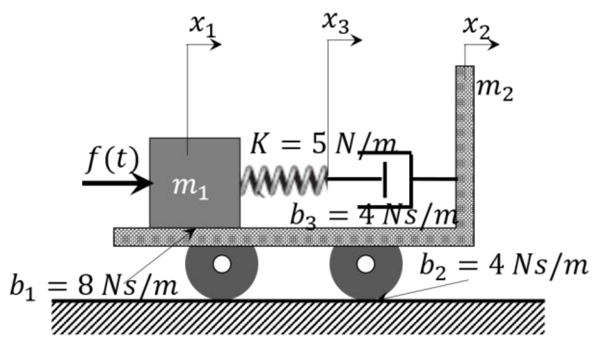
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MAK403 OTOMATİK KONTROL ARA SINAV 21/11/2018
Dr. Nurdan Bilgin

Öğrenci No :
İsim Soyisim :

Sınav Süresi:100 dakikadır. Tüm sorular eşit ağırlıktadır.

SORULAR

Soru 1: Yanda şematik gösterimi verilen ötelemeli mekanik sistemde yük ile araba arasında viskoz sürtünme katsayısı $b_1 = 8\ Ns/m$, yol ile araba arasında viskoz sürtünme katsayısı $b_2 = 4\ Ns/m$, yay ile arabanın duvarı arasındaki damperin sönüm oranı ise $b_3 = 4\ Ns/m$ olarak verilmektedir. Yay katsayısı $K = 5\ N/m$ dir. Yükün kütlesi $m_1 = 1$ ve arabanın kütlesi $m_2 = 4\ kg$ olarak verilmektedir. Sistemde yük f(t) kuvvetine maruz kalmaktadır.



Bu sistem için

a.) Biri süreklilik ilişkisi olmak üzere toplam 7 temel denklem yazınız.
b.) Bulduğunuz denklemlerin Laplace dönüşümünü yapınız.
c.) Sistem parametrelerini ve gerekli ilişkileri yerine yazarak giriş $F(s)$, çıkış $X_2(s)$ olacak şekilde sistemin transfer fonksiyonunu bulunuz.

Çözüm:

a.)

$$f_k = K(x_1 - x_3);\ f_{b_1} = b_1(\dot{x}_1 - \dot{x}_2);\ f_{b_2} = b_2\dot{x}_2;\ f_{b_3} = b_3(\dot{x}_3 - \dot{x}_2);$$

$$f_k = f_{b_3}; m_1\ddot{x}_1 = f(t) - f_{b_1} - f_k; m_2\ddot{x}_2 = f_{b_1} - f_{b_2} + f_{b_3}$$

b.)

$$F_k(s) = 5(X_1 - X_3);\ F_{b_1}(s) = 8s(X_1 - X_2);\ F_{b_2}(s) = 4sX_2; F_{b_3}(s) = 4s(X_3 - X_2);$$

$$F_k(s) = F_{b_3}(s); s^2X_1 = F(s) - F_{b_1}(s) - F_k(s); 4s^2X_2 = F_{b_1}(s) - F_{b_2}(s) + F_{b_3}(s)$$

c.)

$$F_k(s) = F_{b_3}(s) \Longrightarrow 5(X_1 - X_3) = 4s(X_3 - X_2)$$

$$-5X_1 - 4sX_2 + (4s+5)X_3 = 0 \qquad (1)$$

$$s^2X_1 = F(s) - F_{b_1}(s) - F_k(s) \Longrightarrow s^2X_1 = F(s) - 8s(X_1 - X_2) - 5(X_1 - X_3)$$

$$(s^2+8s+5)X_1 - 8sX_2 - 5X_3 = F(s) \qquad (2)$$

$$4s^2X_2 = F_{b_1}(s) - F_{b_2}(s) + F_{b_3}(s) \Longrightarrow 4s^2X_2 = 8s(X_1 - X_2) - 4sX_2 + 4s(X_3 - X_2)$$

$$-8sX_1 + (4s^2+16s)X_2 - 4sX_3 = 0 \qquad (3)$$

$$\begin{bmatrix} -5 & -4s & (4s+5) \\ (s^2+8s+5) & -8s & -5 \\ -8s & (4s^2+16s) & -4s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ F(s) \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$X_2 = \frac{\begin{vmatrix} -5 & 0 & (4s+5) \\ (s^2+8s+5) & F(s) & -5 \\ -8s & 0 & -4s \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} -5 & -4s & (4s+5) \\ (s^2+8s+5) & -8s & -5 \\ -8s & (4s^2+16s) & -4s \end{vmatrix}}$$

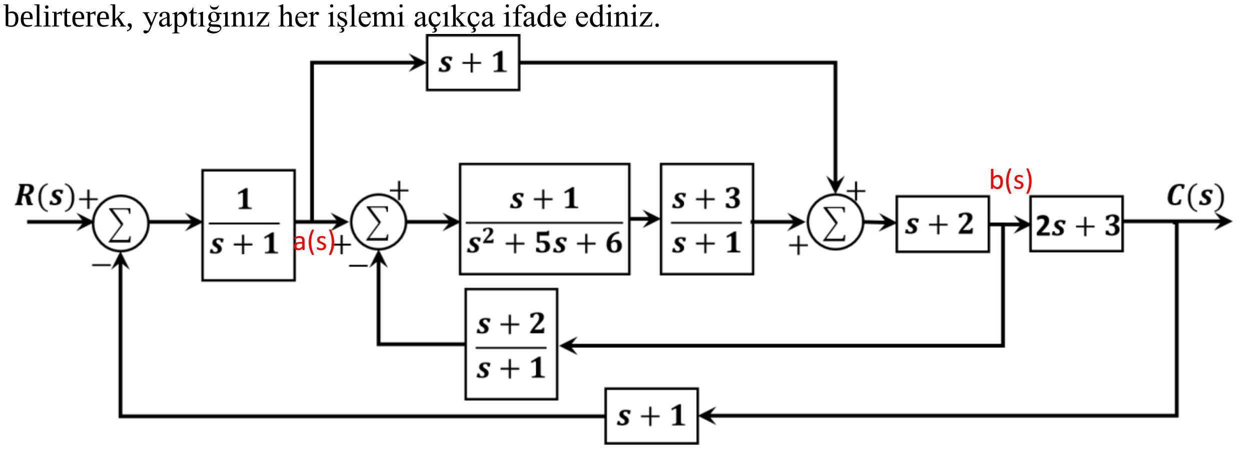
$$X_2 = \frac{32s^2+60s}{-5\big(32s^2+5(4s^2+16s)\big) + 4s(-4s(s^2+8s+5) - 40s) + (4s+5)[(s^2+8s+5)(4s^2+16s) - 64s^2]} F(s)$$

$$X_2 = \frac{32s^2+60s}{16s^5+196s^4+448s^3+240s^2} F(s)$$

$$X_2 = \frac{8s+15}{4s^4+49s^3+112s^2+60s} F(s)$$

$$\frac{X_2}{F(s)} = \frac{8s+15}{4s^4+49s^3+112s^2+60s}$$

Soru 2: Blok diyagram indirgeme yöntemlerinden herhangi birini kullanarak aşağıda verilen blok diyagramının transfer fonksiyonunu $G_{CR}(s)$ bulunuz. Hangi yöntemi kullandığınızı belirterek, yaptığınız her işlemi açıkça ifade ediniz.



Çözüm:

$$\{R(s) - C(s)(s+1)\}\frac{1}{s+1} = a(s) \quad (1)$$

$$\left\{\left\{a(s) - b(s)\frac{s+2}{s+1}\right\}\frac{1}{s+2} + a(s)(s+1)\right\}(s+2) = b(s)$$

$$a(s) - b(s)\frac{s+2}{s+1} + a(s)(s+1)(s+2) = b(s)$$

$$a(s) + a(s)(s+1)(s+2) = b(s) + b(s)\frac{s+2}{s+1}$$

$$a(s)(s^2+3s+3) = \frac{2s+3}{s+1}b(s)$$

$$a(s) = \frac{2s+3}{(s+1)(s^2+3s+3)}b(s) \quad (2)$$

$$b(s)(2s+3) = C(s) \Rightarrow b(s) = \frac{C(s)}{(2s+3)} \quad (3)$$

(3)'de bulduğumuz $b(s)'i$ (2)'de yerine koyalım. Ardından elde ettiğimiz $a(s)$ terimini (1)'de yerine yazalım.

$$a(s) = \frac{C(s)}{(s+1)(s^2+3s+3)} \quad (2')$$

$$\{R(s) - C(s)(s+1)\}\frac{1}{s+1} = \frac{C(s)}{(s+1)(s^2+3s+3)}$$

$$R(s) - C(s)(s+1) = \frac{C(s)}{(s^2+3s+3)}$$

$$R(s) = \frac{C(s)}{(s^2+3s+3)} + C(s)(s+1)$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{s^2+3s+3}{s^3+4s^2+6s+4}$$

Soru 3: Hareket denklemleri aşağıdaki gibi bulunmuş olan sistemin blok diyagramını giriş $T(s)$ çıkış $\theta_4(s)$ olacak şekilde detaylı olarak çiziniz, yani θ_1, θ_2 ve θ_3 ara değerleri ile tüm katsayı değerlerinin blok diyagramda görünür olmasını sağlayın.

Hareket denklemleri

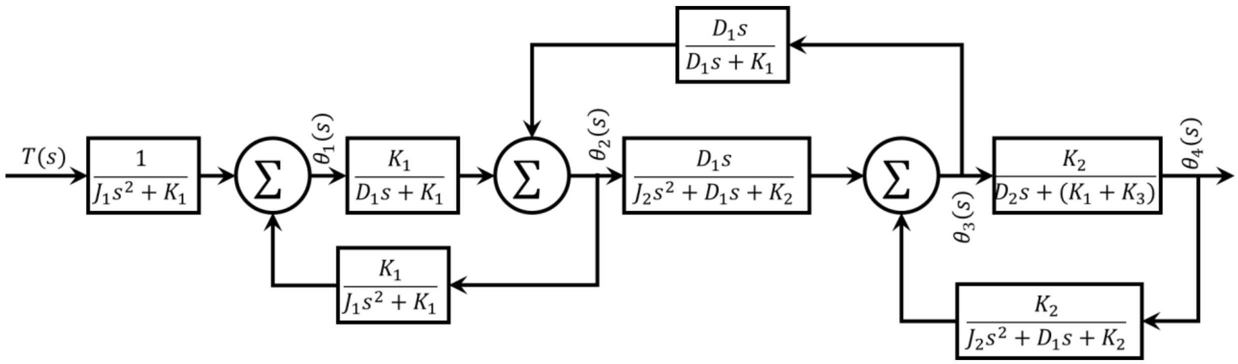
$$(J_1s^2 + K_1)\theta_1(s) - K_1\theta_2(s) = T(s)$$

$$-K_1\theta_1(s) + (D_1s + K_1)\theta_2(s) - D_1s\theta_3(s) = 0$$

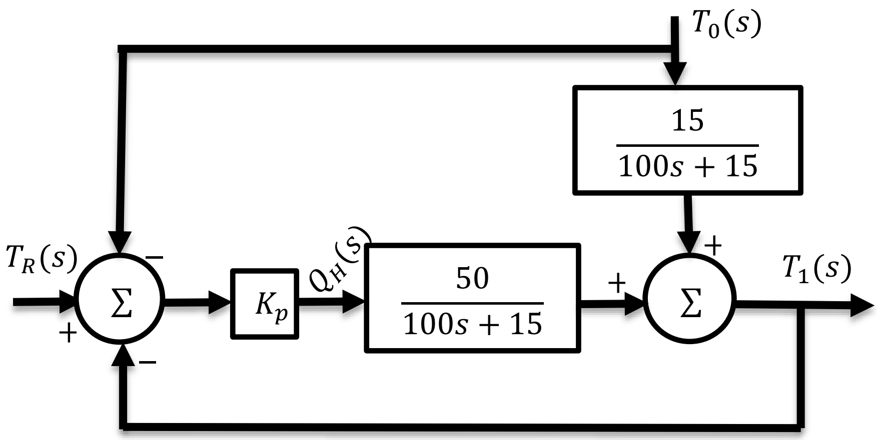
$$-D_1s\theta_2(s) + (J_2s^2 + D_1s + K_2)\theta_3(s) - K_2\theta_4(s) = 0$$

$$-K_2\theta_3(s) + \big(D_2s + (K_1 + K_3)\big)\theta_4(s) = 0$$

Çözüm:



Soru 4:



Bir mekanın istenen referans sıcaklıkta tutulmasına yönelik tasarlanan ve yukarıda blok diyagramı verilen sistemde geri bildirim kontrol stratejisi olarak, oransal kontrol kullanılmasının yanında bozucu giriş olan dış ortam sıcaklığıda sürekli ölçülerek an ve an kontrolcüye beslenmektedir.

a.) $T_1(s)$ çıkışı ile $T_0(s)$ bozucu girişi arasındaki transfer fonksiyonu bulunuz.
b.) $T_1(s)$ çıkışı ile $Q_H(s)$ kontrol edilebilir giriş arasındaki transfer fonksiyonu bulunuz.
c.) $T_1(s)$çıkışı ile $T_R(s)$ referans girişi arasındaki transfer fonksiyonunu bulunuz.
d.) Dış bozucunun etkisini sıfır yapacak K_p değerini bulunuz.

Çözüm:

a.) $T_1(s)$ çıkışı ile $T_0(s)$ bozucu girişi arasındaki transfer fonksiyonu

$$\frac{T_1(s)}{T_0(s)} = \frac{15}{100s + 15}$$

b.) $T_1(s)$ çıkışı ile $Q_H(s)$ kontrol edilebilir giriş arasındaki transfer fonksiyonu

$$\frac{T_1(s)}{Q_H(s)} = \frac{50}{100s + 15}$$

c.) $T_1(s)$çıkışı ile $T_R(s)$ referans girişi arasındaki transfer fonksiyonunu

$$(T_r - T_1 - T_0) * K_p * \frac{50}{100s + 15} + \frac{15}{100s + 15} T_0 = T_1$$

$$\frac{50K_p}{100s + 15} T_r + \left[\frac{15}{100s + 15} - \frac{50K_p}{100s + 15}\right] T_0 = \left[1 + \frac{50K_p}{100s + 15}\right] T_1$$

$$\frac{50K_p}{100s + 15} T_r + \left[\frac{15}{100s + 15} - \frac{50K_p}{100s + 15}\right] T_0 = \left[\frac{100s + 15 + 50K_p}{100s + 15}\right] T_1$$

d.) Dış bozucunun etkisini sıfır yapacak K_p kazancı

$$K_p = 15/50$$

$$\frac{50 * \frac{15}{50}}{100s + 15} T_r + \left[\frac{15}{100s + 15} - \frac{50 * \frac{15}{50}}{100s + 15}\right] T_0 = \left[\frac{100s + 15 + 50 * \frac{15}{50}}{100s + 15}\right] T_1$$

$$\frac{15}{100s + 15} T_r = \left[\frac{100s + 30}{100s + 15}\right] T_1$$

$$\frac{15}{100s + 30} = \frac{T_1}{T_r}$$