

Rešitve nalog – OSNOVE MERITEV

1. Rezultat kalibracije voltmetra v štirih točkah je prikazan v tabeli. Prva kolona predstavlja referenčno vrednost, druga kolona kaže izmerjeno vrednost. Preračunana merilna negotovost voltmetra je 0,3V. Koliko znaša pogrešek kalibriranega instrumenta (kolona tri) in koliko je korekcija kalibriranega instrumenta (kolona štiri)?

U_{ref}/V	U_i/V	E/V	K/V
10,0	10,2		
15,0	14,9		
20,0	19,8		
25,0	25,1		

Pri uporabljanju voltmetra ste izmerili 10,1V. Zapišite enačbo in pravo vrednost rezultata!

Rešitev:

- Pogrešek kalibriranega instrumenta je razlika izmerjene vrednosti in referenčne vrednosti. Korekcija pa ima obratni predznak pogreška in se prišteva k rezultatu.

U_{ref}/V	U_i/V	E/V	K/V
10,0	10,2	+ 0,2	- 0,2
15,0	14,9	- 0,1	+0,1
20,0	19,8	- 0,2	+0,2
25,0	25,1	+0,1	- 0,1

- Če pri uporabi instrumenta izmerimo z voltmetrom 10,1V, znaša prava vrednost

$$U = U_i + K = 10,1\text{V} + (-0,2\text{V}) = 9,9\text{V}$$

- pri tem uporabimo korekcijo $K = -0,2\text{V}$ za izmerjeno točko $U_i = 10,2\text{V}$ iz tabele, saj sta vrednosti 10,1V in 10,2V zelo blizu ($\Delta U/U \approx 1\%$) in se lastni pogrešek instrumenta zelo malo spremeni $E_{10,1\text{V}} \approx E_{10,2\text{V}}$.

- Merilni rezultat je enak

$$\underline{\underline{U = 9.9\text{V} \quad , \quad u(U) = 0,3\text{V} \quad , \quad n = 1}}$$

2. Koliko je največja vrednost napetosti voltmetra v odklonskem Wheatstonovem mostiču, če so vsi štirje upori nastavljeni na nazivne vrednosti $R_{1n} = R_{2n} = R_{3n} = R_{4n} = 1\text{k}\Omega$, in je meja pogreška uporov $m_R = \pm 0,01$? Vezje napajamo z napetostnim virom $U_0 = 2\text{V}$.

$$U_5 = U_0 \frac{R_1 R_4 - R_2 R_3}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}, \quad R_V \rightarrow \infty \Omega$$

Rešitev:

- Če bi bili upori idealni - dejanske vrednosti upornosti bi bile enake nazivnim, bi voltmeter v diagonali mostiča kazal odklon nič. Imeli bi uravnovešen mostič.
- Ker pa lahko upori odstopajo od nazivnih vrednosti do enega odstotka oziroma absolutno:

$$\Delta R = m_R \cdot R_n = 0,01 \cdot 1\text{k}\Omega = 10\Omega,$$

- sta v najbolj neugodnem primeru upora R_1 in R_4 povečana za ΔR in upora R_2 in R_3 zmanjšana za ΔR .

$$R_1 = R_4 = R_n + \Delta R; \quad R_2 = R_3 = R_n - \Delta R;$$

- S temi odstopanji dobimo največjo vrednost števec v ulomku splošne oblike enačbe mostiča.
- Imamo karakteristiko polnega mostiča:

$$U_5 = U_0 \frac{(R + \Delta R)(R + \Delta R) - (R - \Delta R)(R - \Delta R)}{(R + \Delta R + R - \Delta R)(R - \Delta R + R + \Delta R)} = U_0 \frac{\Delta R}{R}$$

- ki nam v našem primeru da največjo vrednost napetosti voltmetra:

$$U_5 = U_0 \frac{\Delta R}{R} = 2\text{V} \frac{10\Omega}{1\text{k}\Omega} = 0,02\text{V}$$

3. Kako poteka krivulja minimalnega potrebnega merilnega časa $T_M(f_x)$ pri merjenju frekvence oziroma periode signala z elektronskim števcem ($f_0 = 10\text{MHz}$; $K = 1, \dots, 10^8$) v območju $100\text{Hz} < f_x < 100\text{kHz}$, da je mejna vrednost relativnega kvantizacijskega pogreška vedno pod $m_q = 10^{-4}$? Kako se pri tem spreminja časovna oziroma frekvenčna ločljivost? Skicirajte!

Rešitev:

- Mejna vrednost kvantizacijskega pogreška pri merjenju frekvence je enaka:

$$m_{f,q} = \frac{T_x}{T_M} = \frac{1}{T_M f_x} = \frac{1}{K T_0 f_x}$$

- in je najmanjša, kadar je vrednost delilnika števca največja $K_f = 10^8$ oz. čas merjenja, ki ga omogoča števec, najdaljši $T_M = 10^8 T_0 = 10\text{s}$:

$$m_{f,q,\min} = \frac{1}{K_f T_0 f_x} = \frac{1}{10^8 T_0 f_x}$$

- Mejna vrednost kvantizacijskega pogreška pri merjenju periode je enaka:

$$m_{T,q} = \frac{K T_0}{T_x} = K T_0 f_x$$

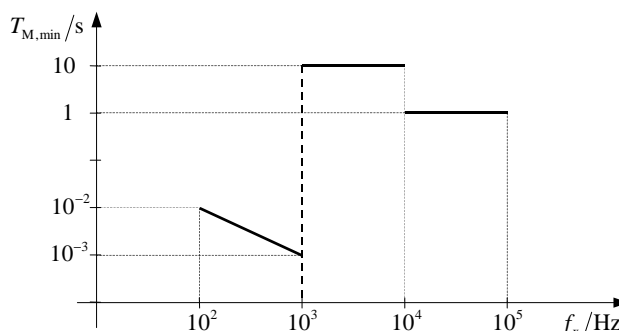
- in je najmanjša, kadar je vrednost delilnika števca najmanjša $K_T = 1$ oz. časovna ločljivost, ki jo omogoča števec, najmanjša $T_0 = 1/f_0 = 0,1\mu\text{s}$:

$$m_{T,q,\min} = \frac{T_0}{T_x} = T_0 f_x$$

- Izenačitev obeh mejnih minimalnih vrednosti kvantizacijskih pogreškov dobimo pri frekvenci:

$$m_{f,q,\min} = m_{T,q,\min} \rightarrow \frac{1}{10^8 T_0 f_x} = T_0 f_x \rightarrow f_x = \frac{f_0}{\sqrt{10^8}} = 10^3 \text{ Hz}$$

- Do te frekvence merimo periodo signala in nad njo frekvenco, če želimo, da bo mejna vrednost relativnega kvantizacijskega pogreška vedno pod $m_q = 10^{-4}$.



- Ker merimo pri nižjih frekvencah periodo signala, nam ta določa najkrajši čas merjenja

$$T_M = T_x = 1/f_x.$$

- Pri višjih frekvencah merimo frekvenco signala. V frekvenčnem intervalu med 10^3 Hz in 10^4 Hz dosežemo željeni mejni pogrešek $m_q = 10^{-4}$ s časom merjenja $T_M = 10\text{s}$ in v frekvenčnem intervalu med 10^4 Hz in 10^5 Hz s časom merjenja $T_M = 1\text{s}$, ker je frekvenca že višja in lahko skrajšamo čas merjenja.