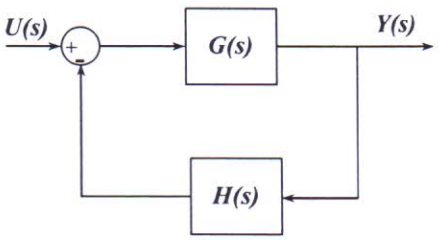
ربيع 2015 - 2016
تحكم آلي (هـ مك 450)
التـــــاريخ : 2016-05-25

كلية الهندسة / جامعة مصراتة
الامتحان النهائي

قسم الهندسة الميكانيكية
زمن الامتحان : ساعتان ونصف
د. أحمد عبد الحميد بعيو

السؤال الأول (10 نقاط) :

لنظام التحكم ذو الحلقة المغلقة المبين بالشكل (1)، إذا كانت دالة تحويل المسار الأمامي $G(s) = \dfrac{1}{s^2 + 2s + 7}$ وكانت دالة تحويل المسار العكسي $H(s) = 2$.

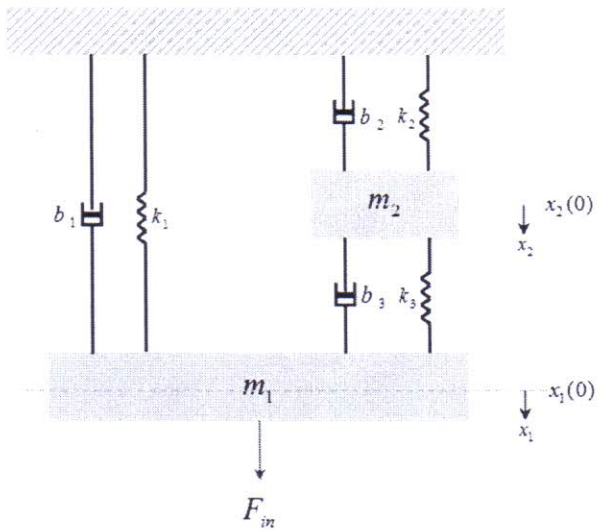


شكل رقم (1)

1) أوجد دالة التحويل الشاملة.
2) إذا كان الدخل هو دالة الخطوة الواحدة ($u(t) = 1$)، أوجد التالي :
- زمن الصعود لاستجابة النظام (إشارة الخرج).
- زمن الوصول للقمة لاستجابة النظام (إشارة الخرج).
- أقصى تجاوز للهدف لاستجابة النظام (إشارة الخرج).
- زمن السكون الذي يسمح بـ(5%) من الخطاء.
- أرسم تقريبيا أشارة استجابة النظام.

السؤال الثاني (10 نقاط) :

للنظام المبين بالشكل (2) :

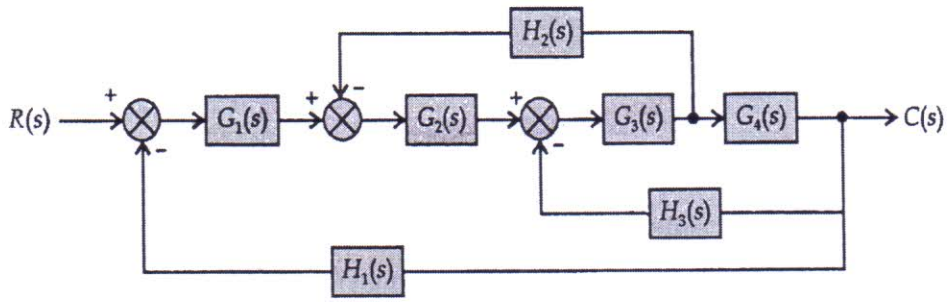


شكل رقم (2)

- حلل وأوجد القوى المؤثرة على كل كتلة على حدة.
- أوجد دالة التحويل التي تربط بين متغيري الإزاحة ($X_1(s)$) كمتغير دخل و ($X_2(s)$) كمتغير خرج.
- أوجد دالة التحويل التي تربط بين القوة ($F_{in}(s)$) كمتغير دخل والإزاحة ($X_2(s)$) كمتغير خرج.
- أوجد دالة التحويل التي تربط بين القوة ($F_{in}(s)$) كمتغير دخل والإزاحة ($X_1(s)$) كمتغير خرج.

السؤال الثالث (10 نقاط) :

لنظام التحكم ذو الحلقة المغلقة المبين بالشكل (3)، أوجد دالة التحويل الشاملة (الكلية) التي تربط متغير الخرج ($C(s)$) بمتغير الدخل ($R(s)$).

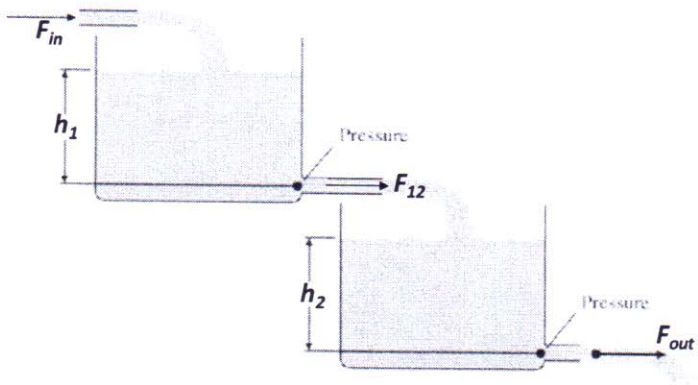


شكل رقم (3)

السؤال الرابع (10 نقاط) :

لنظام الخزانات على التوالي الموضح بالشكل رقم (4). المعادلة التفاضلية التي تحكم سلوك الخزان الأول هي : $h_1'(t) = 8\,(F_{in}(t) - F_{12}(t))$ والمعادلة التفاضلية التي تحكم سلوك الخزان الثاني هي : $h_2'(t) = 10(F_{12}(t) - F_{out}(t))$.
وإذا علمت أن تدفق السائل من الخزان الأول معطى بالمعادلة $F_{12}(t) = 0.0625\ h_1(t)$ وتدفق السائل من الخزان الثاني معطي بالمعادلة $F_{out}(t) = 0.05\,h_2(t)$. على اعتبار أن الخزانين كانا فارغين عند الزمن الابتدائي ، أوجد التالي :

- دالة التحويل التي تربط ارتفاع مستوى السائل بالخزان الأول h_1 مع تدفق السائل المدخل F_{in}.
- دالة التحويل التي تربط ارتفاع مستوى السائل بالخزان الثاني h_2 مع تدفق السائل للخزان الثاني F_{12}.
- دالة التحويل التي تربط ارتفاع السائل بالخزان الثاني h_2 مع تدفق السائل المدخل F_{in}.
- دالة الاستجابة الزمنية لتغير مستوى السائل بالخزان الثاني نتيجة لتغير في تدفق الدخل مقداره خطوة واحدة .
- ثابت الزمن للخزان الأول.
- ثابت الزمن للديناميكية التي تربط ارتفاع السائل بالخزان الثاني h_2 بتدفق السائل المدخل F_{in}.



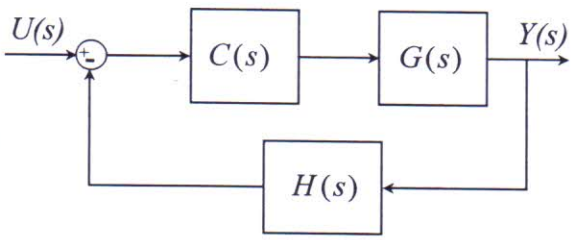
شكل رقم (4)

السؤال الخامس (10 نقاط) :

لنظام التحكم ذو الحلقة المغلقة المبين بالشكل (5)، إذا كانت دالة تحويل العملية $G(s) = \dfrac{(s+4)}{(s^2+5s+5)}$ ودالة تحويل المتحكم $C(s) = K$ كانت دالة تحويل المسار العكسي $H(s) = \dfrac{1}{(s+4)}$.

إذا كانت إشارة الدخلة معرفة بـ $U(s) = \dfrac{1}{s}$، أوجد التالي :

- دالة التحويل الشاملة للنظام.
- عند $(K=1)$ أوجد التعبير الرياضي الذي يمثل إشارة الخطاء في النظام.
- العلاقة بين الخطاء عند حالة الاستقرار ومعامل التضخيم بالمتحكم K.
- قيم (K) التي تجعل النظام مستقر.
- قيم (K) التي تجعل الخطاء عند حالة الاستقرار مساويا للصفر.



شكل رقم (5)

☑ General form of the first order system: $G(s) = \dfrac{Y(s)}{U(s)} = \dfrac{1}{1+\tau s}$

☑ General form of the second order system: $G(s) = \dfrac{Y(s)}{U(s)} = \dfrac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2} = \dfrac{1}{\tau^2 s^2 + 2\xi\tau s + 1}$

Where ζ : is the system damping ratio,
$\omega_n = (1/\tau)$: is the system undamped natural frequency.

☑ The underdamped response case (for $\zeta < 1$) of the second order system to a unit step response can be characterized by:

1-Delay time (t_d). Is defined as the time required for the response to reach 50% from its ultimate value
2-Rise time (t_r). The time required for the response to first reach its ultimate value

$$t_r = \frac{\pi - \beta}{\omega_d} \quad \text{with } \beta = \tan^{-1}\left(\frac{\omega_d}{\xi\omega_n}\right) \quad \text{and } \omega_d = \omega_n\sqrt{1-\xi^2}$$

3-Peak time (t_p). The time required for the response to reach its peak $t_p = \dfrac{\pi}{\omega_d}$

4-Setting time (t_s): If the allowable tolerance is (2%) ⇨ $t_s = \dfrac{4}{\xi\omega_n}$

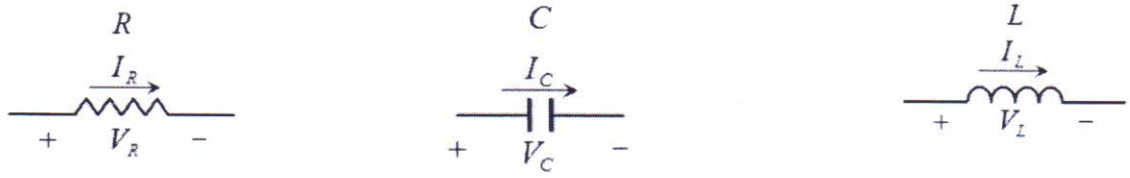
If the allowable tolerance is (5%) ⇨ $t_s = \dfrac{3}{\xi\omega_n}$

5- Maximum overshoot (M_p). Is the measure of how much the response exceeds the ultimate value following a step input $M_p = e^{\frac{-\pi\xi}{\sqrt{1-\xi^2}}}$.

☑ PID controller Parameters (stability limits evaluation.)

Type of controller	Optimum gain
P	$K=0.5K_u$
PI	$K=0.45K_u$ $T_I=P_u/1.2$
PID	$K=0.6K_u$ $T_I=0.5P_u$ $T_D=P_u/8$

☑ Dynamic of basic electrical components :



$V_R(t) = RI_R(t)$ $\quad$ $V_C(t) = \frac{1}{C}\int_0^t I_C(\tau)d\tau$ $\quad$ $V_L(t) = L\frac{dI_L(t)}{dt}$

$I_R(t) = \frac{V_R(t)}{R}$ $\quad$ $I_C(t) = C\frac{dV_C(t)}{dt}$ $\quad$ $I_L(t) = \frac{1}{L}\int_0^t V_L(\tau)d\tau$

Function	Time domain	Laplace domain
Unit step function	$u(t) = \begin{cases} 1 & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$	$U(s) = \frac{1}{s}$
Step function	$f(t) = Ku(t)$	$F(s) = \frac{K}{s}$
Ramp function	$f(t) = tu(t)$	$F(s) = \frac{1}{s^2}$
Ramp function	$f(t) = t^2u(t)$	$F(s) = \frac{2}{s^3}$
Ramp function	$f(t) = t^nu(t)$	$F(s) = \frac{n!}{s^{n+1}}$
Pulse function	$f(t) = K(u(t) - u(t - t_1))$	$F(s) = \frac{K}{s}(1 - e^{-st_1})$
Impulse function	$\delta(t)$	$\Delta(s) = 1$
Exponential function	$f(t) = Ke^{-at}\ u(t)$	$F(s) = \frac{K}{(s+a)}$
Sine function	$f(t) = A\ sin(\omega t)\ \ u(t)$	$F(s) = \frac{A\omega}{s^2+\omega^2}$
Cosine function	$f(t) = A\ cos(\omega t)\ \ u(t)$	$F(s) = \frac{As}{s^2+\omega^2}$
First derivative	$\dot{f}(t)$	$sF(s) - f(0)$
Second derivative	$\ddot{f}(t)$	$s^2F(s) - sf(0) - \dot{f}(0)$
n^{th} derivative	$f^n(t)$	$s^nF(s) - \sum_{k=1}^{n} s^{k-1}f^{(n-k)}(0)$
Integration	$\int_0^t f(\tau)d\tau$	$\frac{1}{s}F(s)$
Convolution product	$\int_0^t f(\tau)g(t-\tau)d\tau$	$F(s)G(s)$
Shift (time domain)	$f(t-a)$	$e^{-as}F(s)$
Shift (Laplace domain)	$e^{at}f(t)$	$F(s-a)$
Multiplying by t	$tf(t)$	$-\acute{F}(s)$
Multiplying by t^n	$t^nf(t)$	$(-1)^nF^{(n)}(s)$
	t^ne^{at}	$\frac{n!}{(s-a)^{n+1}}$
	$f(at)$	$\frac{1}{\lvert a\rvert}F(\frac{s}{a})$
Hyperbolic sine	$sinh(\omega t)$	$\frac{\omega}{s^2-\omega^2}$
Hyperbolic cosine	$cosh(\omega t)$	$\frac{s}{s^2-\omega^2}$

Table 3.1: Summary of Laplace transform.

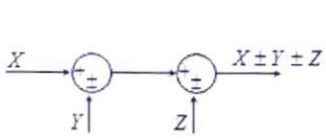
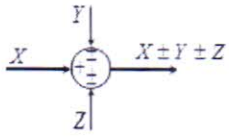
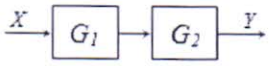
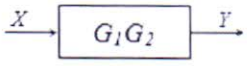
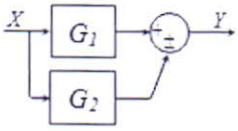
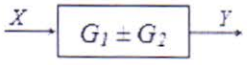
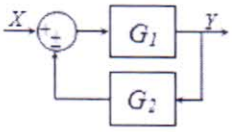
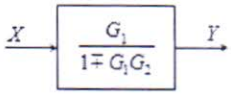
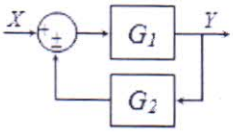
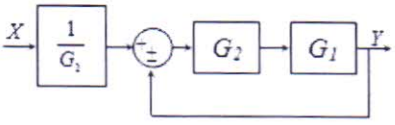
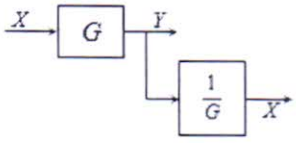
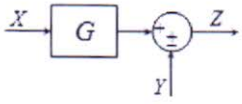
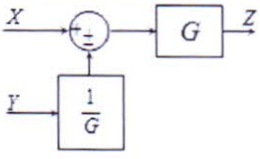
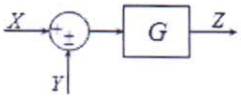
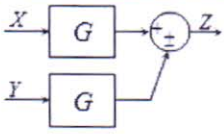
1		⇔	
2		⇔	
3		⇔	
4		⇔	
5		⇔	
6		⇔	
7		⇔	
8		⇔	

Table 6.1: System reduction basic operations.