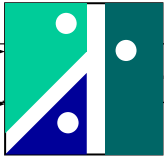


Diese Prüfung besteht aus einem Fragenteil und einem Rechenteil. Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

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

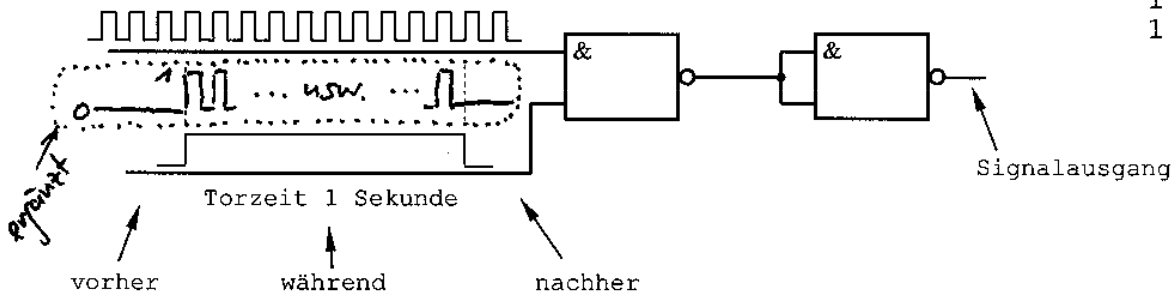
Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

Note : _____

KURZFRAGEN :

1. Bei der digitalen Drehzahlmessung werden innerhalb einer sogenannten Torzeit die Impulse gezählt. Hierbei werden NAND-Glieder eingesetzt.

NAND:	A	B	Q
	0	0	1
	0	1	1
	1	0	1
	1	1	0



Skizzieren Sie den Signalverlauf am Signalausgang "vor/während/nach" der Torzeit! (6P)

Bem.: "Irgendwie" oben eintragen!

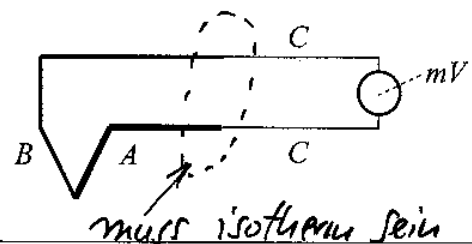
2. Wie groß ist die Impulsfolgefrequenz bei dem Beispiel aus Fragestellung 1. ? (2P)

10 Hz

3. Eine Welle dreht mit 100 Hz. Bei einer Blitzfrequenz (Stroboskop) von 100 Hz entsteht genau ein stehendes Bild. Bei welchen anderen Blitzfrequenzen entsteht das gleiche Bild? (3P)

alle ganzzahlige Teile $\frac{100}{2} \rightarrow 50 \text{ Hz}$ $\frac{100}{3} \rightarrow 33\frac{1}{3} \text{ Hz}$ $\frac{100}{4} \rightarrow 25 \text{ Hz}$ usw.

4. Bei der Temperaturmessung mit einem Thermoelement gehen die thermoelektrischen Eigenschaften des Materials C nicht in das Messergebnis ein. Unter welcher Bedingung ist dies der Fall? (4P)



5. Welche beiden Thermopaare werden am häufigsten eingesetzt?
(3P)

K-Typ (NiCr-Ni) J-Typ (Fe-Konst)

6. Welche Kriterien spielen bei der magnetisch induktiven Durchflussmessung eine Rolle (bzw. treffen zu)? (4P)

Antwort: Ja/Nein

volumetrisches Verfahren nein

permanente Anzeige ja

Staudruck der Strömung relevant nein

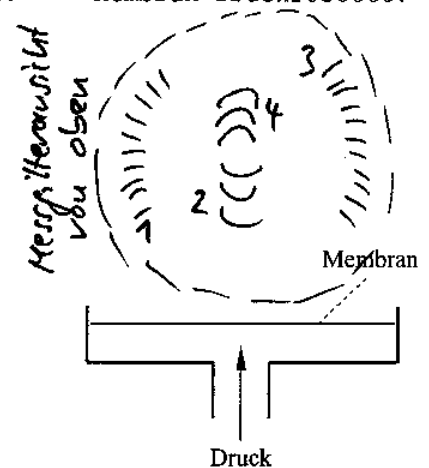
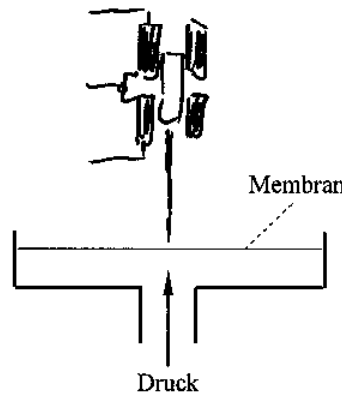
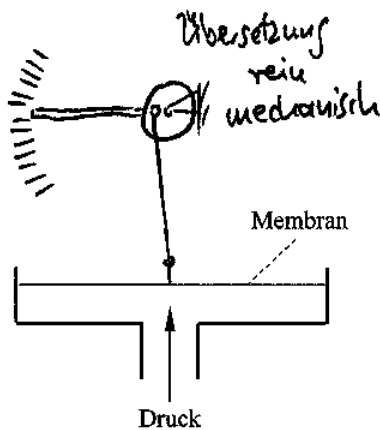
Flüssigkeit muss elektrisch leitend sein ja

Einbauten im Strömungsquerschnitt erforderlich nein

7. Bei bestimmten Druckmessverfahren wird die Verformung einer Membran als Maß für den Druck verwendet. Dabei wird die "signalmäßige" Weiterverarbeitung der Verformung der Membran auf unterschiedliche Weise realisiert. (9P)

Ergänzen Sie in der Skizze wie dies realisiert wird bei:

Platten-Federmamometer: Induktiver Druckaufnehmer: Membran-Druckrosette:



8. Wie könnte man mit einer "1 kg-Referenzmasse" eine Waage kalibrieren?
(2P)

zunächst ohne Masse → Anzeige 0, dann Referenzmasse auflegen; Verstärkung so einstellen, dass Anzeige 1 kg

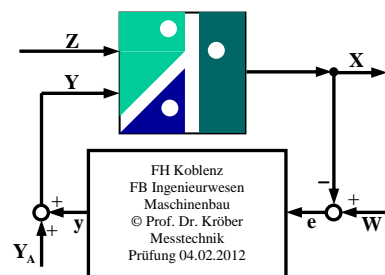
9. Wo könnte man die Positionserfassung bei einer (modernen) PC-Maus zuordnen? (2P)

analog, potentiometrisch:

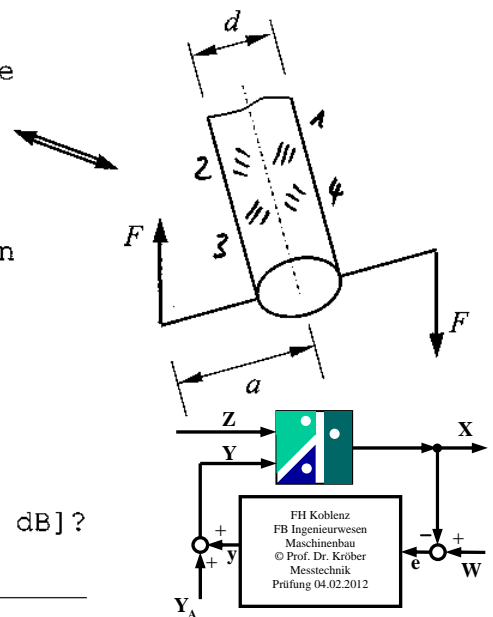
analog, induktiv:

digital, inkremental:

digital, absolut:



10. Ergänzen Sie in der nebenstehenden Skizze wie die DMS angeordnet sein müssen, wenn das Drehmoment mit einer Vollbrücke gemessen werden soll!
(3P)



11. Eine Messkette besteht aus zwei einzelnen Übertragungsblöcken.

$$G_{\text{ges}} = G_1 \cdot G_2$$

Dazu ein zahlenmäßiges Beispiel:

$$0,1 = 10 \cdot 0,01$$

Wie lautet das dazugehörige Beispiel [in dB]?

(4P)

$$\underline{-20\text{dB} = +20\text{dB} - 40\text{dB}}$$

12. Wie groß ist der (maximale) Ausgangsstrom eines IC's (Standardwert)?
(2P)

$$\underline{5\text{mA}}$$

13. Bei der diskreten Fouriertransformation werden in einem Zeitfenster von $t_{\text{mess}} = 2$ Sekunden 2048 Werte gemessen. Wie groß ist dann die Abtastfrequenz? (2P)

$$\underline{1024\text{ Hz}}$$

Wie groß ist der Frequenzabstand, bzw. bei welchen Frequenzen erhält man eine Aussage über das Spektrum?

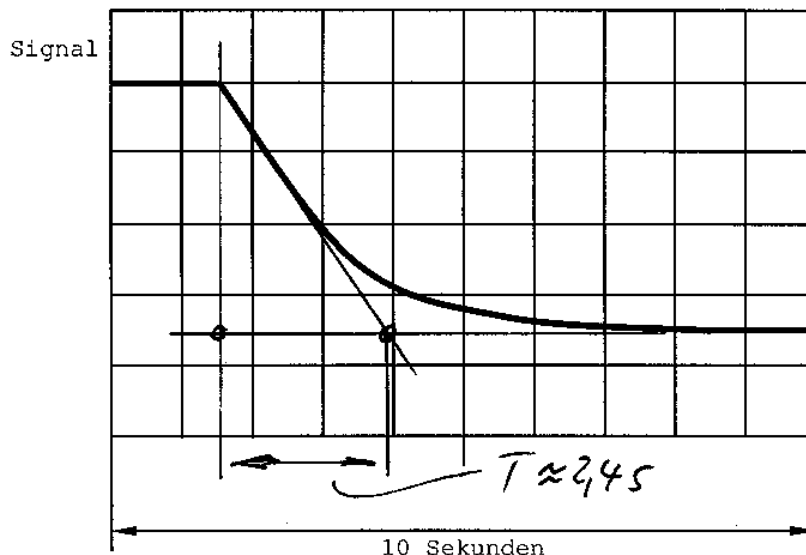
Antwortbeispiel: Frequenzabstand $\Delta f = 1$ Hz, also: 0 Hz, 1 Hz, 2 Hz, 3 Hz, ...
(3P)

$$\underline{\Delta f = 0,5\text{ Hz}; \text{ also } 0\text{ Hz}; 0,5\text{ Hz}; 1,0\text{ Hz}; 1,5\text{ Hz}; \dots}$$

14. Ein Pt100 Widerstand hat bei 100°C einen Widerstand von $138,50\ \Omega$. Wie groß ist der Widerstand bei 0°C und 50°C ? (3P)

$$\underline{100\ \Omega \quad \rightarrow \quad 119,25\ \Omega}$$

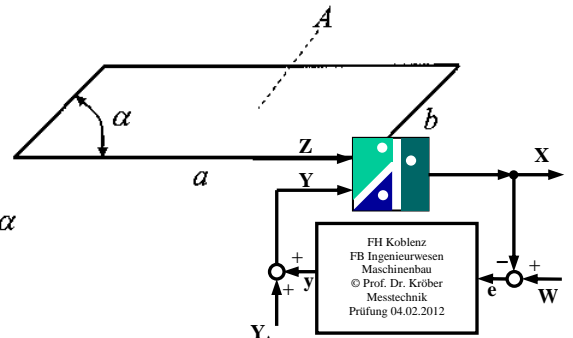
15. In der Graphik ist der Signalverlauf von einem Übertragungselement 1. Ordnung dargestellt. Ermitteln Sie die Zeitkonstante! (3P)



RECHENTEIL

Aufgabe 1 (10P)

Zur Bestimmung der Fläche A eines Trapezes werden die zwei Seiten a und b sowie der Winkel α gemessen.



Formel zur Berechnung der Fläche: $A = a \cdot b \cdot \sin\alpha$

Geg.: $a = (500 \pm 1) \text{ mm}$; $b = (50 \pm 1) \text{ mm}$; $\alpha = (45 \pm 1)^\circ$

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

- Wie groß ist die minimal und maximal mögliche Fläche? Verwenden Sie zur Lösung nicht die angegebene Fehlerformel, sondern setzen Sie geeignete Werte in die Formel zu Flächenberechnung ein (Methode "worst case")!
- Wie groß ist der maximal mögliche Fehler ΔA der Fläche? Verwenden Sie zur Lösung die angegebene Fehlerformel!
- Welcher Einzelfehler geht am stärksten in das Ergebnis ein? (Zahlenmäßige Begründung aus Fragestellung b. ist gefordert!)

Aufgabe 2 (8P)

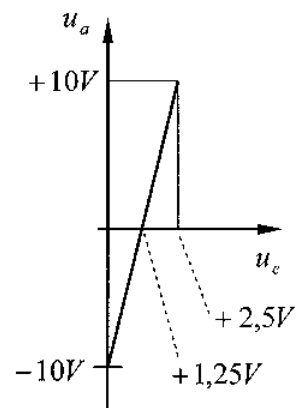
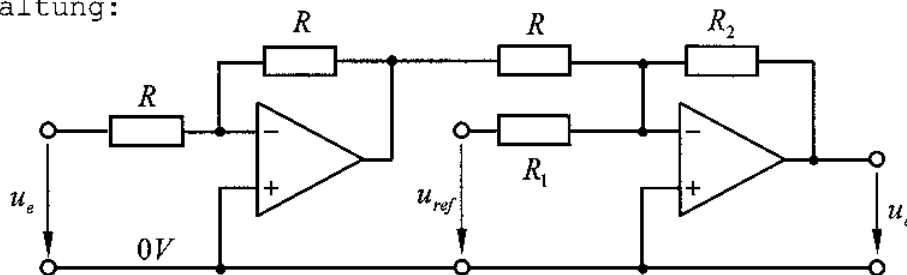
Ein Gaststudent aus China verwendet im Werkstoffkunde-Labor einen batteriebetriebenen mobilen Messverstärker des Typs "Model P3 Strain Indicator and Recorder". Bedingt durch den Batteriebetrieb des Verstärkers steht das Ausgangssignal nur im Bereich 0 V (= -100% Brückenverstimmung) bis +2,5 V (= +100% Brückenverstimmung) zur Verfügung. Der mittlere Wert von +1,25 V wird bei 0% Brückenverstimmung ausgegeben. Das analoge Ausgangssignal soll mit einem "USB6008" erfasst werden.

Durch einen Messumformer soll das Signal auf den üblichen Signalbereich von ± 10 V verstärkt werden.

Formelmäßig lautet die erforderliche Gleichung:

$$u_a = 8 \cdot (u_e - 1,25 \text{ V})$$

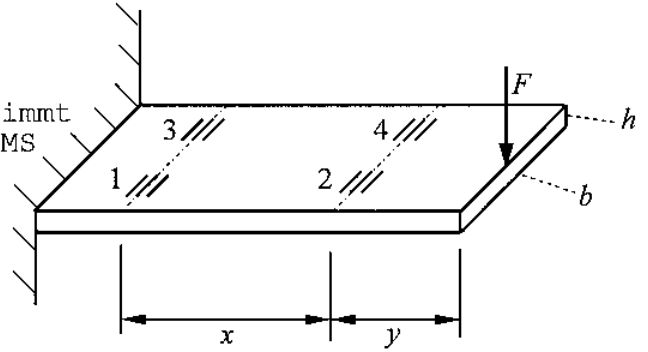
Die Realisierung gelingt mit der abgebildeten Schaltung:



Der Widerstand R beträgt $10 \text{ k}\Omega$, die Referenzspannung u_{ref} beträgt 10 V. Wie groß müssen die Widerstände R_1 und R_2 sein?

Aufgabe 3 (10P)

Auf einem auskragenden Biegebalken sollte durch die "optimale" Anordnung von 4 DMS die angreifende Kraft F bestimmt werden. Irrtümlicherweise sind die 4 DMS nicht längs, sondern quer angeordnet. Nun soll aus der vorhandenen Anordnung "das Beste gemacht werden".



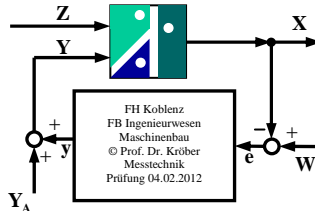
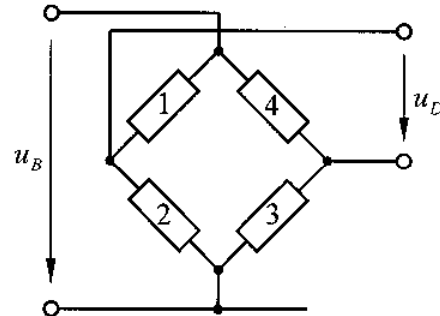
Geg.: k, E, ν, b, h, F, x, y

- Bestimmen Sie zunächst die Dehnungen $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ und ϵ_4 !
- Wie groß ist die Brückenverstimmung in Abhängigkeit der gegebenen Größen?
- Wie geht ein möglicher Fehler der Längen x und y in das Ergebnis ein? Bemerkung zu c.: Methode scharfes Hinsehen! Nehmen Sie z.B. an, die beiden Längen hätten einen relativen Fehler von 1% .

Hilfestellungen:

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

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \epsilon \quad \epsilon_{\text{quer}} = -\nu \cdot \epsilon_{\text{längs}} \quad W_b = \frac{b \cdot h^2}{6}$$



Aufgabe 4 (8P)

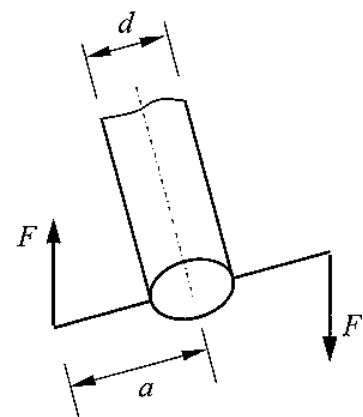
An einer Welle wirkt durch das äußere Kräftepaar ein Torsionsmoment. Auf der Welle sind 4 DMS so angeordnet, dass infolge der Verdrehung ein maximales Messsignal entsteht.

Folgende Größen sind gegeben:
 $F = 100 \text{ N}; a = 50 \text{ mm}; d = 16 \text{ mm};$
 $k = 2; G = 80000 \text{ N/mm}^2$

Bestimmen Sie die Brückenverstimmung in [mV/V]!

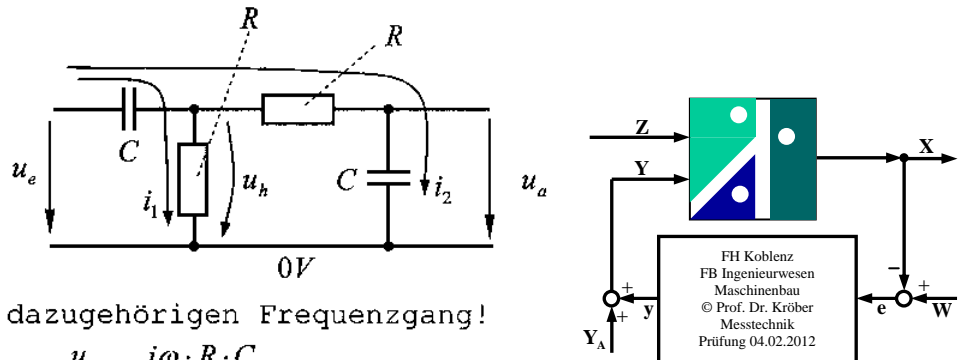
Hilfestellungen:

$$\frac{\Delta R}{R_0} = k \cdot \epsilon_{\text{DMS}} \quad \epsilon_{\text{DMS}} = \frac{\tau}{2 \cdot G} \quad W_P = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$



Aufgabe 5 (9P)

Bei einer Lichtschranke wird einschaltdauermoduliertes Licht einer Frequenz von $f = 1000$ Hz verwendet. Zur Detektierung wird die einfachste technisch mögliche passive Bandpassfilterschaltung verwendet.



Bestimmen Sie den dazugehörigen Frequenzgang!

Antwortbeispiel:
$$G = \frac{u_a}{u_e} = \frac{j\omega \cdot R \cdot C}{1 + \dots}$$

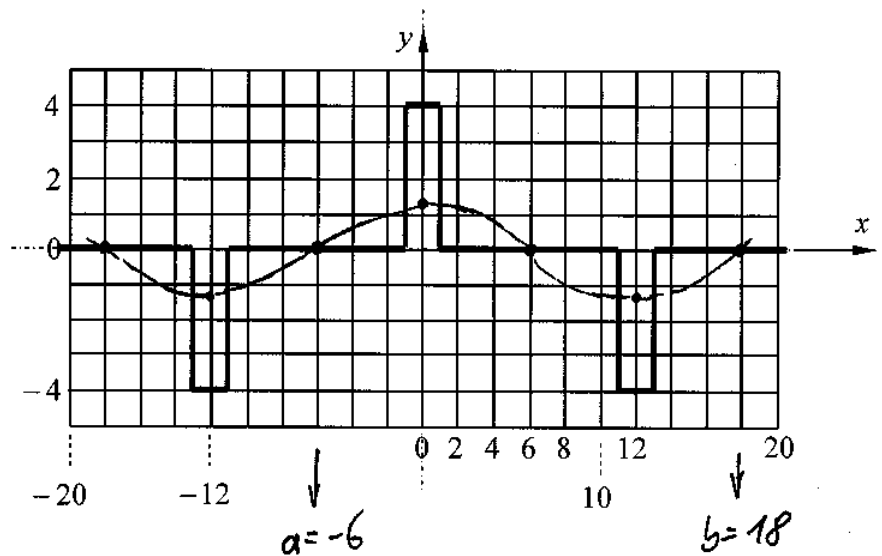
Aufgabe 6 (10P)

Bestimmen Sie von dem abgebildeten Signalverlauf den Koeffizienten a_1 und tragen Sie die Grundschwingung in das Diagramm ein! Hinweis: Der Koeffizient b_1 sowie der Konstantanteil sind gleich Null.

Um die exakte Lösung zu erzielen (sonst keine maximale Punktezahl) muss folgender Ausdruck verwendet werden:

$$\sin(15^\circ) = \sqrt{\frac{2 - \sqrt{3}}{4}}$$

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



Hilfestellung:

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

Hinweis:

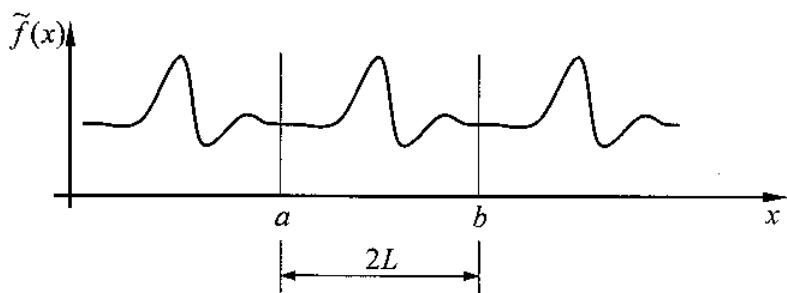
Sei $\tilde{f}(x)$ eine periodische Funktion der Periode $2L$, dann lässt sich $\tilde{f}(x)$ durch folgende Reihenentwicklung approximieren:

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

wobei:

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

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



Prüfung Messtechnik vom 04.02.12 / Blatt 2

zu 4) $\frac{U_D}{U_B} = \frac{1}{4} (4 \cdot k \cdot E_{MS}) = k \cdot E_{MS}$; $E_{MS} = \frac{\epsilon}{2 \cdot G}$; $\bar{C} = \frac{2 \cdot F \cdot \alpha}{W_p}$; $W_p = \frac{\pi d^3}{16}$

$$= k \cdot \frac{1}{2 \cdot G} \cdot \frac{2 F \alpha}{\pi d^3} = \frac{16 \cdot k \cdot F \alpha}{G \pi d^3} = \frac{16 \cdot 2 \cdot 100 \cdot 50}{80000 \cdot \pi \cdot 16^3} = 0,1554 \frac{mV}{V}$$

zu 5) $\frac{u_e - u_a}{1} = \dot{i}_1 + \dot{i}_2$; $\frac{u_a}{R} = \dot{i}_1$; $\frac{u_e - u_a}{R} = \dot{i}_2$; $\frac{u_a}{1} = \dot{i}_2$

Bem.:
4 Gleichungen
 $i_1; i_2; u_e$
→ Einsetzen

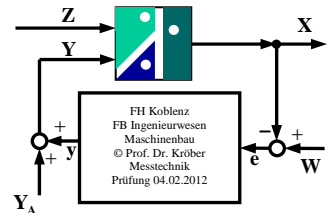
$j\omega C (u_e - u_a) = \frac{u_a}{R} + u_a j\omega C$ $u_e - u_a = u_a j\omega RC$

Einsetzen $u_e = u_a (1 + j\omega RC)$

$j\omega C (u_e - u_a (1 + j\omega RC)) = \frac{u_a (1 + j\omega RC)}{R} + u_a j\omega C \cdot R$

$j\omega RC \cdot u_e = u_a [1 + j\omega RC + j\omega RC + j\omega RC (1 + j\omega RC)]$

$G = \frac{u_a}{u_e} = \frac{j\omega RC}{1 + 3RC(j\omega) + (j\omega)^2 (RC)^2}$



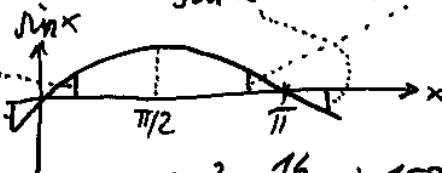
zu 6) $\beta - \alpha = 18 - (-6) = 24 = 2L \Rightarrow L = 12$

$a_1 = \frac{1}{12} \int_{-1}^{+1} 4 \cos\left(1 \frac{\pi}{12} x\right) dx + \frac{1}{12} \int_{-1}^{+1} (-4) \cos\left(1 \frac{\pi}{12} x\right) dx$

$= \frac{1}{3} \int_{-1}^{+1} \cos\left(\frac{\pi}{12} x\right) dx - \frac{1}{3} \int_{-1}^{+1} \cos\left(-\frac{\pi}{12} x\right) dx = \frac{1}{3} \left[\frac{12}{\pi} \sin\left(\frac{\pi}{12} x\right) \right]_{-1}^{+1} - \frac{1}{3} \left[\frac{12}{\pi} \sin\left(\frac{\pi}{12} x\right) \right]_{-1}^{+1}$

$= \frac{4}{\pi} \left[\sin\left(\frac{\pi}{12} x\right) \right]_{-1}^{+1} - \frac{4}{\pi} \left[\sin\left(\frac{\pi}{12} x\right) \right]_{-1}^{+1}$

$= \frac{4}{\pi} \left[\underbrace{\sin\left(\frac{\pi}{12} \cdot 1\right)}_{+\sin 15^\circ} - \underbrace{\sin\left(-\frac{\pi}{12}\right)}_{-\sin 15^\circ} \right] - \frac{4}{\pi} \left[\underbrace{\sin\left(\frac{13}{12} \pi\right)}_{-\sin 15^\circ} - \underbrace{\sin\left(\frac{11}{12} \pi\right)}_{+\sin 15^\circ} \right]$



$= \frac{4}{\pi} \left[\sin 15^\circ + \sin 15^\circ + \sin 15^\circ + \sin 15^\circ \right] = \frac{16}{\pi} \cdot \sin 15^\circ$

$= \frac{16}{\pi} \sqrt{\frac{2 - \sqrt{3}}{4}} = \frac{8}{\pi} \sqrt{2 - \sqrt{3}} \approx 1,318$