
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.

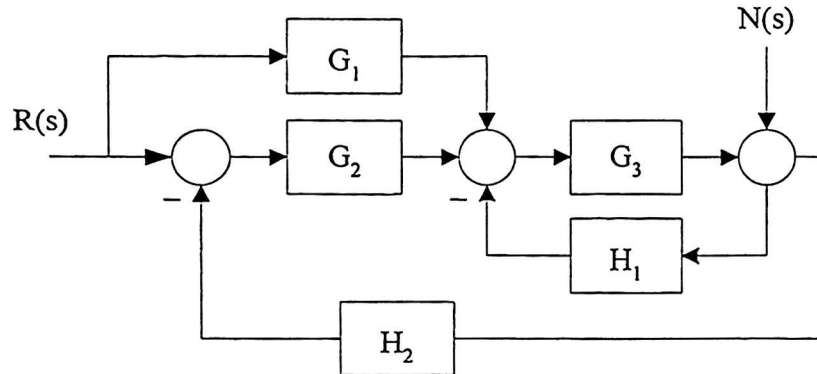
Jawab **LIMA (5)** soalan.

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 di bawah. The block diagram for a control system is shown in Figure 1,



Rajah 1
Figure 1

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

Determine the following transfer functions using block diagram simplification procedure:

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

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

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

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

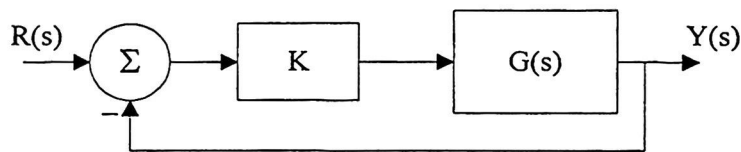
- (c) Lukiskan graf aliran isyarat yang setara bagi sistem dalam Rajah 1.
Draw the equivalent signal flow graph for the system in Figure 1.

(25%)

- (d) Gunakan formula untung Mason kepada graf aliran isyarat dalam (c) dan nyatakan $Y(s)$ dalam sebutan $R(s)$ dan $M(s)$.
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 unit langkah tentukan:

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

(i) Frekuensi tabii, ω_n
Natural frequency, ω_n

(ii) Faktor lemati, ξ
Damping factor, ξ

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

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

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

(vi) Peratus lajakan maksima.
Percentage maximum overshoot.

- (b) Tentukan fungsi pindah gelung tertutup sistem tersebut.
Determine the closed loop transfer function of the system

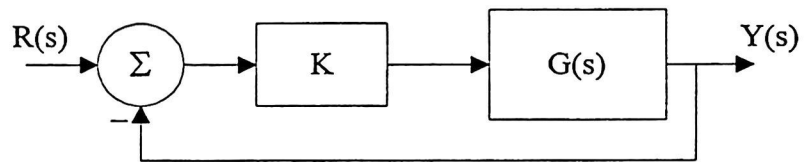
- (c) Tentukan sambutan dan ralat keadaan mantap sistem gelung tertutup dalam (b) jika $R(s)$ ialah unit rampa.

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 $K = 2$.
- (ii) Julat K agar sistem tersebut kekal stabil.
The range of K so that the system remain stable.
4. Gambarajah blok suatu sistem kawalan dengan suapbali ditunjukkan dalam Rajah 4.
The block diagram for a control system with a tachometer shown in Figure 4.
- (a) Tentukan persamaan ciri sistem tersebut.
Determine the characteristic equation of the system.
- (b) Binakan londar punca bagi sistem tersebut untuk $K_1 \geq 0$.
Construct the root locus of the system for $K_1 \geq 0$, if $K = 1$

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

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

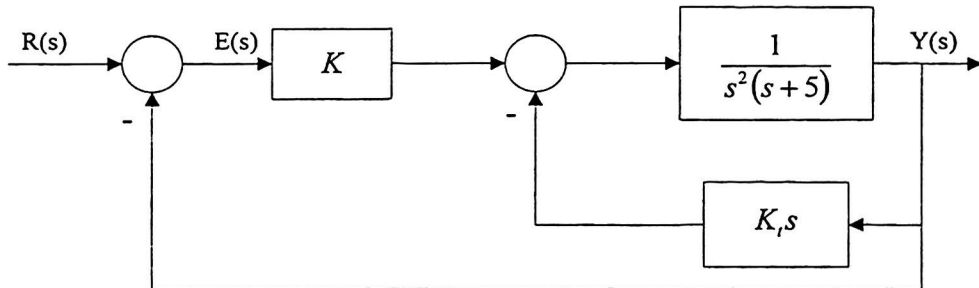
(40%)

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 su sistem kemudi suatu kapal diberikan seperti berikut:
A forward path transfer function of a unity feedback ship steering 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 tandakan sut untung dan sut fasa di atas lakaran tersebut.
Sketch the Bode plot of the system for $K = 1$ and label phase margin on the plot.
- (b) Anggarkan sut untung dan sut fasa berdasarkan tersebut.
Estimate the value of gain margin and phase margin from the Bode plot.
- (c) Tentukan nilai K supaya sut untung sistem tersebut ialah 20dB.
Determine the value of K so that the gain margin is 20dB.
- (d) Jika $K = 10$, apakah sut fasa sistem tersebut?
If $K = 10$, what is the phase margin of the system?

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 Nyquist bagi sistem tersebut jika satu pengamir di laluan hadapan sistem tersebut.

(Nota: Anda tidak perlu membuat sebarang peng lakarkan bentuk umumnya sahaja).

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

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

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)
$\frac{1}{(s + \alpha)(s + \beta)}$	$\frac{1}{\beta - \alpha} (e^{-\alpha t} - e^{-\beta t})$ ($\alpha \neq \beta$)
$\frac{s}{(s + \alpha)(s + \beta)}$	$\frac{1}{\beta - \alpha} (\beta e^{-\beta t} - \alpha e^{-\alpha t})$ ($\alpha \neq \beta$)
$\frac{1}{s(s + \alpha)}$	$\frac{1}{\alpha} (1 - e^{-\alpha t})$
$\frac{1}{s(s + \alpha)^2}$	$\frac{1}{\alpha^2} (1 - e^{-\alpha t} - \alpha t e^{-\alpha t})$
$\frac{1}{s^2(s + \alpha)}$	$\frac{1}{\alpha^2} (\alpha t - 1 + e^{-\alpha t})$
$\frac{1}{s^2(s + \alpha)^2}$	$\frac{1}{\alpha^2} \left[t - \frac{1}{\alpha} + \left(t + \frac{2}{\alpha} \right) e^{-\alpha t} \right]$

