รหัสนักศึกษา _____ ชื่อ-สกุล _____

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบกลางภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2551

วันที่ 25 ธันวาคม 2551 เวลา 09.00 - 12.00 น.

วิชา 215-352 / 216-352 Automatic Control Systems ห้อง R200, R201

คำสั่ง :

1. ข้อสอบมีทั้งหมด 5 ข้อ ให้ทำทุกข้อ
2. อนุญาตให้นำเครื่องคิดเลขทุกชนิดเข้าห้องสอบได้
3. อนุญาตให้ทำข้อสอบด้วยดินสอได้
4. ไม่อนุญาตให้นำตำราทุกชนิดเข้าห้องสอบ

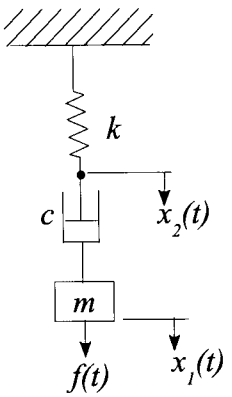
รศ. ปัญญรักษ์ งามศรีตระกูล
ผู้ออกข้อสอบ

ข้อที่	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	15	
2	25	
3	35	
4	15	
5	20	
รวม	110	

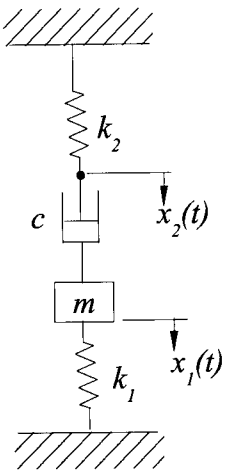
รหัสนักศึกษา _____ ชื่อ-สกุล _____

1 ให้เลือกทำเพียง 1 ข้อย่อย Read first

1.1) จงหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นสมการอนุพันธ์ของระบบเชิงกลในรูปที่ 1.1 (10 คะแนน)



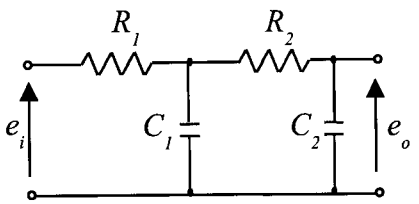
รูปที่ 1.1



รูปที่ 1.2

1.2) มวล m ของระบบเชิงกลในรูปที่ 1.2 ถูกกระทำด้วยแรงภายนอก $f(t)$ จงหาฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบนี้ โดยให้ $x_1(t)$ เป็น output (หรือการตอบสนอง)ของระบบ (15 คะแนน)

1.3) จงหาฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบในรูปที่ 1.3 โดยให้ $e_i(t)$ เป็น input และ $e_o(t)$ เป็น output (15 คะแนน)

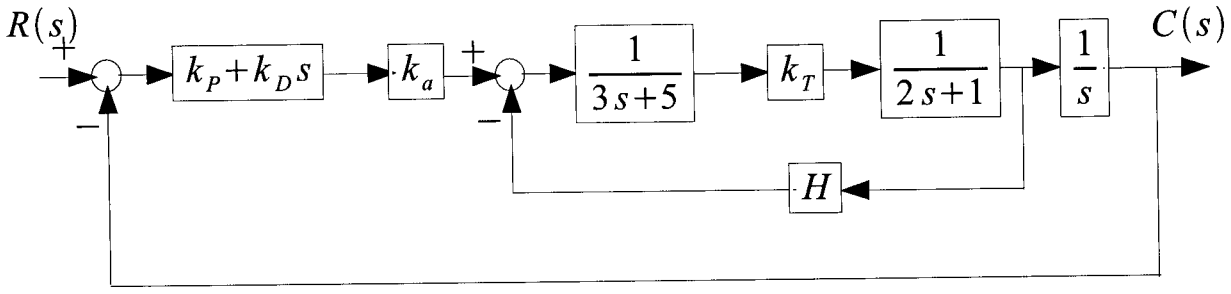


รูปที่ 1.3

1.4) ให้นักศึกษายกตัวอย่างระบบทางกายภาพอย่างอิสระ และแสดงวิธีการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบดังกล่าว (15 คะแนน)

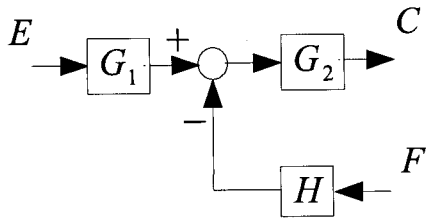
2 (25 คะแนน)

2.1)จงหาฟังก์ชันถ่ายโอนโดยการลดรูปของแผนภาพกล่องต่อไปนี้โดยแสดงขั้นตอนการลดรูปอย่างเหมาะสม (15 คะแนน)

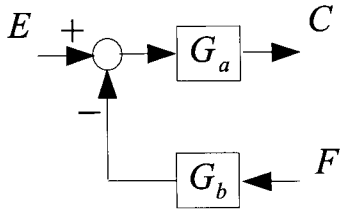


รูปที่ 2.1

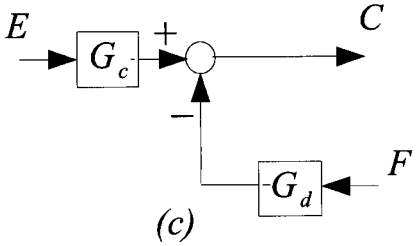
2.2) รูป 2.2 (a) (b) และ (c) เป็นแผนภาพกล่องที่เทียบเท่าซึ่งกันและกัน จงหาค่าของ G_a, G_b, G_c และ G_d ในรูปของ G_1, G_2, และ H (10 คะแนน)



(a)



(b)



(c)

รูปที่ 2.2

3 (35 คะแนน)

3.1 จงวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบที่มีสมการคุณลักษณะดังต่อไปนี้ โดยสังเกตจาก ส.ป.ส. ของแต่ละพจน์เท่านั้น (ห้ามใช้วิธี Routh-Hurwitz) โดยระบุว่า stable, unstable, marginally stable, unstable or marinally stable หรือ บอกไม่ได้

(15 คะแนน)

(1) $s^5+2s^4+5s^3+4s^2+6s=0$ _____

(2) $s^4+s^3+s+0.5=0$ _____

(3) $s^4+s^3+5s^2+5s+2=0$ _____

(4) $s^4+2s^3+3s^2+2s+5=0$ _____

(5) $s^4+s^3+5s^2+2s+4=0$ _____

(6) $s^4+3s^3+2s^2-s+1=0$ _____

3.2 จากสมการคุณลักษณะที่กำหนด จงหาค่าของ K ที่จะทำให้ระบบมีเสถียรภาพ (20 คะแนน)

$$s^4+2s^3+25s^2+18s+K=0$$

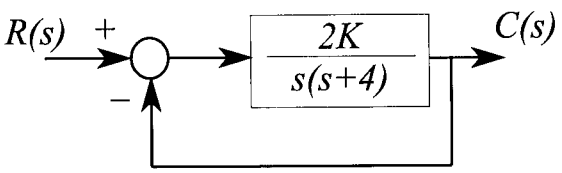
รหัสนักศึกษา _____ ชื่อ-สกุล _____

4. จงหา damping ratio (ζ), undamped natural frequency (ω_n), settling time (T_s), peak time (T_p), และ percent overshoot ของระบบที่มีฟังก์ชันถ่ายโอน ดังนี้ (15 คะแนน)

$$T(s)=\frac{49}{s^2+8s+49}$$

รหัสนักศึกษา _____ ชื่อ-สกุล _____

5. สำหรับระบบควบคุมแบบปิดในรูปที่ 5 (20 คะแนน)



รูปที่ 5

5.1) ถ้า $K=10$ จงหาค่าของ undamped natural frequency, damping ratio และ 2% settling time.

5.2) จงหาค่าของ K ที่จะทำให้ damping ratio = 0.7

5.3) จงหาค่าความผิดพลาดคงตัว(steady-state error) ต่อ Ramp input เมื่อ $K=10$

รหัสนักศึกษา _____ ชื่อ-สกุล _____

สมการที่เป็นประโยชน์

Laplace transform : $F(s)=\int_0^{\infty} f(t)e^{-st}dt$

Laplace transform table and Laplace transform theorem

Item no.	f(t)	F(s)
1.	$\delta(t)$	1
2.	$u(t)$	$\frac{1}{s}$
3.	$tu(t)$	$\frac{1}{s^2}$
4.	$t^n u(t)$	$\frac{n!}{s^{n+1}}$
5.	$e^{-at}u(t)$	$\frac{1}{s+a}$
6.	$\sin \omega t u(t)$	$\frac{\omega}{s^2+\omega^2}$
7.	$\cos \omega t u(t)$	$\frac{s}{s^2+\omega^2}$

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.	$\mathcal{L}\left[\frac{d^nf}{dt^n}\right] = s^nF(s)-\sum_{k=1}^{n} s^{n-k}f^{k-1}(0-)$	Differentiation theorem
10.	$\mathcal{L}\left[\int_{0-}^{t} f(\tau)\,d\tau\right] = \frac{F(s)}{s}$	Integration theorem
11.	$f(\infty) = \lim_{s\to 0} sF(s)$	Final value theorem[1]
12.	$f(0+) = \lim_{s\to\infty} sF(s)$	Initial value theorem[2]

[1] For this theorem to yield correct finite results, all roots of the denominator of $F(s)$ must have negative real parts and no more than one can be at the origin.
[2] For this theorem to be valid, $f(t)$ must be continuous or have a step discontinuity at $t = 0$ (i.e., no impulses or their derivatives at $t = 0$).

Transfer functions (ฟังก์ชันถ่ายโอน)

First order system : $G(s)=\frac{C(s)}{R(s)}=\frac{1}{a_1 s+a_0}=\frac{K}{Ts+1}$

Second order system : $G(s)=\frac{\omega_n^2}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}$

Time Constant : $T=\frac{1}{\zeta\omega_n}$, Peak Time: $T_p=\frac{\pi}{\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}}$, Settling Time: $T_s=\frac{4}{\zeta\omega_n}=4T$

Percent overshoot: $\%OS=PO=100\,e^{-\frac{\zeta\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}}$

Routh-Hurwitz Criterion $Q_n(s)=a_n s^n+a_{n-1}s^{n-1}+\ldots+a_1 s+a_0,\quad a_0\neq 0$

s^n	a_n	a_{n-2}	a_{n-4}	a_{n-6}	$\cdots$
s^{n-1}	a_{n-1}	a_{n-3}	a_{n-5}	a_{n-7}	$\cdots$
s^{n-2}	b_1	b_2	b_3	b_4	$\cdots$
s^{n-3}	c_1	c_2	c_3	c_4	$\cdots$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	
s^2	k_1	k_2			
s^1	l_1				
s^0	m_1				

$$b_1=-\frac{1}{a_{n-1}}\begin{vmatrix} a_n & a_{n-2} \\ a_{n-1} & a_{n-3}\end{vmatrix}$$

$$b_2=-\frac{1}{a_{n-1}}\begin{vmatrix} a_n & a_{n-4} \\ a_{n-1} & a_{n-5}\end{vmatrix}$$

$$c_1=-\frac{1}{b_1}\begin{vmatrix} a_{n-1} & a_{n-3} \\ b_1 & b_2\end{vmatrix}$$

$$c_2=-\frac{1}{b_1}\begin{vmatrix} a_{n-1} & a_{n-5} \\ b_1 & b_3\end{vmatrix}$$