

1.1.1.2 Razred instrumenta je dan na vsakokratno izmerjeno vrednost

Absolutna meja pogreška:

$$E_m = \pm \frac{r}{100} x_i . \quad (1.3)$$

Relativna meja pogreška:

$$e_m = \pm \frac{E_m}{x_i} = \pm \frac{r}{100} . \quad (1.4)$$

Razred instrumenta je označen tako: $\textcircled{\mathbf{r}}$.

1.1.2 Meja pogreška pri digitalnih merilnih instrumentih

Za digitalne merilne instrumente proizvajalci običajno navedejo mejo pogreška, sestavljeno iz dveh delov, iz dela, ki se nanaša na izmerjeno vrednost x_i in dela, ki se nanaša na merilni doseg x_D , na primer:

$$\begin{aligned} E_m &= \pm(0,05\% \cdot x_i + 0,02\% \cdot x_D) \\ e_m &= \pm \frac{E_m}{x_i} . \end{aligned} \quad (1.5)$$

Namesto z merilnim dosegom izrazijo proizvajalci včasih delež meje pogreška, ki se nanaša na merilni doseg s številom digitov d , na primer:

$$E_m = \pm(0,05\% \cdot x_i + 2d) . \quad (1.6)$$

Digit je vrednost merjene veličine, ki ustreza najmanjšemu decimalnemu mestu na instrumentu, oz. njegovi ločljivosti. Relativno mejo pogreška e_m izrazimo enako kot v prejšnjem primeru.

1.1.3 Meja pogreška pri posredno merjenih veličinah

Posredno merjena veličina je funkcija ene ali več spremenljivk, na primer:

$$y = f(x) . \quad (1.7)$$

Sprememba x za dx spremeni y za dy

$$y + dy = f(x + dx) . \quad (1.8)$$

Desno stran enačbe razvijemo v Taylorjevo vrsto, zanemarimo člen drugega in višjih redov:

$$\begin{aligned} y + dy &= f(x) + f'(x) \cdot dx \\ dy &= f'(x) \cdot dx . \end{aligned} \quad (1.9)$$

Izraženo s končnimi spremembami:

$$\Delta y = f'(x) \cdot \Delta x . \quad (1.10)$$

Za funkcije več spremenljivk velja:

$$\Delta y = \frac{\partial y}{\partial x_1} \cdot \Delta x_1 + \frac{\partial y}{\partial x_2} \cdot \Delta x_2 + \dots + \frac{\partial y}{\partial x_N} \cdot \Delta x_N = \sum_{i=1}^N \frac{\partial y}{\partial x_i} \cdot \Delta x_i . \quad (1.11)$$

Določitev sistematičnega pogreška funkcije y :

$$\begin{aligned} \Delta y &= E_{s_y} \quad \text{in} \quad \Delta x_i = E_{s_i} \\ E_{s_y} &= \frac{\partial y}{\partial x_1} \cdot E_{s_1} + \frac{\partial y}{\partial x_2} \cdot E_{s_2} + \dots + \frac{\partial y}{\partial x_N} \cdot E_{s_N} = \sum_{i=1}^N \frac{\partial y}{\partial x_i} \cdot E_{s_i} . \end{aligned} \quad (1.12)$$

Določitev meje naključnega pogreška funkcije y :

$$E_{n_y} = \pm \left(\left| \frac{\partial y}{\partial x_1} \cdot E_{n_1} \right| + \left| \frac{\partial y}{\partial x_2} \cdot E_{n_2} \right| + \dots + \left| \frac{\partial y}{\partial x_N} \cdot E_{n_N} \right| \right) = \pm \sum_{i=1}^N \left| \frac{\partial y}{\partial x_i} \cdot E_{n_i} \right| . \quad (1.13)$$

meja relativnega pogreška pa je:

$$e_{n_y} = \pm \frac{E_{n_y}}{y} . \quad (1.14)$$

Splošni primeri:

$$\bullet \text{ vsota} \quad y = x_1 + x_2 \quad e_{n_y} = \pm \frac{|e_{x_1} \cdot x_1| + |e_{x_2} \cdot x_2|}{x_1 + x_2} , \quad (1.15)$$

$$\bullet \text{ razlika} \quad y = x_1 - x_2 \quad e_{n_y} = \pm \frac{|e_{x_1} \cdot x_1| + |e_{x_2} \cdot x_2|}{x_1 - x_2} , \quad (1.16)$$

$$\bullet \text{ produkt} \quad y = x_1 \cdot x_2 \quad e_{n_y} = \pm \left(|e_{x_1}| + |e_{x_2}| \right) , \quad (1.17)$$

$$\bullet \text{ kvocient} \quad y = \frac{x_1}{x_2} \quad e_{n_y} = \pm \left(|e_{x_1}| + |e_{x_2}| \right) , \quad (1.18)$$

$$\bullet \text{ potenciranje} \quad y = x^n \quad e_{n_y} = \pm |n \cdot e_x| \quad (1.19)$$

$$\text{in} \quad y = x^{\frac{1}{n}} = \sqrt[n]{x} \quad e_{n_y} = \pm \left| \frac{1}{n} e_x \right| . \quad (1.20)$$

Ti izrazi veljajo za najbolj neugoden primer:

- predznaki posameznih naključnih pogreškov so taki, da se vsi vplivi seštevajo,
- ko izhajamo pri oceni posameznih pogreškov iz podanih meja (na primer razred instrumenta), pomeni, da predpostavljamo največji mogoči posamezni E_1, \dots, E_n , oziroma e_1, \dots, e_n .

Zato je ocena v tem primeru z veliko verjetnostjo prevelika, oziroma meja preširoka. Novi meroslovni dokumenti priporočajo, da pri obravnavi vpliva naključnih pogreškov določamo merilno negotovost skladno z ustreznimi vodili.

1.1.4 Merilna negotovost

1.1.4.1 Pomen osnovnih izrazov

Merilna negotovost: parameter, ki je povezan z merilnim rezultatom in označuje raztros vrednosti, ki jih je upravičeno mogoče pripisati merjeni veličini.

Ovrednotenje negotovosti tipa A: metoda ovrednotenja standardne negotovosti s statistično analizo serije opazovanj (npr. več zaporednih merjenj napetosti, sledi izračun standardnega odmika).

Ovrednotenje negotovosti tipa B: metoda ovrednotenja standardne negotovosti s sredstvi, ki so različna od statistične analize serije opazovanj (npr. podatke potrebne za ovrednotenje merilne negotovosti pridobimo iz podatka o razredu merilnega instrumenta).

Standardna merilna negotovost $u(y)$: negotovost merilnega rezultata, izražena kot standardni odmik s_y . Standardni odmik je enak pozitivnemu kvadratnemu korenu variance s_y^2 . Če je y funkcija ene same spremenljivke x , izrazimo odgovarjajoči standardni odmik kot

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}, \text{ kjer srednja vrednost } \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i. \quad (1.21)$$

Kombinirana standardna negotovost $u_c(y)$: standardna negotovost merilnega rezultata, če je ta rezultat dobljen iz vrednosti nekega števila drugih veličin (npr. posredno merjene veličine). Kombinirana standardna negotovost je enaka pozitivnemu kvadratnemu korenu vsote izrazov, ki so variance ali kovariance teh drugih veličin, uteženih v skladu s tem kako merilni rezultati varirajo v odvisnosti od spremembe teh drugih veličin.

Razširjena merilna negotovost u : označuje interval okrog merilnega rezultata, za katerega se lahko z odgovorjajočo verjetnostjo pričakuje, da obsega velik delež porazdelitve vrednosti, ki jih je moč upravičeno pripisati merjeni veličini. Izračunamo jo z množenjem kombinirane standardne merilne negotovosti $u_c(y)$ s faktorjem pokritja k .

Faktor pokritja k : numerični faktor s katerim množimo kombinirano standardno negotovost, z namenom, da dobimo razširjeno merilno negotovost.

1.1.4.2 Standardna negotovost tipa A

Izhajamo iz niza merilnih rezultatov x_1, \dots, x_N dobljenih s ponavljanimi meritvami merjene veličine x . Izračunamo \bar{x} in standardni odmik

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}, \quad (1.22)$$

ter varianco

$$s_x^2 = \frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2. \quad (1.23)$$

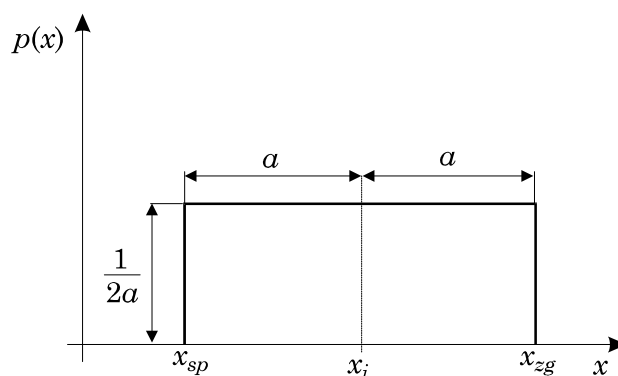
Kadar je število meritev $N \geq 10$, ocenimo negotovost tipa A:

$$u_x = \frac{s_x}{\sqrt{N}} = s_{\bar{x}}. \quad (1.24)$$

Če pa je število meritev $N < 10$, moramo $s_{\bar{x}}$ pomnožiti s faktorjem iz pripadajoče tabele v vodilu *A13: Merilna negotovost, USM 1996* (npr. $N = 5$, faktor je 1,4).

1.1.4.3 Standardna negotovost tipa B

Največkrat jo določimo na osnovi specifikacij merilne opreme, podatkov o umerjanju meril, podanih toleranc itd. Privzamemo določeno utemeljeno porazdelitev. Kadar opravimo samo eno meritev, na razpolago pa so podatki o razredu ali meji pogreška instrumenta, se najpogosteje predpostavi enakomerna porazdelitev, kar pomeni, da so vse vrednosti merjene veličine med zgornjo in spodnjo mejo enako verjetne.



Slika 1.4: Enakomerna porazdelitev

Ocenjena pričakovana vrednost je x_i :

$$x_i = \frac{1}{2} \cdot (x_{sp} + x_{zg}), \quad (1.25)$$

ocenjena varianca pa:

$$s_x^2 = \frac{1}{12} \cdot (x_{sp} + x_{zg})^2, \quad (1.26)$$

oziroma ob razliki mejnih vrednosti $2a$

$$s_x^2 = \frac{1}{3} \cdot a^2, \quad (1.27)$$

standardni odmik pa

$$s_x = \frac{a}{\sqrt{3}}. \quad (1.28)$$

Negotovost tipa B je

$$u_x = s_x = \frac{a}{\sqrt{3}}. \quad (1.29)$$

1.1.4.4 Kombinirana standardna negotovost $u_c(y)$ pri nekoreliranih vhodnih veličinah

Izhajamo iz tega, da je izhodna veličina y funkcija ene ali več medsebojno neodvisnih vhodnih veličin x , katerih vrednosti dobimo npr. z merjenjem:

$$y = f(x_1, \dots, x_N), \text{ na primer } I = \frac{U}{R}. \quad (1.30)$$

Za nekorelirane vhodne veličine je varianca funkcije y

$$s_y^2 = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right)^2 \cdot s_{x_i}^2. \quad (1.31)$$

Za določitev variance funkcije y je potrebno poznati standardne odmike s_x posameznih veličin x . Način določanja standardnega odmika lahko izhaja iz priporočila za določanje standardnih negotovosti tipa A in tipa B. Iz variance s_y^2 izračunamo standardni odmik funkcije y

$$s_y = \sqrt{s_y^2}. \quad (1.32)$$

Skupna standardna merilna negotovost pa je $u_c(y) = s_y$.

1.1.4.5 Razširjena negotovost u

Vrednost kombinirane standardne negotovosti pomnožimo s faktorjem pokritja k , ki ga običajno vzamemo $k = 2$, kar pomeni približno 95% interval zaupanja. Razširjena negotovost je

$$u = k \cdot u_c(y). \quad (1.33)$$

1.1.4.6 Rezultat meritve

Rezultat meritve v končni obliki podamo z izrazom

$$y = y_i \pm u = y_i \pm k \cdot u_c(y). \quad (1.34)$$

Izraženo z relativno negotovostjo

$$y = y_i \cdot \left(1 \pm \frac{u}{y_i} \right) = y_i \cdot (1 \pm u'). \quad (1.35)$$

Pri tem moramo obvezno navesti tudi faktor pokritja k , ki je bil uporabljen za izračun razširjene negotovosti.

1.1.5 Zaokroževanje

Rezultate merjenja podajamo tako, da navedemo izmerjeno ali izračunano vrednost in negotovost. Pri tem se izognemo zapisovanju prevelikega števila decimalnih mest, predvsem kadar pride do njih z računanjem iz izmerjenih vrednosti. V splošnem velja pravilo, da naj število decimalnih mest izračunanega rezultata ne presega števila decimalnih mest uporabljenih izmerjenih vrednosti. Običajno pri navedbi končnega rezultata zaokrožimo izmerjeno vrednost in negotovost.

Upoštevajmo naslednja pravila:

- Najprej zaokrožimo negotovost in sicer vedno navzgor in jo podajamo samo z eno ali dvema veljavnima ciframa. Če je prva cifra (ničel levo od nje ne štejemo) 3 do 9 zaokrožimo na tem mestu:

$$E = 0,0472 \Rightarrow E = 0,05 .$$

Če pa je prva cifra 1 ali 2, zaokrožimo na naslednjem mestu:

$$E = 0,0142 \Rightarrow E = 0,015 .$$

- Izmerjeno ali izračunano vrednost zaokrožimo na decimalnem mestu, ki ga določa zaokrožena negotovost. Če je desno od mesta, kjer zaokrožimo ena od cifer 0 do 4, zaokrožimo navzdol, če pa 5 do 9, zaokrožimo navzgor, na primer:

$$x_i = 7,32 \quad E_m = 0,2 \Rightarrow x = 7,3 \pm 0,2$$

$$x_i = 7,37 \quad E_m = 0,2 \Rightarrow x = 7,4 \pm 0,2$$

- Pri raznih tekočih merjenjih pa se zadovoljimo s tem, da rezultat izpišemo na toliko decimalnih mest, da negotovost ni večja od enote zadnjega decimalnega mesta. Tako velja pri:

$$x_i = 23,42 \text{ da negotovost ni večja od } \pm 0,01.$$

S cifro 0 ravnamo enako kot z vsemi ostalimi. Na primer:

$$x_i = 10,00, \text{ negotovost ni večja od } \pm 0,01.$$

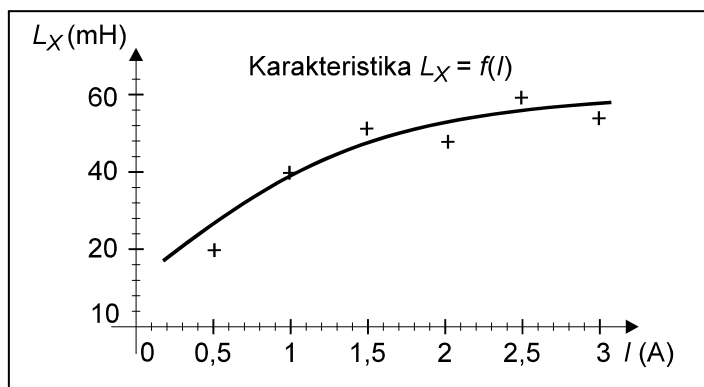
$$x_i = 10,0, \text{ negotovost ni večja od } \pm 0,1.$$

1.1.6 Grafično prikazovanje merilnih rezultatov

Vse grafe izrišite na milimetrski papir. Izhodišče ni nujno v točki (0,0), ampak ga izberite glede na interval meritve. Posebej je potrebno paziti na ustrezno merilo na obeh oseh. Merilo je treba obvezno vpisati v graf, en razdelek naj ima 1, 2 ali 5 merskih enot ali njihovih decimalnih mnogokratnikov vnašane veličine. Podatki meritev naj bodo v diagramu vidno označeni s točkami (+, *, ●) Povezava med njimi naj bo podana zvezno, tudi če vse točke niso na krivulji, razen kadar gre za poseben razlog, npr: lomljena oblika rezultatov umerjanja instrumentov. Vsak graf naj bo naslovljen. Primera predstavitev merilnih rezultatov:

Prvi primer: V šestih točkah smo izmerili odvisnost induktivnosti od toka. Rezultate podamo v tabeli in v grafu s krivuljnikom narišemo karakteristiko, kot je prikazano na sliki 1.5.

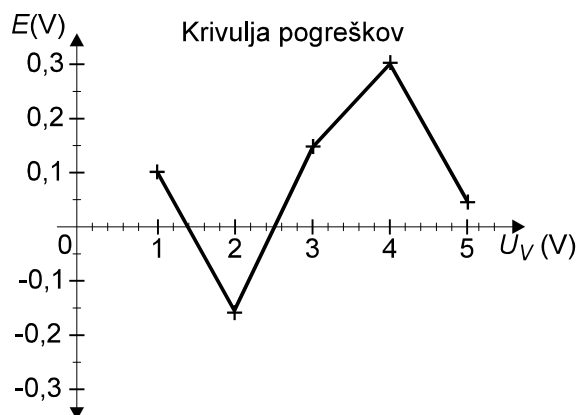
n	I (A)	L_x (mH)
1	0,5	20
2	1	40
3	1,5	50
4	2	48
5	2,5	60
6	3	55



Slika 1.5: TABELARIČNA PREDSTAVITEV MERILNIH REZULTATOV IN GRAFIČNA PREDSTAVITEV KARAKTERISTIKE $L_X = f(I)$

Drugi primer: S precizijskim voltmetrom smo umerili voltmeter v petih točkah. Rezultate umerjanja podamo v tabeli in krivuljo pogreškov narišemo v grafu, kot je prikazano na sliki 1.6.

n	$U_V(\text{V})$	$U_N(\text{V})$	$E(\text{V})$
1	1	0,9	0,1
2	2	2,15	-0,15
3	3	2,85	0,15
4	4	3,7	0,3
5	5	4,95	0,05



Slika 1.6: Tabelarična predstavitev umerjanja instrumenta in grafična predstavitev krivulje pogreškov $E(\text{V})$

Včasih je potrebno namesto linearne skale izbrati kvadratično, večkrat pa tudi logaritemsko, kar narekuje območje izmerjenih veličin.

1.2 Merilni (instrumentni) transformatorji

Uporabljamo jih predvsem iz dveh razlogov:

1. za razširitev merilnega območja uporabljanih instrumentov
2. za galvansko ločitev merilnih tokokrogov od tokokroga napajalnega sistema

Uporabni so le za merjenje izmeničnih veličin. Njihove lastnosti veljajo za sinusne veličine pri referenčnih razmerah. Predvsem je pomembna pravilna zaključitev sekundarnega kroga, ki je določena s podatkom o nazivni (označeni) moči merilnega transformatorja. Dejansko breme sme biti med 25% in 100% nazivnega bremena.

1.2.1 Napetostni merilni transformator - napetostnik

V spodnji tabeli so podane dovoljene meje pogreškov za posamezne razrede napetostnih merilnih transformatorjev po standardu IEC 60044-2.

Tabela 1.1: Meje pogreškov napetostnih transformatorjev

razred	meje pogreškov	
	prestave $e_{NT}(\%)$	kota $\xi_{NT}(\text{minute})$
0,1	$\pm 0,1$	± 5
0,2	$\pm 0,2$	± 10
0,5	$\pm 0,5$	± 20
1	$\pm 1,0$	± 40
3	$\pm 3,0$	niso predpisani

Nazivna moč S_n je vrednost moči, ki jo daje napetostni merilni transformator pri nazivni sekundarni napetosti U_{S_n} in nazivni obremenitvi Z_n .

$$S_n = \frac{U_{S_n}^2}{Z_n} \text{ iz česar lahko izračunamo nazivno breme } Z_n = \frac{U_{S_n}^2}{S_n}.$$

1.2.2 Tokovni merilni transformator - tokovnik

V tabeli so podane dovoljene meje pogreškov za posamezne razrede tokovnih merilnih transformatorjev po standardu IEC 60044-1. Te so odvisne tudi od velikosti obremenitve na primarni strani.

Tabela 1.2: Meje pogreškov tokovnih transformatorjev

razred	meje pogreškov prestave e_{TT} v odstotkih				meje pogreškov kota ξ v minutah			
	$0,05I_n$	$0,2I_n$	$1,0I_n$	$1,2I_n$	$0,05I_n$	$0,2I_n$	$1,0I_n$	$1,2I_n$
0,1	$\pm 0,40$	$\pm 0,2$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	± 15	± 8	± 5	± 5
0,2	$\pm 0,75$	$\pm 0,35$	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$	± 30	± 15	± 10	± 10
0,5	$\pm 1,5$	$\pm 0,75$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	± 90	± 45	± 30	± 30
1	$\pm 3,0$	$\pm 1,5$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$	± 180	± 90	± 60	± 60
3	od $0,5$ do $1,2I_n$: $\pm 3,0$				niso predpisani			
5	od $0,5$ do $1,2I_n$; $\pm 5,0$				niso predpisani			

Nazivna moč S_n je vrednost moči, ki jo daje tokovni merilni transformator pri nazivnem bremenu Z_n in nazivni vrednosti sekundarnega toka I_{S_n} in je:

$$S_n = I_{S_n}^2 Z_n, \text{ tako znaša nazivno breme } Z_n = \frac{S_n}{I_{S_n}^2}.$$

1.3 Navodila za delo v laboratoriju

1.3.1 Laboratorijsko delo

1. Vaje začnemo izvajati ob točno določenem času.
2. Vaje vodi vodja s sodelavci. Vsi, ki ste v laboratoriju, morate brezpogojno izvrševati navodila, ki jih prejmete od njih. Če se z njimi ne strinjate, zapustite laboratorij in prijavite zadevo dekanu.
3. Na vaje pridite pripravljeni. Za vsako vajo pripravite poročilo o meritvi, ki vsebuje besedilo naloge, vezalni načrt, popis instrumentov, naprav in elementov, opis meritev in izračunov ter tabele potrebne za vpis merilnih rezultatov. Taka priprava vam mora razjasniti, kaj in kako se meri, katere konstante in veličine so potrebne pri izračunu. Tako pripravljeno poročilo je dokaz vaših priprav na vaje, ter pogoj za pristop k vajam.
4. Vaje praviloma opravlja vsak slušatelj samostojno na merilnem mestu, kjer je postavljen instrumentarij in oprema potrebna za izvedbo vaje. Za izvedbo vaje sta na razpolago dve šolski uri. V tem času morate opraviti vse meritve in z nekaj kontrolnimi izračuni preveriti pravilno izvedbo vaje.

Po opravljeni vaji morate merilno vezje razvezati, pospraviti vse instrumente, naprave in elemente ter vezalne žice, izklopiti vsa stikala in postaviti regulacijske transformatorje na začetni položaj. Preselite se na naslednje merilno mesto po vrstnem redu, ki vam bo dan pred vajami.

5. Preden začnete z meritvijo, mora vaše vezje obvezno pregledati eden od delavcev v laboratoriju. On vam da tudi dovoljenje za priklop vezja na napetost. Za škodo, ki bi nastala zaradi nespoštovanja navodil, odgovarja študent sam.
6. Opažene poškodbe in napake na instrumentih ali ostali opremi takoj javite enemu od delavcev. Študentje ne smejo opraviti nobenih popravil. Če se po končanih vajah opazi, da škoda ali okvara ni bila prijavljena, bodo materialno odgovarjali vsi študentje, ki so delali s poškodovanimi ali pokvarjenimi instrumenti.

1.3.2 Varnostna priporočila

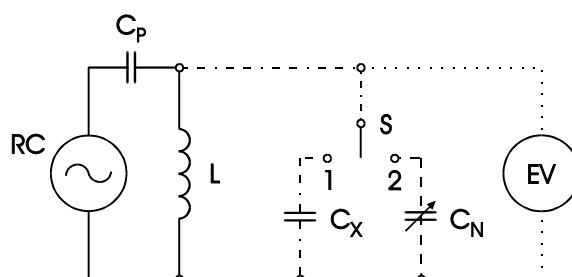
1. Vsi tokokrogi z napetostjo višjo od 50V so nevarni. Ob dotiku lahko nastanejo težje poškodbe ali celo smrt.
2. Pristop k vajam je dovoljen samo študentom, ki imajo poleg ostalih pogojev **opravljen preizkus znanja iz prve pomoči pri nesrečah z električnim tokom in varnosti pri delu z električnimi napravami.**
3. Ne dotikajte se neizoliranih priključkov na instrumentih, napravah, elementih in vezalnih žicah, če so pod napetostjo. Posebno pazite, da se ne dotaknete neizoliranih delov tokokrogov pod napetostjo s prstanom, verižico, ročno uro ali pisalom. Zato obvezno pred pričetkom vaj snemite prstane, ure in verižice ali druge kovinske predmete.
4. Ne uporabljajte vezalnih žic s poškodovano izolacijo.
5. Pri vaji bodite zbrani, pazljivi in sproščeni. Naglica in nervoza vodita k nesreči.
6. Pri odprtem sekundarnem tokokrogu tokovnega transformatorja nastanejo nevarno visoke napetosti, zato ne razklepajte sekundarnega tokokroga, če v primarnem teče tok.
7. Ne prekinjajte direktno tokokroga z veliko induktivnostjo (npr. vzbujevalnega navitja stroja, tuljave elektromagneta na enosmerni tok itd.). Pri tem se inducira visoka napetost, ki lahko prebije izolacijo navitja.
8. Stikala in ločilnike vkjučujte hitro in do končne lege.
9. Pri delu z rotirajočimi stroji pazite na konce osi in na ostale nezaščitene dele, da ne zgrabijo vaših rok ali oblačil.
10. Če opazite, da grozi nenadna nevarnost telesu ali materialne poškodbe, takoj izklopite ves laboratorij s pritiskom na tipkalo za zasilni izklop. Pred pričetkom vaj zahtevajte, da vam vodja vaj pokaže tipkalo za zasilni izklop.

1.3.3 Navodila za sestavljanje vezij

1. Instrumente in naprave prenašajte previdno. Če imajo napravo za aretiranje, jih prenašajte v aretiranem stanju.
2. Instrumente razmestite na mizi, če se le da tako, kot je narisano na vezalnem načrtu, ki je hkrati tlorisna skica. Pri razvrstitvi instrumentov pazite na vplive

tujih magnetnih polj (permanentni magneti, regulacijski transformatorji, tuljave itd.). Instrumenti naj bodo oddaljeni vsaj 20 cm od virov magnetnih polj.

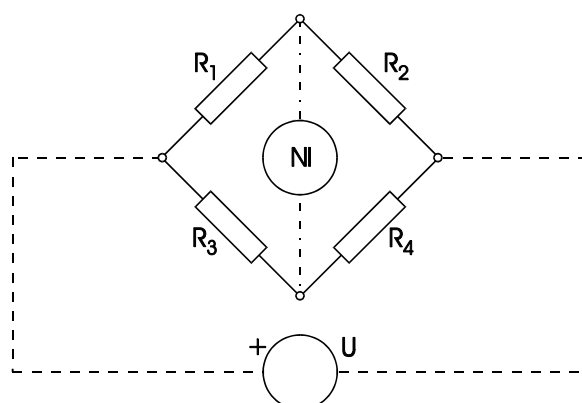
3. Na vsaki mizi so pripravljene različno dolge vezalne žice. Zato uporabljajte ustrezno dolge žice. S tem se izognete prepletanju žic in nepreglednosti vezja.
4. Povežite najprej tokovne veje, nato pa napetostne.



Slika 1.7: Vrstni red vezave pri resonančni metodi

Slika 1.7 prikazuje vrstni red vezave merjenja induktivnosti po resonančni metodi. Najprej povežemo tokokrog izrisan z neprekinjeno linijo, nato tokokrog narisani s črtkasto-točkasto linijo, potem tokokrog s prekinjeno črtasto ter na koncu tokokrog narisani s točkasto linijo.

Slika 1.8 prikazuje vrstni red vezave Wheatstonovega mostiča. Najprej vežete tokokrog označen s polno linijo, potem tokokrog označen s črtasto-točkasto in na koncu s prekinjeno črtasto linijo.



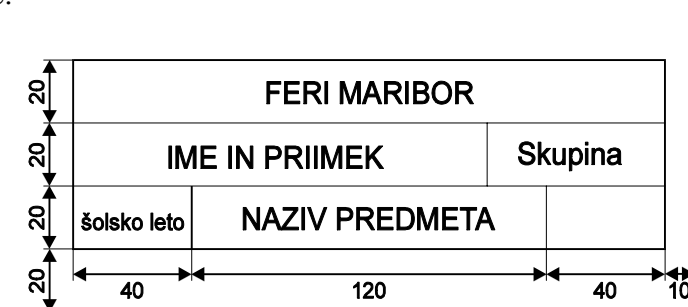
Slika 1.8: Vrstni red vezave pri Wheatstonovem mostiču

5. Če v navodilih za vaje ni posebno naznačen merilni doseg instrumenta, izberite največji doseg. Nastavite potenciometre, spremenljive upore in regulacijske transformatorje v tako lego, da ob vključitvi vezja na napetost teče skozi instrumente čim manjši tok.
6. Pred priključitvijo na napetost preverite, če so vsi instrumenti na ničli. Če niso, ničlo pred meritvijo nastavite.
7. Če morate med meritvijo spremeniti merilno območje instrumenta, morate najprej z ustreznim stikalom celotno vezje izključiti od vira napetosti. Nato spremenite merilno območje in ponovno priključite vezje na napetost po istem postopku kot ob začetku meritve.

8. Preden začnete z meritvijo, izberite pravo merilno območje in če je potrebno, določite konstanto instrumenta. Pri kazalnih instrumentih izvršite odčitke vselej v delcih skale. Da bi pravočasno odkrili napako (fizikalno nemogoč rezultat), je vsaj pri eni meritvi priporočljiv takojšen izračun rezultata.
9. Če obstajajo nejasnosti v načinu uporabe instrumentov in opreme oz. v zahtevi vaje, zahtevajte nasvet in dodatna navodila od vodje vaj.

1.3.4 Navodila za izdelavo poročila o meritvah

Za vsako vajo napravite poročilo o opravljeni vaji. Za to lahko uporabite že tiskane formularje ali pa jih v zahtevani obliki pripravite sami. Izdelana poročila oddajate sproti; po dogovoru z vodjem vaj. Poročila bodo hranjena v mapi z zavihki, ki jo prinesete prvi dan vaj. Na prednji strani v spodnjem delu mora imeti mapa glavo naslednje oblike:



Poročilo o meritvah vsebuje:

1. *Besedilo naloge*, ki ga prepisujete iz teh skript.
2. *Vežalni načrt*, ki ga prerišete iz skript in uskladite z dejanskim vezjem pri vaji.
3. *Popis instrumentov, naprav in elementov*, ki si ga pripravite ob pripravah vaje. Na vajah ga dopolnite z imenom proizvajalca, tipom, številko, razredom in vrednostmi notranjih upornosti, če jih rabite pri obdelavi merilnih rezultatov.
4. *Vplivne veličine*, predvsem sobni tlak, sobno temperaturo in vlažnost v laboratoriju v času izvajanja meritev.
5. *Opis poteka meritev in izračunov*, ki ga napravite ob pripravah na vajo. V opisu mora biti kratko in jasno razložen postopek izvajanja meritve. Navedene morajo biti vse enačbe, ki jih boste potrebovali pri izvedbi vaje, ter parametri potrebni za razumevanje vaje. Ne prepisujte teksta iz skript, sestavite svoj zgoščen opis.
6. *Prikaz merilnih rezultatov*, ki vsebuje tabele, izračun in grafe.
7. *Komentar*, v katerem na kratko opišete svoja opažanja izvirajoča iz dobljenih rezultatov. Odgovorite na eventualno zastavljena vprašanja.

Tabele za zapisovanje merilnih rezultatov so dane na koncu vsake vaje v učbeniku. Ko jo dokončno oblikujete v poročilu o meritvah, jo po potrebi dopolnite. Poročilu obvezno priložite kopijo potrjene tabele izmerjenih vrednosti.

Grafe izrišete na milimetrsko mrežo. Izhodišče ni nujno, da je (0, 0), temveč ga izberite glede na interval meritve. Mrežo grafa opremite z merilom.

Primer poročila je v prilogi D. Vaše poročilo mora imeti oznake usklajene z najnovejšimi zahtevami.