Fachhochschule Koblenz Blatt 1 von 4
Fachbereich Ingenieurwesen
Fachrichtung Maschinenbau

Name ______________________________

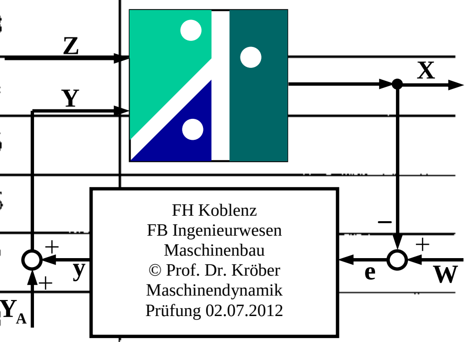
Matr.-Nr. ___________________________

Maschinendynamik SS 12
Prof. Dr. W. Kröber

Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

- Bearbeitungszeit : 90 min

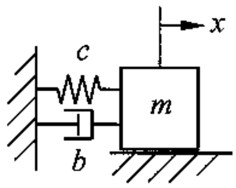
Aufgabe	erreichte Punkte
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
Summe	



Note : ______________________________

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

Aufgabe 1 (18P)



Ein Schwingungssystem mit einem Freiheitsgrad wird zum Zeitpunkt t = 0 mit x_0 = 10 mm ausgelenkt und dann losgelassen. Die Anfangsgeschwindigkeit sei gleich Null.
Ferner sind gegeben: T_d = 3 s; ϑ = 0,5

a. Bestimmen Sie in der untenstehenden Gleichung die Größen ω_d, δ, C und φ_0!

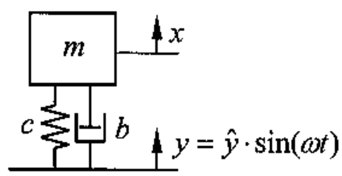
b. Die Masse des Schwingers beträgt m = 3 kg. Wie groß sind die Federsteifigkeit c und der Dämpfungsbeiwert b?

Hinweis zur Lösung:

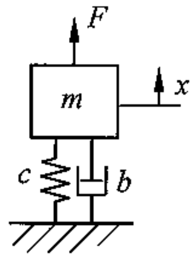
$$x = x(t) = e^{-\delta t} \cdot \left[\frac{v_0 + \delta \cdot x_0}{\omega_d} \cdot \sin(\omega_d t) + x_0 \cos(\omega_d t) \right] = e^{-\delta t} \cdot C \cdot \sin(\omega_d t + \varphi_0)$$

Aufgabe 2 (12P)

Eine fußpunkterregte Masse besitzt eine Schwingamplitude von $\hat{x}$ = 1,5 mm. Die Amplitude des Fußpunktes beträgt $\hat{y}$ = 1,0 mm. Die Eigenfrequenz des Systems beträgt f_0 = 4 Hz. Die Dämpfung wird vernachlässigt. Bei welchen Schwingfrequenzen ist dies möglich?



Aufgabe 3 (15P)



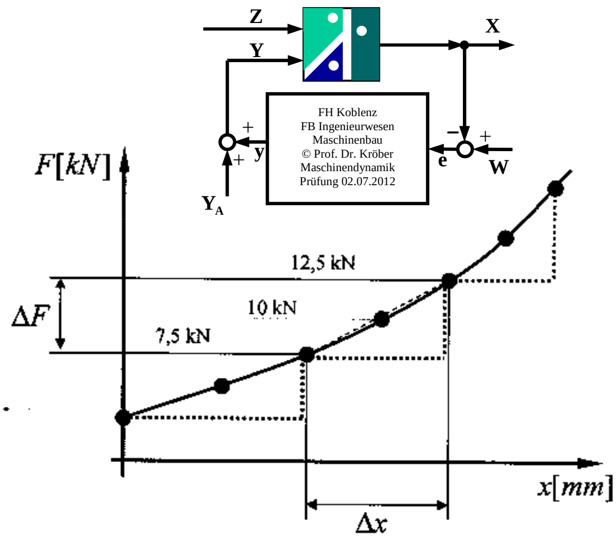
Auf ein Schwingungssystem mit m = 16 kg wirkt eine sinusförmige Kraft von $\hat{F}$ = 400 N mit einer Frequenz von f = 20 Hz. Die Eigenfrequenz des Systems liegt bei f_0 = 30 Hz. Zunächst ist kein Dämpfer vorhanden.

a. Berechnen Sie zunächst die sich einstellende Schwingungsamplitude!

b. Durch den Einbau eines Dämpfers soll die in a. berechnete Amplitude halbiert werden. Bestimmen Sie den dazu erforderlichen Dämpfungsgrad ϑ!

Aufgabe 4 (9P)

Zur Bestimmung der Federsteifigkeit werden bei einem Resonanzpulsator in verschiedenen Laststufen F die sich einstellenden Verformungen x mit einer "Messuhr" gemessen. Bei der unteren Laststufe wird die "Messuhr" auf Null gestellt. Dabei ergibt sich eine leicht progressive Kraft-Weg-Kennlinie.



Die Messwerte lauten:

F[kN]	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5
x[mm]	0,000	0,076	0,142	0,201	0,253	0,302	0,353

Bestimmen Sie die Steifigkeiten c für kleine Auslenkungen um/bei den Laststufen 5 kN, 10 kN und 15 kN!

Hilfestellungen: $c = \dfrac{\Delta F}{\Delta x}$

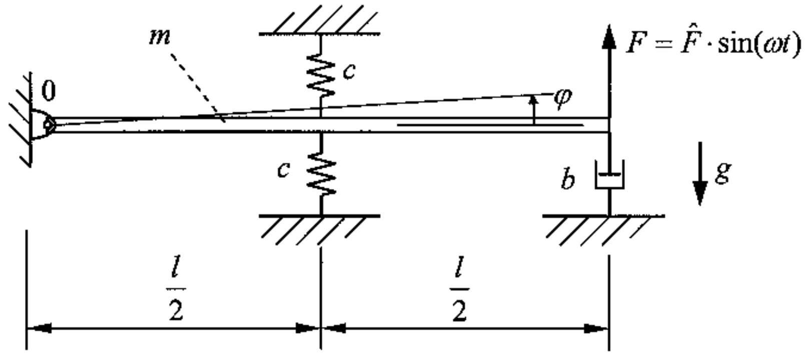
In der obigen Abbildung ist die Ermittlung der Steigung durch Bildung des Differenzenquotienten (Steigungsdreieck) "skizziert".

Aufgabe 5 (10P)

Das abgebildete System kann durch einen Freiheitsgrad des Winkels φ beschrieben werden. Die Erdbeschleunigung g wird zunächst nicht berücksichtigt.

Geg.: m, c, b, l, $\hat{F}$, g

FH Koblenz
FB Ingenieurwesen
Maschinenbau
© Prof. Dr. Kröber
Maschinendynamik
Prüfung 02.07.2012



Im Ansatz kann das System durch folgende Differentialgleichung beschrieben werden (kleine Auslenkungen):

$$J_0 \cdot \ddot{\varphi} = \hat{M} \cdot \sin(\omega t) - c_D \cdot \varphi - b_D \cdot \dot{\varphi}$$

a. Wie ergeben sich J_0, $\hat{M}$, c_D und b_D aus den gegebenen Größen?

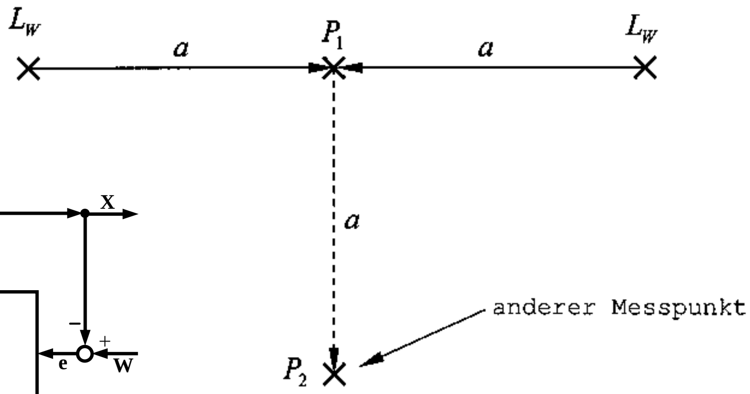
b. Welcher Term kommt bei der angegebenen Differentialgleichung hinzu, wenn die Erdbeschleunigung (Eigengewicht der Masse m) mit berücksichtigt wird? Wie lautet dann die Differentialgleichung?

Aufgabe 6 (12P)

In einem Raum herrscht ein Ruhepegel von 43 dB(A). Wird in dem Raum eine kleine Maschine betrieben, dann ergibt sich ein Schalldruckpegel von 48 dB(A). Die Werte sind im diffusen Schallfeld gemessen. Die Nachhallzeit des Raumes beträgt 0,6 Sekunden. Das Raumvolumen beträgt 140 m³. Die Frequenzabhängigkeit der schalltechnischen Raumdaten wird hier nicht berücksichtigt.
Bestimmen Sie den Schallleistungspegel L_W der Maschine [in dB(A)]!

Aufgabe 7 (12P)

Ein Messpunkt P_1 befindet sich zunächst genau zwischen zwei gleichen Schallquellen. Der gemessene Schalldruckpegel (Summe) beträgt dort L_p = 70 dB(A). Dann wird ein anderer Messpunkt P_2 gewählt (siehe Skizze). Wie groß ist der Schalldruckpegel an dem anderen Messpunkt? Es gelten die Freifeldbedingungen für die Schallausbreitung auf einer schallharten Unterlage. Der Abstand a beträgt 10 Meter.



FH Koblenz
FB Ingenieurwesen
Maschinenbau
© Prof. Dr. Kröber
Maschinendynamik
Prüfung 02.07.2012

Aufgabe 8 (12P)

In der Nähe eines Immissionspunktes verkehren pro Stunde 4 Züge. Für die Vorbeifahrt eines Zuges wird ein L_{eq} von 75 dB(A) zugrunde gelegt (Messzeit 90 Sekunden). Ferner verkehrt alle 90 Sekunden ein Kraftfahrzeug. Für ein Kraftfahrzeug gilt: L_{eq} = 65 dB(A), Messzeit 60 Sekunden. Weitere Schalleinträge werden nicht berücksichtigt.

a. Bestimmen Sie daraus den energie-äquivalenten Dauerschallpegel!

b. Als Obergrenze soll ein Dauerschallpegel von 70 dB(A) nicht überschritten werden. Die Anzahl der Züge bleibt unverändert. Wie viele Kraftfahrzeuge dürfen dann pro Stunde die Straße passieren?

Prüfung Maschinendynamik 02.07.12 Blatt 1

FH Koblenz
FB Ingenieurwesen
Maschinenbau
© Prof. Dr. Kröber
Maschinendynamik
Prüfung 02.07.2012

zu 1, a) $\omega_d = \frac{2\pi}{T_d} = \frac{2\cdot\pi}{3s} = 2{,}094\,s^{-1}$

$\omega_0^2 = \omega_d^2 + \delta^2$; $\vartheta = \delta/\omega_0 \Rightarrow \omega_0 = \frac{\delta}{\vartheta}$

$$\left(\frac{\delta}{\vartheta}\right)^2 = \omega_d^2 + \delta^2 \Rightarrow \delta^2\left(\frac{1}{\vartheta^2} - 1\right) = \omega_d^2 \Rightarrow \delta = \frac{\omega_d}{\sqrt{\frac{1}{\vartheta^2}-1}} = \frac{2{,}094\,s^{-1}}{\sqrt{\frac{1}{0{,}5^2}-1}} = 1{,}209\,s^{-1}$$

$$C_1 = \frac{v_0 + \delta\cdot x_0}{\omega_d} = \frac{0 + 1{,}209\cdot 0{,}01}{2{,}094}\,m = 5{,}775\,mm$$

$$C_2 = x_0 = 0{,}01\,m = 10\,mm$$

$$C = \sqrt{C_1^2 + C_2^2} = \sqrt{5{,}775^2 + 10^2}\,mm = 11{,}55\,mm$$

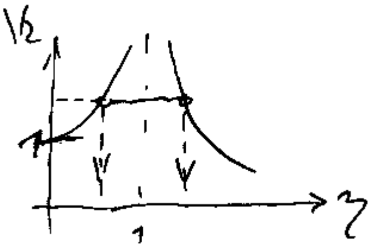
$$\tan\varphi_0 = \frac{C_2}{C_1} = \frac{10\,mm}{5{,}775\,mm} \Rightarrow \varphi_0 = 59{,}99° \approx 60{,}0°$$

zu 1, b) $\omega_0 = \frac{\delta}{\vartheta} = \frac{1{,}209}{0{,}5}\,s^{-1} = 2{,}418\,s^{-1}$

$$c = m\cdot\omega_0^2 = 3\cdot(2{,}418)^2\,N/m = 17{,}55\,N/m \quad \left(\omega_0^2 = \frac{c}{m}\right)$$

$$2\delta = \frac{b}{m} \Rightarrow b = 2\cdot\delta\cdot m = 2\cdot 1{,}209\cdot 3\,\frac{N}{m/s} = 7{,}25\,\frac{N}{m/s}$$

zu 2) $V_2 = \frac{\hat{x}}{\hat{y}} = \frac{1{,}5\,mm}{1{,}0\,mm} = 1{,}5$



$\eta < 1$: $V_2 = \frac{1}{1-\eta^2} \Rightarrow 1 - \eta^2 = \frac{1}{V_2}$

$$\eta^2 = 1 - \frac{1}{V_2}$$

$$\eta = \sqrt{1 - \frac{1}{V_2}} = \sqrt{1 - \frac{1}{1{,}5}} = 0{,}5774 = f/f_0$$

$$\Rightarrow f = 0{,}5774\cdot f_0 = 0{,}5774\cdot 4\,Hz = 2{,}309\,Hz$$

$\eta > 1$: $V_2 = \frac{1}{\eta^2 - 1} \Rightarrow \eta^2 - 1 = \frac{1}{V_2} \Rightarrow \eta^2 = 1 + \frac{1}{V_2} \Rightarrow \eta = \sqrt{1 + \frac{1}{V_2}} = \sqrt{1 + \frac{1}{1{,}5}} = 1{,}291 = \frac{f}{f_0}$

$$f = 1{,}291\cdot f_0 = 1{,}291\cdot 4\,Hz = 5{,}164\,Hz$$

Prüfung Maschinendynamik 02.07.12 Blatt 2

zu 3) $\eta = \frac{f}{f_0} = \frac{20\,Hz}{30\,Hz} = 2/3 < 1$

$$\hat{x} = \frac{\hat{F}}{c} \cdot \frac{1}{1-\eta^2} \; ; \; c = m\omega_0^2 \; \left(\text{aus } \omega_0^2 = \frac{c}{m}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{\hat{F}}{m\omega_0^2} \cdot \frac{1}{1-\eta^2} = \frac{400}{16\,(2\cdot\pi\cdot 30)^2} \cdot \underbrace{\frac{1}{1-(2/3)^2}}_{V_1 = 1{,}8} m = 1{,}267\,mm$$

5) $V_{1neu} = \frac{V_{1alt}}{2} = \frac{1{,}8}{2} = 0{,}9 = V_1$

$$V_1 = \frac{1}{\sqrt{(1-\eta^2)^2 + (2D\eta)^2}} \Rightarrow \frac{1}{V_1^2} = (1-\eta^2)^2 + (2D\eta)^2 \Rightarrow \frac{1}{V_1^2} - (1-\eta^2)^2 = (2D\eta)^2$$

$$D = \frac{1}{2\eta}\sqrt{\frac{1}{V_1^2} - (1-\eta^2)^2} = \frac{1}{2\cdot 2/3}\sqrt{\frac{1}{0{,}9^2} - \left(1-(2/3)^2\right)^2} = 0{,}722$$

zu 4) $c_{5kN} = \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{7{,}5 - 2{,}5}{0{,}142 - 0} \frac{kN}{mm} = 35{,}21 \frac{kN}{mm}$

$$c_{10kN} = \frac{12{,}5 - 7{,}5}{0{,}253 - 0{,}142} \frac{kN}{mm} = 45{,}05 \frac{kN}{mm}$$

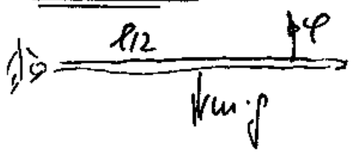
$$c_{15kN} = \frac{17{,}5 - 12{,}5}{0{,}353 - 0{,}253} \frac{kN}{mm} = 50{,}0 \frac{kN}{mm}$$

zu 5) $J_0 = \frac{1}{3} m l^2$

$$\hat{M} = \hat{F} \cdot l$$

$$c_D = 2 \cdot c \left(\frac{l}{2}\right)^2 = \frac{1}{2} \cdot c \cdot l^2$$

$$b_D = b \cdot l^2$$

5) 

$$J_0 \ddot{\varphi} = \hat{M} \cdot \sin(\omega t) \underbrace{- m g \cdot \frac{l}{2}}_{\text{kommt hinzu}} - c_D \cdot \varphi - b_D \cdot \dot{\varphi}$$

FH Koblenz
FB Ingenieurwesen
Maschinenbau
© Prof. Dr. Kröber
Maschinendynamik
Prüfung 02.07.2012

Prüfung Maschinendynamik 02.07.12 Blatt 3

m6) $L_{Maschine} = 10 \cdot \lg\left[10^{4,8} - 10^{4,3}\right] dB(A) = 46{,}349\ dB(A)$

$T = 0{,}163 \cdot \frac{V}{A} \Rightarrow A = \frac{0{,}163 \cdot V}{T} = \frac{0{,}163 \cdot 140}{0{,}6} m^2 = 38{,}03 m^2$

$L_p = L_W + 6\,dB - 10 \cdot \lg(A)$

$L_W = L_p - 6\,dB + 10 \cdot \lg(A)$

$= \left[46{,}349 - 6 + 10 \cdot \lg(38{,}03)\right] dB(A) = 56{,}150\ dB(A) \approx \underline{\underline{56{,}2\ dB(A)}}$

m7) $L_p = (70-3)\,dB(A) = 67\ dB(A)$ pro Schallquelle

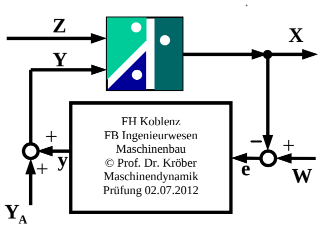
$L_W = L_p + 8\,dB + 20 \cdot \lg r = (67 + 8 + 20 \cdot \lg 10)\,dB(A) = 95\ dB(A)$

$L_p = L_W - 8\,dB - 20 \cdot \lg r = \left[95 - 8 - 20 \cdot \lg(\sqrt{2} \cdot 10)\right] dB(A) = 63{,}9897\ dB(A)$

$\approx 64{,}0\ dB(A)$

2 Stk: $L_p = 64{,}0\ dB(A) + 3\,dB(A)$

$= \underline{\underline{67{,}0\ dB(A)}}$



m8,a) $\frac{3600}{90} = 40 \Rightarrow$ 40 Kfz pro Stunde

$L_{eq} = 10 \cdot \lg\left[\frac{1}{T_m} \Sigma\left(10^{0,1 L_i} T_i\right)\right]$

$= 10 \cdot \lg\left[\frac{1}{3600 s}\left(10^{7,5} \cdot 90 s \cdot 4 + 10^{6,5} \cdot 60 s \cdot 40\right)\right] dB(A)$

$= 67{,}219\ dB(A) \approx \underline{\underline{67{,}2\ dB(A)}}$

b) $10^7 \cdot 3600 = 10^{7,5} \cdot 90 \cdot 4 + 10^{6,5} \cdot 60 \cdot n$

$n = \frac{10^7 \cdot 3600 - 10^{7,5} \cdot 90 \cdot 4}{10^{6,5} \cdot 60} = 129{,}7$

Bem.:

70 dB(A) nicht überschreiten $\Rightarrow$ $\underline{\underline{n = 129}}$ (streng genommen)