



UNIVERZA V MARIBORU

FAKULTETA ZA ELEKTROTEHNIKO,
RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

2000 Maribor, Smetanova ul. 17

Študij. leto: 2008/2009

Skupina:

MERITVE

LABORATORIJSKE VAJE

Vaja št.: 1.1 Merjenje osnovnih električnih veličin

Datum:

Priimek in ime:

BESEDILO NALOGE: Po priloženem vezalnem načrtu izmerite osnovne električne veličine z analognimi in digitalnimi instrumenti ter podajte rezultate z mejami pogreškov.

POROČILO NAJ VSEBUJE

1. besedilo naloge
2. vezalni načrt
3. popis instrumentov, naprav in elementov
4. vplivne veličine
5. opis poteka meritev in izračunov
6. prikaz merilnih rezultatov (tabele, grafi)
7. komentar

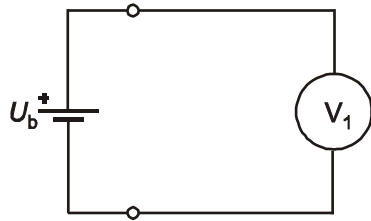
Pregledal: _____

Ocena: _____

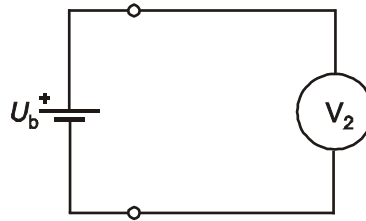
Datum: _____

1. Vežalni načrt

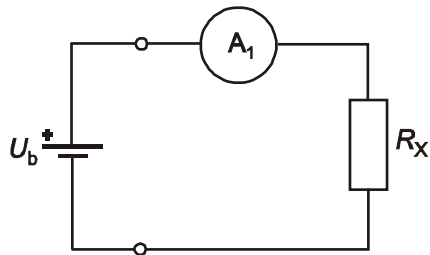
1) Meritev enosmerne napetosti z analognim voltmetrom



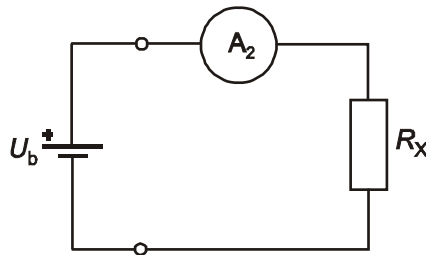
2) Meritev enosmerne napetosti z digitalnim voltmetrom



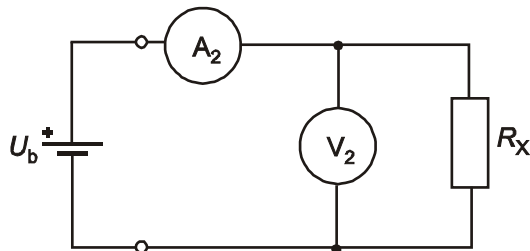
3) Meritev enosmernega toka z analognim ampermetrom



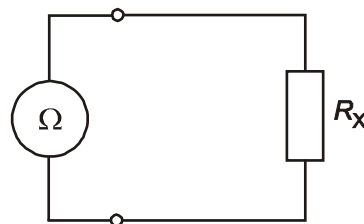
4) Meritev enosmernega toka z digitalnim ampermetrom



5) Posredno merjenje upornosti z meritvijo napetosti in toka



6) Meritev upornosti z ohmmetrom



2. Popis instrumentov, naprav in elementov

V_1	analogni voltmeter,
V_2	digitalni voltmeter,
A_1	analogni ampermeter,
A_2	digitalni ampermeter,
Ω	ohmmeter,
R_x	upor,
U_b	enosmerna napetost baterije.

3. Vplivne veličine

Temperatura prostora.....
Tlak v prostoru.....
Vlažnost zraka v prostoru.....

4. Potek meritev in izračunov

Povežite merjence in instrumente po vezalnem načrtu, preklopite instrumente na ustrezna merilna območja in opravite meritev. Merilne rezultate podajte z mejami pogreškov in ustrezno zaokrožene.

Meja pogreška pri analognih merilnih instrumentih

Če uporabljamo instrumente v mejah merilnega območja in pod referenčnimi pogoji, smejo imeti brezhibni instrumenti pogrešek, ki ne preseže vrednosti določene z njihovim razredom točnosti. Največjemu še dopustnemu pogrešku pravimo meja pogreška. Ker je razred instrumenta lahko podan na merilni doseg ali na vsakokratno izmerjeno vrednost, moramo to pri izračunu meje pogreška upoštevati.

Pomen oznak:

r	razred instrumenta,
x_D	merilni doseg in
x_i	izmerjena vrednost.

Razred instrumenta je podan na merilni doseg

Meja absolutnega pogreška:

$$E_m = \pm \left| \frac{r}{100} \times x_D \right|.$$

Meja relativnega pogreška:

$$e_m = \pm \left| \frac{E_m}{x_i} \right| = \pm \left| \frac{r}{100} \frac{x_D}{x_i} \right|.$$

Razred instrumenta je dan na vsakokratno izmerjeno vrednost

Meja absolutnega pogreška:

$$E_m = \pm \left| \frac{r}{100} x_i \right|.$$

Meja relativnega pogreška:

$$e_m = \pm \left| \frac{E_m}{x_i} \right| = \pm \frac{r}{100}.$$

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:

$$E_m = \pm (|0,05\% \times x_i| + |0,02\% \times x_D|).$$

$$e_m = \pm \left| \frac{E_m}{x_i} \right|.$$

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

$$E_m = \pm (|0,05\% \times x_i| + 2d).$$

Digit je najmanjša vrednost merjene veličine, ki jo prikazovalnik instrumenta na izbranem merilnem območju lahko prikaže, oz. ločljivost instrumenta. Mejo relativnega pogreška e_m izrazimo enako kot v prejšnjem primeru.

Meja pogreška pri posredno merjenih veličinah

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

$$y = f(x) .$$

Sprememba x za dx spremeni y za dy

$$y + dy = f(x + dx) .$$

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

$$y + dy = f(x) + f'(x) \times dx$$

$$dy = f'(x) \times dx$$

Izraženo s končnimi spremembami:

$$\Delta y = f'(x) \times \Delta x .$$

Za funkcije več spremenljivk $y = f(x_1, x_2, \dots, x_N)$ velja:

$$\Delta y = \frac{\partial y}{\partial x_1} \times \Delta x_1 + \frac{\partial y}{\partial x_2} \times \Delta x_2 + \dots + \frac{\partial y}{\partial x_N} \times \Delta x_N = \sum_{j=1}^N \frac{\partial y}{\partial x_j} \times \Delta x_j .$$

Meja absolutnega pogreška E_y funkcije y je:

$$\Delta y = E_y \text{ in } \Delta x_j = E_{x_j}$$

$$E_y = \pm \left(\left| \frac{\partial y}{\partial x_1} \times E_{x_1} \right| + \left| \frac{\partial y}{\partial x_2} \times E_{x_2} \right| + \dots + \left| \frac{\partial y}{\partial x_N} \times E_{x_N} \right| \right) = \pm \sum_{j=1}^N \left| \frac{\partial y}{\partial x_j} \times E_{x_j} \right| .$$

Meja relativnega pogreška pa:

$$e_y = \pm \frac{E_y}{y} .$$

Za primer posrednega merjenja upornosti z meritvijo napetosti U in toka I velja:

$$y = R = f(U, I) = \frac{U}{I}$$

in

$$E_R = \pm \left(\left| \frac{\partial \left(\frac{U}{I} \right)}{\partial U} \times E_U \right| + \left| \frac{\partial \left(\frac{U}{I} \right)}{\partial I} \times E_I \right| \right) = \pm \left(\left| \frac{1}{I} \times E_U \right| + \left| \frac{-U}{I^2} E_I \right| \right) .$$

Po množenju gornje enačbe z $\frac{1}{R} = \frac{I}{U}$ dobimo:

$$\frac{E_R}{R} = \pm \left(\left| \frac{E_U}{U} \right| + \left| \frac{E_I}{I} \right| \right) \text{ in}$$

$$e_R = \pm (|e_U| + |e_I|) .$$

Na podoben način izpeljemo meje relativnih pogreškov za nekatere splošne primere:

• vsota $y = x_1 + x_2$ $e_y = \pm \frac{|e_{x_1} \times x_1| + |e_{x_2} \times x_2|}{x_1 + x_2}$,

• razlika $y = x_1 - x_2$ $e_y = \pm \frac{|e_{x_1} \times x_1| + |e_{x_2} \times x_2|}{x_1 - x_2}$,

• produkt $y = x_1 \times x_2$ $e_y = \pm \left(|e_{x_1}| + |e_{x_2}| \right)$,

• kvocient $y = \frac{x_1}{x_2}$ $e_y = \pm \left(|e_{x_1}| + |e_{x_2}| \right)$,

• potenciranje $y = x^n$ $e_y = \pm |n \times e_x|$ in

$y = x^{\frac{1}{n}} = \sqrt[n]{x}$ $e_y = \pm \left| \frac{1}{n} e_x \right|$.

Podajanje merilnega rezultata

Končni rezultat meritve podamo tako, da navedemo izmerjeno oz. izračunano vrednost in mejo pogreška. Z mejo absolutnega pogreška E podamo rezultat v obliki:

$$y = y_i \pm E,$$

z mejo relativnega pogreška $e = \frac{E}{y_i}$ pa v obliki:

$$y = y_i (1 \pm e).$$

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 pa pri navedbi končnega rezultata zaokrožimo izmerjeno vrednost in mejo pogreška po naslednjih pravilih:

- Najprej zaokrožimo mejo pogreška in sicer vedno navzgor ter 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, na primer:

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

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

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

Vmesne rezultate podajamo s tremi veljavnimi ciframi (ničel levo ne štejemo).

- 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 je 5 do 9, zaokrožimo navzgor, na primer:

$$y_i = 7,32 \quad E = 0,2 \Rightarrow y = 7,3 \pm 0,2$$

$$y_i = 7,37 \quad E = 0,2 \Rightarrow y = 7,4 \pm 0,2.$$

4.1 Meritev enosmerne napetosti z analognim voltmetrom

$$k_V =$$

$$\alpha_V =$$

$$U_i = k_V \times \alpha_V =$$

$$E_{U_i} = \pm \left| \frac{r_V}{100} \times U_D \right| =$$

$$e_{U_i} = \pm \left| \frac{E_{U_i}}{U_i} \right| =$$

$$U = U_i \pm E_{U_i} =$$

$$U = U_i (1 \pm e_{U_i}) =$$

pri čemer je:

k_V konstanta analognega voltmetra,

α_V odklon analognega voltmetra,

U_i izmerjena napetost,

E_{U_i} absolutna meja pogreška,

r_V [%] razred analognega voltmetra,

U_D napetostni merilni doseg in

e_{U_i} relativna meja pogreška.

4.2 Merjenje enosmerne napetosti z digitalnim voltmetrom

$$U_i =$$

$$E_{U_i} = \pm \left(\left| \frac{r_1}{100} \times U_i \right| + \left| \frac{r_2}{100} \times U_D \right| \right) =$$

$$e_{U_i} = \pm \left| \frac{E_{U_i}}{U_i} \right| =$$

$$U = U_i \pm E_{U_i} =$$

$$U = U_i (1 \pm e_{U_i}) =$$

pri čemer je:

U_i napetost odčitana na digitalnem voltmetru,

E_{U_i} absolutna meja pogreška,

U_D napetostno merilno območje digitalnega voltmetra,

r_1 [%] delež meje pogreška glede na izmerjeno vrednost (podatki iz kataloga),

r_2 [%] delež meje pogreška glede na merilni doseg (podatki iz kataloga) in

e_{U_i} relativna meja pogreška.

4.3 Meritev enosmernega toka z analognim ampermetrom

$$k_A =$$

$$\alpha_A =$$

$$I_i = k_A \times \alpha_A =$$

$$E_{I_i} = \pm \left| \frac{r_A}{100} \times I_D \right| =$$

$$e_{I_i} = \pm \left| \frac{E_{I_i}}{I_i} \right| =$$

$$I = I_i \pm E_{I_i} =$$

$$I = I_i (1 \pm e_{I_i}) =$$

pri čemer je:

k_A konstanta analognega ampermetra,

α_A odklon analognega ampermetra,

I_i izmerjeni tok,

E_{I_i} absolutna meja pogreška,

r_A [%] razred analognega ampermetra,

I_D tokovni merilni doseg in

e_{I_i} relativna meja pogreška.

4.4 Merjenje enosmernega toka z digitalnim ampermetrom

$$I_i =$$

$$E_{I_i} = \pm \left(\left| \frac{r_1 \times I_i}{100} \right| + \left| \frac{r_2 \times I_D}{100} \right| \right) =$$

$$e_{I_i} = \pm \left| \frac{E_{I_i}}{I_i} \right| =$$

$$I = I_i \pm E_{I_i} =$$

$$I = I_i (1 \pm e_{I_i}) =$$

pri čemer je:

I_i tok odčitani na digitalnem ampermetru,

E_{I_i} absolutna meja pogreška,

I_D tokovno merilno območje digitalnega ampermetra,

r_1 [%] delež meje pogreška glede na izmerjeno vrednost (podatki iz kataloga),

r_2 [%] delež meje pogreška glede na merilni doseg (podatki iz kataloga) in

e_{I_i} relativna meja pogreška.

4.5 Posredno merjenje upornosti z meritvijo napetosti in toka

Izračun meje pogreška meritve napetosti z digitalnim voltmetrom:

$$U_i =$$
$$E_{U_i} = \pm \left(\left| \frac{r_{1U} \times U_i}{100} \right| + \left| \frac{r_{2U} \times U_D}{100} \right| \right) =$$
$$e_{U_i} = \pm \left| \frac{E_{U_i}}{U_i} \right| =$$

pri čemer je:

- U_i napetost odčitana na digitalnem voltmetru,
- E_{U_i} absolutna meja pogreška meritve napetosti,
- U_D napetostno merilno območje digitalnega voltmetra,
- r_{1U} [%] delež meje pogreška glede na izmerjeno vrednost napetosti,
- r_{2U} [%] delež meje pogreška glede na napetosti merilni doseg in
- e_{U_i} relativna meja pogreška meritve napetosti.

Izračun meje pogreška meritve toka z digitalnim ampermetrom:

$$I_i =$$
$$E_{I_i} = \pm \left(\left| \frac{r_{1I} \times I_i}{100} \right| + \left| \frac{r_{2I} \times I_D}{100} \right| \right) =$$
$$e_{I_i} = \pm \left| \frac{E_{I_i}}{I_i} \right| =$$

pri čemer je:

- I_i tok odčitana na digitalnem ampermetru,
- E_{I_i} absolutna meja pogreška meritve toka,
- I_D tokovno merilno območje digitalnega ampermetra,
- r_{1I} [%] delež meje pogreška glede na izmerjeno vrednost toka,
- r_{2I} [%] delež meje pogreška glede na tokovni merilni doseg in
- e_{I_i} relativna meja pogreška meritve toka.

Izračun upornosti in določitev meje pogreška posredne meritve upornosti:

$$R_i = \frac{U_i}{I_i} =$$
$$e_{R_i} = \pm \left(|e_{U_i}| + |e_{I_i}| \right) =$$
$$E_{R_i} = \pm |e_{R_i} \times R_i| =$$
$$R = R_i \pm E_{R_i} =$$
$$R = R_i \left(1 \pm e_{R_i} \right) =$$

4.6 Merjenje upornosti z ohmmetrom

$$R_i =$$

$$E_{R_i} = \pm \left(\frac{r}{100} \times R_i + n \times d + R_{offset} \right) =$$

$$e_{R_i} = \pm \left| \frac{E_{R_i}}{R_i} \right| =$$

$$R = R_i \pm E_{R_i} =$$

$$R = R_i (1 \pm e_{R_i}) =$$

pri čemer je:

R_i upornost izmerjena z ohmmetrom,

E_{R_i} absolutna meja pogreška,

n število digitov (podatek iz kataloga),

d digit (najmanjša vrednost merjene veličine, ki jo prikazovalnik instrumenta na izbranem merilnem območju lahko prikaže),

R_{offset} premik izmerjene upornosti (podatek iz kataloga),

e_{R_i} relativna meja pogreška in

r [%] delež meje pogreška glede na izmerjeno vrednost (podatek iz kataloga).

5. Prikaz merilnih rezultatov

Tabela 1: Rezultat merjenja enosmerne napetosti z analognim voltmetrom.

Tabela 2: Rezultat merjenja enosmerne napetosti z digitalnim voltmetrom.

Tabela 3: Rezultat merjenja enosmernega toka z analognim ampermetrom.

Tabela 4: Rezultat merjenja enosmernega toka z digitalnim ampermetrom.

Tabela 5: Rezultat posrednega merjenja upornosti z meritvijo napetosti in toka.

Tabela 6: Rezultat merjenja upornosti z ohmmetrom.

6. Komentar