มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สอบปลายภาค: ภาคการศึกษาที่ 2 **ปีการศึกษา**: 2549

วันที่สอบ: 28 กุมภาพันธ์ 2550 **เวลาสอบ**: 13.30-16.30 น.

วิชา: 240-209 Introduction to Control System **ห้องสอบ**: ตอน 01 A203

ตอน 02 A205

อ่านรายละเอียดของข้อสอบ และคำแนะนำให้เข้าใจก่อนเริ่มทำข้อสอบ

เวลา : 3 ชั่วโมง

รายละเอียดของข้อสอบ :

ข้อสอบทั้งหมดมี 4 ข้อใหญ่ จำนวน 16 หน้า

คะแนนรวมทั้งหมด 50 คะแนน

อนุญาตให้

1. ใช้เครื่องคิดเลข
2. นำกระดาษโน้ตเขียนด้วยลายมือตัวเอง (ห้ามถ่ายเอกสาร) A4 2 แผ่น เข้าห้องสอบได้
3. ใช้ดินสอเขียนได้

คำสั่ง :

- ให้ทำข้อสอบทุกข้อ เขียนคำตอบลงในข้อสอบ
- เขียนชื่อและรหัสให้ชัดเจนในข้อสอบ<u>ทุกแผ่น</u>
- เขียนคำตอบให้ชัดเจน คำตอบส่วนใดอ่านไม่ออก จะถือว่าคำตอบนั้นผิด

อ.ธเนศ / อ.ปฏิมากร / อ.นพพณ

ผู้ออกข้อสอบ

Table 2.1 Laplace transform table

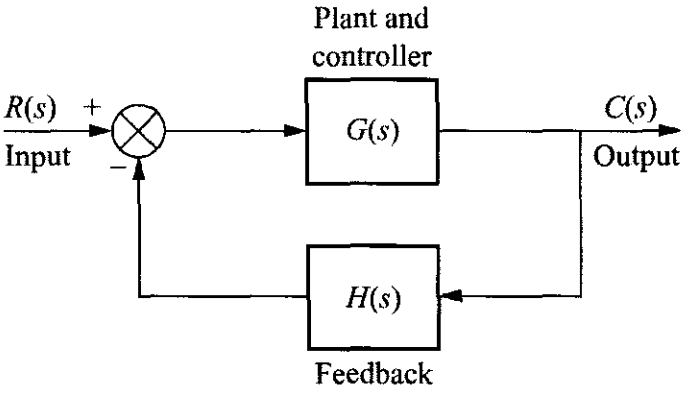
Item no.	$f(t)$	$F(s)$
1.	$\delta(t)$	1
2.	$u(t)$	$\frac{1}{s}$
3.	$tu(t)$	$\frac{1}{s^2}$
4.	$t^n u(t)$	$\frac{n!}{s^{n+1}}$
5.	$e^{-at}u(t)$	$\frac{1}{s+a}$
6.	$\sin \omega t u(t)$	$\frac{\omega}{s^2+\omega^2}$
7.	$\cos \omega t u(t)$	$\frac{s}{s^2+\omega^2}$

Table 2.2 Laplace transform theorems

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 $t = 0$).

1.จากรูปที่ 1 แสดงระบบควบคุม โดยกำหนดให้ $G(s)=\dfrac{Ks}{s+2}$ และ $H(s)=\dfrac{s}{(s-1+3j)(s-1-3j)}$ แสดงวิธีการหาคำตอบและวาดกราฟลงใน s-plane (*15 คะแนน*)



รูปที่ 1

1.1 จงหาส่วนเส้นทางเดินของรากบนแกนจริง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1.2 จงหาจุดตัดบนแกน x และมุมของเส้น asymptote

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1.3 จงคำนวณหามุมเส้นทางเดินของรากเคลื่อนที่ออกจากโพลหรือเคลื่อนที่เข้าหาซีโรที่เป็นจำนวนเชิงซ้อน

1.4 จงคำนวณหาค่าเกน K ที่อยู่ช่วงที่ระบบยังคงมีความเสถียรภาพ

1.5 จงหาจุดตัดบนแกนจินตภาพของเส้นทางเดินของราก

ชื่อ.....รหัสนักศึกษา.....ตอน..... 4

ภาพทางเดินราก

1.6 จงพิสูจน์ว่าจุด 0.5+0.5j อยู่ในเส้นทางเดินของรากหรือไม่

1.7 จงคำนวณหาค่าเกน K เมื่อ close loop pole อยู่ที่จุด -3

1.8 จงแสดงวิธีการหา close loop pole ที่เหลืออีก 2 จุด เมื่อกำหนดให้มี close loop pole อยู่ที่จุด -4

เมื่อ $s^3 + 4.2s^2 + 6s + 20 = 0$ แล้ว s = -0.12-2.23j , -0.12+2.23j , -4

และเมื่อ $s^3 + 2s^2 + 2s + 40 = 0$ แล้ว s = 1-3j , 1+3j , -4

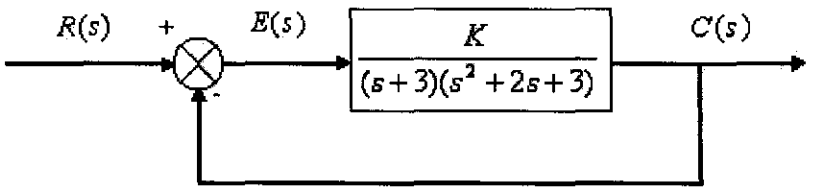
และเมื่อ $s^3 + 5.2s^2 + 6s + 20 = 0$ แล้ว s = -0.19-2j , -0.19+2j , -4.8

2. จงเขียน Bode diagram เพื่อแสดงผลตอบสนองเชิงความถี่ของระบบเปิดที่มีทรานเฟอร์ฟังก์ชัน $G(s) = \dfrac{20(s+2)}{s(s+3)(s^2+4s+25)}$ โดยอาศัยเส้นแนวกำกับ (asymptote) แล้วลากเส้น (actual curve) ตามเส้นแนวกำกับอย่างคร่าว ๆ *(8 คะแนน)*

- *ให้แสดงวิธีคิดในหน้า 7-9*
- *วาดกราฟในกระดาษกราฟ semi-log โดยแสดงทั้ง asymptote และ actual curve*
  - *ของ gain diagram ในหน้า 10*
  - *ของ phase diagram ในหน้า 11*
- *ระบุให้ชัดเจนว่าเส้นกราฟใดเป็น actual curve หรือเป็น asymptote ของฟังก์ชันใด*
- *ควรใช้ดินสอหรือปากกาคนละสีวาดเส้นกราฟที่เกิดจากฟังก์ชันต่างกัน เพื่อแยกให้เห็นความแตกต่างชัดเจน*

<u>แสดงวิธีคิด</u>

3. จงใช้เกณฑ์เสถียรภาพไนควิสต์ตรวจสอบเสถียรภาพของระบบในรูปที่ 2 (*7 คะแนน*)



รูปที่ 2

3.1 เขียนแผนภาพ Nyquist อย่างคร่าวๆ (*2 คะแนน*)

.....

.....

.....

.....

.....

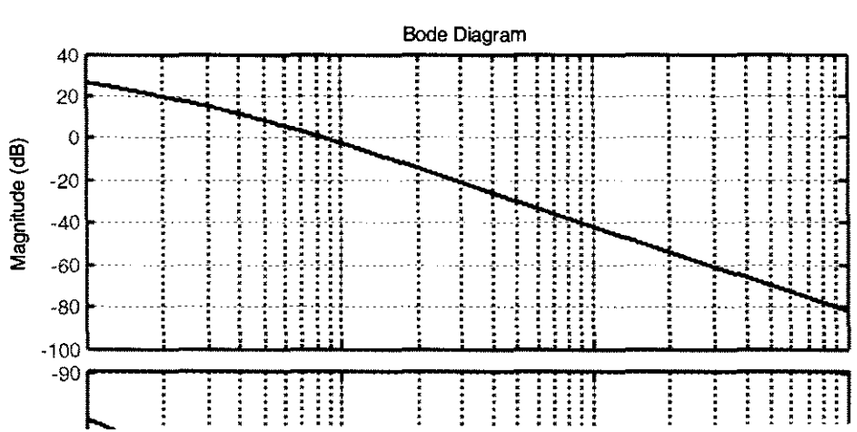
.....

.....

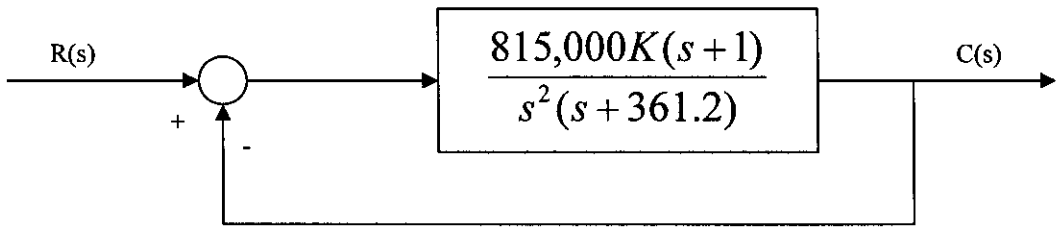
.....

3.2 หาตำแหน่งที่แผนภาพตัดแกนจริง (*4 คะแนน*)

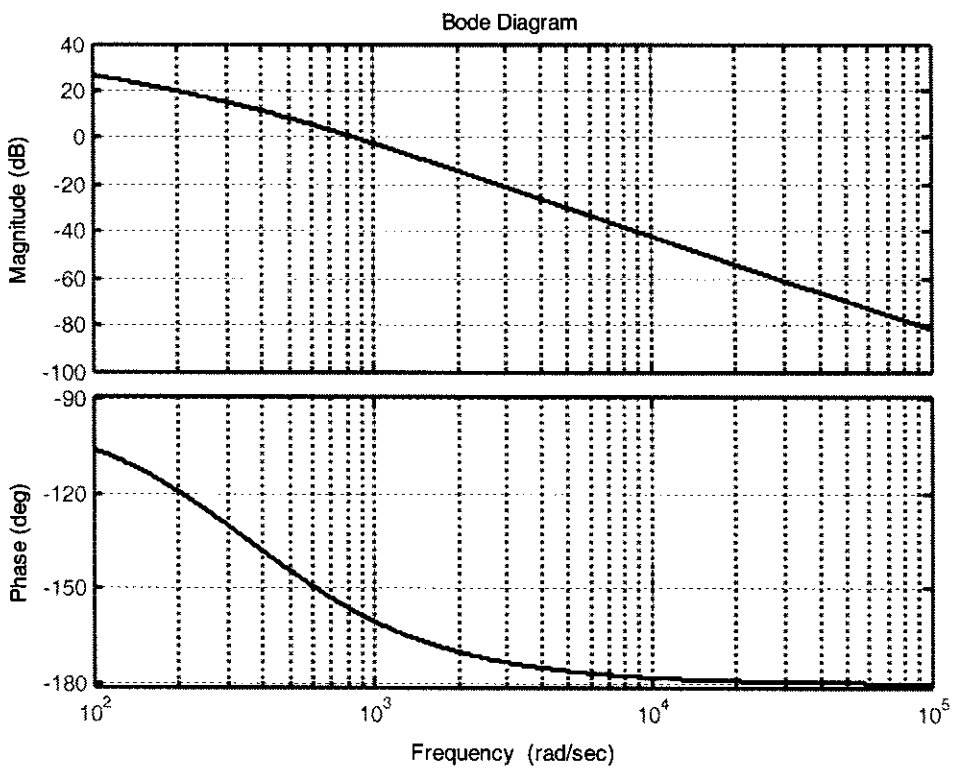
3.3 หาค่า K ที่ยังคงทำให้ระบบมีเสถียรภาพ (*1 คะแนน*)



4. จากระบบในรูปที่ 3 กำหนดให้ระบบเริ่มต้น K=1 จงตอบคำถามต่อไปนี้ (*20 คะแนน*)



(a)



(b)

รูปที่ 3 (a) ระบบที่ต้องการออกแบบ

(b) Frequency response ของ open loop system

$$G(s) = \frac{815000K(s+1)}{s^2(s+361.2)}$$ เมื่อ K=1

4.1 จงคำนวณหาค่า K ที่ทำให้ระบบมี Phase Margin 45 องศา พร้อมทั้งระบุค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการคำนวณลงบนกราฟด้วย (5 *คะแนน*)

4.2 จงหาค่า จงหา Phase-Lead Compensator ($G_c(s)$) เมื่อต้องการให้ระบบใหม่มี phase margin 45 องศาและมีความคลาดเคลื่อน (error) เนื่องจากอินพุต $r(t) = \frac{t^2}{2}$ มีค่า 0.0001 (*15 คะแนน*)