

Maschinendynamik SS 14
 Prof. Dr. W. Kröber

Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

- Bearbeitungszeit : 90 min

Note : _____

Erlaubte Hilfsmittel:

- Schreib- und Zeichengerät
- Taschenrechner
- Formelsammlung "Maschinendynamik" (12 Blätter)
- Umdruck/Formelsammlung Maschinenakustik (11 Blätter)

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

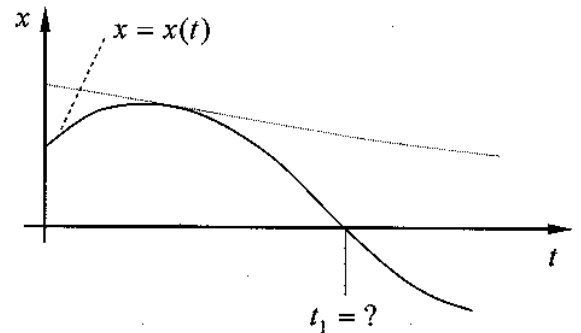
Aufgabe 1 (15P)

Ein Schwingungssystem mit einem Freiheitsgrad startet zum Zeitpunkt $t = 0$ mit der Anfangsgeschwindigkeit v_0 und der Anfangsauslenkung x_0 . Zu welchem Zeitpunkt $t = t_1$ ist der Schwingweg gleich Null?

Geg.: $\omega_0 = 5s^{-1}$; $\delta = 3s^{-1}$; $x_0 = 4mm$; $v_0 = 2mm/s$

Hilfestellung:

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

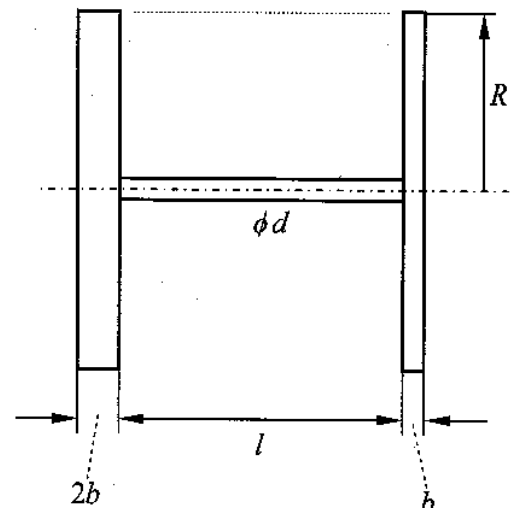


Aufgabe 2 (12P)

Das abgebildete System besteht aus zwei Schwungmassen und einer Drehfeder. Bestimmen Sie die Eigenkreisfrequenz ω_0 in Abhängigkeit der gegebenen Größen b , R , l , d , ρ , G !

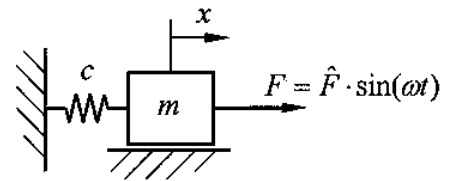
Hilfestellungen:

$$J_{\text{Kreisscheibe}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot R^2 \quad I = I_p = \frac{\pi \cdot d^4}{32}$$



Aufgabe 3 (10P)

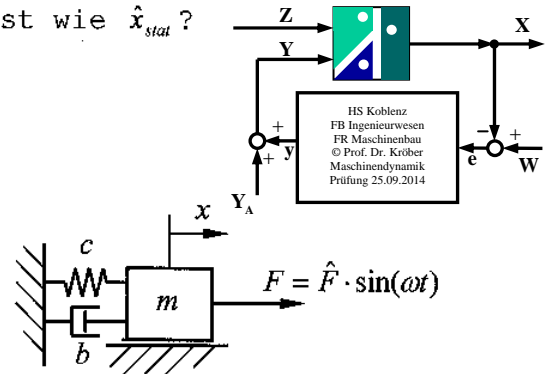
Eine elastisch gelagerte Maschine kann durch das abgebildete Ersatzsystem beschrieben werden. Es greift eine äußere sinusförmige Kraft an. Dadurch stellt sich ein sinusförmiger Weg ein. Wirkt die sinusförmige Kraft sehr langsam, dann stellt sich ein sinusförmiger Weg mit der Wegamplitude \hat{x}_{stat} ein. Wie groß muss die Frequenz [in Hz] sein, damit im eigentlichen Betriebsfall die Schwingamplitude \hat{x} genau halb so groß ist wie \hat{x}_{stat} ?



Geg.: $\frac{c}{m} = 100 s^{-2}$

Aufgabe 4 (14P)

Ein schwingungsfähiges System wird genau in der Eigenfrequenz betrieben. Durch den eingebauten Dämpfer gehen die Schwingamplituden nicht gegen unendlich sondern bleiben beschränkt.



- Bestimmen Sie die sich einstellende Schwingamplitude!
- Wie groß ist die Phasenverschiebung der Schwingamplitude in Bezug auf die Kraftamplitude?
- Wie groß ist die Kraftwirkung auf die Umgebung (Maximalwert)?

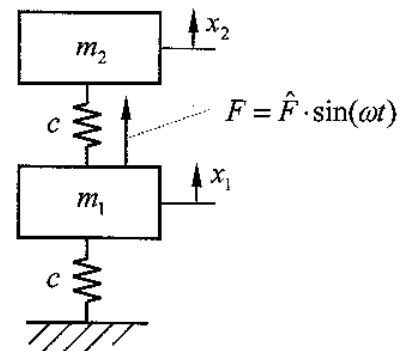
Geg.: $m = 50 \text{ kg}$; $c = 125000 \text{ N/m}$; $b = 1000 \text{ N}\cdot\text{s/m}$; $\hat{F} = 200 \text{ N}$

Aufgabe 5 (12P)

Das abgebildete Zweimassensystem wird mit der Tilgungsfrequenz betrieben, d.h. die Masse m_1 bleibt in Ruhe. Die Tilgungsfrequenz beträgt genau 10 Hz.

Geg.: $\frac{m_1}{m_2} = 5$; $c = 40 \text{ kN/m}$; $\hat{F} = 400 \text{ N}$

- Bestimmen Sie zunächst die Masse m_2 !
- Wie groß ist die Schwingamplitude \hat{x}_2 ?



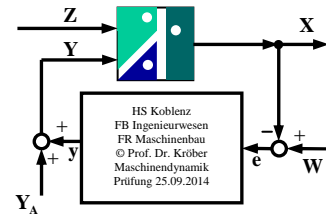
Aufgabe 6 (12P)

Die Messung einer Maschinenanlage ergab folgendes Terzspektrum (ist natürlich nur ein Auszug):

500 Hz	60 dB
630 Hz	64 dB
800 Hz	66 dB
1000 Hz	67 dB

Die angegebenen Pegelwerte sind unbewertet.

- Bestimmen Sie den unbewerteten und A-bewerteten Gesamtpegel!
- Die Maschinenanlage läuft 2 Stunden. Wie groß ist der energieäquivalente Pegel bezogen auf eine Laufzeit von 8 Stunden (nur der Fall der A-Bewertung).



Aufgabe 7 (11P)

Ein Elektrorasenmäher wird zunächst im Freien betrieben. Der Schalleistungspegel beträgt nach Herstellerangabe 90 dB(A).

- Der Bediener des Rasenmähers sei 1,5 m von dem schallerzeugenden Motor/Rotor entfernt. Wie groß ist der Schalldruckpegel für den Bediener?
Anmerkung: Für die Fragestellung a gelten die Freifeldbedingungen für die Schallausbreitung auf einer schallharten Unterlage.
- Zu Testzwecken wird der Rasenmäher in einer Garage angestellt. Die Garage hat ein Volumen von 100 m³ und eine Nachhallzeit von 0,6 s. Wie groß ist der Schalldruckpegel im diffusen Schallfeld innerhalb der Garage?
- Bestimmen Sie den Hallradius und geben Sie an, ob der Bediener (Abstand wie oben) sich im Nahfeld oder bereits im diffusen Schallfeld befindet!

Aufgabe 8 (14P)

Seit vorigem Jahr besteht für Kinder ab dem 2. Lebensjahr ein Rechtsanspruch für einen KITA-Platz. Infolge dessen werden in vielen Kommunen neue Kindertagesstätten errichtet. Aus Kostengründen werden schallabsorbierende Maßnahmen in den einzelnen Räumen zunächst "hinten angestellt" und die Erzieherinnen klagen über "zu laute Räume". Die Fragestellung lautet: Wie viele Quadratmeter muss man z.B. im Deckenbereich mit absorbierenden Platten versehen, damit die Halligkeit des Raumes "erträglich wird"? Der Rechengang soll an folgendem Beispiel aufgezeigt werden.

Der hier zu untersuchende Raum (quaderförmig) habe eine Breite von 5,75 Meter und eine Länge von 8 Meter. Die Deckenhöhe beträgt 2,7 Meter. Nach der Norm (DIN 18041) sollen die Nachhallzeiten für derartige Nutzungen (hier: Nutzungsart Unterricht) sein:

$$T_{\text{Soll}} = 0,32 \cdot \lg(V) - 0,17 \quad \text{Bem.: } V \text{ [in m}^3\text{] ; } T_{\text{Soll}} \text{ [in sec] ; } \lg(x) = \log_{10}(x)$$

Anmerkung: oder T_{Soll} aus Graphik im Umdruck/Formelsammlung Maschinenakustik letztes Blatt, ganz unten

Die Messung der vorhandenen Nachhallzeit wird aus Kostengründen meist nicht durchgeführt. Mit einer geeigneten Smartphone-APP lässt sich dies durch einfaches Händeklatschen bewerkstelligen. Die so gemessene vorhandene Nachhallzeit betrage 1,0 Sekunden. Die Absorptionswirkung der im Raum vorhandenen Personen wird hier vernachlässigt.

- Wie groß ist die im Raum erforderliche Absorptionsfläche?
- Wie groß ist die vorhandene Absorptionsfläche?
- Welche zusätzliche Fläche muss mit absorbierenden Elementen ausgestattet werden, damit sich normmäßige Bedingungen einstellen? Der zugrunde gelegte Absorptionskoeffizient der Akustikelemente sei $\alpha = 0,8$.
- Wie viel Prozent der Deckenfläche ist mit absorbierenden Elementen auszustatten?

Prüfung Maschinendynamik 25.09.14

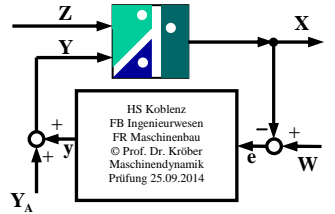
2m1) $\omega_d = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} = \sqrt{5^2 - 3^2} \text{ s}^{-1} = 4 \text{ s}^{-1}$

$$x(t) = e^{-\delta t} \left[\underbrace{\frac{v_0 + \delta x_0}{\omega_d} \sin(\omega_d t + \varphi)}_{=0} + x_0 \cos(\omega_d t) \right] = 0$$

$$\tan \omega_d t = \frac{\sin(\omega_d t)}{\cos(\omega_d t)} = - \frac{x_0}{\frac{v_0 + \delta x_0}{\omega_d}} = - \frac{4 \text{ mm}}{\frac{2 \frac{\text{mm}}{\text{s}} + 3 \text{ s}^{-1} \cdot 4 \text{ mm}}{4 \text{ s}^{-1}}} = - \frac{4}{3,5}$$

$$\varphi = -48,81^\circ (\pm 180^\circ) \Rightarrow \varphi = -48,81^\circ + 180^\circ = 131,18^\circ$$

$$\varphi = 131,18^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ} = 2,2896 = \omega_d \cdot t \Rightarrow \underline{t = \frac{2,2896}{4} \text{ s} = 0,5725 \text{ s} = t_1}$$



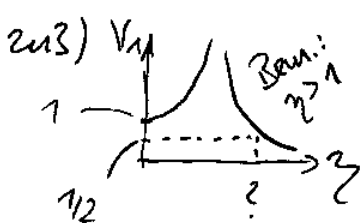
2m2) $G_D = \frac{G \cdot J_p}{l} = \frac{G \cdot \frac{\pi}{32} d^4}{l} = \frac{\pi \cdot G \cdot d^4}{32 \cdot l}$

$$J_1 = \frac{1}{2} m R^2 = \frac{1}{2} (R^2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot b \cdot s) R^2 = \pi \cdot b \cdot s R^4 \text{ (links)}$$

$$J_2 = \frac{1}{2} J_1 = \frac{1}{2} \pi b s R^4$$

$$\omega_0^2 = G_D \left(\frac{1}{J_1} + \frac{1}{J_2} \right) = \frac{\pi \cdot G \cdot d^4}{32 \cdot l} \left(\frac{1}{\pi b s R^4} + \frac{2}{\pi b s R^4} \right) = \frac{\pi \cdot G \cdot d^4 \cdot 3}{32 \cdot l \cdot \pi b s R^4}$$

$$\underline{\omega_0 = \sqrt{\frac{3 \cdot G}{32 \cdot l \cdot b \cdot s}} \cdot \left(\frac{d}{R} \right)^2}$$



$$V_1 = \frac{1}{z^2 - 1} = \frac{1}{z^2 - 1} = \frac{1}{2} \Rightarrow z^2 - 1 = 2$$

$$z^2 = 3$$

$$z = \sqrt{3} = \frac{\omega}{\omega_0}$$

$$\omega = \sqrt{3} \cdot \omega_0 = \sqrt{3} \cdot 105 \text{ s}^{-1} = 177,3215 \text{ s}^{-1} = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$\underline{f = \frac{177,321}{2 \cdot \pi} \text{ Hz} = 2,757 \text{ Hz}}$$

2m4) $V_1 = \frac{x}{\frac{F}{c}} = \frac{1}{2 \cdot 2} \quad (z=1)$

$$x = \frac{F}{c} \cdot \frac{1}{2 \cdot 2}$$

$$= \frac{200}{125000} \cdot \frac{1}{2 \cdot 0,2} \text{ mm}$$

$$\underline{x = 4 \text{ mm}}$$

$$x = \frac{F}{\omega_0} = \frac{200}{\sqrt{\frac{c}{m}}} = \frac{F}{2m \sqrt{\frac{c}{m}}} = \frac{F}{2\sqrt{c \cdot m}}$$

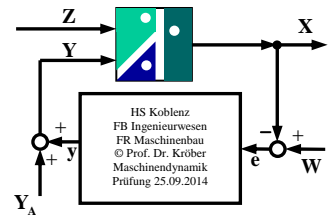
$$= \frac{1000}{2 \sqrt{125000 \cdot 50}} = 0,2$$

Prüfung Maschinendynamik 25.09.14

Fortsetzung 4) $\eta = 1 \Rightarrow \underline{\underline{\varphi = -90^\circ}}$

$$V_2 = \frac{\hat{F}_u}{\hat{f}} = \frac{\sqrt{1+(2\eta)^2}}{\sqrt{(2\eta)^2}} = \frac{\sqrt{1+(2\eta)^2}}{2\eta}$$

$$\underline{\underline{\hat{F}_u}} = \hat{f} \frac{\sqrt{1+(2\eta)^2}}{2\eta} = 200 \text{ N} \frac{\sqrt{1+(2 \cdot 0,2)^2}}{2 \cdot 0,2} = \underline{\underline{538,5 \text{ N}}}$$



2m5) $\frac{\hat{x}_1}{\hat{f}} = \frac{c_2 - m_2 \omega^2}{0} = 0 \Rightarrow c_2 - m_2 \omega^2 = 0 \Rightarrow m_2 = \frac{c_2}{\omega^2}; \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$

$$\underline{\underline{m_2}} = \frac{40000}{(2 \cdot \pi \cdot 10)^2} \text{ kg} = \underline{\underline{10,132 \text{ kg}}}; m_1 = 5 \cdot m_2 = 5 \cdot 10,132 \text{ kg} = \underline{\underline{50,661 \text{ kg}}}$$

$$\hat{x}_2 = \frac{\hat{f}}{f} \frac{c_2}{m_1 m_2 \omega^4 - (m_1 c_2 + m_2 (c_1 + c_2)) \omega^2 + c_1 c_2}; c_1 = c_2$$

$$= \frac{\hat{f}}{f} \frac{c}{m_1 m_2 \omega^4 - c(m_1 + 2m_2) \omega^2 + c^2}$$

$$= 400 \frac{40000}{50,661 \cdot 10,132 \cdot (2 \cdot \pi \cdot 10)^4 - 40000(50,661 + 2 \cdot 10,132)(2 \cdot \pi \cdot 10)^2 + 40000^2} \text{ m}$$

$$\underline{\underline{\hat{x}_2}} = -0,01000 \text{ m} \approx -10,0 \text{ mm} \quad \text{Bem.: „-“} \Rightarrow \text{in Gegenphase}$$

2m6) $\underline{\underline{L_p}} = 10 \cdot \lg [10^6 + 10^{6,4} + 10^{6,6} + 10^{6,7}] \text{ dB} = \underline{\underline{70,971 \text{ dB}}} \approx \underline{\underline{71,0 \text{ dB}}}$

$$60 - 3,2 = 56,8$$

$$64 - 1,9 = 62,1$$

$$66 - 0,8 = 65,2$$

$$67 \pm 0 = 67$$

$$L_p = 10 \cdot \lg [10^{5,68} + 10^{6,21} + 10^{6,52} + 10^{6,7}] \text{ dB(A)} = 70,180 \text{ dB(A)}$$

$$\underline{\underline{\approx 70,2 \text{ dB(A)}}}$$

$$\underline{\underline{L_{eq}}} = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{80} 10^{91 \cdot 70,180} \cdot 20 \right] = 64,1596 \text{ dB(A)} \approx \underline{\underline{64,2 \text{ dB(A)}}}$$

Prüfung Maschinendynamik 25.09.14

$$u7) L_p = L_w - 8 \text{ dB} - 20 \cdot \lg r$$

$$= (90 - 8 - 20 \cdot \lg 1,5) \text{ dB (A)} = 78,478 \text{ dB (A)} \approx \underline{\underline{78,5 \text{ dB (A)}}}$$

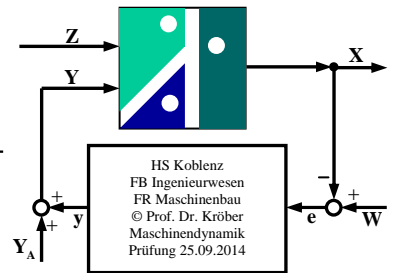
$$A = \frac{Q_{163} \cdot V}{1} = \frac{0,163 \cdot 100}{0,6} \text{ m}^2 = 27,16 \dots \text{ m}^2$$

$$L_p = L_w + 6 \text{ dB} - 10 \cdot \lg A = (90 + 6 - 10 \cdot \lg 27,16 \dots) \text{ dB (A)}$$

$$= 81,6596 \text{ dB (A)} \approx \underline{\underline{81,7 \text{ dB (A)}}}$$

$$\underline{\underline{r_H}} = 0,141 \sqrt{A} = 0,141 \sqrt{27,16 \dots} \text{ m} = \underline{\underline{0,735 \text{ m}}}$$

$r > r_H \Rightarrow$ diffuse, Schallfeld



$$u8) a) V = 5,75 \cdot 8 \cdot 2,7 \text{ m}^3 = 124,2 \text{ m}^3$$

$$T = T_{\text{coll}} = 0,32 \cdot \lg(124,2) - 0,17 = 0,500125 \approx 0,50 \text{ s}$$

$$A_{\text{exp}} = \frac{Q_{163} \cdot V}{T_{\text{coll}}} = \frac{0,163 \cdot 124,2}{0,50} \text{ m}^2 = 40,489 \text{ m}^2$$

$$b) A_{\text{vorhanden}} = \frac{0,163 \cdot 124,2}{1,0} \text{ m}^2 = 20,245 \text{ m}^2$$

$$c) \Delta A = \alpha \cdot S' \Rightarrow S' = \frac{\Delta A}{\alpha} = \frac{A_{\text{exp}} - A_{\text{vorhanden}}}{\alpha}$$

$$= \frac{40,489 - 20,245}{0,8} \text{ m}^2 = \underline{\underline{25,31 \text{ m}^2}}$$

$$d) \frac{25,31}{5,75 \cdot 8} \cdot 100 [\%] = 55,013\% \approx \underline{\underline{55,0\%}}$$