
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 2003/2004
*First Semester Examination
2003/2004 Academic Session*

September/Oktober
September/October

ESA 251/3 – Teori Sistem Kawalan
(Theory of Control System)

Masa : 3 jam
Hour : [3 hours]

ARAHAN KEPADA CALON :
INSTRUCTION TO CANDIDATES:

Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **ENAM** mukasurat bercetak dan **ENAM** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.

*Please ensure that this paper contains **SIX** printed pages and **SIX** questions before you begin examination.*

Jawab **EMPAT** soalan sahaja.

*Answer **FOUR** the questions only.*

Calon boleh menjawab semua soalan dalam Bahasa Malaysia. Sekiranya calon ingin menjawab dalam Bahasa Inggeris, sekurang-kurangnya satu soalan perlu dijawab dalam Bahasa Malaysia.

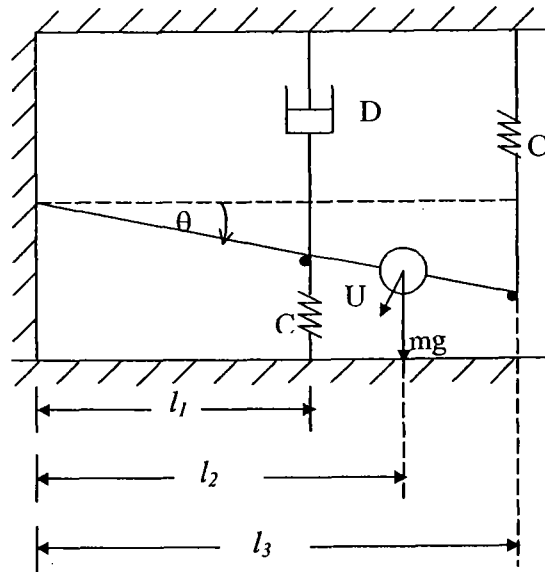
Student may answer all the questions in Bahasa Malaysia. If you want to answer in English, at least one question must be answered in Bahasa Malaysia.

Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.

Each questions must begin from a new page.

- S1. Pertimbangkan sistem bandul pegas teredam seperti dalam Gambarajah 1 di bawah:

Consider the damped spring pendulum system shown in Figure 1 below:



Gambarajah 1: Sistem bandul pegas teredam dalam kedudukan terpesong
Figure 1: Damped Spring Pendulum System in the Deflected Position

Anggapkan bahawa daya pegas dan daya teredam yang bertindak ke atas bandul adalah sifar bila bandul berada dalam keadaan mendatar, atau $\theta = 0$. Anggapkan juga bahawa geseran yang terlibat boleh diabaikan dan sudut ayunan, θ adalah kecil.

Assume that the spring forces and damper force acting on the pendulum is zero when the pendulum is horizontal, or $\theta = 0$. Assume also that the friction involved is negligible and the angle of oscillation θ is small.

Dapatkan model matematik bagi sistem itu dalam bentuk :

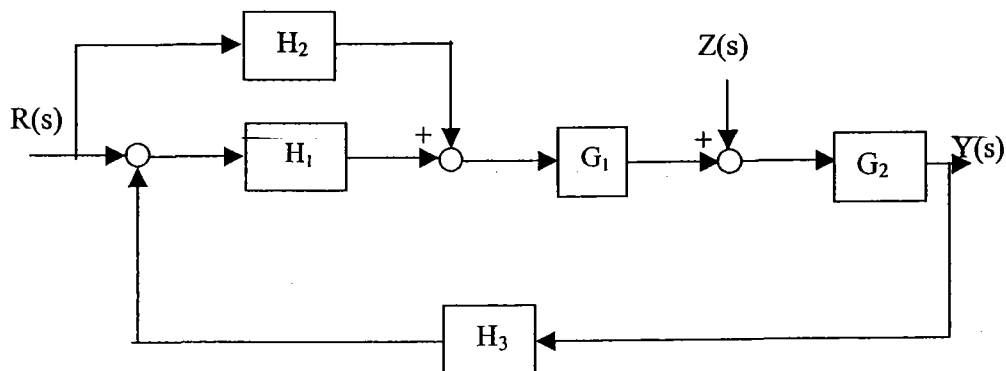
Obtain the mathematical model of the system in form of

- [a] Persamaan pembezaan lurus;
(Catitan : Untuk mendapatkan persamaan pembezaan lurus, persamaan tidak dilurus mesti di luruskan, sila tunjukkan proses linearisasi tersebut)

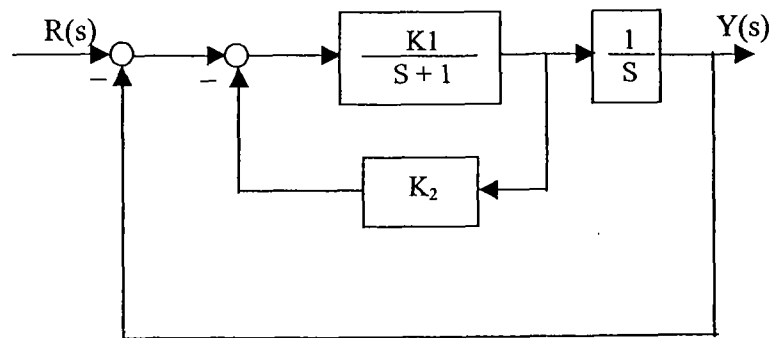
The linear differential equation

(Note : To get the linear differential equation, the nonlinear equation must be linearized about a operating point, please show the linearization process)

(35 markah)

[b] Fungsi pindah*The transfer function***(25 markah)****[c] Persembahan "State-space"***State-space representation***(25 markah)****[d] Dapatkan kan parameter dinamik sistem:****Frekuensi tabii W_o , Nisbah redaman ρ , Faktor penguat K** *Determine the dynamic parameter of the system :**Natural frequency W_o , Damping ratio ρ , Amplification factor K* **(15 markah)****S2. [a] Berdasarkan model matematik dalam bentuk fungsi alih yang didapati dari soalan 1.****Sila ramalkan sambutan awal dan akhir sistem dengan menggunakan teori awal dan akhir.***Based on the mathematical model in form of the transfer function, obtained from question 1.**Please predict the initial and stationary response of the system using initial and final theorems***(50 markah)****[b] Dapatkan fungsi pindah $Y(s) / R(s)$ dan $Y(s) / Z(s)$ bagi sistem yang ditunjukkan dalam Gambarajah 3 di bawah:***Obtain the transfer functions $Y(s) / R(s)$ and $Y(s) / Z(s)$ of the system shown below:***Gambarajah 2: Sistem kawalan dengan rujukan Input $R(s)$ dan gangguan Input $Z(s)$** *Figure 2: Control System With Reference Input $R(s)$ and Disturbance Input $Z(s)$* **(50 markah)**

- S3. Merujuk kepada sistem yang ditunjukkan dalam Gambarajah 2 di bawah
Referring to the system shown in Figure 2 below



Gambarajah 3 : Sistem gelung tertutup
Figure 3 : A Closed-Loop System

- [a] Tentukan nilai K_1 dan K_2 supaya sistem itu mempunyai maksimum terlajak unit sambutan langkah M_p sebesar 0.2 dan masa puncak t_p sebesar 1 detik

Determine the values for K_1 and K_2 so that the system has a overshoot at unit step response up equal 0.2 and the peak time t_p equal 1 second.

(70 markah)

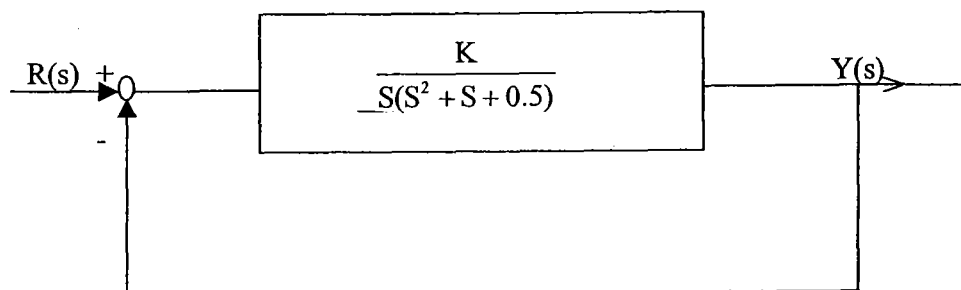
- [b] Seterusnya hitung masa naik t_r dan masa penguapan t_s dalam unit sambutan langkah.

Then calculate the rise time t_r , settling t_s in the unit-step response.

(30 markah)

- S4. Pertimbangkan suatu sistem gelung tertutup seperti yang ditunjukkan dalam rajah 4.

Consider following closed loop system as shown in Figure 4.



Rajah 4 : Sistem gelung tertutup
Figure 4 : Closed loop system

- [a] Tentukan julat K bagi kestabilan dengan menggunakan kriterium kestabilan Routh's (50 markah);

Calculate the gain K for the stability using Routh's- stability criterion.

- [b] Tentukan nilai K supaya magnitud sambutan frekuensi puncak ialah 2 dB or $M_r = 2\text{dB}$ (50 markah).

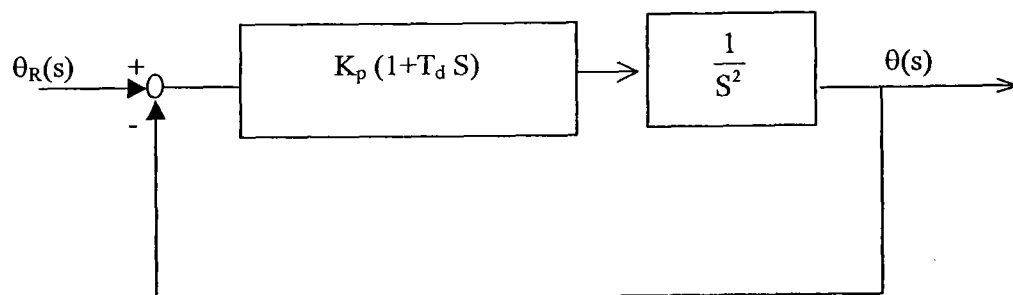
Determine the value of K so as that the magnitude of peak frequency response is 2 dB or $M_r = 2\text{dB}$.

(100 markah)

- S5. Rajah 5 menunjukkan gambarajah blok sistem kawalan attitude sebuah kenderaan angkasa. Tentukan pemalar gandaan berkadaran, K_p dan masa terbitan, T_d supaya lebar jalur gelung tertutup adalah 0.4 sampai 0.5.

(Perhatikan bahawa lebar jalur gelung tertutup adalah hampir dengan frekuensi melintas gandaan). Sistem itu mestilah mempunyai jidar fasa yang bersesuaian. Plot lengkung frekuensi bagi kedua-dua gelung terbuka dan gelung tertutup pada gambarajah Bode.

Figure 5 shows a block diagram of a space vehicle attitude control system. Determine the proportion gain constant K_p and derivative time T_d such that the bandwidth of the closed-loop system is 0.4 to 0.5. (Note that the closed-loop bandwidth is close to the gain crossover frequency). The system must have an adequate.



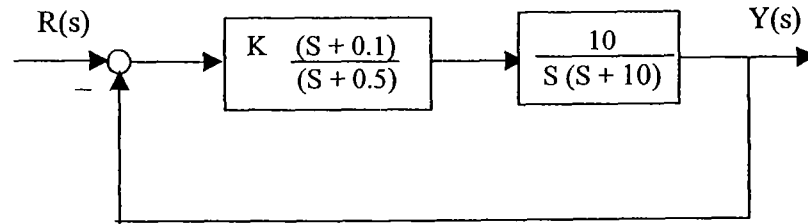
Rajah 5 : Gambarajah blok bagi sistem kawalan attitude sebuah kenderaan angkasa

Figure 5 : Block diagram for attitude control system of spacecraft vehicle

(100 markah)

S6. Pertimbangkan sistem seperti yang ditunjukkan dalam Gambarajah 6.

Consider the system shown in the Figure 6.



Gambarajah 6 : Rajah blok bagi Penggerak Servo Hidraulik
Figure 6 : Block Diagram of the Hydraulic Servo Actuator

[a] Lukiskan rajah bode bagi fungsi pindah gelung terbuka.

Draw a bode diagram of the open loop transfer function

(60 markah)

[b] Tentukan nilai gandaan K supaya margin fasa ialah 60°

Determine the value of the gain K such that the phase margin is 60° .

(20 markah)

[c] Apakah margin gandaan bagi sistem dengan gandaan K?

What is the gain margin of the system with this gain K?

(20 markah)