

---

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

Peperiksaan Semester Pertama  
Sidang Akademik 2007/2008

Oktober/November 2007

**EEE 453 – REKABENTUK SISTEM KAWALAN**

Masa : 3 jam

---

**ARAHAN KEPADA CALON:**

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **DUA BELAS (12)** muka surat beserta **Lampiran (6 mukasurat)** bercetak dan **ENAM (6)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab **LIMA (5)** soalan.

Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.

Agihan markah bagi soalan diberikan disudut sebelah kanan soalan berkenaan.

Jawab semua soalan di dalam Bahasa Malaysia.

1. (a) Merujuk kepada sistem kawalan, terangkan konsep bagi  
*With reference to control systems, explain the concept of*

(i) Vektor keadaan  
*State vector*

(ii) Pembolehubah keadaan  
*State variable*

(iii) Ruang keadaan  
*State space*

(15%)

(b) Lakarkan satu gambarajah blok bagi mewakili satu sistem kawalan  
lurus, masa-berterusan dalam keadaan ruang.

Tuliskan persamaan keadaan dan persamaan keluaran bagi sistem  
tersebut. Daripada persamaan keadaan dan persamaan keluaran,  
dapatkan rangkap pindah bagi sistem tersebut dalam sebutan  
Laplace.

*Draw the block diagram representation of the linear, continuous-time  
control system represented in state space.*

*Write the state equation and output equation for the system.*

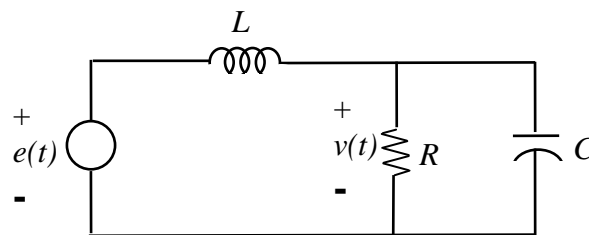
*From the state and output equations, obtain the transfer function of  
the system in the Laplace domain.*

(35%)

- (c) Rajah 1 menunjukkan suatu rangkaian RLC. Input kepada sistem adalah sumber voltan,  $e(t)$ , dan output bagi sistem adalah voltan merintang  $R$ . Diberi pembolehubah keadaan  $x_1(t) = i_L(t)$ ,  $x_2(t) = V_c(t)$ , cari perwakilan ruang keadaan bagi sistem tersebut.

Figure 1 shows an RLC network. The input to the system is the voltage source,  $e(t)$ , and the output of the system is voltage across  $R$ . Given the state variables  $x_1(t) = i_L(t)$ ,  $x_2(t) = V_c(t)$ , find the state-space representation of the system.

(50%)



Rajah 1  
Figure 1

2. (a) Apa itu taraf bagi suatu matrik?  
*What is the rank of a matrix?*

Tentukan taraf bagi matrik berikut

*Determine the rank of the following matrix*

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 2 & 2 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 1 & 4 \end{bmatrix}$$

(20%)

(b) (i) Merujuk kepada sistem kawalan, terangkan konsep bagi  
*With reference to control systems, explain the concept of*

(1) Kebolehkawalan  
*Controllability*

(2) Kebolehpemhatian  
*Observability*

(10%)

(ii) Pertimbangkan sistem berikut:  
*Consider the following system:*

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{s + 6}{s^2 + 5s + 6}$$

Dapatkan perwakilan keadaan ruang bagi sistem tersebut dalam bentuk

*Obtain a state-space representation of the system in the form of*

(1) kanonikal bolehkawal  
*controllable canonical*

(2) kanonikal bolehperhati  
*observable canonical*

(20%)

(c) (i) Dapatkan matrik transisi keadaan  $\Phi(t)$  bagi sistem berikut:

*Obtain the state-transition matrix  $\Phi(t)$  for the following system:*

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -3 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

...5/-

dengan keadaan awal  
*with the initial condition*

$$\begin{bmatrix} x_1(0) \\ x_2(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix} \quad (30\%)$$

- (ii) Pertimbangkan sistem berikut  
*Consider the following system*

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \end{bmatrix} u$$

Adakah sistem tersebut bolehkawal keadaan sepenuhnya?  
*Is the system completely state controllable?*

(20%)

3. (a) (i) Terangkan perbezaan antara sistem regulator dengan sistem kawalan.  
*Explain the difference between regulator systems and control systems.*

(15%)

- (ii) Apakah keadaan yang diperlukan dan mencukupi untuk perletakan kutub yang sebarang?  
*What is the necessary and sufficient condition for arbitrary pole placement?*

(15%)

(b) Pertimbangkan sistem berikut

*Consider the following system*

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -4 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \end{bmatrix} u$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

Adakah sistem tersebut bolehperhati sepenuhnya?

*Is the system completely observable?*

(20%)

(c) Pertimbangkan sistem berikut

*Consider the system*

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1.244 & 0.3956 & -3.145 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1.244 \end{bmatrix} u$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$$

Rekabentuk satu pemerhati keadaan penuh-tertib jika diberi kutub

pemerhati yang diinginkan adalah  $s_{1,2} = -5 \pm j5\sqrt{3}$ ,  $s_3 = -10$ ,

*Design a full-order state observer if the desired poles of the observer*

*are  $s_{1,2} = -5 \pm j5\sqrt{3}$ ,  $s_3 = -10$ .*

(50%)

4. (a) Dengan berpandukan kepada Teori Pengenalan Sistem, jawab soalan berikut.

*With reference to system identification theory, answer the following questions.*

- (i) Nyata sebab fundamental kepada Pengenalan Sistem dengan berpandukan kepada perkaitan antara masukan dan keluaran.

*State the fundamental reasoning behind system identification with reference to input and output relationship.*

- (ii) Dengan bantuan gambarajah, terangkan asas gambaran dalam permasalahan sistem pengenalan kepada sebuah sistem yang perlu dikenal pasti.

*With an aid of a diagram, explain the basic representation of system identification problem when given a system to be identified.*

- (iii) Prosedur dalam Pengenalan sistem dapat dinyatakan untuk menyelesaikan masalah mengenali sesebuah sistem. Nyatakan prosedur-prosedur tersebut.

*The system identification can be explained in procedures that can be used to solve a system identification problem. State the procedures.*

(60%)

- (b) Terdapat TIGA (3) jenis definisi ralat yang dapat digunakan dalam meminimalkan ralat. Nyatakan semua TIGA (3).

*There are THREE (3) types of error definition that can be used to minimize error. State all THREE (3).*

(6%)

...8/-

- (c) Nyatakan DUA (2) gambaran Model Sistem Dinamik.  
*State TWO (2) representation of Dynamic System Models.*

(4%)

- (d) Sebuah sistem dinamik yang digambarkan dengan satu-pembolehubah masa-tak berubah sistem diskret lurus yang diberikan.

*Given that a dynamic system is represented by the single-variable time-invariant linear discrete system shown below.*

$$y(k) + a_1(y-1) + \dots + a_n y(k-n) = b_0 u(k) + b_1 u(k-1) + \dots + b_n u(k-n)$$

- (i) Buktikan bahawa persamaan di atas dapat tulis sebagai  
*Proof that, the equation above can be written as*

$$A(q^{-1})y(k) = B(q^{-1})u(k) \quad (20\%)$$

- (ii) Dengan menggunakan persamaan di atas, dapatkan persamaan rangkap pindah.

*Using the equation above, obtain the transfer function of the equation.*

(10%)

5. (a) Berpandukan Kaedah Kuasa Dua Terkecil, jawab soalan berikut.

*With reference to least square theory, answer the following questions.*

(i) Dapatkan pemerolehan matematik untuk persamaan garis lurus serta lakaran yang menggambarkan perkaitan ralat dan data keluaran.

*Derive the mathematical solution for straight line least square error and provide a sketch to demonstrate the error relation to data output.*

(30%)

(ii) Dengan menggunakan kaedah kuasa dua terkecil, padankan satu persamaan lurus ke dalam titik (x,y). Lakarkan hasilnya melalui titik dan garisan yang sesuai di kertas graf..

*Using the method of least square fit a straight line to the given points (x,y). Check the result by sketching the points and the line on a graph paper.*

<i>t</i>	<i>x</i>	<i>y</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>0</i>
<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>3</i>	<i>4</i>	<i>10</i>
<i>4</i>	<i>5</i>	<i>16</i>

(40%)

- (b) Di dalam kaedah Prinsipal kuasa dua terkecil yang melibatkan persamaan polynomial kita perlu memenuhi kehendak.

*In the least square principle involving polynomial we seek to satisfy.*

$$b_0 + b_1x_j + b_2x_j^2 + \dots + b_mx_j^m = y_j$$
$$(j = 1, \dots, n)$$

dengan terbaik. Matrik C diperkenalkan dalam perumpamaan  $Cb=y$ . Tunjukkan bahawa Persamaan Normal dapat ditulis sebagai  $C^TCb=C^Ty$ .

*as best as possible. Introduce a matrix C such that this can be written as  $Cb=y$ . Show that the normal equation can be written as  $C^TCb=C^Ty$ .*

(20%)

- (c) Satu persamaan sistem lurus parameter-n dengan bilangan pemerhatian m diberikan sebagai

*Given that, a n-parameter linear system with m observations is given by*

$$y(i) = \theta_1x_1(i) + \theta_2x_2(i) + \dots + \theta_nx_n(i)$$
$$i = 1, 2, \dots, m$$

Tuliskan persamaan untuk

*Write the equation for*

- (i) Fungsi Kemerosotan  
*Regression function*

- (ii) Pekali Kemerosotan  
*Regression coefficient*

(10%)

...11/-

6. (a) Bincangkan objektif pengoptimuman parameter dengan merujuk kepada keluaran sebenar  $[c(t)]$  dan masukan rujukan  $r(t)$ . Tuliskan persamaan yang mewakili indeks ketentuan  $J$ .

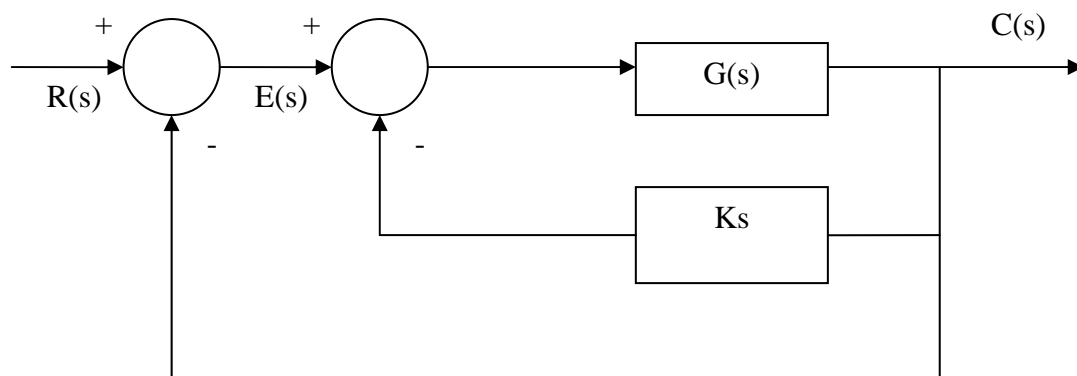
*Discuss the objectives in parameter optimization with reference to actual output  $(c(t))$  and reference input  $r(t)$ . Write the equation representing the performance index,  $J$ .*

(30%)

- (b) Dengan berpandukan kepada gambarajah blok di Rajah 2,  $G(s)=100/s^2$  dan  $R(s) = 1/s$ . Dapatkan persamaan untuk  $E(s)$  dan Tentukan nilai optimal parameter  $K$  yang mana Indeks Ketentuan  $J$  adalah minimum.

*By referring to the block diagram shown in Figure 2, given that  $G(s) = 100/s^2$  and  $R(s) = 1/s$ . Obtain the expression for  $E(s)$  and Determine the optimal value of parameter  $K$  such that the performance index,  $J$  is minimum.*

(40%)



Rajah 2  
Figure 2

- (c) Terangkan kelemahan dalam penggunaan Indeks Tentuan J dalam rekabentuk optimal, dan bincangkan kebaikan yang diberikan oleh Indeks Ketentuan Kuadratik. (Bincangkan dalam terma faktor pemberat,  $\lambda$ )

*Explain the drawbacks of using performance index J in optimal design, and Discuss the advantages given by quadratic performance index. (Discuss in terms of weighting factor,  $\lambda$ )*

(30%)

ooo0ooo