

Name, Vorname:

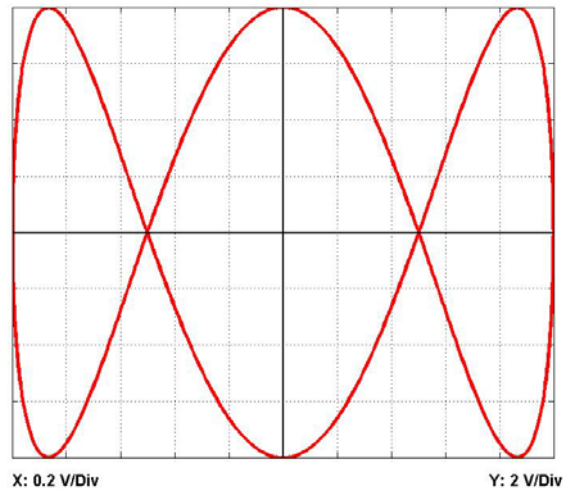
Matr.-Nr.:

Aufgabe 1. (4 P)

Bei dem nebenstehenden Oszillogramm (Lissajous-Figur) liege am X-Kanal das Signal

$$x(t) = \hat{x} \cdot \sin\left(5 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \cdot t\right) \text{ an.}$$

- Welchen Wert hat die Amplitude \hat{x} ?
- Geben Sie die Zeitfunktion $y(t)$ des Signals am Y-Kanal an.

**Aufgabe 2. (6 P)**

Für den Differenzdruck ΔP über einer Rohrstrecke gilt folgende Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit: $\Delta P = \alpha \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2$. Es sei $\alpha = 4$, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$. ΔP wird gemessen

mit einem Sensor, der die Messspannung $U_M = \frac{1 \text{ V}}{3 \text{ kN/m}^2} \cdot \Delta P$ liefert.

- Geben Sie die Formel für die Sensorkennlinie, $U_M = f(v)$, an. Welche Messspannung ergibt sich bei $v = 3 \text{ m/sec}$?
- Bestimmen Sie die lokale Empfindlichkeit des Sensors bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 2 m/sec .

Aufgabe 3. (6 P)

Eine Messreihe liefert für den Schaltweg D eines Mikroschalters die unten angegebenen Werte. Es wird mit einem Wegsensor gemessen, dessen Messunsicherheit mit $1 \mu\text{m}$ angegeben ist. Geben Sie das vollständige Messergebnis für D für ein Vertrauensniveau von 95% an.

Messung Nr.	1	2	3	4
Schaltweg D [μm]	30	35	27	31

Hinweis:

Anzahl Messungen in der Messreihe n	Vertrauensfaktor t						
	$(1-\alpha) = 68,27 \%$	$(1-\alpha) = 90,00 \%$	$(1-\alpha) = 95,00 \%$	$(1-\alpha) = 95,45 \%$	$(1-\alpha) = 99,00 \%$	$(1-\alpha) = 99,73 \%$	$(1-\alpha) = 99,98 \%$ *
2	1,84	6,31	12,71	18,44	63,66	235,80	761,40
3	1,32	2,92	4,30	4,93	9,93	19,21	42,30
4	1,20	2,35	3,18	3,48	5,84	9,22	19,77
5	1,15	2,13	2,78	2,98	4,60	6,62	12,48
6	1,11	2,02	2,57	2,73	4,03	5,51	9,77

Aufgabe 4. (6 P)

An einem NTC mit der Widerstandscharakteristik $R(T) = R_0 \cdot e^{B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$ mit $B = 4500 \text{ K}$ wird bei $T_0 = 298 \text{ K} \pm 0.8 \text{ K}$ der Widerstand $R_0 = 30 \text{ k}\Omega \pm 300 \Omega$ gemessen.

Bestimmen Sie den Widerstand $R_\infty = R(T \rightarrow \infty)$ sowie die Messunsicherheit ΔR_∞ aufgrund der Unsicherheiten der Messwerte von T_0 und R_0 .

Aufgabe 5. (6 P)

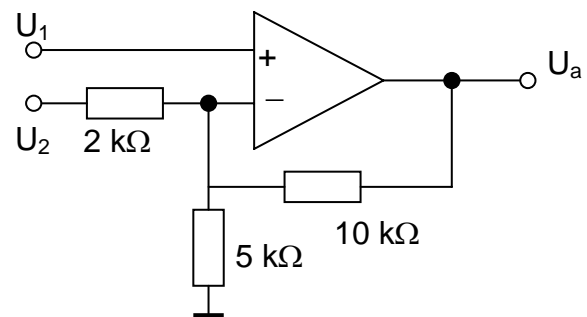
Für einen NTC wurden folgende Werte gemessen

$\vartheta \text{ [}^\circ\text{C]}$	0	15	45
$R_{NTC} \text{ [k}\Omega\text{]}$	5,8	2,4	0,8

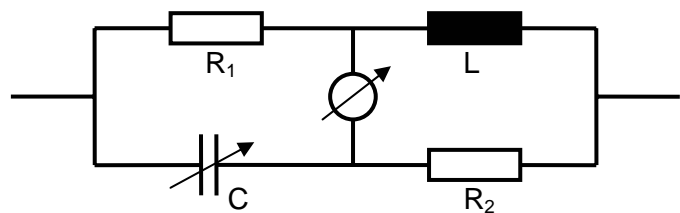
- Näherungsweise soll eine lineare Kennlinie verwendet werden. Bestimmen Sie dazu aus den 3 Messpunkten die Ausgleichsgerade $\hat{R}(\vartheta)$.
- Wie groß ist die absolute und die relative Abweichung der Kennlinie vom gemessenen Wert bei $\vartheta = 15 \text{ }^\circ\text{C}$?

Aufgabe 6. (6 P)

Bestimmen Sie das Übertragungsverhalten $U_a = f(U_1, U_2)$ der nebenstehenden Operationsverstärkerschaltung.

**Aufgabe 7. (4 P)**

Für die nebenstehende Induktivitätsmessbrücke ist die Abgleichbedingung $L = f(C, R_1, R_2)$ zu bestimmen.

**Aufgabe 8. (2 P)**

Wie groß ist der minimale Abstand zweier exakt darstellbarer Werte (Quantisierungsstufenhöhe) bei einem 12-Bit-A/D-Umsetzer mit dem Eingangsspannungsbereich $0 \text{ V} \leq U_E \leq 10 \text{ V}$?

Aufgabe 9 (2 P)

An einer Spannungsquelle wurde im Leerlauf die Spannung $U_0 = 10 \text{ V}$ und bei einem Strom von 3 A die Spannung $8,5 \text{ V}$ gemessen. Wie groß ist der Innenwiderstand?

Aufgabe 10. (4 P)

Ein Erwärmungsvorgang kann näherungsweise wie der Ladevorgang eines Kondensators beschrieben werden. Für einen gegebenen Körper in einer Versuchsanordnung betrage die Zeitkonstante 20 Minuten. Der Körper wird ausgehend von 0 °C durch konstante Leistungszufuhr erwärmt.

- a) Durch welche Funktion $\vartheta(t)$ wird dieser Erwärmungsvorgang beschrieben?
- b) Wann sind 95% der Endtemperatur erreicht?

Aufgabe 11. (4 P)

Ein RC-Tiefpassfilter mit $R = 1,6 \text{ k}\Omega$, $C = 10 \text{ nF}$ hat am Eingang die Spannung $U_E = 2V \cdot \cos(2\pi \cdot 5\text{kHz} \cdot t)$. Welche Amplitude hat die Ausgangsspannung?

Gesamtpunktzahl: 50 P.

Klausur ELMESS, 13.2.07, Lösungen

Aufgabe 1 4P.

$$a) \hat{x} = 5 \cdot 0,2 V = 1 V$$

$$b) \hat{y} = 4 \cdot 2 V = 8 V \quad \omega_y = 3 \cdot \omega_x$$

$$y(t) = 8 V \cdot \cos\left(15 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \cdot t\right)$$

Aufgabe 2 6P.

$$a) \text{ Sensorbeziehung: } U_H = \frac{1 V}{3 \text{ kN/m}^2} \cdot 4 \cdot \frac{1000 \text{ kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{V^2}{2}$$

$$\Leftrightarrow U_H = \frac{2 V}{3 \frac{\text{m}^2}{\text{sec}^2}} \cdot V^2, \quad U_H(3 \frac{\text{m}}{\text{sec}}) = 6 V$$

$$b) E(2 \frac{\text{m}}{\text{sec}}) = \frac{dU_H}{dV} \Big|_{V=2 \frac{\text{m}}{\text{sec}}} = \frac{4 V}{3 \frac{\text{m}^2}{\text{sec}^2}} \cdot 2 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \\ \approx 2,67 \frac{V}{\text{m/sec}}$$

Aufgabe 3 6P.

$$\text{Mittelwert: } \bar{D} = \frac{1}{4} \cdot \sum_{i=1}^4 D_i = 30,75 \mu\text{m}$$

$$\text{Streuung: } S_D = \sqrt{\frac{1}{3} \sum_{i=1}^4 (D_i - \bar{D})^2} = 3,304 \mu\text{m}$$

$$\Delta D_1 = \frac{1}{\sqrt{N}} \cdot t_{N,95} \cdot S_D = \frac{1}{2} \cdot 3,14 \cdot 3,304 \mu\text{m} \\ = 5,253 \mu\text{m}$$

$$\Delta D_2 = 1 \mu\text{m} \quad \text{Messunsicherheit des Sensors} \\ \text{s.o.S.}$$

Aufgabe 3 (Fortsetzung) 6P.

$$\Delta D = \sqrt{\Delta D_1^2 + \Delta D_2^2} = 5,348 \mu\text{m}$$

$$\hat{D} = (30,75 \pm 5,35) \mu\text{m}, \quad 1-\alpha = 95\%$$

Aufgabe 4 6P.

$$R_{\infty} = R_0 \cdot e^{-\frac{B}{T_0}} = 30 \text{ k}\Omega \cdot e^{-\frac{4500}{298}} \\ = 8,298 \text{ m}\Omega$$

$$\Delta R_{\infty,1} = \frac{\partial R_{\infty}}{\partial R_0} \cdot \Delta R_0 \\ = e^{-\frac{B}{T_0}} \cdot 300 \Omega \approx 83 \mu\Omega$$

$$\Delta R_{\infty,2} = \frac{\partial R_{\infty}}{\partial T_0} \cdot \Delta T_0 \\ = R_{\infty} \cdot \frac{B}{T_0^2} \cdot 0,8 \text{ K} \approx 336 \mu\Omega$$

$$\Delta R_{\infty} = \sqrt{\Delta R_{\infty,1}^2 + \Delta R_{\infty,2}^2} \\ = 346 \mu\Omega \quad \hat{=} 4,2\%$$

Aufgabe 6 6P.

$$U_1 = U_- \quad \frac{U_-}{5 \text{ k}\Omega} = \frac{U_2 - U_-}{2 \text{ k}\Omega} + \frac{U_a - U_-}{10 \text{ k}\Omega}$$

$$U_a = -5 U_2 + 5 U_- + U_- + 2 U_-$$

$$\Rightarrow U_a = -5 U_2 + 8 U_1$$

Aufgabe 5 6P.

a) Ausgleichsgerade: $y = \bar{y} + \frac{S_{xy}}{S_x^2} (x - \bar{x})$

$$\bar{v} = \frac{60}{3} ^\circ\text{C} = 20 ^\circ\text{C}$$

$$S_y^2 = \frac{1}{2} (20^2 + 5^2 + 25^2) = \frac{1050}{2} = 525 (^\circ\text{C})^2$$

$$\bar{R}_{NTC} = \frac{1}{3} (5,8 + 2,4 + 0,8) = 3 \text{ k}\Omega$$

$$S_{v,R} = \frac{1}{2} [(-20 \cdot +2,8) + (-5 \cdot -0,6) + (25 \cdot -2,2)]$$

$$= -54 \text{ k}\Omega \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\tilde{R}_{NTC} = 3 \text{ k}\Omega - \frac{54 \text{ k}\Omega}{525 ^\circ\text{C}} (v - 20 ^\circ\text{C})$$

$$= 5,057 \text{ k}\Omega - 0,1029 \frac{\text{k}\Omega}{^\circ\text{C}} \cdot v$$

b) $\tilde{R}_{NTC} (v = 15 ^\circ\text{C}) = 3,514 \text{ k}\Omega$

$$\Delta R = |2,4 \text{ k}\Omega - 3,514 \text{ k}\Omega| = 1,114 \text{ k}\Omega \text{ abs. Fehler}$$

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{1,114 \text{ k}\Omega}{2,4 \text{ k}\Omega} = 0,464 = 46,4\% \text{ rel. Fehler}$$

Aufgabe 8 2P.

$$\Delta U_Q = \frac{U_{\text{max}} - U_{\text{min}}}{2^N - 1} = \frac{10 \text{ V}}{2^{12} - 1} \approx 2,44 \text{ mV}$$

Aufgabe 7 4P.

Abgleichbedingung: gleiches Impedanzverhältnis in beiden Zweigen der Brücke

$$\frac{j\omega L}{R_1} = \frac{R_2}{\frac{1}{j\omega C}} \Leftrightarrow j\omega L = R_1 R_2 \cdot j\omega C$$

$$\Leftrightarrow L = R_1 \cdot R_2 \cdot C$$

Aufgabe 10 4P.

Zeitverlauf bei $v_0 = 0 ^\circ\text{C}$: $v(t) = v_E \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

$$v(t_{95}) = 0,95 \cdot v_E \Rightarrow 1 - e^{-\frac{t_{95}}{\tau}} = 0,95$$

$$\Leftrightarrow e^{-\frac{t_{95}}{\tau}} = 0,05$$

$$\Rightarrow t_{95} = \tau \cdot \ln 20 \Leftrightarrow t_{95} \approx 3 \cdot \tau = 60 \text{ min.}$$

Aufgabe 11 4P.

RC-Frequenzgang: $G(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega RC}$

$$\hat{U}_A = \left| \frac{1}{1 + j\omega RC} \right| \cdot 2 \text{ V}$$

$$= \frac{2 \text{ V}}{\sqrt{1 + (2\pi \cdot 5000)^2 \cdot 1600^2 \cdot 10^{-16}}} \approx \frac{2 \text{ V}}{\sqrt{1,253}} \approx 1,787 \text{ V}$$

Aufgabe 9 2P.

$$R_i = - \frac{\Delta U}{\Delta I} = - \frac{10 \text{ V} - 8,5 \text{ V}}{0 \text{ A} - 3 \text{ A}} = \frac{1,5 \text{ V}}{3 \text{ A}} = 0,5 \Omega$$