Fachhochschule Koblenz Blatt 1 von 4
Fachbereich Ingenieurwesen
Fachrichtung Maschinenbau

Name ______________________

Matr.-Nr. ______________________

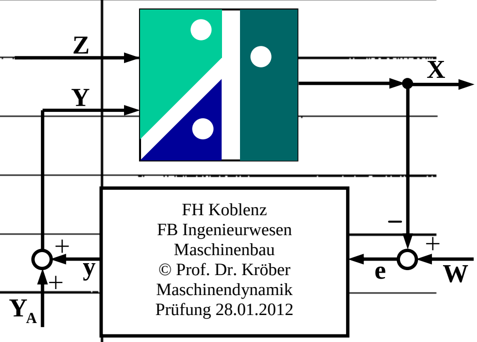
Maschinendynamik WS 11/12
Prof. Dr. W. Kröber

Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

- Bearbeitungszeit : 90 min

Note : ______________________

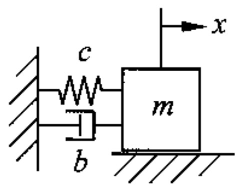
Aufgabe	erreichte Punkte
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
Summe	



Erlaubte Hilfsmittel:
- Schreib- und Zeichengerät
- Taschenrechner
- Formelsammlung "Technische Mechanik III" (5 Blätter)
- Formelsammlungsblatt "Massenträgheitsmomente: ..." (1 Blatt)
- Formelsammlung "Maschinendynamik" (7 Blätter)
- Umdruck/Formelsammlung Maschinenakustik (11 Blätter)

Aufgabe 1 (14P)

Ein Schwingungssystem mit einem Freiheitsgrad wird zum Zeitpunkt t = 0 mit v_0 = 2 mm/s in Bewegung versetzt. Die Anfangsauslenkung sei gleich Null. Ferner sind gegeben: $\omega_d = 2\ s^{-1}$; $\vartheta = 0{,}3$



a. Bestimmen Sie die Abklingkonstante δ und das logarithmische Dekrement Λ !

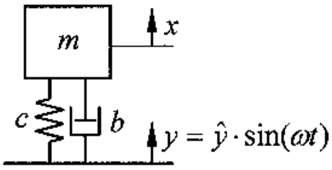
b. Wie groß ist die Auslenkung und die Schwinggeschwindigkeit zur Zeit t = 1 s?

Hinweis zur Lösung:

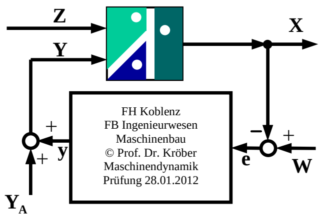
$$x = x(t) = e^{-\delta t} \cdot \left[\frac{v_0 + \delta \cdot x_0}{\omega_d} \cdot \sin(\omega_d t) + x_0 \cos(\omega_d t) \right]$$

Aufgabe 2 (10P)

Eine Masse m wird durch Schwingungen des Untergrundes (Fußpunkterregung) in vertikale Schwingungen versetzt. Die Schwingfrequenz des Untergrundes sei genau halb so groß wie die Eigenfrequenz des Systems. Die Amplitude des Fußpunktes beträgt $\hat{y} = 0,5$ mm.



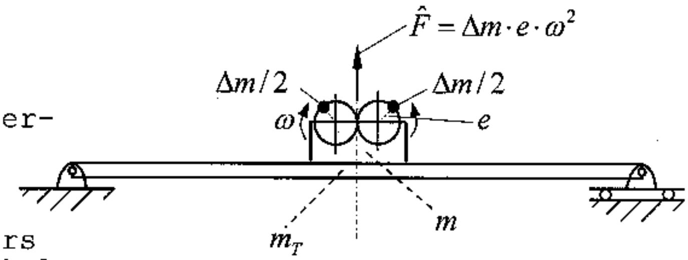
Ferner sind gegeben: m = 12 kg; c = 10^5 N/m; b = 438 Ns/m



a. Wie groß ist die Amplitude $\hat{x}$ der Masse m?

b. Wie groß ist die Amplitude $\hat{x}_{rel}$ des Relativweges?

Aufgabe 3 (16P)



Auf einem beidseitig gelenkig gelagerten Träger mit Rechteckquerschnitt (b = 100 mm, h = 20 mm, Lagerabstand l = 1,2 m) ist ein Unwuchterreger montiert. Dadurch entstehen in der Mitte des Trägers erzwungene Schwingungen in vertikaler Richtung. Die Trägermasse beträgt m_T = 18,84 kg. Die Masse des Schwingungserregers beträgt m = 38,13 kg. Die Unwucht sei $U = \Delta m \cdot e = 0{,}0473\, kg \cdot m$.

Aus der Biegelinie lässt sich folgende Gleichung für die Steifigkeit ermitteln:

$$c = \frac{48 \cdot E \cdot I}{l^3} \qquad \text{wobei: } I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

Unter Berücksichtigung der Trägermasse errechnet sich die Eigenkreisfrequenz zu:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m + \frac{17}{35} m_T}}$$

Reibungs- und Dämpfungseinflüsse werden vernachlässigt. Ferner sei gegeben: E = $2,1 \cdot 10^{11}$ N/m²

a. Bestimmen Sie zunächst die Eigenkreisfrequenz ω_0 !

b. Wie groß ist die sogenannte theoretische Amplitude $\hat{x}_\infty = \dfrac{\Delta m \cdot e}{m + \frac{17}{35} m_T}$?

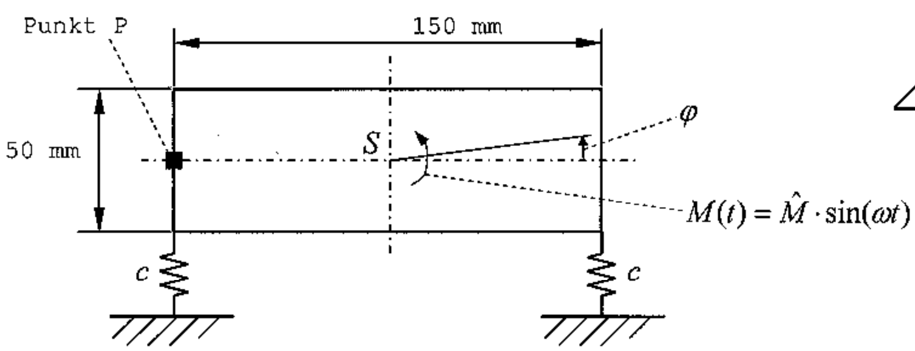
c. In welchem Drehzahlbereich [1/min] ist die Schwingamplitude kleiner als 0,5 mm?

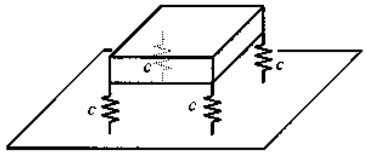
Aufgabe 4 (14P)

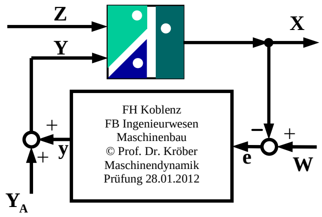
Eine Maschine mit quadratischer Grundfläche (Masse m = 9 kg) ist an den vier Ecken mit Federn zum Untergrund abgestützt. Durch eine nicht ausgewuchtete Welle wirkt ein Moment der Größe $M = M(t) = \hat{M} \cdot \sin(\omega t)$. Für die Drehung um den Schwerpunkt gilt $J_S \cdot \ddot{\varphi} + c_D \cdot \varphi = \hat{M} \cdot \sin(\omega t)$. Mit dem Lösungsansatz $\varphi = \hat{\varphi} \cdot \sin(\omega t)$ ergibt sich daraus:

$$\hat{\varphi} = \frac{\hat{M}}{c_D - J_S \cdot \omega^2}$$

Ferner sind gegeben: $\hat{M}$ = 12 Nm; ω = 155 s^{-1}; c = 10^5 N/m







a. Bestimmen Sie zunächst die Größen c_D und J_S !

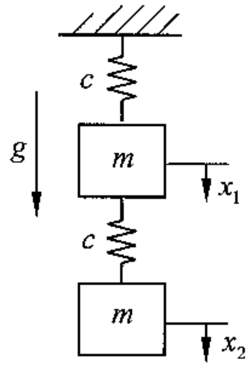
b. Wie viele Millimeter bewegt sich den Punkt P in vertikaler Richtung (kleine Auslenkungen)?

Aufgabe 5 (12P)

Von dem abgebildeten Schwingungssystem sind folgende Daten bekannt:
m = 2 kg; c = 10^4 N/m; g = 9,81 m/s²

a. Bestimmen Sie die beiden Eigenfrequenzen [in Hz]!

b. Wie groß sind die statischen Einsenkungen (Absolutwege) x_{1stat} und x_{2stat} infolge des Eigengewichtes?



Aufgabe 6 (10P)

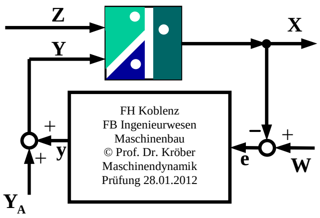
Eine Schallquelle steht auf einer schallharten Unterlage. Im Freifeld wird im Abstand von 5 m ein Schalldruckpegel von 60 dB(A) gemessen.

Dann wird die gleiche Schallquelle in einem Raum betrieben. Die Oberfläche des Raumes beträgt 166 m². Im diffusen Schallfeld des Raumes wird ein Schalldruckpegel von 68 dB(A) gemessen.

a. Wie groß ist der Schallleistungspegel der Schallquelle?

b. Wie groß ist die Gesamtabsorptionsfläche A des Raumes?

c. Wie groß ist der mittlere Schallabsorptionsgrad der Raumbegrenzungsflächen (Wände, Decke und Boden)?



Aufgabe 7 (10P)

Ein quaderförmiger Raum hat die Maße b = 6 m; l = 8 m und h = 2,5m. Die Schallabsorptionsgrade der Raumbegrenzungsflächen sind frequenzabhängig und betragen:

f [Hz]	500	630	800
α [1]	0,3	0,4	0,5

Bestimmen Sie die Nachhallzeiten bei den einzelnen Frequenzen!

Aufgabe 8 (14P)

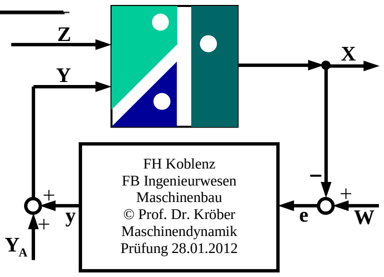
Von einer sich eindimensional ausbreitenden Welle ist der Spitzenwert des Schalldruckes $\hat{p}$ = 9000 μPa bekannt. Die Frequenz beträgt f = 400 Hz.

a. Bestimmen Sie den Intensitätspegel in [dB(A)]!

b. Wie groß ist der Gesamtpegel, wenn ein zusätzlich vorhandener Ruhepegel 30 dB(A) (= Fall A) bzw. 60 dB(A) (= Fall B) beträgt?

c. Empfindet ein Mensch das "Gesamtschallereignis" als tonhaltig?
Bem.: Hier sind Aussagen/Argumentationen zu Fall A und Fall B gefordert.

Prüfung Maschinendynamik 28.01.12 Blatt 1



zu 1, a) $\omega_0^2=\omega_d^2+\delta^2$; $\vartheta=\frac{\delta}{\omega_0} \Rightarrow \omega_0=\frac{\delta}{\vartheta}$

$$\left(\frac{\delta}{\vartheta}\right)^2=\omega_d^2+\delta^2 \Rightarrow \delta^2\left(\frac{1}{\vartheta^2}-1\right)=\omega_d^2$$

$$\underline{\underline{\delta}}=\frac{\omega_d}{\sqrt{\frac{1}{\vartheta^2}-1}}=\frac{2\ s^{-1}}{\sqrt{\frac{1}{0,3^2}-1}}=0,62897\,s^{-1}\approx\underline{\underline{0,63\,s^{-1}}}$$

$$\underline{\underline{\Lambda}}=\delta\cdot T_d=\delta\cdot\frac{2\pi}{\omega_d}=0,62897\cdot\frac{2\pi}{2}=\underline{\underline{1,976}}$$

Umrechnung Gradmaß (wegen Taschenrechner)

b) $x(t)=e^{-\delta t}\,\frac{V_0}{\omega_d}\cdot\sin(\omega_d\cdot t)$

$$\underline{\underline{x(t=1s)}}=e^{-0,62897\cdot 1}\,\frac{2\,mm/s}{2\,s^{-1}}\cdot\sin\left(2\cdot 1\cdot\frac{180°}{\pi}\right)=\underline{\underline{0,4848\,mm}}$$

$$\dot{x}(t)=e^{-\delta t}(-\delta)\cdot\frac{V_0}{\omega_d}\cdot\sin(\omega_d t)+e^{-\delta t}\,\frac{V_0}{\cancel{\omega_d}}\cdot\cancel{\omega_d}\cdot\cos\omega_d t$$

$$=V_0\cdot e^{-\delta t}\left[-\frac{\delta}{\omega_d}\sin(\omega_d t)+\cos(\omega_d t)\right]$$

$$\dot{x}(t=1s)=2\,\frac{mm}{s}\cdot e^{-0,62897\cdot 1}\left[-\frac{0,62897}{2}\cdot\sin\left(2\cdot 1\cdot\frac{180°}{\pi}\right)+\cos\left(2\cdot 1\cdot\frac{180°}{\pi}\right)\right]$$

$$\underline{\underline{=-0,7486\,\frac{mm}{s}}}$$

zu 2) $\eta=\frac{1}{2}=0,5$; $2\delta=\frac{b}{m}$; $\vartheta=\frac{\delta}{\omega_0}=\frac{\frac{b}{2m}}{\omega_0}=\frac{\frac{b}{2m}}{\sqrt{\frac{c}{m}}}=\frac{b}{2\sqrt{c\cdot m}}$

$$\vartheta=\frac{438}{2\sqrt{10^5\cdot 12}}=0,1999\approx 0,2$$

$$\underline{\underline{\hat{x}}}=\hat{y}\,\frac{\sqrt{1+(2\vartheta\eta)^2}}{\sqrt{(1-\eta^2)^2+(2\vartheta\eta)^2}}=0,5\,mm\,\frac{\sqrt{1+(2\cdot 0,2\cdot 0,5)^2}}{\sqrt{(1-0,5^2)^2+(2\cdot 0,2\cdot 0,5)^2}}=\underline{\underline{0,6569\,mm}}$$

$$\underline{\underline{\hat{x}_{rel}}}=\hat{y}\,\frac{\eta^2}{\sqrt{(1-\eta^2)^2+(2\vartheta\eta)^2}}=0,5\,mm\,\frac{0,5^2}{\sqrt{(1-0,5^2)^2+(2\cdot 0,2\cdot 0,5)^2}}=\underline{\underline{0,1610\,mm}}$$

Bem.: $(0,6569-0,1610)\,mm=0,496\,mm \approx 0,5\,mm$

← wegen $\vartheta>0$

Prüfung Maschinendynamik 28.01.12 Blatt 2

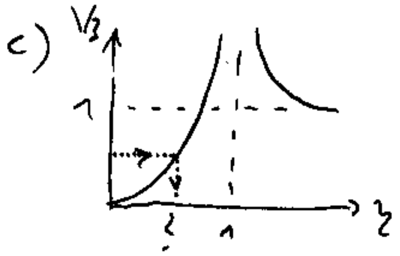
FH Koblenz
FB Ingenieurwesen
Maschinenbau
© Prof. Dr. Kröber
Maschinendynamik
Prüfung 28.01.2012

zu 3, a) $c = \frac{48\,E\,J}{\ell^3}$; $J = \frac{b \cdot h^3}{12}$

$$c = \frac{48 \cdot 2{,}1 \cdot 10^{11} \cdot \frac{0{,}1 \cdot 0{,}02^3}{12}}{1{,}2^3}\ \mathrm{N/m} = 388888\ \mathrm{N/m}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{388888}{38{,}13 + \frac{17}{35} \cdot 18{,}84}}\ s^{-1} = 90{,}692\ s^{-1}$$

b) $$\hat{x}_\infty = \frac{0{,}0473}{38{,}13 + \frac{17}{35} \cdot 18{,}84}\ \mathrm{m} = 1{,}0004\ \mathrm{mm} \approx 1{,}0\ \mathrm{mm}$$

c) 

$$V_3 = \frac{0{,}5\ \mathrm{mm}}{1{,}0\ \mathrm{mm}} = 0{,}5$$

nur Lösung für $\eta < 1$

$$V_3 = \frac{\eta^2}{1-\eta^2} \Rightarrow V_3 - V_3\eta^2 = \eta^2 \Rightarrow V_3 = \eta^2(1+V_3) \Rightarrow \eta = \sqrt{\frac{V_3}{1+V_3}}$$

$$\eta = \sqrt{\frac{0{,}5}{1+0{,}5}} = 0{,}57735 = \frac{\omega}{\omega_0} \Rightarrow \omega = 0{,}57735 \cdot \omega_0 = 0{,}57735 \cdot 90{,}692\ s^{-1} = 52{,}361\ s^{-1}$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} \Rightarrow n = \frac{30\,\omega}{\pi} = \frac{30 \cdot 52{,}361}{\pi}\ 1/\mathrm{min} = 500{,}01\ 1/\mathrm{min} \approx 500\ 1/\mathrm{min}$$

also: $0 \le n \le 500\ 1/\mathrm{min}$

zu 4) $$c_T = 4 \cdot c \cdot a^2 = 4 \cdot 10^5 \cdot 0{,}075^2\ \frac{\mathrm{Nm}}{\mathrm{rad}} = 2250\ \frac{\mathrm{Nm}}{\mathrm{rad}}$$

$$J_s = \frac{1}{12} m (a^2 + b^2) = \frac{1}{12}\, 9\,(0{,}05^2 + 0{,}15^2)\ \mathrm{kgm}^2 = 0{,}01875\ \mathrm{kgm}^2$$

$$\hat{\varphi} = \frac{\hat{M}}{c_T - J_s\,\omega^2} = \frac{12}{2250 - 0{,}01875 \cdot 155^2} = 6{,}668 \cdot 10^{-3}\ (\mathrm{rad})$$

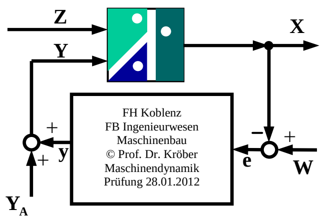
$$\hat{\varphi} = \frac{\Delta\hat{x}}{\ell} \Rightarrow \Delta\hat{x} = \ell \cdot \hat{\varphi} = 75\ \mathrm{mm} \cdot 6{,}668 \cdot 10^{-3} = 0{,}5001\ \mathrm{mm} \approx 0{,}5\ \mathrm{mm}$$

Bem.: Schwingweg 1 mm (= 2 · 0,5 mm)

Prüfung Maschinendynamik 28.01.12 Blatt 3

zu 5)
$$f_{01,2} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{2}\left(\frac{c_1+c_2}{m_1}+\frac{c_2}{m_2}\right) \pm \sqrt{\frac{1}{4}\left(\frac{c_1+c_2}{m_1}+\frac{c_2}{m_2}\right)^2 - \frac{c_1 c_2}{m_1 m_2}}}$$

$$= \frac{1}{2\pi}\sqrt{\underbrace{\frac{1}{2}\left(\frac{2\cdot 10^4}{2}+\frac{10^4}{2}\right)}_{7500} \pm \underbrace{\sqrt{\frac{1}{4}\left(\frac{2\cdot 10^4}{2}+\frac{10^4}{2}\right)^2 - \frac{10^8}{4}}}_{5590,17}}\ \text{Hz}$$



$\underline{\underline{f_{01} = 18{,}209\ \text{Hz}}}$; $\underline{\underline{f_{02} = 6{,}955\ \text{Hz}}}$

$$c = \frac{\Delta F}{\Delta x} \Rightarrow \underline{\underline{\Delta x_1}} = \frac{\Delta F}{c} = \frac{2\cdot 2\cdot 9{,}81}{10^4}\ \text{m} = \underline{\underline{3{,}924\ \text{mm}}}$$

nur Feder 2:
$$\Delta x = \frac{\Delta F}{c} = \frac{2\cdot 9{,}81}{10^4}\ \text{m} = 1{,}962\ \text{mm}$$

zusammen: $\underline{\underline{\Delta x_2}} = (3{,}924 + 1{,}962)\ \text{mm} = \underline{\underline{5{,}886\ \text{mm}}}$

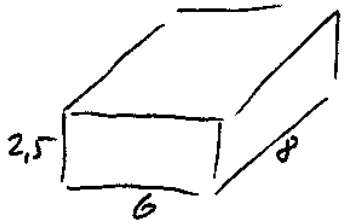
zu 6, a)
$$L_p = L_W - 8\,\text{dB} - 20\cdot\lg r$$
$$\underline{\underline{L_W}} = L_p + 8\,\text{dB} + 20\cdot\lg r = (60 + 8 + 20\cdot\lg 5)\ \text{dB(A)} = 81{,}9794\ \text{dB(A)}$$
$$\underline{\underline{\approx 82{,}0\ \text{dB(A)}}}$$

b)
$$L_p = L_W + 6\,\text{dB} - 10\cdot\lg A$$
$$10\cdot\lg A = L_W + 6\,\text{dB} - L_p$$
$$\underline{\underline{A}} = 10^{0{,}1(L_W + 6\,\text{dB} - L_p)} = 10^{0{,}1(81{,}9794+6-68)}\ \text{m}^2 = 99526\ \text{m}^2$$
$$\underline{\underline{\approx 99{,}5\ \text{m}^2}}$$

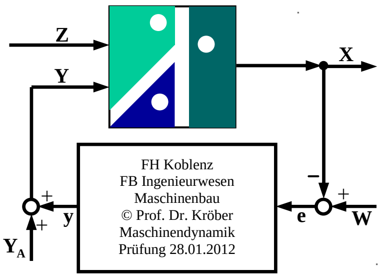
c)
$$\underline{\underline{\alpha}} = \frac{A}{S} = \frac{99{,}526}{166} = \underline{\underline{0{,}5996 \approx 0{,}60}}$$

zu 7) $V = 8\cdot 6\cdot 2{,}5\,m^3 = 120\,m^3$

$S = (8\cdot 2{,}5 + 6\cdot 2{,}5 + 6\cdot 8)\cdot 2\,m^2 = 166\,m^2$



$$\underline{\underline{T_{500}}} = 0{,}163\ \frac{120}{0{,}3\cdot 166}\,s = \underline{\underline{0{,}393\,s}}$$



$$\underline{\underline{T_{630}}} = 0{,}163\ \frac{120}{0{,}4\cdot 166}\,s = \underline{\underline{0{,}295\,s}}$$

$$\underline{\underline{T_{800}}} = 0{,}163\ \frac{120}{0{,}5\cdot 166}\,s = \underline{\underline{0{,}236\,s}}$$

zu 8) $L_p = L_I = 20\cdot \lg \frac{p_{eff}}{p_{0eff}}$; $p_{eff} = \frac{\hat{p}}{\sqrt{2}}$

$$= 20\cdot \lg \frac{9000/\sqrt{2}}{20}\,dB = 50{,}05\,dB$$

A-bewertet: $50{,}05 - 4{,}8 \rightarrow \underline{\underline{45{,}25\,dB(A)}}$

Fall A: $L_{ges} = 10\cdot \lg\left[10^{4{,}525} + 10^{3}\right] dB(A) = 45{,}38\,dB(A)$

$45{,}38 - 30 = 15{,}38 > 5 \Rightarrow$ „Auffällig“

Fall B: $L_{ges} = 10\cdot \lg\left[10^{4{,}525} + 10^{6}\right] dB(A) = 60{,}143\,dB(A)$

$(60{,}143 - 60) = 0{,}143 < 5 \Rightarrow$ „nicht auffällig“