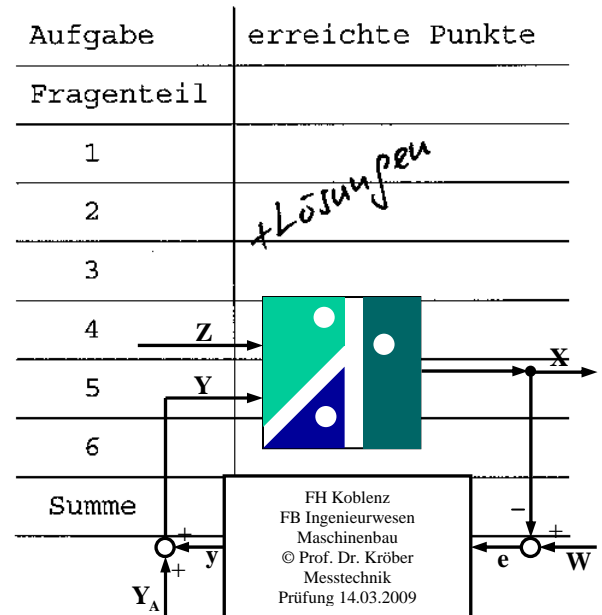


Diese Prüfung besteht aus einem Fragenteil und einem Rechenteil. Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

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

Note : _____

K U R Z F R A G E N :



1. Worin besteht der wesentliche Unterschied zwischen dem Messbereich und dem Anzeigebereich? (2P)

auf den Messbereich werden die Messfehler bezogen (definiert)

2. Das Ergebnis einer Messung ergibt bei 20 Messwerten einen Mittelwert von $\bar{x}=125$ und eine Standardabweichung von $S_x=2$. Begründen Sie, weshalb es Einzelwerte geben muss, die oberhalb von 127 liegen (Bem.: $127=125+2$)! (3P)

innerhalb $\pm S_x$ liegen ca 68% der Einzelwerte
ca 16% liegen drüber; 16% von 20 $\rightarrow 3,2 \rightarrow$ ca 3 Einzelwerte drüber

3. Zur Messung der Umgebungstemperatur wird ein Temperatursensor ohne Strahlungsschutz verwendet. Dadurch absorbiert der Sensor die von der Sonne einfallende Wärmeleistung. Da durch die Strahlung permanent Wärmeleistung zugeführt wird, müsste die Temperatur des Sensors stets weiter anwachsen (bis er z.B. schmilzt/verglüht). Weshalb ist dies nicht der Fall? Begründung! (3P)

führt Wärmeleistung ab durch Konvektion an Umgebung $\dot{Q} = K \cdot A (T_s - T_u)$

4. Welche Metalle werden beim Thermopaar k-Typ verwendet? (2P)

NiCr-Ni

5. Nennen Sie 2 wichtige Vorteile bei der Temperaturmessung, die für Einsatz von Pt100 gegenüber Thermoelementen sprechen! (3P)

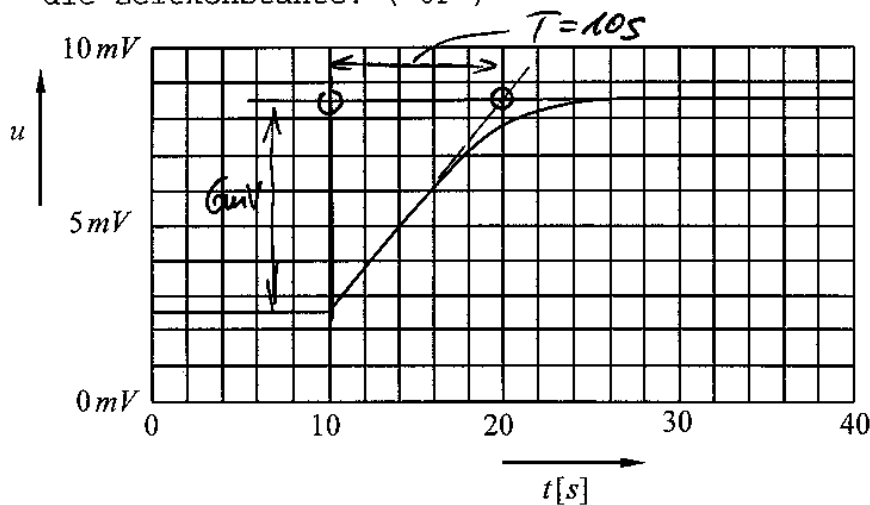
kleinerer Messfehler, keine Vergleichstemperatur

6. Wie groß ist die Auflösung, wenn mit einem 16 bit A/D-Wandler und einem Messbereich von 0-10V gemessen wird? (2P)

$10V/2^{16} = 0,1526 \text{ mV}$

6. Mit einem Thermoelement wird der folgende Temperaturverlauf aufgezeichnet. Die Thermoempfindlichkeit beträgt $52,69 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ (J-Typ).

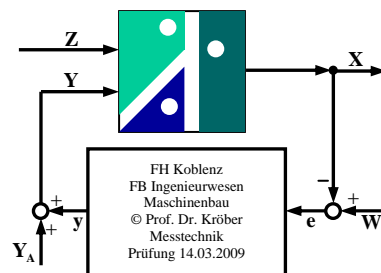
Wie groß ist der hier vorliegende Temperatursprung? Bestimmen Sie die Zeitkonstante! (6P)



Lösung:

$$\frac{6\text{mV}}{52,69 \mu\text{V}/^\circ\text{C}} = 113,9^\circ\text{C}$$

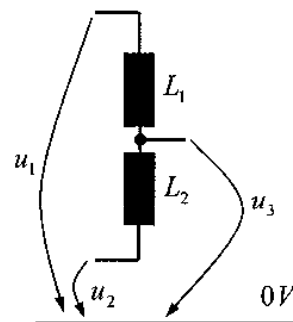
$$\approx 114^\circ\text{C}$$



7. Bei der Speisung des induktiven Aufnehmers (Wegmessung) mit $\hat{u}_1 = \hat{u} \cdot \sin(\omega t)$ und $\hat{u}_2 = -\hat{u} \cdot \sin(\omega t)$ erhält man folgende Gleichung für das Ausgangssignal u_3 :

$$u_3 = \frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \cdot \hat{u} \cdot \sin(\omega t)$$

Wie wird bei der Auswertung erkannt, ob es sich um einen positiven Weg oder einen negativen Weg handelt? (3P)



positiv: $L_2 > L_1$ u_3 mit \hat{u} in Phase negativ: $L_2 < L_1$ u_3 mit \hat{u} in Gegenphase

8. Der Trägerfrequenzverstärker arbeitet mit einer Trägerfrequenz von 225 Hz. Der dazugehörige Tiefpassfilter habe eine Knickfrequenz von 40 Hz. Um schnelle Signaländerungen darstellen zu können, wird vorsorglich mit einer hohen Abtastfrequenz von 10kHz gemessen. Beurteilen Sie das Vorgehen! (4P)

Shannon Theorem: $40\text{Hz} \cdot 2 = 80\text{Hz}$ praktikabel $(10 \dots 20) 40\text{Hz} = 400 \dots 800\text{Hz}$
10000 Hz viel zu hoch (\rightarrow Datenflut)

9. Erläutern Sie das Prinzip eines Vibrationsdrehzahlmessers zur Messung der Drehzahl? (3P)

"Zungen" mit unterschiedlicher Eigenfrequenz $f = f_0 \Rightarrow$ Zunge schlägt Härker aus

10. Wie kann man mit einem Näherungsschalter eine Drehzahl messen? (2P)

rotierender Teil mit Marken versehen; Signal über Zeit messen; Impulsfolge frequenz $\hat{=}$ Drehzahl

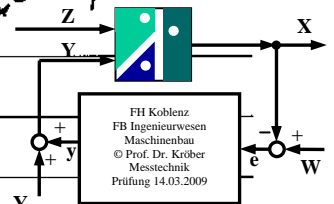
11. In einem Messsignal sind Frequenzanteile von 20 Hz, 40 Hz und 60 Hz enthalten. Nach welcher Zeit [in msec] wiederholt sich das Signal? (2P)

20 Hz ist maßgebend \Rightarrow 50ms

12. Der Widerstand eines applizierten DMS wird mit einem Ohmmeter gemessen. Es wird ein Wert von 120,2 Ohm gemessen. Auf welchen Wert ändert sich der Widerstand, wenn am Bauteil (Stahl) unter dem DMS eine Zugspannung von 200 N/mm² vorliegt? Für fehlende Angaben sind plausible Annahmen zu treffen. (6P)

$$\frac{\Delta R}{R} = K \frac{\sigma}{E} \Rightarrow \Delta R = R \cdot K \frac{\sigma}{E} = 120,2 \Omega \cdot 2 \cdot \frac{200 \text{ N/mm}^2}{210000 \text{ N/mm}^2} = 0,229 \Omega$$

$$R_{\text{neu}} = (120,2 + 0,229) \Omega = 120,429 \Omega$$



13. Weshalb kann man die Widerstandsänderung eines DMS bei Belastung nicht mit einem Ohmmeter messen? (2P)

Widerstandsänderung zu klein

14. Nennen Sie 4 Verfahren zur Durchflussmessung! (4P)

Ovalradzähler, Messblende, Schwabekörper, mag. ind. Durchflussmessung

15. Wie groß ist der Innenwiderstand eines Multimeters bei der

Schalterstellung: Strom 0,1 Ω ... 2 Ω

Schalterstellung: Spannung 10 M Ω

(2P)

16. An einer Tankstelle wird der Durchfluss auf den kleinsten möglichen Wert eingestellt. Erläutern Sie auf der Basis des "Messfehlers bei volumetrischen Durchflussmessgeräten", ob Sie zu viel oder zu wenig bezahlen müssen! (3P)

Messgerät zeigt zu wenig an (Messfehler negativ, Spaltverluste) \rightarrow man bezahlt zu wenig

17. Welche Versorgungsspannung ist bei Operationsverstärkern üblich? (2P)

$\pm 15V$

18. Infrarotbewegungsmelder werten die Änderung der einfallenden Wärmestrahlung aus. Weshalb werden hier Hochpassfilter verwendet? (3P)

Konstantanteil wird eliminiert \rightarrow nur Änderung geht ein

20. Bei einer Füllstandsmessung wird die Masse des Behälters (mit zu messendem Inhalt) mit einem piezoelektrischen Aufnehmer mit Ladungsverstärker gemessen. Weshalb ist diese Lösung in jedem Fall unsinnig? (3P)

wegen Drift nicht realisierbar, nur für schnelle Änderungen

RECHENTEIL

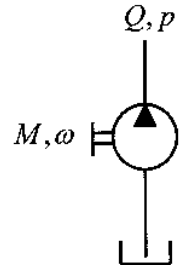
Aufgabe 1 (12P)

Zur Bestimmung des Gesamtwirkungsgrades η einer Hydraulikpumpe werden das Antriebsmoment M , die Winkelgeschwindigkeit ω der Antriebswelle, der geförderte Volumenstrom Q und die erzeugte Druckerhöhung p gemessen. Bei einem Messpunkt ergeben sich folgende Werte:

$$M = 20 \text{ Nm}; \quad \omega = 150 \text{ s}^{-1}; \quad Q = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}; \quad p = 60 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Daraus lässt sich folgender Gesamtwirkungsgrad bestimmen:

$$\eta = \frac{p \cdot Q}{M \cdot \omega} = \frac{60 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{20 \text{ Nm} \cdot 150 \text{ s}^{-1}} = \frac{2400 \text{ W}}{3000 \text{ W}} = 0,8 = 80\%$$



Die Fehlerdaten der Messwertaufnehmer betragen:

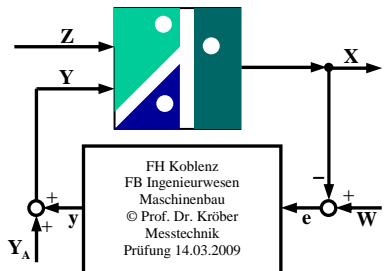
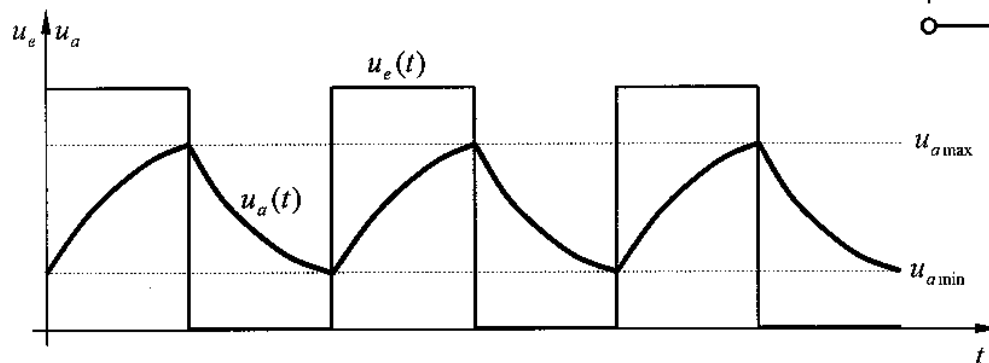
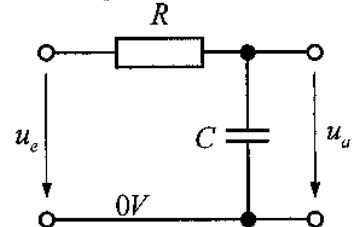
- Momentenmessung: $M = 19,8 \text{ Nm} \dots 20,2 \text{ Nm}$
- Drehzahlmessung: Fehler vernachlässigbar
- Volumenstrommessung: $Q = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \pm 6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$
- Druckaufnehmer: Messbereich 100 bar, Fehlerklasse 0,5%

- a. Welcher Fehler geht zur Bestimmung des Gesamtwirkungsgrades am stärksten ein?
- b. Welchen Größtwert $\eta = \eta_{\max}$ kann der Gesamtwirkungsgrad haben? Es sind geeignete Werte einzusetzen!

Aufgabe 2 (8P)

An einem RC-Glied (Tiefpassfilter) liegt am Eingang eine Rechteckspannung an. Die Eingangsspannung hat eine Einschaltdauer von 50%. Der untere Wert der Eingangsspannung beträgt 0V, der obere Wert 10V. Die Frequenz beträgt 40Hz, d.h. das Signal wiederholt sich 40 mal je Sekunde.

Tiefpassfilter:



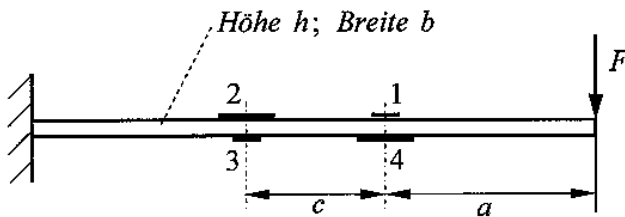
Die Ausgangsspannung erreicht einen Minimalwert von $u_{a \min} = 3,0 \text{ V}$.

- a. Wie groß ist der Maximalwert $u_{a \max}$ der Ausgangsspannung?
- b. Wie groß ist die Zeitkonstante des RC-Gliedes?

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

Aufgabe 3 (10P)

An einem einseitig eingespannten Biegebalken greift eine Kraft F an. Die DMS 2+4 sind längs angeordnet, die DMS 1+3 sind quer angeordnet.



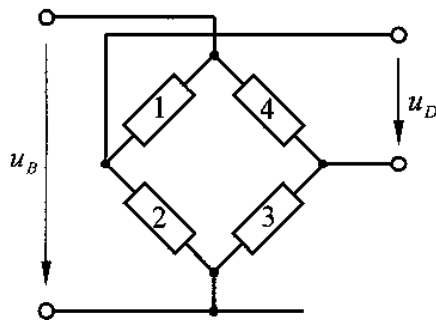
Ferner gegeben: k, E, ν

- Bestimmen Sie zunächst die Dehnungen, die mit den DMS-Messgittern gemessen werden!
- Ermitteln Sie einen Zusammenhang zwischen der Brückenverstimmung und den gegebenen Größen!

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

- Der Abstand a ändert sich um 1%. Wie viel Prozent ändert sich dann die Brückenverstimmung?

Hilfestellungen:



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

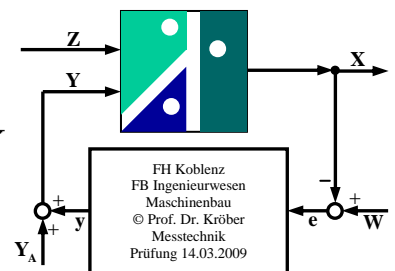
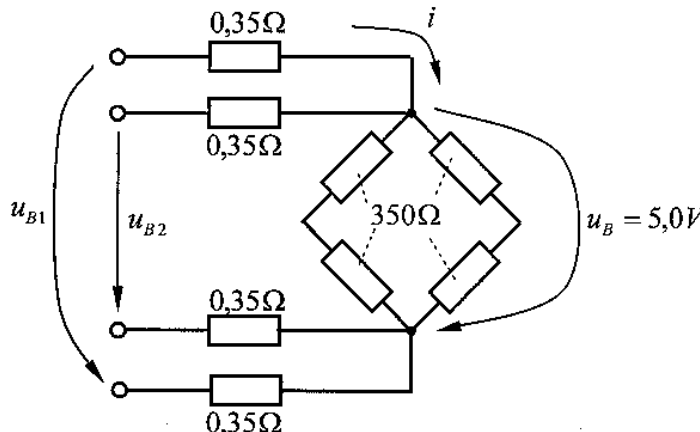
$$W_b = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

$$\varepsilon_{\text{quer}} = -\nu \cdot \varepsilon_{\text{längs}}$$

Aufgabe 4 (8P)

Bei der vorhandenen Vollbrücke wird eine Sechsheiterschaltung verwendet. Die Speisung der Brücke erfolgt über u_{B1} . Die hochohmig ausgetastete Rückführung misst die Spannung u_{B2} . Die Speisespannung, gemessen direkt über der Messbrücke, beträgt $u_B = 5,0V$. Alle anderen Daten sind in der Skizze angegeben.

Bestimmen Sie den Strom i sowie die Spannungen u_{B1} und u_{B2} !



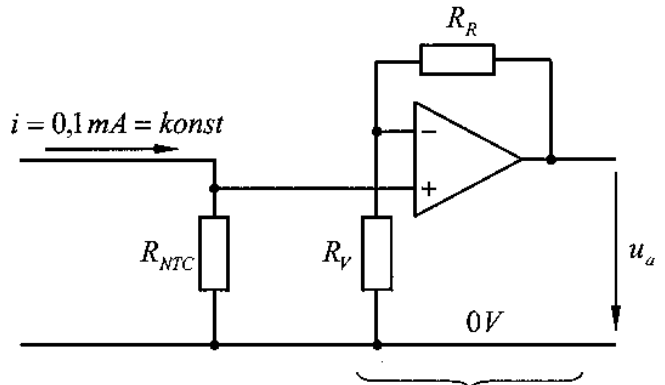
Aufgabe 5 (10P)

Zur Temperaturerfassung mit einem Rechner wird die abgebildete Schaltung verwendet. Durch den NTC-Widerstand fließt ein Konstantstrom von 0,1 mA.

Daten des NTC's:

$R_0 = 10 \text{ k}\Omega$; $T_0 = (273,15 + 25) \text{ K}$; $B = 3500 \text{ K}$

$$R_{NTC} = R_0 \cdot e^{\frac{B}{T} - \frac{B}{T_0}}$$



$$\frac{u_a}{u_e} = 1 + \frac{R_R}{R_V}$$

(Hilfestellung)

In einem konkreten Anwendungsfall beträgt die zu messende Temperatur gerade 20°C .

- Wie groß ist der Widerstand des NTC's?
- Wie groß ist der Spannungsabfall am NTC?
- Wie groß muss der Widerstand R_R sein, damit die Ausgangsspannung u_a gerade 2,0 V beträgt? Hierzu sei noch gegeben: $R_V = 10 \text{ k}\Omega$

Aufgabe 6 (12P)

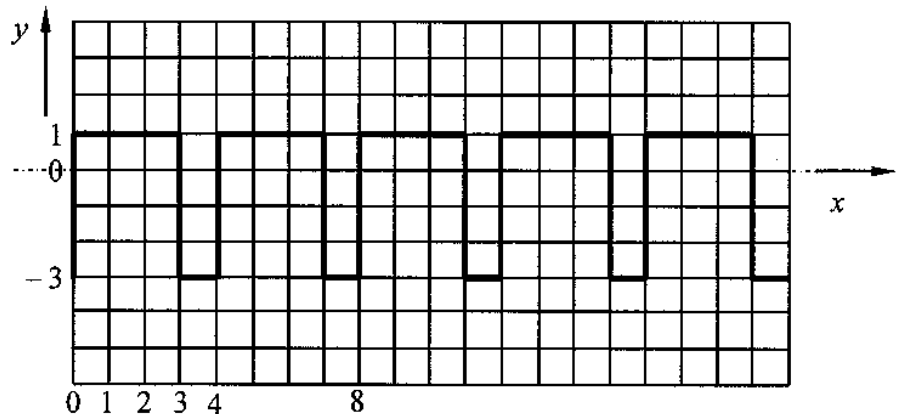
Bestimmen Sie von dem abgebildeten Signal den Konstantanteil $\frac{a_0}{2}$ sowie die Koeffizienten a_1 , b_1 und A_1 der Grundschwingung (Exakte Lösung!!)

Hilfestellungen:

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

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

$$A_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2}$$



Hinweis:

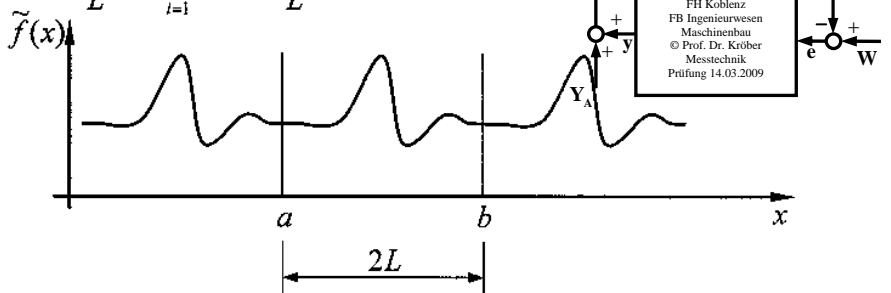
Sei $\tilde{f}(x)$ eine periodische Funktion der Periode $2L$, dann lässt sich $\tilde{f}(x)$ durch folgende Reihenentwicklung approximieren:

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

wobei:

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

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



FH Koblenz
FB Ingenieurwesen
Maschinenbau
© Prof. Dr. Kröber
Messtechnik
Prüfung 14.03.2009

Prüfung Messtechnik vom 14.03.09 / Blatt 1

211) $M: \frac{0,2 \text{ Nm}}{20 \text{ Nm}} \cdot 100\% = 1\%$

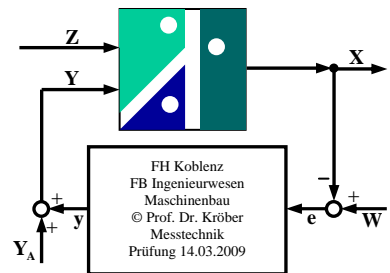
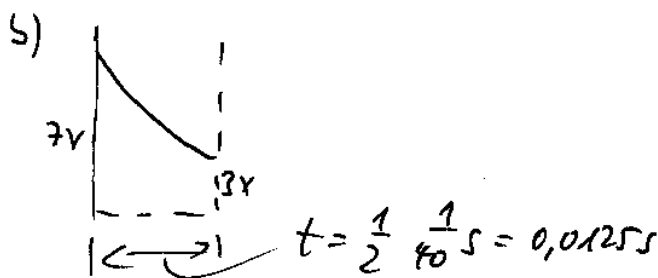
ω : Kein Fehler

$Q: \frac{6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}}{4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}} \cdot 100\% = 1,5\% \rightarrow \text{geht am stärksten ein}$

$p: 100 \text{ bar} \cdot \frac{0,5}{100} = 0,5 \text{ bar} \quad \frac{0,5 \text{ bar}}{60 \text{ bar}} \cdot 100\% = 0,8\bar{3}\dots\%$

5) $\underline{\underline{\eta_{\text{max}}}} = \frac{p_{\text{max}} \cdot Q_{\text{max}}}{M_{\text{min}} \cdot \omega_{\text{min}}} = \frac{60,5 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 4,06 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{19,8 \text{ Nm} \cdot 150 \text{ 1/s}} \cdot 100\% = \underline{\underline{82,70\%}}$

212, a) $U_{\text{max}} = 7,0 \text{ V}$ (Symmetrie, Methode scharfes Hinsehen)



$\frac{u_{\text{auf}}}{u_{\text{max}}} = e^{-t/\tau} \Rightarrow \underline{\underline{T = \frac{t}{\ln \frac{u_{\text{auf}}}{u_{\text{max}}}}} = \frac{0,0125 \text{ s}}{\ln \frac{7 \text{ V}}{3 \text{ V}}} = \underline{\underline{14,75 \mu\text{s}}}$

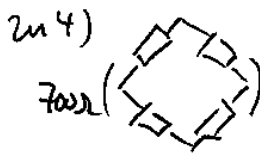
213, a) $\underline{\underline{E_2 = \frac{F(\alpha+c)}{E W_b}}}$; $\underline{\underline{E_1 = -\nu \frac{F a}{E W_b}}}$; $\underline{\underline{E_4 = -\frac{F a}{E W_b}}}$; $\underline{\underline{E_3 = +\nu \frac{F(\alpha+b)}{E W_b}}}$

5) $\frac{u_D}{u_B} = \frac{K}{4} (E_2 + E_4 - E_1 - E_3) = \frac{K}{4} \left(\frac{F(\alpha+c)}{E W_b} - \frac{F a}{E W_b} + \nu \frac{F a}{E W_b} - \nu \frac{F(\alpha+b)}{E W_b} \right)$

$\underline{\underline{= \dots = \frac{K(1-\nu)c}{4 E W_b} \bar{F} = \dots = \underline{\underline{\frac{3 \cdot K(1-\nu) \cdot c}{2 E W_b} \cdot \bar{F}}}}}$

c) Abstand a geht nicht ein $\rightarrow \underline{\underline{0\%}}$

Prüfung Messtechnik vom 14.03.09 Blatt 2

2m4)  $\Rightarrow \downarrow 350\Omega \quad \underline{i = \frac{U}{R} = \frac{5,0V}{350\Omega} = 14,286\mu A}$

$\underline{u_{R1}} = i \cdot (\sum R) = 14,286\mu A (0,35\Omega + 350\Omega + 0,35\Omega) = \underline{5,010V}$

$\underline{u_{R2}} = 5,0V$ (hochohmige Auslastung)

2m5a) $\underline{R} = 10k\Omega \cdot e^{3500K \left(\frac{1}{273,15+20} - \frac{1}{273,15+25} \right) \frac{1}{K}} = \underline{12,217k\Omega}$

b) $\underline{\Delta U_{NTC}} = 12,217k\Omega \cdot 0,1\mu A = \underline{1,2217V \approx 1,222V}$

c) $\underline{\frac{u_a}{u_e}} = 1 + \frac{R_2}{R_V} \Rightarrow R_2 = R_V \left(\frac{u_a}{u_e} - 1 \right) = 10k\Omega \left(\frac{2}{1,2217} - 1 \right) = \underline{6,371k\Omega}$

2m6) $\underline{\frac{a_0}{2}} = 0$ (Methode scharfer Hinschen; Fläche oberhalb = fl. unterhalb)

$2L = b - a = 4 - 0 \Rightarrow L = 2$

$a_1 = \frac{1}{2} \int_0^3 (+1) \cos\left(\frac{\pi}{2}x\right) dx + \frac{1}{2} \int_3^4 (-3) \cos\left(\frac{\pi}{2}x\right) dx$

$= \frac{1}{2} \left[\frac{2}{\pi} \sin\left(\frac{\pi}{2}x\right) \right]_0^3 + \frac{1}{2} \left[-\frac{3 \cdot 2}{\pi} \sin\left(\frac{\pi}{2}x\right) \right]_3^4$

$= \frac{1}{\pi} \underbrace{\sin\left(\frac{\pi}{2} \cdot 3\right)}_{-1} - \frac{1}{\pi} \underbrace{\sin(0)}_0 - \frac{3}{\pi} \underbrace{\sin\left(\frac{\pi}{2} \cdot 4\right)}_0 + \frac{3}{\pi} \underbrace{\sin\left(\frac{\pi}{2} \cdot 3\right)}_{-1} = \underline{-\frac{4}{\pi}}$

$b_1 = \frac{1}{2} \int_0^3 (+1) \sin\left(\frac{\pi}{2}x\right) dx + \frac{1}{2} \int_3^4 (-3) \sin\left(\frac{\pi}{2}x\right) dx$

$= \frac{1}{2} \left[-\frac{2}{\pi} \cos\left(\frac{\pi}{2}x\right) \right]_0^3 + \frac{1}{2} \left[(-3) \left(-\frac{2}{\pi}\right) \cos\left(\frac{\pi}{2}x\right) \right]_3^4$

$= -\frac{1}{\pi} \underbrace{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot 3\right)}_{=0} + \frac{1}{\pi} \underbrace{\cos(0)}_1 + \frac{3}{\pi} \underbrace{\cos(2\pi)}_1 - \frac{3}{\pi} \underbrace{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot 3\right)}_{=0} = \underline{+\frac{4}{\pi}}$

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

