

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama  
Sidang Akademik 1995/96

Oktober/November 1995

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

Masa : [3 jam]

---

Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEMBILAN (9)** mukasurat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini. Kertas semilog dan kertas graph akan dibekalkan.

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

1. Rujuk kepada sistem lengan robot yang dipermudah, seperti yang ditunjuk pada Rajah 1. Input sistem ini ialah arus angker motor, manakala outputnya ialah anjakan lengan. Parameter dan pembolehubah sistem adalah seperti berikut:

*Refer to the simplified robot arm system as shown in Fig. 1. Input to the system is armature current of motor and the output is the arm displacement. The system parameters and variables are as follows:*

MOTOR DC:

$T = \text{kilasan motor} = K_T i_a$   
 $K_T = \text{pemalar kilasan}$   
 $i_a = \text{arus angker motor}$   
 $J_m = \text{sifatekun motor}$   
 $B_m = \text{pekali gesearn likat motor}$   
 $\theta_m = \text{anjakan aci motor}$

DC MOTOR SIDE:

$T = \text{Motor developed torque} = K_T i_a$   
 $K_T = \text{Torque Constant}$   
 $i_a = \text{Armature current of motor}$   
 $J_m = \text{Motor Inertia}$   
 $B_m = \text{Motor viscous friction coefficient}$   
 $\theta_m = \text{Motor shaft displacement}$

**LENGAN ROBOT:**

$J_L$  = sifatekun lengan  
 $T_L$  = kilasan gangguan lengan (dikira sebagai keadaan awal)  
 $\theta_L$  = anjakan lengan  
 $K$  = pemalar spring kilasan  
 $B_L$  = pemalar geseran likat untuk robot dan lengan aci

**ROBOT ARM SIDE:**

$J_L$  = Arm Inertia  
 $T_L$  = Disturbance torque of arm  
*(considered as initial condition)*  
 $\theta_L$  = Arm displacement  
 $K$  = Torsional spring constant  
 $B_L$  = Viscous friction coefficient of robot arm shaft

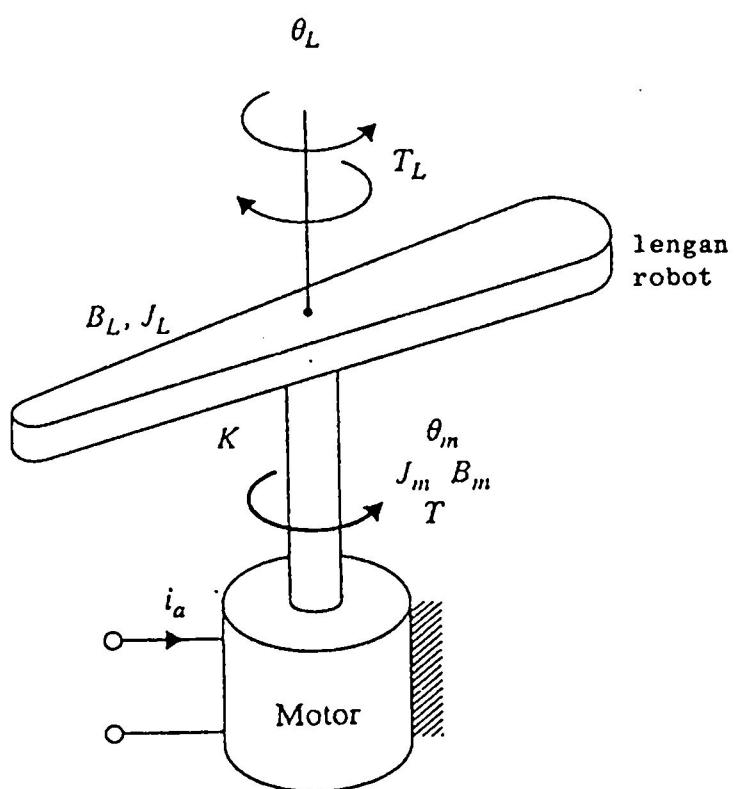
- (a) Cari model persamaan kebezaan untuk sistem lengan robot ini.

*Obtain the differential equation model of the robot arm system.*

(b) Lukis graf peraliran isyarat yang lengkap.

Draw the complete signal flow graph.

(60 + 40 markah)



Rajah 1

2. Suatu sistem linear diwakili oleh model ruang keadaan ini.

*A linear system is represented by a state space model.*

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{b}\mathbf{u}$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{c}\mathbf{x}$$

dengan

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -6 & -5 \end{bmatrix} \quad \mathbf{b} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{c} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}$$

- (a) Cari adakah sistem ini stabil

*Determine whether the system is stable*

- (b) Cari matriks alihannya.

*Determine the transition matrix.*

- (c) Hitung output  $y(t)$  bila  $u(t)$  ialah langkah unitnya.

Abaikan keadaan awal.

*Compute the output  $y(t)$  when  $u(t)$  is a unit step.*

*Neglect initial condition.*

(20 + 40 + 40 markah)

3. Persamaan sifat suatu sistem diberi oleh

*The Characteristics equation of a system is given by*

$$s^5 + 13s^4 + 54s^3 + 82s^2 + (60 + K)s + 3K = 0$$

- (a) Cari julat K untuk kestabilan genting.

*Find the range of K for critical stability.*

- (b) Dengan menggunakan nilai K daripada (a), cari ulangan ayunannya.

*At the value of K found from (a), determine the frequency of oscillation.*

(60 + 40 markah)

4. Laluan ke depan dan fungsi pindah suap-balik untuk suatu sistem kawalan posisi diberi sebagai

*The forward path and feed back transfer functions of a position control system are given, respectively, as*

$$G(s) = \frac{K(s + 8)}{s(s^2 + 8s + 20)} \quad \text{dan} \quad H(s) = 1$$

- (a) Gunakan hukum 'Root Locus' dan lukis plot 'Root Locus' dengan sejitu yang boleh.

*Apply the rules of Root Locus and draw the Root Locus plot as accurately as possible.*

- (b) Andaikan yang  $H(s)$  dipilih sebagai  $[1/(s + 8)]$  untuk membatalkan sifar  $G(s)$ . Dengan menggunakan 2 hukum - satu untuk sudut berlepas, dan satu lagi untuk titik putus, lakarkan plot 'Root Locus' yang diubahsuai.

*Assume that  $H(s)$  is selected as  $[1/(s + 8)]$  to cancel the zero of  $G(s)$ . Using only two rules, one for angle of departure and the other for break away point, approximately sketch the modified Root Locus plot.*

(60 + 40 markah)

5. Fungsi pindah gelung terbuka untuk sistem suapbalik unit diberi sebagai

*The open loop Transfer Function of a unity feedback system is given by*

$$G(s) H(s) = \frac{10}{s(0.1s + 1)(0.05s + 1)}$$

- (a) Lukis Plot Bode sejitu yang mungkin.

*Draw Bode Plots as accurately as possible.*

- (b) Cari jidar fasa dan jidar gandaan.

*Determine the phase margin and gain margin.*

- (c) Cari gandaan yang jika dikali dengan fungsi pindah gelung terbuka, memberi jidar gandaan sebanyak 20 db.

*Determine the gain which when multiplied to the open loop Transfer Function, gives a Gain Margin of 20 db.*

(40 + 30 + 30 markah)

6. Tuliskan nota pendek berkenaan 2 daripada yang berikut:

*Write short notes on any TWO of the following:*

- (a) Enkoder berputar aci mutlak (rotary absolute shaft encoder). Perbincangan ini mestilah mengandungi rajah cakra berkod, kaedah penjanaan kod Gray, dan kelebihan kod Gray.

*Rotary absolute shaft encoder. The discussion should include diagram of the coded disk , method of Gray Code generation, and advantages of Gray Code.*

- (b) Perbandingan antara kaedah ruang keadaan dan kaedah fungsi pindah dalam analisis sistem linear.

*Comparison between State Space method and Transfer Function method in the analysis of linear systems.*

- (c) Lakarkan sistem kawalan posisi berputar yang mudah. Terangkan operasinya, dan bangunkan rajah blok yang sesuai, tunjukkan pelbagai fungsi pindah dalam blok-blok ini.

*Draw a sketch of a simple rotary position control system; explain its operation, develop suitable block diagram and indicate various Transfer Functions in the blocks.*

(50 + 50 markah)

oooooooooooo000000000oooooooooooo

