

## LINEARNI OTPORNI TERMOMETAR ZA DINAMIČKA MERENJA TEMPERATURE

M.Simić, V.Georgijević, Č.Maksimović

Građevinski fakultet, Beograd

### REZIME

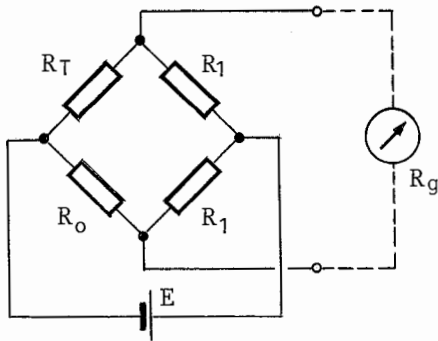
Za dinamička merenja temperature primenjen je neuravnoteženi most sa termistorom kao pretvaračem temperature. Izvedena je jednačina pomoću koje se linearizuje izlazni napon mosta u funkciji temperature. U okviru eksperimentalnog dela, merenja su pokazala da je greška linearnosti manja od 0,5%.

### AN ELECTRIC LINEAR RESISTANCE THERMOMETER FOR DYNAMIC TEMPERATURE MEASUREMENTS

A dynamic temperature measurements were performed by the unbalanced bridge with the thermistor as a sensitive device. The equation for linearization of output voltage in a function of a temperature is developed. The measurements have shown that the deviation from the linear law is than 0,5%.

### UVODNI DEO

Za dinamička merenja temperature u otvorenim vodotokovima razvijen je otporni termometar na bazi neuravnoteženog mosta, u čijoj se jednoj grani nalazi termistorski otpornik otpornosti  $R_T$ . S obzirom da je termistor nelinearni element, u okviru ovog rada izvršena je linearizacija izlaznog napona mosta u funkciji temperature. Na slici 1. je prikazana principijelna šema neuravnoteženog mosta sa termistorskim pretvaračem  $R_T$ . Izlazni napon u praznom hodu ( $R_g \rightarrow \infty$ ) je određen izrazom



Slika 1. Šema mosta

na temperaturi trojne tačke vode  $T_0$ . Tada je pri temperaturi  $T = T_0$  izlazni napon mosta jednak nuli.

Prema Tevenenovoj teoremi, intenzitet struje kroz dijagonalu mosta, u kojoj se nalazi merni instrument otpornosti  $R_g$ , se može odrediti prema izrazu

$$I = \frac{U_{T_p}}{R_m + R_g}$$

$$U_{T_p} = E \left( \frac{R_T}{R_T + R_1} - \frac{R_0}{R_0 + R_1} \right),$$

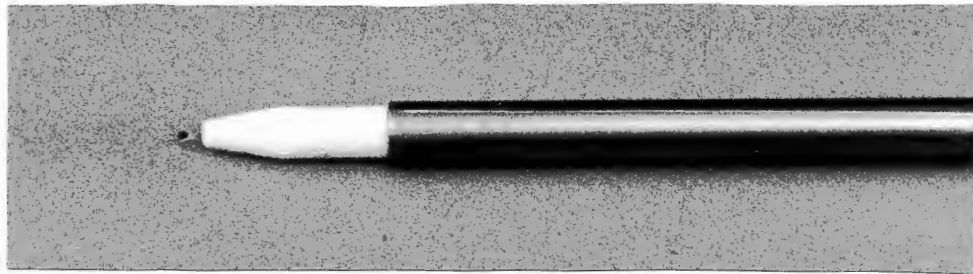
gde je  $R_0$  otpornost grane mosta, koja je jednaka otpornosti termistora

gde je  $R_m$  ekvivalentna otpornost mosta, pod uslovom da je unutrašnja otpornost izvora za napajanje vrlo mala

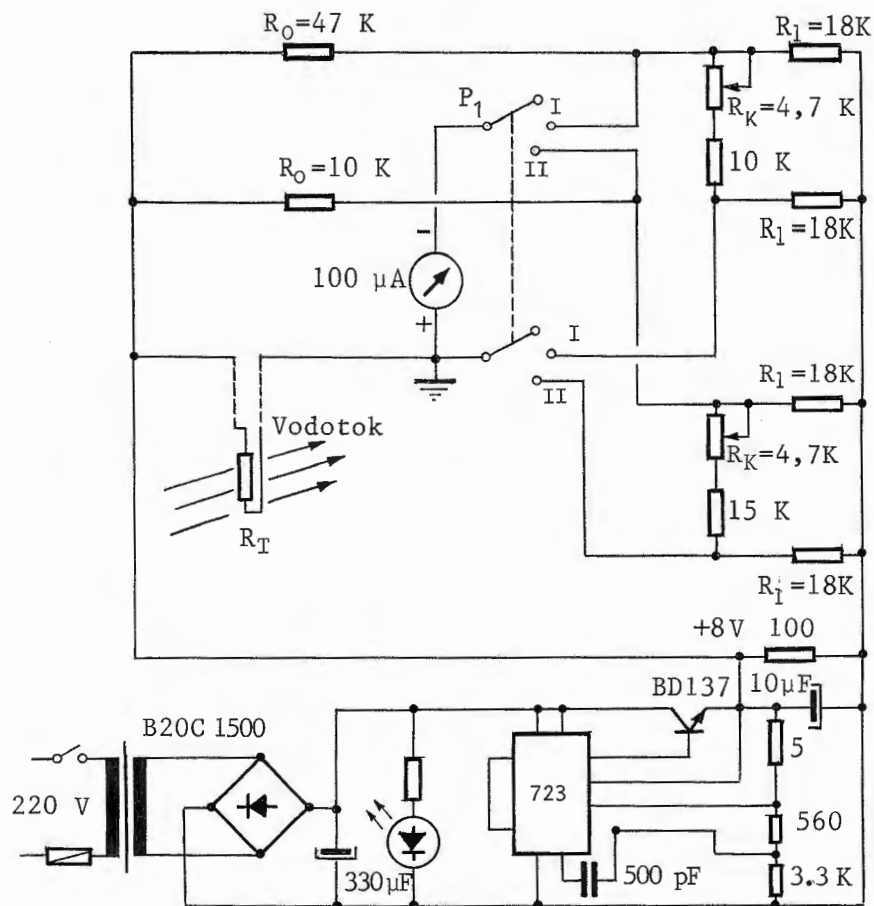
$$R_m = \frac{R_T R_1}{R_T + R_1} + \frac{R_0 R_1}{R_0 + R_1}$$

Otpornost termistora je određena izrazom

$$R_T = R_0 e^{B(1/T - 1/T_0)}$$



Slika 2. Fotografija sonde



Slika 3. Šema otpornog termometra

Uvođenjem izraza

$$R_1 = M R_i \quad \text{i} \quad M = \frac{B - 2T_i}{B + 2T_i},$$

gde je  $T_i$  izabrana temperatura iz sredine mernog opsega za koju je otpornost pretvarača  $R_i$ , izvodi se iz uslova za linearizaciju izlaznog napona mosta, potrebna vrednost za otpornost

$$R_1 = \frac{-R_g R_o + MR_i R_g + 2MR_i R_o \pm \sqrt{(R_g R_o - MR_i R_g - 2MR_i R_o)^2 + 4(R_g + R_o - MR_i) MR_i R_g R_o}}{2(R_o + R_g - MR_i)}$$

### EKSPERIMENTALNI DEO

Termistor, male mase, zatopljen u staklenoj kapljici je primenjen kao pretvarač za merenje temperature u otvorenim tokovima. Termistor je uglavljen na vrhu toplotnog izolatora od teflona i zalepljen epoksi smolom, slika 2.

Na slici 3. je prikazana šema razvijenog termometra, koji može da radi u dva opsega:  $(0-20)^\circ\text{C}$  i  $(20-40)^\circ\text{C}$ . Preklopnikom  $P_1$  vrši se izbor opsega. Pomoću otpornika  $R_o$ ,  $R'_o$ ,  $R_k$  i  $R'_k$  podešavaju se početna i krajnja tačka mernog opsega. Napajanje mosta je izvedeno pomoću stabilisanog napona od 8 V.

Da bi se ostvarila linearizacija izlaznog napona mosta u opsegu  $(0-20)^\circ\text{C}$ , usvojeno je da je  $T_i = 10^\circ\text{C}$ , odnosno 283,15 K. Izmerena otpornost termistora na temperaturi trojne tačke vode iznosila je  $R_o = 13,791 \text{ k}\Omega$ , a na temperaturi  $T_i$   $R_i = 8,801 \text{ k}\Omega$ . Tada se iz izraza za otpornost termistora može odrediti konstanta

$$B = \frac{\ln R_i / R_o}{1/T - 1/T_o} = 3491 \text{ K.}$$

Usvajajući vrednost ove konstante  $B = 3500 \text{ K}$ , sledi

$$M = \frac{B - 2T_i}{B + 2T_i} = 0,725.$$

A je otpornost mernog instrumenta  $R_g = 2 \text{ k}\Omega$ , tada se može odrediti tražena vrednost otpornosti  $R_1$  prema ranije datom izrazu

$$R_1 = \frac{-A \pm \sqrt{A^2 + 4C}}{2D} = 18 \text{ k}\Omega.$$

**ZAKLJUČAK**

Razvijen otporni termometar za merenje temperature u otvorenim vodotokovima je pokazao veoma dobru linearnost izlaznog napona mosta, kao funkcije temperature. U oba merna opsega greška linearnosti je bila oko 0,5 %. Mala masa minijaturnog termistora čini ovaj termometar pogodnim za dinamička merenja temperature.