



UNIVERSITI TUN HUSSEIN ONN MALAYSIA

PEPERIKSAAN AKHIR SEMESTER II SESI 2008/2009

NAMA MATA PELAJARAN : KEJURUTERAAN KAWALAN

KOD MATA PELAJARAN : BDA3073 / BKM4323

KURSUS : BDD/BKJ

TARIKH PEPERIKSAAN : APRIL / MEI 2009

JANGKA MASA : 3 JAM

ARAHAN :

1. BAHAGIAN A (WAJIB) : JAWAB SEMUA SOALAN.
2. BAHAGIAN B (PILIHAN) : JAWAB SOALAN 3 & 4
ATAU SOALAN 5 & 6.
3. SIMBOL YANG DIGUNAKAN MEMPUYAI
TAKRIFAN YANG LAZIM KECUALI JIKA
DINYATAKAN SEBALIKNYA.
4. NYATAKAN ANDAIAN YANG DIBUAT BAGI
SETIAP SOALAN.

KERTAS SOALAN INI MENGANDUNGI **SEBELAS (11)** MUKA SURAT

BAHAGIAN A (WAJIB) : JAWAB SEMUA SOALAN

S1 Pertimbangkan sebuah sistem mekanikal seperti ditunjukkan dalam **Rajah S1**, dimana f_{v1} adalah pekali geseran peredam, yang terhasil akibat geseran dari permukaan.

- Tentukan persamaan pembeza biasa bagi system berikut, dimana $x(t)$ adalah pembolehubah keluaran dan $f(t)$ adalah pembolehubah masukan.
- Tentukan rangkap pindah $G(s) = X(s)/F(s)$,
- Sekiranya, $K_s = 5N/m$, tentukan f_{v1} dan M yang menghasilkan 20% peratus lajukan dan masa penganapan 2 saat.
- Tentukan kedudukan kutub-kutub sistem tersebut.
- Nyatakan sifat sistem terbit kedua tersebut. (samaada sambutan lampau redaman, sambutan kurang redaman atau lain-lain).

Diberi:

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad T_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}}$$

$$s_1, s_2 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad \zeta = \frac{-\ln(\%OS/100)}{\sqrt{\pi^2 + \ln^2(\%OS/100)}}$$

$$\%OS = 100 e^{-(\zeta\pi / \sqrt{1 - \zeta^2})} \quad T_s = \frac{4}{\zeta\omega_n}$$

(25 markah)

- S2** (a) Senaraikan lima ciri-ciri yang terdapat pada sistem terbitan kedua sambutan kurang redaman.
- (b) Di manakah kedudukan kutub-kutub dalam keadaan (1) sambutan kurang redaman, (2) sambutan lampau redaman, dan (3) sambutan kritikal redaman?

- (c) Terdapat sebahagian sistem keretapi laju yang dijanakua oleh elektrik yang dibekalkan kepada pentograf di atas bumbung keretapi daripada pencawang katenari. Rangkap pindah bagi dinamik pentograf, yang merupakan rangkap pindah yang menghubungkan anjakan spring kepala model tersebut kepada daya yang dikenakan, atau,

$$G(s) = (Y_h(s) - Y_{cat}(s)) / F_{up}(s) \quad (O'Connor, 1997) \text{ adalah}$$

$$G(s) = \frac{(Y_h(s) - Y_{cat}(s))}{F_{up}(s)} = \frac{0.7883(s + 53.83)}{(s^2 + 15.47s + 9283)(s^2 + 8.119s + 376.3)}$$

dimana $y_{cat}(t)$ adalah anjakan katenari, $f_{up}(t)$ adalah daya ke atas yang dikenakan ke atas pentograf di bawah kawalan aktif dan $y_h(t)$ adalah anjakan kepala pentograf.

- (i) Gunakan kutub yang dominan daripada rangkap pindah $G(s)$ yang diberi iaitu $s^2 + 8.119s + 376.3$ dan nyatakan peratus lajukan, nisbah redaman, frekuensi tabii, masa pengenapan, masa puncak dan masa naik.
- (ii) Sekiranya transduser masukan ($G_i(s) = 1/100$), pengawal ($G_c(s) = K$), penggerak ($G_a(s) = 1/1000$), spring pentograf ($K_s(s) = 82.3 \times 10^3 N/m$), penerima ($H_o(s) = 1/100$) dan pentograf dinamik, $G(s)$ dihimpunkan sebagai gambarajah blok bagi sistem kawalan pentograf aktif seperti ditunjukkan dalam **Rajah S2**, tentukan rangkap pindah litar tertutup gambarah blok tersebut sekiranya $K = 1000$.
- (iii) Dengan menggunakan gambarah blok **Rajah S2** dan kriteria Routh-Hurwitz, tentukan julat K supaya sistem tersebut stabil.

Diberi:

$$\omega_n T_r = 1.2136$$

(25 markah)

BAHAGIAN B (PILIHAN) : JAWAB SOALAN 3 & 4 ATAU SOALAN 5 & 6

S3 Diberi satu sistem kawalan gelung tertutup seperti ditunjukkan dalam **Rajah S3**. Anggap satu pengawal berkadaran- P , $G_c(s) = K$, dipilih untuk mengawal proses tersebut.

- (a) Lakarkan gambarajah londaar punca bagi sistem kawalan gelung tertutup tersebut terhadap parameter K bagi pengawal berkadaran- P ,
- (b) Dapatkan nilai titik pintasan pada paksi nyata, σ_a , dan sudut, θ_a , bagi asimptot,
- (c) Sekiranya nilai bagi titik lolos pada paksi nyata adalah $s_B = -1.223$, kirakan nilai K pada titik tersebut,
- (d) Dapatkan nilai bagi titik pintasan pada paksi- $j\omega$, dan
- (e) Dapatkan nilai K untuk sistem berada dalam keadaan stabil.

(25 markah)

S4 Sistem kawalan gelung tertutup di dalam soalan **S3** perlu dipinda dengan menambahkan satu pengawal yang sesuai bagi memenuhi keperluan berikut:

- (i) Pengawal tersebut harus memampas kutub perusa pertama bagi proses, dan
- (ii) Sistem kawalan gelung tertutup tersebut harus tidak mempunyai ralat keadaan mantap terhadap masukan langkah unit.

Jawab semua soalan di bawah:

- (a) Tentukan pengawal yang sesuai bagi memenuhi semua keperluan di atas dan terangkan pilihan anda,
- (b) Dapatkan rangkap pindah bagi pengawal yang sesuai tersebut serta lukis gambarajah blok bagi system kawalan gelung tertutup yang baru itu, dan
- (c) Anggap satu pengawal dengan rangkap pindah, $G_c(s) = K_c \cdot (s + 0.5)$ digunakan, lakarkan londaar punca yang baru bagi system kawalan gelung tertutup tersebut terhadap gandaan parameter K_c bagi pengawal itu.

(25 markah)

S5 (a) Nyatakan **2(dua)** kelebihan menggunakan kaedah Carta Bode berbanding kaedah Carta Nyquist di dalam rekabentuk sistem kawalan.

(b) Rangkap pindah suatu sistem kawalan diberikan oleh ;

$$G(s) = \frac{10K(s+3)}{s(s+2)(s^2+s+2)}$$

- (i) Lakarkan Carta Bode untuk sistem di atas menggunakan kaedah penganggaran garis lurus jika diberi $K=1$.
- (ii) Tentukan nilai jidar gandaan dan jidar fasa daripada lakaran Carta Bode dalam S5(b)(i).
- (iii) Tentukan had nilai kestabilan bagi gandaan K .

(25 markah)

S6 **Rajah S6** menunjukkan gambarajah blok bagi satu sistem kawalan kedudukan servomotor. Untuk tujuan rekabentuk sistem kawalan, teknik sambutan frekuensi yang menggunakan kaedah Carta Bode sahaja boleh digunakan untuk menentukan;

- (a) Lakarkan Carta Bode untuk sistem kawalan dalam **Rajah S6** jika $K=3.6$ diberikan sebagai nilai awal. Gunakan prinsip penganggaran garis lurus untuk melakar Carta Bode.
- (b) Menggunakan lakaran Carta Bode daripada S6(a), tentukan nilai gandaan K yang dapat menghasilkan peratus lajukan 9.5% dalam sambutan masa untuk masukan unit langkah.
- (c) Lakarkan Carta Bode untuk gandaan yang telah direkabentuk dalam S6(b) menggunakan prinsip penganggaran garis lurus.

(25 markah)

PART A (COMPULSORY): ANSWER ALL THE QUESTIONS

Q1 Consider the translational mechanical system shown in **Rajah S1**, where f_{v1} is the viscous damping coefficients, arise because of a viscous interface.

- Find the differential equations of the system where $x(t)$ is the output and $f(t)$ is an input.
- Find the transfer function $G(s) = X(s)/F(s)$,
- If $K_s = 5N/m$, find f_{v1} and M to yield 20% overshoot and a settling time of 2 seconds.
- Find the locations of the poles.
- State the nature of the second-order system response (overdamped, underdamped, etc.).

Given :

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad T_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}}$$

$$s_1, s_2 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad \zeta = \frac{-\ln(\%OS/100)}{\sqrt{\pi^2 + \ln^2(\%OS/100)}}$$

$$\%OS = 100 e^{-(\zeta\pi / \sqrt{1 - \zeta^2})} \quad T_s = \frac{4}{\zeta\omega_n}$$

(25 marks)

- Q2**
- List five specifications for a second-order underdamped system.
 - What pole locations characterize (1) the underdamped system, (2) the overdamped system, and (3) the critically damped system?
 - Some high-speed rail system are powered by electricity supplied to a pantograph on the train's roof from a catenary overhead. The transfer function for the pantograph dynamics, that is, the transfer function relating

the displacement of the spring that models the head to the applied force, or

$$G(s) = (Y_h(s) - Y_{cat}(s)) / F_{up}(s) \quad (O'Connor, 1997) \text{ is}$$

$$G(s) = \frac{(Y_h(s) - Y_{cat}(s))}{F_{up}(s)} = \frac{0.7883(s + 53.83)}{(s^2 + 15.47s + 9283)(s^2 + 8.119s + 376.3)}$$

where $y_{cat}(t)$ is the catenary displacement, $f_{up}(t)$ is the upward force applied to the pantograph under active control and $y_h(t)$ is the pantograph head displacement.

- (i) Use the dominant poles from the transfer function $G(s)$ which is $s^2 + 8.119s + 376.3$ and estimate percent overshoot, damping ratio, natural frequency, settling time, peak time and rise time.
- (ii) If input transducer ($G_i(s) = 1/100$), controller ($G_c(s) = K$), actuator ($G_a(s) = 1/1000$), pantograph spring ($K_s(s) = 82.3 \times 10^3 \text{ N/m}$), sensor ($H_o(s) = 1/100$) and the pantograph dynamics, $G(s)$ assembled as a block diagram of the active pantograph control system as shown in **Rajah S2**, find the closed-loop transfer function for the block diagram if $K = 1000$.
- (iii) Using the block diagram in **Rajah S2** and the Routh-Hurwitz criterion, determine the range of controller gain, K , that will keep the system stable.

Given:

$$\omega_n T_r = 1.2136$$

(25 marks)

PART B (OPTIONAL): ANSWER QUESTIONS 3 & 4 OR QUESTIONS 5 & 6

Q3 Given is a closed-loop control system as shown in **Rajah S3**. Assume that a P -controller $G_c(s) = K$, is chosen to control the process.

- (a) Sketch the root locus of the closed-loop control system with respect to the parameter K of the P – controller,
- (b) Find value of the real axis intercept point, σ_a , and angle θ_a for the asymptotes,
- (c) If the value of the real-axis breakaway point is $s_B = -1.223$, calculate the value of K at that points,
- (d) Find value of the $j\omega$ -axis crossing point, and
- (e) Find value of the K for the system to be stable.

(25 marks)

Q4 A closed-loop control system in question **Q3** has to be modified by adding a suitable controller in order to fulfill the following requirements:

- (i) The controller should compensate the first dominant pole of the process, and
- (ii) The closed-loop control system should have no steady-state error with respect to unit step input.

Answer all the questions below:

- (a) Determine the suitable controller to fulfill the above requirements and explain your choice,
- (b) Find the transfer function of the suitable controller and draw the block diagram of the new closed-loop control system, and
- (c) Assume that a controller with a transfer function, $G_c(s) = K_c \cdot (s + 0.5)$, is used, sketch the new root locus of the closed-loop control system with respect to the gain parameter K_c of the controller.

(25 marks)

Q5 (a) State **2(two)** advantages of using Bode Plot over Nyquist Plot in the design of a control system.

(b) The transfer function of a control system is given by ;

$$G(s) = \frac{10K(s+3)}{s(s+2)(s^2+s+2)}$$

- (i) Sketch the Bode Diagram for the above system using straight-line asymptotic approximations if given $K=1$.
- (ii) Determine the Gain and Phase margin from the sketched Bode Diagram in Q5(b)(i).
- (iii) Determine the range of values of K for stability.

(25 marks)

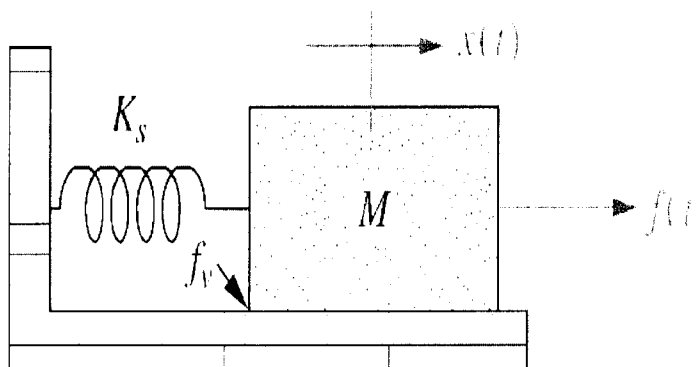
Q6 **Rajah S6** shows a control system for a servo motor position control. For design purposes use only frequency response technique utilizing Bode Plot to do the following;

- (a) Sketch the Bode Plot of the control system in **Rajah S6** given $K = 3.6$ as the starting gain using straight-line asymptotic approximations.
- (b) Using Bode plot from Q6 (a), determine the value of amplifier gain K , to yield a 9.5% overshoot in the transient response for a unit step input.
- (c) Sketch the Bode Plot of the adjusted gain in Q6 (b) using straight-line asymptotic approximations.

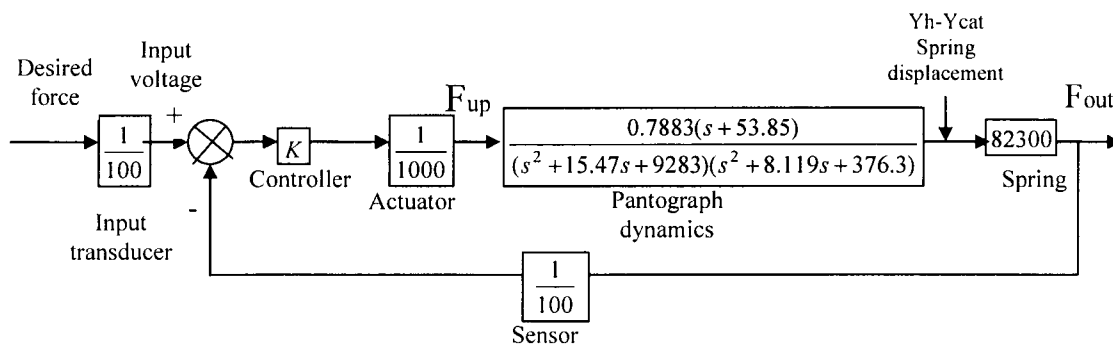
(25 marks)

PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER/SESI	:SEMESTER II/2008/09	KURSUS	: BDD/BKJ
MATAPELAJARAN	:KEJURUTERAAN KAWALAN	KOD MATA PELAJARAN	: BDA3073/ BKM4323



Rajah S1



Rajah S2

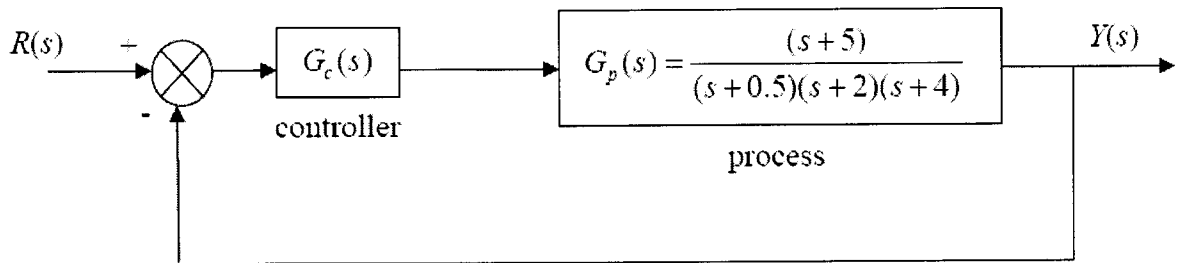
PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER/SESI
MATAPELAJARAN

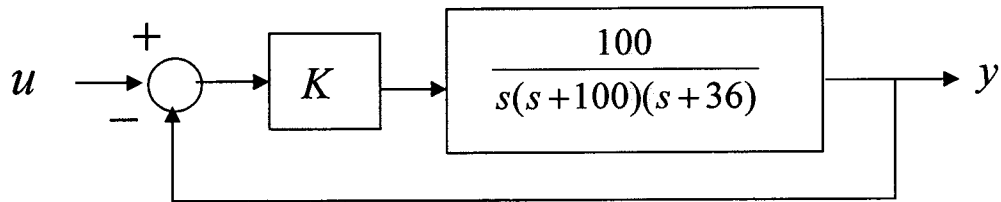
:SEMESTER II/2008/09
:KEJURUTERAAN KAWALAN KOD MATA PELAJARAN

KURSUS

: BDD/BKJ
: BDA3073/
BKM4323



Rajah S3



Rajah S6