



UNIVERSITI TUN HUSSEIN ONN MALAYSIA

PEPERIKSAAN AKHIR SEMESTER I SESI 2010 / 2011

NAMA KURSUS : KEJURUTERAAN KAWALAN
KOD KURSUS : BDA3073
PROGRAM : BDA
TARIKH PEPERIKSAAN : NOVEMBER/DISEMBER 2010
JANGKA MASA : 3 JAM

ARAHAN :

1. BAHAGIAN A (WAJIB) : JAWAB **SEMUA** SOALAN.
2. BAHAGIAN B (PILIHAN) : JAWAB **TIGA (3)** SOALAN SAHAJA.
3. SIMBOL YANG DIGUNAKAN MEMPUYAI TAKRIFAN YANG LAZIM KECUALI JIKA DINYATAKAN SEBALIKNYA.

KERTAS SOALAN INI MENGANDUNGI EMPAT BELAS (14) MUKA SURAT

BAHAGIAN A (WAJIB) : JAWAB SEMUA SOALAN

- S1** (a) Suatu sistem mekanikal seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah S1(a)** dikenakan anjakan $x_3(t)$ dengan merujuk kepada rujukan.
- (i) Tentukan dua persamaan gerakan yang tidak bersandar
 - (ii) Dapatkan persamaan gerakan dalam sebutan penjelmaan Laplace dengan mengangap semua keadaan awal adalah sifar
 - (iii) Lakarkan graf aliran isyarat yang mewakili persamaan sistem tersebut
 - (iv) Dapatkan hubungkait antara $X_1(s)$ sebagai keluaran dan $X_3(s)$ sebagai masukan dengan menggunakan formula aliran isyarat Gandaan Mason
- (13 markah)
- (b) Ringkaskan gambarajah bongkah yang ditunjukkan dalam **Rajah S1(b)** kepada satu bongkah, $T(s) = C(s)/R(s)$. (7 markah)
- S2** Pertimbangkan sebuah sistem putaran mekanikal seperti ditunjukkan dalam **Rajah S2**, di mana D adalah pemalar peredam and K adalah pemalar spring. Sekiranya input, $f(t)$ adalah unit langkah, tentukan
- (a) Tentukan:
- (i) rangkap pindah $T(s) = X(s)/F(s)$,
 - (ii) nilai pemalar K dan D yang menghasilkan respons dengan masa puncak T_p ialah 2 saat dan masa penganapan T_s ialah 1 saat,
 - (iii) peratus lajukan %OS, masa naik T_r dan ralat $e(\infty)$,
 - (iv) nilai kutub-kutub, dan
 - (v) sifat sistem tersebut. (samaada sambutan lampau redaman, sambutan kurang redaman, sambutan tanpa redaman atau sambutan redaman ringan),
- (16 markah)

- (b) Berdasarkan jawapan daripada S2(a)
- (i) Lakarkan kedudukan kutub-kutub tersebut pada satah-s,
 - (ii) Lakarkan graf sambutan langkah tertib bagi sistem tersebut dan tunjukkan lokasi dan nilai bagi peratus lanjakan %OS, masa naik T_r , masa puncak T_p , masa penganapan T_s dan ralat $e(\infty)$ dalam graf tersebut.

(20 markah)

Diberi:

$$T(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

$$T_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}}$$

$$s_1, s_2 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$e(\infty) = \lim_{s \rightarrow 0} sR(s)[1 - T(s)]$$

$$\%OS = 100 e^{-(\zeta\pi / \sqrt{1 - \zeta^2})}$$

$$T_s = \frac{4}{\zeta\omega_n}$$

BAHAGIAN B (PILIHAN) : JAWAB TIGA (3) SOALAN SAHAJA

- S3 (a) Sebuah sistem putaran mekanikal seperti dalam *Rajah S3* digunakan untuk tujuan penyelidikan makmal. Komponen dalam *Rajah S3* perlu direkabentuk agar ia memberikan spesifikasi;

Peratus lajukan M_p adalah 20%

Masa pengenapan T_s adalah 2s bagi masukan unit langkah daya kilas $T(t)$.

- (i) Tentukan rangkap pindah $G(s) = \frac{\theta(s)}{T(s)}$ bagi sistem di atas.
 (ii) Kirakan nilai J dan D agar ia memenuhi spesifikasi di atas.

Diberi:

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad T_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}}$$

$$s_1, s_2 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad \zeta = \frac{-\ln(\%OS/100)}{\sqrt{\pi^2 + \ln^2(\%OS/100)}}$$

$$\%OS = 100 e^{-(\zeta\pi / \sqrt{1 - \zeta^2})} \quad T_s = \frac{4}{\zeta\omega_n}$$

(12 markah)

- (b) Rangkap pindah yang mentakrifkan pertalian antara voltan masukan V , dengan daya kilas keluaran τ , untuk satu motor DC boleh diwakili oleh rangkap pindah sistem tertib pertama. Satu ujikaji sambutan masa untuk voltan masukan $6 V$ telah memberikan daya kilas keadaan mantap bernilai 20 Ncm dan motor mengambil masa 0.4 saat untuk mencapai daya kilas 12.6 Ncm. Perolehi rangkap pindah untuk motor DC ini.

(8 markah)

- S4** a) Jelaskan menggunakan contoh yang sesuai mengapa spesifikasi ralat keadaan mantap adakalanya perlu dinyatakan apabila merekabentuk sesuatu sistem kawalan.
- (5 markah)
- (b) Gambarajah blok bagi sebuah sistem kawalan mekanikal diberikan seperti dalam **Rajah S4**.
- (i) Tentukan nilai K agar sistem tersebut mempunyai spesifikasi ralat keadaan mantap bernilai 10%.
- (ii) Dengan menggunakan nilai pemalar K yang diperolehi dalam (b)(i) di atas, tentukan adakah sistem dalam **Rajah S4** stabil?
- (15 markah)
- S5** a) Terangkan dengan jelas 2 (dua) kelebihan menggunakan Teknik Londar Punca berbanding analisa Sambutan Masa dalam merekabentuk sistem kawalan.
- (3 markah)
- b) Rangkap pindah gelung buka bagi sistem kawalan kincir angin diberikan sebagai:
- $$G(s) = \frac{K(s+2)(s-4)}{(s^2+6s+25)}$$
- (i) Plotkan kesemua sifar dan kutub pada kertas graf linear. Tunjukkan pengiraan-pengiraan berikut: sudut-sudut asimptot, sentroid bagi asimptot, nilai s bagi ppersilangan di paksi khayalan dan titik pecah masuk.
- (ii) Lakarkan keseluruhan londar punca, dan pastikan londar pada paksi nyata ditunjukkan dengan jelas.

- (iii) Kemudian tentukan nilai pemalar K pada titik di mana londar bersilang dengan garisan nisbah redaman, $\zeta = 0.5$.

(17 markah)

[Arahan: Gunakan skala 4 cm : 1 unit bagi kedua-dua paksi, dan pilih bahagian panjang kertas graf sebagai paksi nyata]

- S6 (a) Berikan penjelasan ringkas mengenai rajah Bode.

(3 markah)

- (b) Rangkap pindah bagi sistem peleraai kertas elektrik diberikan sebagai,

$$G(s) = \frac{10K}{s(1+0.1s)(1+0.02s)}$$

- i) Lakarkan Rajah Bode untuk sistem di atas jika diberi $K=1$.
- ii) Tentukan nilai jidar gandaan dan jidar fasa daripada lakaran rajah Bode di bahagian (b)(i).

(17 markah)

PART A (COMPULSORY): ANSWER ALL THE QUESTIONS

Q1 (a) A mechanical system as shown in **Figure Q1(a)** is subjected to a known displacement $x_3(t)$ with respect to the reference.

- (i) Determine the two independent equations of motion
- (ii) Obtain the equations of motion in terms of the Laplace transform, assuming that the initial conditions are zero
- (iii) Sketch a signal-flow graph representing the system of equation
- (iv) Obtain the relationship between $X_1(s)$ as the output and $X_3(s)$ as the input by using mason's signal flow gain formula

(13 marks)

(b) Simplify the block diagram shown in **Figure Q1(b)** to a single block, $T(s) = C(s)/R(s)$.

(7 marks)

Q2 Consider the rotational mechanical system shown in **Figure Q2**, where D is the coefficient of viscous damper and K is a spring constant. If the input signal, $f(t)$ is a unit step,

(a) Determine;

- (i) the transfer function of $T(s) = X(s)/F(s)$,
- (ii) the value of D and K to yield a response with settling time T_s of 2 seconds and peak time T_p of 1 second,
- (iii) the percent overshoot $\%OS$, rise time T_r and steady-state error $e(\infty)$ of the system response,
- (iv) the locations of the poles, and
- (v) the nature of the transient response (undamped, underdamped, critically damped or overdamped).

(16 marks)

(b) Using the answers from Q2(a)

- (i) Plot the system's poles in the s-plane, and
- (ii) Sketch the time response graph of the system and indicate the location and value of rise time T_r , peak time T_p , percent overshoot %OS, settling time T_s and steady-state error $e(\infty)$ in the graph.

(4 marks)

Given :

$$T(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

$$T_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}}$$

$$s_1, s_2 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$e(\infty) = \lim_{s \rightarrow 0} sR(s)[1 - T(s)]$$

$$\%OS = 100 e^{-(\zeta\pi / \sqrt{1 - \zeta^2})}$$

$$T_s = \frac{4}{\zeta\omega_n}$$

PART B (OPTIONAL): ANSWER THREE (3) QUESTIONS ONLY

- Q3 (a)** A mechanical rotational system as shown in *Rajah S3* is to be developed for the research purpose. The design must incorporate below specification

Percent overshoot, M_p of 20%

Settling time T_s is 2s for a step input of torque $T(t)$.

- (i) Develop the transfer function of $G(s) = \frac{\theta(s)}{T(s)}$ for the above system
- (ii) Calculate the value of J and D for it to fulfill the specifications.

Given;

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad T_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1-\zeta^2}}$$

$$s_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad \zeta = \frac{-\ln(\%OS/100)}{\sqrt{\pi^2 + \ln^2(\%OS/100)}}$$

$$\%OS = 100 e^{-(\zeta\pi/\sqrt{1-\zeta^2})} \quad T_s = \frac{4}{\zeta\omega_n}$$

(12 marks)

- (b) The transfer function that relates input voltage V , with the output torque τ , for a DC motor can be described to behave in first order system. Time response test have been conducted using input voltage of 6 V, can produce steady state output torques of 20 Ncm, and the motor needs only 0.4 seconds to reach output torque of 12.6 Ncm. Develop the transfer function for this DC motor.

(8 marks)

- Q4** a) Explain with the aid of an example, the importance of specifying the steady state error specifications in some control design problems. (5 marks)
- b) The block diagram of a mechanical control system unit is given in *Rajah S4*.
- i) Find the value of K so that there is 10% error in the steady state.
- ii) Using the value of gain K obtained from (b)(i) above, decide whether the system is stable or not? (15 marks)

- Q5** a) Explain clearly 2 (two) advantages of using Root Locus method over Time Response analysis in control design problems. (4 marks)
- b) Given a unity feedback system of a windmill control system has a forward transfer function of;

$$G(s) = \frac{K(s+2)(s-4)}{(s^2 + 6s + 25)}$$

- (i) Plot all zeros and poles on the linear graph paper. Show the method of calculation for; asymptote angle, centroid for asymptotes, value of s at the imaginary-axis crossing and break-in point
- (ii) Sketch the overall root locus. Make sure the loci at the real axis are clearly shown.
- (iii) Find the gain K at the point where the locus crosses the damping ratio line of $\zeta = 0.5$.

(17 marks)

[Instructions; Use the scale of 4 cm : 1 unit for both axes and choose the longer side of the graph paper as the real axis.]

Q6 (a) Give a brief explanation of Bode diagram.

(3 marks)

(b) The transfer function of an electric shredding machine system is given by ;

$$G(s) = \frac{10K}{s(1+0.1s)(1+0.02s)}$$

i) Sketch the Bode diagram for the system above if $K=1$.

ii) Determine the gain and phase margins from the Bode diagram sketched in section (b)(i).

(17 marks)

PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER/SESI
NAMA KURSUS

:SEMESTER I 2010/ 2011 PROGRAM
:KEJURUTERAAN KAWALAN KOD KURSUS

: BDA
: BDA3073

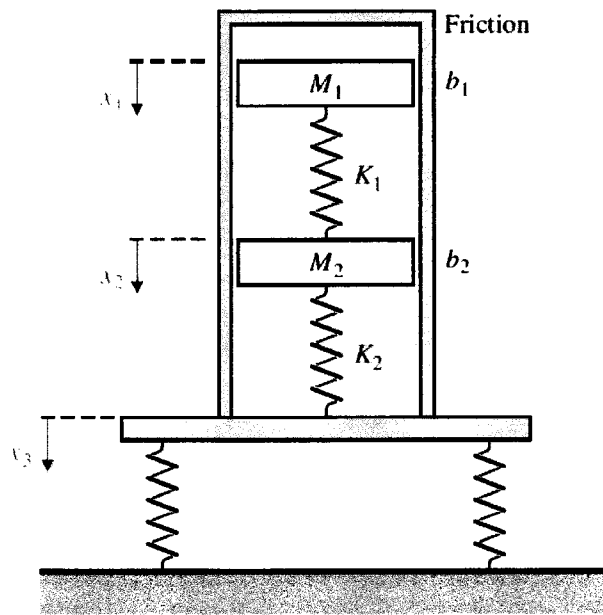


Figure Q1(a)/ Rajah S1(a)

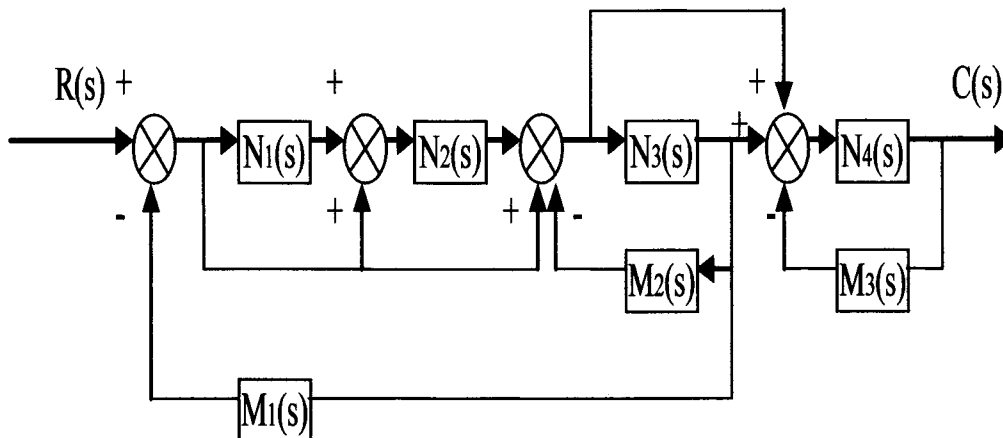


Figure Q1(b)/ Rajah S1(b)

PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER/SESI	:SEMESTER I 2010/2011	PROGRAM	: BDA
NAMA KURSUS	:KEJURUTERAAN KAWALAN	KOD KURSUS	: BDA3073

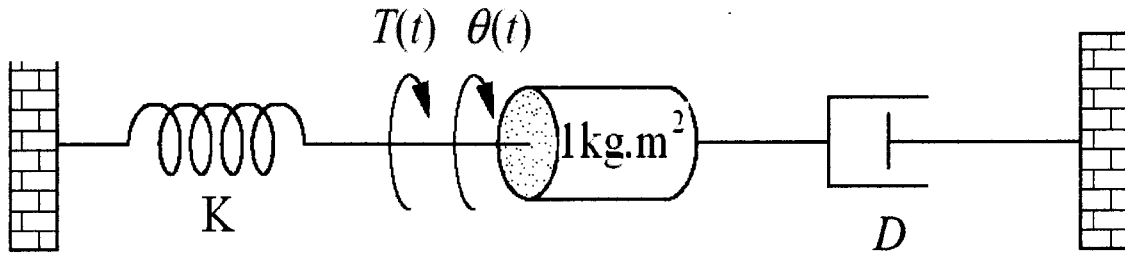


Figure Q2/ Rajah S2

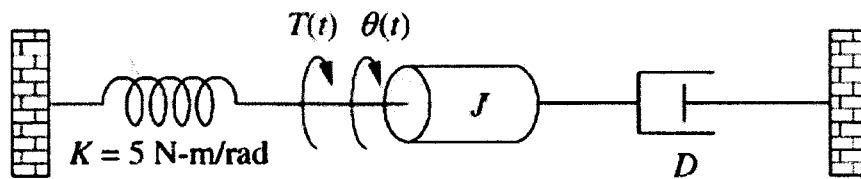


Figure Q3 / Rajah S3

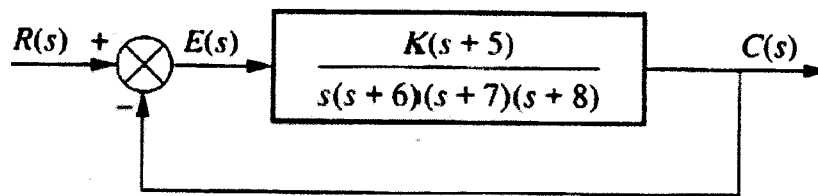


Figure Q4 / Rajah S4

PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER/SESI
NAMA KURSUS:SEMESTER I 2010/2011 PROGRAM
:KEJURUTERAAN KAWALAN KOD KURSUS: BDA
: BDA3073

Table 2-1: Laplace Transform Pairs

	$f(t)$	$F(s)$
1.	Unit impulse $\delta(t)$	1
2.	Unit step $1(t)$	$1/s$
3.	t	$1/s^2$
4.	$\frac{t^{n-1}}{(n-1)!}$ ($n=1,2,3,\dots$)	$\frac{1}{s^n}$
5.	t^n ($n=1,2,3,\dots$)	$\frac{n!}{s^{n+1}}$
6.	e^{-at}	$\frac{1}{s+a}$
7.	te^{-at}	$\frac{1}{(s+a)^2}$
8.	$\frac{1}{(n-1)!} t^{n-1} e^{-at}$ ($n=1,2,3,\dots$)	$\frac{1}{(s+a)^n}$
9.	$t^n e^{-at}$ ($n=1,2,3,\dots$)	$\frac{n!}{(s+a)^{n+1}}$
10.	$\sin \omega t$	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$
11.	$\cos \omega t$	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$
12.	$\sinh \omega t$	$\frac{\omega}{s^2 - \omega^2}$
13.	$\cosh \omega t$	$\frac{s}{s^2 - \omega^2}$
14.	$\frac{1}{a}(1 - e^{-at})$	$\frac{1}{s(s+a)}$
15.	$\frac{1}{b-a}(e^{-at} - e^{-bt})$	$\frac{1}{(s+b)(s+a)}$
16.	$\frac{1}{b-a}(be^{-bt} - ae^{-at})$	$\frac{s}{(s+b)(s+a)}$
17.	$\frac{1}{ab} \left[1 + \frac{1}{a-b}(be^{-at} - ae^{-bt}) \right]$	$\frac{1}{s(s+b)(s+a)}$
20.	$e^{-at} \sin \omega t$	$\frac{\omega}{(s+a)^2 + \omega^2}$
21.	$e^{-at} \cos \omega t$	$\frac{s+a}{(s+a)^2 + \omega^2}$