

## Lösungen zur Beispielklausur "Elektrische Messtechnik", WS 02/03

### Aufgabe 1. (8 P)

a) Offset- (Nullpunkts-), Verstärkungs- (Gain-), Linearitäts- und Hysteresefehler.

b) Anstiegszeit der Sprungantwort (1.  $\omega_g = \frac{1}{\tau}$ , ( $\tau = t_{63\%}$ ), 2. wie in Versuch FS:  $f_g = \frac{0.35}{t_r}$  ( $t_r = t_{10-90\%}$ )), Frequenzgang:  $\omega = \omega_g$  dort, wo Phasenverschiebung =  $-45^\circ$  bzw. Amplitudengang = -3 dB.

$$c) U_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (u(t))^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{5} \int_0^5 \left(\frac{3}{5}t\right)^2 dt} = \sqrt{\frac{3}{125} \cdot 125} = \sqrt{3} \approx 1.732 V$$

### Aufgabe 2. (4 P)

$$U_M = R(\vartheta) \cdot 0.5 mA = 1 V \cdot e^{-\frac{3500K}{298,13K}} \cdot e^{-\frac{3500K}{T}}$$

$$E = \left. \frac{dU_M}{dT} \right|_{T=353,13K} = 1 V \cdot e^{-\frac{3500K}{298,13K}} \cdot e^{-\frac{3500K}{T}} \cdot \left( -\frac{3500K}{T^2} \right) \Big|_{T=353,13K}$$

$$E(\vartheta = 80^\circ C) = -0.16066 V \cdot 0.028067 K^{-1} = 4.509 \frac{mV}{K}$$

### Aufgabe 3. (6 P)

$$U_P = U_E, \quad \frac{U_A - U_P}{R} = \frac{U_P}{R} \Rightarrow U_A = 2 U_E$$

### Aufgabe 4. (8 P)

$$a) G(j\omega) = \frac{U_a}{U_e} = \frac{R}{2R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{j\omega RC}{1 + 2j\omega RC} = \frac{1}{2} \cdot \frac{j\omega \cdot 2RC}{1 + j\omega \cdot 2RC}$$

$$b) G(j\omega) = \frac{1}{2} \cdot \frac{j\omega \cdot 0.04}{1 + j\omega \cdot 0.04}, \quad |G(j\omega)| = 0.5 \cdot \frac{0.04\omega}{\sqrt{1 + (0.04\omega)^2}}$$

Skizze: Amplitudengang steigt von  $\omega=0$  her mit 20 dB/Dekade an, Eckfrequenz ist  $\omega=25$  rad/sec hier ist der Betrag = -9 dB, im weiteren Verlauf geht der Amplitudengang gegen 0.5, d. h. -6 dB. Der Phasengang fällt von  $90^\circ$  bei  $\omega=0$  auf  $45^\circ$  bei  $\omega=25$  rad/sec und  $0^\circ$  für  $\omega \rightarrow \infty$ .

$$c) \hat{U}_a = |G(j\omega)| \cdot \hat{U}_e = |G(j \cdot 10)| \cdot 3 V = \frac{0.2 \cdot 3 V}{\sqrt{1 + 0.4^2}} \approx 0.57 V$$

### Aufgabe 5. (8 P)

a) Mittelwert:  $\bar{\vartheta} = 361.75$ , Standardabweichung:  $D(\vartheta) = \sigma^2 = 95.36$ ,  $\sigma = 9.765$

$$b) \hat{\vartheta} = \bar{\vartheta} \pm u_{\vartheta}, \quad u_{\vartheta} = \frac{1}{\sqrt{8}} \cdot 2.37 \cdot 9.765 = 8.18, \quad 1 - \alpha = 0.95$$

$$c) u = \sqrt{u_{\vartheta}^2 + e^2}, \quad e = 500^\circ C \cdot 0.025 = 12.5, \quad \Rightarrow u = 14.94$$

$$\text{also: } \hat{\vartheta} = 361.75^\circ C \pm 14.94^\circ C, \quad 1 - \alpha = 0.95$$

$$6.) a) R(20^{\circ}\text{C}) = 1921 \Omega, R(50^{\circ}\text{C}) = 2425 \Omega$$

$$\hat{R}(v) = 1921 \Omega + \frac{2425 \Omega - 1921 \Omega}{50^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}} \cdot (v - 20^{\circ}\text{C})$$

$$= 1921 \Omega + 16.8 \frac{\Omega}{\text{K}} (v - 20^{\circ}\text{C})$$

$$= 1585 \Omega + 16.8 \frac{\Omega}{\text{K}} \cdot \frac{v}{^{\circ}\text{C}}$$

$$b) v = 0^{\circ}\text{C} \Rightarrow \hat{R} = 1585 \Omega, v = 100^{\circ}\text{C} \Rightarrow \hat{R} = 3425 \Omega$$

$$\rightarrow \hat{v}_0 = \frac{1625 - 1585}{16.8} ^{\circ}\text{C}, \hat{v}_{100} = \frac{3425 - 1585}{16.8} ^{\circ}\text{C}$$

$$c) U_H = 5 \text{V} \cdot \frac{R(v)}{R(v) + 2 \text{k}\Omega} = 2.38^{\circ}\text{C} = 109.5^{\circ}\text{C} \hat{=} 9.5\% \text{ rel. F.}$$

$$U_H(20^{\circ}\text{C}) = \frac{5 \cdot 1921}{3921} \text{V} = 2.4496 \text{V}$$

$$U_H(50^{\circ}\text{C}) = \frac{5 \cdot 2425}{4425} \text{V} = 2.7401 \text{V}$$

$$\hat{U}_H(v) = 2.45 \text{V} + \frac{2.74 - 2.45}{30} \frac{\text{V}}{\text{K}} \cdot (v - 20^{\circ}\text{C})$$

$$= 2.4496 \text{V} + \frac{0.2905}{30} \frac{\text{V}}{\text{K}} (v - 20^{\circ}\text{C})$$

$$= 2.256 \text{V} + 0.009683 \frac{\text{V}}{\text{K}} \cdot \frac{v}{^{\circ}\text{C}}$$

$$d) \hat{U}_H(100^{\circ}\text{C}) = 3.224 \text{V}, U_H(100^{\circ}\text{C}) = \frac{5 \cdot 3425}{5425} \text{V} = 3.1567 \text{V}$$

$$\hat{v}_{100} = \frac{3.1567 - 2.256}{0.009683} ^{\circ}\text{C} = 93.02^{\circ}\text{C} \hat{=} 7\% \text{ rel. Fehler}$$

$$\hat{v}_0 = -1.51^{\circ}\text{C}$$