



**Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko**



**MERITVE
LABORATORIJSKE VAJE
VAJA 6**

Avtor: Tomaž Černe
Mentor: Dušan Agrež
Sodelavec: Gregor Babič
Študijsko leto: 2002/2003

Datum izvedbe: 14.1.2003
Čas: 15:15 – 17:00
Temperatura: 24°C
Vlažnost: 43 %

SEZNAM UPORABLJENIH SREDSTEV

- R_V – uporovna dekada – ISKRA MA 2102 – 004100
- R_Z – uporovna dekada – ISKRA MA 2102 – 007796
- R_t – uporovna dekada – ISKRA MA 2102 – 005565
- DMM – multimeter – HP 3478A – 011212

Pri vaji je potrebno z vzporedno in zaporedno vezavo primernih uporov linearizirati karakteristiko uporovnega senzorja za merjenje temperature.

Uporabljeni sta bili dve različni vezavi, zato je najprej potrebno določiti vrednosti R_V in R_Z .

KARAKTERISTIKA UPOROVNEGA SENZORJA

Ta je podana s podatki:

$$R_t = R_0 * e^{\alpha \cdot t}$$

$$t_0 = 50^\circ \text{C}$$

$$R_0 = 1096,6\Omega$$

$$\alpha = 8,375 * 10^{-1} \frac{1}{^\circ \text{C}}$$

IZRAČUN R_V IN R_Z ZA VEZJE A

Veljata pogoja:

$$\alpha_{S_0} = \frac{1}{2} \alpha_{t_0}$$

$$R_{S_0} = R_{t_0}$$

Skupna upornost vezja:

$$R_S = \frac{R_t R_V}{R_t + R_V} + R_Z$$

Pri referenčni temperaturi velja:

$$\alpha_{S_0} = \left[\frac{dR_S}{dt} \frac{1}{R_S} \right]_{t_0} = \left[\frac{\partial R_S}{\partial R_t} \frac{dR_t}{dt} \frac{1}{R_S} \right]_{t_0}$$

$$\frac{\partial R_S}{\partial R_t} = \frac{R_V (R_t + R_V) - R_t R_V}{(R_t + R_V)^2}$$

$$\frac{dR_t}{dt} = \alpha_t R_t$$

$$\alpha_S = \frac{R_V (R_t + R_V) - R_t R_V}{(R_t + R_V)^2} \alpha_t R_t \frac{1}{R_S} \Rightarrow \alpha_{S_0} = \alpha_t \frac{R_V^2}{(R_{t_0} + R_V)^2} \frac{R_{t_0}}{R_{S_0}}$$

☛ Pri upoštevanju pogojev $\alpha_{s_0} = \frac{1}{2} \alpha_{t_0}$ in $R_{s_0} = R_{t_0}$ izpeljemo:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \alpha_{t_0} &= \alpha_{t_0} \frac{R_v^2}{(R_{t_0} + R_v)^2} \frac{R_{t_0}}{R_{t_0}} \\ &\Downarrow \\ \frac{1}{\sqrt{2}} &= \frac{R_v}{(R_{t_0} + R_v)} \\ &\Downarrow \\ R_v &= \frac{R_{t_0}}{\sqrt{2} - 1} \end{aligned}$$

☛ R_v sedaj poznamo, potrebujemo pa še R_z :

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{R_t R_v}{R_t + R_v} + R_z \\ R_z &= R_{s_0} - \frac{R_t R_v}{R_t + R_v} \end{aligned}$$

☛ Pri upoštevanju pogojev $R_{s_0} = R_{t_0}$ in $R_v = \frac{R_{t_0}}{\sqrt{2} - 1}$ izpeljemo:

$$R_z = R_{t_0} - \frac{R_{t_0} \frac{R_{t_0}}{\sqrt{2} - 1}}{R_{t_0} + \frac{R_{t_0}}{\sqrt{2} - 1}} = R_{t_0} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

☛ IZRAČUN R_v IN R_z ZA VEZJE B

☛ Zopet veljata pogoja:

$$\begin{aligned} \alpha_{s_0} &= \frac{1}{2} \alpha_{t_0} \\ R_{s_0} &= R_{t_0} \end{aligned}$$

☛ Skupna upornost vezja:

$$R_s = \frac{(R_t + R_z) R_v}{R_t + R_v + R_z}$$

☛ Pri referenčni temperaturi velja:

$$\alpha_{s_0} = \left[\frac{dR_s}{dt} \frac{1}{R_s} \right]_{t_0} = \left[\frac{\partial R_s}{\partial R_t} \frac{dR_t}{dt} \frac{1}{R_s} \right]_{t_0}$$

$$\frac{\partial R_s}{\partial R_t} = \frac{R_v (R_t + R_v + R_z) - R_t R_v}{(R_t + R_v + R_z)^2}$$

$$\frac{dR_t}{dt} = \alpha_t R_t$$

$$\alpha_s = \frac{R_v (R_t + R_v + R_z) - R_t R_v}{(R_t + R_v + R_z)^2} \alpha_t R_t \frac{1}{R_s} \Rightarrow \alpha_{s_0} = \alpha_t \frac{R_v^2}{(R_{t_0} + R_v + R_z)^2} \frac{R_{t_0}}{R_{s_0}}$$

• Pri upoštevanju pogojev $\alpha_{s0} = \frac{1}{2}\alpha_{t0}$ in $R_{s0} = R_{t0}$ izpeljemo:

$$\begin{aligned}\frac{1}{2}\alpha_{t0} &= \alpha_{t0} \frac{R_V^2}{(R_{t0} + R_V + R_Z)^2} \frac{R_{t0}}{R_{t0}} \\ &\Downarrow \\ \frac{1}{\sqrt{2}} &= \frac{R_V}{(R_{t0} + R_V + R_Z)} \\ &\Downarrow \\ R_Z &= (\sqrt{2} - 1)R_V - R_{t0}\end{aligned}$$

• Torej, če hočemo poznati R_Z , najprej potrebujemo R_V :

$$R_s = \frac{(R_t + R_Z)R_V}{R_t + R_V + R_Z}$$

• Upoštevamo $R_Z = (\sqrt{2} - 1)R_V - R_{t0}$ ter $R_{s0} = R_{t0}$ in dobimo:

$$R_V = \frac{\sqrt{2}R_{t0}}{\sqrt{2} - 1}$$

• Torej:

$$R_Z = (\sqrt{2} - 1)R_{t0}$$

• SKLEP IZRAČUNA

Izračunane upornosti, katere je potrebno pred pričetkom merjenja nastaviti na ustreznih uporovnih dekadah, so:

• vezje A

$$R_V = \frac{R_{t0}}{\sqrt{2} - 1} = 4,0245 \text{ k}\Omega$$

$$R_Z = R_{t0} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 0,4883 \text{ k}\Omega$$

• vezje B

$$R_V = \frac{\sqrt{2}R_{t0}}{\sqrt{2} - 1} = 5,6915 \text{ k}\Omega$$

$$R_Z = (\sqrt{2} - 1)R_{t0} = 0,6905 \text{ k}\Omega$$

MERITEV

Med merjenjem smo uporovno dekado, ki je simulirala temperaturni senzor, nastavljali na vrednosti, ki so padane v tabeli, in na ohmmetru odčitavali upornost celotnega vezja.

 Rezultati meritev:

$t / ^\circ\text{C}$	$R_t / \text{k}\Omega$	$R_i / \text{k}\Omega$		$R_n / \text{k}\Omega$		$ R_i - R_n $	$ t_2 - t_1 $
		vezje A	vezje B	vezje A	vezje B	vezje A	vezje B
0	1,097	1,351	1,361	1,351	1,361	0,000	0,000
5	1,143	1,378	1,387	1,386	1,396	0,008	1,275
10	1,192	1,408	1,415	1,420	1,431	0,012	2,264
15	1,243	1,438	1,443	1,455	1,466	0,017	3,252
20	1,297	1,469	1,473	1,490	1,501	0,021	3,954
25	1,352	1,500	1,503	1,524	1,536	0,024	4,656
30	1,410	1,532	1,534	1,559	1,570	0,027	5,215
35	1,470	1,565	1,566	1,594	1,605	0,029	5,630
40	1,533	1,598	1,599	1,628	1,640	0,030	5,903
45	1,599	1,633	1,633	1,663	1,675	0,030	6,032
50	1,667	1,667	1,667	1,698	1,710	0,031	6,160
55	1,738	1,702	1,702	1,732	1,745	0,030	6,146
60	1,813	1,738	1,739	1,767	1,780	0,029	5,845
65	1,890	1,775	1,776	1,801	1,815	0,026	5,544
70	1,971	1,812	1,814	1,836	1,850	0,024	5,100
75	2,055	1,849	1,853	1,871	1,885	0,022	4,513
80	2,143	1,887	1,892	1,905	1,919	0,018	3,926
85	2,235	1,926	1,933	1,940	1,954	0,014	3,052
90	2,330	1,964	1,974	1,975	1,989	0,011	2,178
95	2,430	2,004	2,016	2,009	2,024	0,005	1,160
100	2,534	2,044	2,059	2,044	2,059	0,000	0,000

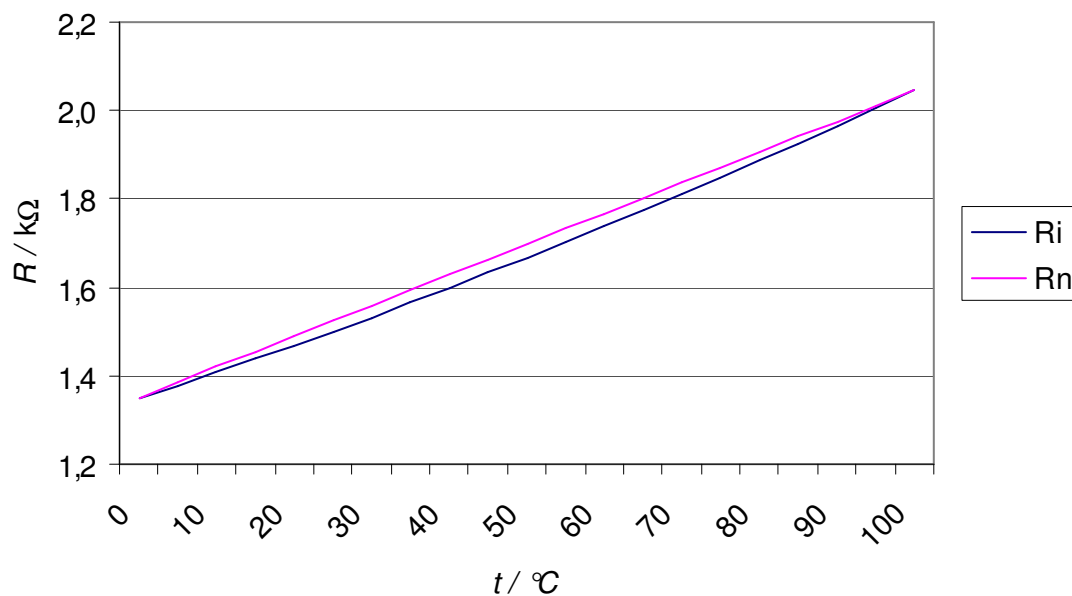
DOLOČANJE NAZIVNE KARAKTERISTIKE

Prva in zadnja točka temperaturnega intervala določata premico, ki predstavlja idealizirano linearno nazivno karakteristiko vezja oziroma temperaturnega senzorja. Enačba te premice je (t je temperatura v stopinjah celzija):

$$R_N = S * t + R(0^\circ\text{C})$$
$$S = \frac{R(100^\circ\text{C}) - R(0^\circ\text{C})}{100^\circ\text{C}}$$

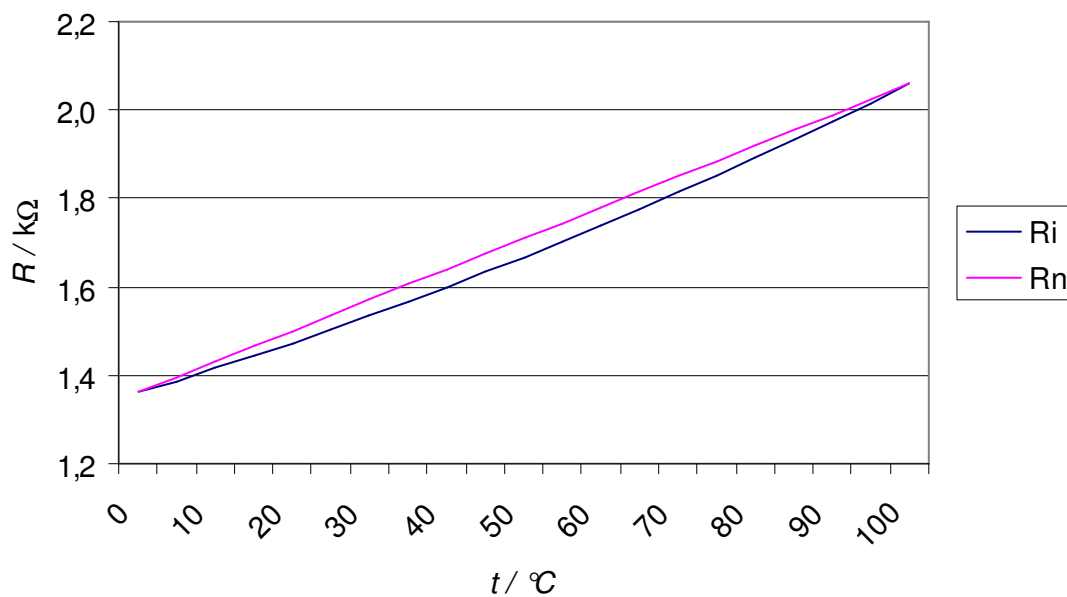
• Vezje A:

$$R_N = 6,93 \frac{\Omega}{^\circ\text{C}} * t(^{\circ}\text{C}) + 1351\Omega$$



• Vezje B

$$R_N = 6,98 \frac{\Omega}{^\circ\text{C}} * t(^{\circ}\text{C}) + 1361\Omega$$



Za nelinearnost je odločujoče le največje odstopanje od premice. Pri vezju A se ta nanaša na izhodno veličino (upornost R).

• Absolutna vrednost nelinearnosti:

$$\Delta R = |R - R_N|_{\max} = 31 \Omega$$

• Relativna vrednost nelinearnosti:

$$\delta R = \frac{|R - R_N|_{\max}}{R(100^{\circ}\text{C}) - R(0^{\circ}\text{C})} 100\% = 4,47\%$$

Pri vezju B, ko smatramo, da ima senzor idealno karakteristiko, pa velja:

➤ Absolutna vrednost nelinearnosti:

$$\Delta t = |t_2 - t_1|_{\max} = \left| \frac{R}{S} - \frac{R_N}{S} \right|_{\max} = 6,16 \text{ } ^\circ\text{C}$$

➤ Relativna vrednost nelinearnosti:

$$\delta t = \frac{|t_2 - t_1|_{\max}}{t_D} 100\% = 6,16 \%$$

➤ SKLEP

Iz rezultatov je razvidno, da je pri vezju B prišlo do večje relativne nelinearnosti kot pri vezju A. Zato lahko vezje A proglasimo za točnejše.