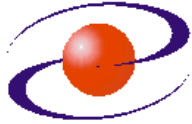


	<b>UNIVERZITET CRNE GORE ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET</b>		
<b>STUDIJSKI PROGRAM:</b>	<i>Energetika i automatika</i>		
<b>PREDMET:</b>	<b><i>ELEKTRIČNA MJERENJA</i></b>		
<b>FOND ČASOVA:</b>	<b><i>2+1+1</i></b>		

## LABORATORIJSKA VJEŽBA BROJ 4 i 5

<b>NAZIV:</b>	<b><i>MOSTOVI ZA JEDNOSMJERNU STRUJU</i></b>
<b>CILJEVI VJEŽBE:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mjerenje nepoznate otpornosti korišćenjem Wheatston-ovog mosta</li> <li>- Mjerenje nepoznate otpornosti korišćenjem Thompson-ovog mosta</li> <li>- Upotreba unimjera</li> </ul>	
<b>POTREBAN PRIBOR:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- kalkulator,</li> </ul>	

**IME I PREZIME:** \_\_\_\_\_.

**BROJ INDEKSA:** \_\_\_\_\_.

<b>BROJ POENA:</b>	
<b>OVJERAVA:</b>	
<b>DATUM:</b>	

## 1. APARATURA

Na raspolaganju su sljedeći uređaji i oprema:

- Wheatston-ov most VEB Mellebbach
- Thompson-ov most Praz-Kurbelmebbrucke
- Unimjer
- Pomoćna oprema



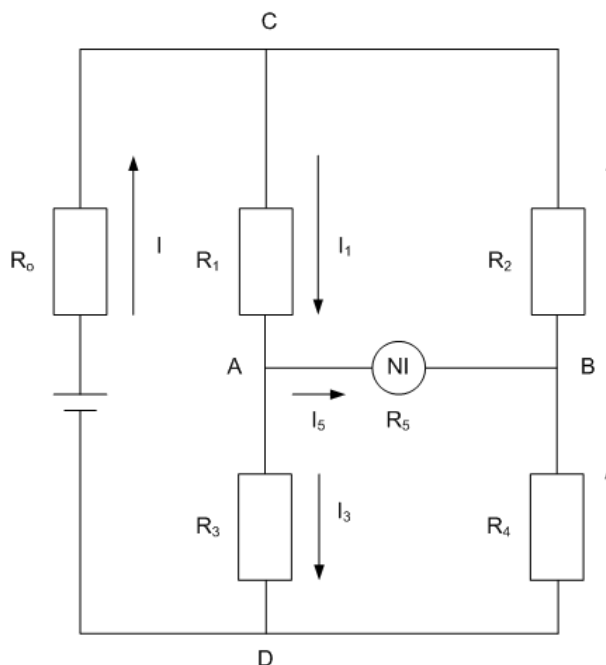
## 2. TEORIJSKA OSNOVA LABORATORIJSKE VJEŽBE

Mjerne metode omogućavaju mnogo tačnija mjerenja od mjernih instrumenata sa direktnim očitavanjem, pa se često koriste najpreciznija mjerenja i baždarenja. Od mjernih metoda najtačnije su “nulte metode”, kod kojih se mjerena veličina upoređuje sa poznatom veličinom podešavajući pokazivanje indikatora na nulu. Od nultih metoda najpoznatije su mostne i kompenzacione metode. Maksimalno dozvoljeni napon koji se može priključiti na most propisuje se od strane proizvođača, čime se obezbjeđuju pojedini elementi mosta od pregorijevanja.

Jedan od osnovnih uslova za postizanje odgovarajuće tačnosti mjerenja pomoću mostnih metoda jednosmjerne struje je zadovoljavajuća osjetljivost nulindikatora, koji mora obezbijediti uočljive otklone i za male promjene otpora u granama mosta. Stoga se definiše pojam relativne mjerne nesigurnosti  $\delta_{min}$  koji je funkcija otpora i osjetljivosti nulindikatora, otpora grana mosta i napona na mostu. Osim relativne mjerne nesigurnosti kvalitet mosta određen je i granicama grešaka upotrijebljenih elemenata u mostu (prvenstveno se misli na otpornike, otpore spojnih vodova i njihovih spojnih mjesta). Zagrijavanje pojedinih spojnih mjesta u mostovima može prouzrokovati termonapone, koji mogu izazvati znatne greške mjerenja. Da bi se izbjegao uticaj kontaktnih otpora i promjene otpora vodova, pri mjerenju malih otpora, otpornici manji od  $1\ \Omega$  moraju imati četiri stezaljke, i dvije dvije naponske (direktno na krajevima žice) i dvije strujne.

Najpoznatiji mostovi jednosmjerne struje su Wheatston-ov i Thompson-ov most. Wheatston-ov most služi za mjerenje većih otpora ( $1\ \Omega$  do nekoliko desetina  $M\Omega$ ), a Thompson-ov most za mjerenje malih otpora ( $1\ \Omega$  do  $10^{-7}\Omega$ ).

Principijelna šema Wheatstonovog mosta data je na Slici 2.1.



Slika 2.1 Wheatston-ov most

Most se napaja iz izvora jednosmjernog napona ( $E$ ), a razlika potencijal  $U_{AB}$  kontroliše se indikatorom napona ili struje, čija je skala kalibrisana za pozitivne i negativne vrijednosti u odnosu na sredinu skale označene nulom. Pogodnom kombinacijom otpora može se podesiti da kroz nulindikator ne teče struja ( $I_5=0$ ), te se tada kaže da je most uravnotežen. Tada važi da su padovi napona jednaki na otpornicima  $R_1$  i  $R_2$ , odnosno  $R_3$  i  $R_4$ . Odnosno, imamo da važi:

$$\begin{aligned} I_1 R_1 &= I_2 R_2 \\ I_3 R_3 &= I_4 R_4 \end{aligned} \quad (1)$$

S obzirom da je  $I_5=0$ , onda je  $I_1=I_3$  kao i  $I_2=I_4$ , te se dijeljenjem gornjih jednačina dobija:

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4} \quad (2)$$

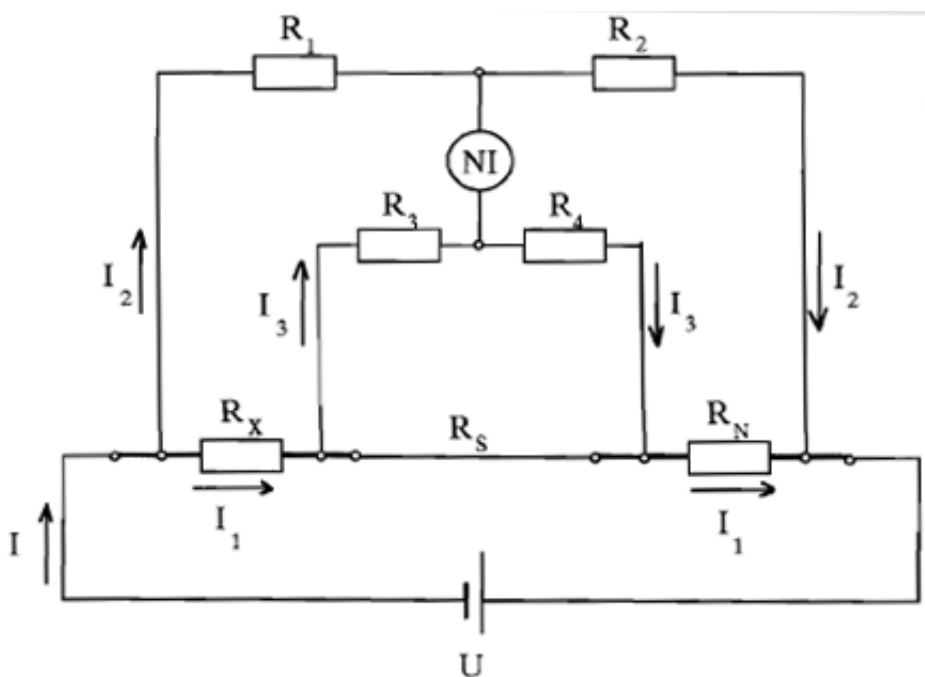
odnosno,

$$R_1 = R_x = R_2 \frac{R_3}{R_4} \quad (3)$$

Za određivanje nepoznatog otpora potrebno je poznavati jedan od preostala tri otpora i odnos druga dva ( $R_3/R_4$  ili  $R_2/R_4$ ). Iz opšteg uslova ravnoteže mosta mogu se istaći nekoliko bitnih zaključaka:

- uslov ravnoteže mosta nezavistan je od vrijednosti napona i izlazne impedanse generatora za napajanje
- uslov ravnoteže mosta nezavistan je od osjetljivosti nulindikatora i impedanse indikatora
- Uslov ravnoteže neće se promijeniti ako izvor i nulindikator zamijene mjesta

Principijelna šema Thompsonovog mosta koji služi za mjerenje malih otpora, prikazana je na slici 2.2.



Slika 2.2 Thompsonov most

Mjerenje malih otpora uvijek zahtijeva da mjerni otpornik ima četiri priključka: dva strujna, pomoću kojih se otpornik uključuje u kolo izvora napajanja mosta, i dva naponska između kojih se mjeri otpor (tačno definišu početak i kraj tih otpora). Prelazni otpori strujnih priključaka i otpor dovoda uključuju se u otpor provodnika  $R_5$ . Prelazni otpori naponskih priključaka i otpori dovoda uključuju se odgovarajućim otporima u granama mosta. Za eliminisanje uticaja prelaznih otpora i otpora dovoda neophodno je birati veće otpore  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  i  $R_4$ .

Pri ravnoteži mosta kroz nulindikator ne teče struja ( $I_5=0$ ), pa se mogu pisati sljedeće relacije:

$$I_2 R_1 = I_1 R_x + I_3 R_3 \quad (4)$$

$$I_2 R_2 = I_1 R_N + I_3 R_4 \quad (5)$$

$$I_3 = I_1 \frac{R_5}{R_4 + R_3 + R_5} \quad (6)$$

Izraz za određivanje nepoznate otpornosti je:

$$R_x = R_N \frac{R_1}{R_2} + \frac{R_4 R_5}{R_3 + R_4 + R_5} \left( \frac{R_1}{R_2} - \frac{R_3}{R_4} \right) \quad (7)$$

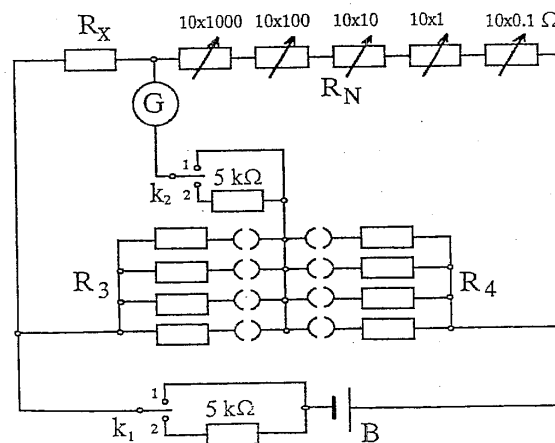
Pri uspostavljenoj ravnoteži mosta imamo da je  $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} = n$ , te se prethodn relacija svodi na:

$$R_x = R_N \frac{R_1}{R_2} = n \cdot R_N \quad (8)$$

### 3. ZADACI LABORATORIJSKE VJEŽBE

- 1) Pomoću Wheatston-ovog mosta izmjeriti:
- otpor redno i paralelno vezanih sijalica S1 i S2;
  - otpor predotpornika za voltmetar;
  - otpor nekoliko otpornika sa dekadne kutije otpora.

A) Električna šema Wheatston-ovog mosta data je na Slici 3.1.



Slika 3.1 Šema Wheatston-ovog mosta

#### B) Pribor:

W - Wheatstonov most sa dekadnom kutijom otpora  $R_N$ , prekidačima  $k_1$ ,  $k_2$ , i otpornicima od 5000 i 2 za strujnu zaštitu mosta i galvanometra G ;  
 G - galvanometar (mikroampemetar sa nulom na sredini skale), sa strujnim područjem od 0 do 100 mA;  
 B - baterija za napajanje 4.5 V.

#### C) Uputstvo za rad

Sa aktiviranim strujnim zaštitama mosta i galvanometra (prekidači  $k_1$ , i  $k_2$  su u položaju 2) izabere se odgovarajuće mjerno područje  $R_3/R_4$ , u zavisnosti od reda veličine mjerenog otpora. Ravnoteža na mostu se postiže podešavanjem otpora  $R_N$ , na dekadnoj kutiji otpora. Zatim se pristupa identičnom postupku sa prekidačem  $k_1$  u položaju 1, i prekidačem  $k_2$  u položaju 2, i, konačno, sa oba prekidača u položaju 1, u cilju postizanja što tačnijih rezultata mjerenja. Nepoznati otpor je:

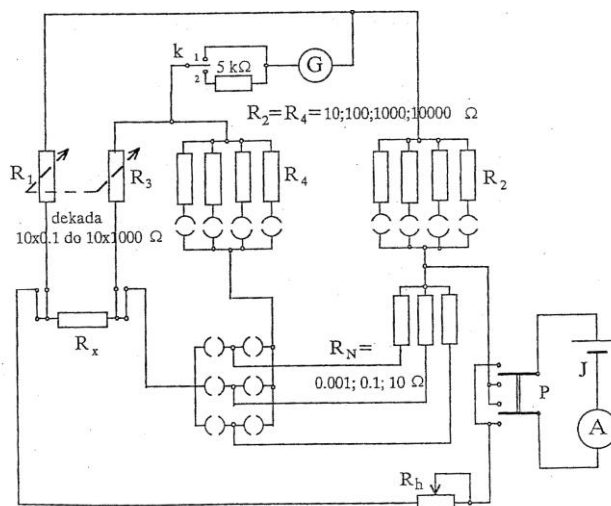
$$R_x = \frac{R_3}{R_4} R_N$$

D) Nakon izvršenog mjerenja popuniti datu tabelu i izračunati vrijednosti nepoznatih otpornosti:

Otpornik	$R_3(\Omega)$	$R_4(\Omega)$	$R_N(\Omega)$	$R_x(\Omega)$
$S_1+S_2$				
$S_1 \parallel S_2$				
Predotpor				
Dekadna kutija				

2) Pomoću Thompson-ovog mosta izmjeriti vrijednosti otpora bakarne, aluminijske i feromagnetne žice.

A) Električna šema Thompson-ovog mosta data je na Slici 3.2.



Slika 3.2 Šema Thompsonovog mosta

B) Pribor:

$J'$ - stabilisani izvor za napajanje (0-40) V, (0-1 5) A;

A - ampermetar sa kretnim kalemom;

P - preokretnik;

R, r - primjerak žice čiji se otpor mjeri;

R, - potencijometar 4.5 A, 10 Q;

TM- Thomsonov most;

G - galvanometar.

C) Uputstvo za rad

Sa aktiviranom strujnom zaštitom galvanometra G (prekidač k u položaju 2) izabere se odgovarajuće mjerno područje  $R_N / R_4$  u zavisnosti od reda veličine mjerenog otpora. Ravnoteža mosta se postiže podešavanjem otpora  $R_3$  na dekadnoj kutiji otpora. Zatim se pristupa identičnom postupku bez strujne zaštite galvanometra G (prekidač k u položaju 1), u cilju postizanja što tačnijih rezultata mjerenja. Svako mjerenje treba izvršiti dva puta sa promijenjenim smjerovima struja

(pomoću preokretnika  $P$ ). Na taj način se izbjegavaju greške usljed termoelektričnih napona i uticaja stranih magnetskih polja. Stvarna vrijednost otpora  $R_3$  se uzima kao aritmetička sredina otpora  $R_{31}$  i  $R_{32}$ , dobijenih na ovaj način.

D) Nakon izvršenog mjerenja popuniti datu tabelu i izračunati vrijednosti nepoznatih otpornosti:

otpor	$d(m)$	$S(m^2)$	$R_N(\Omega)$	$R_4(\Omega)$	$R_{31}(\Omega)$	$R_{32}(\Omega)$	$R_3(\Omega)$	$R_x(\Omega)$	$R(\Omega)$	$\rho(\Omega m)$
Al										
Cu										
Fe I										
Fe II										

$$S = d^2 \pi / 4$$

$$R_z = 7.57 \text{ m}\Omega$$

$$l = 1.1 \text{ m}$$

$$R_x = \frac{R_3}{R_4} R_N$$

$$R = R_x - R_z$$

$$\rho = RS/l$$

## **4. ZAKLJUČAK**