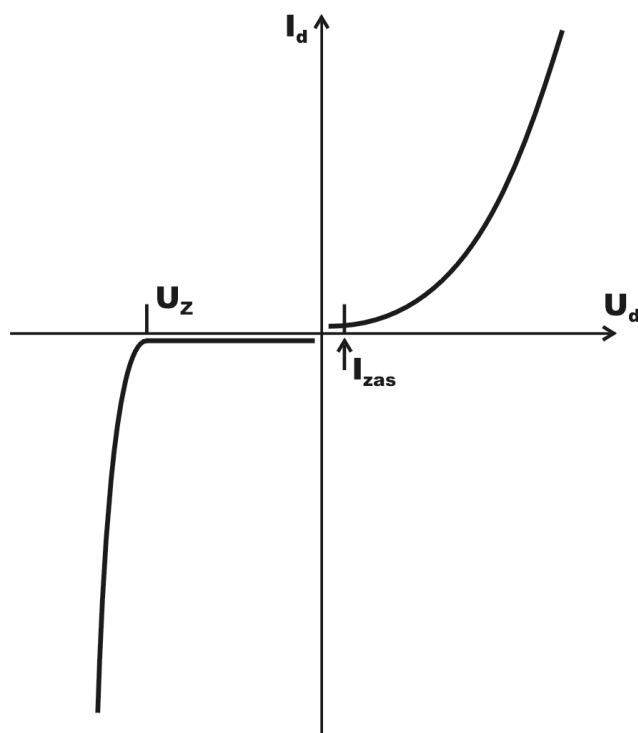
### ODREĐIVANJE STATIČKE KARAKTERISTIKE POLUPROVODNIČKE DIODE

Poluprovodnička dioda je elektronska komponenta dvoslojne strukture od poluprovodnika P i N tipa. Kada dioda nije uključena u električno kolo na P strani spoja postoji velika koncentracija šupljina (+), a na N strani velika koncentracija slobodnih elektrona (-). Zbog difuzije šupljina u N područje i elektrona u P područje formira se prelazni sloj širine reda  $1\mu\text{m}$  kao potencijalna barijera koja sprečava dalju difuziju.



sl.1

a) Pri vezivanju diode u kolo u direktnom provodnom smeru (A na +, K na -) nastaje kretanje šupljina ka N strani i elektrona ka P strani spoja. Gubitak nosioca naelektrisanja usled kombinacije se nadoknađuje iz izvora EMS. Potencijalna barijera se smanjuje, P-N spoj provodi struju, a otpornost P-N spoja je mala. Struja se ograničava otpornikom  $R_2$  (sl.1).



sl.2

b) Kada se dioda veže u neprovodnom inverznom smeru (A na -, a K na +) potencijalna barijera se povećava i otežava prelazak nosioca naelektrisanja preko spoja pa je struja kroz diodu mala. Dioda u inverznom smeru ima veliku otpornost. Pri velikoj vrednosti inverznog napona struja naglo raste i za male promene napona. Pri nekoj vrednosti napona  $U_z$  dolazi do proboja.

#### ZADATAK

Povezati električno kolo sa diodom D prema datim šemama:

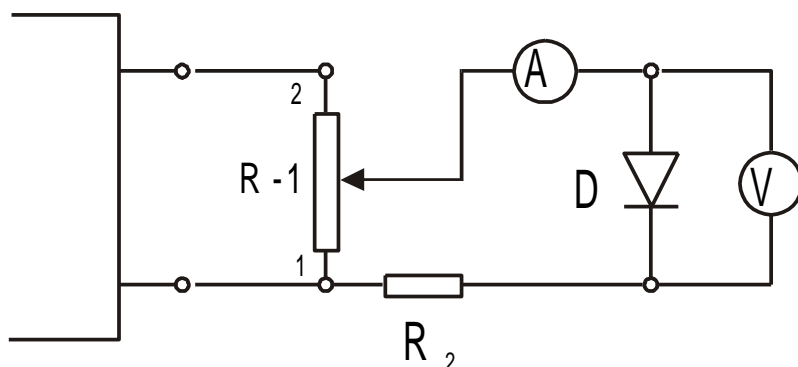
- na sl.1 za vezu diode u direktnom smeru i
- na sl.2 za vezu diode u inverznom smeru

Uključiti izvor za napajanje i izvršiti merenja. Rezultate merenja uneti u tabelu T-1 i izračunati otpore diode  $R_d$ . Na osnovu rezultata merenja nacrtati  $I_d = F(U_d)$  karakteristiku diode.

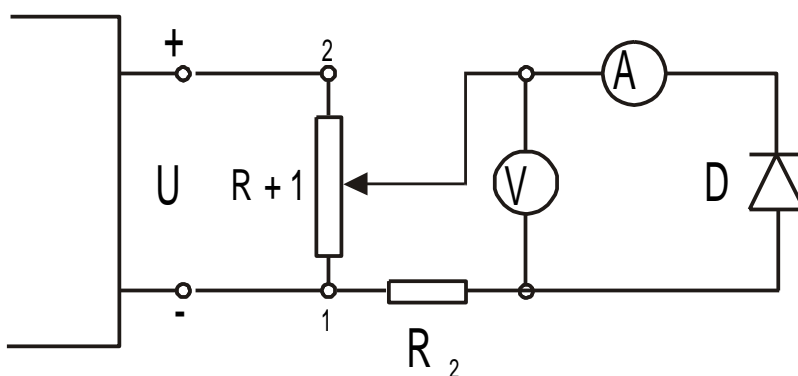
## 2. OPREMA I MERNI INSTRUMENTI

- izvor za napajanje jednosmernom strujom
- reostat R-1 za podešavanje napona na diodi  $U_d$
- otpornik  $R_2=10/15\text{ W}$  za ograničenje vrednosti struje kroz diodu
- poluprovodničke diode tipa AY (germanijum) i BY (silicijum)
- voltmetar V za merenje napona na diodi  $U_d$
- ampermetar A za merenje struje kroz diodu  $I_d$

### 3.ŠEMA VEZE OPREME I MERNIH INSTRUMENATA



sl. 3 Veza diode u provodnom smeru



sl. 4 Veza diode u inverznom smeru

### 4. POSTUPAK PRI MERENJU

Pre početka merenja i uključivanja izvora za napajanje merni instrumenti se postave na opsege:  $I_{-}$  i  $U_{-}$ , a reostat R-1 u položaj 1 ( $R=0$ )

#### Merenje karakteristike u direktnom smeru

- povezati kolo prema slici 3.
- uključiti izvor za napajanje
- merne opsege postaviti na  $U_{-} = 1V$ ,  $I_{-} = 100mA$
- pomeranjem klizača na reostatu R-1 podešava se vrednost struje na diodi  $I_d$ . Za svaku vrednost struje očitava se vrednost napona na diodi. Maksimalna dozvoljena vrednost struje je  $I_d = 1,2A$

Uključenjem izvor za napajanje i merni instrumenti postave se na merne opsege  $U_{-}=0.6V$  i  $I_{-}=0.6mA$ . Pomeranjem klizača reostata podešava se vrednost napona na diodi  $U_d$  od vrednosti  $U_d=0.1V$  i za svaku podešenu vrednost očitava pokazivanje ampermetra. Promene mernih opsega vršiti kada kazaljka dostigne krajnju delu na opsegu na kome se vrši merenje.

#### Merenje karakteristike u direktnom smeru

- povezati kolo prema slici 4.
- uključiti izvor za napajanje

- merne opsege postaviti na  $U_ = 10V$ ,  $I_ = 1mA$
- pomeranjem klizača na reostatu R-1 podešava se vrednost struje na diodi  $I_d$ . Za svaku vrednost struje očitava se vrednost napona na diodi. Pri merenju karakteristike za vezu u inverznom smeru polazi se od napona  $U_d=1V$ .

Izvršiti po 10 merenja za svaku vezu i rezultate uneti u tabelu T-1, izračunati otpornosti diode za svako merenje i na osnovu toga nacrtati  $I_d=F(U_d)$  karakteristiku.

tabela T-1

Redni broj merenja	Provodni smer			Inverzni smer		
	I(mA)	U(V)	$R_d(\Omega)$	$I_{\mu A}$	U(V)	$R_{in}(k\Omega)$
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						

Izračunati otpornost diode za svako merenje koristeći obrazac:  $R_D = \frac{U_D}{I_D}$

## VEŽBA BR. 5

### ODREĐIVANJE KARAKTERISTIKE ELEKTROMAGNETA

Elektromagnet jednosmerne struje prikazan na slici se sastoji od kalema (1) sa N-namotaja i magnetnog kola (2-jaram odn. jezgro, 3-kotva i 4-radni vazdušni zazor). Kada kroz namotaj kalema teče struja između jezgra i kotve deluje privlačna sila koja se u homogenom polju (pri malim rastojanjima kotve i jarma) izračunava na osnovu Maksvelove formule:

$$F = B^2 S / 2\mu_0$$

gde je B-magnetna indukcija, S-površina polova ( $S=2S_0$ ), a  $\mu_0$ - magnetna permeabilnost vakuma odn. vazdušnog zazora.

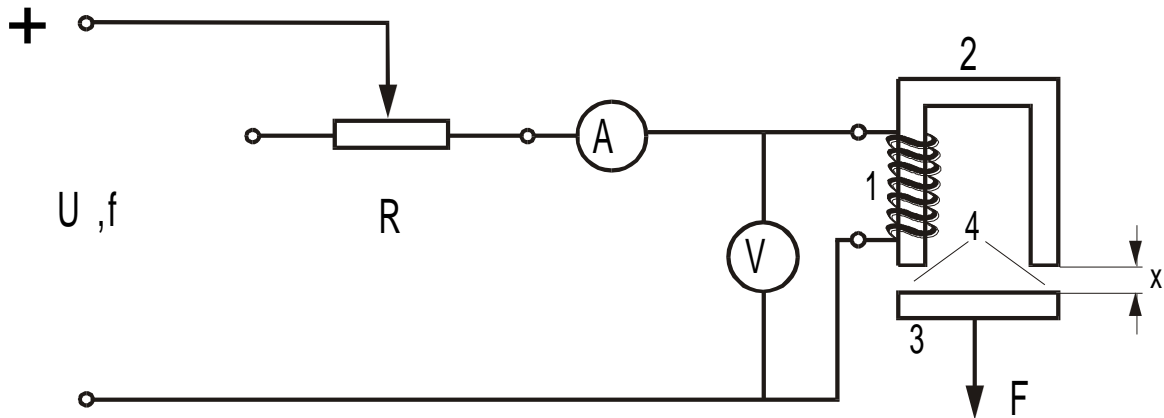
Pri većem međusobnom rastojanju kotve i jarma sila zavisi od struje I kroz namotaj kalema i međusobnog rastojanja kotve i jarma (x) tako da je  $F = F(I, x)$ . Za primenu elektromagneta značajna je:

- **mehanička karakteristika  $F = F(x)$  pri konstantnoj struji ( $I = const$ )**

#### ZADATAK

Izmeriti vrednosti sile u zavisnosti od struje pri rastojanjima  $x_1, x_2, x_3$  i  $x_4$  kotve i nacrtati dijagram  $F = F(x)$  za  $I = const$

#### ŠEMA VEZA OPREME I MERNIH INSTRUMENATA

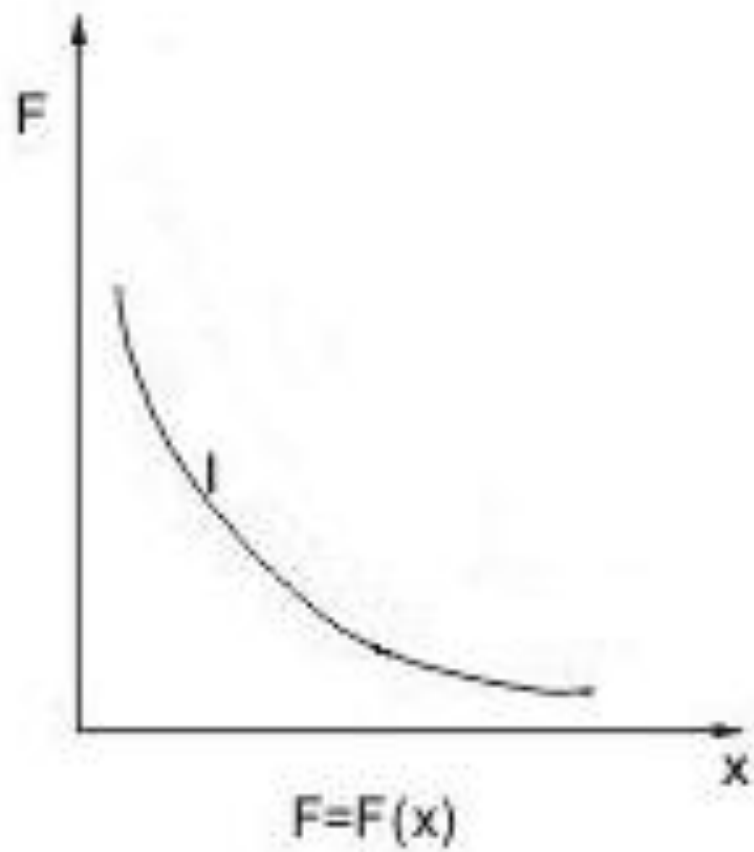


#### POSTUPAK PRI MERENJU I OBRADA REZULTATA MERENJA

Pomoću reostata R podesiti napon struje na vrednost  $U = 3.3V = const.$  i izmeriti sile potrebne za odvajanje kotve kada se ona nalazi na rastojanjima  $x_1, x_2, x_3$  i  $x_4$  od jarma. Rezultate merenja uneti u tabelu.

x(mm)				
F(N)				

Na osnovu rezultata merenja nacrtati dijagram  $F = F(x)$ .





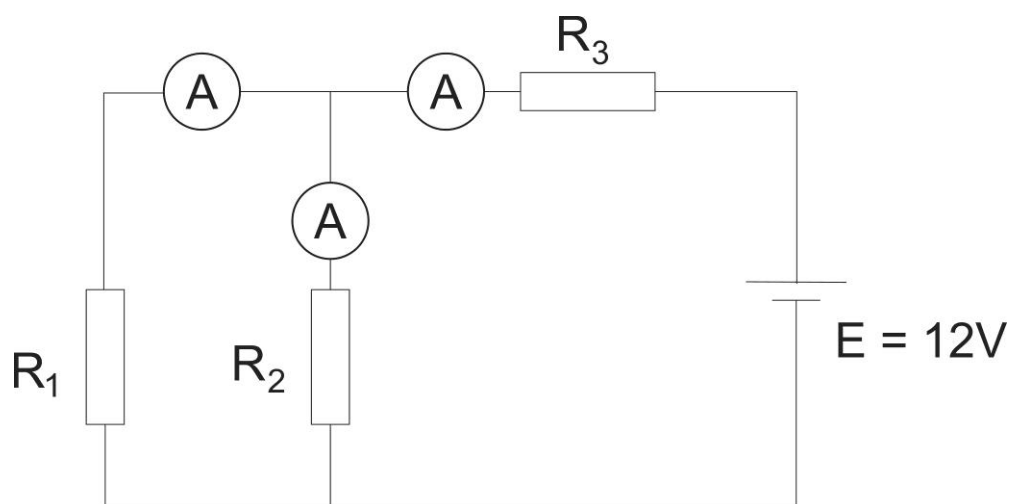
## VEŽBA BR. 6

### KIRHOFOVI ZAKONI

#### 1. CILJ VEŽBE

Eksperimentalno proveriti I Kirhofov zakon za jedan čvor složenog električnog kola. Računski i eksperimentalno proveriti II Kirhofov zakon.

#### 2. ŠEMA VEZE OPREME I MERNIH INSTRUMENTATA



#### 3. TEORIJSKI DEO

**Prvi Kirhofov zakon:** algebarski zbir struja u čvoru električnog kola jednak je nuli.

$$\sum_{i=1}^k I_i = 0$$

**II Kirhofov zakon glasi:** algebarski zbir elektrootpornih i elektromotornih sila po proizvoljno izabranoj zatvorenoj konturi jednak je nuli.

$$\sum_{i=1}^k E_i - \sum_{i=1}^n R_i I_i = 0$$

Pre dolaska na vežbe treba:

- Proračunati vrednosti struja i odrediti stvarne smerove struja
- Izabrati jednu konturu na električnom kolu i proračunati struje i padove napona na otpornicima  $R_1 = 465\Omega$ ,  $R_2 = 355\Omega$  i  $R_3 = 670\Omega$

#### 4. POSTUPAK PRI MERENJU

Povezati ampermetre prema priloženoj šemi. Proveriti da li su instrumenti podešeni za adekvatno merenje veličina. Priključak + ampermetra se uvek priključuje na tačku višeg potencijala. Izmeriti struje u kolu. Isključiti izvor napajanja. Odvojiti ampermetre i na njihova mesta ubaciti kratkospojnike. Priključiti

voltmetar. Izmeriti padove napona na otpornicima vodeći računa da se priključak + vezuje na viši potencijal otpornika. Uneti izmerene brojne vrednosti u tabelu i uporediti sa izračunatim vrednostima. Proveriti da li su zadovoljeni I i II Kirhofov zakon.