
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama

Sidang Akademik 2007/2008

Oktober/November 2007

EEE 350 – SISTEM KAWALAN

Masa : 3 Jam

Sila pastikan kertas peperiksaan ini mengandungi **SEBELAS** muka surat, **DUA** muka surat **FORMAT JAWAPAN AKHIR (FOJA)** dan **DUA** muka surat **LAMPIRAN** bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Kertas soalan ini mengandungi **ENAM** soalan.

Jawab **LIMA** soalan.

Gunakan dua buku jawapan yang berasingan supaya jawapan-jawapan bagi soalan-soalan **Bahagian A** adalah di dalam satu buku jawapan dan bagi **Bahagian B** di dalam buku jawapan yang lain.

Jawab **LIMA (5)** soalan. **Format Jawapan** peperiksaan ini adalah

- [i] Anda hendaklah menunjukkan jalan kerja jawapan dalam **Buku Jawapan**.
- [ii] Jawapan-jawapan akhir kepada soalan **Bahagian A** hendaklah diisi dalam kertas format jawapan akhir (FOJA) yang disediakan dan **mesti dikepilkan bersama dengan Buku Jawapan anda**.

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

Agihan markah diberikan di sudut sebelah kanan soalan berkenaan.

Jawab semua soalan dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.

Bahagian A

Part A

1. (a) Selesaikan persamaan kebezaan di bawah menggunakan kaedah klasikal dengan diberikan nilai-nilai awalan.

Solve the differential equation below using the classical solution method given the initial conditions.

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 3\frac{dx}{dt} + 2x = e^{-3t}$$

$$x(0) = 3, \frac{dx}{dt}(0) = 1$$

(35%)

- (b) Selesaikan persamaan kebezaan di bawah menggunakan kaedah Jelmaan Laplace dengan diberikan nilai-nilai awalan.

Solve the following differential equation by means of the Laplace Transform given the initial conditions.

$$\frac{dx_1(t)}{dt} = 2x_2(t)$$

$$\frac{dx_2(t)}{dt} = -x_1(t) - 3x_2(t) + u(t)$$

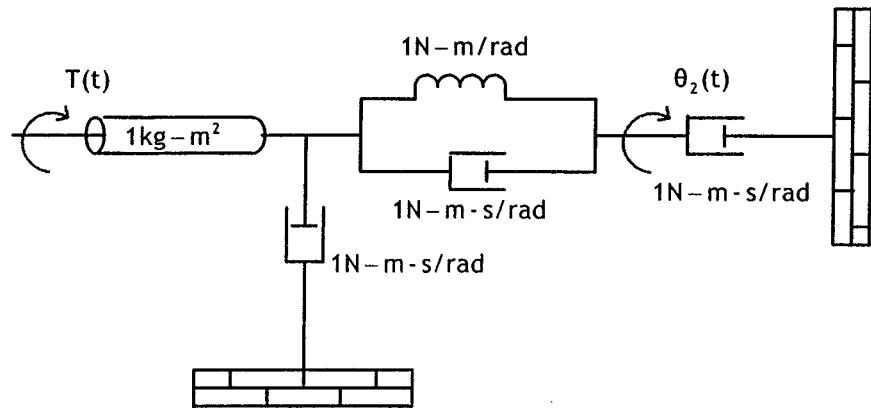
$$x_1(0) = 0, x_2(0) = 0$$

(45%)

...3/-

- (c) Cari fungsi pindah $G(s) = \theta_2(s)/T(s)$ untuk sistem yang ditunjukkan di dalam Rajah 1.

Find the transfer function $G(s) = \theta_2(s)/T(s)$ for the system shown in Figure 1.



Rajah1
Figure 1.

(20%)

2. (a) Carikan yang berikut untuk sistem yang digambarkan dalam Rajah 2(a).

Find the following for the system shown in Figure 2(a).

- (i) Fungsi pindah setara, $G(s) = X(s)/F(s)$.

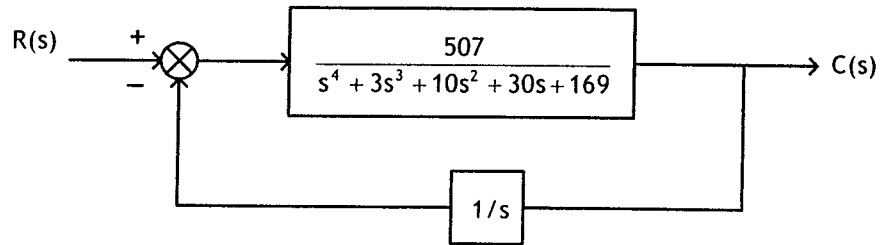
The equivalent transfer function, $G(s) = X(s)/F(s)$.

- (ii) Nisbah redaman, frekuensi tabii, peratusan terlajak, masa pengesetan, masa puncak dan masa naik.

The damping ratio, natural frequency, percent overshoot, settling time, peak time and rise time.

3. (a) Satu sistem kawalan suapbalik adalah seperti ditunjukkan dalam Rajah 3(a). Menggunakan kriteria Routh-Hurwitz, jelaskan sistem tersebut dengan menunjukkan lokasi kutub-kutubnya.

A feedback control system is as shown in Figure 3(a). Using the Routh-Hurwitz criterion, describe the system indicating the location of the poles.



Rajah 3(a)
Figure 3(a)

(40%)

- (b) Cari dan lakar sistem suapbalik tunggal yang setara dengan sistem ditunjukkan dalam Rajah 3(b). (Tunjukkan nilai fungsi pindah setara bagi laluan ke hadapan)

Menggunakan kriteria Routh-Hurwitz, tentukan nilai K yang akan menjadikan sistem tersebut stabil.

Find and sketch the unity feedback system that is equivalent to the system shown in Figure 3(b). (Show the equivalent transfer function of the forward path)

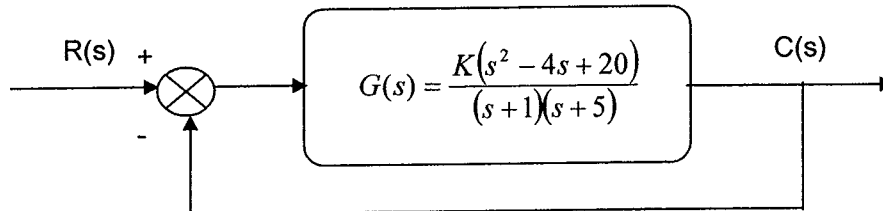
Using Routh-Hurwitz criterion, determine the value of K that will make the system stable.

Bahagian B

Part B

4. Sebuah sistem suapbalik tunggal dipaparkan dalam Rajah 4:

A unity feedback system is shown in Figure 4 below:



Rajah 4 Sistem Suapbalik Tunggal
Figure 4 Unity Feedback System

- (a) Lakarkan londar punca bagi sistem yang dipaparkan dalam Rajah 1. Nyatakan langkah-langkah lakaran tersebut. Terdapat 1 titik pecah yang betul dalam kalangan tiga lokasi punca:
Pilih titik pecah yang betul dan nyatakan samada titik itu ialah titik **pecah-masuk** atau titik **pecah-keluar**. Labelkan titik tersebut pada lakaran londar punca anda.

Plot the root locus for the system shown in Figure 1. State your subsequent steps in sketching it. There is only 1 correct breakpoint out of these three possible root location:

*Choose the correct break point and state whether it is a **break-in** or a **break-away** point. Label it on your root locus plot.*

$$\sigma_1 = -6.23$$

$$\sigma_2 = -2.53$$

$$\sigma_3 = -0.53$$

(50%)

...8/-

- (b) Tentukan titik yang betul pada titik persilangan di antara londar punca dengan garisan nisbah redaman bernilai 0.45. Petua: gunakan kriteria sudut bagi mengesahkan titik yang betul.

Locate the exact point where the root locus crosses the 0.45 damping ratio line. Hint: use angle criterion to validate your exact point.

(30%)

- (c) Kirakan gandaan K pada titik persilangan (londar punca bersilang dengan garisan redaman 0.45) dalam (b).

Calculate the corresponding gain K at the crossing point (root locus crosses the 0.45 damping line) in (b).

(10%)

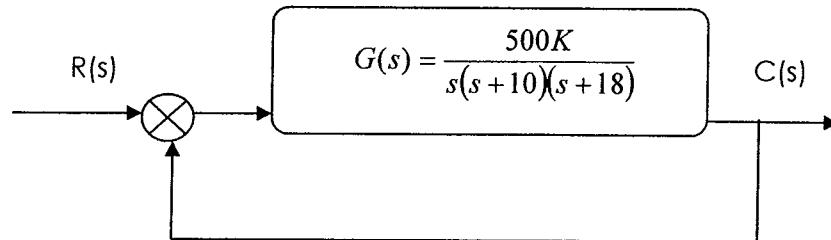
- (d) Tentukan julat bagi gandaan K bagi menjamin kestabilan sistem ini. Petua: tentukan persilangan paksi-jw secara anggaran berdasarkan lakaran londar punca dan kira gandaan K pada titik tersebut.

Find the range of K within the system is stable. Hint: locate the jw-axis crossing (by estimating the point from your root locus sketch and calculate the corresponding gain K at that point.

(10%)

5. Pertimbangkan sistem kawalan suap-balik tunggal seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5.

Consider the unity feedback control shown in Figure 5.



Rajah 5
Figure 5

Lakarkan plot bod dengan menggunakan kaedah penghampiran asimptot bagi sistem yang ditunjukkan dalam Rajah 5 untuk menentukan berikut:

Sketch a bode plot using asymptotic approximation approach for the system shown in Figure 5 to determine the following:

- (a) Jidar gandaan dan Jidar fasa apabila gandaan K adalah 1.
Gain margin and phase margin when the gain K is 1. (30%)
- (b) Julat bagi K memastikan sistem berada dalam keadaan stabil.
The range K for the system to remain stable. (20%)
- (c) Kirakan lebarjalur, ω_{BW} bagi sistem dengan K bersamaan 1. Kirakan masa penetapan bagi sistem tersebut dengan menggunakan nilai lebarjalur dan jidar fasa yang telah diperoleh.

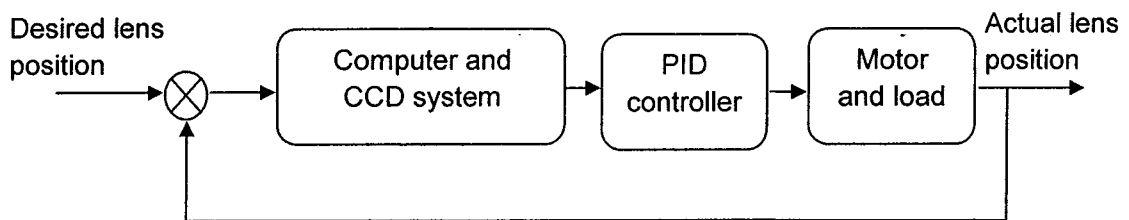
Calculate the bandwidth, ω_{BW} of the system with $K=1$. Calculate the settling time of the system by using the value of the bandwidth and the phase margin obtained.

(50%)

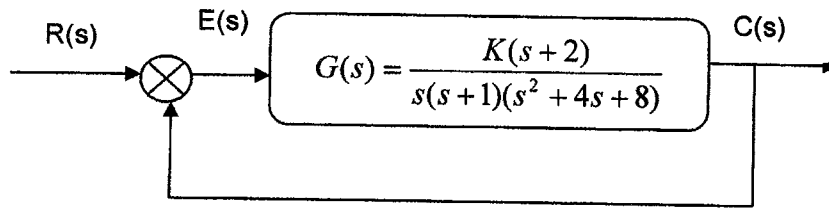
...10/-

6. Peralatan CCD yang digunakan dalam kamera wayang video untuk menukarkan imej ke dalam bentuk isyarat elektrik boleh digunakan sebagai sebahagian daripada sistem penfokusan automatik dalam kamera 35-mm. Penfokusan automatik boleh dilaksanakan dengan menfokuskan pusat imej pada tatasusunan peralatan cas-berkembar melalui dua lensa. Kamera tersebut mengesan pemisahan dan komputer memacu lensa dan menfokuskan imej. Sistem fokus automatik itu merupakan sebuah kawalan posisi iaitu posisi/kedudukan lensa yang diingini adalah masukan yang dipilih dengan membidik kamera pada subjek. Keluaran sistem tersebut ialah kedudukan lensa yang sebenar. Penqawal PID terbenam bertanggungjawab dalam mengawal kedudukan lensa kamera itu. Gambarajah 6 menunjukkan gambarajah blok berfungsi bagi sistem tersebut.

The charge-coupled device (CCD) that is used in video movie camera to convert images into electrical signal can be used as part of an automatic focusing system in 35-mm cameras. Automatic focusing can be implemented by focusing the center of the image on a charge-coupled device array through two lenses. The separation of the two images on the CCD is related to the focus. The camera senses the separation, and a computer drives the lens and focuses the image. Such automatic focus system is in fact, a position control, where the desired position of the lenses is an input selected by pointing the camera at the subject. The output is the actual position of the lens. The embedded controller is a PID controller responsible in the control of the lens position. Figure 6 shows the functional block diagram of the system.



Rajah 6 Gambarajah berfungsi
Figure 6 Functional block diagram



Rajah 6(a) Gambarajah blok menunjukkan rangkap pindah bagi sistem tersebut
Figure 6(a) Block diagram showing the transfer function of the system

Andaikan $K = 5.15$ di antara gambarajah dan soalan.

- (a) Anggarkan model yang telah dipermudahkan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 6(a), lukiskan Carta Nichols.

Assuming the simplified model shown in Figure 6(a), draw the Nichols chart.

- (b) Tentukan lajakan peratusan bagi masukan langkah unit. (50%)

Determine the percent overshoot for a step input.

- (c) Tentukan lebar jalur bagi sistem ini. (25%)

Determine the bandwidth of the system.

(25%)

oooOOooo

Laplace transform theorems

Item no.	Theorem	Name
1.	$\mathcal{L}[f(t)] = F(s) = \int_{0^-}^{\infty} f(t)e^{-st} dt$	Definition
2.	$\mathcal{L}[kf(t)] = kF(s)$	Linearity theorem
3.	$\mathcal{L}[f_1(t) + f_2(t)] = F_1(s) + F_2(s)$	Linearity theorem
4.	$\mathcal{L}[e^{-at}f(t)] = F(s + a)$	Frequency shift theorem
5.	$\mathcal{L}[f(t - T)] = e^{-sT}F(s)$	Time shift theorem
6.	$\mathcal{L}[f(at)] = \frac{1}{a}F\left(\frac{s}{a}\right)$	Scaling theorem
7.	$\mathcal{L}\left[\frac{df}{dt}\right] = sF(s) - f(0^-)$	Differentiation theorem
8.	$\mathcal{L}\left[\frac{d^2f}{dt^2}\right] = s^2F(s) - sf(0^-) - \dot{f}(0^-)$	Differentiation theorem
9.	$\mathcal{L}\left[\frac{d^n f}{dt^n}\right] = s^n F(s) - \sum_{k=1}^n s^{n-k} f^{k-1}(0^-)$	Differentiation theorem
10.	$\mathcal{L}\left[\int_{0^-}^t f(\tau) d\tau\right] = \frac{F(s)}{s}$	Integration theorem
11.	$f(\infty) = \lim_{s \rightarrow 0} sF(s)$	Final value theorem ¹
12.	$f(0^+) = \lim_{s \rightarrow \infty} sF(s)$	Initial value theorem ²