

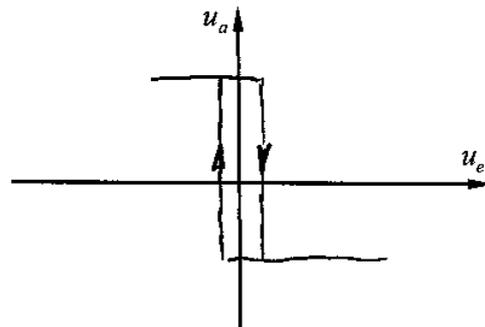
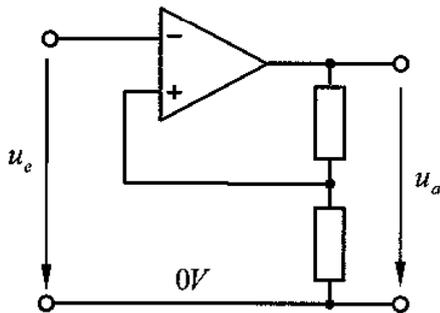
Diese Prüfung besteht aus einem Fragenteil und einem Rechenteil. Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

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

Note : _____

KURZFRAGEN :

1. Welche Funktion hat die abgebildete Schaltung? Tragen Sie den Zusammenhang $u_a = f(u_e)$ in das nebenstehende Diagramm ein! (4P)



Komparator mit Hysterese

2. Ordnen Sie die folgenden Messverfahren ein nach dem Kriterium Kontinuierlich / Diskontinuierlich! (6P)

- Volumenstrommessung mit Korrelationsverfahren **DIS**
- magnetisch induktive Durchflussmessung **KON**
- Volumenstrommessung durch Behältermessung **DIS**
- Volumenstrommessung durch Wirkdruckverfahren **KON**
- Drehzahlmessung "Zählung Impulse in Torzeit" **DIS**
- Drehzahlmessung Gleichspannungstachogenerator **KON**

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

+ Lösungsweg

HS Koblenz
 FB Ingenieurwesen
 FR Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Messtechnik
 Prüfung 01.02.2014

Diagram showing input signals Z, Y, and Y_A entering a block, and output signals X and W. Signal e is also shown with a negative sign.

3. Weshalb können piezoelektrische Beschleunigungsaufnehmer nicht durch Kippen um 180 Grad im Schwerfeld der Erde kalibriert werden? (3P)

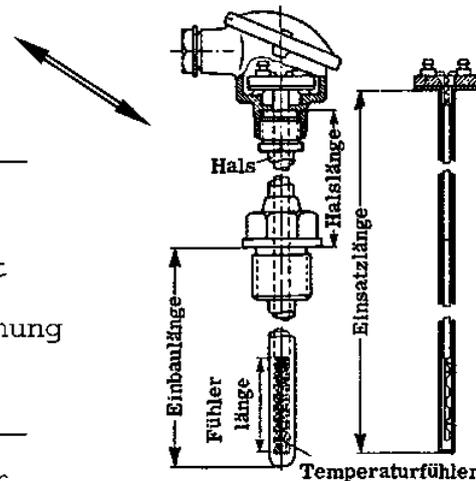
keine statischen Größen messbar, Signal driftet in „Ablesezeit“ schon langsam weg

4. Bei mechanischen Druckaufnehmern wird eine "Membran" oder ein "Bourdon-Rohr" als Messelement eingesetzt. Nach welchem Kriterium richtet sich der Einsatz "Membran" oder "Bourdon-Rohr"? (2P)

kleine Drücke große Drücke

5. Was wird bei dem abgebildeten Temperatursensor im Bereich des Halses/der Halslänge angebracht? (2P)

Wärmeisolierung Behälter



6. Die Kantenlänge eines Quadrates wird mehrfach gemessen. Das Ergebnis weist eine Standardabweichung von 1% auf. Wie groß ist dann die Standardabweichung der Fläche? (2P)

2%

7. Erläutern Sie das Messprinzip bei der magnetisch, induktiven Durchflussmessung? (4P)

Magnetfeld B senkrecht zur Strömungsrichtung, wieder senkrecht dazu entsteht Hallspannung $U_{Hall} \sim B \cdot v$, letztlich: $U_{Hall} \sim v$

8. Ein Drehmoment (Bereich "-1000 Nm" bis "+1000 Nm") wird mit einer Frequenz übertragen. Dabei entsprechen "+1000 Nm" = 15000 Hz. Mit welcher Frequenz wird dann das Drehmoment "-1000 Nm" übertragen? (3P)

(z.B.) 5000 Hz

9. Ein Feinmessmanometer besitzt einen Messbereich von 0 - 250 bar und eine Fehlerklasse von 0.1 . In welchem Druckbereich ist der relative Fehler dann kleiner als 1% ? (2P)

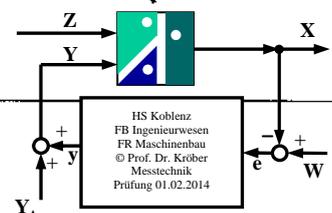
$25 \div 250 \text{ bar}$

10. Nennen Sie ein Anwendungsbeispiel für einen Zweipunktregler mit Hysterese (window-comparator)! (2P)

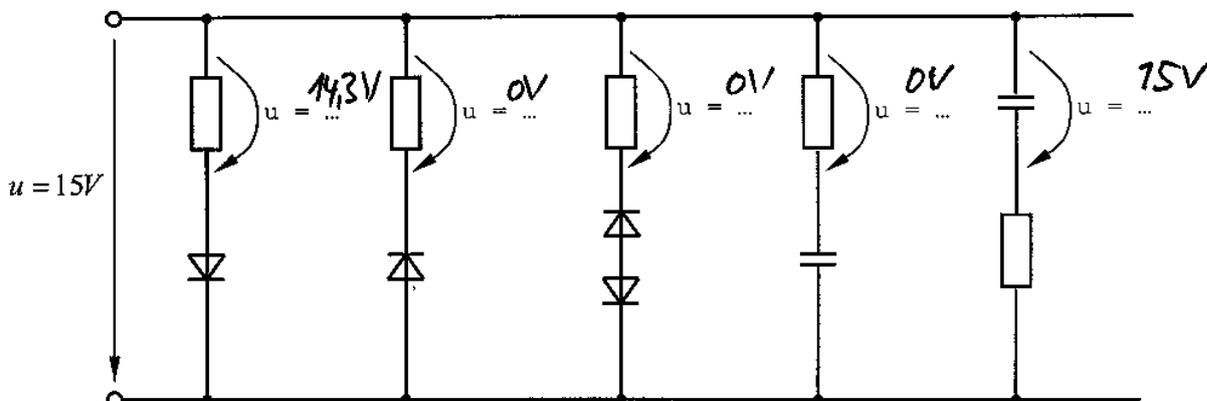
Füllstandsregelung

11. Welche Toleranz besitzt der k-Faktor eines DMS? (2P)

(±) 1%



12. Die Durchlassspannung einer Diode beträgt 0,7 V. Welche Spannungen zeigen die Voltmeter an (für große Zeiten)? (10P)



13. Nennen Sie eines der häufig eingesetzten Thermopaare! (2P)

K-Typ (NiCr-Ni) [oder J-Typ (Fe-Konstantan)]

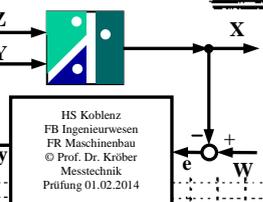
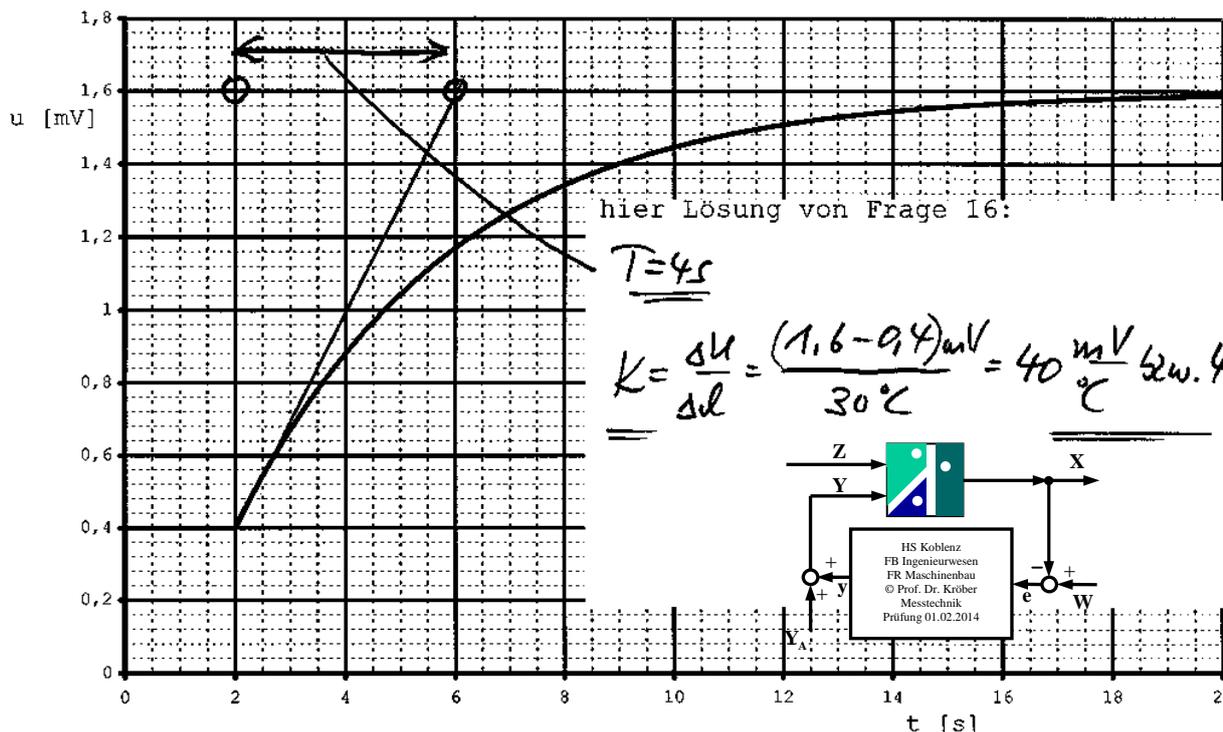
14. Wie ist die Einheit Kelvin (am Beispiel Wasser) definiert? (2P)

1 K = Tripelpunkt Wasser / 273,16

15. Worin liegt der grundsätzliche Unterschied von Beschleunigungsaufnehmern im Vergleich zu seismischen Wegaufnehmern im Hinblick auf den Frequenzbereich? (3P)

Besch.: unterkritisch $f < f_0$ Seis.: überkritisch $f > f_0$

16. Ein Thermoelement wird in ein warmes Wasserbad eingetaucht. Der Temperatursprung beträgt $30^\circ C$. Bestimmen Sie die Zeitkonstante und die Thermoempfindlichkeit! (6P)



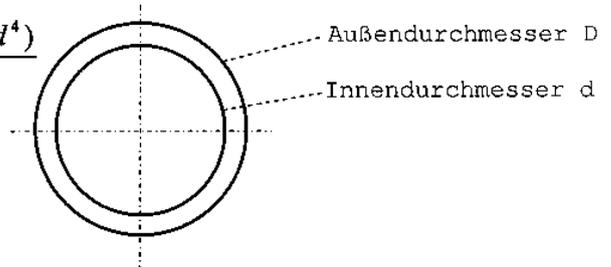
HS Koblenz
FB Ingenieurwesen
FR Maschinenbau
© Prof. Dr. Kröber
Messtechnik
Prüfung 01.02.2014

RECHENTEIL

Aufgabe 1 (11P)

Eine Hohlwelle wird zur Drehmomentenmessung verwendet. Die DMS werden außen appliziert. Untersucht werden soll, wie eine Abweichung des Innendurchmessers sich im Endergebnis niederschlägt.

Hintergrund: $\tau = \frac{M_t}{W_p}$ wobei $W_p = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{16 \cdot D}$

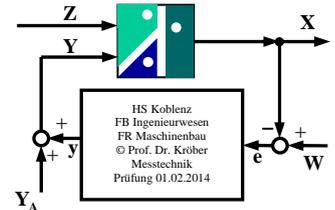


Als Nennwerte sind anzusetzen:
 D = 20 mm; d = 16 mm

a. Bestimmen Sie durch Einsetzen geeigneter Werte den absoluten Fehler ΔW_p (Bem.: hier mit dem Betrag von ΔW_p weiterrechnen) und relativen Fehler $\frac{\Delta W_p}{W_p}$ des Widerstandsmomentes. Dabei sei der Innendurchmesser 16,1 mm anstatt 16,0 mm.

b. Bestimmen Sie durch Anwendung der Fehlerformel den absoluten Fehler ΔW_p und relativen Fehler $\frac{\Delta W_p}{W_p}$ des Widerstandsmomentes!

Hilfestellung zu b: $\Delta y = \left| \frac{\partial f}{\partial x_1} \cdot \Delta x_1 \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial x_2} \cdot \Delta x_2 \right| + \dots + \left| \frac{\partial f}{\partial x_n} \cdot \Delta x_n \right|$

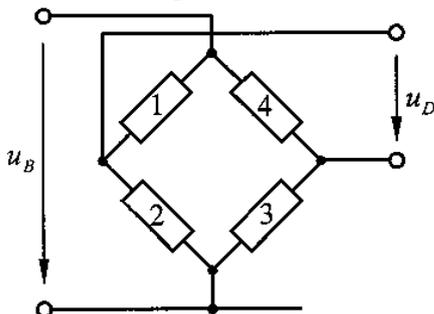


Aufgabe 2 (10P)

Eine Hohlwelle wird zur Drehmomentenmessung verwendet. Die DMS werden außen appliziert. Es wird eine Halbbrücke verwendet. Dabei sind die beiden DMS unter $\pm 45^\circ$ zur Längsachse angeordnet. Ferner sind gegeben: D = 20 mm; d = 16 mm; k = 2; G = 80000 N/mm²

- a. Wie groß muss das Drehmoment sein, wenn sich eine Brückenverstimmung von 1 mV/V ergibt?
- b. Zur Untersuchung der festigkeitsmäßigen Auslegung: Wie groß ist dann die Torsionsspannung?
- c. Die DMS-Widerstände seien jeweils 120 Ohm. Bei der Shunt-Kalibrierung kann man durch Parallelschaltung eines geeigneten Widerstandes ebenfalls eine Brückenverstimmung von 1 mV/V erzeugen. Wie groß ist der dazu parallel zu schaltende Widerstand?

Hilfestellungen (siehe auch Hilfestellungen bei Aufgabe 1):

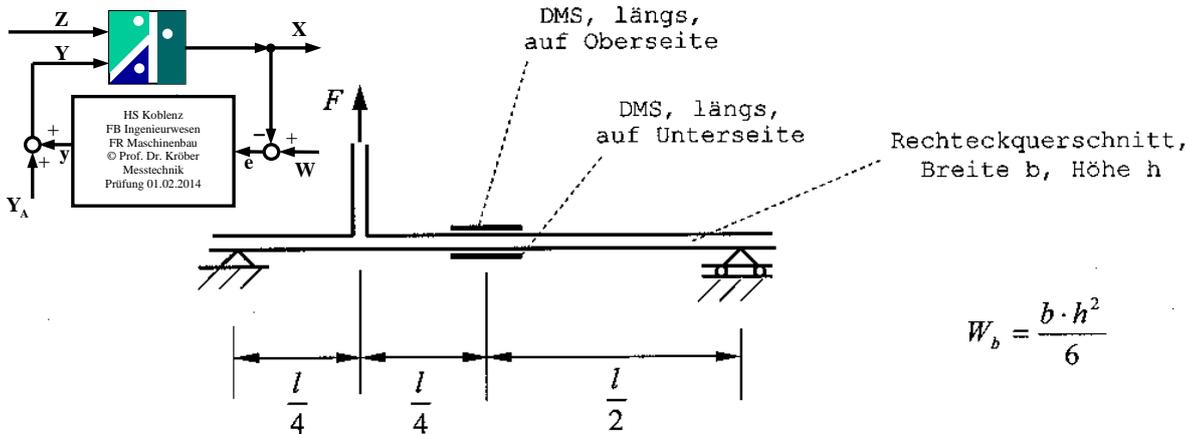


$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \left(\frac{\Delta R_2}{R} + \frac{\Delta R_4}{R} - \frac{\Delta R_1}{R} - \frac{\Delta R_3}{R} \right)$$

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \varepsilon \quad \varepsilon_{DMS} = \frac{\tau}{2 \cdot G} \quad \frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \cdot \frac{R_1}{R_p}$$

Aufgabe 3 (8P)

An dem abgebildeten Biegebalken wird eine DMS-Messstelle zur Messung der angreifenden Kraft verwendet.

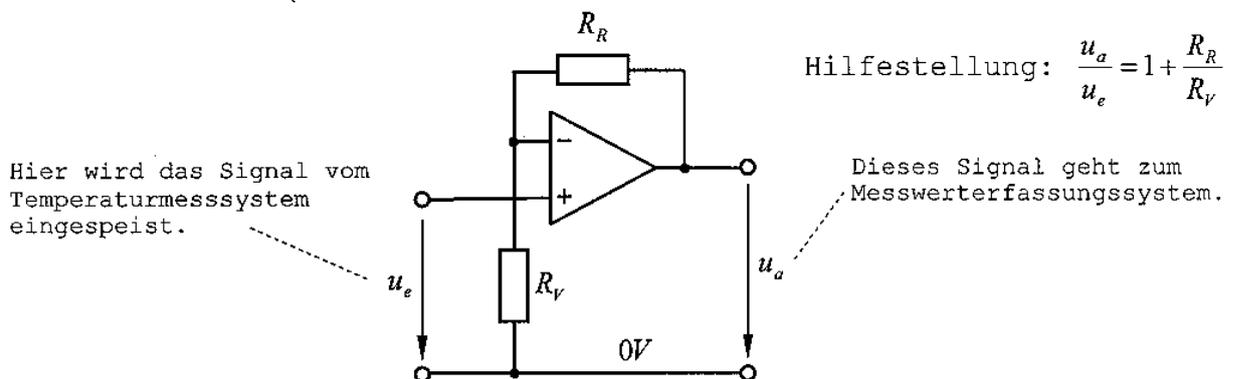


Geg.: F, b, h, l, E, k

- Es wird eine Halbbrücke verwendet. Legen Sie zunächst fest, welcher DMS oben und welcher DMS unten platziert werden soll (Nummer festlegen!)! Es soll infolge der angreifenden Kraft ein positives Ausgangssignal erzeugt werden.
- Bestimmen Sie formelmäßig die Dehnungen unter den DMS!
- Als Endergebnis soll eine Gleichung zur Bestimmung der Brückenverstimmung in Abhängigkeit der gegebenen Größen angegeben werden.

Aufgabe 4 (8P)

Das Messsignal eines Temperaturmesssystems liefert $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$. Bei 0°C ist das Signal genau 0 Volt. Um den Wandlungsbereich eines Messwerterfassungssystems voll auszunutzen, soll es verstärkt werden. Dabei soll bei 0°C ebenfalls 0 V vorliegen, bei siedendem Wasser (100°C) soll das Signal jedoch 10 V betragen.

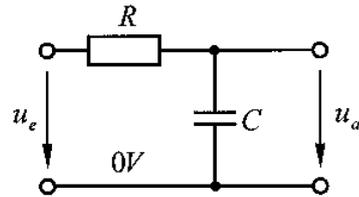


- Wie groß muss der Verstärkungsfaktor des "nichtinvertierenden Verstärkers" sein?
- Wie groß würden Sie R_R und R_V auswählen?
Hinweis: geeignete Annahme(n) treffen!
- Wie groß ist der Strom durch den Widerstand R_V , wenn die Temperatur 100°C beträgt?

Aufgabe 5 (8P)

Ein Tiefpassfilter hat bei einer bestimmten Signalfrequenz ein Amplitudenverhältnis von -3 dB.

Ferner sind gegeben:
 $R = 100 \text{ k}\Omega$; $C = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$



- Wie groß ist die Signalfrequenz?
- Wenn als Eingangssignal eine Sprungfunktion eingegeben wird, wird die Ausgangsspannung eine E-Funktion durchlaufen. Wie groß ist die Halbwertszeit dieser E-Funktion?

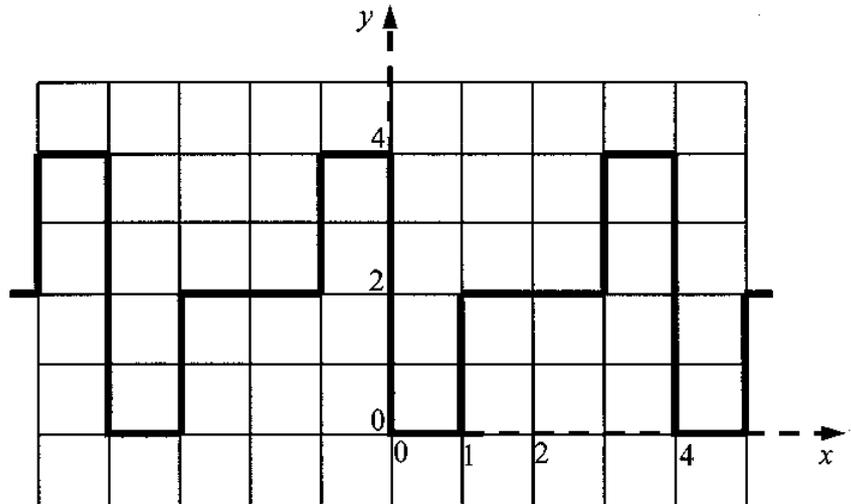
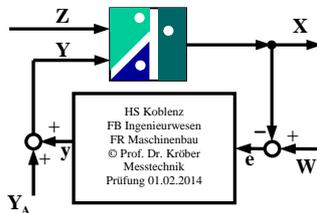
Hilfestellungen:

$$|G|_{dB} = 20 \cdot \lg |G| \qquad |G| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega \cdot R \cdot C)^2}} \qquad \frac{\text{momentane Differenz}}{\text{Anfangsdifferenz}} = e^{-\frac{t}{T}}$$

Aufgabe 6 (10P)

Von dem abgebildeten Signalverlauf sollen der Konstantanteil sowie die Koeffizienten a_1 , b_1 und A_1 (exakte Lösung) bestimmt werden.

Bemerkung:
 Der gesamte Lösungsweg muss ersichtlich sein.
 Keine Integration "nur im Taschenrechner"!



Hilfestellungen:

$$\int \sin(ax) dx = -\frac{1}{a} \cos(ax) + C \qquad \int \cos(ax) dx = +\frac{1}{a} \sin(ax) + C \qquad A_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2}$$

Hinweis:

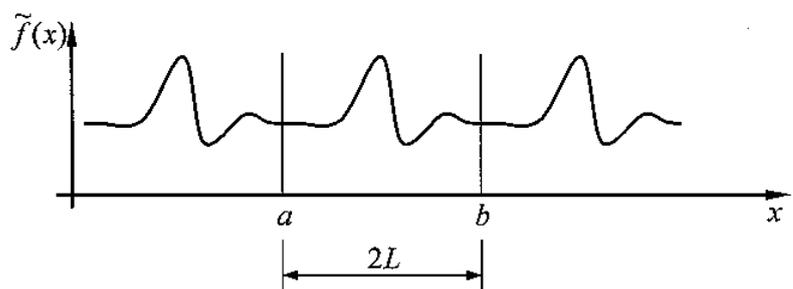
Sei $\tilde{f}(x)$ eine periodische Funktion der Periode $2L$, dann lässt sich $\tilde{f}(x)$ durch folgende Reihenentwicklung approximieren:

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

wobei:

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

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



Lösungen Prüfung Messtechnik 01.02.2014

$$zu1,a) W_{P16} = \frac{\pi(20^4 - 16^4)}{16 \cdot 20} \text{ mm}^3 = 927,398 \text{ mm}^3$$

$$W_{P16,1} = \frac{\pi(20^4 - 16,1^4)}{16 \cdot 20} \text{ mm}^3 = 911,162 \text{ mm}^3$$

$$\Delta W_P = |W_{P16,1} - W_{P16}| = \dots = 16,236 \text{ mm}^3$$

$$\frac{\Delta W_P}{W_P} \cdot 100\% = \frac{16,236}{927,398} \cdot 100\% = 1,75\%$$

$$b) \Delta W_P = \left| \frac{\partial W_P}{\partial d} \Delta d \right| = \left| \frac{\pi}{16d} (-4d^3) \Delta d \right| = \frac{\pi}{1620} (4 \cdot 16^3) \cdot 0,1 \text{ mm}^3 = 16,085 \text{ mm}^3$$

$$\frac{\Delta W_P}{W_P} \cdot 100\% = \frac{16,085}{927,398} \cdot 100\% = 1,73\%$$

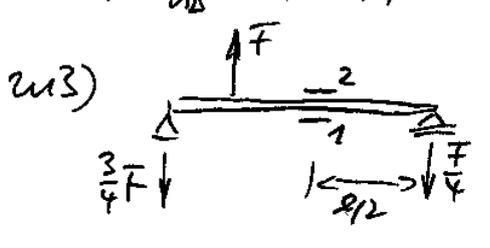
$$zu2,a) \frac{2d}{2B} = \frac{1}{2} K \cdot \epsilon_{DMS} = \frac{1}{2} \cdot K \cdot \frac{1}{2 \cdot G} = \frac{1}{2} \cdot K \cdot \frac{1}{2 \cdot G} \frac{M_t}{W_P} \rightarrow M_t = \frac{4 \cdot \frac{2d}{2B} \cdot G \cdot W_P}{K}$$

$$M_t = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 80000 \cdot 927,398}{2} \text{ Nmm} = 148,38 \text{ Nm}$$

$$b) \bar{\epsilon} = \frac{M_t}{W_P} = \frac{148,38 \cdot 10^3}{927,398} \text{ N/mm}^2 = 160 \text{ N/mm}^2$$

$$c) \frac{2d}{2B} = \frac{1}{4} \cdot \frac{R_1}{R_P} \Rightarrow \underline{R_P} = \frac{R_1}{4 \frac{2d}{2B}} = \frac{120 \text{ N}}{4 \cdot 10^{-3}} = 30 \text{ kN}$$

zu3)

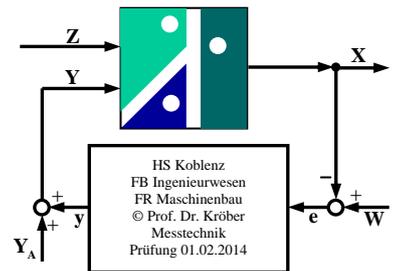


$$M_b = \frac{F \cdot l}{4} \cdot \frac{l}{2} = \frac{1}{8} \cdot F \cdot l; \quad D_b = \frac{M_b}{W_b}; \quad W_b = \frac{B \cdot l^2}{6}$$

$$\underline{\underline{\epsilon_2 = \frac{D_b}{E} = \frac{1}{E} \cdot \frac{\frac{1}{8} F \cdot l}{\frac{B \cdot l^2}{6}} = \frac{3 \cdot F \cdot l}{4 E B l^2}}}$$

$$\underline{\underline{\epsilon_1 = -\epsilon_2 = -\frac{3 F l}{4 E B l^2}}}$$

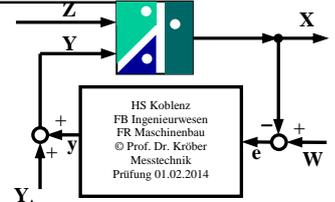
$$\underline{\underline{\frac{2d}{2B} = \frac{K}{4} (\epsilon_2 - \epsilon_1) = \frac{K}{4} \left(\frac{3 F \cdot l}{4 E B l^2} - \left(-\frac{3 F l}{4 E B l^2} \right) \right) = \dots = \frac{3 \cdot K \cdot l}{8 E B l^2} \cdot F}}$$



Lösungen Prüfung Messtechnik 01.02.2014

214) $10 \frac{mV}{V} \cdot 100V = 1V = U_e$; $U_a = 10V$

$V = \frac{U_a}{U_e} = \frac{10V}{1V} = 10$



b) $10 = 1 + \frac{R_R}{R_V} \Rightarrow \frac{R_R}{R_V} = 9$

Wahl: $R_V = 10k\Omega$

$R_R = 9 \cdot R_V = 9 \cdot 10k\Omega = 90k\Omega$

c) $i_{R_V} = \frac{U_-}{R_V} = \frac{U_+}{R_V} = \frac{U_e}{R_V} = \frac{1V}{10k\Omega} = 0,1 \mu A$

215) $|G|_{dB} = 20 \cdot \lg|G| \Rightarrow |G| = 10^{\frac{|G|_{dB}}{20}} = 10^{\frac{-3}{20}} = 0,7079$

$|G| = \frac{1}{\sqrt{1+(2\pi fRC)^2}} \Rightarrow \frac{1}{|G|^2} = 1+(2\pi fRC)^2$

$f = \frac{1}{2\pi RC} \sqrt{\frac{1}{|G|^2} - 1} = \frac{1}{2\pi \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6}} \sqrt{\frac{1}{0,7079^2} - 1} \text{ Hz} = 15,88 \text{ Hz}$

b) $T = R \cdot C = 100 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 0,01 \text{ s}$

$\frac{1}{2} = e^{-t/T} \Rightarrow 2 = e^{t/T} \Rightarrow \ln 2 = \frac{t}{T} \Rightarrow t = T \cdot \ln 2 = 10 \text{ ms} \cdot \ln 2 = 6,93 \text{ ms}$

216) Konstantanteil $\frac{a_0}{2} = 2$ (Methode scharfes Hinsehen)

Funktion ungerade $\rightarrow a_1 = 0$

$2L = 4 \Rightarrow L = 2$

$b_1 = \frac{1}{2} \int_1^3 2 \cdot \sin(1 \cdot \frac{\pi}{2} x) dx + \frac{1}{2} \int_3^4 4 \cdot \sin(1 \cdot \frac{\pi}{2} x) dx = \int_1^3 \sin(\frac{\pi}{2} x) dx + 2 \int_3^4 \sin(\frac{\pi}{2} x) dx$

$= \left[-\frac{2}{\pi} \cos(\frac{\pi}{2} x) \right]_1^3 + 2 \left[-\frac{2}{\pi} \cos(\frac{\pi}{2} x) \right]_3^4$

$= -\frac{2}{\pi} \underbrace{\cos(\frac{\pi}{2} \cdot 3)}_{=0} + \frac{2}{\pi} \underbrace{\cos(\frac{\pi}{2})}_{=0} - \frac{4}{\pi} \underbrace{\cos(2\pi)}_1 + \frac{4}{\pi} \underbrace{\cos(\frac{\pi}{2} \cdot 3)}_{=0}$

$b_1 = -\frac{4}{\pi} \approx -1,273$

$A_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2} = \sqrt{0^2 + \left(-\frac{4}{\pi}\right)^2} = \frac{4}{\pi} \approx 1,273$