

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 1996/97

April 1997

EMK 431 - Getaran Dalam Mesin Industri

Masa : [3 jam]

---

**ARAHAN KEPADA CALON:**

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEPULUH** muka surat dan **TUJUH** soalan yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab **LIMA** soalan sahaja.

Sekurang-kurangnya satu (1) soalan mesti dijawab dalam bahasa Malaysia. Soalan-soalan lain boleh dijawab sama ada dalam bahasa Malaysia atau bahasa Inggeris.

...2/-

- S1. [a] Sebuah voltmeter yang merakamkan bacaan nilai-nilai purata punca kuasa dua ('root mean square' atau rms) mempunyai kejituan  $\pm 0.5$  dB. Jika satu getaran 2.5 mm rms diukur, tentukan kejituan dalam milimeter seperti yang dibaca oleh voltmeter tersebut.

*A voltmeter that records root mean square values (rms) has an accuracy of  $\pm 0.5$  dB. If a vibration of 2.5 mm rms is measured, determine the accuracy in millimeter as read by the voltmeter.*

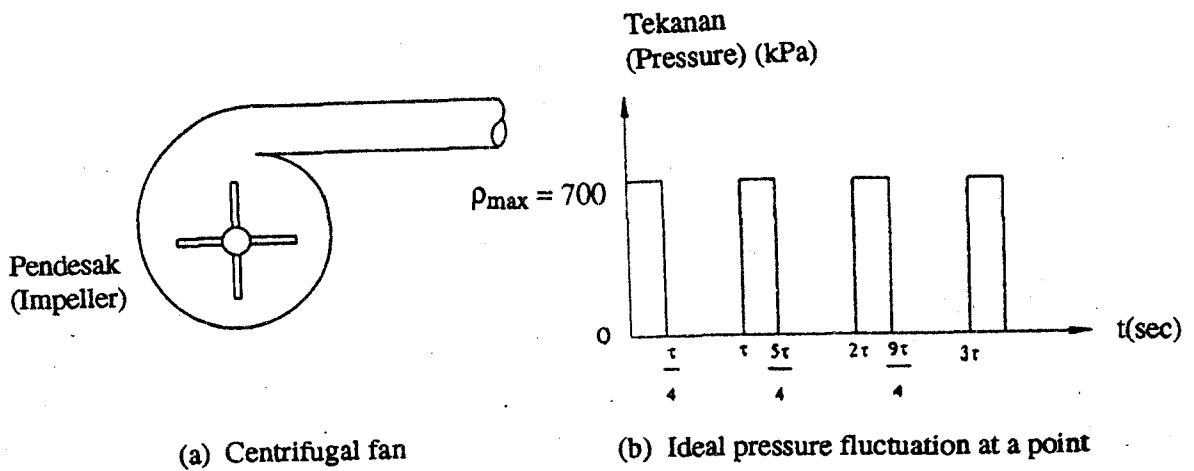
(25 markah)

- [b] Dalam sebuah kipas empar, udara pada sebarang titik dikenakan satu dedenyut setiap kali bilah kipas melalui titik tersebut seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S1[b]. Frekuensi dedenyut ini ditentukan oleh kelajuan putaran kipas  $n$  dan bilangan bilah kipas,  $N$  pada pendesak itu. (Rajah S1[a] menunjukkan bilangan bilah kipas  $N = 4$ ). Bagi nilai  $n = 100$  putaran/minit dan  $N = 4$ , tentukan 3 harmonik yang pertama untuk perubahan tekanan seperti yang ditunjukkan dalam rajah.

*In a centrifugal fan, the air at any point is subjected to an impulse each time a blade passes the point as shown in Figure Q1[b]. The frequency of these impulses is determined by the speed of rotation of the impeller  $n$  and the number of blades  $N$  in the impeller. For  $n = 100$  rev/min and  $N = 4$ , determine the first three harmonics of the pressure fluctuation shown in the figure.*

(75 markah)

...3/-



(a) Centrifugal fan

(b) Ideal pressure fluctuation at a point

Rajah S1[b]  
Figure Q1[b]

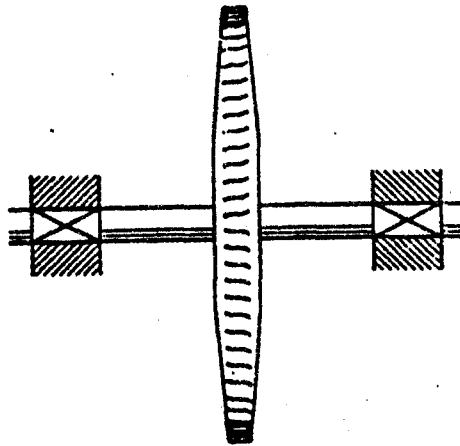
S2. [a]

Sebuah turbin mempunyai rotor berjirim 13.6 kg yang dipasang pada bahagian tetengah aci dan disangga oleh 2 galas yang berjarak 0.4064 m antaranya seperti ditunjukkan dalam Rajah S2[a]. Rotor itu diketahui mempunyai ketidakimbangan 2.879 kg.mm. Tentukan daya-daya yang dikenakan ke atas galas-galas tersebut pada kelajuan 6000 ppm jika diameter aci keluli itu adalah 19 mm. Ketumpatan keluli yang digunakan untuk aci adalah  $7830 \text{ kg/m}^3$  dan nilai modulus Young  $E = 200 \text{ GPa}$ .

*The rotor of a turbine 13.6 kg in mass is supported at the midspan of a shaft with bearings 0.4064 m apart, as shown in Figure Q2[a]. The rotor is known to have an unbalance of 2.879 kg.mm. Determine the forces exerted on the bearings at a speed of 6000 rpm if the diameter of the steel shaft is 19 mm. The density of steel used for the shaft is  $7830 \text{ kg/m}^3$  and the Young's modulus  $E = 200 \text{ GPa}$ .*

(50 markah)

...4/-



Rajah S2[a]

Figure Q2[a]

- [b] Bagi turbin yang beroperasi pada kelajuan yang lebih tinggi dari halaju kritikal, sesekat ('stops') dipasang untuk menghadkan amplitud sewaktu halaju turbin mula meningkat. Tentukan persamaan bagi kenaikan amplitud melawan dengan menganggap pusat segerak ('synchronous whirl'). Bagi turbin dalam S2[a], jika kelegaan antara aci yang berdiameter 19 mm dan sesekat adalah 0.508 mm dan kesipian ('eccentricity') 0.212 mm, tentukan masa yang diperlukan untuk aci mula menghentam sesekat. Anggapkan bahawa halaju kritikal dicapai dengan amplitud sifar.

*For turbines operating above the critical speed, stops are provided to limit the amplitude as they run through the critical speed. Determine the equation for the amplitude build up with time assuming synchronous whirl. In the turbine of Q2[a], if the clearance between the 19-mm shaft and the stops is 0.508 mm, and if the eccentricity is 0.212 mm, find the time required for the shaft to hit the stops. Assume that the critical speed is reached with zero amplitude.*

(50 markah)

...5/-

S3. [a] Sebuah mesin atau sebarang sistem mungkin mengalami getaran berlebihan jika ianya ditindakkan oleh satu daya yang mempunyai frekuensi yang hampir dengan frekuensi jati mesin atau sistem tersebut. Terangkan bagaimana getaran bagi sebuah mesin boleh dikurangkan dengan menggunakan penyerap getaran dinamik yang ringkasnya merupakan satu sistem jisim-spring. Anggapkan mesin sebagai sistem dengan kebebasan satu darjah dan abaikan kesan redaman dalam penyerap getaran. Berikan komen anda ke atas ciri-ciri utama rekabentuk penyerap getaran seperti itu.

Q3. [a] *A machine or system may experience excessive vibration if it is acted upon by a force whose excitation frequency nearly coincides with a natural frequency of the machine or system. Explain how the vibration of the machine can be reduced by using a dynamic vibration absorber which is simply another spring mass\* system. Assume the machine as a single degree of freedom system and neglect the effect of damping in the vibration absorber. Give your comments on salient design features of such absorbers.*

(50 markah)

[b] Sebuah jig digunakan untuk menentukan saiz ketulan-ketulan arang batu terdiri dari skrin tapis yang bergerak dengan gerakan salingan pada frekuensi 10 Hz. Jig seberat 2225 N itu mempunyai frekuensi jati 6.67 Hz. Jika satu penyerap getaran seberat 555 N hendak dipasang untuk mengurangkan getaran pada rangka jig itu, tentukan ketegaran spring penyerap itu. Berapakah frekuensi jati akibat penggabungan kedua-dua sistem itu?

*A jig used to size coal contains a screen that reciprocates with a frequency of 10 Hz. The jig weighs 2225 N and has a fundamental frequency of 6.67 Hz. If an absorber weighing 555 N is to be installed to eliminate the vibration of the jig frame, determine the absorber spring stiffness. What will be the resulting two natural frequencies of the system?*

(50 markah)

...6/-

S4. [a] Maklumat berikut diberikan untuk sebuah kereta seperti ditunjukkan dalam Rajah S4[a];

berat, $W$	=	15570 N;
jejari kisar pada pusat graviti c.g., $r$	=	1.22 m
ketegaran, $k_1$	=	29.19 kN/m
$k_2$	=	35.02 kN/m
jarak, $l_1$	=	1.34 m
$l_2$	=	1.71 m

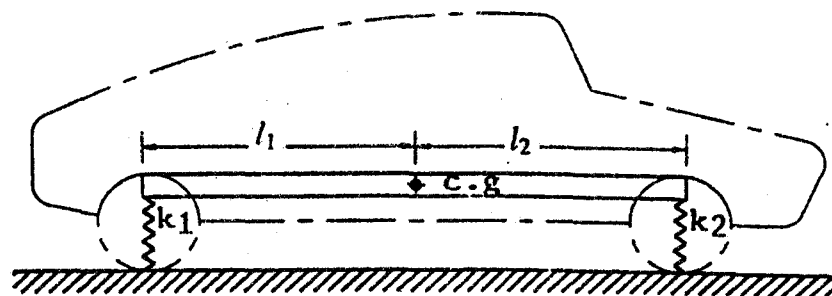
Tentukan mod-mod biasa untuk getaran dan tentukan nod bagi setiap mod.

The following information is given for the automobile shown in Figure Q4[a];

weight, $W$	=	15570 N;
radius of gyration about c.g., $r$	=	1.22 m
stiffness, $k_1$	=	29.19 kN/m
$k_2$	=	35.02 kN/m
distance, $l_1$	=	1.34 m
$l_2$	=	1.71 m

Determine the normal modes of vibration and locate the node for each mode.

(60 markah)



Rajah S4[a]  
Figure Q4[a]

...7/-

- [b] Merujuk kepada S4[a] di atas, buktikan secara umumnya bahawa frekuensi jati yang tidak diganding akan sentiasa berada di antara frekuensi-frekuensi jati yang diganding.

*Referring to Q4[a] above, prove in general that the uncoupled natural frequencies are always between the coupled natural frequencies.*

(40 markah)

- S5. [a] Tapak bagi satu sistem jisim-spring dengan jisim  $m$  dan ketegaran  $k$  diberikan satu denyut halaju seperti ditunjukkan dalam Rajah S5[a]. Tunjukkan jika puncak berlalu pada masa  $t < t_1$ , spektrum sambutan diberikan oleh persamaan berikut:

$$\frac{\omega_n z_{\max}}{v_0} = \frac{1}{\omega_n t} - \frac{1}{\omega_n t_1 \sqrt{1 + (\omega_n t_1)^2}} - \frac{\omega_n t_1}{\sqrt{1 + (\omega_n t_1)^2}}$$

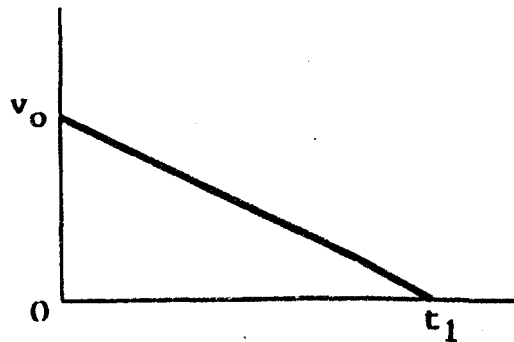
di mana  $\omega_n$  adalah frekuensi jati sistem.

*The base of an undamped spring-mass system with mass  $m$  and stiffness  $k$ , is given a velocity pulse, as shown in Figure Q5[a]. Show that if the peak occurs at time  $t < t_1$ , the response spectrum is given by the equation:*

$$\frac{\omega_n z_{\max}}{v_0} = \frac{1}{\omega_n t} - \frac{1}{\omega_n t_1 \sqrt{1 + (\omega_n t_1)^2}} - \frac{\omega_n t_1}{\sqrt{1 + (\omega_n t_1)^2}}$$

where  $\omega_n$  is the natural frequency of the system.

(70 markah)



Rajah S5[a]  
Figure Q5[a]

- [b] Terangkan secara ringkas prinsip-prinsip yang digunakan dalam pengasingan kejutan dalam mesin-mesin yang dikenakan beban-beban kejutan dalam amalan kejuruteraan yang biasa.

*Describe briefly the principles involved in shock isolation in machines subjected to shock loads in engineering practice.*

(30 markah)

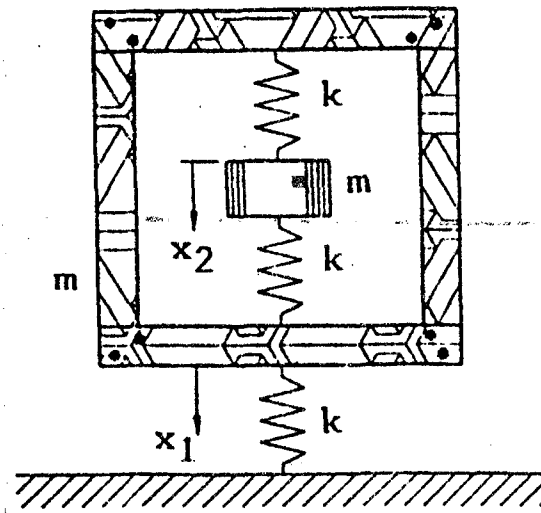
- S6. R [a] Pembungkusan spring tegang adalah satu kaedah yang digunakan untuk menyokong bungkusan-bungkusan yang sangat rapuh/mudah pecah sewaktu penghantaran. Prinsip asasnya adalah bungkusan yang mudah pecah itu disangga di dalam kotak dengan spring-spring yang tegang seperti ditunjukkan dalam Rajah S6[a]. Keanjalan kotak ditunjukkan sebagai spring dengan ketegaran,  $k$ . Dengan menggunakan pekali-pekali pengaruh, dapatkan persamaan matriks bagi frekuensi-frekuensi jati sistem dan dengan lelasan matriks tentukan frekuensi jati yang paling rendah dan bentuk modnya.

...9/-



Tension spring packaging is a means of supporting extremely fragile packages for shipping. Basically, the fragile package is supported inside the shipping container by springs in tension. To simplify the problem, the system is idealized as two masses and three springs as shown in Figure Q6[a]. The elasticity of the case is shown as a spring  $k$ . Using influence coefficients, set up a matrix equation for the natural frequencies of the system and by matrix iteration determine its lowest natural frequency and mode shape.

(50 markah)



Rajah S6[a]  
Figure Q6[a]

- [b] Dengan menggunakan persamaan gerakan, tentukan frekuensi jati yang paling tinggi dan bentuk mod bagi bungkusan spring tegang yang ditunjukkan dalam Rajah S6[a] di atas.

Using equations of motion, determine the highest natural frequency and mode shape for the tension spring package of Q6[a] above.

(50 markah)

...10/-

- S7. [a] Sebuah jambatan tresel mempunyai frekuensi jati 6.1 Hz ditentukan melalui ujikaji dan melentur 3 mm di bahagian tengahnya bila kenderaan 10,000 kg diletakkan disitu. Anggarkan frekuensi jati sistem gabungan jambatan dan kenderaan itu.

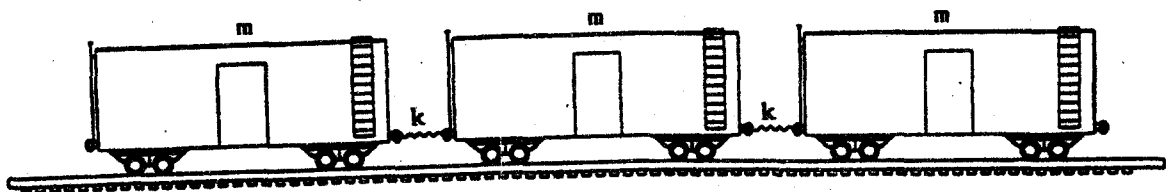
*A bridge trestle has a natural frequency of 6.1 Hz, as determined by test, and deflects 3 mm at midspan under a 10,000-kg vehicle. Approximate the natural frequency of the bridge and vehicle.*

(25 markah)

- [b] Tiga buah gerabak dibandingkan secara elastik dalam sistem keretapi 3 gerabak seperti ditunjukkan dalam Rajah S7[b]. Setiap kereta mempunyai jisim yang sama,  $m$  dan setiap pengganding mempunyai ketegaran  $k$ . Gerabak pertama menarik dua gerabak yang lain dan gerabak pertama itu dikenakan daya pacuan berkala,  $F(t) = 2 \times 10^6 e^{i30t}$ . Jika  $m = 100,000$  kg dan  $k = 50 \times 10^6$  N/m, berapakah amplitud maksimum gerakan bagi gerabak ketiga?

*Three railroad cars are coupled elastically in a three car train as shown in Figure Q7[b]. Each car has an identical mass  $m$ , and each coupling has a stiffness  $k$ . The first car pulls the other two cars, and it is subjected to a cyclical driving force,  $F(t) = 2 \times 10^6 e^{i30t}$ . If  $m = 100,000$  kg and  $k = 50 \times 10^6$  N/m, what is the maximum amplitude of motion of the third car?*

(75 markah)



Rajah S7[b]  
Figure Q7[b]

oooOOOooo