



KOLEJ UNIVERSITI TEKNOLOGI TUN HUSSEIN ONN

PEPERIKSAAN AKHIR SEMESTER I SESI 2006/07

NAMA MATA PELAJARAN : SISTEM KAWALAN

KOD MATA PELAJARAN : BKE4013

KURSUS : 4BKL

TARIKH PEPERIKSAAN : NOVEMBER 2006

JANGKA MASA : 2 ½ JAM

ARAHAN : JAWAB **EMPAT (4)** SOALAN
SAHAJA DARIPADA ENAM
(6) SOALAN

KERTAS SOALAN INI MENGANDUNGI 10 MUKA SURAT

SOALAN DALAM BAHASA MELAYU

S1 Pada motor arus terus kawalan medan yang ditunjukkan pada Rajah S1 fluks sela udara motor berkadar dengan arus medan. Daya kilas yang dikembangkan oleh motor berhubungan lurus dengan fluks sela udara dan arus angker. Parameter dan pembolehubah berikut ditakrifkan:

- ϕ : fluks sela udara motor
- v_f : voltan medan
- R_f : rintangan medan
- L_f : kearuhan medan
- i_f : arus medan
- i_a : arus angker
- J : momen sifatekun motor dan beban
- B : malar geseran likat motor dan beban
- θ : anjakan sudut motor dan beban
- ω : kelajuan sudut motor dan beban

- (a) Tuliskan persamaan-persamaan yang berkaitan untuk sistem itu. (4 markah)
- (b) Dapatkan rangkap pindah $\Theta(s)/V_f(s)$ dimana $\Theta(s)$ dan $V_f(s)$ masing-masing adalah jelmaan $\theta(t)$ dan $v_f(t)$. (5 markah)
- (c) Motor itu akan digunakan untuk sistem kawalan kedudukan gelung tertutup. Senaraikan komponen-komponen yang diperlukan dan nyatakan fungsi setiap komponen. (6 markah)
- (d) Lakarkan gambarajah skematik sistem kawalan kedudukan gelung tertutup itu dan terangkan operasinya. (10 markah)

S2 Rajah S2 menunjukkan gambarajah skematik motor arus terus kawalan angker. Parameter dan pembolehubah berikut ditakrifkan: R adalah rintangan angker, L adalah kearuhan angker, J adalah momen sifatekun motor dan beban. B malar geseran likat motor dan beban, k_b adalah malar daya gerak elektrik balik, k_t adalah malar daya kilas motor, $v_a(t)$ adalah voltan masukan kepada motor, dan $\omega(t)$ adalah kelajuan sudut motor dan beban.

- (a) Tuliskan persamaan-persamaan yang berkaitan untuk sistem itu. (5 markah)
- (b) Terbitkan rangkap pindah $\Omega(s)/V_a(s)$ dimana $\Omega(s)$ dan $V_a(s)$ masing-masing adalah jelmaan $\omega(t)$ dan $v_a(t)$. (10 markah)

- (c) Terangkan dengan jelas menggunakan gambarajah skematik yang sesuai, bagaimana kawalan kelajuan gelung tertutup dapat dilaksanakan untuk motor arus terus kawalan angker ini. (10 markah)
- S3 (a) Namakan dan lakarkan tiga jenis sambutan untuk sistem tertib kedua. (3 markah)
- (b) Sistem kawalan telah ditunjukkan di dalam Rajah S3(b). Jika isyarat masukan $r(t)$ adalah masukan langkah unit,
- (i) Tunjukkan bahawa sambutan keluaran diberi oleh
- $$c(t) = (1 - e^{-2.5t} \cos 4.33t - 0.58e^{-2.5t} \sin 4.33t)u(t).$$
- (14 markah)
- (ii) Tentukan masa ke puncak, T_p dan peratus lajukan maksimum, $\% \mu_s$. (8 markah)
- S4 (a) Di dalam kaedah londar punca, pengetahuan dalam sifat-sifat londar punca adalah amat penting. Apakah syaratnya supaya satu nilai 's' di atas londar adalah kutub gelung tertutup. (4 markah)
- (b) Pertimbangkan rangkap pindah yang telah diringkaskan untuk kedudukan mekanisma servo yang digunakan dalam sistem penjejak antena ditunjukkan seperti di dalam Rajah S4(b). Di dalam sistem ini, motor elektrik digunakan untuk memutar radar antena yang menjejak kapal terbang secara automatik. Isyarat ralat adalah berkadar terus dengan perbezaan diantara arah yang ditunjukkan oleh antena dengan haluan kelibat kapal terbang, adalah diperbesarkan oleh pengawal, memandu dan mengawal motor di dalam arah yang bersesuaian serta mengurangkan ralat isyarat. Dengan menggunakan kaedah londar punca,
- (i) Lakarkan londar puncanya. (15 markah)
- (ii) Kirakan nilai K supaya nisbah redaman $\zeta = 0.707$, dan berikan kesemua kutub-kutub gelung tertutup untuk nilai K . (6 markah)
- S5 Rajah S5 menunjukkan sejenis sistem kawalan dengan suap balik. Berdasarkan rajah itu,
- (a) Dapatkan rangkap pindah gelung terbuka sistem. (5 markah)

- (b) Lukiskan gambarajah Bode menggunakan hampiran asimtot atau hampiran garis lurus untuk magnitud dan fasa rangkap pindah gelung terbuka. (12 markah)
- (c) Dapatkan jidar gandaan dan jidar fasanya. (5 markah)
- (d) Tentukan samada sistem ini stabil atau tidak stabil. (3 markah)

S6 Rangkap pindah gelung terbuka satu sistem kawalan dengan suap balik unit diberi oleh

$$G(s) = \frac{5}{s(s+2)}.$$

Rekabentuk satu pemampas mendulu yang boleh memberikan $\omega_n = 4 \text{ rad/saat}$ dan $\zeta = 0.5$.

- (a) Dapatkan rangkap pindah gelung tertutup dan kutub-kutub sistem tanpa pemampas. (4 markah)
- (b) Dapatkan kutub-kutub yang dikehendaki sekiranya pemampas mendulu itu sudah ditambahkan. (2 markah)
- (c) Dapatkan sudut pemampas pada kutub yang dikehendaki. (5 markah)
- (d) Dapatkan kutub dan sifar pemampas. (9 markah)
- (e) Dapatkan gandaan pemampas dan dengan itu berikan rangkap pindah pemampas. (5 markah)

SOALAN DALAM BAHASA INGGERIS

Q1 In the field controlled dc motor shown in Figure Q1 the air-gap flux of the motor is proportional to the field current. The torque developed by the motor is related linearly to the air-gap flux and the armature current. The following parameters and variables are defined:

- ϕ : air-gap flux of the motor
- v_f : field voltage
- R_f : field resistance
- L_f : field inductance
- i_f : field current
- i_a : armature current
- J : moment of inertia of the motor and load
- B : viscous-friction constant of the motor and load
- θ : angular displacement of the motor and load
- ω : angular velocity of the motor and load

- (a) Write the relevant equations for the system. (4 marks)
- (b) Find the transfer function $\Theta(s)/V_f(s)$ where $\Theta(s)$ and $V_f(s)$ are the transformation of $\theta(t)$ and $v_f(t)$ respectively. (5 marks)
- (c) The motor will be used for a closed-loop position control system. List down the required components and state the function of each component. (6 marks)
- (d) Sketch the schematic of the closed-loop position control system and explain its operation. (10 marks)

Q2 Figure Q2 shows a schematic diagram of an armature-controlled direct current motor. The following parameters and variables are defined: R is the armature resistance, L is the armature inductance, J is the moment of inertia of motor and load, B is the viscous friction constant of the motor and load, k_b is the back e.m.f. constant, k_t is the motor torque constant, $v_a(t)$ is the input voltage to the motor, and $\omega(t)$ is the angular velocity of the motor and load.

- (a) Write the relevant equations for the system. (5 marks)
- (b) Derive the transfer function $\Omega(s)/V_a(s)$ where $\Omega(s)$ and $V_a(s)$ are the transformation of $\omega(t)$ and $v_a(t)$ respectively. (10 marks)

- (c) Explain clearly by using a suitable schematic diagram, how a closed-loop speed control can be implemented for this armature-controlled direct current motor. (10 marks)

Q3 (a) Name and sketch the three responses for a second-order system. (3 marks)

- (b) A control system is shown in Figure Q3(b). If the reference input $r(t)$ is a unit step function,

- (i) Show that the output response is given by

$$c(t) = (1 - e^{-2.5t} \cos 4.33t - 0.58e^{-2.5t} \sin 4.33t)u(t).$$

(14 marks)

- (ii) Determine the peak-time, T_p and percentage of maximum overshoot, $\%M_s$.

(8 marks)

Q4 (a) In root locus technique, the knowledge on properties of root locus is very important. What are the conditions for a value of 's' on the locus to be a closed loop pole. (4 marks)

- (b) Consider the simplified form of the transfer function for position servomechanism used in an antenna tracking system as shown in Figure Q4(b). In this system, an electric motor is used to rotate a radar antenna which automatically tracks an aircraft. The error signal, which proportional to the difference between the pointing direction of the antenna and the line of sight to the aircraft, is amplified by controller, drives and controls the motor in the appropriate direction so as to reduce this error. By using root locus technique,

- (i) Sketch its root locus.

(15 marks)

- (ii) Find the value of K so that the damping ratio $\zeta = 0.707$, and give all closed loop poles for the value of K .

(6 marks)

Q5 Figure Q5 shows a type of a feedback control system. Based on the figure,

- (a) Obtain the open-loop transfer function of the system.

(5 marks)

- (b) Draw the Bode diagram using asymptote approximation or straight line approximation for the magnitude and phase of the open-loop transfer function. (12 marks)
- (c) Obtain the gain and phase margins. (5 marks)
- (d) Determine whether the system is stable or unstable. (3 marks)

Q6 The open-loop transfer function of a unity feedback control system is given by

$$G(s) = \frac{5}{s(s+2)}.$$

Design a lead compensator which gives $\omega_n = 4$ rad/sec and $\zeta = 0.5$.

- (a) Obtain the closed-loop transfer function and the poles of the uncompensated system. (4 marks)
- (b) Obtain the desired poles if the lead compensator has been added. (2 marks)
- (c) Obtain the angle of the compensator in the desired pole. (5 marks)
- (d) Obtain the poles and zeros of the compensator. (9 marks)
- (e) Obtain the gain of the compensator and hence give the transfer function of the compensator (5 marks)

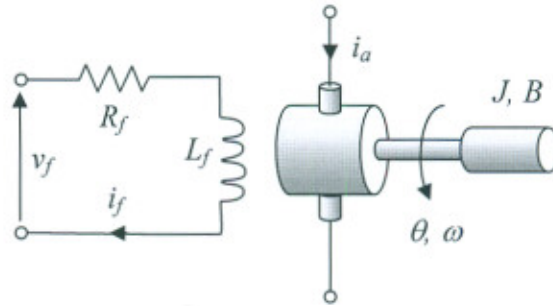
PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER/SESI : SEMESTER 1/2006/07

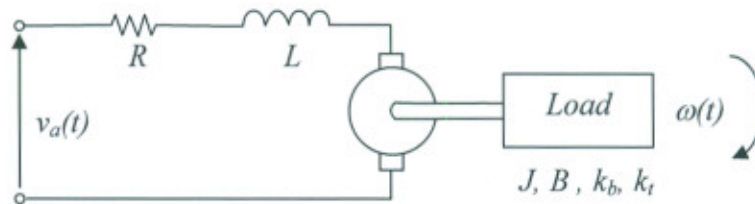
KURSUS : 4BKL

MATA PELAJARAN : SISTEM KAWALAN

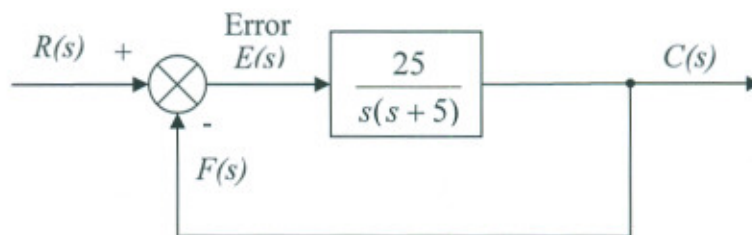
KOD MATA PELAJARAN: BKE4013



Rajah S1 / Figure Q1



Rajah S2 / Figure Q2



Rajah S3(b) / Figure Q3(b)

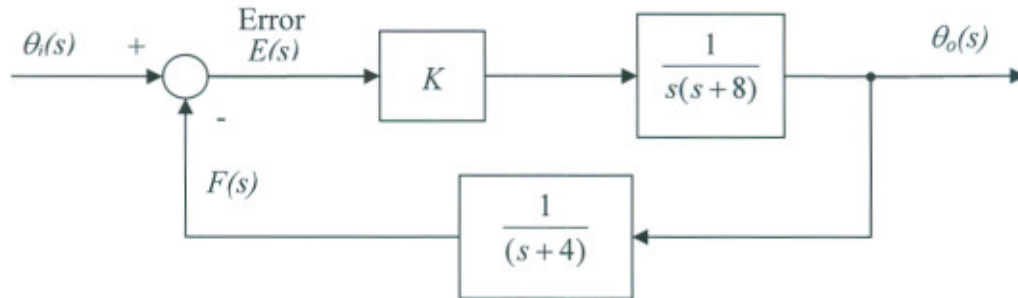
PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER/SESI : SEMESTER 1/2006/07

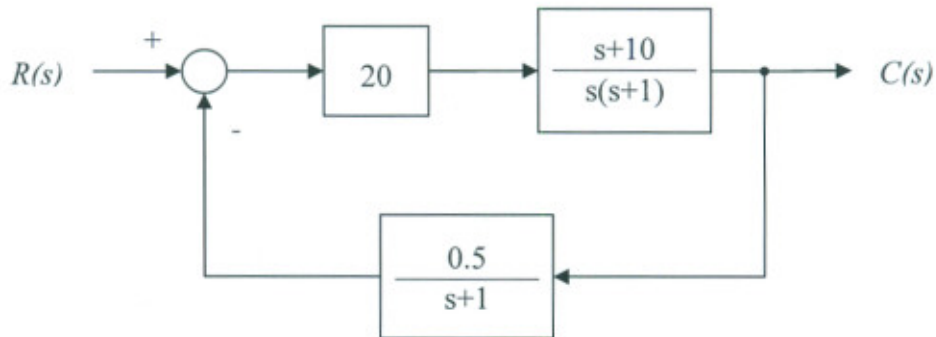
KURSUS : 4BKL

MATA PELAJARAN : SISTEM KAWALAN

KOD MATA PELAJARAN: BKE4013



Rajah S4(b) / Figure Q4(b)



Rajah S5 / Figure Q5

PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER/SESI : SEMESTER I/2006/07

KURSUS : 4BKL

MATA PELAJARAN : SISTEM KAWALAN

KOD MATA PELAJARAN: BKE4013

Jadual 1 / Table 1

Laplace transform table

$f(t)$	$F(s)$
$\delta(t)$	1
$u(t)$	$\frac{1}{s}$
$tu(t)$	$\frac{1}{s^2}$
$t^n u(t)$	$\frac{n!}{s^{n+1}}$
$e^{-at} u(t)$	$\frac{1}{s+a}$
$\sin \omega t u(t)$	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$
$\cos \omega t u(t)$	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$

Jadual 2 / Table 2

Laplace transform theorems

Name	Theorem
Frequency shift	$\mathcal{L}[e^{-at} f(t)] = F(s+a)$
Time shift	$\mathcal{L}[f(t-T)] = e^{-sT} F(s)$
Differentiation	$\mathcal{L}\left[\frac{d^n f}{dt^n}\right] = s^n F(s) - \sum_{k=1}^n s^{n-k} f^{(k-1)}(0^-)$
Integration	$\mathcal{L}\left[\int_{-}^t f(\tau) d\tau\right] = \frac{F(s)}{s}$
Initial value	$\lim_{t \rightarrow 0} f(t) = \lim_{s \rightarrow \infty} sF(s)$
Final value	$\lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = \lim_{s \rightarrow 0} sF(s)$