รหัสนักศึกษา ____________________ ชื่อ-สกุล ________________________________

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบปลายภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 2 | ประจำปีการศึกษา 2555
วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2556 | เวลา 09.00 - 12.00 น.
วิชา 216-352 Automatic Control Systems | ห้องสอบ Robot, S817

คำสั่ง :

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

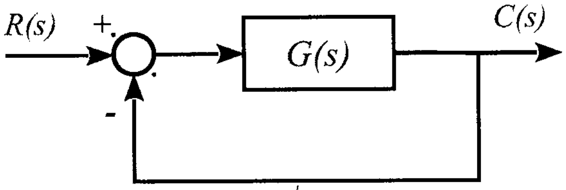
อ. ชลิตา หิรัญสุข
รศ. ปัญญรักษ์ งามศรีตระกูล
ผู้ออกข้อสอบ

ทุจริตในการสอบ โทษขั้นต่ำ คือ ปรับตกในรายวิชาที่ทุจริต
และพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา

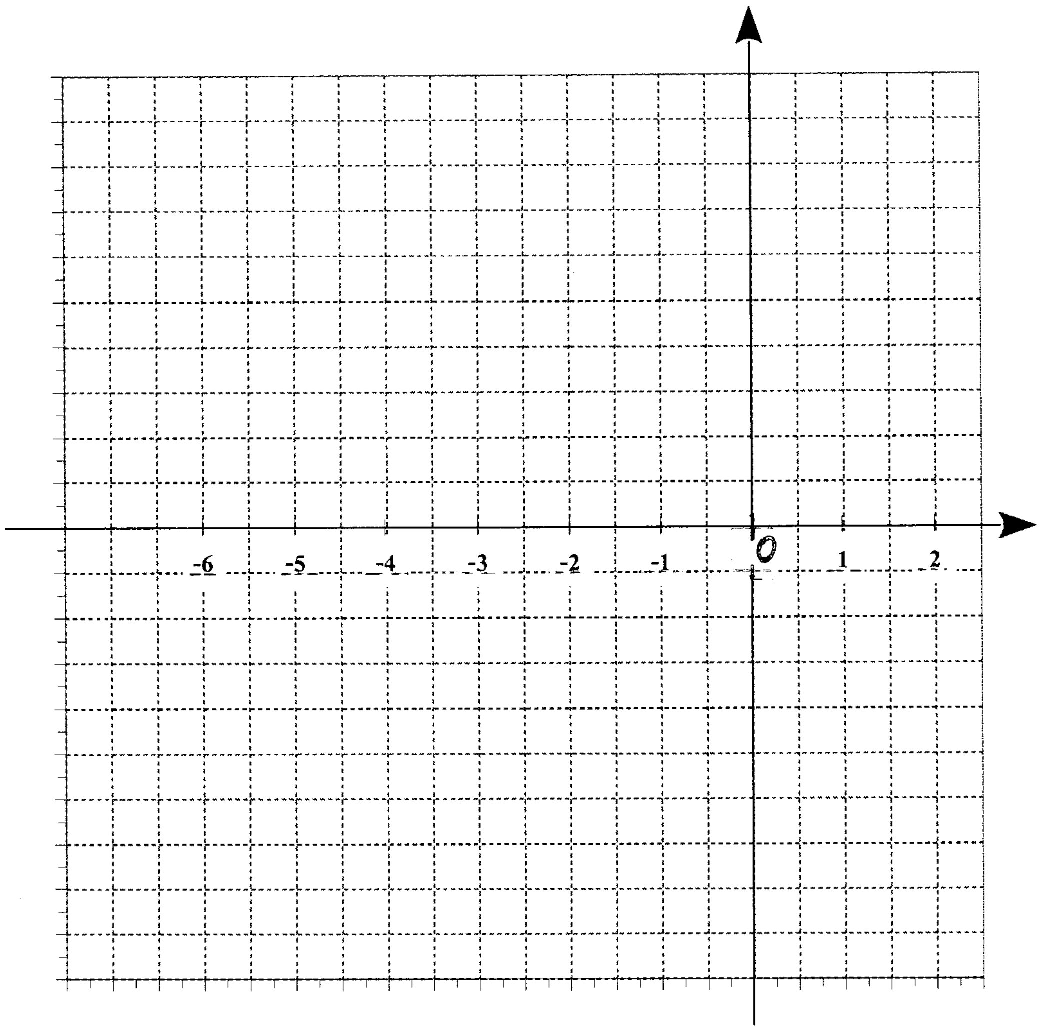
ข้อที่	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	25	
2	25	
3	20	
4	10	
5	20	
รวม	100	

รหัสนักศึกษา ____________________ ชื่อ-สกุล ________________________________

1. จงสเก็ตช์ Root Locus ของระบบที่มีแผนภาพกล่องดังรูปที่ 1 เมื่อ $G(s)=\frac{K(s+3)}{(s-1)(s-2)(s+1)(s+5)}$ โดยแสดงขั้นตอนการคำนวณที่เกี่ยวข้อง และระบุช่วงค่าของ K ที่ระบบมีเสถียรภาพ (25 คะแนน)

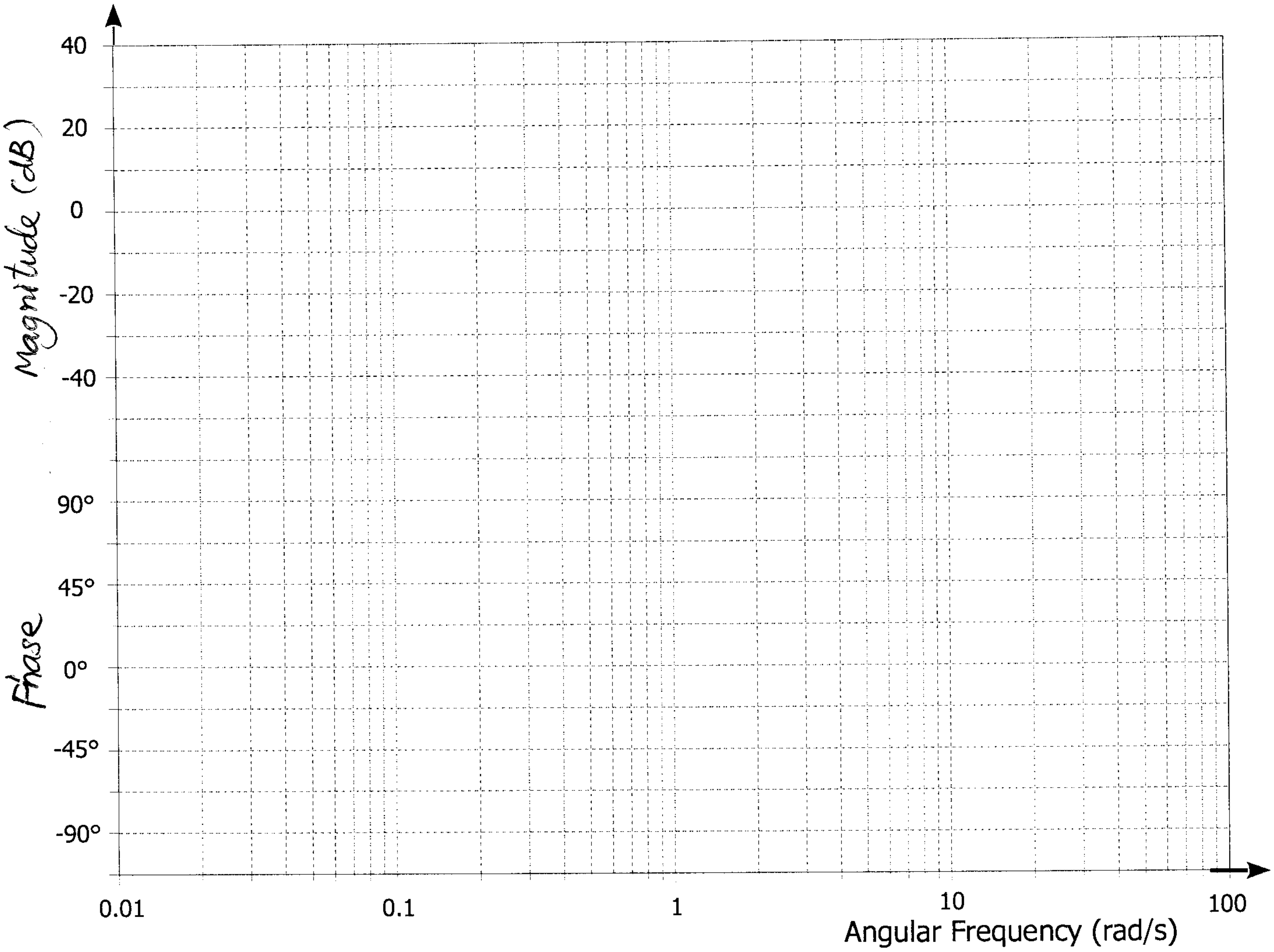


รูปที่ 1



รหัสนักศึกษา ____________________ ชื่อ-สกุล ________________________________

2. จงเขียน Bode Plot ของของระบบที่มีแผนภาพกล่องดังรูปที่ 1 เมื่อ $G(s)=\dfrac{12s(s+5)}{(s+1)(s+3)}$ อธิบายขั้นตอนการสเก็ตช์โดยสังเขป รวมทั้งคำนวณ Magnitude และ Phase ที่ความถี่ 1 rad/s (25 คะแนน)



3. **จงหาความผิดพลาดคงตัว (steady-state error)ของระบบดังรูปที่ 1 เมื่อ $R(s)$ เป็น**

   (a) Unit step function

   (b) Unit ramp function

   กำหนดให้ $G(s)$ มีค่าดังต่อไปนี้ **(20 คะแนน)**

3.1 $G(s)=\dfrac{90}{s(s+3)(s+10)}$

3.2 $G(s)=\dfrac{120}{(s+1)(s+2)(s+15)}$

4. **จงวิเคราะห์ระบบที่มีฟังก์ชันถ่ายโอนวงปิด(closed-loop transfer function)ดังต่อไปนี้ว่า เป็นระบบที่มีลักษณะ "stable", "unstable", "marginally stable", หรือ "ระบุไม่ได้"** **(10 คะแนน)**

(ก) $T(s)=\dfrac{10(s+2)}{s^3+3s^2+2s}$

(ข) $T(s)=\dfrac{K}{s^3+2s^2+5s+5}$

(ค) $T(s)=\dfrac{100}{(s+5)(s^2+2s+5)}$

(ง) $T(s)=\dfrac{10(s+2)}{s^4+3s^3+5s^2+s+10^6}$

(จ) $T(s)=\dfrac{10(s+3)}{s^3-3s^2+5s+10}$

รหัสนักศึกษา ____________________ ชื่อ-สกุล ______________________________

5. จงใช้วิธีของ Routh-Hurwitz วิเคราะห์เสถียรภาพของระบบควบคุมที่มีสมการคุณลักษณะเป็น

$$s^8+2s^7+8s^6+12s^5+20s^4+16s^3+12s^2=0$$

และระบุจำนวนรากที่อยู่ครึ่งซีกขวามือ และบนแกนจินตภาพของระนาบ s

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.	$\mathscr{L}[f(t)] = F(s)$	$= \int_{0-}^{\infty} f(t)e^{-st}dt$	Definition
2.	$\mathscr{L}[kf(t)]$	$= kF(s)$	Linearity theorem
3.	$\mathscr{L}[f_1(t)+f_2(t)]$	$= F_1(s)+F_2(s)$	Linearity theorem
4.	$\mathscr{L}[e^{-at}f(t)]$	$= F(s+a)$	Frequency shift theorem
5.	$\mathscr{L}[f(t-T)]$	$= e^{-sT}F(s)$	Time shift theorem
6.	$\mathscr{L}[f(at)]$	$= \frac{1}{a}F\left(\frac{s}{a}\right)$	Scaling theorem
7.	$\mathscr{L}\left[\frac{df}{dt}\right]$	$= sF(s)-f(0-)$	Differentiation theorem
8.	$\mathscr{L}\left[\frac{d^2f}{dt^2}\right]$	$= s^2F(s)-sf(0-)-\dot{f}(0-)$	Differentiation theorem
9.	$\mathscr{L}\left[\frac{d^nf}{dt^n}\right]$	$= s^nF(s)-\sum_{k=1}^{n} s^{n-k}f^{k-1}(0-)$	Differentiation theorem
10.	$\mathscr{L}\left[\int_{0-}^{t} f(\tau)\,d\tau\right]$	$= \frac{F(s)}{s}$	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: $\%OS=PO=100e^{-\frac{\zeta\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}}$

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

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

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

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

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

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