

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

Peperiksaan Semester Cuti Panjang  
Sidang Akademik 1999/2000

April 2000

**IQK 224 – SISTEM KAWALAN**

Masa : [3 jam]

---

Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **LAPAN (8)** mukasurat (termasuk Lampiran) yang bercetak sebelum anda mulakan peperiksaan ini.

Jawab **LIMA (5)** soalan. Semua soalan mesti dijawab dalam Bahasa Malaysia.

1. (a) Terangkan istilah berikut dalam konteks sistem kawalan

- (i) penggerak
- (ii) isyarat gangguan
- (iii) isyarat suapbalik

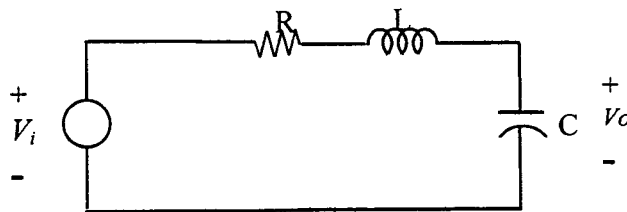
(6 markah)

(b) Dengan menggunakan suatu contoh yang sesuai, bincangkan perbezaan antara sistem kawalan gelung terbuka dengan sistem kawalan gelung tertutup.

(6 markah)

(c) Dapatkan rangkap pindah  $\frac{V_o(s)}{V_i(s)}$  dalam domain-s bagi sistem elektrik yang ditunjukkan dalam Rajah 1.

(8 markah)



Rajah 1

2. (a) Dapatkan jelmaan Laplace songsang bagi rangkap berikut

$$(i) \quad F(s) = \frac{(s+3)}{(s+1)(s+2)}$$

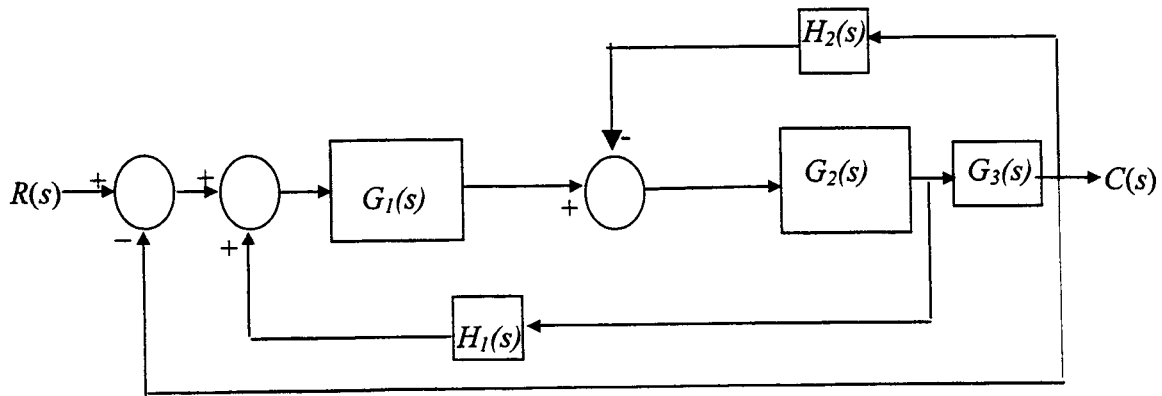
Dengan menggunakan keputusan bahagian (i), dapatkan jelmaan Laplace songsang bagi rangkap berikut

$$(ii) \quad F(s) = \frac{s^3 + 5s^2 + 9s + 7}{(s+1)(s+2)}$$

(10 markah)

- (b) Dapatkan rangkap pindah  $\frac{C(s)}{R(s)}$  bagi sistem yang ditunjukkan dalam Rajah 2 dengan menggunakan cara ringkasan gambarajah blok.

(10 markah)



Rajah 2

3. (a) Terangkan istilah berikut yang digunakan dalam sambutan fana sistem kawalan

- (i) masa naik
- (ii) masa puncak
- (iii) kelajakan maksimum

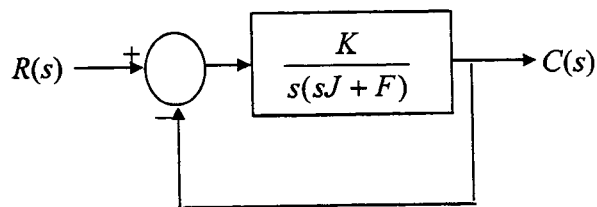
(6 markah)

- (b) Rajah 3 menunjukkan suatu sistem kawalan suapbalik unit. Dapatkan

- (i) nisbah redaman
- (ii) frekuensi tabii tak teredam

bagi sistem tersebut dalam sebutan  $K$ ,  $J$ , dan  $F$ .

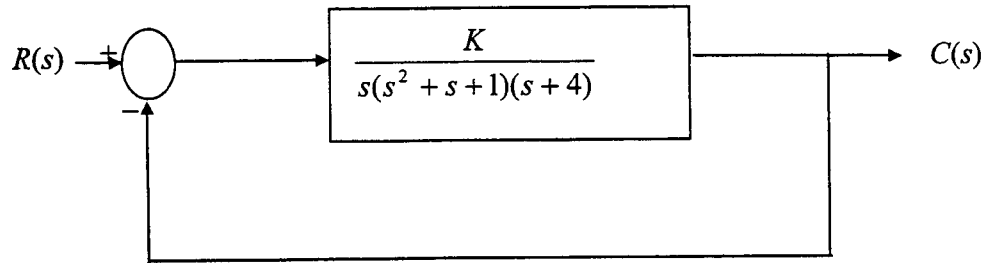
(6 markah)



Rajah 3

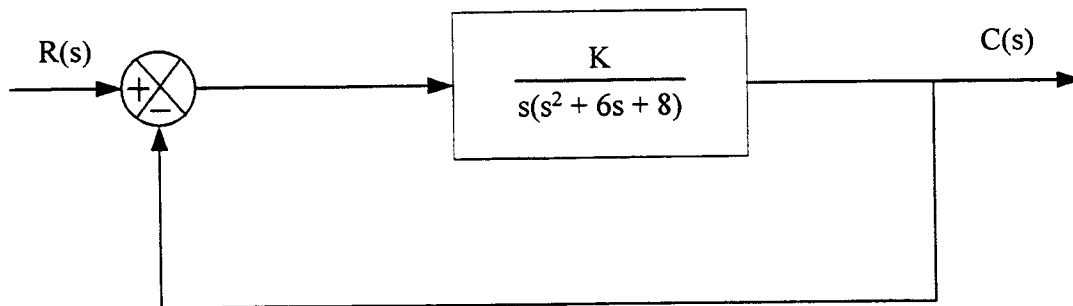
- (c) Pertimbangkan sistem kawalan suapbalik unit yang ditunjukkan dalam Rajah 4. Dapatkan persamaan ciri sistem, dan seterusnya tentukan julat  $K$  untuk kestabilan dengan menggunakan tatasusunan Routh.

(8 markah)



Rajah 4

4. (a) Pertimbangkan satu sistem suapbalik seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4(a).



Rajah 4(a)

- (i) Tentukan kutub-kutub dan sifar-sifar bagi sistem dalam Rajah 4(a).  
(2 markah)
- (ii) Dengan menggunakan peraturan yang sesuai, lakarkan londar yang berada di atas paksi nyata. Terangkan peraturan yang anda gunakan.  
(2 markah)

- (iii) Hitung sudut-sudut asimptot apabila  $s$  menghampiri infiniti.  
(2 markah)
- (iv) Tentukan titik silangan asimptot pada paksi nyata.  
(2 markah)
- (v) Tentukan titik pecah dalam londar di atas.  
(2 markah)
- (vi) Dapatkan nilai gandaan  $K$  yang sepadan apabila londar melalui paksi khayalan.  
(2 markah)
- (vii) Seterusnya plotkan londar punca bagi sistem di atas.  
(2 markah)
- (b) Pertimbangkan satu sistem yang mempunyai rangkap pindah gelung ke depan,  $G(s)$  dan rangkap pindah gelung suapbalik,  $H(s)$  seperti berikut :-

$$G(s) = \frac{K(s+3)}{(s-10)}, \quad H(s) = \frac{s+2}{s+1}$$

- (i) Dapatkan kutub-kutub gelung terbuka dan sifar-sifar gelung terbuka bagi sistem di atas.  
(2 markah)
- (ii) Dengan menggunakan kriterium kestabilan Routh, tunjukkan bahawa terdapat titik londar yang melalui paksi khayal. Dapatkan nilai gandaan  $K$  dan titik pada paksi khayal yang sepadan.

(4 markah)

5. (a) Keputusan dalam Jadual 5 diperolehi daripada satu ujian sambutan frekuensi gelung terbuka yang dijalankan ke atas suatu sistem kawalan :-

<b>Frekuensi (rad/s)</b>	0.1	0.5	1.0	5.0	10.0	50.0	100.0
<b>Log-magnitud (dB)</b>	37	24	17	-5	-19	-60	-78
<b>Sudut fasa</b>	-90°	-105°	-124°	-186°	-214°	-256°	-266°

Jadual 5

- (i) Plotkan gambarajah Bode untuk sistem kawalan tersebut.  
(4 markah)
- (ii) Daripada gambarajah Bode tersebut, anggarkan nilai jidar gandaan dan jidar fasa.  
(2 markah)
- (iii) Buat ulasan tentang kestabilan sistem kawalan tersebut.  
(2 markah)
- (b) Plotkan gambarajah Bode untuk sistem yang mempunyai rangkap pindah gelung terbuka,  $G(s) = \frac{20(s+3)}{s(2+s)}$ . Tunjukkan jalan kerja yang lengkap.  
(12 markah)
6. (a) (i) Nyatakan dan terangkan dengan ringkas apakah yang dimaksudkan dengan kriteria kestabilan Nyquist.  
(4 markah)
- (ii) Dengan memberikan contoh yang sesuai, terangkan bila dan bagaimanakah kaedah gambarajah Nyquist berguna dalam menentukan keadaan kestabilan sistem.  
(4 markah)

- (b) Pertimbangkan satu sistem yang mempunyai rangkap pindah gelung terbuka berikut :-

$$G(s) = \frac{K}{s(3s+1)(0.2s+1)}$$

- (i) Plotkan gambarajah Nyquist untuk sistem tersebut apabila nilai gandaan K ialah 2. Tunjukkan jalan kerja anda untuk mendapatkan plot tersebut.  
(4 markah)
- (ii) Berdasarkan kepada maklumat yang didapati dari gambarajah Nyquist tersebut, adakah sistem tersebut stabil ?  
(4 markah)
- (iii) Buktikan jawapan anda dengan kriteria kestabilan Routh.  
(4 markah)

Lampiran—Jadual Jelmman Laplace

	$f(t)$	$F(s)$
1	Unit impulse $\delta(t)$	1
2	Unit step $1(t)$	$\frac{1}{s}$
3	1	$\frac{1}{s^2}$
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	$\frac{1}{b-a}(e^{-at} - e^{-bt})$	$\frac{1}{(s+a)(s+b)}$
16	$\frac{1}{b-a}(be^{-bt} - ae^{-at})$	$\frac{s}{(s+a)(s+b)}$
17	$\frac{1}{ab} \left[ 1 + \frac{1}{a-b}(be^{-bt} - ae^{-at}) \right]$	$\frac{1}{s(s+a)(s+b)}$

18	$\frac{1}{a^2}(1 - e^{-at} - ate^{-at})$	$\frac{1}{s(s+a)^2}$
19	$\frac{1}{a^2}(at - 1 + e^{-at})$	$\frac{1}{s^2(s+a)}$
20	$e^{-at} \sin \omega t$	$\frac{\omega}{(s+a)^2 + \omega^2}$
21	$e^{-at} \cos \omega t$	$\frac{s+a}{(s+a)^2 + \omega^2}$
22	$\frac{\omega \omega_n}{\sqrt{1-\xi^2}} e^{-\xi \omega_n t} \sin \omega_n \sqrt{1-\xi^2} t$	$\frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi \omega_n s + \omega_n^2}$
23	$-\frac{1}{\sqrt{1-\xi^2}} e^{-\xi \omega_n t} \sin(\omega_n \sqrt{1-\xi^2} t - \phi)$ $\phi = \tan^{-1} \frac{\sqrt{1-\xi^2}}{\xi}$	$\frac{s}{s^2 + 2\xi \omega_n s + \omega_n^2}$
24	$1 - \frac{1}{\sqrt{1-\xi^2}} e^{-\xi \omega_n t} \sin(\omega_n \sqrt{1-\xi^2} t + \phi)$ $\phi = \tan^{-1} \frac{\sqrt{1-\xi^2}}{\xi}$	$\frac{\omega_n^2}{s(s^2 + 2\xi \omega_n s + \omega_n^2)}$
25	$1 - \cos \omega t$	$\frac{\omega^2}{s(s^2 + \omega^2)}$
26	$\omega t - \sin \omega t$	$\frac{\omega^3}{s^2(s^2 + \omega^2)}$
27	$\sin \omega t - \omega t \cos \omega t$	$\frac{2\omega^3}{(s^2 + \omega^2)^2}$
28	$\frac{1}{2\omega} t \sin \omega t$	$\frac{s}{(s^2 + \omega^2)^2}$
29	$t \cos \omega t$	$\frac{s^2 - \omega^2}{(s^2 + \omega^2)^2}$
30	$\frac{1}{\omega_1^2 - \omega_2^2} (\cos \omega_1 t - \cos \omega_2 t)$ ( $\omega_1^2 + \omega_2^2$ )	$\frac{s}{(s^2 + \omega_1^2)(s^2 + \omega_2^2)}$
31	$\frac{1}{2\omega} (\sin \omega t + \omega t \cos \omega t)$	$\frac{s^2}{(s^2 + \omega^2)^2}$