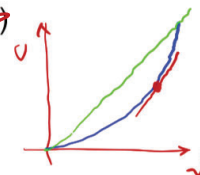


d) Wie lautet der Frequenzgang $G(j\omega) = \frac{U_a}{U_e}$? Welcher Filtertyp liegt vor? (Begründung)



Aufgabe 8. Klausurbeispielaufgabe

Eine Temperaturmesskette liefere eine Ausgangsspannung mit der Charakteristik

$$U = 0,08 \frac{V}{K} \cdot \vartheta + 0,0002 \frac{V}{K^2} \cdot \vartheta^2$$

$$= 0,08 \frac{V}{K} + 0,0002 \frac{V}{K^2} \cdot \vartheta^2$$

Motivation: Einsatz einer linearen Anzeigeeinheit

- a) Geben Sie eine lineare Kennlinie an, die bei $\vartheta = 0^\circ\text{C}$ und $\vartheta = 100^\circ\text{C}$ mit obiger Charakteristik übereinstimmt.

$$U_{lin}(\vartheta) = U_0 + m \cdot \vartheta$$

$$1) U_{lin}(0) = U(0) = 0$$

$$2) U_{lin}(100) = U(100) \Rightarrow m \cdot 100^\circ\text{C} = 8V + 2V$$

- b) Wie groß ist die relative Abweichung zwischen der Empfindlichkeit bei $\vartheta = 80^\circ\text{C}$ (lokal) und der Empfindlichkeit nach a).

$$\Rightarrow m = 0,1 \frac{V}{K} = 0,1 \frac{V}{K}$$

Absoluttemperatur T : K

Temperaturdifferenzen $\Delta T, \Delta \vartheta$: K

Temperaturen in techn. Anwendungen: $^\circ\text{C}$

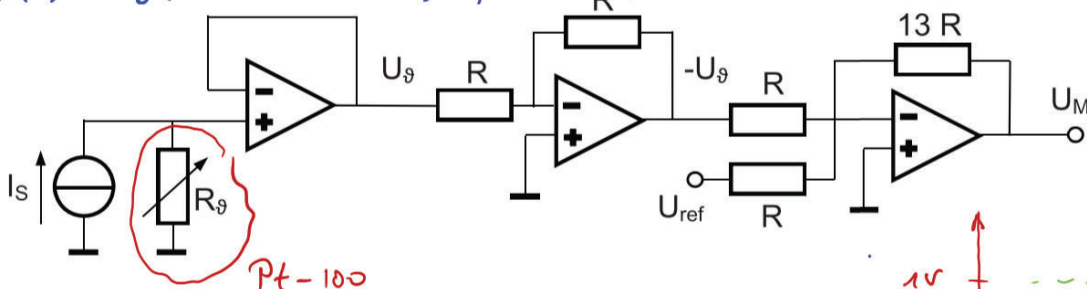
$$E(\vartheta = 80^\circ\text{C}) = \frac{dU}{d\vartheta} \bigg|_{\vartheta=80^\circ\text{C}} = 0,08 \frac{V}{K} + 4 \cdot 10^{-4} \frac{V}{K^2} \cdot 80^\circ\text{C} = (0,08 + 0,032) \frac{V}{K} = 0,112 \frac{V}{K}$$

Pb) Bezugswert nicht eindeutig, a) $\frac{\Delta E}{E} = \frac{0,1 - 0,112}{0,112} \approx -10,7\%$, b) $\frac{\Delta E}{E} = \frac{0,112 - 0,1}{0,1} = 12\%$

Hochschule Bremen, Beispielklausuraufgaben ELMES3, WS 21/22, M. Meyenkamp

Übung 4.3.2

$$R(\vartheta) = R_0 (1 + A\vartheta + B\vartheta^2), \quad \vartheta \text{ in } ^\circ\text{C}, \quad A = 3,9083 \cdot 10^{-3} (^\circ\text{C})^{-1}, \quad B = -5,775 \cdot 10^{-7} (^\circ\text{C})^{-2}$$



- a) Zeigen Sie: $U_M = 13 \cdot (I_S \cdot R_{\vartheta} - U_{ref})$.

$U_M = 0 \dots 1 \text{ V}$ entspreche einer Anzeige von $0 \dots 100^\circ\text{C}$.

- b) Wie groß ist der Offset-Fehler?

- c) Wie groß ist der maximale Linearitätsfehler im Messbereich (angegeben in Prozent vom Endwert)? Ein evtl. vorhandener Steigungsfehler soll unberücksichtigt bleiben.

$$U_M = 13 \cdot \left(\frac{2 \text{ mA} \cdot 100 \Omega}{0,2 \text{ V}} \cdot (1 + A\vartheta + B\vartheta^2) - 0,2002 \text{ V} \right) = 13 \cdot (0,2 \text{ V} \cdot (A\vartheta + B\vartheta^2) - 0,0002 \text{ V})$$

$$\approx -0,002 \text{ V} + 0,0102 \frac{V}{K} \cdot \vartheta - 1,5 \cdot 10^{-6} \frac{V}{K^2} \cdot \vartheta^2$$

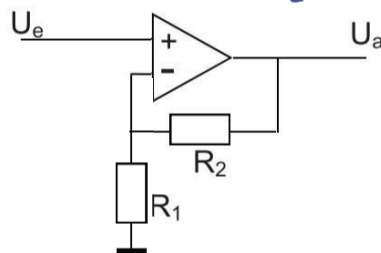
4.3.3 Nicht invertierender Verstärker

Bestimmen Sie das Übertragungsverhalten

$U_a = f(U_e)$ der nebenstehenden Operations-

verstärkerschaltung (allgemein und für die

Widerstandswerte $R_1 = 3,3 \text{ k}\Omega$ und $R_2 = 13,2 \text{ k}\Omega$).



$\vartheta = 0$ sollte $U_M = 0$ liefern, aber $U_M(0) = -2 \text{ mV} \approx -0,2^\circ\text{C}$ falsche Anzeige

$\vartheta = 100^\circ\text{C}$ „ $U_M \approx 1 \text{ V}$ liefern, aber $U_M(100) = -2 \text{ mV} + 1,016 \text{ V} - 0,015 \text{ V} = 0,999 \text{ V} \approx 99,9^\circ\text{C}$

Aufgabe 3.4.3

Eine Temperatur-Anzeigeeinheit zeigt $\vartheta_A = -20^\circ\text{C}$ bei einer (Eingangs-)

Messspannung $U_M = -1\text{ V}$ und $\vartheta_A = 60^\circ\text{C}$ bei $U_M = 3\text{ V}$ an.

- a) Geben Sie die entsprechende lineare Kennlinie der Anzeigeeinheit $\vartheta_A(U_M)$ an (Formel und Skizze).

Mit Hilfe einer Konstant-Stromquelle ($I_M = 1\text{ mA}$) und eines NI-100-Sensorelementes mit der Charakteristik $R(\vartheta) = R_0 \cdot (1 + 5,5 \cdot 10^{-3}^\circ\text{C}^{-1} \cdot \vartheta + 6,7 \cdot 10^{-6}^\circ\text{C}^{-2} \cdot \vartheta^2)$ wird die Messspannung durch eine Verstärkerschaltung wie folgt erzeugt:

$$U_M = 86,7 \cdot I_M \cdot R(\vartheta) - 8,74\text{ V}$$

- b) Bestimmen Sie die Kennlinie $\vartheta_A(\vartheta)$ dieser Messanordnung (nur Formel!).

$$\Rightarrow R_0 = 100\Omega$$

Situation / Schaltung / Messkette



- a) Geradengleichung (2-Punkt-Form, Punkt-Slope-Form)

$$\vartheta_A(U_M) = -20^\circ\text{C} + \frac{60^\circ\text{C} - (-20^\circ\text{C})}{3\text{V} - (-1\text{V})} (U_M - (-1\text{V}))$$

$$\vartheta_A(U_M) = -20^\circ\text{C} + 20 \frac{^\circ\text{C}}{\text{V}} (U_M + 1\text{V}) = 20 \frac{^\circ\text{C}}{\text{V}} \cdot U_M$$

Empfindlichkeit der Anzeige

$$b) U_M(\vartheta) = 86,7 \cdot 0,1\text{V} \cdot (1 + 5,5 \cdot 10^{-3} \frac{\vartheta}{^\circ\text{C}} + 6,7 \cdot 10^{-6} \frac{\vartheta^2}{^\circ\text{C}^2}) - 8,74\text{V}$$

$$= (8,67 - 8,74)\text{V} + 8,67\text{V} (5,5 \dots \dots \dots)$$

$$\vartheta_A(\vartheta) = 20 \frac{^\circ\text{C}}{\text{V}} \cdot U_M = -1,4^\circ\text{C} + 173,4^\circ\text{C} \cdot (5,5 \dots \dots \dots)$$

$$c) \text{ Offsetfehler: } \vartheta_A(0^\circ\text{C}) = -1,4^\circ\text{C}$$

$$\vartheta_A(100^\circ\text{C}) = -1,4^\circ\text{C} + 173,4 \cdot (0,55 + 0,067)^\circ\text{C} \approx 105,6^\circ\text{C}$$

$$d) \Delta \vartheta_A(\vartheta) = (\vartheta_A + 1,4^\circ\text{C}) - \vartheta = 173,4^\circ\text{C} \cdot (5,5 \cdot 10^{-3} \frac{\vartheta}{^\circ\text{C}} + 6,7 \cdot 10^{-6} \frac{\vartheta^2}{^\circ\text{C}^2}) - \vartheta \approx -0,0463 \vartheta + 1,2 \cdot 10^{-3} \frac{\vartheta^2}{^\circ\text{C}}$$

$$e) \Delta \vartheta_A(\vartheta) = 0 \text{ Bei } \vartheta_1 = 0, \vartheta_2 = \frac{0,0463}{1,2 \cdot 10^{-3}}^\circ\text{C} \approx 38,6^\circ\text{C}$$