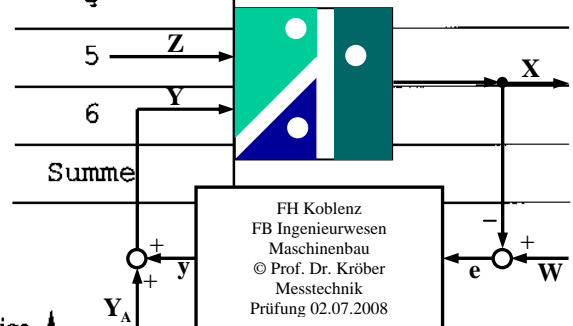


Diese Prüfung besteht aus einem Fragenteil und einem Rechenteil. Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

- Bearbeitungszeit : 90 min
- Erlaubte Hilfsmittel :
 - Schreib- und Zeichengerät
 - Taschenrechner

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

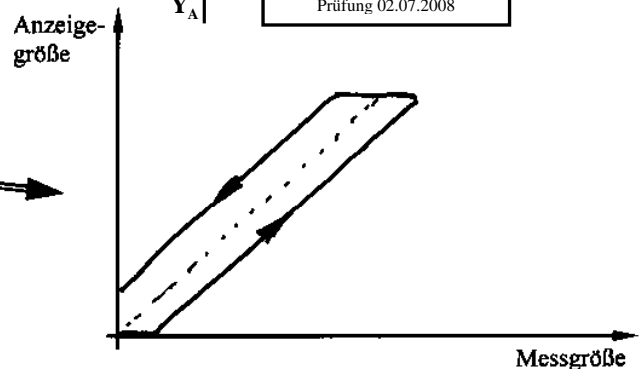
+ Lösungen



Note : _____

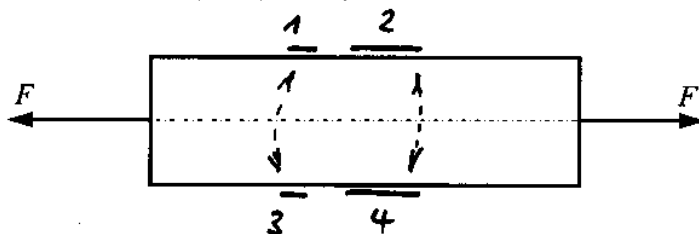
K U R Z F R A G E N :

- Zwischen der Anzeigegröße und der Messgröße ist eine Umkehrspanne (konstante Hysterese) vorhanden. Tragen Sie einen typischen Verlauf für diese Umkehrspanne in das Diagramm ein! (4P)
- Zwei Messwerte lauten $x_1=999$ und $x_2=1001$. Wie groß ist die Standardabweichung? (2P)



Hinweis:
$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

- Auf einem Zuganker soll die Zugkraft (biegekompensiert, maximal mögliches positives Ausgangssignal) gemessen werden. Skizzieren Sie die dazu erforderliche Anordnung der DMS (alle 4 DMS sind anzuordnen)! (4P)



Hilfestellung:

$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \left(\frac{\Delta R_2}{R} + \frac{\Delta R_4}{R} - \frac{\Delta R_1}{R} - \frac{\Delta R_3}{R} \right)$$

- Ein Thermoelement hat eine Empfindlichkeit von $40 \mu V / K$. Ein Student prüft in der Mensa die Temperatur des frisch aufgebrühten Kaffees. Er misst am Multimeter eine Thermospannung von $1,6 mV$. Welche Temperatur hat der Kaffee? (2P)

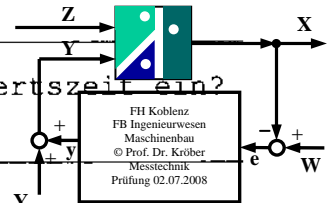
sol = $\frac{u_T}{K} = \frac{1600}{40} \text{ } ^\circ\text{C} = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$ Sei $\alpha_u = 20 \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow \alpha_{\text{Kaffee}} = 60 \text{ } ^\circ\text{C}$

5. Wie geht die Größe eines Thermoelements in die Empfindlichkeit ein? (2P)

gar nicht

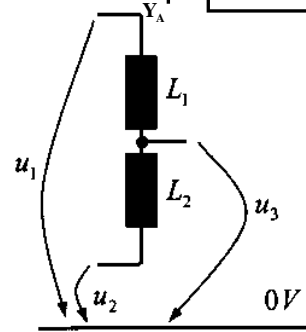
6. Wie geht die Größe eines Thermoelements in die Halbwertszeit ein? (2P)

Größe \uparrow \rightarrow Halbwertszeit steigt \uparrow



7. Ein induktiver Wegaufnehmer (Drosselprinzip) wird mit $u_1 = \hat{u} \cdot \sin(\omega t)$ gespeist. Wie lautet das eingespeiste Signal für u_2 ? (2P)

$u_2 = -\hat{u} \cdot \sin(\omega t)$



Wie entsteht aus dem Signal u_3 das wegproportionale Ausgangssignal? (Stichpunkte angeben!) (4P)

Verstärkung, phasenabh. Gleichrichtung, Verstärkung, Tiefpassfilter

8. Eine Welle dreht mit 100Hz. Die Blitzfrequenz eines Stroboskops liegt ebenfalls bei 100Hz. Es entsteht ein sogenanntes "stehendes Bild". Gibt es eine Blitzfrequenz (oder gar mehrere Blitzfrequenzen), bei der (denen) das gleiche stehende Bild entsteht? (3P)

alle ganzzahligen Teile 50Hz; 33,3...Hz; 25Hz; usw.

9. Der k-Faktor eines DMS setzt sich zusammen aus dem geometrischen Anteil und dem Gefügeanteil. Der k-Faktor beträgt $k=2,05$. Die Querkontraktionszahl sei $\nu=0,3$. Wie groß sind der geometrische Anteil und der Gefügeanteil (Zahlenwerte)? (3P)

$f_{geom} = 1 + 2\nu = 1 + 2 \cdot 0,3 = 1,6 \Rightarrow f_{Gefügeanteil} = 2,05 - 1,6 = 0,45$

10. Durch Verringerung der Wandstärke einer Membran (DMS-Druckmessung) lässt sich die Empfindlichkeit erhöhen. Weshalb kann die Wandstärke der Membran nicht beliebig verringert werden? (2P)

Rückwirkung DMS auf Meisstelle

11. Bei welchen Aufnehmern spielt das Hall-Prinzip (Hall-Spannung) eine Rolle? (2P)

magn. induktive Durchflussmessung

12. Ein Beschleunigungsaufnehmer A ist deutlich größer als ein Beschleunigungsaufnehmer B. Welche Aussage kann man daraus hinsichtlich der Knickfrequenz ableiten? (3P)

$f_{Knick A} \ll f_{Knick B}$

13. Weshalb können bei der korrelativen Geschwindigkeits-/Durchflussmessung keine homogene Stoffströme gemessen werden? (2P)

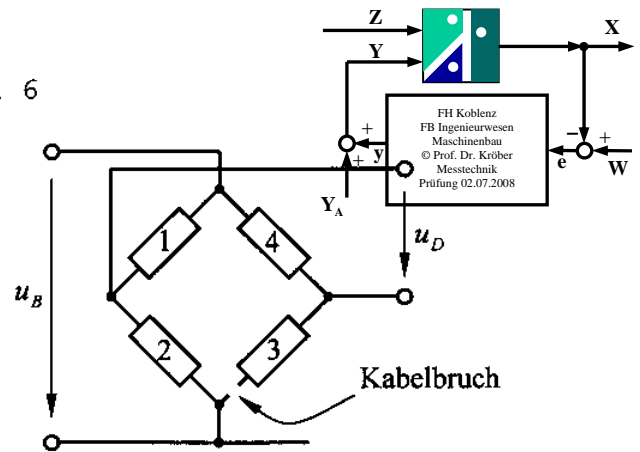
Zeitversatz von Turbulenzen wird ausgewertet

14. Ein Pt100 hat bei 100°C einen Widerstand von $138,5\Omega$. Wie groß ist der Widerstand bei 50°C ? (2P)

$(100 + \frac{38,5}{2})\Omega = 119,25\Omega$

15. Eine Messbrücke wird mit $u_B = 5V$ gespeist. In der Verschaltung liegt ein Kabelbruch (Unterbrechung) vor. Wie groß ist die gemessene Diagonalspannung? (4P)

$u_D = -2,5V$

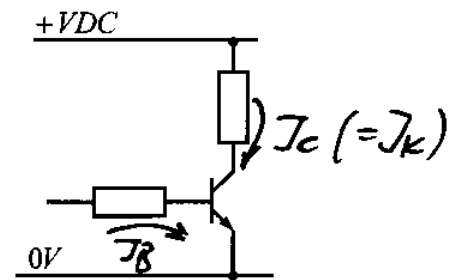


16. Der Hörbereich eines Menschen geht bis 20kHz. Mit welcher Abtastfrequenz muss das Signal von einem Rechner erfasst werden, damit diese Frequenzanteile dargestellt/ermittelt werden können? (2P)

$f \geq 40 \text{ kHz}$

17. Tragen Sie in der Skizze ein:
 - Flussrichtung Basisstrom
 - Flussrichtung Kollektorstrom
 (2P)

Wie groß ist die Spannung U_{CE} , wenn der Transistor "durchgeschaltet" / "nicht durchgeschaltet" ist (Durchlassspannungen werden vernachlässigt)? (4P)



$U_{CE} = V_{DC}$ $U_{CE} = 0V$

18. Die Höhe eines Kegels wird mit einem rel. Fehler von 1% gemessen. Wie groß ist der sich daraus ergebende rel. Fehler des Volumens? (2P)

$V \sim h \rightarrow 1\%$

19. In Wikipedia findet man unter dem Begriff "Fourierreihe" u.a. folgende Information (Auszug):

Dreieckspuls [bearbeiten]

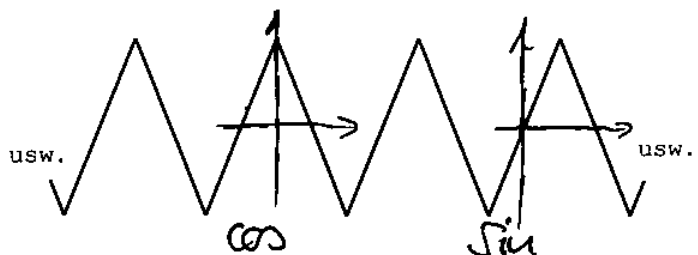
Die Dreiecksfunktion lässt sich je nach gewünschter Phasenlage mit Sinus- und Kosinustermen approximieren. Mit h kann man die Amplitude der Kurve bestimmen:

$$f(t) = \frac{8h}{\pi^2} \left[\cos \omega t + \frac{1}{3^2} \cos 3\omega t + \frac{1}{5^2} \cos 5\omega t + \dots \right]$$

$$f(t) = \frac{8h}{\pi^2} \left[\sin \omega t - \frac{1}{3^2} \sin 3\omega t + \frac{1}{5^2} \sin 5\omega t \mp \dots \right]$$

Verschiedene Näherungen eines Dreieckspulses

Tragen Sie in die nebenstehende Abbildung die beiden Koordinatensysteme ein, damit sich die Reihe mit den Cosinusgliedern und die Reihe mit den Sinusgliedern ergibt! (4P)



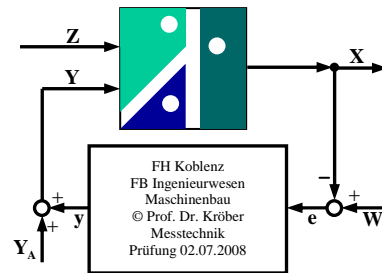
R E C H E N T E I L

Aufgabe 1 (10P)

Ein Temperatursensor hat eine Zeitkonstante von $T=120s$ und hat eine Ausgangstemperatur von $\vartheta=20^{\circ}C$ (Raumtemperatur). Um 10.00 Uhr wird er in eine Kühltruhe gebracht. In der Kühltruhe herrscht eine Temperatur von $\vartheta=-20^{\circ}C$. Er verbleibt in der Kühltruhe bis 10.04 Uhr. Dann wird der Sensor wieder aus der Kühltruhe herausgenommen.

- Welchen Minimalwert zeigt der Sensor an?
- Nach dem Herausnehmen aus der Kühltruhe wird die Anzeige des Temperatursensors wieder ansteigen. Zu welcher Uhrzeit erreicht die Anzeige wieder einen Wert von $\vartheta=0^{\circ}C$?

Hilfestellung: $\frac{\text{momentane Differenz}}{\text{Anfangsdifferenz}} = e^{-\frac{t}{T}}$

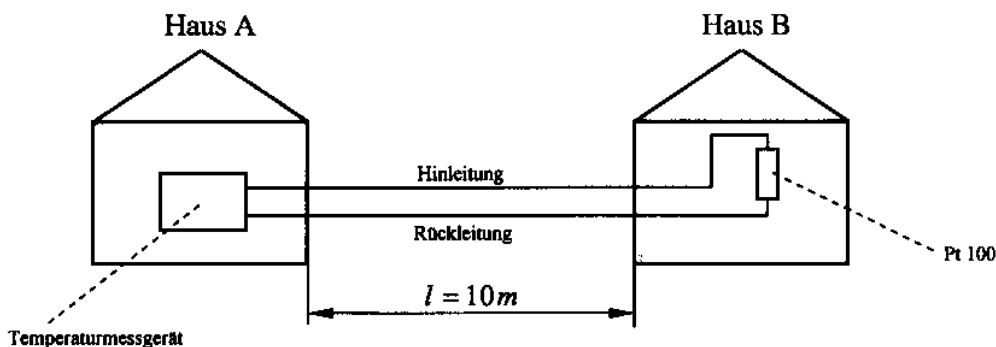


Aufgabe 2 (10P)

Ein Temperaturmessgerät befindet sich in einem Haus A, der Temperatursensor befindet sich in einem Haus B. In dem Haus B herrscht eine Temperatur von $\vartheta_{Haus B} = 20^{\circ}C$. Zwischen den beiden Häusern besteht ein Abstand von 10m. Die Kabel (Kupfer, Querschnitt $0,75mm^2$) zwischen den beiden Häusern befinden sich auf Umgebungstemperatur $\vartheta_U = 20^{\circ}C$. Der Nullpunkt ist so eingestellt, dass am Temperaturmessgerät eine Temperatur von $\vartheta = 20^{\circ}C$ angezeigt wird.

Nun ändert sich die Umgebungstemperatur von $\vartheta_U = 20^{\circ}C$ auf $\vartheta_U = 30^{\circ}C$ (nur diese Temperatur ändert sich!). Welche Temperatur zeigt das Temperaturmessgerät dann an?

Hinweis: Berechnen Sie zunächst den Widerstand des bzw. eines Kupferkabels bei $0^{\circ}C$.



Pt100: $R_{\vartheta} = R_0 \cdot (1 + \alpha_{Pt} \cdot \vartheta)$ $\alpha_{Pt} = 3,85 \cdot 10^{-3} K^{-1}$

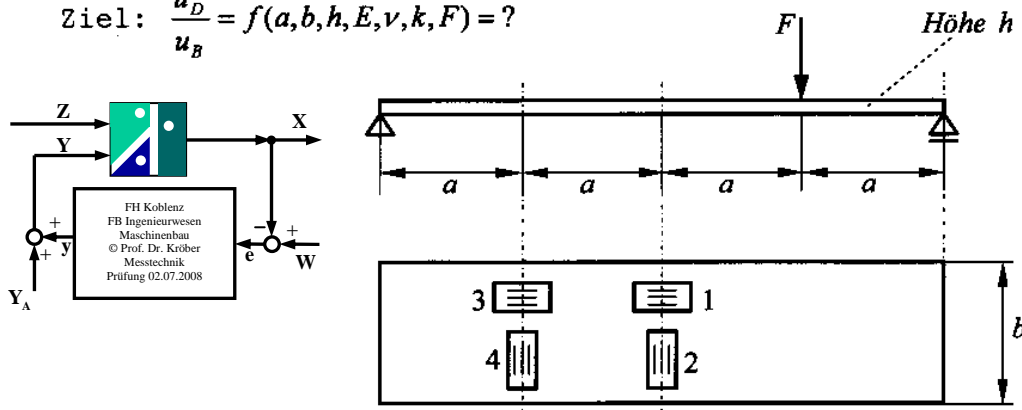
Kupferkabel: $R_{\vartheta} = R_0 \cdot (1 + \alpha_{Cu} \cdot \vartheta)$ $\alpha_{Cu} = 4,27 \cdot 10^{-3} K^{-1}$ $R_{0^{\circ}C} = \frac{l}{\kappa \cdot A}$ $\kappa = 57 \frac{m}{mm^2 \Omega}$

Aufgabe 3 (10P)

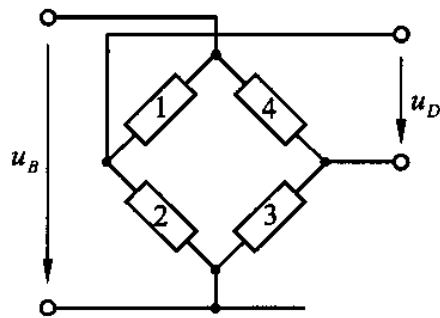
Der abgebildete Biegebalken ist auf beiden Seiten gelenkig gelagert.

- Bestimmen Sie zunächst die Dehnungen $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ und ϵ_4 !
- Wie groß ist die Brückenverstimmung in Abhängigkeit der gegebenen Größen?

Ziel: $\frac{u_D}{u_B} = f(a, b, h, E, \nu, k, F) = ?$



Hilfestellungen:



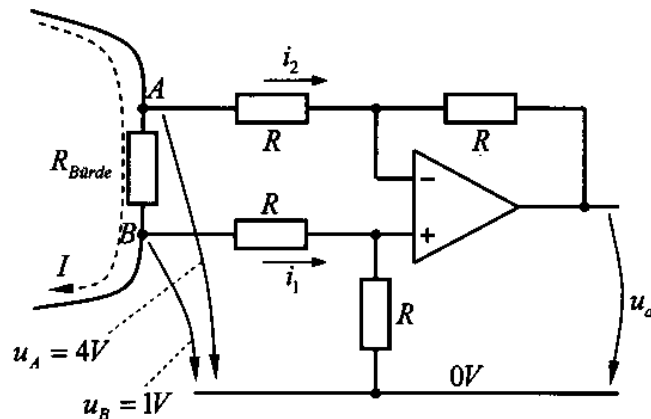
$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \left(\frac{\Delta R_2}{R} + \frac{\Delta R_4}{R} - \frac{\Delta R_1}{R} - \frac{\Delta R_3}{R} \right) \quad \frac{\Delta R}{R} = k \cdot \epsilon$$

$$W_b = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

$$\epsilon_{quer} = -\nu \cdot \epsilon_{longs}$$

Aufgabe 4 (9P)

Die Abbildung zeigt einen Messumformer I/U. An den Anschlusspunkten A und B werden die Spannungen $u_A=4V$ und $u_B=1V$ gemessen. Die 4 Widerstände R sind alle gleich und betragen jeweils $R=100k\Omega$. Wie groß sind die Ströme i_1, i_2 und wie groß ist die Ausgangsspannung u_a ?



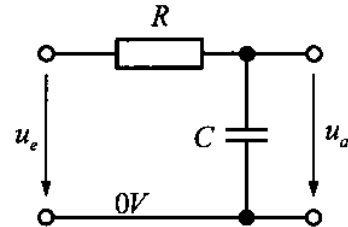
Aufgabe 5 (9P)

Am Eingang eines Tiefpassfilters 1. Ordnung liegt eine sinusförmige Eingangsgröße an (Signalfrequenz $f=100\text{Hz}$). Der Spitzenwert am Eingang beträgt $\hat{u}_e=3,0\text{V}$. Mit einem Multimeter wird aus Ausgang ein Wert von $0,8\text{V}$ gemessen (Multimeter auf Schalterstellung AC). Wie groß ist die Knickfrequenz des Filters?

Hilfestellungen:

$$|G| = \frac{\hat{u}_a}{\hat{u}_e} = \frac{1}{\sqrt{1+(\omega \cdot R \cdot C)^2}}$$

$$\omega_E = \frac{1}{R \cdot C}$$



Aufgabe 6 (9P)

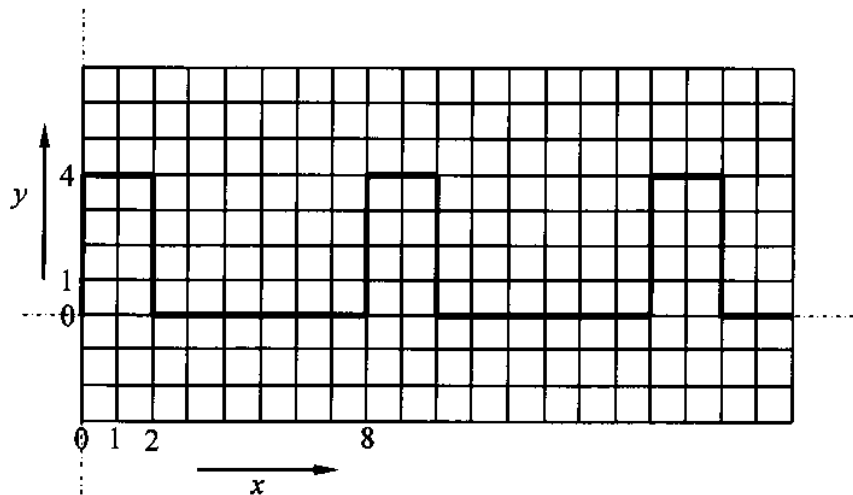
Bestimmen Sie von dem abgebildeten Signal den Konstantanteil $\frac{a_0}{2}$ sowie die Koeffizienten a_1 , b_1 und A_1 der Grundschiwingung (Exakte Lösung!!)

Hilfestellungen:

$$\int \sin(ax) dx = -\frac{1}{a} \cos(ax) + C$$

$$\int \cos(ax) dx = \frac{1}{a} \sin(ax) + C$$

$$A_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2}$$



Hinweis:

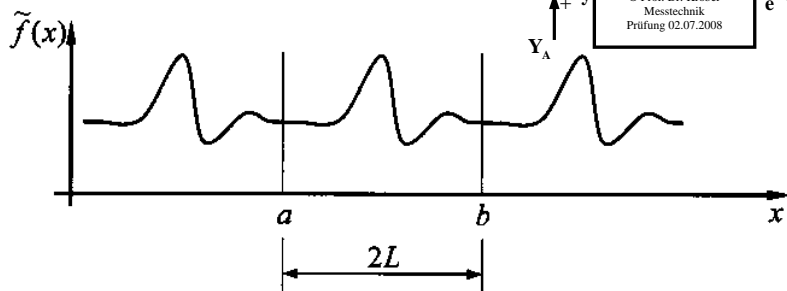
Sei $\tilde{f}(x)$ eine periodische Funktion der Periode $2L$, dann lässt sich $\tilde{f}(x)$ durch folgende Reihenentwicklung approximieren:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^n a_i \cos\left(i \frac{\pi}{L} x\right) + \sum_{i=1}^n b_i \sin\left(i \frac{\pi}{L} x\right)$$

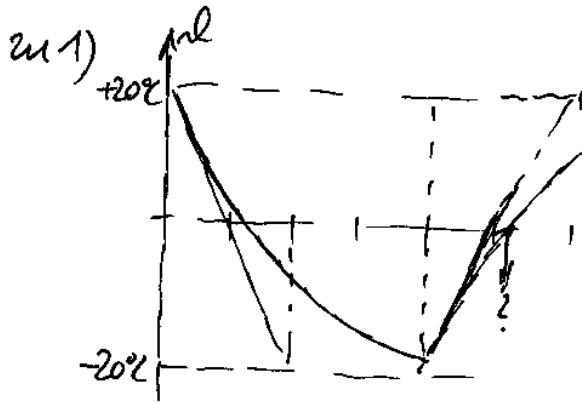
wobei:

$$a_i = \frac{1}{L} \int_a^b \tilde{f}(x) \cos\left(i \frac{\pi}{L} x\right) dx$$

$$b_i = \frac{1}{L} \int_a^b \tilde{f}(x) \sin\left(i \frac{\pi}{L} x\right) dx$$



Lösungen Prüfung Messtechnik 2.7.08 / Blatt 1



$$\frac{u_{\text{max}}}{u_{\text{eff}}} = e^{-t/T} = e^{-\frac{2405}{1205}}$$

40°C

$$\Rightarrow u_{\text{max}} = 40^\circ\text{C} \cdot e^{-2} = 5,413^\circ\text{C}$$

$$\text{also: } u_{\text{min}} = u_{\text{eff}} = -20^\circ\text{C} + 5,413^\circ\text{C}$$

$$= \underline{\underline{-14,587^\circ\text{C}}}$$

b)

$$\frac{u_{\text{max}}}{u_{\text{eff}}} = e^{-t/T}$$

$$\frac{20^\circ\text{C}}{20^\circ\text{C} + 14,587^\circ\text{C}} = e^{-\frac{t}{1205}}$$

$$\Rightarrow t = 1205 \cdot \ln \frac{20 + 14,587}{20} = 65,7285$$

also: 10⁰⁵ Uhr + 5,7285

zu 2)

$$R_{0^\circ\text{C}} = \frac{10\text{m}}{57 \frac{\text{m}}{\text{mm}^2} \cdot 0,75\text{mm}^2} = 0,23392 \Omega$$

$$R_{\text{an } 20^\circ\text{C}} = 0,23392 \Omega (1 + 4,27 \cdot 10^{-3} \cdot 20) = 0,25389 \Omega$$

$$R_{\text{an } 30^\circ\text{C}} = 0,23392 \Omega (1 + 4,27 \cdot 10^{-3} \cdot 30) = 0,26388 \Omega$$

$$\Delta R_{\text{ges}} = 2 (0,26388 - 0,25389) \Omega = 0,01998 \Omega$$

$$R_{\text{el}} = R_0 (1 + \alpha_{\text{Pt}} \cdot \Delta t) = R_0 + \frac{R_0 \alpha_{\text{Pt}} \cdot \Delta t}{\Delta R}$$

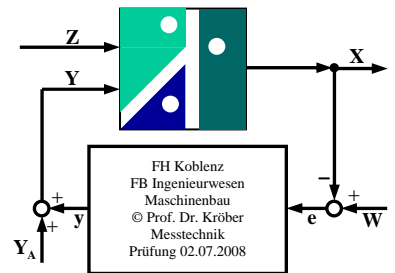
$$\Delta t = \frac{\Delta R}{R_0 \alpha_{\text{Pt}}}$$

$$= \frac{0,01998}{100 \cdot 3,85 \cdot 10^{-3}} ^\circ\text{C} = 0,519^\circ\text{C} \rightarrow \Delta t_{\text{Anzeige}} = 20^\circ\text{C} + 0,0519^\circ\text{C}$$

$$= \underline{\underline{20,0519^\circ\text{C}}}$$

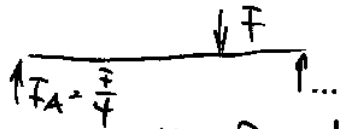
Bem.: Messumformer interpretiert

Widerstandsänderung als R-Änderung des Pt100



Lösungen Prüfung Messtechnik 2.7.08 Blatt 2

213)



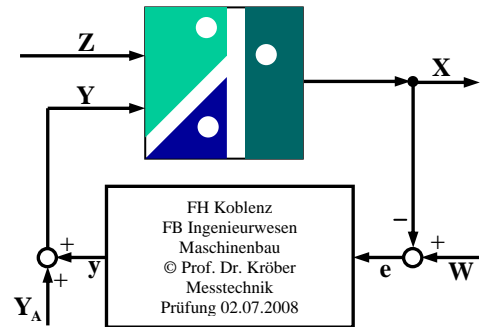
$$\text{DMS 3: } \tilde{\epsilon}_3 = \frac{\sigma_3}{E} = \frac{M_{23}}{E \cdot W_b} = \frac{F \cdot a}{4 \cdot E \cdot W_b}$$

oben Druck, also $\underline{\underline{\epsilon_3 = -\frac{F \cdot a}{4 E W_b}}}$ $\underline{\underline{\epsilon_1 = 2 \cdot \epsilon_3 = -\frac{F a}{2 E W_b}}}$

$$\underline{\underline{\epsilon_4 = -\nu \epsilon_3 = +\nu \frac{F \cdot a}{4 E W_b}}} \quad ; \quad \underline{\underline{\epsilon_2 = -\nu \epsilon_1 = +\nu \frac{F \cdot a}{2 E W_b}}}$$

$$\begin{aligned} \frac{u_D}{u_B} &= k (\epsilon_2 + \epsilon_4 - \epsilon_1 - \epsilon_3) = k \left(\nu \frac{F \cdot a}{2 E W_b} + \nu \frac{F a}{4 E W_b} - \left(-\frac{F a}{2 E W_b} \right) - \left(-\frac{F a}{4 E W_b} \right) \right) \\ &= \frac{k}{4} \cdot \frac{F a}{4 E W_b} (2\nu + \nu + 2 + 1) = \frac{3}{16} \frac{(\nu+1) k \cdot a}{E W_b} \cdot F, \quad W_b = \frac{b \cdot h^2}{6} \end{aligned}$$

$$\underline{\underline{\frac{u_D}{u_B} = \dots = \frac{9}{8} \frac{(\nu+1) \cdot k \cdot a}{E b h^2} \cdot F}}$$



214) $\underline{\underline{i_1 = \frac{u_B}{2R} = \frac{1V}{200k\Omega} = 0,005mA}}$

$u_+ = u_B/2 = 0,5V \Rightarrow u_- = 0,5V$

$\underline{\underline{i_2 = \frac{u_A - u_-}{R} = \frac{4V - 0,5V}{100k\Omega} = 0,035mA}}$

$u_A - u_- = u_- - u_A \Rightarrow \underline{\underline{u_A = 2 \cdot u_- - u_A = 2 \cdot 0,5V - 4V = -3V}}$

215) $\frac{\hat{u}_a}{\hat{u}_e} = \frac{1}{\sqrt{1 + (\frac{\omega}{\omega_E})^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (\frac{f}{f_E})^2}} \Rightarrow \left(\frac{\hat{u}_e}{\hat{u}_a} \right)^2 = 1 + \left(\frac{f}{f_E} \right)^2$

$\left(\frac{\hat{u}_e}{\hat{u}_a} \right)^2 - 1 = \left(\frac{f}{f_E} \right)^2 \Rightarrow f_E = \frac{f}{\sqrt{\left(\frac{\hat{u}_e}{\hat{u}_a} \right)^2 - 1}}$

$= \frac{100 \text{ Hz}}{\sqrt{\left(\frac{3V}{0,8V \cdot \sqrt{2}} \right)^2 - 1}} = \underline{\underline{40,713 \text{ Hz}}}$

↑ Bem.: 0,8V ist der Effektivwert

Lösungen Prüfung Messtechnik 2.7.08 / Blatt 3

$$216) a=0; b=8; 2L=8-0 \rightarrow L=4$$

$$\frac{a_0}{2} = \frac{2 \cdot 4}{8} = 1$$

$$a_1 = \frac{1}{4} \int_0^2 4 \cdot \cos\left(1 \cdot \frac{\pi}{4} x\right) dx = \int_0^2 \cos\left(\frac{\pi}{4} x\right) dx = \left[\frac{4}{\pi} \sin\left(\frac{\pi}{4} x\right) \right]_0^2$$

$$= \frac{4}{\pi} \left(\underbrace{\sin\left(\frac{\pi}{4} \cdot 2\right)}_1 - \underbrace{\sin(0)}_0 \right) = \frac{4}{\pi}$$

$$b_1 = \frac{1}{4} \int_0^2 4 \cdot \sin\left(1 \cdot \frac{\pi}{4} x\right) dx = \int_0^2 \sin\left(\frac{\pi}{4} x\right) dx = \left[-\frac{4}{\pi} \cos\left(\frac{\pi}{4} x\right) \right]_0^2$$

$$= \frac{4}{\pi} \left(-\underbrace{\cos\left(\frac{\pi}{4} \cdot 2\right)}_0 + \underbrace{\cos(0)}_1 \right) = \frac{4}{\pi} \quad (= a_1)$$

$$\underline{\underline{A_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2} = \sqrt{\left(\frac{4}{\pi}\right)^2 + \left(\frac{4}{\pi}\right)^2} = \sqrt{2} \frac{4}{\pi}}}$$

