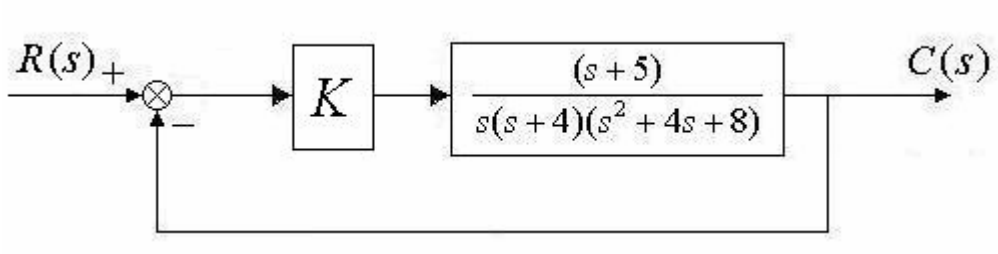
1. จงแสดงเส้นทางเดินของราก (root locus) ของระบบในรูปที่ 1 โดยแสดงที่มาของผลลัพธ์อย่างละเอียด ในแต่ละขั้นตอนของวิธีการหาเส้นทางเดินราก แล้วจึงทำการวาดเส้นทางเดินของรากอย่างคร่าว ๆ ได้ (*10 คะแนน :ควรใช้เวลาไม่เกิน 45 นาที*)



รูปที่ 1

กำหนดให้

$$\sigma_a = \frac{\sum finite \quad poles - \sum finite \quad zeros}{number \quad of \quad finite \quad poles - number \quad of \quad finite \quad zeros}$$

$$\theta_a = \frac{(2k+1)\pi}{number \quad of \quad finite \quad poles - number \quad of \quad finite \quad zeros} \quad , \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, ...$$

$$\frac{dK}{d\sigma} = 0 \quad \text{เมื่อ} \quad K = \frac{\sigma^4 + 8\sigma^3 + 24\sigma^2 + 32\sigma}{\sigma + 5}$$

จะได้ $\sigma = -5.9108, \quad -3.2468$ (พิจารณาเฉพาะค่าจริง)

$\omega^4 + 16\omega^2 - 160 = 0$ จะได้ $\omega = \pm 2.6394$ (พิจารณาเฉพาะค่าจริง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

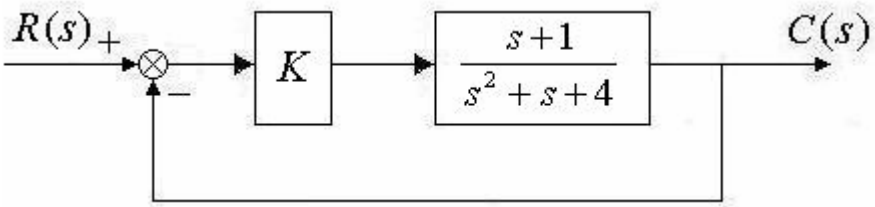
.....

2. ระบบในรูปที่ 2 สามารถเขียนทางเดินของรากได้ดังรูปที่ 3

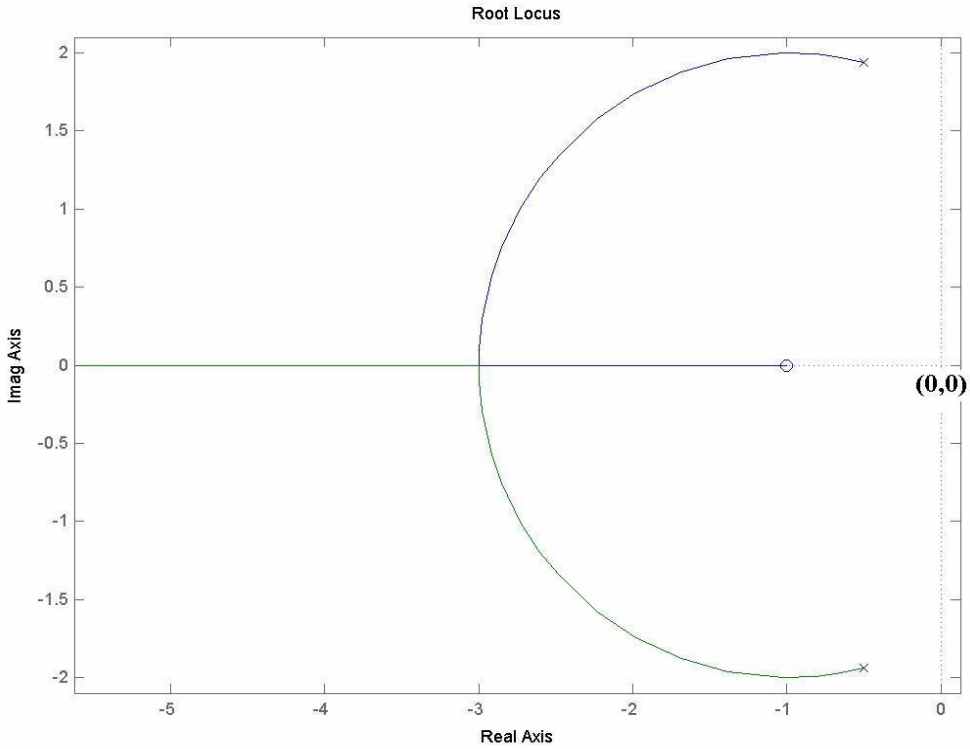
2.1 จงหาค่า K ที่ทำให้ระบบมีค่าพุ่งเกินสูงสุด (overshoot) เท่ากับ 10% (*5 คะแนน*)

2.2 ตรวจสอบความเสถียรของระบบจากค่า K ที่คำนวณได้ในข้อ 2.1 (*5 คะแนน*)

(*ควรใช้เวลาไม่เกิน 30 นาที*)



รูปที่ 2



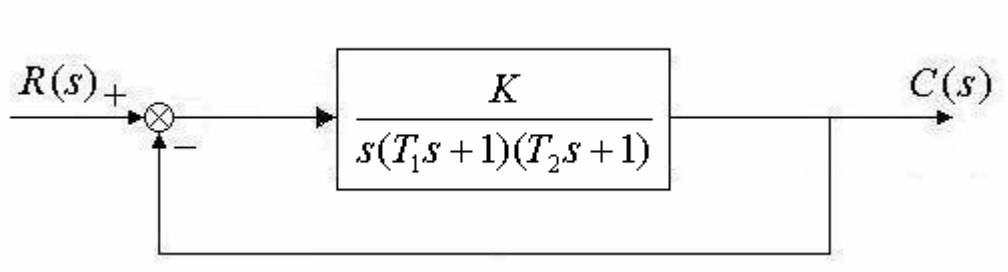
รูปที่ 3

กำหนดให้

$$\zeta = \frac{-\ln\left(\frac{\%OS}{100}\right)}{\sqrt{\pi^2 + \ln^2\left(\frac{\%OS}{100}\right)}}$$

$$\zeta = \cos\theta$$

3. จงใช้ Nyquist criterion (mapping only the positive $j\omega$-axis) ในการวิเคราะห์ระบบปิดในรูปที่ 4 (*10 คะแนน :ควรใช้เวลาไม่เกิน 60 นาที*)



รูปที่ 4

3.1 จงวาด Polar plot (Nyquist plot) ของระบบในรูปที่ 4 (*1 คะแนน*)

3.2 จงหาค่าความถี่ที่มุมของระบบเปิดมีค่า $-\pi$ เมื่อกำหนดให้ K = 1 (*2 คะแนน*)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.3 จงหาค่า K ที่ทำให้ระบบไม่เสถียร(unstable) (*3 คะแนน*)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.4 จงหาค่า K ของระบบ ที่ทำให้ phase margin มีค่า 45 องศา เมื่อกำหนดให้ T_1 = 0.02

T_2 = 0.05 (*4 คะแนน*)

Note:

$$\tan(A+B) = \frac{\tan A + \tan B}{1 - \tan A \tan B}$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

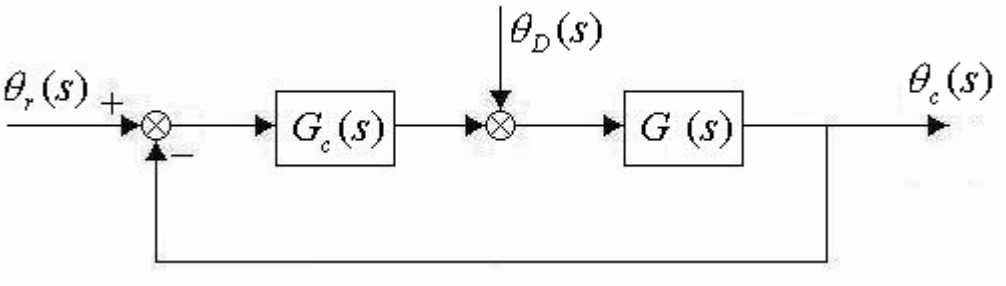
.....

.....

.....

4. จากบล็อกไดอะแกรมการควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์กระแสตรงในรูปที่ 5 จงตอบคำถามต่อไปนี้

(*15 คะแนน :ควรใช้เวลาไม่เกิน 60 นาที*)



รูปที่ 5

เมื่อ

$$G(s) = \frac{50}{s(1+0.4s)}$$

4.1 เมื่อ $G_c(s) = 1$ จงหา steady-state error เนื่องจากอินพุต $\theta_r(t) = 5$ เมื่อ $\theta_D(s) = 0$

(*1 คะแนน*)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4.2 เมื่อ $G_c(s) = 1$ จงหา steady-state error เนื่องจากอินพุต $\theta_r(t) = t$ เมื่อ $\theta_D(s) = 0$

(*2 คะแนน*)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4.3 จงหาค่า K ที่ทำให้ระบบมี Phase margin เท่ากับ 45 องศา (*4 คะแนน*)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4.4 จงหาค่า K ที่ทำให้ steady-state error ในข้อ 4.2 มีค่า 0.001 (*1 คะแนน*)

.....

.....

.....

.....

.....

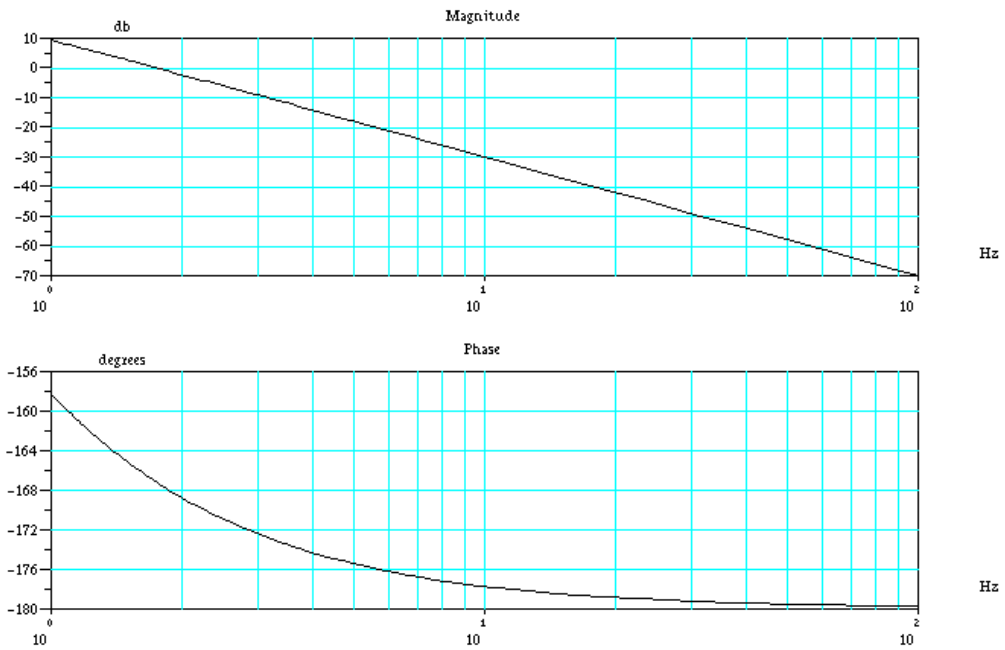
.....

.....

.....

.....

4.5 จงหา Phase-Lead Compensator ($G_c(s)$) เมื่อต้องการให้ระบบใหม่มี phase margin เท่ากับ 45 องศาและมี steady-state error ตามข้อ 4.4 (*7 คะแนน*)



รูปที่ 6 Bode diagram ของ G(s)

.....

.....

.....

.....