
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 2008/2009

November 2008

EEE 453 – REKABENTUK SISTEM KAWALAN

Masa : 3 jam

ARAHAN KEPADA CALON:

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **DUA BELAS (12)** muka 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 atau Bahasa Inggeris.

1. (a) Merujuk kepada teori sistem kawalan, terangkan konsep berikut:
Referring to the theory of control system, explain the following concept:

- Pembolehkan keadaan
State variable
- Nilai Eigen
Eigen values
- Vektor Eigen
Eigen Vector
- Matrik Peralihan keadaan
State Transition matrix

(15%)

(b) Rajah 1 menunjukkan satu rangkaian RLC. Input kepada sistem adalah sumber voltan, $e(t)$, dan output bagi sistem adalah voltan merintang kapasitor, $v_c(t)$. Cari perwakilan ruang keadaan bagi sistem tersebut.

Figure 1 shows an RLC circuit network. The input to the system is voltage supply, $e(t)$, and the output of the system is the voltage across the capacitor, $v_c(t)$. Find the state space representation of the system.

(50%)

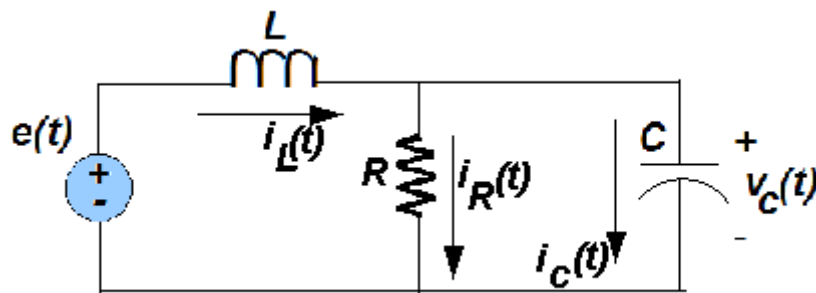


Figure 1 : RLC circuit

- (c) Diberi rangkap pindah yang mewakili sebuah sistem pacu mekatronik,
Given the following transfer function representing a mechatronic system drive,

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

Anda dikehendaki untuk

You are required to

- (i) Nyatakan sistem tersebut dalam perwakilan ruang keadaan
Express the system in state space representation
- (ii) Lukiskan gambarajah arus isyarat
Draw the signal flow diagram

mengikut bentuk berikut:-
of the following form:-

- Kanonikal pengawal
controller canonical
- Kanonikal pemerhati
observer canonical
- Selari
Parallel (35%)

...4/-

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

(i) Kebolehkawalan
Controllability

(ii) Kebolehpemerhatian
Observability

(10%)

(b) Pertimbangkan sistem berikut:
Consider the following system:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 7 & -4 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix} u,$$
$$y = [1 \quad 3]x$$

(i) Carikan matriks peralihan keadaan, $\Phi(t)$ bagi sistem yang ditunjukkan. Andaikan kondisi awalan bagi kesemua pembolehubah keadaan adalah sifar.

Find the state transition matrix, $\Phi(t)$ of the above system assuming all the initial condition of the state variables are zero.

(ii) Carikan rangkap pindah menggunakan algebra matriks
Find the transfer function using the matrix algebra

(iii) Nyatakan sama ada sistem ini boleh dikawal keadaan sepenuhnya atau tidak?

State whether the system is completely state controllable or not?

(50%)

...5/-

- (c) Diberi sistem kawalan dalam perwakilan ruang keadaan berbentuk selari seperti berikut,

Given the following control system in state space representation of parallel form,

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 3 & -5 & 2 \\ 1 & -8 & 7 \\ -3 & -6 & 2 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 5 \\ -3 \\ 2 \end{bmatrix} r,$$

$$y = [1 \quad -4 \quad 3]x$$

- (i) Tentukan sama ada sistem ini berada dalam keadaan stabil atau tidak dengan mencari nilai Eigennya.

Determine whether the system is stable or not by finding its Eigen values.

- (ii) Tentukan sama ada sistem ini bolehperhatikan sepenuhnya atau tidak.

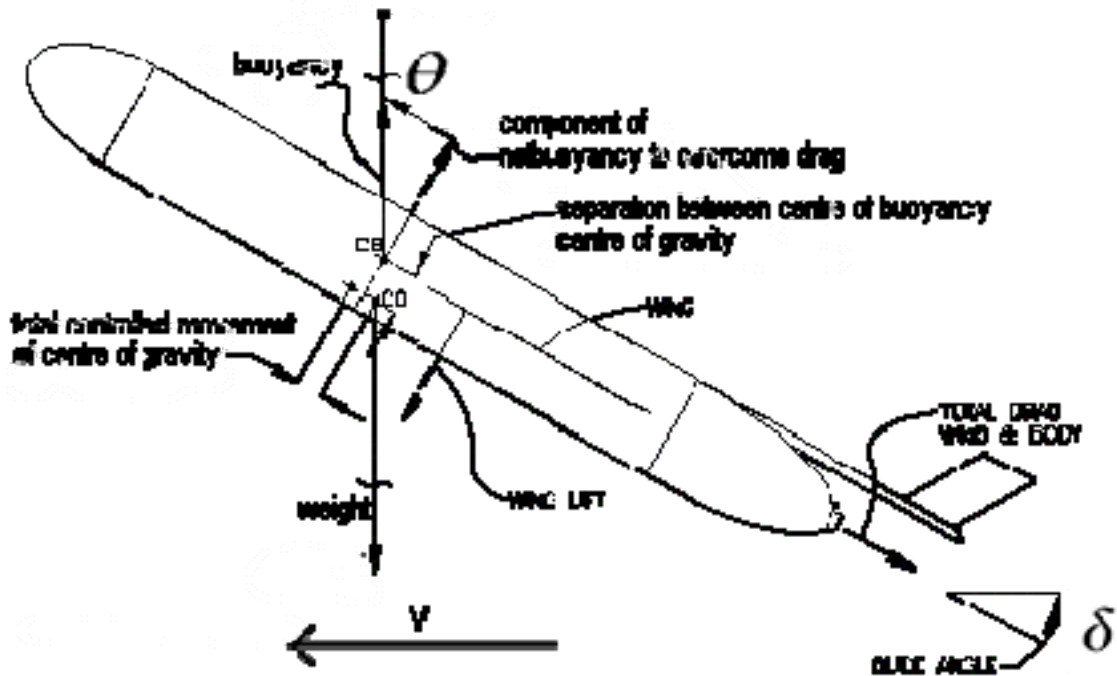
Determine whether the system is completely observable or not.

(40%)

3. Pergerakan mendatar bagi sebuah AUV, (*autonomous underwater vehicle*) seperti ditunjukkan pada Rajah 2 yang telah dileluruskan dan beroperasi di dalam laut, boleh dimodelkan dengan sistem bertertib ketiga ternormal.

The linearised longitudinal motion of an AUV (autonomous underwater vehicle), as shown in Figure 2 submersed in the ocean, can be modeled by the normalized third order system.

$$\begin{bmatrix} \dot{q} \\ \dot{\theta} \\ \dot{V} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.4 & 0 & -0.01 \\ 1 & 0 & 0 \\ -1.4 & 9.8 & -0.02 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q \\ \theta \\ V \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 6.3 \\ 0 \\ 9.8 \end{bmatrix} \delta$$



Rajah 2 AUV
Figure 2 AUV

- q = pitch rate
- θ = pitch angle of AUV
- V = horizontal velocity
- δ = glide angle

Andaikan penderia kita mengukur halaju mendatar, V sebagai keluaran; iaitu

$$y = V$$

Suppose our sensor measures the horizontal velocity, V as the output; that is

$$y = V$$

- (a) Cari lokasi kutub gelung-terbuka
Find the open-loop pole locations (10%)
- (b) Adakah sistem ini boleh dikawal?
Is the system controllable? (15%)

- (c) Carikan ganda suapbalik yang meletakkan kutub sistem pada $s = -1 \pm 1j$ dan $s = -2$
Find the feedback gain that places the poles of the system at $s = -1 \pm 1j$ and $s = -2$
(35%)

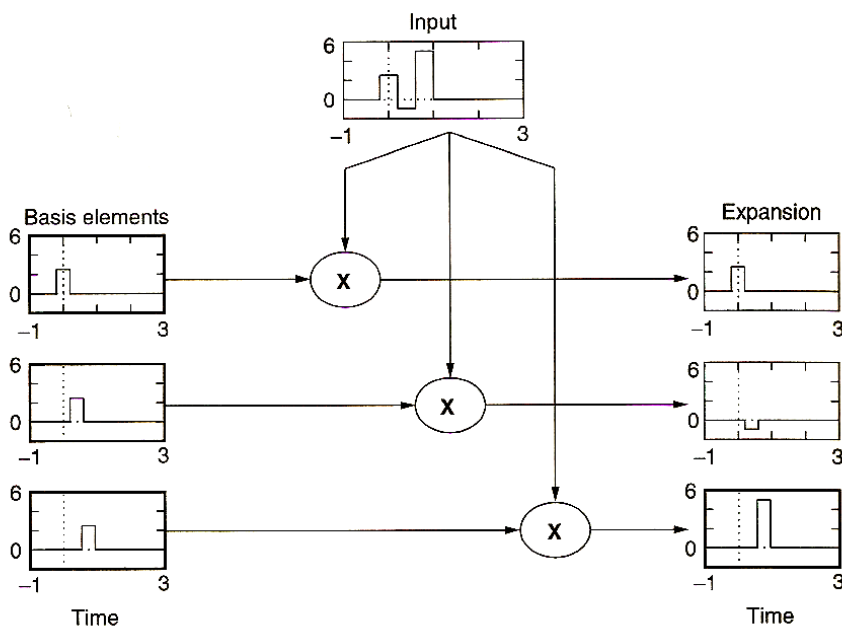
- (d) Reka bentuk penganggar bertertib-penuh untuk sistem ini dan letakkan kutub penganggar pada -8 dan $-4 \pm 4\sqrt{3}j$
Design a full-order estimator for the system, and place the estimator poles at -8 and $-4 \pm 4\sqrt{3}j$.
(35%)

- (e) Apakah kebaikan dan keburukkan penganggar bertertib-kurang berbanding penganggar bertertib-penuh?
What are the advantages and disadvantages of the reduced-order estimator compared with the full order case?
(5%)

4. (a) Terangkan istilah berikut:
Explain the following terms:
- (i) Sistem Linear
Linear System
 - (ii) Vektor Parameter
Parameter Vector
 - (iii) Sistem Masa Tak-Berubah
Time-invariant System
- (20%)

- (b) Rajah 4 di bawah menunjukkan pengembangan isyarat ke asas isyarat lewat. Terangkan proses di sebalik pengembangan ini dan kepentingan *fungsi asas*.

The diagram (Figure 4) below shows the expansion of signal onto a basis of delayed pulses. Explain the process behind the expansion and the importance of basis function.



Rajah 4
Figure 4

- (c) (i) Model domain masa bukan-parametrik diandaikan mempunyai lebar dedenyut Δ_t sebagai set denyutan lewat dalam fungsi asas yang menghasilkan model domain masa bukan parametrik.

Assuming a time domain model of non-parametric model as pulse width Δ_t as set of delayed pulses in basis function that leads to non-parametric time domain model.

Dengan menggunakan N untuk menerangkan respon sistem linear, hasilkan persamaan keluaran dengan menggunakan u_k , sebagai tambahan pemberat bagi denyutan lewat. Terangkan juga kaitan antara isyarat ini berasaskan sifat linear.

Using N to describe the response of linear system, produce the output equation using u_k as the weighted sum of delayed pulses. Explain as well the relationship between these signals with respect to its linear properties.

$$d(t, \Delta_t) = \begin{cases} \left(\frac{1}{\Delta_t} \right) & \text{for } |t| < \frac{\Delta_t}{2} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

- (ii) Andaikan keluaran sistem diberi sebagai (60%)
Suppose that the output system is given by

$$y(t) = \int_{\tau=0}^t h(t, \tau) u(t - \tau) d\tau$$

Adakah sistem in kausal?

Is this system causal?

Buktikan jawapan anda.

Justify your answer. (20%)

5. Teori *Least – square* adalah alat yang dapat digunakan dalam meramalkan anggaran parameter daripada data eksperimental.

Least Square theory is a major tool in predicting parameter estimation from experimental data.

- (a) Tuliskan struktur fungsi *regression* yang mengaitkan pembolehubah keluaran y ke pembolehubah masukan x dengan n - parameter vektor θ bersama m pemerhatian. Gunakan $i=1,2,\dots,m$

Write the structure of the regression function that relates variable output y to input variable x with n -parameter vector θ with m observations. Use $i=1,2,\dots,m$

(25%)

- (b) Janakan satu formulasi umum yang menggunakan W sebagai pemberat matrik dalam J_w dan ralat vektor ε

Generate the generalized formulation that allows W to be the desired weighting matrix into J_w and error vector ε .

- (i) jika W menggunakan matrik identiti I , buktikan yang anggaran pemberat parameter vector adalah bersamaan dengan penanggar *least-square*.

If W is taken as an identity matrix I , proof that the estimated weighted parameter vector is equal to the least square estimator.

$$\hat{\theta}_w = \hat{\theta}$$

(35%)

...11/-

- (c) Dengan menggunakan kaedah *least-square*, tunjukkan cara kerja kaedah melengkapkan garis lurus untuk empat titik yang diberikan dalam formula dan nyatakan nilai parameter a dan b apabila $y = a + bx$

Using the method of least square, show the working method in fitting a straight line to the four point given in the formula and state the value of the parameters a and b when $y = a + bx$.

$(-1.0, 1.000), (-0.1, 1.099), (0.2, 0.808), (1.0, 1.000)$

(40%)

6. (a) Berpandukan gambarajah yang sesuai, bincangkan tiga langkah utama dalam aplikasi asas kawalan logik kabur. Berikan contoh yang sesuai untuk menjelaskan jawapan anda.

Using a suitable diagram, discuss three main steps in a general fuzzy logic controller. Give suitable examples to clarify your answer.

(25%)

- (b) Kenalpasti tiga operator dalam klasifikasi set kabur. Berikan contoh untuk menjelaskan bagaimana setiap operator set kabur ini berfungsi.

Identify three fuzzy set operators. Give an example to clarify how each fuzzy set operator works.

(15%)

- (c) Rajah Q6 menunjukkan suatu sistem kawalan kelembapan berdasarkan logik kabur. Keluaran utama daripada enjin inferens logik kabur adalah MOIST, DRY atau NO CHANGE.

Figure Q6 depicts a fuzzy logic-based moisture control system. The main output of the fuzzy inference engine is MOIST, DRY, or NO CHANGE.

...12/-

- (i) Cadangkan 2 parameter masukan kepada enjin inferens logik kabur tersebut, dan berikan justifikasi bagi cadangan anda.

Suggest two input parameters to the fuzzy inference engine and give justification for your choices.

(10%)

- (ii) Rekabentuk suatu matrik peraturan 3 x 3 dan cadangkan satu set peraturan bagi enjin inferens logik kabur tersebut.

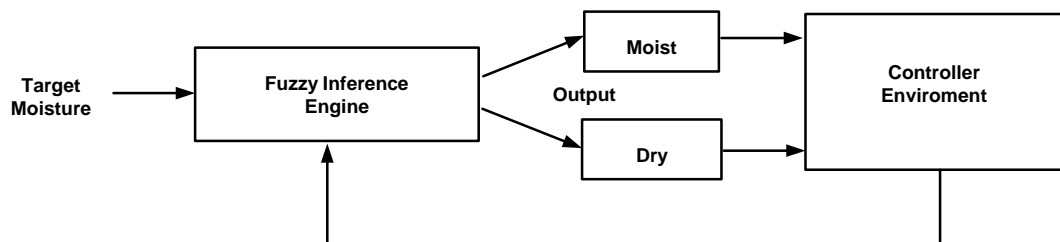
Design a 3 x 3 rule matrix and suggest a set of rules for the fuzzy inference engine.

(20%)

- (ii) Berdasarkan (i) dan (ii), terangkan bagaimana pengawal logic kabur tersebut berfungsi.

Based on (i) and (ii), explain how the fuzzy logic-controller functions.

(30%)



Rajah Q6
Figure Q6