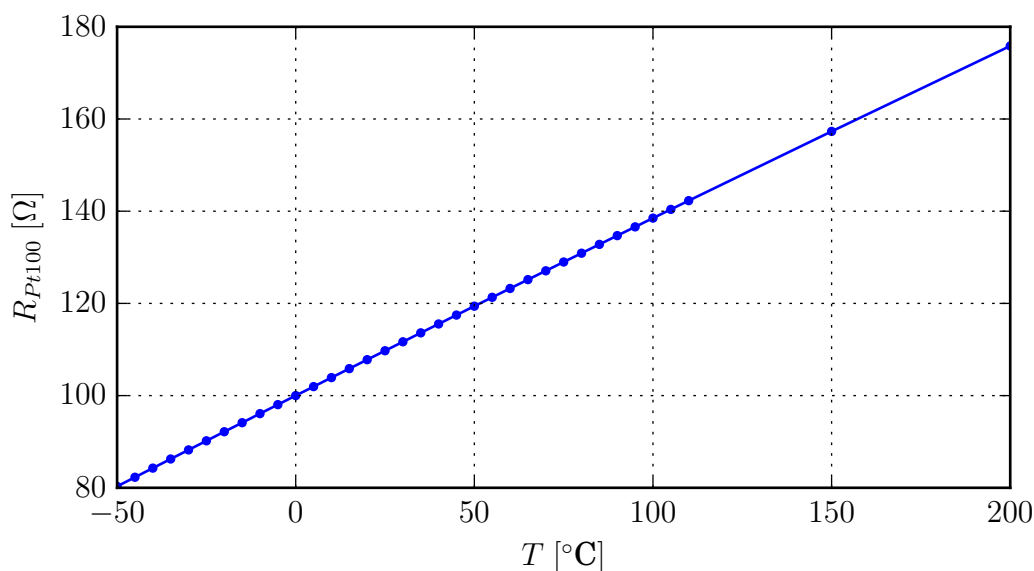


# Trožično merenje otpornosti

Predrag Pejović

17. decembar 2017

Trožično merenje otpornosti se koristi kod merenja otpornosti udaljenih otpornika relativno male otpornosti, kada otpornost provodnika kojima je mereni otpornik povezan u kolo ima značajnu ulogu u rezultatu merenja. Tipična primena je merenje temperature udaljenih objekata primenom Pt100 temperaturske sonde. Navedena temperaturska sonda je žičani otpornik sačinjen od tanke platinske žice koji na  $0^{\circ}\text{C}$  ima otpornost  $100\ \Omega$  i temperaturski koeficijent  $\alpha_T \approx 0.004\ \frac{1}{\text{K}}$ , što rezultuje promenom otpornosti Pt100 senzora od oko  $0.4\ \frac{\Omega}{^{\circ}\text{C}}$ . Temperaturska zavisnost otpornosti Pt100 senzora tip 404 je prema podacima iz [https://en.wikipedia.org/wiki/Resistance\\_thermometer](https://en.wikipedia.org/wiki/Resistance_thermometer) prilično linearna, kako je prikazano na slici 1. Laka nelinearnost se vizuelno uočava tek na ITS-90 skali.

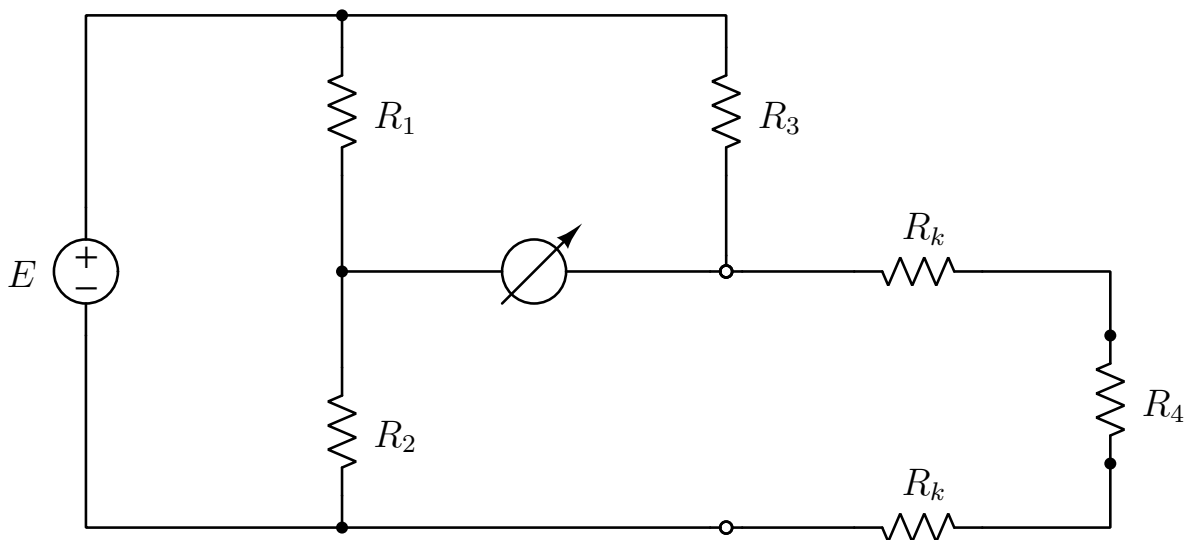


Slika 1: Temperaturska zavisnost otpornosti Pt100 senzora.

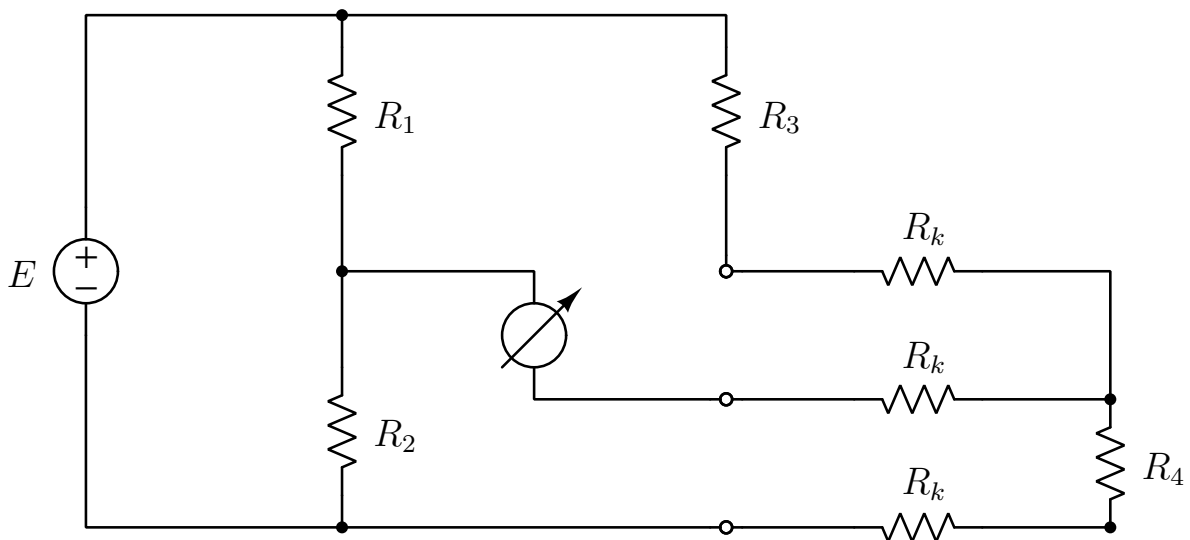
Pretpostavimo da se otpornost udaljenog otpornika  $R_4$  meri primenom Vitstonovog mosta i da otpornost svakog od provodnika koji vodi ka udaljenom otporniku iznosi  $R_k$ , kako je prikazano na slici 2. Tada Vitstonov most meri otpornost

$$R_4 + 2R_k = R_3 \frac{R_2}{R_1}. \quad (1)$$

Kako bi sagledali uticaj otpornosti kabla kojim je senzor povezan, pretpostavimo da je kabl dužine 50 m, poprečnog preseka  $0.75\ (\text{mm})^2$ , što je prilično velik poprečni presek provodnika za ovu namenu. Ovakav kabl ima otpornost  $2R_k = 2.24\ \Omega$ , što u očitavanju temperature uzrokuje grešku od oko  $+5.6^{\circ}\text{C}$ . Otpornost kabla bi teorijski bilo moguće kompenzovati kada bi bila poznata, ali obično nije praktično meriti dužinu kabla za svako merno mesto, a kabl



Slika 2: Dvožično merenje otpornosti.



Slika 3: Trožično merenje otpornosti.

ima potencijalno različitu temperaturu na svojim pojedinim delovima i temperaturno zavisnu otpornost. Stoga, idealno bi bilo kompenzovati uticaj  $R_k$  tokom samog postupka merenja.

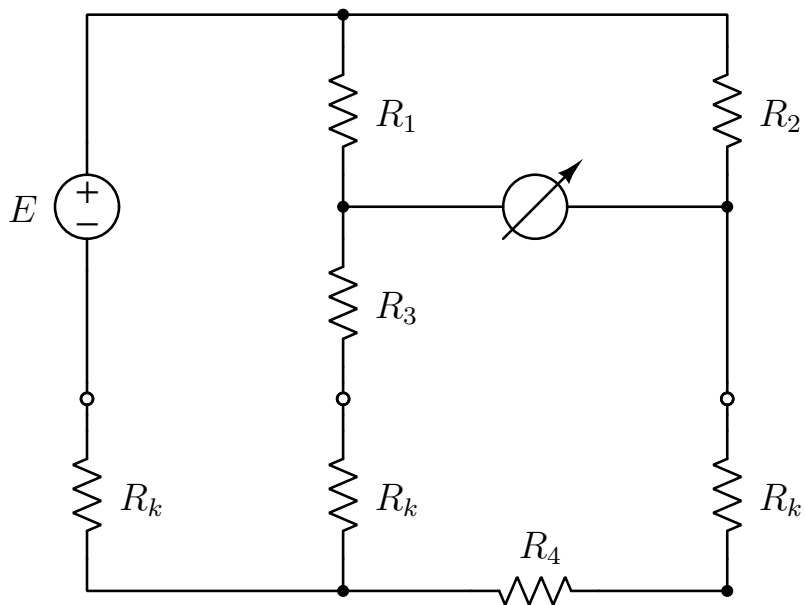
U cilju kompenzovanja uticaja  $R_k$  povezuje se most sa slike 3 kod koga je  $R_1 = R_2$ . Kabel koji ide ka merenom otporniku je trožilni i bitno je da ima dva provodnika iste otpornosti, što se svodi na isti poprečni presek, dok treći provodnik može da bude i različitog poprečnog preseka. Kako je  $R_1 = R_2$ , sledi da je

$$R_3 + R_k = R_4 + R_k \quad (2)$$

odakle je posle skraćivanja nepoznate otpornosti  $R_k$  merena otpornost

$$R_4 = R_3 \quad (3)$$

Mana metoda je što zahteva promenljiv etalonski otpornik. Valja napomenuti da se zamenom mesta indikatora i izvora napona opet dolazi do mosta za trožično merenje otpornosti kod koga ravnoteža ne zavisi od otpornosti kabla kojim je senzor povezan u kolo, kako je prikazano na slici 4.



Slika 4: Trožično merenje otpornosti, drugi pristup.