
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Kursus Semasa Cuti Panjang
Sidang Akademik 2004/2005

MEI 2005

EMM 302/3 – KAWALAN AUTOMATIK

Masa : 3 jam

ARAHAN KEPADA CALON :

Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **LAPAN (8)** mukasurat dan **DUA (2)** halaman lampiran dan **TUJUH (7)** soalan yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.

Sila jawab **LIMA (5)** soalan sahaja.

Lampiran:

- | | |
|---|-----------------|
| 1. Important Laplace Transform Pair Table | [1 mukasurat] |
| 2. Block Diagram Transformations Table | [1 mukasurat] |

Pelajar dibenarkan menjawab semua soalan dalam Bahasa Inggeris ATAU Bahasa Malaysia ATAU kombinasi kedua-duanya.

Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.

S1. [a] Rangkap pindah suatu sistem adalah

The transfer function of a system is

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{(s+2)}{s^2 + 7s + 12}$$

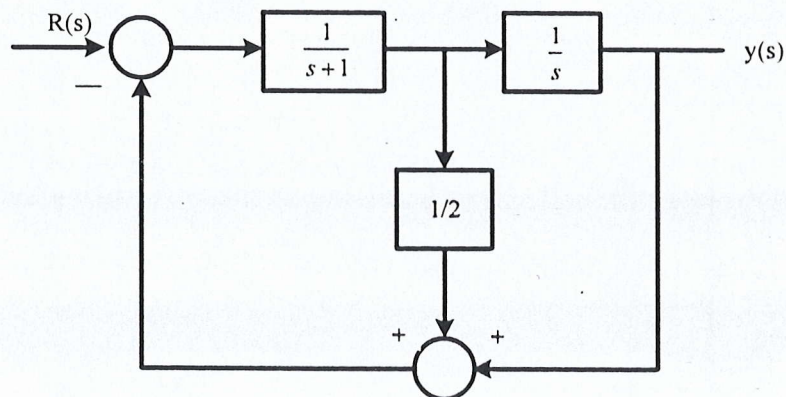
Tentukan $y(t)$ bila $r(t)$ adalah satu rangkap pelangkah seunit

Determine $y(t)$ when $r(t)$ is a unit step function

(50 markah)

[b] Tentukan rangkap pindah rajah blok yang ditunjukkan dalam Rajah S1[b].

Determine the transfer function of block diagram shown in Figure Q1[b].

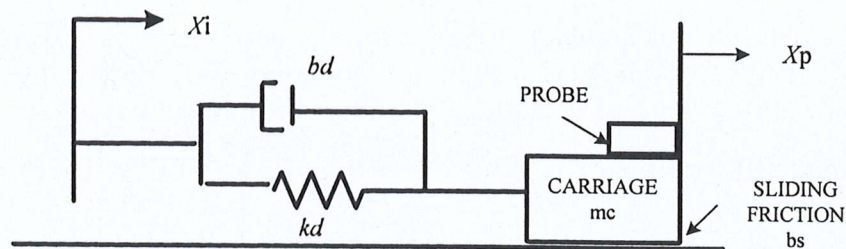


Rajah S1[b]
Figure Q1[b]

(50 markah)

- S2. [a] Satu peranti posisi kejitaan tinggi ditunjukkan dalam Rajah S2[a]. Tentukan rangkap pindahannya.

A high precision positioning device is shown in Figure Q2[a]. Determine its transfer function:

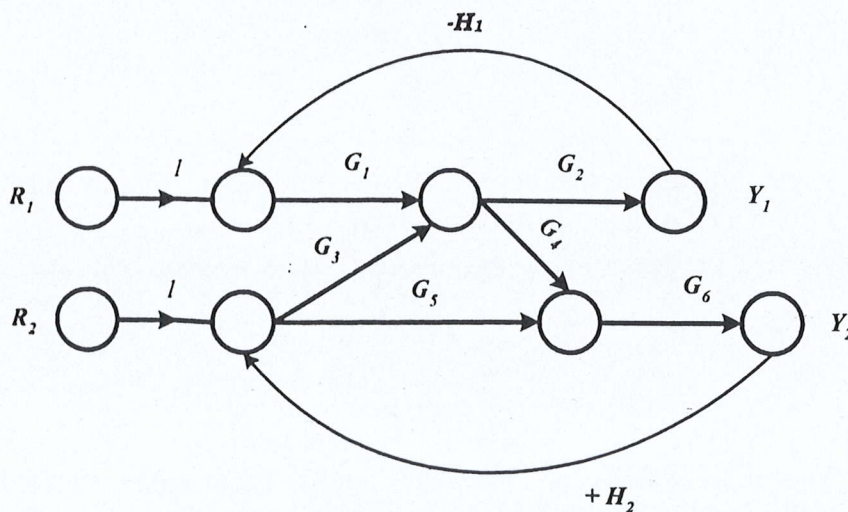


Rajah S2[a]
Figure Q2[a]

(50 markah)

- [b] Satu sistem kawalan saling bertindak dengan dua masukan dan dua keluaran ditunjukkan dalam Rajah S2[b]. Tentukan rangkap pindahannya. Selesaikan $Y_1(s)/R_1(s)$ when $R_2 = 0$.

An interacting control system with two inputs and two outputs is shown in Figure Q2[b]. Solve for $Y_1(s)/R_1(s)$ when $R_2 = 0$

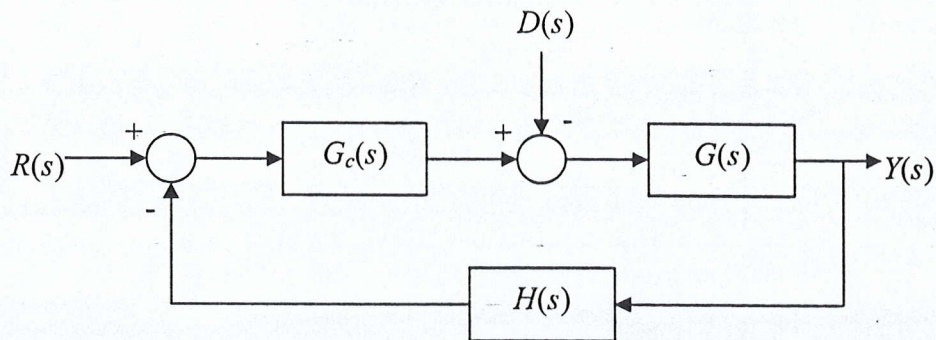


Rajah S2[b]
Figure Q2[b]

(50 markah)

- S3. Sebuah mesin larik mempunyai satu pengumpar yang memutarakan satu bahan kerja pada kelajuan dikehendaki semasa pemesinan. Pengumpar tersebut dipacu oleh sebuah motor servo. Rajah blok bagi sistem kawalan lajunya ditunjukkan dalam Rajah S3. Rangkap pindah pengumpar dengan motor servo dimodelkan sebagai $G(s) = \frac{6}{s(s+p)}$. Pengawal $G_c(s) = \frac{1}{s+2}$ dan suap-balik $H(s) = 3$ akan digunakan untuk mengawal laju pengumpar.

A lathe machine has a spindle which rotates a work piece to a desired speed during machining. The spindle is driven by a servomotor. The block diagram of the speed control system is shown in Figure Q3. The transfer function of the spindle with the servomotor is modelled as $G(s) = \frac{6}{s(s+p)}$. The controller $G_c(s) = \frac{1}{s+2}$ and the feedback $H(s) = 3$ will be used to control the speed of the spindle.



Rajah S3
Figure Q3

- [a] Kira kepekaan sistem akibat perubahan terhadap parameter p bila $s = p = 1$. Anggap gangguannya $d(t) = 0$.

Calculate the sensitivity of the system due to change in parameter p when $s = p = 1$. Assume the disturbance $d(t) = 0$.

(25 markah)

- [b] Tentukan sambutan keadaan mantapnya bila masukan pelangkah $r(t) = 5u(t)$ dikenakan. Anggap gangguannya $d(t) = 0$.

Determine the steady state response when step input $r(t) = 5u(t)$ is applied. Assume the disturbance $d(t) = 0$.

(20 markah)

- [c] Dapatkan kesan gangguan pelangkah seunit terhadap sambutan pada keadaan mantap dengan menganggap masukan $r(t) = 0$. Bincangkan apakah yang akan terjadi kepada sambutan keadaan mantapnya bila masukan pelangkah $r(t) = 5u(t)$ dikenakan dengan gangguan pelangkah seunit pada masa yang sama.

Obtain the effect of a unit step disturbance on the response at steady state by assuming input $r(t) = 0$. Discuss what will happen to the steady state response when step input $r(t) = 5u(t)$ is applied with a unit step disturbance at the same time.

(30 markah)

- [d] Apakah ralat keadaan mantapnya bila masukan pelangkah $r(t) = 5u(t)$ dikenakan. Anggap gangguannya $d(t) = 0$.

What is the steady state error when step input $r(t) = 5u(t)$ is applied. Assume the disturbance $d(t) = 0$.

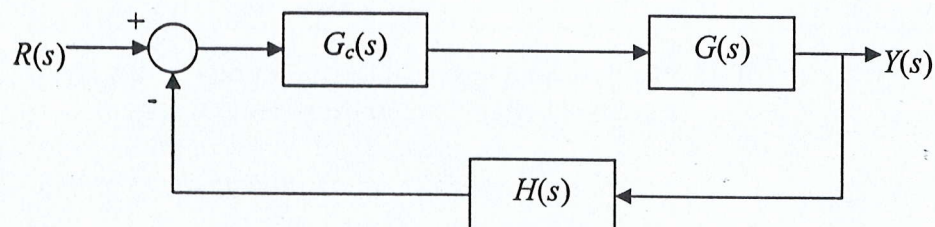
(25 markah)

- S4. [a] Satu sistem kawalan bagi sebuah mesin CNC ditunjukkan sebagai satu rajah blok dalam Rajah S4[a]. Motornya yang menggerakkan meja x-y diwakili oleh satu rangkap $G(s) = \frac{1}{s(s+3)}$. Satu suap-balik $H(s) = 0.5$ digunakan dengan pengawal berkadar $G_c(s) = 8$ bagi mengawal pergerakan mejanya. Satu masukan pelangkah seunit dikenakan bagi menggerakkan penghantar dengan kelajuan malar.

A control system of a CNC machine is shown as a block diagram in Figure Q4[a]. The motor that moves the x-y table is represented by a function

$G(s) = \frac{1}{s(s+3)}$. A feedback $H(s) = 0.5$ is used with proportional controller

$G_c(s) = 8$ to control the movement of the table. A unit step input is applied to move the table to a desired position.



Rajah S4[a]
Figure Q4[a]

- (i) **Tentukan frekuensi tabii sistem darjah keduanya.**
Determine the natural frequency of the second order system.
- (ii) **Tentukan nisbah peredam sistem darjah keduanya.**
Determine the damping ratio of the second order system.
- (iii) **Kira masa pengenapan bagi sambutan kekal dalam 2% nilai akhirnya.**
Calculate the settling time for which the response remains within 2% of the final value.
- (iv) **Kira masa memuncak sambutannya.**
Calculate the peak time of the response.
- (v) **Kira peratusan lajakan sambutannya.**
Calculate the percentage of overshoot of the response.
- (vi) **Kira masa meningkat sambutannya.**
Calculate the rise time of the response.

(60 markah)

- [b] Sebuah mesin pemotong laser mempunyai satu rangkaian pindah bagi sistem kawalan suap-baliknya $\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{5}{(s^2 + 4)(s + 1)}$.

A laser cutting machine has a transfer function of its feedback control system $\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{5}{(s^2 + 4)(s + 1)}$.

- (i) **Plotkan posisi kutub-kutubnya dalam satah-s.**
Plot the position of the poles in s-plane.
- (ii) **Jika sistem darjah keduanya merusa, lakarkan sambutan hampir bagi sistem tersebut.**
If the second order system dominates, sketch the approximate response of the system.
- (iii) **Melihat pada posisi kutub ketiga yang nyata, komen sambutan sistem sebenar berbanding dengan sistem darjah keduanya.**
Looking at the position of the real third pole, comment the actual system response in comparison with the second order system.

(40 markah)

- S5. [a] Dalam keadaan apakah satu sistem kawalan lurus akan stabil, stabil jidar dan tidak stabil.

Under what conditions a linear control system will be stable, marginally stable and unstable.

(40 markah)

- [b] Tentukan kestabilan polynomial berikut menggunakan kriteria Routh-Hurwitz.

Determine the stability of the following polynomials utilizing Routh-Hurwitz criterion:

(i) $s^4 + s^3 + 2s^2 + 5s + 8$

(30 markah)

(ii) $s^3 + 3Ks^2 + (2 + K)s + 4$

(30 markah)

- S6. Satu satelit pelancar luncuran mempunyai satu sistem suap-balik seunit dengan satu rangkap pindah loji yang diberikan di bawah :

A high performance missile launching a satellite has a unity feedback system with a plant transfer function given below:

$$G(s) = \frac{K(s^2 + 20)(s + 1)}{(s^2 - 2)(s + 10)}$$

- (i) Plotkan kutub-kutub dan sifar-sifar

Plot poles and zeros

(25 markah)

- (ii) Dapatkan titik lolosnya

Find the breakaway point

(25 markah)

- (iii) Lakarkan londa puncanya

Sketch the root locus

(50 markah)

- S7. Rangkaian pindah gelong tanpa pampasan $GH(s) = \frac{K}{s(s+3)}$ dipampas dengan satu pemampas ekor fasa supaya nisbah peredam punca-punca kompleks perusanya adalah 0.45 dan pemalar halaju sistemnya sama dengan 24 diperolehi.

The uncompensated loop transfer function $GH(s) = \frac{K}{s(s+3)}$ is to be compensated by a phase lag compensator so that the damping ratio of the dominant complex roots be 0.45 and the system velocity constant equal to 24 is attained.

- (i) Apakah rangkaian pindah yang terpampas?

What will be the compensated transfer function?

(70 markah)

- (ii) Apakah gandaannya dengan pemampas?

What will be the gain with the compensator?

(30 markah)

Important Laplace Transform Pairs Table

$f(t)$	$F(s)$
Step function, $u(t)$	$\frac{1}{s}$
e^{-at}	$\frac{1}{s+a}$
$\sin \omega t$	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$
$\cos \omega t$	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$
t^n	$\frac{n!}{s^{n+1}}$
$f^{(k)}(t) = \frac{d^k f(t)}{dt^k}$	$s^k F(s) - s^{k-1}f(0^-) - s^{k-2}f'(0^-) - \dots - f^{(k-1)}(0^-)$
$\int_{-\infty}^t f(t) dt$	$\frac{F(s)}{s} + \frac{1}{s} \int_{-\infty}^0 f(t) dt$
Impulse function $\delta(t)$	1
$e^{-at} \sin \omega t$	$\frac{\omega}{(s+a)^2 + \omega^2}$
$e^{-at} \cos \omega t$	$\frac{(s+a)}{(s+a)^2 + \omega^2}$
$\frac{1}{\omega} [(\alpha - a)^2 + \omega^2]^{1/2} e^{-at} \sin(\omega t + \phi)$, $\phi = \tan^{-1} \frac{\omega}{\alpha - a}$	$\frac{s + \alpha}{(s+a)^2 + \omega^2}$
$\frac{\omega_n}{\sqrt{1-\zeta^2}} e^{-\zeta\omega_n t} \sin \omega_n \sqrt{1-\zeta^2} t, \zeta < 1$	$\frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$
$\frac{1}{a^2 + \omega^2} + \frac{1}{\omega\sqrt{a^2 + \omega^2}} e^{-at} \sin(\omega t - \phi)$, $\phi = \tan^{-1} \frac{\omega}{-a}$	$\frac{1}{s[(s+a)^2 + \omega^2]}$
$1 - \frac{1}{\sqrt{1-\zeta^2}} e^{-\zeta\omega_n t} \sin(\omega_n \sqrt{1-\zeta^2} t + \phi)$, $\phi = \cos^{-1} \zeta, \zeta < 1$	$\frac{\omega_n^2}{s(s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2)}$
$\frac{\alpha}{a^2 + \omega^2} + \frac{1}{\omega} \left[\frac{(\alpha - a)^2 + \omega^2}{a^2 + \omega^2} \right]^{1/2} e^{-at} \sin(\omega t + \phi)$, $\phi = \tan^{-1} \frac{\omega}{\alpha - a} - \tan^{-1} \frac{\omega}{-a}$	$\frac{(s + \alpha)}{s[(s+a)^2 + \omega^2]}$

Block Diagram Transformations Table

Transformation	Original Diagram	Equivalent Diagram
1. Combining blocks in cascade		 or
2. Moving a summing point behind a block		
3. Moving a pickoff point ahead of a block		
4. Moving a pickoff point behind a block		
5. Moving a summing point ahead of a block		
6. Eliminating a feedback loop		