Fachhochschule Koblenz Blatt 1 von 5
Fachbereich Ingenieurwesen
Fachrichtung Maschinenbau

Name ______________________

Matr.-Nr. ______________________

Maschinendynamik SS 09
Prof. Dr. W. Kröber

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

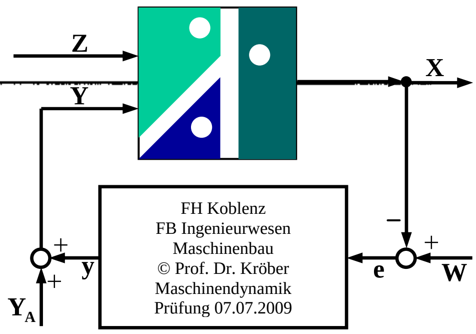
Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

- Bearbeitungszeit : 90 min

Diplomstudiengang: Aufgaben 1 bis 6

Bachelorstudiengänge: Aufgaben 3 bis 8

Note : ______________________



Erlaubte Hilfsmittel (Diplomstudiengang):

- Schreib- und Zeichengerät
- Taschenrechner
- Formelsammlung "Maschinendynamik" (11 Blätter)
- aus der Technischen Mechanik:
  - Flächen- und Widerstandsmomente für die Biegung
  - Durchbiegungen und Neigungswinkel
  - Massenträgheitsmomente homogener Körper

Erlaubte Hilfsmittel (Bachelorstudiengänge):

- Schreib- und Zeichengerät
- Taschenrechner
- Formelsammlung "Technische Mechanik III" (2 Blätter)
- Formelsammlungsblatt "Massenträgheitsmomente: ..." (1 Blatt)
- Formelsammlung "Maschinendynamik" (11 Blätter)
- Umdruck/Formelsammlung Maschinenakustik (9 Blätter)

Hilfestellung zu Aufgabe 7:

Tabellarische Darstellung der A-Bewertungskurve für einzelne Terzen:

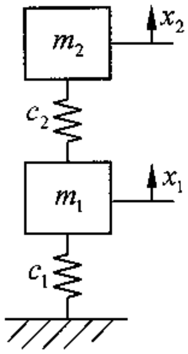
f[Hz]	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160
ΔL [dB]	-63,4	-56,7	-50,5	-44,7	-39,4	-34,6	-30,2	-26,2	-22,2	-19,1	-16,1	-13,4

f[Hz]	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
ΔL [dB]	-10,9	-8,6	-6,6	-4,8	-3,2	-1,9	-0,8	0	+0,6	+1,0	+1,2	+1,3

f[Hz]	3150	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000	20000
ΔL [dB]	+1,2	+1,0	+0,5	-0,1	-1,1	-2,5	-4,3	-6,6	-9,3

Aufgabe 1 (18P)

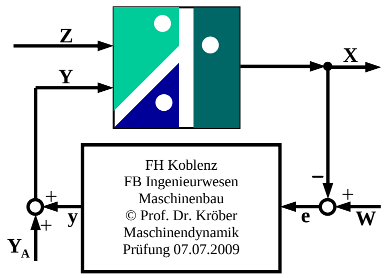
Für den abgebildeten Schwinger mit 2 Freiheitsgraden lassen sich die folgenden Gleichungen herleiten:



$$\begin{pmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_1 + c_2 & -c_2 \\ -c_2 & c_2 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

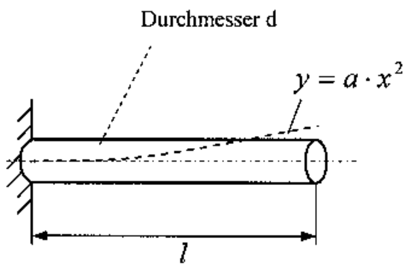
$$(\underline{\underline{C}} - \underline{\underline{M}}\omega^2)\vec{A} = \vec{0} \qquad \vec{A} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} (c_1 + c_2 - m_1\omega^2) & -c_2 \\ -c_2 & (c_2 - m_2\omega^2) \end{vmatrix} = 0$$



Bestimmen Sie für den Sonderfall $m_1 = m_2 = m$ sowie $c_1 = c_2 = c$ zu den bereits berechneten Eigenwerten $\omega_{01} = 0{,}618 \cdot \sqrt{\frac{c}{m}}$ und $\omega_{02} = 1{,}618 \cdot \sqrt{\frac{c}{m}}$ die dazugehörigen Eigenvektoren!

Aufgabe 2 (15P)



Von dem einseitig eingespannten Rundstab soll die kleinste Eigenkreisfrequenz mit dem Rayleigh-Verfahren berechnet werden. Als Schwingform wird eine Parabel angenommen.

Geg.: l, d, E, ρ (alle Größen konstant)

Ges.: ω_0

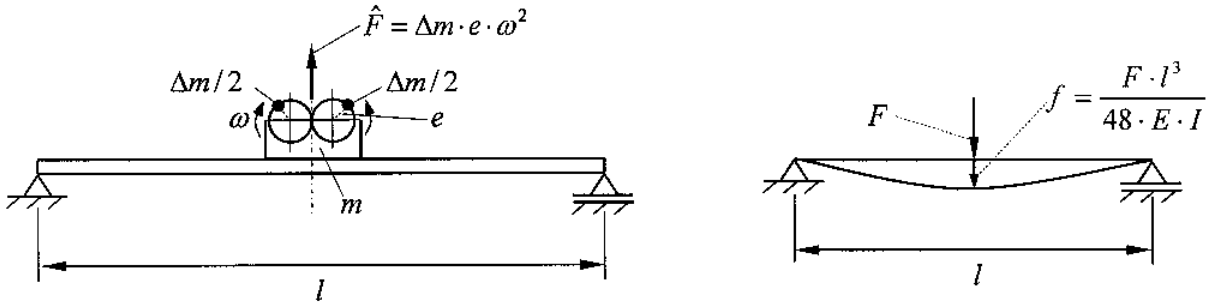
Hilfestellung zum Rayleigh-Verfahren: $\omega_0^{\,2} = E \cdot \dfrac{\int_0^l I(x) \cdot \hat{y}''^2(x) \cdot dx}{\int_0^l A(x) \cdot \rho(x) \cdot \hat{y}^2(x) \cdot dx}$

Weitere Hilfestellung: $I = \dfrac{\pi}{64} d^4$

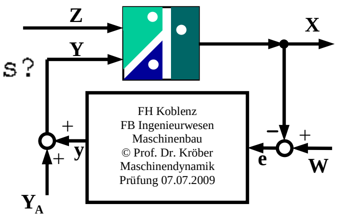
Aufgabe 3 (18P)

Auf einem Biegebalken ist mittig ein gerichteter Schwinger angebracht. Der gerichtete Schwinger besitzt eine Masse m=14kg (incl. Massenanteile Biegebalken). Das System ist zunächst so ausgelegt, dass der Unwuchterreger bei $f = 1{,}5 \cdot f_o$ arbeitet. Die sich einstellende Vertikalamplitude in der Mitte des Biegebalkens beträgt $\hat{x} = 1{,}2\,mm$. Die Dämpfung wird vernachlässigt.

Ferner gegeben: $E = 2{,}1 \cdot 10^5\,N/mm^2$; $I = 2{,}4\,cm^4$; $l = 1{,}2\,m$



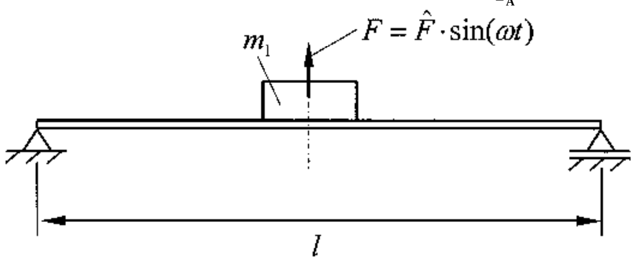
a. Wie groß ist die Steifigkeit c des Trägers?
b. Wie groß ist die Drehzahl n [1/min] des Unwuchterregers?
c. Bestimmen Sie die Unwucht $U = \Delta m \cdot e$!
d. Wie groß ist die Fliehkraft $\hat{F}$?



Aufgabe 4 (17P)

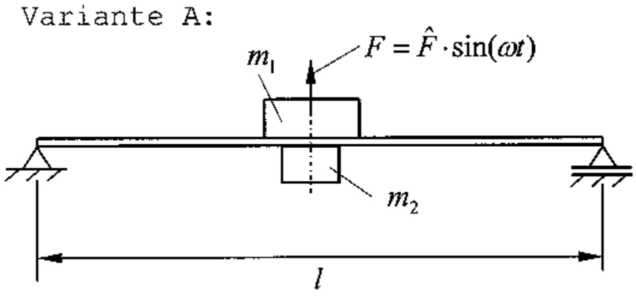
An einem Biegebalken greift mittig eine sinusförmige Kraft an. Die schwingende Masse (incl. Massenanteile des Biegebalkens) sei m_1=14kg.

Bem.: Die Dämpfung wird vernachlässigt.

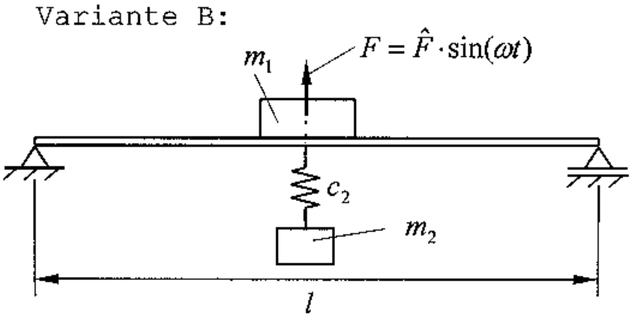


Ferner sei gegeben: $\omega = 150\,s^{-1}$; $\omega_0 = 100\,s^{-1}$; $\hat{F} = 210\,N$; $c = c_{Träger} = c_1 = 1{,}4 \cdot 10^5\,N/m$

Variante A:



Variante B:

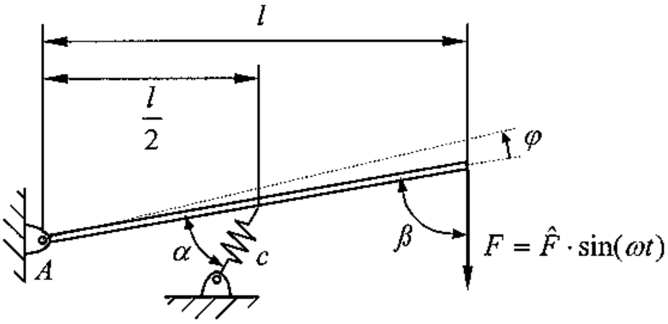


Variante A:
Unter der schwingenden Masse m_1 wird eine Zusatzmasse m_2=7kg starr angebracht. Wie groß ist dann die sich einstellende Vertikal-amplitude $\hat{x}$ der Masse m_1?

Variante B:
Die Zusatzmasse m_2=7kg wird über eine Feder der Federsteifigkeit c_2 elastisch von Biegebalken abge-koppelt. Wie groß muss die Feder-steifigkeit c_2 gewählt werden, damit die Vertikalamplitude von m_1 zu Null wird? (Schwingungstilger!)

Aufgabe 5 (17P)

Die Abbildung zeigt das idealisierte Schema eines schräg angeordneten Baggerauslegers. Er wird mit einem Hydraulikzylinder abgestützt. Der Ausleger kann als starr angesehen werden. Durch die Kompressibilität des Hydrauliköls kann der Zylinder als Feder angenommen werden.

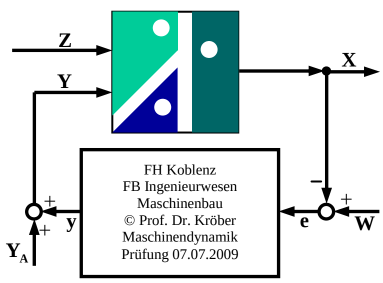


Die Schwingungsdifferentialgleichung für kleine Winkelauslenkungen φ lautet:

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

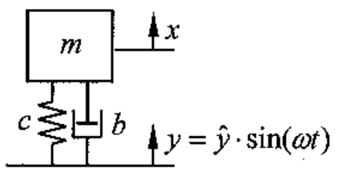
Wie groß sind J_0, c_D und $\hat{M}$ (nur numerische Lösung gesucht)?

Geg.: Kraft $\hat{F} = 300\,N$
Masse Baggerausleger 140 kg
Länge $l = 2m$
Federsteifigkeit Hydraulikzylinder c = $3 \cdot 10^6$ N/m
Winkel $\beta = 80^0$
Winkel $\alpha = 50^0$



Aufgabe 6 (15P)

Aufgrund einer sinusförmigen Bewegung eines Maschinenfundamentes wird die Masse m in Schwingungen versetzt. Die gemessene Schwingamplitude der Maschine beträgt $\hat{x}$=0,2mm.



Geg.: m=40 kg, c=16000 N/m, b=160 N/(m/s), ω=60 s^{-1}

a. Wie groß ist die Amplitude $\hat{y}$ des Maschinenfundamentes?

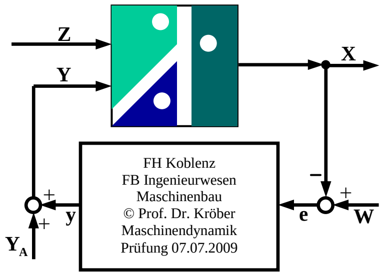
b. Wie groß ist die Amplitude des Relativweges $\hat{x}_{rel}$?

Bem.: $x_{rel} = x - y$

Aufgabe 7 (14P)

Die Frequenzanalyse eines Schalldruckpegels ergibt folgende Werte:

f=200 Hz: Lp=46 dB(A)
f=250 Hz: Lp=54 dB(A)
f=315 Hz: Lp=60 dB(A)
f=400 Hz: Lp=56 dB(A)
f=500 Hz: Lp=50 dB(A)



a. Wie groß ist der Gesamtpegel in dB(A)?

b. Wie groß ist der unbewertete Gesamtpegel?

c. Wie groß ist die Schallintensität in [W/m^2] (unbewertet)?

d. Die obige Schalldruckzusammensetzung entsteht durch den Betrieb einer Maschine Wie groß ist die Schallintensität in [W/m^2], wenn zwei gleichartige Maschinen parallel betrieben werden?

Aufgabe 8 (19P)

An einem Messpunkt herrscht durch Schalleinträge vorhandener Geräuschquellen ein energieäquivalenter Dauerschallpegel von L_{eq}=55 dB(A).
Zusätzlich dazu soll in einem Abstand von 60m eine neue Maschine mit einem Schalleistungspegel von 105 dB(A) betrieben werden. Wie viele Stunden darf diese Maschine betrieben werden, damit der auf 8 Stunden gemittelte Dauerschallpegel am Messpunkt den Wert von 60 dB(A) nicht überschreitet?

Annahme: Freifeldbedingungen auf schallharter Unterlage zu 1) Zeile 1

$$(2c - m\omega^2)a_1 + (-c)\,a_2 = 0$$

$$(2c - m\omega^2)a_1 = c\,a_2$$

erster Eigenwert; $a_1 = 1$ gesetzt

$$(2\cancel{c} - \cancel{m}\cdot 0{,}618^2 \tfrac{\cancel{c}}{\cancel{m}})\cdot 1 = \cancel{c}\cdot a_2 \Rightarrow a_2 = 2 - 0{,}618^2 = 1{,}618$$

also: $\underline{\underline{\vec{A} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1{,}618 \end{pmatrix}}}$ (ohne Normierung)

zweiter Eigenwert; $a_1 = 1$ gesetzt

$$(2\cancel{c} - \cancel{m}\cdot 1{,}618^2 \tfrac{\cancel{c}}{\cancel{m}})\cdot 1 = \cancel{c}\cdot a_2 \Rightarrow a_2 = 2 - 1{,}618^2 = -0{,}618$$

also: $\underline{\underline{\vec{A} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ -0{,}618 \end{pmatrix}}}$ (ohne Normierung)

zu 2) $J_1 = \int_0^\ell J(x)\cdot \hat{y}''^2(x)\,dx \quad \Big|\ \hat{y}(x) = a\cdot x^2 \Rightarrow \hat{y}''(x) = (2\cdot a\cdot x)' = 2a$

$$= \int_0^\ell \frac{\pi}{64} d^4 (2a)^2 dx = \frac{\pi}{64} d^4 \cdot 4a^2 \underbrace{\int_0^\ell dx}_{\ell} = \underline{\underline{\frac{\pi}{16} d^4 a^2 \ell}}$$

$$J_2 = \int_0^\ell A(x)\cdot \rho(x)\cdot \hat{y}^2(x)\,dx$$

$$= \int_0^\ell d^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \rho\,(a x^2)^2 dx = \frac{\pi}{4} d^2 \rho\, a^2 \underbrace{\int_0^\ell x^4 dx}_{\frac{1}{5}\ell^5} = \underline{\underline{\frac{\pi}{20} d^2 \rho\, a^2 \ell^5}}$$

$$\omega_0^2 = E\,\frac{J_1}{J_2} = E\,\frac{\frac{\pi}{16} d^4 \cancel{a^2} \ell}{\frac{\pi}{20} d^2 \rho \cancel{a^2} \ell^5}$$

$$= \ldots = \frac{5}{4}\,\frac{E d^2}{\rho \ell^4}$$

$$\underline{\underline{\omega_0 = \underbrace{\frac{\sqrt{5}}{2}}_{\approx 1{,}118} \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}} \cdot \frac{d}{\ell^2}}}$$

Lösung Prüfung Maschinendynamik 07.07.09 Blatt 2

zu 3, a) $\underline{\underline{c}} = \frac{F}{f} = \frac{48 \cdot E \cdot J}{\ell^3} = \frac{48 \cdot 2{,}1 \cdot 10^{11} \cdot 2{,}4 \cdot 10^{-8}}{1{,}2^3}\,N/m = \underline{\underline{140000\,N/m}}$

b) $f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{c}{m}} = \frac{1}{2\pi}\underbrace{\sqrt{\frac{140000}{14}}}_{\omega_0 = 100 s^{-1}}\,Hz = 15{,}915\,Hz$

$f = 1{,}5\,f_0 = 1{,}5 \cdot 15{,}915\,Hz = 23{,}873\,Hz$

$\underline{\underline{n}} = 60 \cdot f = 60 \cdot 23{,}873\,1/min = \underline{\underline{1432{,}4\,1/min}}$

c) $\frac{\hat{x}}{\frac{\Delta m \cdot e}{m}} = V_3 = \frac{\eta^2}{\eta^2 - 1} \quad (\eta > 1)$

$\underline{\underline{U = \Delta m \cdot e}} = \frac{\hat{x} \cdot m}{V_3} = \hat{x}\, m\, \frac{\eta^2 - 1}{\eta^2} = 1{,}2\,mm \cdot 14\,kg\, \frac{1{,}5^2 - 1}{1{,}5^2}$

$= \underline{\underline{9{,}\bar{3}\ldots \cdot 10^{-3}\,kg\,m}}$

d) $\underline{\underline{\hat{F}}} = (\Delta m \cdot e) \cdot \omega^2 = 9{,}3 \cdot 10^{-3}\,(2 \cdot \pi \cdot 23{,}873)^2\,N = \underline{\underline{210\,N}}$

Bem.: Zahlenergebnisse von Aufgabe 3 sind Ausgangspunkt für Aufgabe 4

zu 4, A) $\underline{\underline{\hat{x}}} = \frac{\hat{F}}{\sqrt{(c - m\omega^2)^2 + (\underbrace{b}_{0}\omega)^2}} = \frac{\hat{F}}{|c - m\omega^2|} = \frac{210}{|140000 - (14+7) \cdot 150^2|}\,m$

$= \underline{\underline{0{,}632\,mm}}$

B) Zweimassensystem

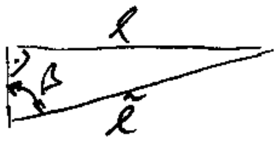
$\frac{\hat{x}_1}{\hat{F}} = \frac{c_2 - m_2\omega^2}{m_1 m_2 \omega^4 - (m_1 c_2 + m_2 (c_1 + c_2))\omega^2 + c_1 c_2}$

Zähler = 0 (Schwingungstilgung)

$c_2 - m_2\omega^2 = 0 \rightarrow \underline{\underline{c_2}} = m_2\omega^2 = 7 \cdot 150^2\,N/m = \underline{\underline{157500\,N/m}}$

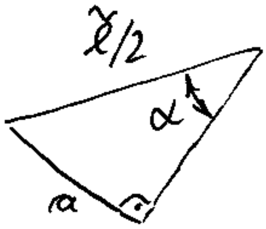
Lösung Prüfung Maschinendynamik 07.07.09 Blatt 3

zu 5)



$$\sin\beta = \frac{\ell}{\tilde{\ell}} \Rightarrow \tilde{\ell} = \frac{\ell}{\sin\beta} = \frac{2m}{\sin 80°} = 2{,}0309\,m$$

$$\underline{\underline{J_0}} = \frac{1}{3} m \cdot \tilde{\ell}^2 = \frac{1}{3} \cdot 140 \cdot 2{,}0309^2\,kgm^2 = \underline{\underline{192{,}5\,kgm^2}}$$



$$\sin\alpha = \frac{a}{\tilde{\ell}/2} \Rightarrow a = \frac{\tilde{\ell}}{2} \cdot \sin\alpha = \frac{2{,}0309}{2} \cdot \sin 50°$$

$$= 0{,}77786\,m$$

$$\underline{\underline{c_D}} = c \cdot a^2 = 3 \cdot 10^6 \cdot 0{,}77786^2 \frac{Nm}{rad} = \underline{\underline{1{,}815 \cdot 10^6 \frac{Nm}{rad}}}$$

$$\underline{\underline{\hat{M}}} = \hat{F} \cdot \ell = 300\,N \cdot 2m = \underline{\underline{600\,Nm}}$$

Bem.: Da F nach unten positiv (entgegen φ) gilt streng genommen $\hat{M} = -600\,Nm$

zu 6)

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}} = \sqrt{\frac{16000}{40}}\,s^{-1} = 20\,s^{-1}; \quad \eta = \frac{\omega}{\omega_0} = \frac{60}{20} = 3$$

$$2\delta = \frac{b}{m} \Rightarrow \delta = \frac{b}{2m} = \frac{160}{2 \cdot 40}\,s^{-1} = 2\,s^{-1}; \quad \vartheta = \frac{\delta}{\omega_0} = \frac{2}{20} = 0{,}1$$

$$V_2 = \frac{\hat{x}}{\hat{y}} = \frac{\sqrt{1 + (2\vartheta\eta)^2}}{\sqrt{(1-\eta^2)^2 + (2\vartheta\eta)^2}} \Rightarrow \hat{y} = \hat{x} \frac{\sqrt{(1-\eta^2)^2 + (2\vartheta\eta)^2}}{\sqrt{1 + (2\vartheta\eta)^2}}$$

$$\underline{\underline{\hat{y}}} = 0{,}2\,mm \frac{\sqrt{(1-3^2)^2 + (2 \cdot 0{,}1 \cdot 3)^2}}{\sqrt{1 + (2 \cdot 0{,}1 \cdot 3)^2}} = \underline{\underline{1{,}376\,mm}}$$

$$\hat{x}_{rel} = \hat{y} \cdot V_3 = \hat{y} \frac{\eta^2}{\sqrt{(1-\eta^2)^2 + (2\vartheta\eta)^2}} = 1{,}376\,mm \cdot \frac{3^2}{\sqrt{(1-3^2)^2 + (2 \cdot 0{,}1 \cdot 3)^2}}$$

$$= \underline{\underline{1{,}544\,mm}}$$

Bem.: $\vartheta \neq 0$; sonst wäre $(1{,}544 - 1{,}376)\,mm = 0{,}168\,mm \rightarrow 0{,}2\,mm$

... wegen Phasenverschiebung; infolge Dämpfung

Lösung Prüfung Maschinendynamik 07.07.09 Blatt 4

zu 8,a) $L_{ps} = 10\cdot\lg\left[10^{4,6}+10^{5,4}+10^{6,0}+10^{5,6}+10^{5,0}\right]dB(A)$

$$= \underline{\underline{62,5\,dB(A)}}$$

b)

46	+10,9	56,9
54	8,6	62,6
60	6,6	66,6
56	4,8	60,8
50	3,2	53,2

$L_{ps} = 10\cdot\lg\left[10^{5,69}+10^{6,26}+10^{6,66}+10^{6,08}+10^{5,32}\right]dB$

$$= 69,186\,dB \approx \underline{\underline{69,2\,dB}} \text{ (unbewertet)}$$

c) $L_p = L_J = 10\cdot\lg\frac{J}{J_0} \Rightarrow J = J_0\cdot 10^{0,1 L_p} = 10^{-12}\frac{W}{m^2}\cdot 10^{0,1\cdot 69,186}$

$$= \underline{\underline{8,29\cdot 10^{-6}\,W/m^2}}$$

d) $\underline{\underline{J_{neu}}} = 2\cdot J_{alt} = 2\cdot 8,29\cdot 10^{-6}\,W/m^2 = \underline{\underline{16,58\cdot 10^{-6}\,W/m^2}}$

zu 9) $10^{6,0} = 10^{5,5} + 10^{0,1 L_x} \Rightarrow L_x = 10\cdot\lg\left(10^{6,0}-10^{5,5}\right) = 58,349\,dB(A)$

$L_p = L_W - 8\,dB - 20\cdot\lg r = (105-8-20\cdot\lg 60)\,dB(A) = 61,437\,dB(A)$

$10^{0,1 \underset{58,349}{\underbrace{L_m}}}\cdot T_m = 10^{0,1\cdot \underset{61,437}{\underbrace{L_{p1}}}}\cdot T_1 \Rightarrow T_1 = T_m\cdot 10^{0,1(L_m-L_{p1})}$

$$= 8h\cdot 10^{0,1(58,349-61,437)}$$

$$= 3,929\,h \approx \underline{\underline{3,93\,h}}$$

Detailalternative:

$8h\cdot 10^{0,1\cdot 60} = 8h\cdot 10^{0,1\cdot 55} + T_1\cdot 10^{0,1\cdot 61,437}$

$\hookrightarrow \ldots \underline{\underline{T_1 = 3,93\,h}}$

FH Koblenz
FB Ingenieurwesen
Maschinenbau
© Prof. Dr. Kröber
Maschinendynamik
Prüfung 07.07.2009