

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 1994/95

April 1995

EMK 431 - Getaran Dalam Mesin Industri

Masa : [3 jam]

ARAHAN KEPADA CALON:

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEBELAS muka surat dan TUJUH soalan 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] Suatu anggota tegar berbentuk L digantungkan pada titik 0 dan mempunyai beban m pada hujungnya. Anggota ini disokong oleh pegas yang mempunyai kekakuan k seperti dalam Rajah S1[a]. Dengan mengabaikan jisim anggota L.

An L-shaped massless rigid member is hinged at point 0 and has a mass m at the tip. The member is supported by a spring of stiffness k , as shown in Figure Q1[a].

- [i] Dapatkan kedudukan keseimbangan dalam terbitan sudut θ_0 pada titik 0.

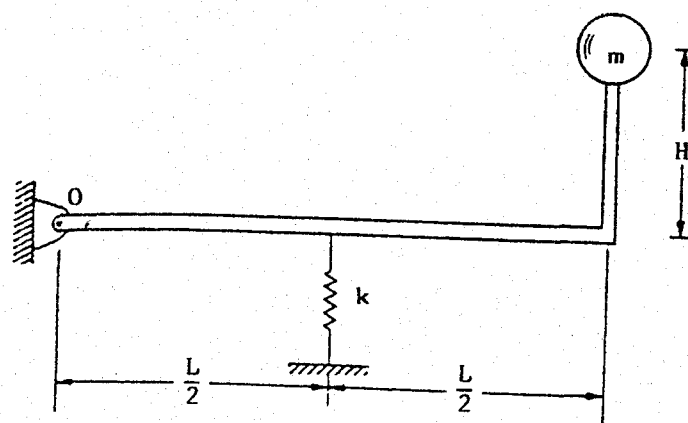
Determine the equilibrium position, as expressed by the angle θ_0 about 0.

- [ii] Terbitkan persamaan pembezaan untuk pergerakan sudut kecil θ_1 pada θ_0 .

Derive the differential equation for small angular motions θ_1 about θ_0 .

- [iii] Kira frekuensi tabii bagi pergerakan θ_1

Calculate the natural frequency of oscillation θ_1 .



(50 markah)

Rajah S1[a]
Figure Q1[a]

...3/-

- [b] Sebuah penguja berat sipi lawan-putaran seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S1[b] adalah digunakan untuk mencari ciri-ciri getaran sesuatu struktur. Jumlah jisim model adalah M dan dua jisim sipi $m/2$ berputar dalam arah yang berlawanan dengan halaju sudut malar ω .

Sistem ini mempunyai parameter-parameter berikut:

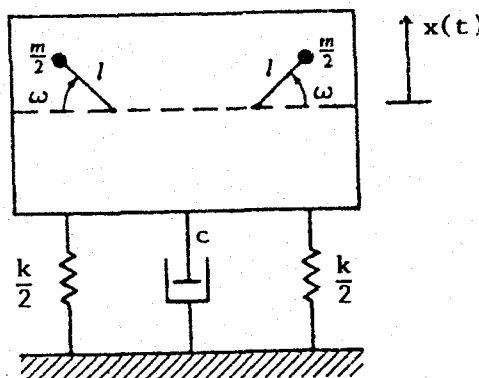
$M = 80$ kg, $m = 5$ kg, kekakuan $k = 8000$ N/m, $l = 0.1$ m. Berdasarkan data di atas rekabentuk suatu peredam likat supaya pada laju putaran $\omega = 4\omega_n$, daya yang dipindahkan ke penyokong tidak melebihi 250 N, di mana ω_n adalah frekuensi tabii sistem tersebut.

A counter-rotating eccentric weight exciter shown in Figure Q1[b] is used to determine the vibrational characteristics of a structure. The total mass of the model is M and two eccentric masses $m/2$ rotate in opposite directions with the constant angular velocity ω .

The system has the following parameters:

$M = 80$ kg, $m = 5$ kg, stiffness $k = 8000$ N/m, $l = 0.1$ m. Design a viscous damper so that at the rotating speed $\omega = 4\omega_n$ the force transmitted to the support does not exceed 250N, where ω_n is the natural frequency of the system.

(50 markah)



Rajah S1[b]
Figure Q1[b]

...4/-

- S2. [a] Rajah S2[a] adalah suatu model mesin larik yang dipermudahkan untuk analisa getaran. Landasan pelarik boleh dianggapkan sebagai suatu jasad tegar yang mempunyai jisim dan inersia. Stok kepala dan stok ekor mesin larik boleh digantikan dengan jisim-jisim tergumpal. Model akhir akan terdiri dari suatu jasad tegar yang mempunyai jumlah jisim m dan momen inersia jisim J_0 pada C.G., yang berdiam di atas pegas-pegas yang mempunyai kekakuan k_1 dan k_2 .

In Figure Q2[a] is shown a simplified model of a lathe machine for vibration analysis. The lathe bed can be considered as a rigid body having mass and inertia, and the headstock and tailstock can each be replaced by lumped masses. The final model will be a rigid body of total mass m and mass moment of inertia J_0 about its C.G, resting on springs of stiffnesses k_1 and k_2 .

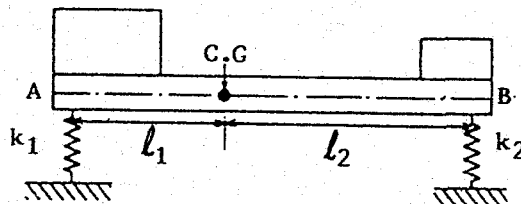
- [i] Tuliskan persamaan-persamaan pergerakan dalam bentuk matrik untuk sistem-dua-darjah-kebebasan ini dalam sebutan pembiasan $x(t)$ C.G tersebut dan putaran $\theta(t)$.

Write the equations of motion in the matrix form for this two-degree-of-freedom system in terms of deflection $x(t)$ of the C.G and rotation $\theta(t)$.

- [ii] Tentukan keadaan yang akan memisahkan persamaan tersebut.

Determine the condition that will uncouple the equations.

(40 markah)



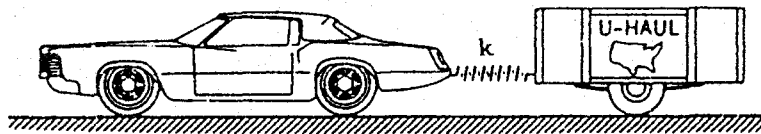
Rajah S2[a]
Figure Q2[a]

...5/-

- [b] Sebuah kendaraan menggunakan bumper sangkut bagi menarik treler berbeban seperti dalam Rajah S2[b]. Bumper tersebut bertindak sebagai suatu pegas elastik dengan kekakuan k . Treler tersebut yang berjisim 3800 kg disangkut kepada kendaraan berjisim 1750 kg. Keanjalan penyangkut tersebut adalah 175 N/mm. Apakah frekuensi-frekuensi ayunan bebas untuk kendaraan dan treler tersebut?

An automobile uses a bumper hitch to pull a loaded trailer as shown in Figure Q2[b]. The bumper acts as an elastic spring with stiffness k . The trailer with a 3800 kg mass is hitched to a 1750 kg automobile. The flexibility of the hitch is 175 N/mm. What are the frequencies of free oscillation of the automobile and trailer?

(60 markah)



Rajah S2[b]
Figure Q2[b]

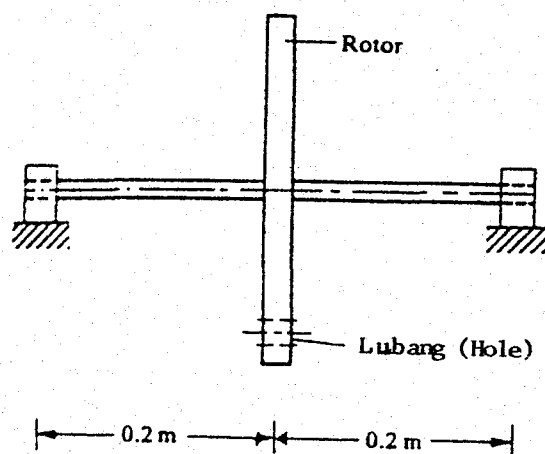
- S3. [a] Rotor turbin yang berbentuk cakera dipasang pada bahagian tengah aci keluli seragam seperti dalam Rajah S3[a]. Jisim dan diameter cakera adalah masing-masing 15 kg dan 0.3 m. Cakra tersebut mempunyai lubang bulat berdiameter 0.03 m pada jarak 0.12 m dari pusat geometrik. Kekakuan lenturan bagi aci adalah $EI = 1600 \text{ N.m}^2$, di mana E adalah Modulus Young's bahan aci tersebut dan I adalah momen inersia bagi keratan rentasnya.

Tentukan amplitud getaran sekiranya rotor turbin berputar dengan halaju sudut 6000 ppm. Andaikan kedudukan aci adalah tegar.

The rotor of a turbine having the form of a disc is mounted at the midspan of a uniform steel shaft, as shown in Figure Q3[a]. The mass of the disc is 15 kg and its diameter is 0.3 m. The disc has a circular hole of diameter 0.03 m at a distance of 0.12 m from the geometric centre. The bending stiffness of shaft is $EI = 1600 \text{ N.m}^2$, where E is Young's modulus of the material of the shaft and I the moment of inertia of its cross section.

Determine the amplitude of vibration if the turbine rotor rotates with the angular velocity of 6000 rev./min. Assume that the shaft bearings are rigid.

(50 markah)



Rajah S3[a]
Figure Q3[a]

- [b] Sebuah mesin jahit industri mempunyai jisim 430 kg dan beroperasi pada 1500 rpm. Ia berkemungkinan mengalami putaran tak seimbang dengan magnitud $m_0e = 0.8 \text{ kg.m}$, di mana m_0 mewakili jisim putaran tak seimbang dan e adalah kesipian. Mengikut pendapat jurutera struktur lantai bangunan hanya boleh dikenakan daya berulang maksima sebanyak 10,000 N. Sedangkan pemencil yang disediakan hanya mempunyai kekakuan $7 \times 10^6 \text{ N/m}$ dan nisbah redaman 0.1. Sekiranya pemencil ini ditempatkan di antara lantai dan mesin, adakah daya yang dihasilkan oleh mesin itu boleh dikurangkan kepada tahap yang boleh diterima? Sekiranya tidak, apakah yang boleh dilakukan?

An industrial sewing machine has a mass of 430 kg and operates at 1500 rpm. It appears to have a rotating unbalance of magnitude $m_0e = 0.8 \text{ kg.m}$ where m_0 represents rotating unbalance mass and e the eccentricity. Structural engineers suggest that the maximum repeated force transmitted to the floor is 10,000 N. The only isolator available has a stiffness of $7 \times 10^6 \text{ N/m}$ and a damping ratio of 0.1. If the isolator is placed between the machine and the floor, will the transmitted force be reduced to an acceptable level? If not, what can be done?

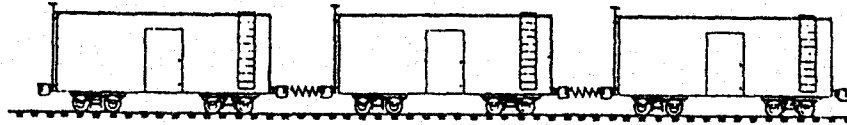
(50 markah)

- S4. Tiga gerabak digandingkan secara elastik seperti dalam Rajah S4. Setiap gerabak mempunyai jisim yang sama m , dan setiap gandingan mempunyai kekakuan k . Menggunakan iterasi matrik dan prinsip orthogonal bagi mod-mod utama, tentukan frekuensi tabii dan bentuk mod getaran bebas.

Three railroad cars are coupled elastically in a three car train as shown in Figure Q4. Each car has an identical mass m , and each coupling has a stiffness k . Using matrix iteration and the principle of orthogonality of principal modes, determine the natural frequencies and mode shapes of free vibration.

(100 markah)

...8/-



Rajah S4
Figure Q4

- S5. Untuk sistem rasuk dan jisim terganggu seperti Rajah S5, segmen-segmen di antara penyokong dan jisim titik-jisim titik adalah tanpa jisim dan memiliki ketegaran lenturan EI yang sama, di mana E adalah Modulus Young bagi bahan rasuk tersebut dan I adalah momen inersia keratan rentas rasuk. Jisim bagi ketiga-tiga jisim terganggu mempunyai hubungan seperti berikut, $m_1 = m$, $m_2 = 2m$ and $m_3 = 3m$.

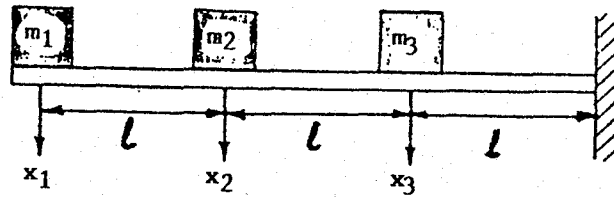
Tentukan pekali kebolehlenturan, terbitkan matrik flexibiliti, dan tuliskan matrik jisim. Akhir sekali tuliskan persamaan pemindahan bagi sistem tersebut dalam bentuk matrik.

For the beam and lumped-mass system of Figure Q5, the segments between the support and the point masses are massless and possess the same flexural rigidity EI where E is Young's Modulus of the material of the beam and I is moment of inertia of its cross section. Also three masses in the system have the relationship, $m_1 = m$, $m_2 = 2m$ and $m_3 = 3m$.

Determine the flexibility coefficients, express the flexibility matrix, and write the mass matrix. Finally write the matrix form of the displacement equations for the system.

(100 markah)

...9/-



Rajah S5
Figure Q5

- S6. [a] Tuliskan sebuah ringkasan kejuruteraan berkenaan dengan penyerap getaran dinamik yang digunakan untuk menghadkan amplitud-tinggi getaran bagi sistem satu darjah kebebasan yang dikenakan pengujaan harmonik. Terangkan dengan jelas kesan-kesan sekiranya sebuah peredam dimasukkan ke dalam sistem sekunder penyerap getaran dinamik tersebut.

Write an engineering brief on dynamic vibration absorbers used to limit large-amplitude of vibrations of a one-degree-of-freedom system subjected to a harmonic excitation. Clearly explain the effects if a damper is included in the secondary system of dynamic vibration absorber.

(40 markah)

- [b] Dalam setengah-setengah kilang penyejuk terdapat suatu seksyen paip yang membawa penyejuk didapati mempunyai getaran secara kuat pada kelajuan mampatan 300 ppm. Suatu cadangan untuk menghilangkan kesukaran ini dengan memasang suatu sistem penyokong pegas-jisim pada paip tersebut adalah untuk bertindak sebagai suatu penyerap. Dalam suatu ujian percubaan, 1 kg penyerap dengan talaan 300 ppm menghasilkan dua frekuensi tabii iaitu 260 dan 350 kitar per minut. Sekiranya penyerap tersebut akan direkabentuk supaya frekuensi-frekuensi tabiinya berada di luar julat 240 hingga 370 kitar per minut, apakah jisim dan kekakuan pegas penyerap tersebut.

In a certain refrigeration plant, a section of pipe carrying the refrigerant has been found to vibrate violently at a compressor speed of 300 rpm. It is proposed to eliminate this difficulty by clamping a cantilever spring-mass system to the pipe to act as an absorber. In a trial test, a 1 kg absorber tuned to 300 rpm results in two natural frequencies of 260 and 350 cycles per minute. If the absorber is to be designed so that the natural frequencies lie outside the region 240 to 370 cycles per minutes, what must be the mass and spring stiffness of the absorber.

(60 markah)

- S7. [a] Terangkan dengan ringkas prosedur imbalan dua satah dan tunjukkan situasi-situasi dalam jentera perindustrian yang mana keseimbangan statik tidak cukup untuk mengimbangi anggota berputar. Terangkan juga pertimbangan-pertimbangan yang perlu diambil kira untuk mengimbangi sebuah enjin salingan.

Briefly describe the two-plane balancing procedure and indicate the situations in industrial machinery where only static balancing is not enough to balance the rotating member. Also describe the considerations that are to be taken into account for the balancing of a reciprocating engine.

(50 markah)

...11/-

- [b] Suatu roda canai berputar ikut arah jam pada 2400 ppm. Dengan menggunakan penganalisa getaran, didapati ketidakseimbangan asal yang mempunyai amplitud 0.1 mm dan sudut fasa 45° . Apabila jisim percubaan bermagnitud 114 kg ditambah pada 20° ikut arah jam dari tanda fasa, amplitud tersebut menjadi 0.2 mm dan sudut fasa menjadi 145° . Sekiranya sudut-sudut fasa tersebut diukur secara lawan jam dari ufuk tangan kanan, kirakan magnitud dan kedudukan jisim keseimbangan yang diperlukan.

A grinding wheel rotates clockwise at 2400 rpm. Using a vibration analyser, we find an original unbalance of amplitude 0.1 mm and phase angle 45° . When a trial mass of magnitude 114 g is added at 20° clockwise from the phase mark, the amplitude becomes 0.2 mm and the phase angle 145° . If the phase angles are measured counterclockwise from the right-hand horizontal calculate the magnitude and location of the balancing mass required.

(50 markah)

ooooOOOOoooo