
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Course Examination During Long Vacation
Academic Session 2008/2009
*Peperiksaan Kursus Semasa Cuti Panjang
Sidang Akademik 2008/2009*

June 2009
Jun 2009

EMM 302/3 – Automatic Control
Kawalan Automatik

Duration : 3 hours
Masa : 3 jam

INSTRUCTIONS TO CANDIDATE:
ARAHAN KEPADA CALON :

Please check that this paper contains **SEVEN (7)** printed pages and **SEVEN (7)** questions before you begin the examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **TUJUH (7)** mukasurat dan **TUJUH (7)** soalan yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.*

Answer **FIVE (5)** questions.

*Jawab **LIMA (5)** soalan.*

Answer all questions in **English** or **Bahasa Malaysia** or a combination of both.

*Calon boleh menjawab semua soalan dalam **Bahasa Malaysia** atau **Bahasa Inggeris** atau kombinasi kedua-duanya.*

Start answering each question in a new page.

Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.

- Q1.** A sensor has a non-linear signal output V_s which is a function of Stress σ described by:

$$V_s = 8.5 \times 10^{-21} (\sigma^3) - 2.7 \times 10^{-13} (\sigma^2) + 2.57 \times 10^{-6} (\sigma)$$

where σ is the surface stress in Pa. We wish to model the sensor for use in a control system.

Sebuah penderia mempunyai suatu keluaran isyarat tak lurus V_s yang merupakan rangkap tegasan diwakili oleh:

$$V_s = 8.5 \times 10^{-21} (\sigma^3) - 2.7 \times 10^{-13} (\sigma^2) + 2.57 \times 10^{-6} (\sigma)$$

di mana σ adalah tegasan permukaannya dalam Pa. Kita ingin modelkan penderia bagi kegunaan dalam satu sistem kawalan.

- [a]** What is the voltage for a stress level of 1.1×10^7 Pa?

Berapakah voltan bagi satu aras tegasan 1.1×10^7 Pa?

(10 marks/markah)

- [b]** Generate a linear best-fit approximation for the voltage around $\sigma = 1.1 \times 10^7$ Pa. Give the linear approximation.

Hasilkan satu anggaran paling cocok lurus bagi voltannya sekitar $\sigma = 1.1 \times 10^7$ Pa. Berikan anggaran lurus nya.

(40 marks/markah)

- [c]** Over what range is the linear approximation within 2% of the original equation?

Dalam julat apa anggaran lurus nya berada dalam lingkungan 2% daripada persamaan asalnya.

(50 marks/markah)

- Q2.** The torque of an electric motor t_e is proportional to its current I : $t_e = K_t(I)$. The motor lifts a shaft which has inertia j through a shallow angle θ as shown in Figure Q2. A slider of mass M slides on the shaft in the X direction. The motion of the slider is resisted by a frictional force proportional to the slider velocity along the shaft. You may assume the mass of the slider does not significantly affect the inertial load of the motor.

Kilas sebuah motor elektrik t_e adalah berkadar dengan arusnya I : $t_e = K_t(I)$. Motor tersebut mengangkat satu aci yang berinersia j melewati satu sudut kecil θ seperti ditunjukkan dalam Rajah S2. Satu gelungsur berjirim M mengelungsur pada aci dalam arah X. Pergerakan gelungsur dihadkan oleh satu daya geseran berkadar dengan halaju gelungsur sepanjang aci. Anda mungkin mengangap jisim gelungsur tidak memberi kesan besar terhadap beban inersia motor.

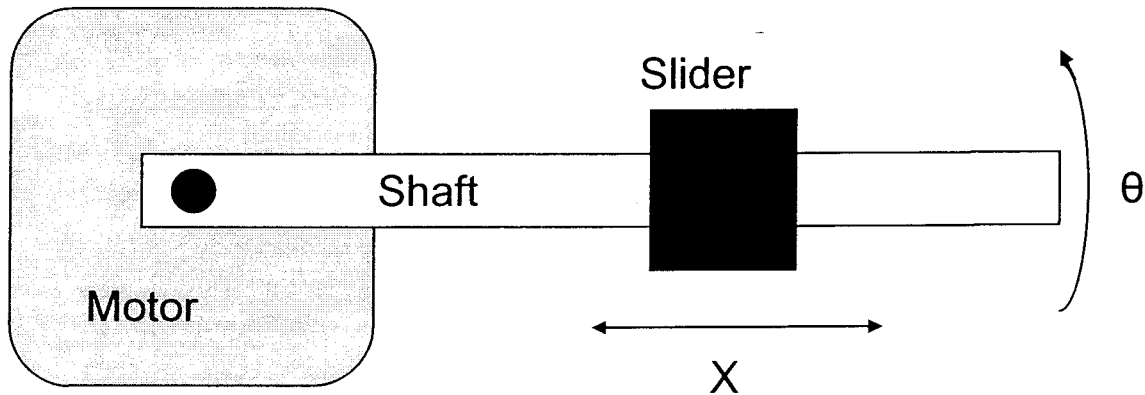


Figure Q2
Rajah S2

- [a] Draw a block diagram for the system, including all relevant effects.

Lukis satu rajah blok bagi sistem tersebut, termasuk semua kesan berkaitan.

(40 marks/markah)

- [b] Give the transfer function X/I .

Beri rangkap pindah X/I .

(60 marks/markah)

- Q3. A mobile robot uses wheels to travel on the ground. The wheels are driven by a servomotor equipped with encoder. The block diagram of the position control system is shown in Figure Q3. The transfer function of the robot with the servomotor is modelled as $G(s) = \frac{24}{s(s+3)}$. The controller $G_c(s) = \frac{K}{s+1}$ and the encoder $H(s) = 2$ will be used to control the position of the robot.

Sebuah robot bergerak menggunakan roda-roda untuk mengembara di atas lantai. Roda tersebut dipacu oleh sebuah motor servo dilengkapi dengan pengekod. Rajah blok bagi sistem kawalan posisinya ditunjukkan dalam Rajah S3. Rangkap pindah robot dengan motor servo dimodelkan sebagai $G(s) = \frac{24}{s(s+3)}$. Pengawal

$G_c(s) = \frac{K}{s+1}$ dan pengekod $H(s) = 2$ akan digunakan untuk mengawal posisi robot.

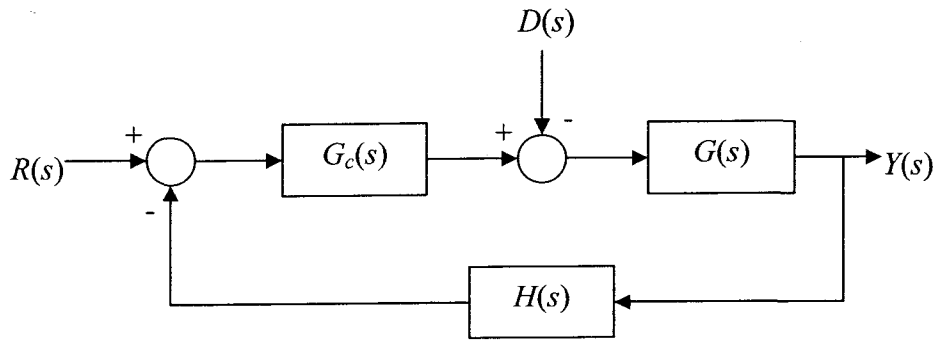


Figure Q3
Rajah S3

- [a] Calculate the sensitivity of the system due to change in parameter K . Compare the sensitivity obtained with the sensitivity of open loop control system.

Kira kepekaan sistem akibat perubahan terhadap parameter K . Bandingkan kepekaan didapati dengan kepekaan sistem kawalan gelung terbuka.

(30 marks/markah)

- [b] Determine the steady state response when step input $r(t) = 3u(t)$ is applied. Assume the disturbance $d(t) = 0$.

Tentukan sambutan keadaan mantapnya bila masukan pelangkah $r(t) = 3u(t)$ dikenakan. Anggap gangguannya $d(t) = 0$.

(20 marks/markah)

- [c] Obtain the effect of a unit step disturbance on the response at steady state. Assume input $r(t) = 0$.

Dapatkan kesan gangguan pelangkah seunit terhadap sambutan pada keadaan mantap. Anggap masukan $r(t) = 0$.

(25 marks/markah)

- [d] What is the steady state error when step input $r(t) = 3u(t)$ is applied. Assume the disturbance $d(t) = 0$.

Apakah ralat keadaan mantapnya bila masukan pelangkah $r(t) = 3u(t)$ dikenakan. Anggap gangguannya $d(t) = 0$.

(25 marks/markah)

- Q4. [a]** Consider the block diagram of a feedback control system shown in Figure Q4[a]. Calculate the percentage overshoot of the response to a unit step input.

Lihat gambarajah blok bagi satu sistem kawalan suap balik yang ditunjukkan dalam Rajah S4[a]. Kira peratus lajakan sambutannya terhadap masukan pelangkah seunit.

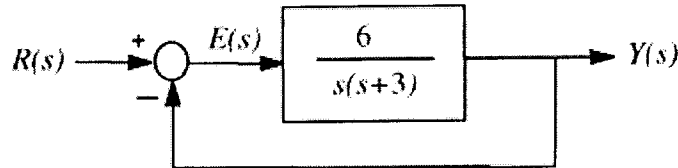


Figure Q4[a]
Rajah S4[a]

(20 marks/markah)

- [b]** A system has the closed loop transfer function $T(s)$ given by

Suatu sistem mempunyai rangkaian pindah gelombang tertutup $T(s)$ diberi oleh

$$T(s) = \frac{2500}{(s+20)(s^2+10s+125)}$$

Using the dominant poles, estimate the expected percent overshoot.

Menggunakan kutub-kutub yang dominan, anggarkan peratusan lajakan yang dijangka.

(30 marks/markah)

- [c]** Consider the block diagram of a unity feedback control system shown in Figure Q4[c] where

Lihat gambarajah blok bagi satu sistem kawalan suap balik seunit yang ditunjukkan dalam Rajah S4[c] di mana

$$G(s) = \frac{K}{s(s+5)}$$

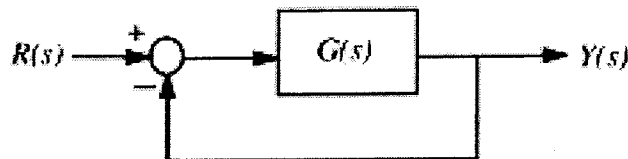


Figure Q4[c]
Rajah S4[c]

The design specifications are peak time $T_p \leq 1.0$ and percent overshoot $PO \leq 10\%$. Calculate the range of parameter K that can satisfy the specifications.

Spesifikasi rekabentuknya adalah masa memuncak $T_p \leq 1.0$ dan peratusan lajukan $PO \leq 10\%$. Kira julat parameter K yang boleh memenuhi spesifikasi tersebut.

(50 marks/markah)

Q5. Given the closed loop control system shown in Figure Q5:

Diberi sistem kawalan gelung tertutup ditunjukkan dalam Rajah S5:

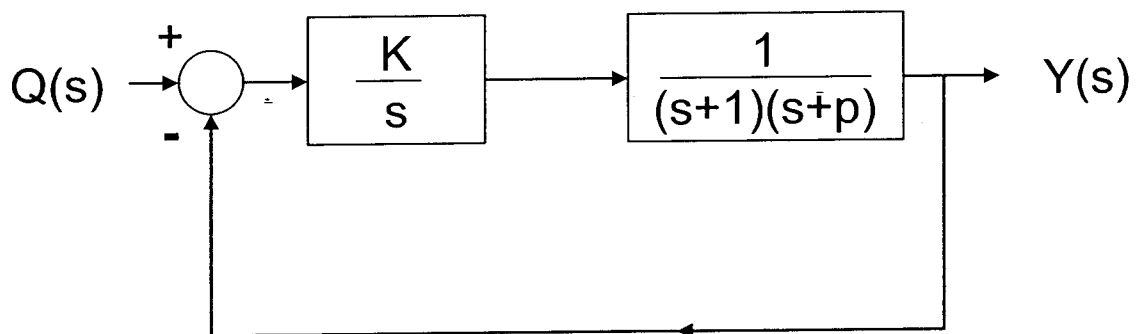


Figure Q5
Rajah S5

[a] For what values of K and p is this system stable?

Apakah nilai K dan p bagi sistem yang stabil?

(60 marks/markah)

[b] If $K = 20$, what range of p results in a stable system?

Jika $K = 20$, apakah julat p yang menjadikan satu sistem yang stabil.

(40 marks/markah)

Q6. Given the closed loop control system shown in Figure Q6:

Diberi sistem kawalan gelung tertutup ditunjukkan dalam Rajah S6:

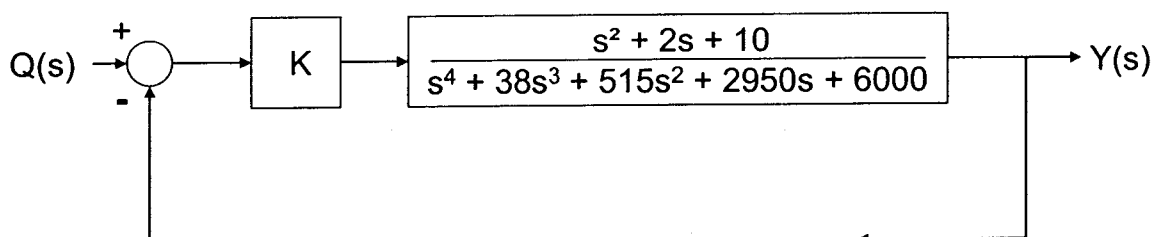


Figure Q6
Rajah S6

- [a] Calculate the angle and x-intersection of the asymptotes.

Kira sudut dan persilangan-x asimtot-asimtot.

(20 marks/markah)

- [b] Calculate the separation points of intersection roots.

Kira titik pemisahan punca-punca persilangan.

(20 marks/markah)

- [c] Make an accurate sketch of the root-locus.

Buat satu lakaran londar punca yang tepat.

(60 marks/markah)

- Q7. A gantry robot uses a machine vision to measure its position as a unity feedback control system. The robot has a process with a third order transfer function $G(s)$:

Sebuah robot gantri menggunakan sebuah penglihatan mesin bagi mengukur posisinya sebagai satu sistem kawalan suap-balik seunit. Robot tersebut mempunyai proses dengan rangkap pindah darjah ketiga $G(s)$:

$$G(s) = \frac{K}{s(s+5)(s+20)}$$

- [a] We desire the damping ratio to be 0.707 and the natural frequency to be 14.14 Hz. Sketch the uncompensated root locus and show that the desired root location for dominant root cannot be realized with the uncompensated system.

Kita kehendaki nisbah peredamnya 0.707 dan frekuensi tabiinya 14.14 Hz. Lakarkan londar punca tidak terpampas dan tunjukkan bahawa lokasi punca diinginkan bagi punca dominan tidak menjadi kenyataan dengan sistem tidak terpampas.

(30 marks/markah)

- [b] Find a suitable phase-lead compensator by using root locus methods.

Dapatkan satu pemampas duluan fasa yang sesuai dengan menggunakan kaedah londar punca.

(40 marks/markah)

- [c] Sketch the compensated root locus and calculate the gain K .

Lakarkan londar punca terpampas dan kira gandaan K .

(30 marks/markah)