

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama  
Sidang Akademik 2010/2011

November 2010

## **EEE 350 – SISTEM KAWALAN**

Masa : 3 Jam

---

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEBELAS** muka surat beserta Lampiran DUA muka surat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Kertas soalan ini mengandungi **ENAM** soalan.

Jawab **LIMA** soalan.

Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.

Agihan markah bagi setiap soalan diberikan di sudut sebelah kanan soalan berkenaan.

Jawab semua soalan dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris atau kombinasi kedua-duanya.

**[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai].**

*"In the event of any discrepancies, the English version shall be used".*

1. (a) Pertimbangkan satu sistem yang diwakili oleh persamaan kebezaan diungkapkan seperti di bawah.

Consider a system represented by the differential equation described as below.

$$\frac{d^2y}{dt^2} + 3\frac{dy}{dt} + 2y = e^{-3t}$$

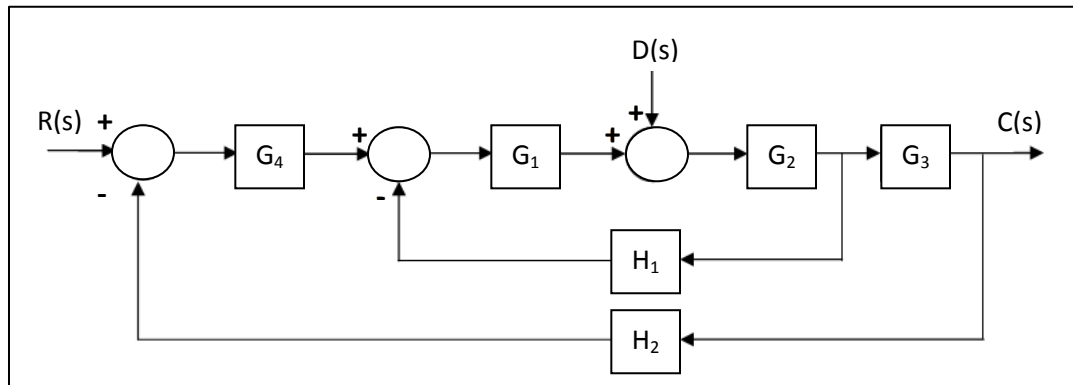
Diberi nilai-nilai awalan,  $y(0) = 3, \frac{dy(0)}{dt} = 1$ , selesaikan persamaan tersebut dan tentukan sambutan,  $y(t)$ .

Given the initial conditions,  $y(0) = 3, \frac{dy(0)}{dt} = 1$ , solve the equation and determine the response,  $y(t)$ .

(30%)

- (b) Perhatikan gambarajah blok suatu sistem kawalan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1. Dengan mengubahsuai blok kepada transformasi-transformasi yang bersesuaian dan mengandaikan keadaan-keadaan yang perlu, ringkaskan gambarajah untuk mendapatkan fungsi pindah,  $C(s)/R(s)$  dan  $C(s)/D(s)$  bagi sistem tersebut.

Observe the block diagram of a control system shown in Figure 1. By rearranging the block into appropriate transformations and assuming to necessary conditions, simplify the diagram to obtain the transfer function of  $C(s)/R(s)$  and  $C(s)/D(s)$  of the system.



Rajah 1  
Figure 1

(70%)  
...3/-

2. (a) Suatu litar penguat kendalian berfungsi sebagai penuras mendahulu-menyusul ditunjukkan seperti dalam Rajah 2.

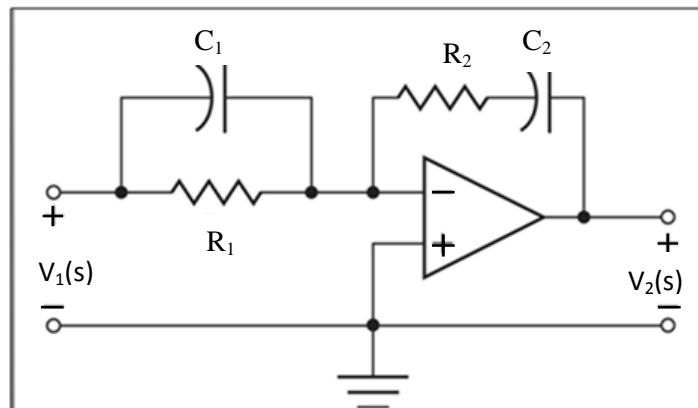
*An operational amplifier circuit acts as a lead-lag filter is shown in Figure 2.*

- (i) Carikan fungsi pindah  $V_2(s)/V_1(s)$ . Andaikan penguat kendalian tersebut adalah unggul.

*Find the transfer function  $V_2(s)/V_1(s)$ . Assume an ideal op-amp.*

- (ii) Tentukan  $V_2(s)/V_1(s)$  bila  $R_1=100\Omega$ ,  $R_2=200\Omega$ ,  $C_1=1\mu F$  dan  $C_2=0.1\mu F$ .

*Determine  $V_2(s)/V_1(s)$  when  $R_1=100\Omega$ ,  $R_2=200\Omega$ ,  $C_1=1\mu F$ , and  $C_2=0.1\mu F$ .*

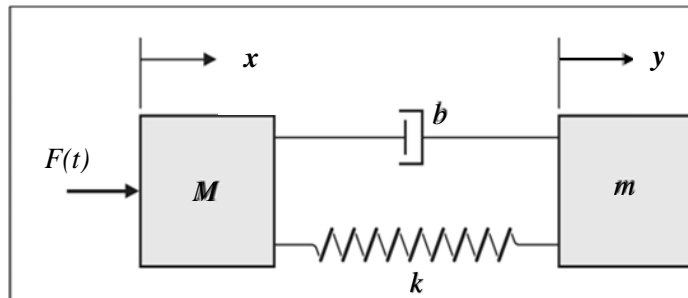


Rajah 2  
Figure 2

(30%)

- (b) Suatu model jisim-spring-peredam bagi sebuah lengan robot yang digunakan untuk mencengkam beban yang berat ditunjukkan seperti dalam Rajah 3. Dengan menyelidiki semua persamaan gerakan yang bertindak ke atas sistem tersebut, dapatkan fungsi pindah bagi  $Y(s)/F(s)$ .

*A mass-spring-damper model of a robot arm used to grip a heavy load is shown in Figure 3. By investigating all the equation of motions governing the system, obtain the transfer function  $Y(s)/F(s)$ .*



Rajah 3  
Figure 3

(35%)

- (c) Suatu sistem kawalan suapbalik tunggal mempunyai masukan, keluaran dan proses dilabelkan sebagai  $R(s)$ ,  $Y(s)$  dan  $G(s)$ .

*A unity feedback control system has an input, output and process labelled as  $R(s)$ ,  $Y(s)$  and  $G(s)$ .*

- (i) Cari fungsi pindah gelung tertutup,  $T(s) = Y(s)/R(s)$  bila  
*Find the closed-loop transfer function,  $T(s) = Y(s)/R(s)$  when*

$$G(s) = \frac{10}{s^2 + 9s + 10}$$

...5/-

- (i) Tentukan kutub-kutub dan sifar-sifar bagi  $T(s)$ .  
*Determine the poles and zeros of  $T(s)$ .*
- (ii) Dapatkan pengembangan pecahan bahagian bagi  $Y(s)$  jika masukan ialah satu unit langkah  $R(s) = 1/s$ .  
*Obtain the partial fraction expansion for  $Y(s)$  if the input is a unit step of  $R(s) = 1/s$ .*
- (iii) Kirakan  $y(t)$ .  
*Compute  $y(t)$ .*

(35%)

3. (a) Gunakan kriteria Routh-Hurwitz untuk menganalisa kestabilan satu sistem kawalan suapbalik tunggal yang mempunyai satu proses dinyatakan sebagai

*Use the Routh-Hurwitz criterion to analyse the stability of the unity feedback control system having a process described as*

$$G(s) = \frac{K}{s^2 + 1s + 2s + 5}$$

- (i) Kenalpasti julat  $K$  untuk kestabilan.  
*Identify the range of  $K$  for stability.*
- (ii) Tentukan nilai  $K$ , frekuensi ayunan dan lokasi sebenar bagi kutub-kutub gelung tertutup apabila sistem berada pada kestabilan jidar.

*Determine the value of  $K$ , frequency of oscillation and actual location of the closed-loop poles when the system is marginally stable.*

- (iii) Lakarkan lokasi kutub-kutub tersebut pada satah  $s$ .  
*Sketch the location of the poles on the  $s$ -plane.*

(40%)

...6/-

- (b) Rajah 4 menunjukkan dua sistem. Sistem I ialah satu sistem servo kedudukan. Sistem II ialah satu sistem servo kedudukan dengan suapbalik halaju. Nilai prestasi kedua-dua sistem ini dengan melakukan analisa sambutan unit langkah.

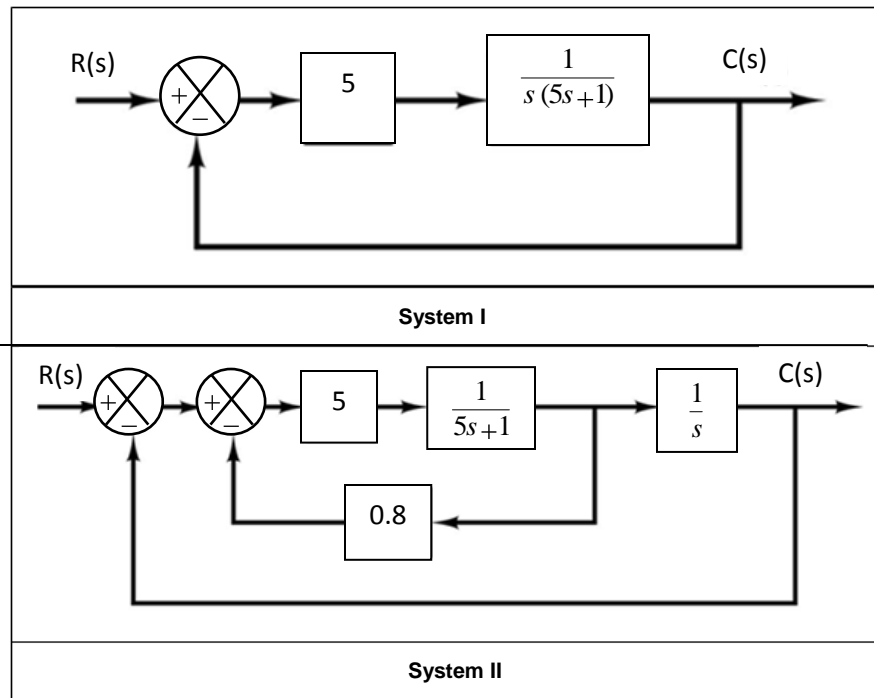
*Figure 4 shows two systems. System I is a positional servo system. System II is a positional servo system with velocity feedback. Evaluate the performance of the two systems by conducting the unit step response analysis.*

- (i) Dengan mengambil kira kelajuan sambutan, sistem yang manakah boleh dianggap paling baik? Tentusahkan jawapan anda.

*Which system is the best with respect to the speed of the response? Justify your answer.*

- (ii) Dengan mengambil kira lajukan maksimum, sistem yang manakah boleh dianggap paling baik dari segi kestabilan relatifnya? Tentusahkan jawapan anda.

*Which system shows the best relative stability with respect to the maximum overshoot obtained? Justify your answer.*

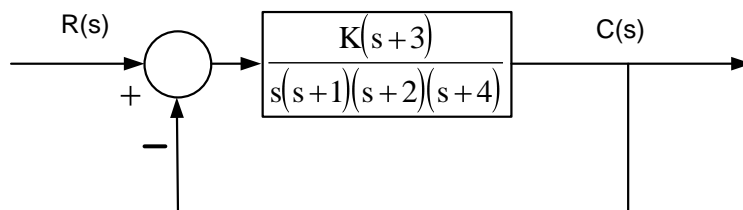


Rajah 4  
Figure 4

(60%)

4. (a) Untuk sistem dalam Rajah 5, cari kekerapan dan gandaan,  $K$ , di mana londar punca melintasi paksi khayalan. Apakah julat  $K$  adalah sistem yang stabil?

*For the system in Figure 5, find the frequency and gain,  $K$ , for which the root locus crosses the imaginary axis. For what range of  $K$  is the system stable?*



Rajah 5  
Figure 5

...8/-

**Petunjuk:** Rangkap pindah untuk sistem gelung tertutup ialah

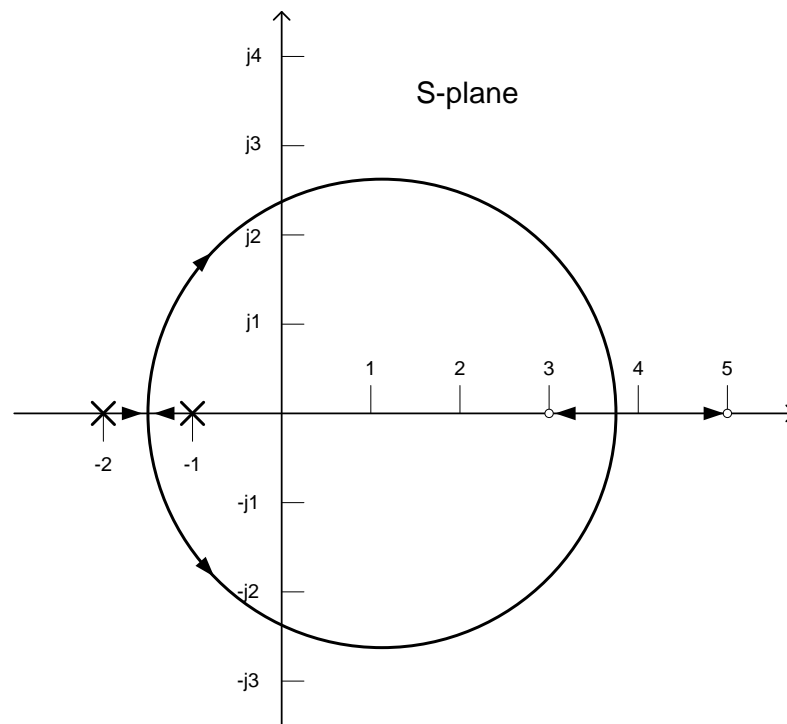
**Hint:** *The closed-loop transfer function for the system is*

---

(20%)

- (b) Cari titik lolos dan titik putus bagi gelung tertutup dalam Rajah 6 dengan menggunakan perbezaan kalkulus.

*Find the breakaway and break-in points for the root locus in Figure 6 below using differential calculus.*



Rajah 6  
Figure 6

(30%)

...9/-



- (c) Plot londa punca untuk sistem kawalan gelung tertutup dengan

*Plot the root loci for the closed-loop control system with*

\_\_\_\_\_ ,

Tunjukkan kutub gelung-buka dan sifar pada satah kompleks dan lakarkan pada gambarajah londa punca.

*Locate the open-loop poles and zero on the complex plane and sketch the root-locus diagram.*

**Petunjuk:** Londa punca wujud pada paksi nyata negatif antara \_\_\_\_\_ dan \_\_\_\_\_. Kerana rangkap pindah untuk gelung-buka melibatkan dua kutub dan satu sifar, ada kemungkinan bahawa ada londa punca bulat.

**Hint:** *A root locus exists on the negative real axis between \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. Since the open-loop transfer function involves two poles and one zero, there is a possibility that a circular root loci exists.*

(50%)

- 5. (a) Perhatikan rangkaian yang diberikan oleh

*Consider the network given by*



Tentukan samada ini adalah rangkaian mendahulu atau rangkaian menyusul.

*Determine whether this network is a lead network or lag network.*

(40%)

...10/-

(b) Perhatikan rangkap pindah

*Consider a transfer function*

\_\_\_\_\_

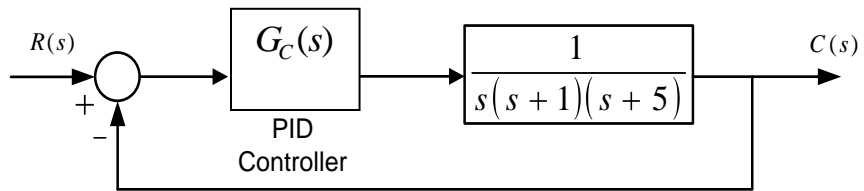
Siasat kestabilan sistem dengan mencari magnitud dan sudut fasa dari sistem di atas.

*Investigate system stability by finding the magnitude and phase angle of the system above.*

(60%)

6. (a) Perhatikan sistem kawalan yang ditunjukkan dalam Rajah 7 di mana pengawal PID digunakan untuk mengawal sistem ini.

*Consider the control system shown in Figure 7 in which a PID controller is used to control the system.*



Rajah 7  
Figure 7

Pengawal PID mempunyai rangkap pindah  
*The PID controller has transfer function*

\_\_\_\_\_

(i) Cari nilai  $\zeta$  .  
*Find the value  $\zeta$  .* (40%)

(ii) Cari rangkap pindah untuk pengawal PID dengan menguna kaedah kedua dari aturan Ziegler-Nichols.

*Find the transfer function of the PID controller by using the second method of Ziegler-Nichols rules.*

(60%)

**Petunjuk:** Peraturan Ziegler-Nichols Tuning Mengikut Gandaan Genting dan Kala Genting (Kaedah Kedua).

**Hint:** Ziegler-Nichols Tuning Rule Based on Critical Gain and Critical Period (Second Method).

Type of Controller			
P			
PI		—	
PID			

