Fachhochschule Koblenz
Fachbereich Ingenieurwesen
Fachrichtung Maschinenbau

Name ______________________________

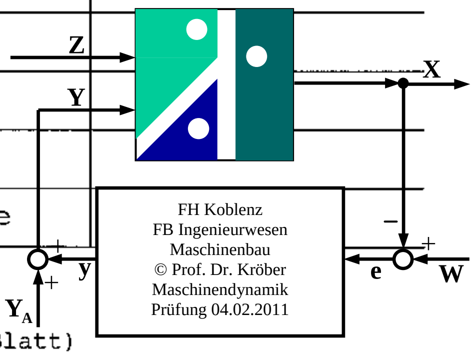
Matr.-Nr. ________________________

Maschinendynamik WS 10/11
Prof. Dr. W. Kröber

Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

- Bearbeitungszeit : 90 min

Aufgabe	erreichte Punkte
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
Summe	



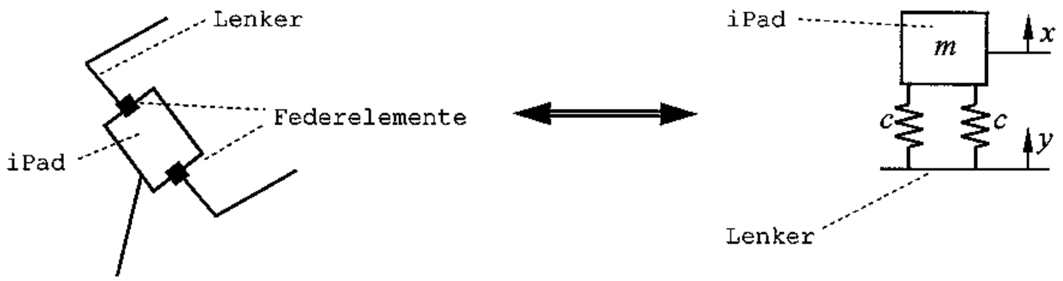
Note : ______________________________

Erlaubte Hilfsmittel:
- Schreib- und Zeichengerät
- Taschenrechner
- Formelsammlung "Technische Mechanik III" (5 Blätter)
- Formelsammlungsblatt "Massenträgheitsmomente: ..." (1 Blatt)
- Formelsammlung "Maschinendynamik" (7 Blätter)
- Umdruck/Formelsammlung Maschinenakustik (9 Blätter)

Aufgabe 1 (16P)

Um bei einer Fahrradtour das "Ziel zu finden", wird ein iPad mit mobilem Internetzugang als Navigationsgerät eingesetzt. Das iPad wird durch <u>zwei</u> elastische Federelemente schwingungstechnisch vom starren Fahrradrahmen (hier: Lenker) abgekoppelt. Für die Auslegung wird eine Anregung mit einem zeitlichen Verlauf von $y = \hat{y} \cdot \sin(\omega t)$ zugrunde gelegt. Betrachtet wird eine translatorische Schwingung. Es wird von einer maximal zulässigen Schwingbeschleunigung des iPad von 1,6 g ausgegangen. Die Masse des iPad beträgt 730 g. Hinzu kommen 370 g für die Halterung. Somit wird eine Masse von m = 1,1 kg zugrunde gelegt. Ein möglicher Einfluss der Dämpfung wird vernachlässigt.

Weitere Zahlenwerte: $\hat{y}$ = 0,02m; f = 6 Hz; g= 9,81 m/s²

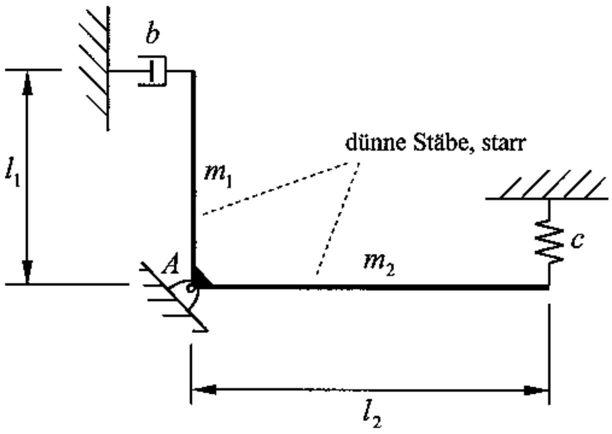


a. Wie groß ist die Federsteifigkeit c zu wählen?

b. Wie groß ist die statische Durchsenkung der Masse m infolge des Eigengewichtes?

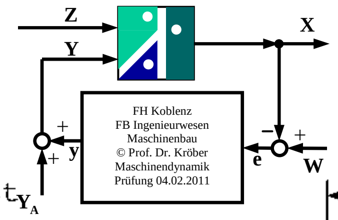
Ausgabe 2 (14P)

An dem angegebenen System ist an einem Stabende eine Feder und an dem anderen Stabende ein Dämpfer angebracht. Das System kann Drehschwingungen um das Lager A ausführen.



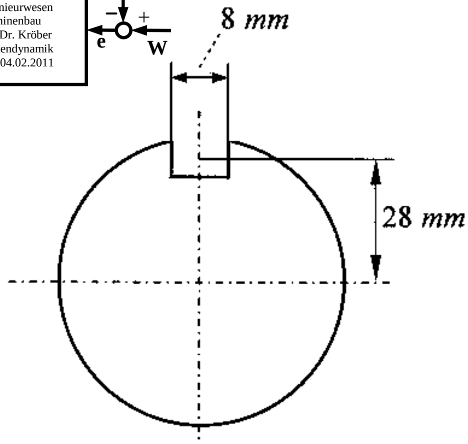
Gegebene Zahlenwerte:
m_1 = 10 kg; m_2 = 20 kg;
l_1 = 0,4 m; l_2 = 0,6 m;
c = 4000 N/m; b = 400 N·s/m

Bestimmen Sie die Periodendauer dieser Schwingung!



Aufgabe 3 (16P)

Eine Maschine der Masse m = 19 kg ist elastisch (Steifigkeit c = 7 kN/mm) gegenüber der Umgebung abgekoppelt. In der Maschine rotiert eine Welle. Die Welle hat eine Nut, deren Maße als ein Rechteck angenommen werden können (Breite der Nut = 8 mm, Tiefe der Nut 5 mm, Länge der Nut 40 mm). Der Abstand des Mittelpunktes der Nut von der Drehachse beträgt 28 mm. Die Dichte der Welle beträgt ρ = 7850 kg/m³. Ein möglicher Einfluss der Dämpfung wird vernachlässigt.



a. Bestimmen Sie die Unwucht $U = \Delta m \cdot e$!

b. Wie groß ist die Fliehkraft bei einer Drehzahl von n = 2900 1/min?

c. Bei welcher Drehzahl [in 1/min] gehen die sich einstellenden Schwingamplituden gegen unendlich?

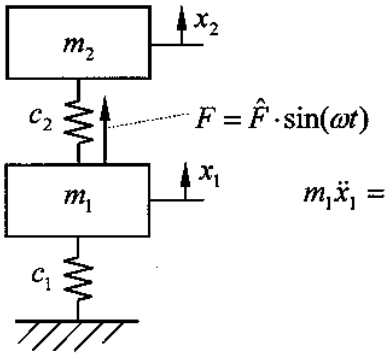
d. Wie groß ist die Schwingamplitude bei der Drehzahl n = 2900 1/min?

Aufgabe 4 (10P)

In einem Beschleunigungsaufnehmer mit den Daten f_0 = 200 Hz und $\vartheta = 1/\sqrt{2}$ befindet sich eine sogenannte seismische Masse. Diese seismische Masse ist durch ein Feder-/Dämpfersystem vom Gehäuse abgekoppelt. Der Beschleunigungsaufnehmer ist auf einem schwingenden Maschinenteil befestigt. Das schwingende Maschinenteil weist eine sinusförmige Bewegung mit der Amplitude von 2 mm bei einer Frequenz von 30 Hz auf. Wie groß ist die Amplitude des Relativweges der seismischen Masse im Beschleunigungsaufnehmer?

Aufgabe 5 (14P)

Auf dem abgebildeten Zweimassenschwinger greift an der Untermasse eine sinusförmige Massenkraft $F = (\Delta m \cdot e) \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t) = \hat{F} \cdot \sin(\omega t)$ an.
Für jeden Freiheitsgrad ist die dazugehörige Differentialgleichung und die dazugehörige Formulierung in Zeigerschreibweise bereits angegeben. Die beiden Gleichungen in Zeigerschreibweise sind der Ausgangspunkt für die weitere Berechnung.



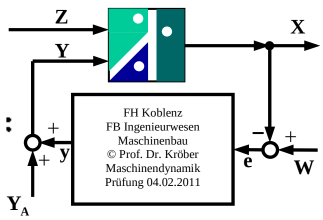
$$m_2 \ddot{x}_2 = -c_2(x_2 - x_1) \Longrightarrow m_2 (j\omega)^2 \underline{x_2} = -c_2(\underline{x_2} - \underline{x_1})$$

$$m_1 \ddot{x}_1 = -c_2(x_1 - x_2) - c_1 x_1 + F \Longrightarrow m_1 (j\omega)^2 \underline{x_1} = -c_2(\underline{x_1} - \underline{x_2}) - c_1 \underline{x_1} + \underline{F}$$

a. Weisen Sie die Richtigkeit der folgenden Gleichung nach:

$$\hat{x}_1 = (\Delta m \cdot e \cdot \omega^2) \cdot \frac{c_2 - m_2\omega^2}{(c_1 + c_2 - m_1\omega^2)(c_2 - m_2\omega^2) - c_2^{\,2}}$$

b. Entwickeln Sie aus der unter a. angegebenen Gleichung eine Formel zur Berechnung der sogenannten "theoretischen" Amplitude!
Hinweis: Lassen Sie dazu die Kreisfrequenz gegen ω unendlich gehen.



Aufgabe 6 (18P)

An einem Messpunkt liegt folgender Schalldruckverlauf vor:
$p(t) = \hat{p}_1 \cdot \sin(2\pi f_1 t) + \hat{p}_2 \cdot \sin(2\pi f_2 t) + \hat{p}_3 \cdot \sin(2\pi f_3 t)$

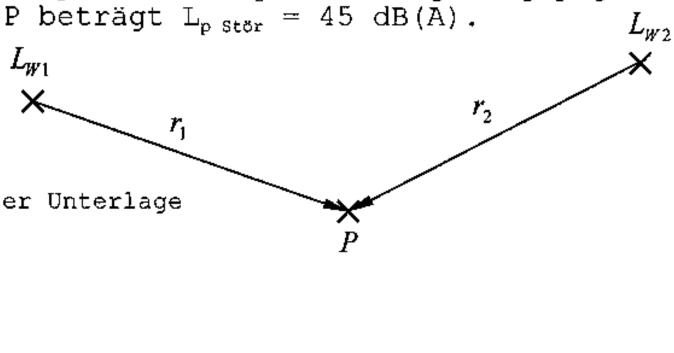
Zahlenwerte:
$\hat{p}_1 = 0{,}4\,Pa$; $f_1 = 500\,Hz$; $\hat{p}_2 = 0{,}3\,Pa$; $f_2 = 1000\,Hz$; $\hat{p}_3 = 0{,}2\,Pa$; $f_3 = 2000\,Hz$

a. Bestimmen Sie den (unbewerteten) Effektivwert des Schalldruckes p_{eff} !

b. Die oben beschriebene Schallzusammensetzung soll an einem Messpunkt in einem Industriegebiet vorliegen. Wie viele Stunden darf dieses Ereignis anhalten, damit für den Bezugsraum "tags" (16 Stunden) ein energieäquivalenter Schalldruckpegel von L_{eq} = 70 dB(A) nicht überschritten wird?

Aufgabe 7 (12P)

An einem Punkt 1 steht eine Schallquelle mit einem Schallleistungspegel von L_{W1} = 100 dB(A). Der Abstand von der Schallquelle 1 zum Messpunkt P beträgt r_1 = 40 m. An einem anderen Punkt (Punkt 2) steht eine weitere Schallquelle mit einem Schallleistungspegel von L_{W2} = 105 dB(A). Der Abstand von der Schallquelle 2 zum Messpunkt sei r_2 . Der Umgebungspegel (Ruhepegel, Störpegel) am Messpunkt P beträgt $L_{p\ stör}$ = 45 dB(A).
Beim Betrieb der Schallquellen 1 und 2 ergibt sich am Messpunkt P ein Schalldruckpegel von 65 dB(A). Wie groß ist der Abstand r_2 ?



Annahme: Freifeldbedingungen auf schallharter Unterlage

Lösungen Prüfung Maschinendynamik 04.02.11 Blatt 1

zu 1) $\hat{\ddot{x}} = \hat{x}(2\cdot\pi f)^2 \Rightarrow \hat{x} = \dfrac{\hat{\ddot{x}}}{(2\cdot\pi\cdot f)^2} = \dfrac{1{,}6\cdot 9{,}81}{(2\pi\cdot 6)^2}\,m = 11{,}044\,mm$

$V_2 = \dfrac{\hat{x}}{\hat{y}} = \dfrac{11{,}044}{20} = 0{,}5522$

$\eta > 1: \quad V_2 = \dfrac{1}{\eta^2 - 1} \Rightarrow \eta = \sqrt{\dfrac{1}{V_2} + 1} = \sqrt{\dfrac{1}{0{,}5522} + 1} = 1{,}677$

$\eta = \dfrac{\omega}{\omega_0} = \dfrac{2\cdot\pi\cdot f}{\sqrt{\dfrac{c_{ges}}{m}}} \Rightarrow c_{ges} = m\left(\dfrac{2\cdot\pi\cdot f}{\eta}\right)^2 = \underbrace{(0{,}73 + 0{,}37)}_{1{,}1}\left(\dfrac{2\cdot\pi\cdot 6}{1{,}677}\right)^2 \dfrac{N}{m}$

$= 556{,}2\,N/m$

Parallelschaltung: $c_i = c = \dfrac{c_{ges}}{2}$

$= \dfrac{556{,}2}{2}\,N/m = \underline{\underline{278{,}1\,N/m}}$

b) $c_{ges} = \dfrac{m\cdot g}{x_{stat}} \Rightarrow \underline{\underline{x_{stat}}} = \dfrac{m\cdot g}{c_{ges}} = \dfrac{1{,}1\cdot 9{,}81}{556{,}2}\,m = \underline{\underline{19{,}4\,mm}}$

zu 2) $J_A\ddot{\varphi} + b_D\dot{\varphi} + c_D\varphi = 0$

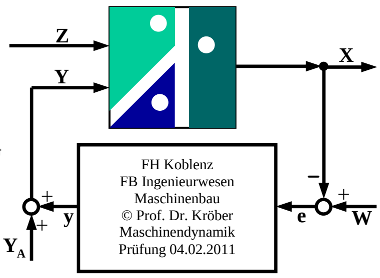
$\ddot{\varphi} + \underbrace{\dfrac{b_D}{J_A}}_{2\delta}\dot{\varphi} + \underbrace{\dfrac{c_D}{J_A}}_{\omega_0^2}\varphi = 0$

$J_A = \dfrac{1}{3}(m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2) = \dfrac{1}{3}(10\cdot 0{,}4^2 + 20\cdot 0{,}6^2)\,kgm^2 = 2{,}9\bar{3}\ldots\,kgm^2$

$c_D = c\cdot l_2^2 = 4000\cdot 0{,}6^2\,\dfrac{Nm}{1} = 1440\,\dfrac{Nm}{1}$

$b_D = b\cdot l_1^2 = 400\cdot 0{,}4^2\,Nm\cdot s = 64\,Nm\cdot s$

$\omega_0 = \sqrt{\dfrac{c_D}{J_A}} = \sqrt{\dfrac{1440}{2{,}9\bar{3}\ldots}}\,s^{-1} = 22{,}156\,s^{-1}$



$\delta = \dfrac{b_D}{2\cdot J_A} = \dfrac{64}{2\cdot 2{,}9\bar{3}\ldots}\,s^{-1} = 10{,}909\,s^{-1}$

$\omega_d^2 = \omega_0^2 - \delta^2 = (22{,}156^2 - 10{,}909^2)\,s^{-2} \Rightarrow \omega_d = 19{,}284\,s^{-1}$

$\underline{\underline{\omega_d}} = \dfrac{2\pi}{T_d} \Rightarrow T_d = \dfrac{2\pi}{\omega_d} = \dfrac{2\cdot\pi}{19{,}284}\,s = \underline{\underline{0{,}326\,s}}$

Lösungen Prüfung Maschinendynamik 04.02.11 Blatt 2

zu 3, a) $\underline{\underline{U}} = \Delta m \cdot e = 0{,}008 \cdot 0{,}005 \cdot 0{,}04 \cdot 7850 \cdot 0{,}028 \text{ kgm} = \underline{\underline{3{,}517 \cdot 10^{-4} \text{ kgm}}}$

b) $\underline{\underline{\hat{F}}} = \Delta m \cdot e \cdot \omega^2 = 3{,}517 \cdot 10^{-4} \left(\frac{\pi \cdot 2900}{30}\right)^2 N = \underline{\underline{32{,}436\, N}}$

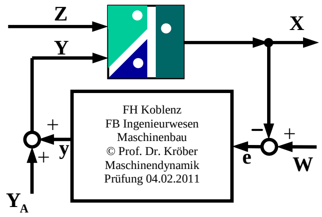
c) $\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}} = \frac{\pi \cdot n_0}{30} \Rightarrow \underline{\underline{n_0}} = \frac{30}{\pi}\sqrt{\frac{c}{m}} = \frac{30}{\pi}\sqrt{\frac{7 \cdot 10^6}{19}}\ {}^1\!/\!_{min} = \underline{\underline{5796\ {}^1\!/\!_{min}}}$

d) $\hat{x} = \frac{\Delta m \cdot e}{m} \cdot V_3 ; \quad V_3 = \frac{\eta^2}{1-\eta^2} ; \quad \eta = \frac{n}{n_0} = \frac{2900}{5796} = 0{,}5004 \approx 0{,}5$

$\uparrow$

$\eta < 1$

$$\underline{\underline{\hat{x}}} = \frac{3{,}517 \cdot 10^{-4}}{19} \cdot \frac{0{,}5^2}{1-0{,}5^2}\, m = \underline{\underline{6{,}17\, \mu m}}$$



zu 4) $$\hat{x}_{rel} = \frac{\hat{\ddot{y}}}{\omega_0^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{(1-\eta^2)^2 + (2 D \eta)^2}} ; \quad \hat{\ddot{y}} = \hat{y}(2 \cdot \pi \cdot f)^2$$

$$\underline{\underline{}} = \frac{2 \cdot 10^{-3}(2 \cdot \pi \cdot 30)^2}{(2 \cdot \pi \cdot 200)^2} \cdot \frac{1}{\underbrace{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{30}{200}\right)^2\right)^2 + \left(2 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{30}{200}\right)^2}}_{0{,}99975}}\, m \approx \underline{\underline{45{,}0\, \mu m}}$$

zu 5, a) $m_2 (j\omega)^2 \underline{x_2} + c_2 \underline{x_2} - c_2 \underline{x_1} = 0$

$m_1 (j\omega)^2 \underline{x_1} + c_2 (\underline{x_1} - \underline{x_2}) + c_1 \underline{x_1} = \underline{F}$

$$\begin{pmatrix} m_1 (j\omega)^2 + c_1 + c_2 & -c_2 \\ -c_2 & m_2 (j\omega)^2 + c_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \underline{x_1} \\ \underline{x_2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \underline{F} \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\underline{x_1} = \frac{\begin{vmatrix} \underline{F} & -c_2 \\ 0 & m_2 (j\omega)^2 + c_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} m_1 (j\omega)^2 + c_1 + c_2 & -c_2 \\ -c_2 & m_2 (j\omega)^2 + c_2 \end{vmatrix}} = \frac{m_2 (j\omega)^2 + c_2}{(m_1 (j\omega)^2 + c_1 + c_2)(m_2 (j\omega)^2 + c_2) - c_2^2} \cdot \underline{F}$$

Betragsbildung, ferner $(j\omega)^2 = -\omega^2$ sowie $\hat{F} = \Delta m \cdot e \cdot \omega^2$

$$\underline{\underline{\hat{x}_1 = \frac{c_2 - m_2 \omega^2}{(c_1 + c_2 - m_1 \omega^2)(c_2 - m_2 \omega^2) - c_2^2} \cdot (\Delta m \cdot e \cdot \omega^2)}}$$

Lösungen Prüfung Maschinendynamik 04.02.11 Blatt 3

5,b) $\lim\limits_{\omega\to\infty} \hat{x}_1 = \dfrac{(-m_2\cancel{\omega^2})}{(-m_1\omega^2)\cdot(-m_2\omega^2)}\cdot(\Delta m\cdot e\,\cancel{\omega^2}) = -\dfrac{\Delta m\cdot e}{m_1}$

Bem.: Minuszeichen wegen 180° Phasenverschiebung

zu 6) $L_{p1} = L_1 = 20\cdot\lg\dfrac{\hat{p}_1/\sqrt{2}}{p_{0eff}} = 20\cdot\lg\dfrac{0{,}4/\sqrt{2}}{20\cdot10^{-6}}\,dB = 83{,}010\,dB$

analog: $L_2 = 20\cdot\lg\dfrac{0{,}3/\sqrt{2}}{20\cdot10^{-6}}\,dB = 80{,}516\,dB\,;\ L_3 = \ldots = 76{,}990\,dB$

$L_{ges} = 10\cdot\lg\left[10^{8,3010}+10^{8,0516}+10^{7,6990}\right]dB = 85{,}599\,dB$

$L_{ges} = 20\cdot\lg\dfrac{p_{eff}}{p_{0eff}} \Rightarrow p_{eff} = p_{0eff}\cdot10^{L_{ges}/20} = 20\cdot10^{-6}\,Pa\cdot10^{\frac{85,599}{20}}$

$= 0{,}3810\,Pa$

b) $L_1 = (83{,}010-3{,}2 = 79{,}810)\,dB(A)\,;\ L_2 = (80{,}517-0)\,dB(A) = 80{,}512\,dB(A)$

$L_3 = (76{,}990+1{,}2)\,dB(A) = 78{,}199\,dB(A)$

$L_{ges} = 10\cdot\lg\left[10^{7,9810}+10^{8,0512}+10^{7,8199}\right]dB(A) = 84{,}380\,dB(A)$

$10^{0,1L_m}\cdot T_m = 10^{0,1L_1}\cdot T_1 \Rightarrow T_1 = T_m\cdot10^{0,1(L_m-L_1)} = 16h\cdot10^{0,1(70-84,380)}$ $= 0{,}584h$

zu 7) $L_{p1} = L_{w1}-8dB-20\cdot\lg r_1 = (100-8-20\cdot\lg 40)\,dB(A) = 59{,}959\,dB(A)$

$10^{0,1L_\Sigma} = 10^{0,1L_{stör}}+10^{0,1L_{p1}}+10^{0,1L_{p2}}$

$L_{p2} = 10\cdot\lg\left[10^{0,1L_\Sigma}-10^{0,1L_{stör}}-10^{0,1L_1}\right]$

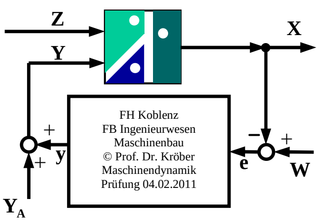
$= 10\cdot\lg\left[10^{6,5}-10^{4,5}-10^{5,9959}\right]dB(A)$

$= 63{,}304\,dB(A)$

$L_{p2} = L_{w2}-8dB-20\cdot\lg r_2$

$20\cdot\lg r_2 = L_{w2}-8dB-L_{p2}$

$r_2 = 10^{\frac{L_{w2}-8dB-L_{p2}}{20}}\,m = 10^{\frac{105-8-63,304}{20}}\,m$



$r_2 = 48{,}40\,m$