
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2003/2004

Februari/Mac 2004

JEE 450 – SISTEM KAWALAN

Masa : 3 jam

ARAHAN KEPADA CALON:

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEPULUH (10)** muka surat berserta Lampiran (1 mukasurat) bercetak dan **ENAM (6)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

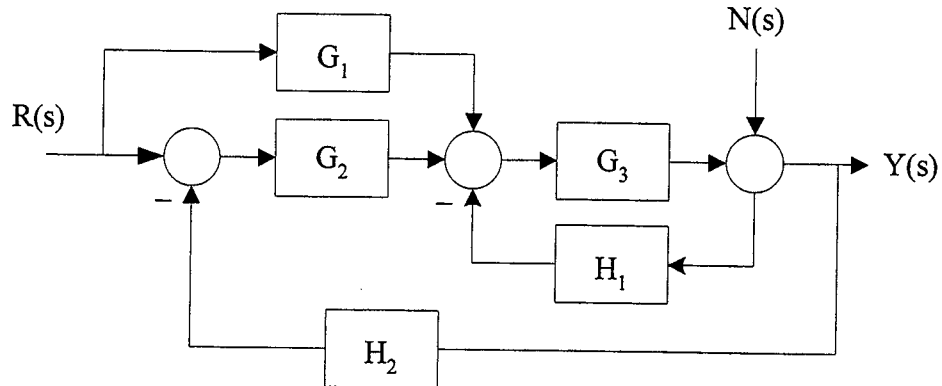
Jawab **LIMA (5)** soalan.

Agihan markah bagi soalan diberikan disut sebelah kanan soalan berkenaan.

Jawab semua soalan di dalam Bahasa Malaysia.

...2/-

1. Gambarajah blok untuk suatu sistem kawalan ditunjukkan dalam Rajah 1,
The block diagram for a control system is shown in Figure 1,



Rajah 1

Figure 1

- (a) Tentukan fungsi pindah berikut menggunakan kaedah permudahan blok diagram:

Determine the following transfer functions using block diagram simplification procedure.

(i) $\left. \frac{Y(s)}{R(s)} \right|_{N=0}$ (20%)

(ii) $\left. \frac{Y(s)}{N(s)} \right|_{R=0}$ (20%)

- (b) Nyatakan $Y(s)$ dalam sebutan $R(s)$ dan $N(s)$ bila masukan-masukan tersebut diberikan secara serentak.

Express $Y(s)$ in term of $R(s)$ and $N(s)$ when the inputs are applied simultaneously.

(10%)

...3/-

(c) Lukiskan graf aliran isyarat yang setara bagi sistem dalam Rajah 1.
Draw the equivalent signal flow graph for the system in Figure 1.

(25%)

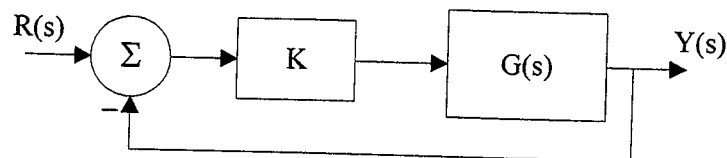
(d) Gunakan formula untung Mason kepada graf aliran isyarat dalam (c) dan nyatakan $Y(s)$ dalam sebutan $R(s)$ dan $N(s)$.

Apply Mason gain formula to the signal flow graph in (c) and express $Y(s)$ in terms of $R(s)$ and $N(s)$.

(25%)

2. Satu sistem kawalan suapbalik dengan pengawal perkadaran diwakili oleh Rajah 2,

A feedback control system with proportional controller is represented by Figure 2,



Rajah 2

Figure 2

Jika

If

$$G(s) = \frac{8}{s^2 + 5s + 16}$$

dan $K = 1$,

and

...4/-

- (a) Berdasarkan fungsi pindah sistem gelung tertutup dan $R(s)$ ialah unit langkah tentukan:

Based on the open loop transfer function and $R(s)$ is a unit step determine.

(i) Frekuensi tabii, ω_n
Natural frequency, ω_n (7%)

(ii) Faktor lemati, ξ
Damping factor, ξ (8%)

(iii) Pemalar masa, T .
Time constant, T . (7%)

(iv) Masa pelesetan, t_s , kepada 5%.
Settling time, t_s , to 5%. (8%)

(v) Masa naik, t_r .
Rise time, t_r . (7%)

(vi) Peratus lajakan maksima.
Percentage maximum overshoot. (8%)

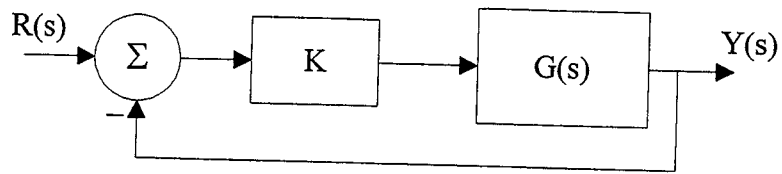
- (b) Tentukan fungsi pindah gelung tertutup sistem tersebut jika $K = 2$.
Determine the closed loop transfer function of the system if $K = 2$. (15%)

...5/-

- (c) Tentukan sambutan dan ralat keadaan mantap sistem gelung tertutup dalam (b) jika $R(s)$ ialah unit rampa.
Determine the response and steady state error for the closed loop system in (b) if $R(s)$ is a unit ramp.

(40%)

3. Gambarajah blok yang dipermudahkan untuk suatu sistem kawalan kepada satu relau ditunjukkan dalam Rajah 3.
The simplified block diagram of a feedback control system for a furnace is shown in Figure 3.



Rajah 3

Figure 3

Jika

If

$$G(s) = \frac{(s^2 + 2s + 1)}{s^2(s + 5)(s + 6)}$$

dan K ialah pengawal perkadaran,
and K is a proportional controller,

- (a) Tentukan persamaan ciri sistem dalam sebutan K .
Determine the characteristic equation of the system in term of K .

(20%)

...6/-

(b) Gunakan kaedah Routh-Hurwitz untuk menentukan:
Apply Routh-Hurwitz method to determine:

(i) Kesetabilan sistem tersebut jika $K = 2$.
The stability of the system if $K = 2$. (40%)

(ii) Julat K agar sistem tersebut kekal stabil.
The range of K so that the system remain stable. (40%)

4. Gambarajah blok suatu sistem kawalan dengan suapbalik takometer ditunjukkan dalam Rajah 4.

The block diagram for a control system with a tachometer feedback is shown in Figure 4.

(a) Tentukan persamaan ciri sistem tersebut.
Determine the characteristic equation of the system. (10%)

(b) Binakan londar punca bagi sistem tersebut untuk $K_1 \geq 0$, jika $K = 10$.
Construct the root locus of the system for $K_1 \geq 0$, if $K = 10$. (50%)

...7/-

- (c) Binakan londar punca bagi sistem tersebut untuk $K \geq 0$, jika $K_t = 0$.

Construct the root locus of the system for $K \geq 0$, if $K_t = 0$.

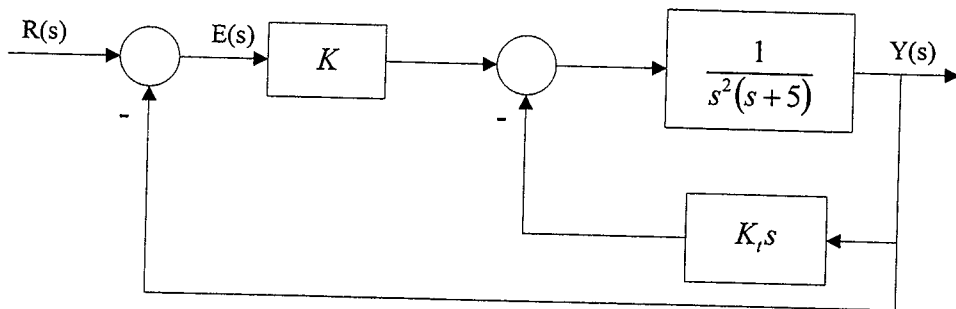
(40%)

Dalam setiap kes, tentukan sudut asimptot-asimptot, titik persilangan asimptot dan titik berpecah di atas paksi nyata.

In each case, determine the angle of asymptotes, asymptotes intersection point and breakaway points on real axis.

[Klu: $s^3 + 5s^2 + 10 = (s + 5.35)(s - 0.17 \pm j1.36)$;

Clue: $-2s^3 - 5s^2 + 10 = (s - 1.17)(s + 1.83 \pm j0.96)$



Rajah 4

Figure 4

...8/-

5. Fungsi pindah laluan hadapan bagi suatu sistem kawalan suapbalik untuk sistem kemudi suatu kapal diberikan seperti berikut:

A forward path transfer function of a unity feedback ship steering control system is given as:

$$G(s) = \frac{K(s+1)(s+5)}{s(s^2 + 2s + 4)}$$

- (a) Lakarkan lakaran Bode bagi sistem tersebut untuk $K = 1$ dan tandakan sut untung dan sut fasa di atas lakaran tersebut.
Sketch the Bode plot of the system for $K = 1$ and label the gain and phase margin on the plot.

(70%)

- (b) Anggarkan sut untung dan sut fasa berdasarkan lakaran Bode tersebut.
Estimate the value of gain margin and phase margin based on the Bode plot.

(10%)

- (c) Tentukan nilai K supaya sut untung sistem tersebut ialah 20dB.
Determine the value of K so that the gain margin of the system is 20dB.

(10%)

- (d) Jika $K = 10$, apakah sut fasa sistem tersebut?
If $K = 10$, what is the phase margin of the system?

(10%)

...9/-

6. Fungsi pindah gelung suatu sistem kawalan diberikan sebagai:

The loop transfer function of a control system is given as:

$$G(s)H(s) = \frac{K(s+1)}{s(s^2 + 2s + 4)}$$

- (a) Jika $K = 10$, lukiskan lakaran Nyquist bagi $G(j\omega)H(j\omega)$, untuk $\omega = 0$ hingga $\omega = \infty$, dan tandakan sut untung dan sut fasa di atas lakaran tersebut.

If $K = 10$, draw the Nyquist plot for $G(j\omega)H(j\omega)$, for $\omega = 0$ to $\omega = \infty$, and label the gain and phase margin on the plot.

(50%)

- (b) Tentukan secara analitik:

Determine analytically:

- (i) Sut untung bagi sistem gelung tertutup tersebut.

The gain margin of the closed loop system. (15%)

- (ii) Sut fasa bagi sistem gelung tertutup tersebut.

The phase margin of the closed loop system. (15%)

...10/-

- (c) Berdasarkan lakaran Nyquist in (a), lakarkan secara kasar lakaran Nyquist bagi sistem tersebut jika satu pengamir ditambah pada laluan hadapan sistem tersebut.

(Nota: Anda tidak perlu membuat sebarang pengiraan, hanya lakarkan bentuk umumnya sahaja).

Based on the Nyquist plot in (a), roughly sketch the Nyquist plot of the system if an integrator is added to the forward path of the system.

(Note: You do not have to do any calculation; just sketch the general shape only).

(20%)

ooo0ooo

Laplace Transform Table

1	Unit-impulse function $\delta(t)$
$\frac{1}{s}$	Unit-step function $u_s(t)$
$\frac{1}{s^2}$	Unit-ramp function t
$\frac{n!}{s^{n+1}}$	t^n ($n =$ positive integer)
$\frac{1}{s + \alpha}$	$e^{-\alpha t}$
$\frac{1}{(s + \alpha)^2}$	$te^{-\alpha t}$
$\frac{n!}{(s + \alpha)^{n+1}}$	$t^n e^{-\alpha t}$ ($n =$ positive integer)
$\frac{1}{(s + \alpha)(s + \beta)}$	$\frac{1}{\beta - \alpha} (e^{-\alpha t} - e^{-\beta t})$ ($\alpha \neq \beta$)
$\frac{s}{(s + \alpha)(s + \beta)}$	$\frac{1}{\beta - \alpha} (\beta e^{-\beta t} - \alpha e^{-\alpha t})$ ($\alpha \neq \beta$)
$\frac{1}{s(s + \alpha)}$	$\frac{1}{\alpha} (1 - e^{-\alpha t})$
$\frac{1}{s(s + \alpha)^2}$	$\frac{1}{\alpha^2} (1 - e^{-\alpha t} - \alpha t e^{-\alpha t})$
$\frac{1}{s^2(s + \alpha)}$	$\frac{1}{\alpha^2} (\alpha t - 1 + e^{-\alpha t})$
$\frac{1}{s^2(s + \alpha)^2}$	$\frac{1}{\alpha^2} \left[t - \frac{1}{\alpha} + \left(t + \frac{2}{\alpha} \right) e^{-\alpha t} \right]$

