



UNIVERSITI TUN HUSSEIN ONN MALAYSIA

PEPERIKSAAN AKHIR SEMESTER II SESI 2009 / 2010

NAMA MATA PELAJARAN : KEJURUTERAAN KAWALAN

KOD MATA PELAJARAN : BDA3073

KURSUS : BDD

TARIKH PEPERIKSAAN : APRIL / MEI 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 DUA BELAS (12) MUKA SURAT

BAHAGIAN A (WAJIB) : JAWAB SEMUA SOALAN

S1 Pertimbangkan sebuah sistem mekanikal seperti ditunjukkan dalam **Rajah S1**, 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 4 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. (samada sambutan lampau redaman, sambutan kurang redaman, sambutan tanpa redaman atau sambutan redaman ringan),

(b) Berdasarkan jawapan daripada S1(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 lajukan $\%OS$, masa naik T_r , masa puncak T_p , masa penganapan T_s dan ralat $e(\infty)$ dalam graf tersebut.

Diberi:

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

$$s_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad e(\infty) = \lim_{s \rightarrow 0} sR(s)[1 - T(s)]$$

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

(20 markah)

- S2** (a) Diberi persamaan pembezaan berikut, selesaikan untuk $y(t)$ sekiranya semua keadaan awal adalah sifar dan isyarat masukan, $u(t)$ adalah unit langkah. Gunakan Penjelmaan Laplace.

$$\frac{d^2y}{dt^2} + 2\frac{dy}{dt} + 5y = 3u(t)$$

- (b) Tentukan rangkap pindah, $\theta_2(s)/T(s)$, bagi sistem putaran seperti ditunjukkan dalam **Rajah S2(b)**. Batang besi disokong oleh gelas di salah satu penghujung dan mengalami kilasan. Dayakilas dihasilkan di kiri, dan peralihan diukur di kanan.
- (c) Ringkaskan gambarajah bongkah yang ditunjukkan dalam **Rajah S2(c)** kepada satu bongkah, $T(s) = C(s)/R(s)$.

(20 markah)

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

- S3** (a) Di dapati bahawa sebuah sistem kawalan automatik bagi sistem ketuhar mempunyai gambarajah blok seperti di dalam **Rajah S3**. Beberapa parameter pada pengawal sistem ketuhar ini perlu direkabentuk agar ia memenuhi spesifikasi seperti ini:

Masa puncak T_p adalah 2 saat

Masa penganapan T_s untuk sistem gelung tertutup adalah 4 saat

- (i) Kirakan nilai K_1 dan K_2 agar ia memenuhi spesifikasi di atas.
 (ii) Kirakan Peratus Lajakan M_p untuk sistem dalam **Rajah S3** ini.

(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) Dengan menggunakan contoh yang sesuai, terangkan maksud kestabilan dan bagaimana anda dapat membezakan antara sistem kawalan yang stabil dan tidak stabil.

(5 markah)

- (b) Rangkap pindah gelung buka bagi satu sistem kawalan suap - balik unit adalah diberikan sebagai:

$$G(s) = \frac{K(s+20)}{s(s+2)(s+3)}$$

- (i) Tentukan julat nilai K agar sistem gelung tertutup menjadi stabil.

(12 markah)

- (ii) Terangkan perkaitan antara kedudukan kutub di paksi kompleks dengan kriteria Routh Hurwitz.

(3 markah)

- S5 a) Jelaskan dengan ringkas tujuan membina londa punca. (4 markah)

- b) Rangkap pindah bagi sistem kawalan lengan humanoid diberikan sebagai:

$$G(s) = \frac{K}{s(s^2 + 2s + 2)}$$

- (i) Plotkan kesemua sifar dan kutub pada kertas graf linear. Tunjukkan pengiraan-pengiraan berikut: sudut-sudut asimptot, sentroid bagi asimptot, dan sudut berlepas meninggalkan kutub kompleks.
- (ii) Lakarkan keseluruhan londa punca, dan pastikan londa pada paksi nyata ditunjukkan dengan jelas.
- (iii) Kemudian tentukan titik operasi S_m (kutub) bagi nisbah redaman, $\zeta = 0.5$. Tentukan juga frekuensi-frekuensi tabii (ω_n and ω_d) dan gandaan K pada titik operasi ini.

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

(16 markah)

- S6 a) Dengan berbantuan lakaran yang sesuai, terangkan syarat kestabilan dari rajah Bode. (4 markah)

- b) Rangkap pindah bagi sebuah mesin pengisar automatik diberikan seperti berikut:

$$G(s) = \frac{8000}{s(2s + 20)(s + 40)}$$

- (i) Plot rajah Bode pada kertas graf semilog ATAU plot rajah Nyquist pada kertas graf polar.
- (ii) Kemudian tentukan jidar gandaan dan jidar fasa.
- (iii) Nyatakan samada sistem itu stabil atau tidak.

(16 markah)

PART A (COMPULSORY): ANSWER ALL THE QUESTIONS

Q1 Consider the translational mechanical system shown in **Rajah S1**, 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
- the transfer function of $T(s) = X(s)/F(s)$,
 - the value of D and K to yield a response with settling time T_s of 4 seconds and peak time T_p of 1 second,
 - the percent overshoot $\%OS$, rise time T_r and steady-state error $e(\infty)$ of the system response,
 - the locations of the poles, and
 - the nature of the transient response (undamped, underdamped, critically damped or overdamped).
- (b) Using the answers from S1(a)
- Plot the system's poles in the s-plane, and
 - 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.

Given :

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

$$s_1, s_2 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad e(\infty) = \lim_{s \rightarrow 0} sR(s)[1 - T(s)]$$

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

(20 marks)

- Q2** (a) Given the following differential equation, solve for $y(t)$ if all initial conditions are zero and the input signal $u(t)$ is a unit step. Use the Laplace transform.

$$\frac{d^2y}{dt^2} + 2\frac{dy}{dt} + 5y = 3u(t)$$

- (b) Find the transfer function, $\theta_2(s)/T(s)$, for the rotational system shown in **Rajah S2(b)**. The rod is supported by bearings at either end and is undergoing torsion. A torque is applied at the left, and the displacement is measured at the right.
- (c) Reduce the block diagram shown in **Rajah S2(c)** to a single block, $T(s) = C(s)/R(s)$.

(20 marks)

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

- Q3** (a) An automatic control system for an oven system can be represented by the block diagram as shown in **Rajah S3**. Some parameter for the controller of the system needs to be designed in order to fulfill the specifications listed below:

Peak time T_p is 2 sec.

Settling time, T_s for the closed loop system is 4 sec.

- (i) Calculate the value for K_1 and K_2 in order to fulfill the specifications.
 (ii) Calculate the percentage overshoot M_p for the system in **Rajah S3**.

(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) Using an appropriate examples, explain what is stability and how can we differentiate between a stable system and an unstable system.

(5 marks)

- (b) The forward transfer function for a unity feedback system is given as

$$G(s) = \frac{K(s+20)}{s(s+2)(s+3)}$$

- (i) Find the range of K to make the closed-loop system stable.

(12 marks)

- (ii) Explain the relationship between poles location in the complex plane and Routh Hurwitz criterion.

(3 marks)

- Q4** (a) Give a brief explanation on the purpose of constructing a root locus. (4 marks)

- (b) The open loop transfer function of a humanoid's arm control system is given as:

$$G(s) = \frac{K}{s(s^2 + 2s + 2)}$$

- (i) Clearly locate all poles and zeros on a linear graph paper. Provide calculations for the following: asymptote angles, centroid for asymptotes, and departure angle from complex pole.
- (ii) Plot the complete root locus, with the locus on the real axis is clearly shown.
- (iii) Then determine the operational point, S_m (poles) for damping ratio, $\zeta = 0.5$. Also determine natural frequencies (ω_n and ω_d) and gain K at this operational point.

[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.]

(16 marks)

- Q6** (a) Using a suitable sketch, explain the stability conditions from Bode diagram. (4 marks)

- (b) The transfer function of an automatic shredding machine is given as follows:

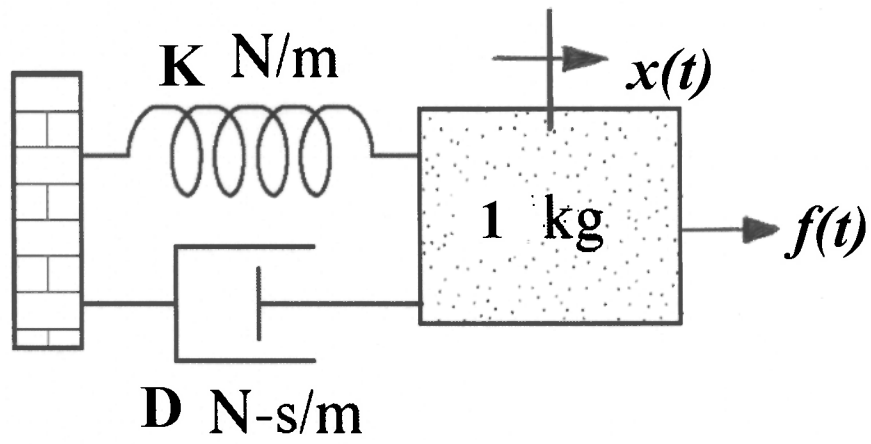
$$G(s) = \frac{8000}{s(2s + 20)(s + 40)}$$

- (i) Plot a Bode diagram on a semilog graph paper **OR** plot a Nyquist diagram on a polar graph paper.
- (ii) Then determine the gain margin and the phase margin.
- (iii) State whether the system is stable or unstable.

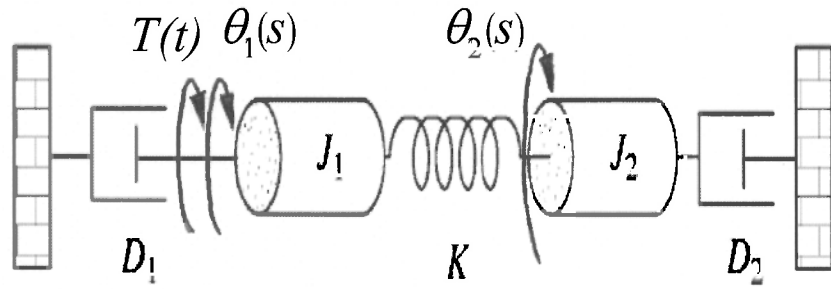
(16 marks)

PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER/SESI	:SEMESTER II/2009/10	KURSUS	: BDD
MATAPELAJARAN	:KEJURUTERAAN KAWALAN	KOD MATA PELAJARAN	: BDA3073



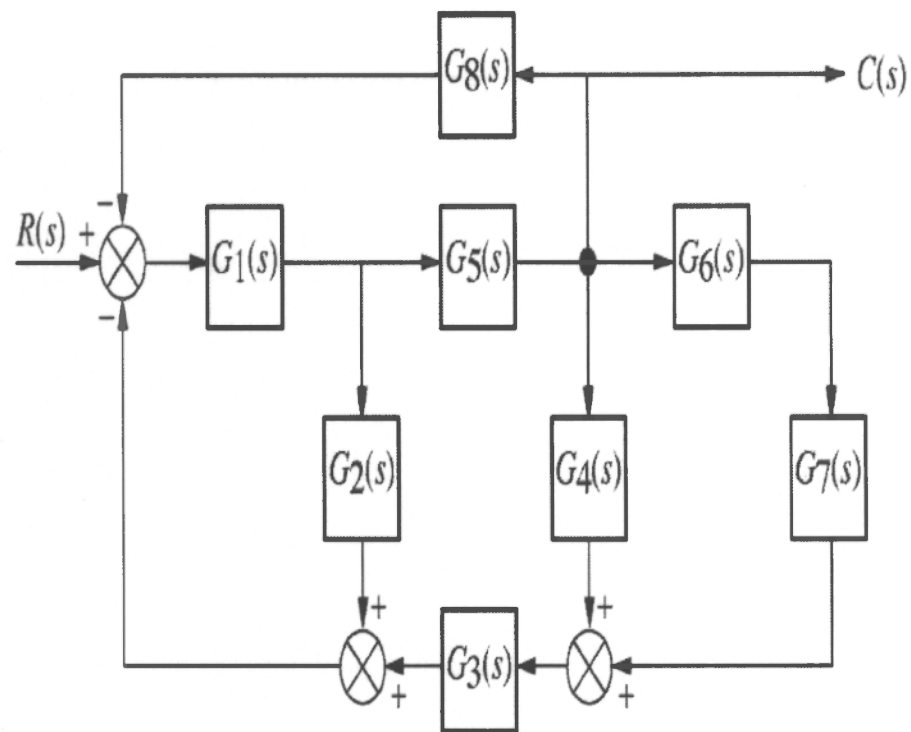
Rajah S1



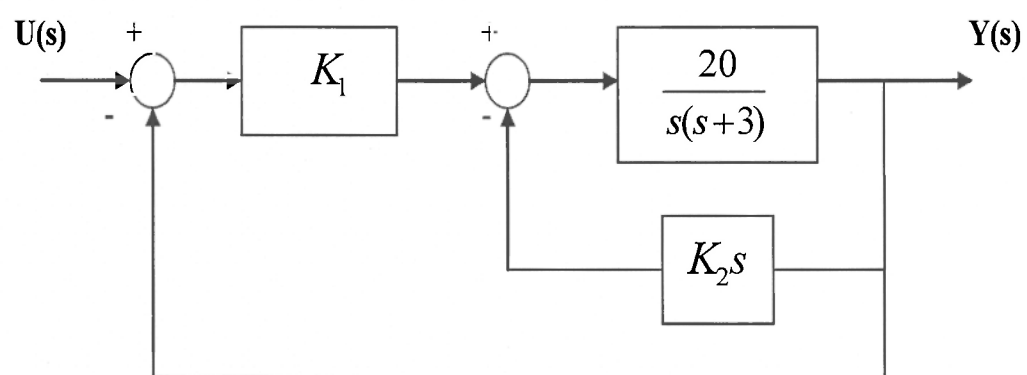
Rajah S2(b)

PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER/SESI :SEMESTER II/2009/10 KURSUS : BDD
 MATAPELAJARAN :KEJURUTERAAN KAWALAN KOD MATA PELAJARAN : BDA3073



Rajah S2(c)



Rajah S3

PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER/SESI : SEMESTER II/2009/10 KURSUS : BDD
 MATAPELAJARAN : KEJURUTERAAN KAWALAN KOD MATA PELAJARAN : 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.	$\frac{t^{n-1}}{(n-1)!}$ ($n=1,2,3,K$)	$\frac{1}{s^n}$
5.	t^n ($n=1,2,3,K$)	$\frac{n!}{s^{n+1}}$
6.	e^{-at}	$\frac{1}{s+a}$
7.	te^{-at}	$\frac{1}{(s+a)^2}$
8.	$\frac{1}{(n-1)!} t^{n-1} e^{-at}$ ($n=1,2,3,K$)	$\frac{1}{(s+a)^n}$
9.	$t^n e^{-at}$ ($n=1,2,3,K$)	$\frac{n!}{(s+a)^{n+1}}$
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.	$e^{-at} \cos \omega t$	$\frac{s+a}{(s+a)^2 + \omega^2}$

