Hochschule Koblenz
Fachbereich Ingenieurwesen
Fachrichtung Maschinenbau

Name ______________________

Matr.-Nr. ______________________

Maschinendynamik SS 13
Prof. Dr. W. Kröber

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

HS Koblenz
FB Ingenieurwesen
FR Maschinenbau
© Prof. Dr. Kröber
Maschinendynamik
Prüfung 24.09.2013

Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

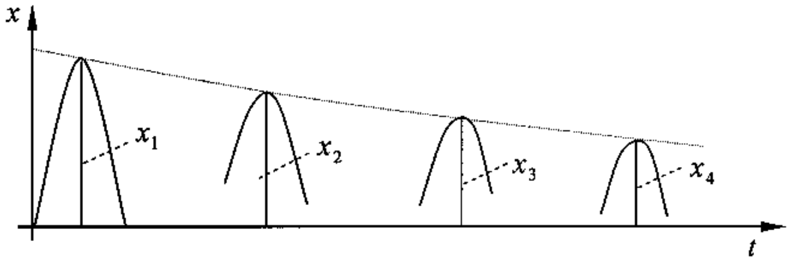
- Bearbeitungszeit : 90 min

Note : ______________________

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 (10P)

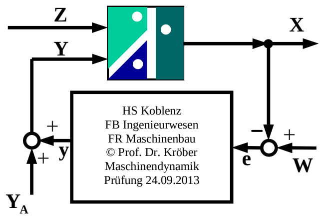
Bei einer geschwindigkeitsproportionalen Dämpfung gibt sich bei einem Ausschwingvorgang der abgebildete Schwingungsverlauf. Bekannt sind die Schwingungsausschläge $x_1 = \hat{x}_1 = 0{,}864$ mm sowie $x_4 = \hat{x}_4 = 0{,}500$ mm. Wie groß sind die Schwingungsausschläge $x_2 = \hat{x}_2$ und $x_3 = \hat{x}_3$?



Aufgabe 2 (12P)

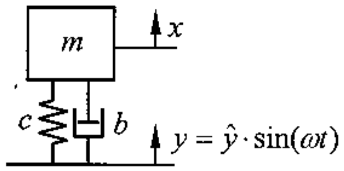
Für das Akustiklabor wurde ein neuer Beschleunigungaufnehmer auf MEMS-Basis (MEMS = micro-electro-mechanical-systems) angeschafft. Gemäß Herstellerangaben besitzt er folgende Daten (Auszug):
Frequenzbereich 0 bis 1500 Hz; maximale Beschleunigung +/- 25 g

Wie groß ist die Relativamplitude der seismischen Masse, wenn der Aufnehmer bei der Resonanzfrequenz f_0 = 1500 Hz mit der maximalen Beschleunigung betrieben wird? Für den Aufnehmer wird $\vartheta = 1/\sqrt{2} \approx 0{,}707$ angenommen.
Hinweis: g = 9,81 m/s²



Aufgabe 3 (16P)

Eine Maschine der Masse m soll durch ein Feder-/Dämpferelement vom Untergrund abgekoppelt werden.
Die Maschinendaten lauten:
m = 120 kg; c = 100 N/mm; b = 350 N/(m/s)
Die Schwingungsdaten des Fußpunktes lauten:
$\hat{y}$ = 0,5 mm und f = 20 Hz.



a. Bestimmen Sie die maximale Schwingamplitude $\hat{x}$ der Masse m!

b. Die Kraft F sei die Summe der Kräfte von Feder und Dämpfer. Wie groß ist die maximale Kraftwirkung $\hat{F}$?
Bem.: Die Erdbeschleunigung wird hier nicht berücksichtigt.

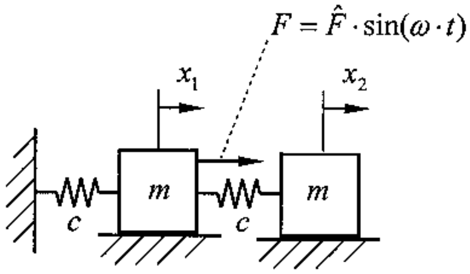
Hilfestellung hierzu:
Die Kraft F kann bestimmt werden durch: $F = c \cdot (x - y) + b \cdot (\dot{x} - \dot{y})$
Der Newton'sche Ansatz für die Masse m lautet: $m \cdot \ddot{x} = -c \cdot (x - y) - b \cdot (\dot{x} - \dot{y})$

Konkreter Hinweis: Betragsmäßig müssen die Spitzenwerte der linken Seiten der beiden Gleichungen gleich sein,
also: $\hat{F} = m \cdot \hat{\ddot{x}}$

Aufgabe 4 (12P)

Bei einem Zweimassenschwinger wirkt an einer Masse eine sinusförmige Kraft (Koordinate x_1). Die Schwingamplitude der anderen Masse beträgt $\hat{x}_2$ = 2 mm.

Geg.: m = 20 kg; c = 10^5 N/m; f = 6 Hz

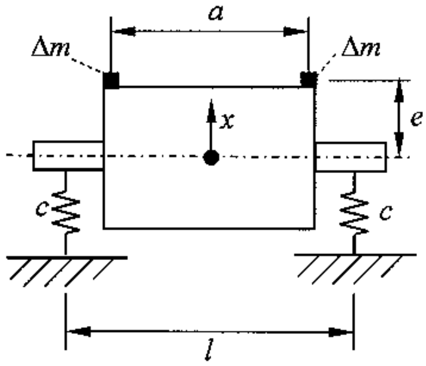


Bestimmen Sie $\hat{F}$ und $\hat{x}_1$!

Aufgabe 5 (12P)

Im Folgenden soll der Einfluss der Unwucht auf das Schwingverhalten eines Rotors untersucht werden.

Für den translatorischen Fall gilt:



Newton: $m\cdot\ddot{x} = -2\cdot c\cdot x + 2\cdot\Delta m\cdot e\cdot\omega^2\cdot\sin(\omega t)$

geordnet: $m\cdot\ddot{x} + 2\cdot c\cdot x = 2\cdot\Delta m\cdot e\cdot\omega^2\cdot\sin(\omega t)$

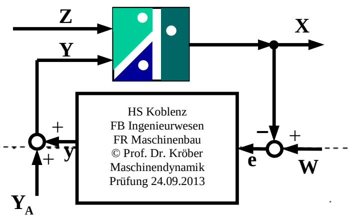
Ansatz: $x = \hat{x}\cdot\sin(\omega t)$

Differenzieren, Einsetzen usw. ergibt:

$$-\omega^2\cdot\hat{x}\cdot m + 2\cdot c\cdot\hat{x} = 2\cdot\Delta m\cdot e\cdot\omega^2$$

aufgelöst nach $\hat{x}$:

$$\boxed{\hat{x} = \frac{2\cdot\Delta m\cdot e\cdot\omega^2}{2\cdot c - \omega^2\cdot m}}$$

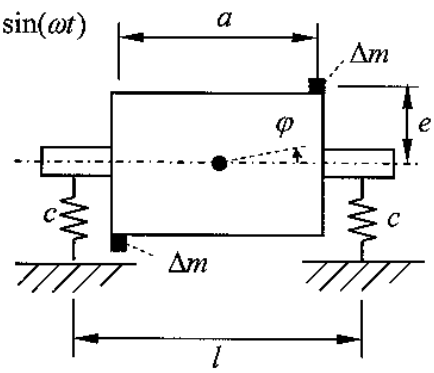


Für die Drehung um den Winkel φ gilt:

Drallsatz (Newton): $J_S\cdot\ddot{\varphi} = -\frac{1}{2}\cdot c\cdot l^2\cdot\varphi + \Delta m\cdot e\cdot\omega^2\cdot a\cdot\sin(\omega t)$

Führen Sie die einzelnen Rechenschritte sinngemäß wie oben durch und bringen Sie das Ergebnis auf die Form:

$$\boxed{\hat{\varphi} = \frac{\Delta m\cdot e\cdot\ldots}{\ldots}}$$



Aufgabe 6 (12P)

Eine eindimensionale Schallwelle breitet sich in positive x-Richtung aus. Das dazugehörige Druckfeld wird beschrieben durch:

$$p(x,t) = \hat{p}\cdot\cos[\omega\cdot(t - \frac{x}{c})]$$

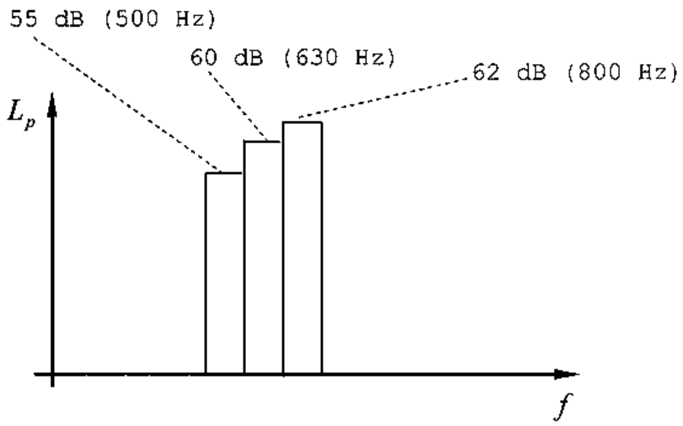
Die Schallwelle erzeugt einen unbewerteten Schalldruckpegel von 70 dB. Gegeben sind ferner: c = 343 m/s; ρ_0 = 1,189 kg/m³

a. Bestimmen Sie den Wert für $\hat{p}$!

b. Wie groß sind die transferierte gemittelte Schallleistung $P_{gemittelt}$ pro m² Fläche?

Aufgabe 7 (12P)

Bei einem Schallpegelmessgerät werden 3 sogenannte Terzen gemessen und angezeigt. Dabei ist zunächst nicht klar, ob die angezeigten Terzpegel bereits A-bewertet sind oder nicht.

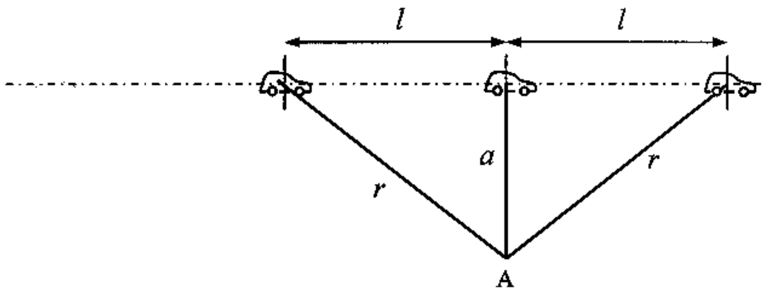


a. Bestimmen Sie den A-bewerteten und unbewerteten Gesamtpegel für den Fall, dass die angezeigten Terzpegel bereits A-bewertet sind!

b. Bestimmen Sie den A-bewerteten und unbewerteten Gesamtpegel für den Fall, dass die angezeigten Terzpegel (noch) unbewertet sind!

Aufgabe 8 (14P)

Auf einer linienförmigen dicht befahrenen Straße fahren PKW's im Abstand von l = 40m. Der Abstand vom Messpunkt zur Straße beträgt a = 30 m. Im Folgenden soll der Schalldruckpegel am Messpunkt A bestimmt werden, wenn 3 PKW's in die Betrachtung einbezogen werden. Jeder PKW erzeugt einen Schallleistungspegel von L_W = 98 dB(A). Es gelten die Freifeldbedingungen für die Schallausbreitung auf einer schallharten Unterlage.



a. Bestimmen Sie zunächst den Schalldruckpegel am Messpunkt A, wenn die drei skizzierten PKW's in die Betrachtung einbezogen werden.

b. Bestimmen Sie den Schalldruckpegel mit der Formel, die von einer unendlich langen Straße mit gleichmäßiger Schallbelegung ausgeht!

Hilfestellung hierzu:

$$L_p = L_W - 10 \cdot \lg(\frac{2 \cdot a \cdot l}{S_0})$$

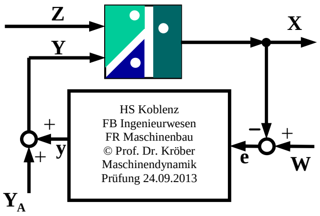
c. Können Sie eine plausible Erklärung für die Abweichung von den Ergebnissen aus a. und b. angeben?

Lösungen Prüfung Maschinendynamik 24.09.13

zu 1) $\Lambda = \frac{1}{n} \ln \frac{x_i}{x_{i+n}} = \frac{1}{3} \ln \frac{0{,}864}{0{,}500} = 0{,}18232$

$$\Lambda = \frac{1}{1} \ln \frac{x_1}{x_2} \Rightarrow e^{\Lambda} = \frac{x_1}{x_2} \Rightarrow \underline{\underline{x_2}} = \frac{x_1}{e^{\Lambda}} = \frac{0{,}864\,mm}{e^{0{,}18232}} = \underline{\underline{0{,}720\,mm}}$$

$$\underline{\underline{x_3}} = \frac{x_2}{e^{\Lambda}} = \frac{0{,}720\,mm}{e^{0{,}18232}} = \underline{\underline{0{,}600\,mm}} \qquad (\text{Bem.: } e^{\Lambda} = 1{,}2)$$



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

$$\underline{\underline{\hat{x}_{rel}}} = \frac{25 \cdot 9{,}81}{(2 \cdot \pi \cdot 1500)^2} \cdot \frac{1}{\underbrace{\sqrt{(1-1^2)^2 + (2\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 1)^2}}_{1/\sqrt{2}}}\,m = \underline{\underline{1{,}9523\,\mu m \approx 1{,}95\,\mu m}}$$

zu 3) $\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}} = \sqrt{\frac{100 \cdot 10^3}{120}}\,s^{-1} = 28{,}87\,s^{-1}$; $f_0 = \frac{\omega_0}{2 \cdot \pi} = \frac{28{,}87}{2 \cdot \pi}\,Hz = 4{,}59\,Hz$

$$\eta = \frac{\omega}{\omega_0} = \frac{f}{f_0} = \frac{20}{4{,}59} = 4{,}353$$

$$\delta = \frac{b}{2 \cdot m} = \frac{350}{2 \cdot 120}\,s^{-1} = 1{,}458\,s^{-1}; \quad D = \frac{\delta}{\omega_0} = \frac{1{,}458}{28{,}87} = 0{,}0505$$

$$\underline{\underline{\hat{x}}} = \hat{y} \cdot \frac{\sqrt{1 + (2D\eta)^2}}{\sqrt{(1-\eta^2)^2 + (2D\eta)^2}} = 0{,}5\,mm \frac{\sqrt{1 + (2 \cdot 0{,}0505 \cdot 4{,}353)^2}}{\sqrt{(1 - 4{,}353^2)^2 + (2 \cdot 0{,}0505 \cdot 4{,}353)^2}} = \underline{\underline{0{,}0304\,mm}}$$

b) $$\underline{\underline{\hat{F}}} = m \cdot \hat{\ddot{x}} = m \cdot (\hat{x}\omega^2) = 120 \cdot (3{,}04 \cdot 10^{-5}(2 \cdot \pi \cdot 20)^2)\,N = \underline{\underline{57{,}6\,N}}$$

zu 4) $$\frac{\hat{x}_2}{\hat{F}} = \frac{c}{m^2\omega^4 - (mc + m2c)\omega^2 + c^2} = \frac{c}{m^2\omega^4 - 3mc\omega^2 + c^2}$$

$$\hat{F} = \frac{\hat{x}_2}{c}(m^2\omega^4 - 3mc\omega^2 + c^2)$$

$$\underline{\underline{}} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{10^5} \underbrace{(20^2(2 \cdot \pi \cdot 6)^4 - 3 \cdot 20 \cdot 10^5 (2 \cdot \pi \cdot 6)^2 + 10^{10})}_{2{,}2806 \cdot 10^9}\,N = \underline{\underline{45{,}612\,N}}$$

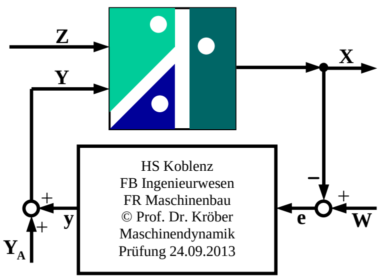
Lösungen Prüfung Maschinendynamik 24.09.13

auch zu 4)

$$\frac{\hat{x}_1}{\hat{F}} = \frac{c-m\omega^2}{m^2\omega^4-3mc\omega^2+c^2}$$

$$\underline{\underline{\hat{x}_1}} = \hat{F}\,\frac{c-m\omega^2}{m^2\omega^4-3mc\omega^2+c^2} = 45{,}612\,\frac{10^5-20(2\pi\cdot 6)^2}{2{,}2806\cdot 10^9}\,m = \underline{\underline{1{,}432\,mm}}$$

zu 5)



$$J_S\ddot{\varphi} + \frac{1}{2}cl^2\cdot\varphi = \Delta m\cdot e\cdot\omega^2\cdot a\cdot\sin\omega t$$

$$\varphi = \hat{\varphi}\cdot\sin\omega t$$
$$\dot{\varphi} = \hat{\varphi}\cdot\omega\cdot\cos\omega t$$
$$\ddot{\varphi} = -\hat{\varphi}\omega^2\sin\omega t$$

eingesetzt:

$$J_S(-\hat{\varphi}\omega^2\cancel{\sin\omega t}) + \frac{1}{2}c\cdot l^2\hat{\varphi}\cancel{\sin\omega t} = \Delta m\cdot e\omega^2 a\cdot\cancel{\sin\omega t}$$

sei $\sin\omega t \neq 0$; geeignetes t

$$\hat{\varphi}\left(\frac{1}{2}cl^2 - J_S\omega^2\right) = \Delta m e\omega^2 a$$

$$\underline{\underline{\hat{\varphi} = \frac{\Delta m\cdot e\cdot\omega^2\cdot a}{\frac{1}{2}cl^2 - J_S\omega^2}}}$$

zu 6,a)

$$L_p = 20\cdot\lg\frac{p_{eff}}{p_{0eff}} \Rightarrow \frac{p_{eff}}{p_{0eff}} = 10^{\frac{L_p}{20}}$$

$$p_{eff} = p_{0eff}\cdot 10^{\frac{L_p}{20}} = 20\,\mu Pa\cdot 10^{\frac{70}{20}} = 63246\,\mu Pa$$

$$\underline{\underline{\hat{p}}} = \sqrt{2}\cdot p_{eff} = \sqrt{2}\cdot 63246\,\mu Pa = \underline{\underline{8{,}94\cdot 10^{-2}\,Pa}}$$

b)

$$\hat{p} = \rho_0\cdot c\cdot\hat{v} \Rightarrow \hat{v} = \frac{\hat{p}}{\rho_0\cdot c} = \frac{8{,}94\cdot 10^{-2}}{1{,}189\cdot 343}\,m/s = 2{,}193\cdot 10^{-4}\,m/s$$

$$\underline{\underline{P_{Trommelfell}}} = \frac{1}{2}\cdot S\cdot\hat{p}\cdot\hat{v} = \frac{1}{2}\cdot \underset{\substack{\uparrow\\ 1m^2}}{1}\cdot 8{,}94\cdot 10^{-2}\cdot 2{,}193\cdot 10^{-4}\,W = \underline{\underline{9{,}81\cdot 10^{-6}\,W}}$$

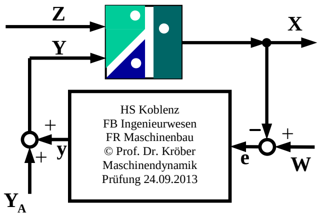
bzw. $\frac{P_{Trommelfell}}{S} = 9{,}81\cdot 10^{-6}\,W/m^2$

Lösungen Prüfung Maschinendynamik 24.09.13

zu 7, a) $L_{p_{ges}} = 10 \cdot \lg \left(10^{5,5} + 10^{6} + 10^{6,2}\right) dB(A) = 64,626\, dB(A) \approx 64,6\, dB(A)$

$55 + 3,2 = 58,2$
$60 + 1,9 = 61,9$
$62 + 0,8 = 62,8$

$L_{p_{ges}} = 10 \cdot \lg \left(10^{5,82} + 10^{6,19} + 10^{6,28}\right) dB = 66,144\, dB \approx 66,1\, dB$



b) unbewertete Ausgangsdaten

$L_{p_{ges}} = 64,6\, dB$ (Zahlenwert wie oben)

$55 - 3,2 = 51,8$
$60 - 1,9 = 58,1$
$62 - 0,8 = 61,2$

$L_{p_{ges}} = 10 \cdot \lg \left(10^{5,18} + 10^{5,81} + 10^{6,12}\right) dB(A) \approx 63,254\, dB(A) \approx 63,3\, dB(A)$

zu 8, a) 2 1 2

$L_{p_1} = L_W - 8\, dB - 20 \cdot \lg r_1 = (98 - 8 - 20 \cdot \lg 30)\, dB(A)$
$= 60,4576\, dB(A)$

$r_2 = \sqrt{30^2 + 40^2}\, m = 50\, m$

$L_{p_2} = (98 - 8 - 20 \cdot \lg 50)\, dB(A) = 56,0206\, dB(A)$

$L_{p_{ges}} = 10 \cdot \lg \left(10^{6,04576} + 2 \cdot 10^{5,60206}\right) dB(A) = 62,813\, dB(A)$
$\approx 62,8\, dB(A)$

b) $L_p = L_W - 10 \cdot \lg \dfrac{2 \cdot a \cdot \ell}{S_0} = \left(98 - 10 \cdot \lg \dfrac{2 \cdot 30 \cdot 40}{1}\right) dB(A)$
$= 64,198\, dB(A) \approx 64,2\, dB(A)$

c) in b) sind auch „entferntere" Fahrzeuge mit einbezogen

Nebenbemerkung: Durch Punktquelle „1" ist Wert von 62,8 dB(A) etwas zu hoch, d.h. entferntere Fahrzeuge gehen mehr als $64,2 - 62,8 = 1,4\, dB(A)$ ein.