

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 1992/93

Oktober/November 1992

EMK 351 - Getaran Mekanik dan Kawalan Automatik

Masa : [3 jam]

ARAHAN KEPADA CALON:

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi TUJUH (7) soalan dan SEBELAS (11) muka surat serta SATU (1) lampiran yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab LIMA (5) soalan sahaja: TIGA soalan dari Bahagian A dan DUA (2) soalan dari Bahagian B.

Semua soalan mestilah dijawab dalam bahasa Malaysia.

Termasuk lampiran:

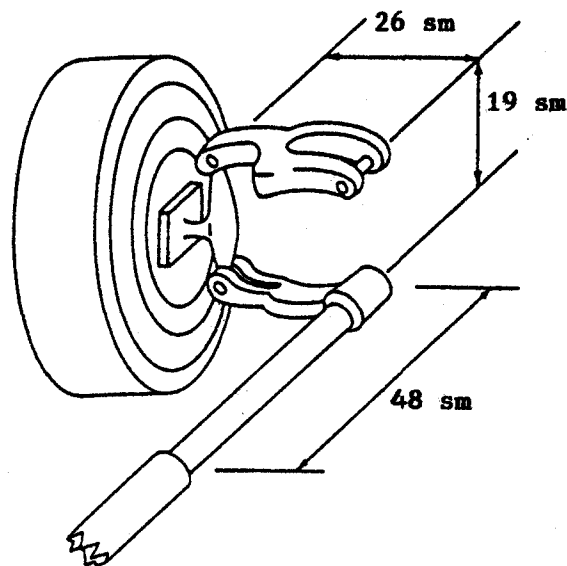
1. "Laplace Transform Pairs"

BAHAGIAN A

1. [a] Hujung hadapan sistem ampaian rod-kilasan untuk kenderaan kecil ditunjukkan di dalam Rajah S1[a]. Jisim kereta tanpa bebanan ialah 1200 kg dan 60% daripadanya disokong oleh roda hadapan (sama banyak). Apabila hujung hadapan naik 117 mm, roda hadapan terangkat daripada lantai. Setiap himpunan roda hadapan yang terdiri daripada roda, gandar roda (axle), brek, lengan pangsi dan tayar mempunyai jisim 38 kg. Kesan redaman oleh penyerap kejutan diabaikan.

Tentukan frekuensi getaran bagi himpunan roda. Anggap jisim himpunan roda tertumpu 26 sm daripada paksi rod kilasan.

(30 markah)

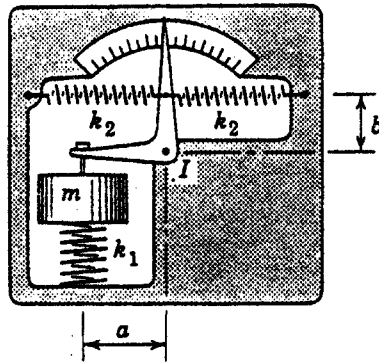


Rajah S1[a]

- [b] Meter amplitud terdiri daripada jisim seismik yang tergantung seperti di Rajah S1[b]. Tentukan frekuensi tabii bagi meter di dalam sebutan spring (pegas) tegangan K_1 , spring mampatan K_2 , jisim m , dan momen sifatekun I .

(35 markah)

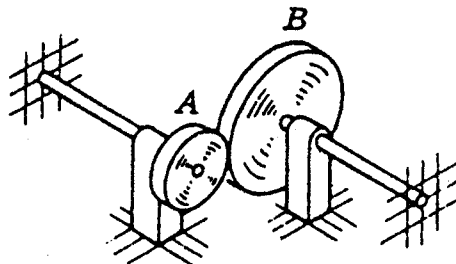
..3/-



Rajah S1[b]

- [c] Gear A dan B bertemu dengan nisbah gear n . Gear-gear tersebut terpasang pada aci bulat dengan panjang dan garispusat yang sama seperti yang ditunjuk di dalam Rajah S1[c]. Momen sifatekun gear adalah masing-masing I_A dan I_B . Apabila gear dipindahkan secara kilasan, sistem bergetar dengan gerakan sudut kecil. Tuliskan persamaan kebezaan yang mewakili gerakan dan juga ungkapan untuk frekuensi. Abaikan sifatekun aci.

(35 markah)



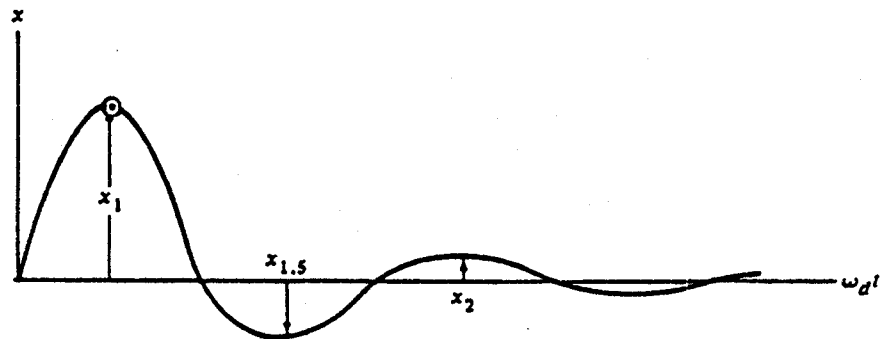
Rajah S1[c]

2. [a] Sistem ampaian penyerap-kejutan mahu direkabentuk untuk kenderaan. Redaman perlulah kurang daripada kritikal dan amplitud permulaan perlu dikurangkan kepada $1/3$ di dalam separuh kitaran pertama. Dari itu lengkung anjakan masa adalah seperti yang ditunjuk di dalam Rajah S2[a], dimana $X_{1.5} = X_1/3$ dan ω_d adalah frekuensi membulat teredam. Lain-lain spesifikasi termasuklah $m = 450$ kg dan jangkamasa teredam adalah 1 saat.

..4/-

- [i] Tentukan pekali redaman yang perlu dan pemalar kekakuan.
- [ii] Jika kelegaan adalah 300 mm, dapatkan halaju permulaan minima yang akan menghasilkan "bawahan" (bottoming) iaitu menghentam dasar getah sistem tersebut.

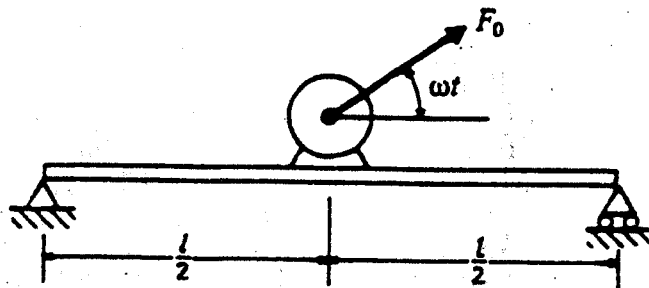
(70 markah)



Rajah S2[a]

- [b] Rasuk tersokong mudah membawa motor elektrik berjisim 50 kg dan halaju 1200 ppm di bahagian tengahnya, seperti yang ditunjuk di dalam Rajah S2[b]. Berdasarkan kepada ketidakseimbangan di dalam mesin, rotor mengeset/menyelaras daya putaran dengan magnitud $F_0 = 5000\text{N}$. Tentukan amplitud getaran keadaan mantap dengan mengabaikan jisim rasuk. Anggapkan $l = 5\text{ m}$, modulus keanjalan Young (E) = $2.07 \times 10^{11}\text{ Pa}$, dan momen sifatekun (I) = 10^{-4} m^4 .

(30 markah)

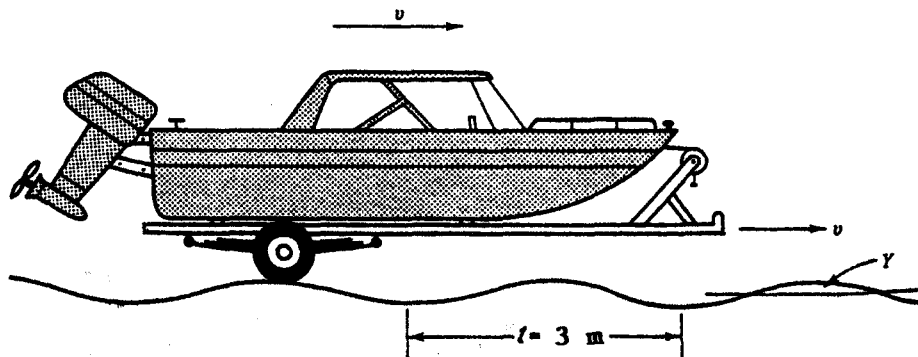


Rajah S2[b]

..5/-

3. [a] Bot dan trak yang ditunjuk di dalam Rajah S3[a] ditarik melalui jalan raya yang mengalun pada halaju v . Kontor jalan raya dapat dianggarkan agak tepat dengan gelombang sin yang mempunyai panjang gelombang $\lambda = 3$ m dan amplitud $Y = 12$ mm. Jumlah pesongan statik bagi spring dan tayar trak berdasarkan berat bot dan trak telah diukur sebagai 37 mm. Anggap bahawa redaman yang wujud di dalam sistem adalah bersifat likat dan mempunyai magnitud nisbah redaman (ξ) = 0.05, tentukan:
- [i] halaju v di mana amplitud bot dan trak adalah maksimum.
 - [ii] nilai amplitud maksimum merujuk kepada bahagian [i]
 - [iii] amplitud apabila bot dan trak bergerak pada halaju 88 km/j.

(70 markah)

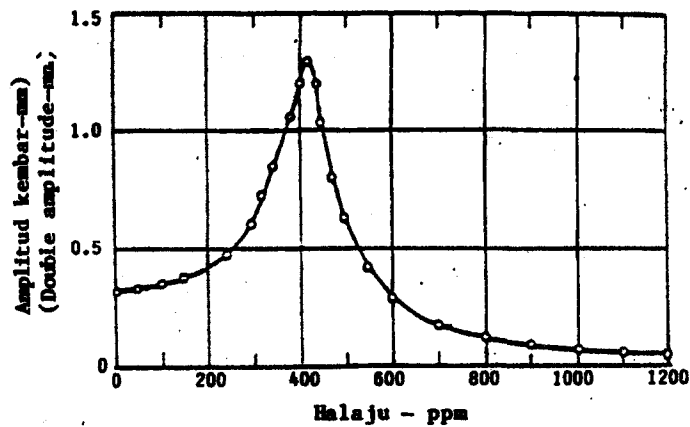


Rajah S3[a]

- [b] Lengkung resonan yang ditunjukkan dalam Rajah S3[b] adalah gerakan menegak sebenar lantai kilang yang diukur berhampiran dengan penekan tebuk. Anggarkan halaju resonan dan nisbah redaman ξ . Apakah nisbah penghantaran pada 1800 ppm?

(30 markah)

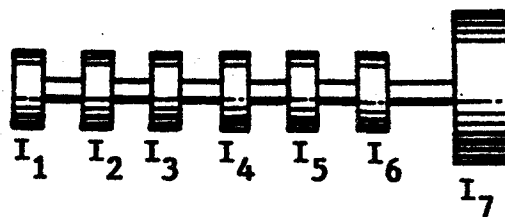
..6/-



Rajah S3[b]

4. [a] 6 silinder sebaris enjin diesel disambung secara terus kepada penjana elektrik. Sistem sebenar telah dikurangkan kepada 6 silinder berjisim I_1 kepada I_6 dan penjana berjisim I_7 sebaik sahaja selepas silinder terakhir berjisim I_6 yang disambungkan dengan keratan aci jisim boleh abai seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S4[a]. Setiap silinder enjin mempunyai momen jisim sifatekun kutub berkesan bernilai 15 kg.m^2 . Aci engkol di antara setiap silinder mempunyai ketegaran kilasan $200 \times 10^5 \text{ N.m/rad}$. Rotor penjana mempunyai momen sifatekun kutub 50 kg.m^2 , dan aci di antara penjana dan enjin mempunyai ketegaran kilasan $300 \times 10^5 \text{ N.m/rad}$. Menggunakan kaedah Holzer's dan bermula dengan $\omega_1^2 = 181,138 \text{ sec}^{-2}$ sebagai frekuensi percubaan, tentukan frekuensi tabii dan bentuk mod bagi mod pertama sistem di dalam getaran kilasan. Abaikan sifatekun aci. Jika garispusat nominal aci engkol adalah 100 mm , tentukan tegasan ricih per darjah amplitud pada silinder bernombor 1 bagi mod pertama.

(70 markah)



Rajah S4[a]

..7/-

- [b] Pesongan statik bagi jisim meter getaran adalah 20 mm. Peralatan merakamkan amplitud relatif 0.02 mm apabila bersambung kepada mesin yang bergetar pada frekuensi 100 Hz. Tentukan [i] amplitud [ii] halaju maksimum dan [iii] cecapan maksimum mesin.

(30 markah)

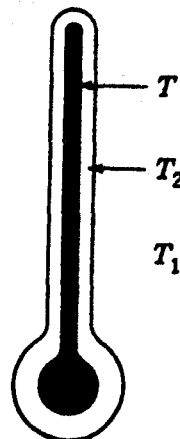
BAHAGIAN B

5. [a] Bagi jangkasuhu yang ditunjukkan di dalam Rajah S5[a], suhu bahantara persekitaran adalah T_1 . Suhu kaca keliling adalah T_2 dan suhu bendalir di dalam jangkasuhu adalah T . Kadar aliran haba daripada bahantara sekeliling kepada kaca adalah $Q_1 = (T_1 - T_2)/R_{T1}$.

Kadar alir haba daripada kaca kepada bendalir adalah $Q_2 = (T_2 - T)/R_{T2}$. Kadar perubahan suhu kaca adalah $DT_2 = (Q_1 - Q_2)/C_{T1}$ dan kadar perubahan suhu bendalir adalah $DT = Q_2/C_{T2}$ di mana $(R_T)_{1,2}$ dan $(C_T)_{1,2}$ adalah masing-masing perintang haba setara dan muatan haba setara di dalam litar haba. Operator D menyatakan perbezaan yang berkaitan dengan masa.

Binakan litar haba untuk sistem ini dan kemudiannya tentukan persamaan untuk suhu T bagi bendalir sebagai fungsi kepada suhu persekitaran T_1 .

(30 markah)



Rajah S5[a]

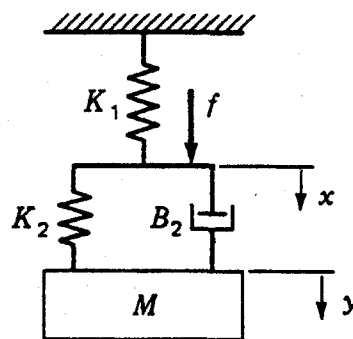
..8/-

- [b] Untuk sistem mekanik yang ditunjukkan dalam Rajah S5[b], berikut adalah parameter-parameter sistem tersebut.

K_1, K_2 = pemalar spring
 B_2 = pemalar redaman likat
 M = jisim
 f = daya harmonik
 x, y = anjakan

- [i] binakan kerusi terbumi (grounded-chair)
 [ii] dapatkan persamaan keseluruhan yang menghubungkan daya f dan anjakan x .
 [iii] bina litar elektrik yang merupakan analogi terus
 [iv] nyatakan apakah arus di dalam analog yang mewakili halaju jisim M .

(40 markah)



Rajah S5[b]

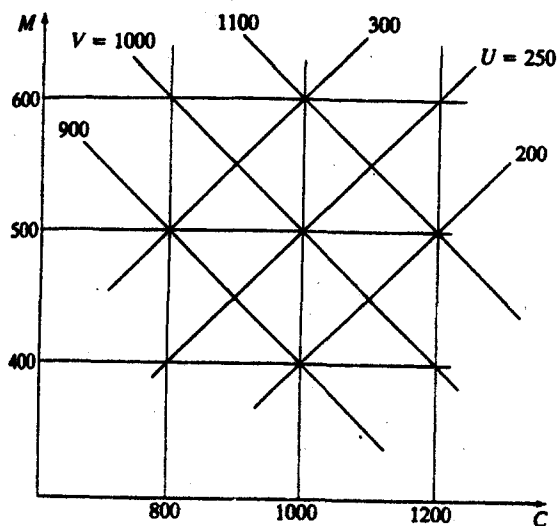
- [c] Di dalam Rajah S5[c], ditunjukkan motor servo hidrolik yang serupa dengan peranti penguat-kuasa yang diguna di dalam unit stereng kuasa. Pergerakan injap di dalam arah x akan membuka laluan 1 kepada tekanan bekalan yang akan menyebabkan piston besar bergerak ke kanan. Oleh kerana sarung bersambung terus kepada piston ini, sarung juga bergerak ke kanan bagi menutup aliran daripada injap. Tentukan gambarajah blok yang menghubungkan kedudukan masukan x dengan keluaran y . Tentukan pemalar masa.

(30 markah)

..9/-

- [b] Lengkung pengendalian keadaan mantap untuk sistem suap balik uniti ditunjukkan dalam Rajah S6[b], di mana M , V , U dan C pembolehubah yang mewakili keluaran pengawal, isyarat arahan, isyarat gangguan dan pembolehubah terkawal. Bina gambarajah blok yang menggambarkan kendalian keadaan mantap sistem ini.

(50 markah)

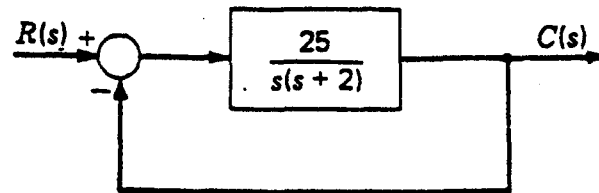


Rajah S6[b]

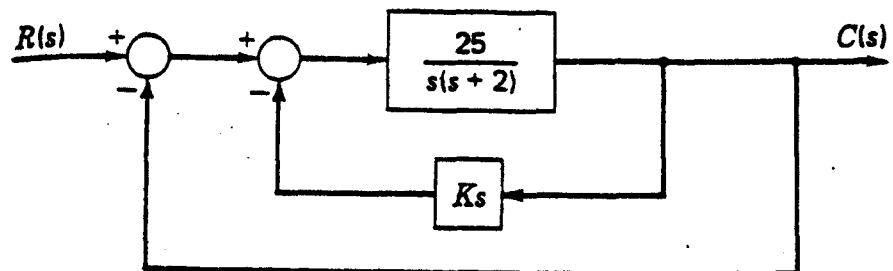
7. [a] Bagi memperbaiki prestasi dinamik sistem yang ditunjukkan dalam Rajah S7a[i], tindakan terbitan (Ks) ditambah kepada laluan suapbalik seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S7a[ii] dimana K adalah konstan dan s pembolehubah di dalam kaedah penjelmaan Laplace. $R(s)$ dan $C(s)$ adalah penjelmaan Laplace bagi masukan dan keluaran. Tentukan nilai K agar sistem hasilan akan mempunyai nisbah redaman bernilai 0.5. Apakah tindakbalas $c(t)$ sistem hasilan ini kepada pengujaan fungsi langkah unit $r(t) = u(t)$ apabila kesemua keadaan awalan adalah sifar?

Untuk sistem di dalam Rajah S7a[i], tentukan masa naik t_r , masa puncak t_p , 2 peratus masa penetapan t_s , dan peratus terlajak di dalam tindakbalas fana sistem.

(70 markah)
..11/-



Rajah S7a[i]



Rajah S7a[ii]

Rajah S7[a]

- [b] Tentukan julat bagi nilai pemalar K , agar sistem yang mempunyai persamaan ciri yang diberi dibawah adalah stabil.

$$s(s^2 + 2s + 5) + K(s + 4) = 0$$

dimana s adalah pembolehubah di dalam kaedah penjelmaan Laplace.

Tentukan bentuk terfaktor bagi persamaan ciri di atas bagi nilai K yang akan menghasilkan persamaan ciri yang mempunyai sepasang punca di atas paksi khayal.

(30 markah)

ooo0ooo

Laplace transform pairs

$f(t)$	$F(s)$	$f(t)$	$F(s)$
$u_1(t)$	1	$t^n e^{at}$	$\frac{n!}{(s-a)^{n+1}}$
$u(t)$	$\frac{1}{s}$	$\sin \omega t$	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$
t	$\frac{1}{s^2}$	$\cos \omega t$	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$
e^{at}	$\frac{1}{s-a}$	$e^{at} \sin \omega t$	$\frac{\omega}{(s-a)^2 + \omega^2}$
t^n	$\frac{n!}{s^{n+1}}$	$e^{at} \cos \omega t$	$\frac{s-a}{(s-a)^2 + \omega^2}$