

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

**Peperiksaan Semester Pertama  
Sidang Akademik 1994/95**

**Oktober/November 1994**

**IQK 303/3 - ANALISIS & KAWALAN SISTEM-SISTEM PROSES**

**Masa : [3 jam]**

-----  
Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi SEPULUH (10) mukasurat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab LIMA (5) soalan dari ENAM (6) soalan. Sekurang-kurangnya satu (1) soalan mesti dijawab di dalam Bahasa Malaysia. Soalan-soalan lain boleh dijawab sama ada di dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.

1. Model terleluras bagi sebuah lengan robot yang dipandukan oleh motor servo DC yang dikawal oleh angker ditunjuk di dalam Rajah 1. Parameter sistem dan pembolehubah, dalam unit yang sesuai, diberi di dalam Jadual yang berikut:

*The linearized model of a robot arm driven by an armature controlled DC servo motor is shown in Fig. 1. The system parameters and variables, in appropriate units, are given in the following Table:*

Dari segi Motor

- V : voltan untuk motor  
 $K_T$  : pemalar kilas motor  
 $T_m$  :  $K_T i_a$ , kilas terorak motor  
 $\theta_m$  : anjakan aci motor  
 $J_m, B_m$  : momen inersia angker motor dan pekali geseran  
 $i_a$  : arus angker

Dari segi lengan robot

- $J_L, B_L$  : inersia momen dan pemalar geseran bagi lengan  
 $T_L$  : kilas beban kenaan luaran  
K : pemalar pegas aci  
 $\theta_L$  : anjakan lengan

Motor side

- $V$  : motor applied voltage  
 $K_T$  : motor torque constant  
 $T_m$  :  $K_T i_a$ , motor developed torque  
 $\theta_m$  : motor shaft displacement  
 $J_m, B_m$  : Motor armature moment of inertia and friction coefficient  
 $i_a$  : armature current

Robot arm side

- $J_L, B_L$  : moment of inertia and friction constant of arm  
 $T_L$  : Externally applied load torque  
 $K$  : Shaft spring constant  
 $\theta_L$  : arm displacement

- (a) Terbitkan persamaan kebezaan jelmaan Laplace bagi sistem tersebut dengan  $V$  dan  $T_L$  sebagai masukan dan  $\theta_m$  dan  $\theta_L$  bagi keluaran.

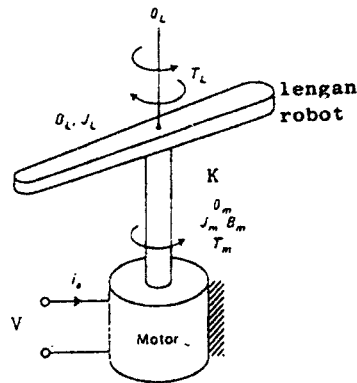
(60 markah)

Derive Laplace transformed differential equations of the system with  $V$  and  $T_L$  as inputs and  $\theta_m$  and  $\theta_L$  as outputs.

- (b) Bawakan persamaan dari (a) kepada gambaran vektor-matriks yang menyambungkan masukan dan keluaran.

(40 markah)

Bring the equations of (a) in a matrix-vector representation connecting inputs and outputs.



Rajah 1

2. (a) Sebuah ujian sambutan langkah unit dijalankan ke atas sistem pesanan dua dan keputusan yang diperolehi adalah seperti di bawah:

Peratus pancing luar bagi sambutan sistem = 30%

Jangkamasa ayunan bagi sambutan pereputan : 2 saat

Nilai keadaan mantap bagi sambutan = 5

Tentukan bentuk piawai bagi sistem Rangkap Pindah

(50 markah)

An unit step response test is conducted on a second order system and the results are found as follows:

Percent overshoot of system response = 30%

Period of Oscillations of decaying response: 2 sec

Steady state value of response = 5

Determine the standard form of system Transfer Function.

- (b) Rangkap Pindah gelung-buka bagi sebuah sistem diberi seperti

$$G(s)H(s) = \frac{2K (s + 3)}{s(0.2s^2 + 0.4s + 1)}, K = 2$$

The open loop Transfer Function of a system is given as

$$G(s)H(s) = \frac{2K (s + 3)}{s(0.2s^2 + 0.4s + 1)}, K = 2$$

- i) Uji samada sistem tersebut mantap.

(20 markah)

*Test whether the system is stable.*

- ii) Tentukan bilangan kutub gelung tertutup yang berada di sebelah kanan plane-s.

(10 markah)

*Determine the number of closed loop poles which are in Right Half of s-plane.*

- iii) Cari nilai baru bagi K dimana sistem tersebut menunjukkan ayunan berterusan.

(20 markah)

*Find the new value of K at which the system exhibits continuous oscillations.*

3. (a) Terangkan secara ringkas mana-mana tiga kebaikan kaedah keadaan ruang berbandingkan dengan kaedah rangkap pindah untuk menganalisisakan sistem masa berterusan.

(30 markah)

*Briefly explain any three advantages of state space method over transfer function method for analysing continuous time systems.*

- (b) Keadaan dan persamaan keluaran bagi sebuah sistem diberi sebagai:

$$\dot{x} = Ax + bu$$

$$y = cx$$

$$\text{dimana } A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -6 & -5 \end{bmatrix}; \quad b = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$c = [1 \quad 0]$$

- i) Tentukan matriks peralihan keadaan.

(40 markah)

*The state and output equations of a system is given by:*

$$\dot{x} = Ax + bu$$

$$y = cx$$

$$\text{where } A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -6 & -5 \end{bmatrix}; \quad b = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$c = [1 \quad 0]$$

i) Determine state transition matrix.

ii) Cari sambutan  $y(t)$  apabila

$$x(0) = \begin{bmatrix} x_1(0) \\ x_2(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ dan } u(t) = 0$$

(30 markah)

Find the response  $y(t)$  when

$$x(0) = \begin{bmatrix} x_1(0) \\ x_2(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ and } u(t) = 0$$

4. Rangkap Pindah gelung-buka sebuah sistem diberi sebagai:

$$G(s)H(s) = \frac{10}{(1+s)(1+0.1s)^2}$$

The open loop transfer function of a system is given by

$$G(s)H(s) = \frac{10}{(1+s)(1+0.1s)^2}$$

(a) Lukiskan plot-Bode (untuk kedua-dua plot sudut dan magnitud) dengan setepat mungkin.

(60 markah)

Draw Bode plots (both magnitude and angle plots) as accurately as possible.

(b) Tentukan jidar gandaan dan jidar fasar.

(20 markah)

*Determine the Gain Margin and Phase Margin.*

(c) Berdasarkan keputusan dari (b), tentukan samada sistem tersebut stabil.

(20 markah)

*From the results of (b), determine whether the system is stable.*

5. (a) Persamaan ciri bagi sebuah sistem diberi sebagai:

$$P(s) = s^4 + 5s^3 + 9s^2 + s(9 + K) + 2K = 0$$

Dengan menggunakan kriterium Routh Hurwitz, hitungkan julat bagi K dimana sistem tersebut stabil.

(40 markah)

*The characteristic equation of a system is given by*

$$P(s) = s^4 + 5s^3 + 9s^2 + s(9 + K) + 2K = 0$$

*Using Routh Hurwitz criterion, compute the range of K for which the system is stable.*

(b) Rangkap pindah gelung-buka diberi sebagai:

$$G(s)H(s) = \frac{K(s + 2)}{s(s + 3)(s^2 + 2s + 3)}$$



The open loop transfer function of a system is given by:

$$G(s)H(s) = \frac{K (s + 2)}{s(s + 3) (s^2 + 2s + 3)}$$

- i) Aplikasikan peraturan Lendar Punca dan lukiskan plot lendar punca di atas plane-s.

(30 markah)

Apply rules of Root Locus and sketch the root locus plot on s-plane.

- ii) Hitungkan  
Calculate

- a) Nilai kritikal bagi K dimana lendar punca merintang paksi khayalan plane-s.

The critical value of K at which the root locus crosses the imaginary axis of s-plane.

- b) Frekuensi sistem untuk nilai kritikal K yang di atas.

Frequency of the system at this critical value of K.

- c) Sudut berlepas atau sudut tiba.

Angle of departure or angle of arrival.

(10 x 3 = 30 markah)

6. (a) Apakah kesan am pengawal berkadaran, kamiran dan terbitan ke atas sambutan sistem?

(30 markah)

*What are general effects of Proportional (P), Integral (I) and Derivative (D) controllers on system response.*

- (b) Dengan menggunakan sebuah contoh daripada sistem proses, terangkan fenomena "Ekoran Halaju Jarak".

(30 markah)

Ubahan Laplace bagi sambutan proses didapati seperti yang di bawah:

$$Y(s) = \frac{2e^{-0.5s}}{s(s^2 + 2s + 4)}$$

Tentukan  $y(t)$  apabila  $t = 0$  and  $t = 1$  saat.

(40 markah)

*With an example from process system, explain the phenomenon "Distance Velocity lag".*

*The Laplace transform of a process-response is found to be:*

$$Y(s) = \frac{2e^{-0.5s}}{s(s^2 + 2s + 4)}$$

Determine  $y(t)$  at  $t = 0$  and  $t = 1$  sec.

oooooooooooo00000000oooooooooooo