

คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การสอบประจำภาคการศึกษาที่ 1

รหัสและชื่อวิชา 010113234 Control Engineering

สอบวันที่ 12 ธันวาคม 2560

ชื่อนักศึกษา.....

รหัสประจำตัวนักศึกษา.....

ปีการศึกษา 2560

ตอน 1

เวลา 09.00 – 12.00 น.

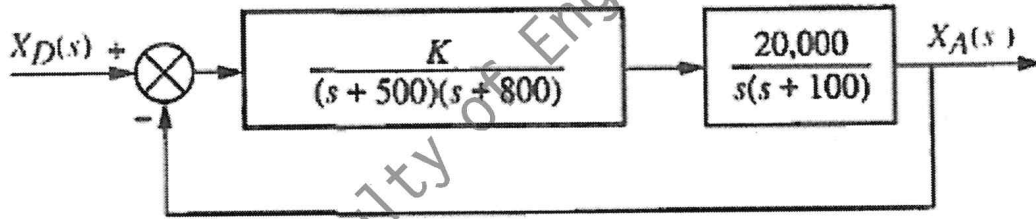
ชื่ออาจารย์ผู้สอน WWP

คำสั่งข้อสอบ

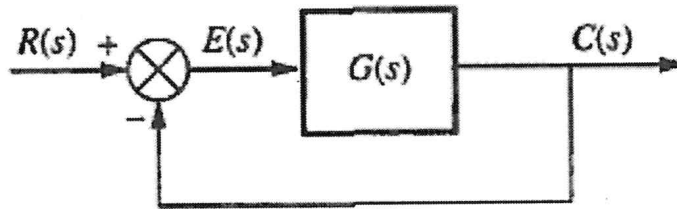
1. ข้อสอบมีทั้งหมด 6 ข้อ 3 หน้า (ไม่รวมหน้าปก) คะแนนเต็ม 60 คะแนน ให้ทำทุกข้อ
2. ให้ทำทุกข้อ ลงใน สมุดคำตอบ
3. การสอบเป็นแบบ ปิดตำรา  
อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณตามที่คณะฯ กำหนด
4. ห้ามนักศึกษาออกจากห้องสอบก่อนเวลา 1 ชั่วโมง
5. ห้ามเปิดหรือทำข้อสอบก่อนได้รับอนุญาตโดยเด็ดขาดและต้องปฏิบัติตามคำสั่งของข้อสอบอย่างเคร่งครัด
6. ไม่อนุญาตให้เข้าห้องน้ำระหว่างการสอบ ยกเว้นกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน
7. ห้ามนำข้อสอบ หรือคัดลอกข้อสอบออกจากห้องสอบ มิฉะนั้นจะถือว่าเป็นการทุจริตในการสอบ

การทุจริตในการสอบถือเป็นความผิดร้ายแรง มีโทษสูงสุด  
ให้พ้นสภาพการเป็นนักศึกษา

- 1) จากระบบควบคุมในรูปด้านล่าง เมื่อกำหนดให้อินพุตเป็น  $X_D(s)$  และเอาต์พุตเป็น  $X_A(s)$   
จงเขียนทางเดินของรากและกำหนดค่า  $K$  ที่ทำให้ระบบมีค่า  $T_s = 0.1$  วินาที [10]



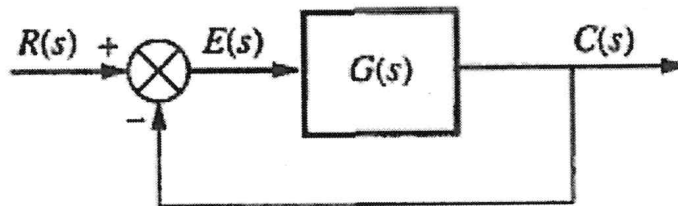
- 2) จากระบบควบคุมในรูปด้านล่าง เมื่อกำหนดให้  $G(s) = \frac{10}{(s+1)(s+3)(s+10)}$   
จงออกแบบตัวควบคุมโดยใช้วิธีการทางเดินของรากเพื่อให้ระบบมี damping ratio = 0.5 และมี  $e(\infty)=0$  เมื่ออินพุตเป็น unit step [10]



- 3) จากระบบควบคุมในรูปด้านล่าง เมื่อกำหนดให้  $G(s) = \frac{K(s+6)}{(s+2)(s+3)(s+5)}$  .  $\left( \frac{s+z}{s+p} \right) |_L$   
จงออกแบบตัวควบคุมแบบ PD โดยใช้วิธีการทางเดินของราก เพื่อให้ระบบมี damping ratio = 0.707  
และมี  $T_s = 0.86$  วินาที [10]

$$T_s^2 \omega_n = \frac{4}{\omega_n}$$

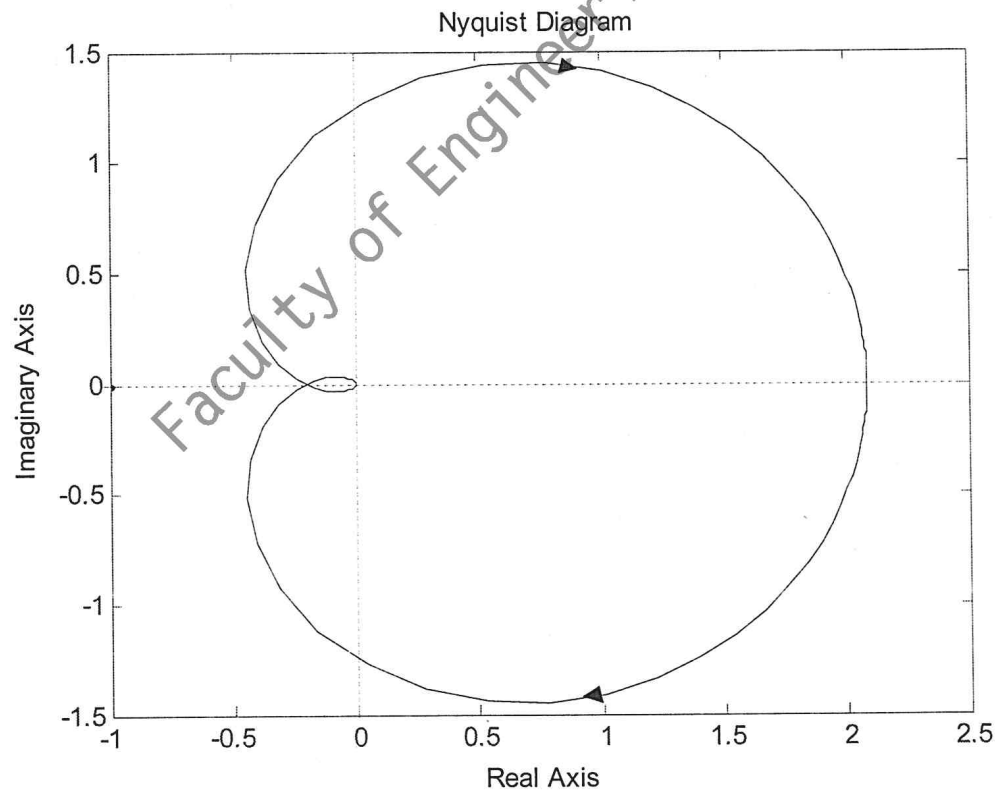
$$\omega_n = 4.66$$



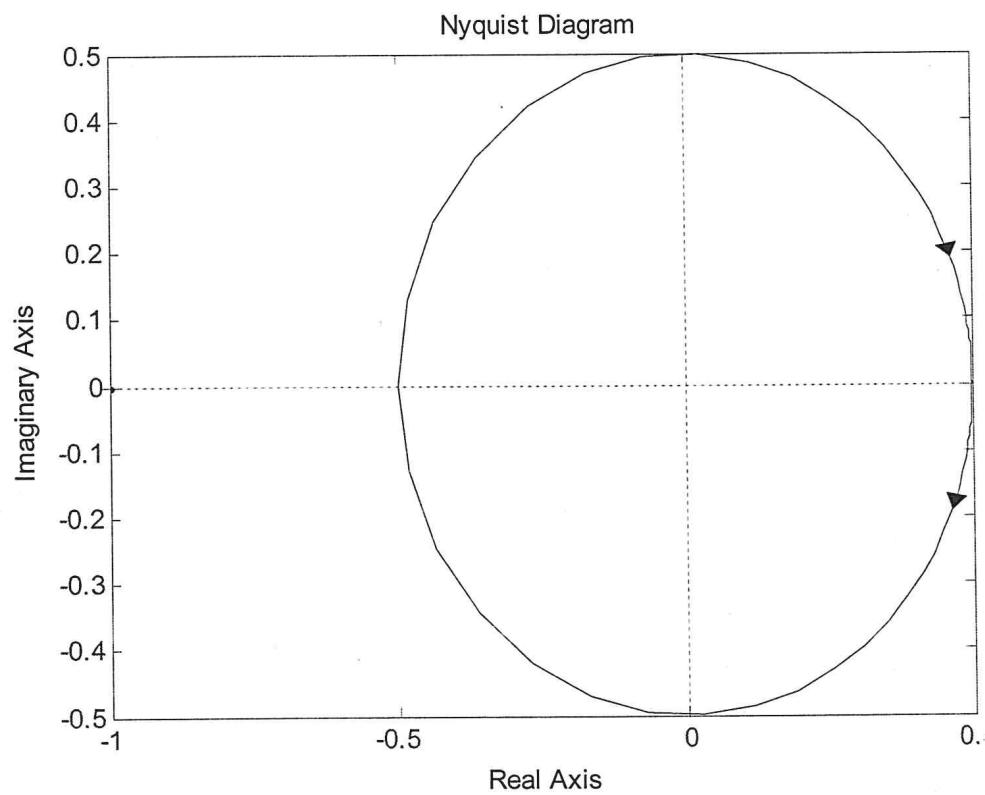
$$\alpha = \cos(0.707)$$

$$z = 4.5$$

- 4) จาก Nyquist จงกำหนดช่วงของค่า  $K$  ที่ทำให้ระบบมีเสถียรภาพ  
a. เมื่อระบบวงรอบเปิดไม่มีโพลและซีโรใน RHP [5]



b. เมื่อระบบวงรอบเปิดมี 1 โพลและมี 1 ซีโรใน RHP [5]



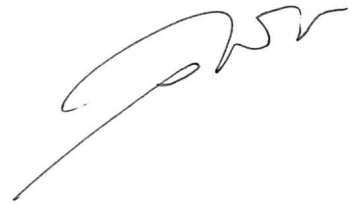
25

5) เมื่อกำหนดให้ plant มีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น  $G(s) = \frac{K}{s(s+3)(s+15)(s+20)}$  จงใช้ผลตอบสนองเชิง

ความถี่ในการออกแบบตัวควบคุมเพื่อให้ระบบควบคุมแบบวงรอบปิดมี  $K_v = 4$  และ มี phase margin = 40 องศา [10]

6) เมื่อกำหนดให้ plant มีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น  $G(s) = \frac{K(s+7)}{s(s+5)(s+15)}$  จงใช้ผลตอบสนองเชิงความถี่

ในการออกแบบตัวควบคุมแบบค่าหัดเพื่อให้ระบบควบคุมแบบวงรอบปิดมี  $K_v = 1000$ , percent overshoot = 15% และ มีค่า  $T_s = 0.1$  วินาที [10]



$$s = \frac{1}{\tau} = \frac{4}{0.1} = -40$$

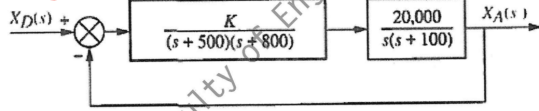
$$\begin{aligned} T_s &= 2\tau \\ 4\tau &= 0.1 \\ \tau &= \frac{0.1}{4} \\ \frac{1}{s} &= \frac{0.1}{4} \\ \therefore s &= \frac{4}{0.1} = -40 \end{aligned}$$

$$T_s = 4\tau$$

$$\frac{1}{\tau} = \frac{4}{T_s} = \frac{4}{0.1} = 40$$

1) จากระบบควบคุมในรูปด้านล่าง เมื่อกำหนดให้อินพุตเป็น  $X_D(s)$  และเอาต์พุตเป็น  $X_A(s)$

จงเขียนทางเดินของรากและกำหนดค่า  $K$  ที่ทำให้ระบบมี  $T_s = 0.1$  วินาที [10]



open loop

pole  $\Rightarrow -500, -800, -100, 0$

zero  $\Rightarrow$  ไม่มี

assatote  $= 4$  เส้น ( $\pm 45^\circ, \pm 135^\circ$ )

จุดตัด asympt ;  $\frac{-1400}{4} = -350$

จุด Break away  $= \frac{d}{ds} \ln \frac{10,000}{s^2(s+500)(s+800)} = 0$

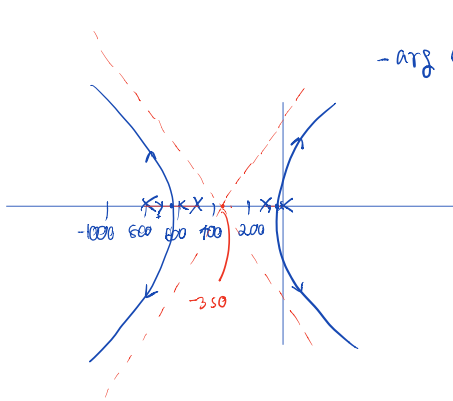
$$(s^2 + 1000s + 400,000)(s+500)$$

$$(s^3 + 600s^2 + 500,000s + 400,000)(s+800)$$

$$s^4 + 600s^3 + 500,000s^2 + 800s^3 + 480,000s^2 + 400,000,000s + 320,000,000 = 0$$

$$4s^4 + 4600s^3 + 106,000s^2 + 40,000,000s + 320,000,000 = 0$$

$$s = -683.89, -45.63, -320.48, \leftarrow \text{Break away.}$$

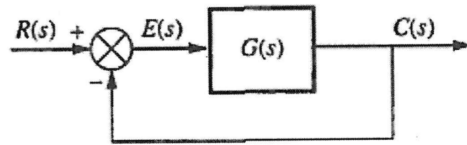


$$-\arg(s+500) - \arg(s+800) - \arg(s) - \arg(s+100) = -180^\circ$$

$$\theta_b = 720^\circ$$

จุดตัด asympt  
จุด Break away

- 2) จากระบบควบคุมในรูปด้านล่าง เมื่อกำหนดให้  $G(s) = \frac{10}{(s+1)(s+3)(s+10)}$   
 จงออกแบบตัวควบคุมโดยใช้วิธีการทางเดินของรากเพื่อให้ระบบมี damping ratio = 0.5 และมี  $e(\infty)=0$  เมื่ออินพุตเป็น unit step [10]  $\frac{1}{s}$   
 $\cos^2 \xi = \square$



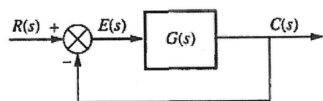
$$\frac{k_p + \frac{k_I}{s} + k_D s}{k \frac{(s+z)}{(s+p)}} \quad \begin{matrix} \text{PI} \\ \text{PD} \end{matrix} \quad (\text{PID})$$

$$k_p + \frac{k_I}{s} + k_D s$$

$$k_p + \frac{k(s+0.1)}{s} + k(s+z)$$

- 3) จากระบบควบคุมในรูปด้านล่าง เมื่อกำหนดให้  $G(s) = \frac{K(s+6)}{(s+2)(s+3)(s+5)}$  5  
 จงออกแบบตัวควบคุมแบบ PD โดยใช้วิธีการทางเดินขงราก เพื่อให้ระบบมี damping ratio = 0.707 5  
 และมี  $T_s = 0.86$  วินาที [10] PID

PD นำ lead



จาก สูตร  $\cos^{-1}(\xi) = \cos^{-1}(0.707) = 45^\circ$

$T_d = 4\tau$

$\tau = \frac{0.86}{4} = 0.215$

$\sigma = \frac{1}{\tau} = 4.65$  (minimum)

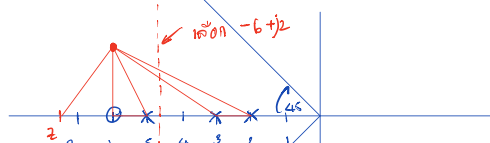
open loop;  $\frac{K(s+6)}{(s+2)(s+3)(s+5)}$

zero  $\Rightarrow -6$

pole  $\Rightarrow -2, -3, -5$

assum. to  $\Rightarrow 2 \pm j2$  ( $\pm 90^\circ$ )

$\sigma = \frac{-(2+2+5) + 6}{2} = -2$  (จุดตัด assum.)



$$\frac{K(s+6)(s+2)}{(s+2)(s+3)(s+5)}$$

$$90 - \left(90 + \tan^{-1}\left(\frac{1}{2}\right)\right) - \left(90 + \tan^{-1}\left(\frac{3}{2}\right)\right) - \left(90 + \tan^{-1}(2) + \tan^{-1}\left(\frac{2}{2-6}\right)\right)$$

$$90 - 90 - \tan^{-1}\frac{1}{2} - 90 - \tan^{-1}\frac{3}{2} - 90 - \tan^{-1}\frac{2}{2}$$

$$\arg(s+6) - \arg(s+5) - \arg(s+3) - \arg(s+2) + \arg(s+2) = -180^\circ$$

$$+ \tan^{-1}\left(\frac{2}{2-6}\right) = 146.31^\circ$$

$z = 3$

$$- \tan^{-1}\left(\frac{1}{2}\right) - \left(90 - \tan^{-1}\left(\frac{3}{2}\right)\right) - \tan^{-1}(2) + \tan^{-1}\left(\frac{2}{2-6}\right) = 146.31^\circ$$

$$-146.31 + \tan^{-1}\left(\frac{2}{2-6}\right) = 36^\circ$$

$$\frac{2}{2-6} = -0.67$$

$$2 = -0.67(2-6)$$

$$2 - 6 = 2$$