
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2001/2002

Februari 2002

IQK 224/3 - SISTEM KAWALAN

Masa : 3 jam

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEMBILAN muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab mana-mana LIMA soalan. Semua soalan mesti dijawab dalam Bahasa Malaysia.

...2/-

1. (a) Dengan menggunakan suatu gambarajah blok yang sesuai, terangkan terminologi berikut dalam konteks sistem kawalan.

- (i) isyarat ralat;
- (ii) gangguan;
- (iii) laluan ke depan;
- (iv) laluan suapbalik

(12 markah)

- (b) Dapatkan Jelmaan Laplace songsang bagi persamaan berikut:

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

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

(8 markah)

2. (a) (i) Terangkan operasi suatu sistem lampu isyarat trafik yang menggunakan konsep kawalan gelung terbuka di suatu persimpangan jalan.

- (ii) Cadangkan suatu cara untuk menggunakan konsep kawalan gelung tertutup ke atas sistem lampu isyarat tersebut.

(8 markah)

- (b) Ciri-ciri bagi suatu sistem dinamik boleh dihuraikan dengan menggunakan persamaan kebezaan tertib kedua berikut:

$$M\ddot{y} + C\dot{y} + Ky = 0, \text{ dengan keadaan awal } y(0) = y_0$$

Dengan menggunakan teknik Jelmaan Laplace,

- (i) dapatkan suatu persamaan dalam domain Laplace bagi keluaran sistem, $Y(s)$

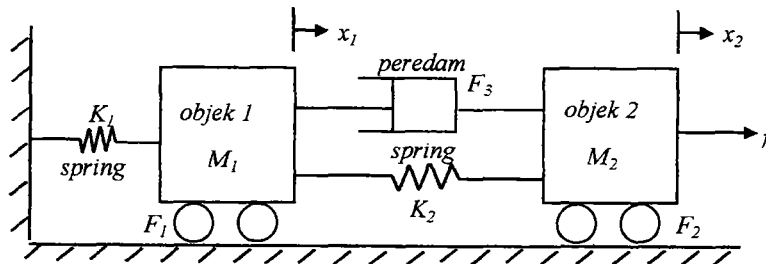
- (ii) Diberi $\frac{C}{M} = 3$, $\frac{K}{M} = 2$, and $y(0) = 1$, dapatkan suatu persamaan dalam domain masa bagi keluaran sistem, $y(t)$, bagi $t > 0$

(12 markah)

...3/-

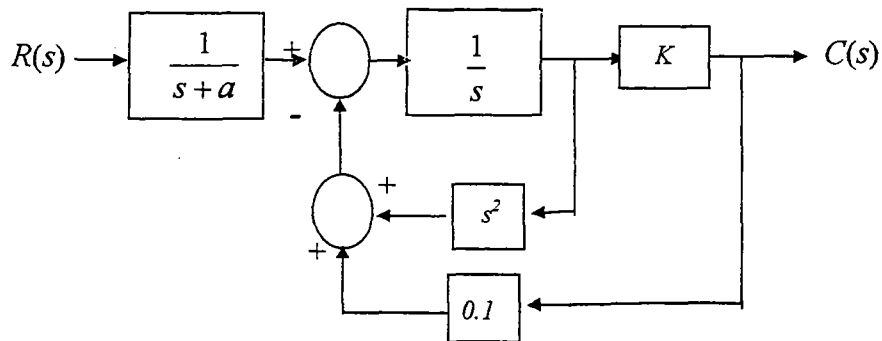
3. (a) Merujuk kepada Rajah 3(a), dapatkan model matematik bagi sistem tersebut dalam domain Laplace apabila daya input, f , dikenakan ke atas objek 1 dan 2. Anggapkan semua keadaan awal adalah sifar. (12 markah)

- f — daya input
- x_1, x_2 — sesaran objek 1 & 2
- M_1, M_2 — jisim objek 1 & 2
- K_1, K_2 — ketegangan spring 1 & 2
- F_1, F_2, F_3 — pemalar geseran bagi objek 1 & 2, dan peredam



Rajah 3(a)

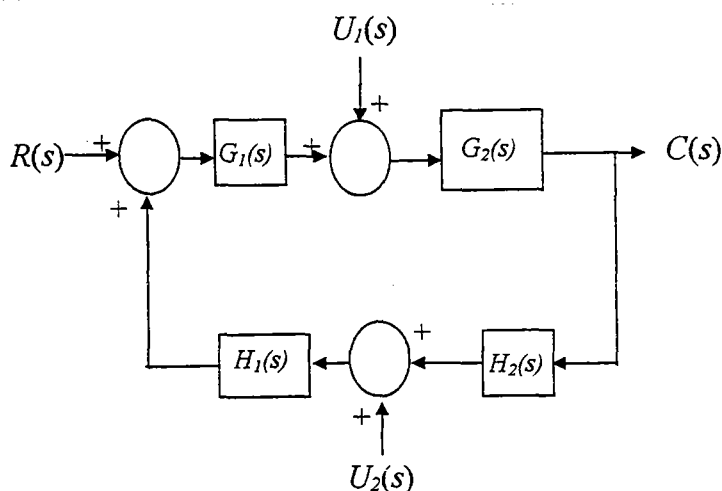
- (b) Merujuk kepada Rajah 3(b),
- (i) lukiskan graf aliran isyarat bagi sistem tersebut;
 - (ii) dengan menggunakan peraturan Mason, dapatkan rangkap pindah $\frac{C(s)}{R(s)}$ bagi sistem tersebut. Tunjukkan dengan jelasny setiap langkah dalam menggunakan peraturan Mason.
- (8 markah)



Rajah 3(b)

4. (a) Dengan menganggap sistem kawalan yang ditunjukkan dalam Rajah 4(a) adalah linear, dapatkan output $C(s)$ apabila masukan $R(s)$, $U_1(s)$, dan $U_2(s)$ dikenakan.

(8 markah)



Rajah 4(a)

- (b) Rajah 4(b) menunjukkan suatu gambarajah blok bagi suatu sistem kawalan proses. Rangkap pindah proses tersebut adalah

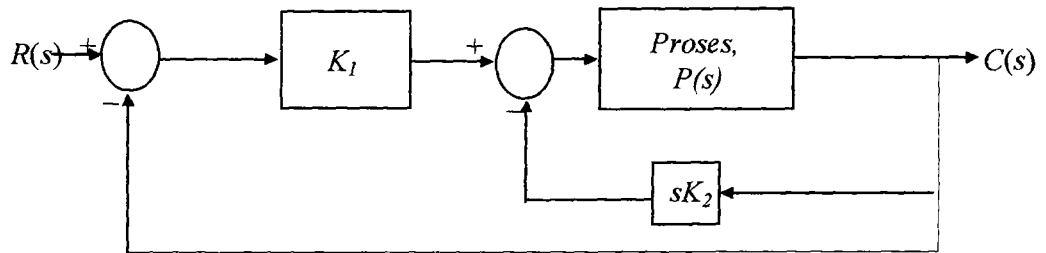
$$P(s) = \frac{1}{s(s+1)}$$

Gandaan K_1 and K_2 mengawal ralat keseluruhan dan kadar ralat yang disuapbalik ke atas proses tersebut.

- (i) tentukan nilai K_1 and K_2 bagi suatu sistem tertib kedua dengan rangkap pindah gelung tertutup yang mempunyai nisbah redaman 0.6, dan frekuensi tabii teredam 10 rad/sec.
- (ii) Apakah peratusan terlajak output sistem tersebut apabila suatu input langkah unit, $R(s) = \frac{1}{s}$, dikenakan? Gunakan nilai K_1 dan K_2 dari bahagian (i).
- (iii) Dapatkan masa puncak bagi sambutan sistem apabila suatu input langkah unit, $R(s) = \frac{1}{s}$, dikenakan? Gunakan nilai K_1 dan K_2 dari bahagian (i).

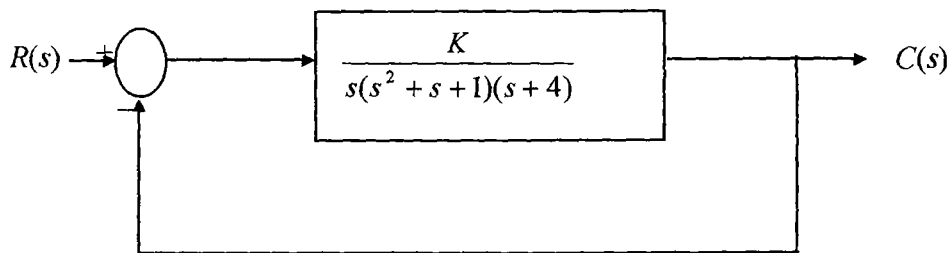
(12 markah)

...5/-



Rajah 4(b)

5. (a) Pertimbangkan sistem suapbalik unit yang ditunjukkan dalam Rajah 5(a).
- dapatkan persamaan ciri bagi sistem tersebut;
 - tentukan julat K yang menjamin kestabilan sistem dengan menggunakan kriterium kestabilan Routh.
- (8 markah)



Rajah 5(a)

- (b) Lakarkan gambarajah londar punca bagi sistem yang mempunyai rangkap pindah gelung terbuka berikut.
- (12 markah)

$$G(s)H(s) = \frac{K}{s(s+1)(s+3)(s+4)}$$

Tunjukkan dengan jelasnya setiap langkah yang diambil ketika membuat lakaran londar punca anda.

...6/-

6. (a) Lakarkan (secara hampiran) gambarajah Bode bagi suatu sistem kawalan yang mempunyai rangkap pindah gelung terbuka dalam domain frekuensi seperti berikut.

$$G(j\omega)H(j\omega) = \frac{1 + j\omega/2 - (\omega/2)^2}{j\omega(1 + j\omega/0.5)(1 + j\omega/4)}$$

(12 markah)

Tunjukkan dengan jelasnya setiap langkah yang diambil ketika membuat lakaran gambarajah Bode anda.

- (b) Lakarkan gambarajah Nyquist bagi suatu sistem suapbalik unit yang mempunyai rangkap pindah ke depan dalam domain frekuensi seperti berikut:

$$G(j\omega) = \frac{K(1 - j\omega)}{j\omega + 1}$$

Apakah julat K yang dapat menjamin kestabilan sistem tersebut?

(8 markah)

Lampiran—Jadual Jelmaan Laplace

	$x(t)$	$X(s)$
1	Unit impulse, $\delta(t)$	1
2	Unit step, $1(t)$	$\frac{1}{s}$
3	t	$\frac{1}{s^2}$
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	$\frac{1}{b-a}(be^{-bt} - ae^{-at})$	$\frac{s}{(s+a)(s+b)}$

...8/-

17	$\frac{1}{ab} \left[1 + \frac{1}{a-b} (be^{-at} - ae^{-bt}) \right]$	$\frac{1}{s(s+a)(s+b)}$
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	$\frac{\omega_n}{\sqrt{1-\zeta^2}} e^{-\zeta\omega_n t} \sin(\omega_n \sqrt{1-\zeta^2} t)$	$\frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$
23	$-\frac{1}{\sqrt{1-\zeta^2}} e^{-\zeta\omega_n t} \sin(\omega_n \sqrt{1-\zeta^2} t - \phi)$ $\phi = \tan^{-1} \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta}$	$\frac{s}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$
24	$1 - \frac{1}{\sqrt{1-\zeta^2}} e^{-\zeta\omega_n t} \sin(\omega_n \sqrt{1-\zeta^2} t + \phi)$ $\phi = \tan^{-1} \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta}$	$\frac{\omega_n^2}{s(s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2)}$
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	$\frac{1}{\omega_2^2 - \omega_1^2} (\cos \omega_1 t - \cos \omega_2 t) \quad (\omega_1^2 \neq \omega_2^2)$	$\frac{s}{(s^2 + \omega_1^2)(s^2 + \omega_2^2)}$

...9/-

- 9 -

31	$\frac{1}{2\omega}(\sin \omega t + \omega t \cos \omega t)$	$\frac{s^2}{(s^2 + \omega^2)^2}$
----	---	----------------------------------

- oooOooo -