

3.2 Temperaturmessung mit Widerstandsthermometer ohne Messverstärker

Sachworte: Temperaturmessung, Widerstandsthermometer, Platin-Widerstandsthermometer, Pt100

Zur Messung der Celsius-Temperatur ϑ_M wird ein Pt100-Platin-Widerstandsthermometer R_ϑ eingesetzt, das über einen ohmschen Vorwiderstand R_V mit einer Gleichspannungsquelle U_B verbunden ist.

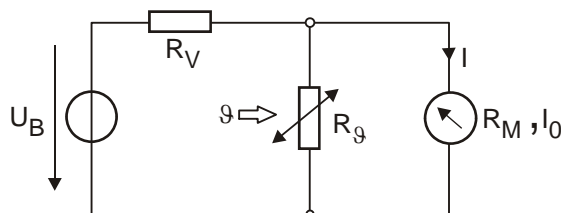


Bild 1

Die Anzeige der Temperatur ϑ_M erfolgt mit einem Drehspulinstrument (Innenwiderstand R_M , Strom I_0 für Vollausschlag, lineare Skale mit n_0 Teilstrichen).

Der Sensorwiderstand R_ϑ wird als linear abhängig von der zu messenden Temperatur ϑ_M angenommen $R_\vartheta = R_0 [1 + \alpha(\vartheta_M - \vartheta_0)]$ mit dem Grundwiderstand R_0 , dem Temperaturkoeffizienten α und der Bezugstemperatur ϑ_0 . Bei einem Pt100-Sensor beträgt der Grundwiderstand $R_0 = 100 \Omega$, der Temperaturkoeffizient $\alpha = 3,85 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ und die Bezugstemperatur $\vartheta_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$.

a) Berechnen Sie allgemein den Strom I_M durch das Anzeigeelement abhängig von der Temperatur ϑ_M .

Mit der Sensorspannung U_ϑ ergibt sich nach dem Ohm'schen Gesetz

$$I_M = \frac{U_\vartheta}{R_M} \quad (1)$$

U_ϑ lässt sich am einfachsten aus der Spannungsteilung zwischen R_V und der Parallelschaltung von R_ϑ und R_M berechnen.

$$U_\vartheta = \frac{R_\vartheta \parallel R_M}{R_V + R_\vartheta \parallel R_M} U_B \quad \text{mit } R_\vartheta \parallel R_M = \frac{R_\vartheta \cdot R_M}{R_\vartheta + R_M} \quad (2)$$

Gl. (2) ausmultipliziert und in (1) eingesetzt liefert den Strom I .

$$I_M = U_B \cdot \frac{R_\vartheta}{R_V \cdot (R_\vartheta + R_M) + R_\vartheta R_M} \quad (3)$$

Für den Pt-Sensor ist die Temperaturabhängigkeit gegeben zu

$$R_g = R_0 [1 + \alpha (\vartheta_M - \vartheta_0)]$$

woraus sich der gesuchte Strom I_M berechnen lässt.

$$I_M = U_B \frac{R_0 [1 + \alpha (\vartheta_M - \vartheta_0)]}{R_0 [1 + \alpha (\vartheta_M - \vartheta_0)] (R_V + R_M) + R_V R_M} \quad (4)$$

b) Bestimmen Sie den Vorwiderstand R_V so, dass sich für $\vartheta_M = 400 \text{ °C}$ Vollausschlag mit $I = I_0$ einstellt, wenn folgende Zahlenwerte gegeben sind:

$$U_B = 10 \text{ V}, R_M = 1 \text{ k}\Omega, I_0 = 100 \text{ }\mu\text{A}.$$

Gl. (3) wird ausmultipliziert

$$R_V \cdot (R_g + R_M) + R_g R_M = \frac{U_B R_g}{I_M}$$

und nach R_V aufgelöst.

$$R_V = \frac{\frac{U_B R_g}{I_M} - R_g R_M}{R_g + R_M} = \frac{\frac{U_B}{I_M} - R_M}{1 + \frac{R_M}{R_g}} \quad (5)$$

Der Sensorwiderstand R_g hat am Ende des Messbereiches, bei der Temperatur von 400 °C , den Wert:

$$R_g(400\text{°C}) = 100\Omega \cdot \left[1 + 3,85 \cdot 10^{-3} \frac{I}{K} \cdot 400\text{K} \right] = 254,0 \Omega$$

Entsprechend der Vorgabe soll bei 400 °C ein Strom von $I_0 = 100 \text{ }\mu\text{A}$ durch das Instrument fließen. Damit lässt sich der gesuchte Vorwiderstand nach Gl. (5) berechnen.

$$R_V = \frac{\frac{U_B}{I_M} - R_M}{1 + \frac{R_M}{R_g}} = \frac{\frac{10\text{V}}{10^{-4}\text{A}} - 1000\Omega}{1 + \frac{1000\Omega}{254\Omega}} = 20,05 \text{ k}\Omega \quad (6)$$

c) Das Instrument hat eine Anzeige mit $n_0 = 400$ Teilstrichen. Die Anzeige soll in °C -Werten skaliert werden. Welchen Teilstrichen n_i sind die Temperaturwerte $\vartheta / \text{°C} = 0; 100; 200; 300; 400$ zuzuordnen?

Der Zeigerausschlag n des Instrumentes ist proportional zum Strom I durch das Instrument.

$$n = n_0 \frac{I}{I_0} \quad (7)$$

Nachdem die Werte für n_0 und I_0 gegeben sind, gilt es, zunächst den Messwerkstrom I_M nach Gl. (3) oder (4) zu berechnen. Mit $R_V = 20,05 \text{ k}\Omega$ nach Gl. (6) ergeben sich die Zahlenwerte der folgenden Tabelle. Dort sind auch die Zahlenwerte für den Sensorwiderstand R_g enthalten, die explizit bei der Rechnung nach Gl. (4) nicht nötig sind.

ϑ in $^{\circ}\text{C}$	R_g in Ω	I in μA	n in Skt
0	100,0	45,1	181
100	138,5	60,3	241
200	177,0	74,4	298
300	215,5	87,6	351
400	254,0	100	400

信