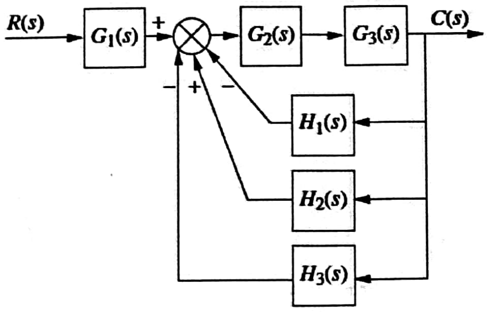
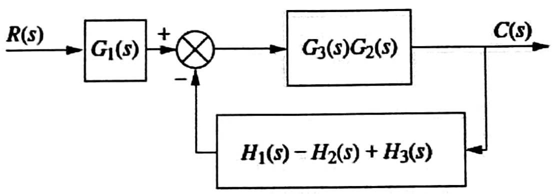
سلم امتحان مادة التحكم الآلي — الفصل الدراسي الثاني ٢٠٢٣-٢٠٢٤ — السنة الرابعة - إنتاج

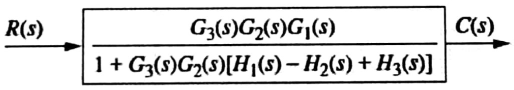
السؤال الأول (١٥ درجة)



(a)



(b)



(c)

السؤال الثاني (٢٠ درجة):

الطلب الأول:

المعطيات

ثابت صلابة النابضنيوتن/متر $K = 5$ ،

كجم $m = 1$ ،الكتلة

نيوتن $f(t) = 10e^{-t}$ ،القوة الخارجية

الشروط الابتدائية تساوي الصفر.

الخطوة 1 :اشتقاق المعادلة التفاضلية

معادلة الحركة لنظامالكتلة والنابض بدون التخميد هي :

مدرس المقرر
د. محمد حسين عباس

$$m\, d^2x(t)/dt^2 + K\, x(t) = f(t)$$

بتطبيق القيم المعطاة:

$$d^2x(t)/dt^2 + 5\, x(t) = 10e^{-t}$$

الخطوة 2 :أخذ تحويل لابلاس

بأخذ تحويل لابلاس لكلا الجانبين، ومع الأخذ في الاعتبار أن الشروط الابتدائية تساوي الصفر، نحصل على:

$$s^2x(s) + 5\, x(s) = 10/(s + 1)$$

الخطوة 3 :حل x(s)

بإخراج العوامل المشتركة

$$(s^2 + 5)\, x(s) = 10/(s + 1)$$

$$x(s) = 10 / [(s^2 + 5)(s + 1)]$$

الخطوة 4 :إجراء تفريق الكسور

$$10 / [(s^2 + 5)(s + 1)] = (A s + B) / (s^2 + 5) + C / (s + 1)$$

ضرب كلا الجانبين في المقام المشترك $(s^2 + 5)(s + 1)$

$$10 = (A s + B)(s + 1) + C(s^2 + 5)$$

بحل جملة المعادلات يمكننا الحصول على قيم المكافئات A, B, C

١. معامل s^2

$$0 = A + C$$

$$A = -C$$

٢. معامل s

$$0 = A + B$$

٣. الثابت

$$10 = B + 5C$$

وبالتالي:

مدرس المقرر
د. محمد حسين عباس

$$B=\frac{5}{3},C=\frac{5}{3},A=-C=\frac{-5}{3}$$

$$x(s)=\frac{-\frac{5}{3}s}{s^2+5}+\frac{\frac{5}{3}}{s^2+5}+\frac{\frac{5}{3}}{s+1}$$

الخطوة 5 :تحويل لابلاس العكسي

الآن نجد تحويل لابلاس العكسي لإيجاد الاستجابة $x(t)$.

$$x(t)=L^{-1}\left(\frac{-\frac{5}{3}s}{s^2+5}+\frac{\frac{5}{3}}{s^2+5}+\frac{\frac{5}{3}}{s+1}\right)$$

الحل النهائي:

$$x(t)=-\frac{5}{3}\cos(\sqrt{5}t)+\frac{5}{3\sqrt{5}}\sin(\sqrt{5}t)+\frac{5}{3}e^{-t}$$

الطلب الثاني:

المعادلة المميزة

$$s^2+5$$

بحل المعادلة نسبة ل s

$$s^2=-5$$

$$s=\pm j\sqrt{5}$$

نقول عن النظام أنه مستقر وذلك إذا كانت كل أقطابه (جذور المعادلة المميزة) تقع في الطرف الأيسر من المحور التخيلي وبما أن جذور المعادلة السابقة هي تخيلة فقط فنظام الكتلة-نابض وفق البارامترات المعطية هو نظام مستقر حدي.

<u>السؤال الثالث (١٥ درجة):</u>

الخطوة الأولى: استنتاج المعادلة المميزة

بأخذ تحويل لابلاس لطرفي المعادلة وأخذ نسبة لابلاس الخرج على الدخل مع افتراض شروط ابتدائية صفرية:

مدرس المقرر

د. محمد حسين عباس

$$s^2\theta(s)+(4+Kp)s\theta(s)+(4+Kd)\theta(s)=\tau(s)$$

$$\left(s^2+(4+Kp)s+(4+Kd)\right)\theta(s)=\tau(s)$$

$$\frac{\theta(s)}{\tau(s)}=\frac{1}{s^2\theta(s)+(4+Kp)s\theta(s)+(4+Kd)}$$

فإن المعادلة المميزة تعطى بالشكل التالي

$$s^2+(4+Kp)s+(4+Kd)$$

الخطوة الثانية: تشكيل جدول راوث وفق ما يلي:

$$\begin{array}{c|cc} s^2 & 1 & 4+K_d \\ s^1 & 4+K_p & 0 \\ s^0 & 4+K_d & \end{array}$$

وبالتالي ليكون النظام مستقراً يجب أن تكون كل عناصر العمود الأول موجبة وبالتالي فإن مجال قيم K_p و K_d التي تجعل نظام الحلقة المغلقة مستقراً هي:

$$K_p > -4$$
$$K_d > -4$$

<u>السؤال الرابع (٢٠ درجة):</u>

يمكن نشر تابع الحلقة المفتوحة كما يلي:

$$\frac{K}{s^4+7s^3+15s^2+13s+4}$$

١. عدد أصفار الحلقة المفتوحة Z = 0 لا يوجد أصفار
٢. عدد أقطاب الحلقة المفتوحة P = 4 (s=-1, s=-4)
٣. عدد المقاربات=P-Z=4
٤. زوايا المقاربات $\theta_k=\frac{(2k+1)180^\circ}{P-Z}=\frac{(2k+1)180^\circ}{4}$ لأجل $k=0,1,2,3$

مدرس المقرر
د. محمد حسين عباس

$$\theta_0 = 45^\circ$$
$$\theta_1 = 135^\circ$$
$$\theta_2 = 225^\circ$$
$$\theta_3 = 315^\circ$$

٥. نقطة تقاطع المحل الهندسي مع المحور الحقيقي هي:

$$\theta_k = \frac{\sum P - \sum Z}{P - Z} = \frac{-7}{4} = -1.75$$

٦. نقاط الانفصال:

المعادلة المميزة للنظام تعطى كما يلي:

$$1 + \frac{K}{s^4 + 7s^3 + 15s^2 + 13s + 4} = 0$$

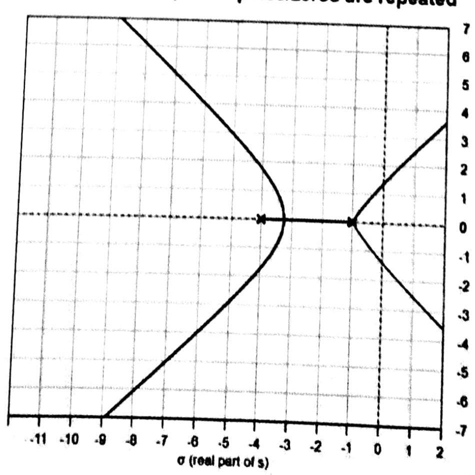
$$K = -(s^4 + 7s^3 + 15s^2 + 13s + 4)$$

بحل المعادلة $\frac{dK}{ds} = 0$

نحصل على $s = -1, s = -2, s = -3.25$

وبالتالي يمكن رسم المحل الهندسي كما يلي:

Root Locus, some poles/zeros are repeated



مدرس المقرر