

# MKT3822 – LAB 3 UYGULAMA 4 (APPLICATION 4)

İSİM(Name): Göktuğ Can SOYİSİM(Surname): Şimay NUMARA(StudentID): 22067606	GRUP(Group): 1 DERS TARİHİ(Class Date): 13.05.2024	K 1	K 2	K 3	K 4	TOTAL

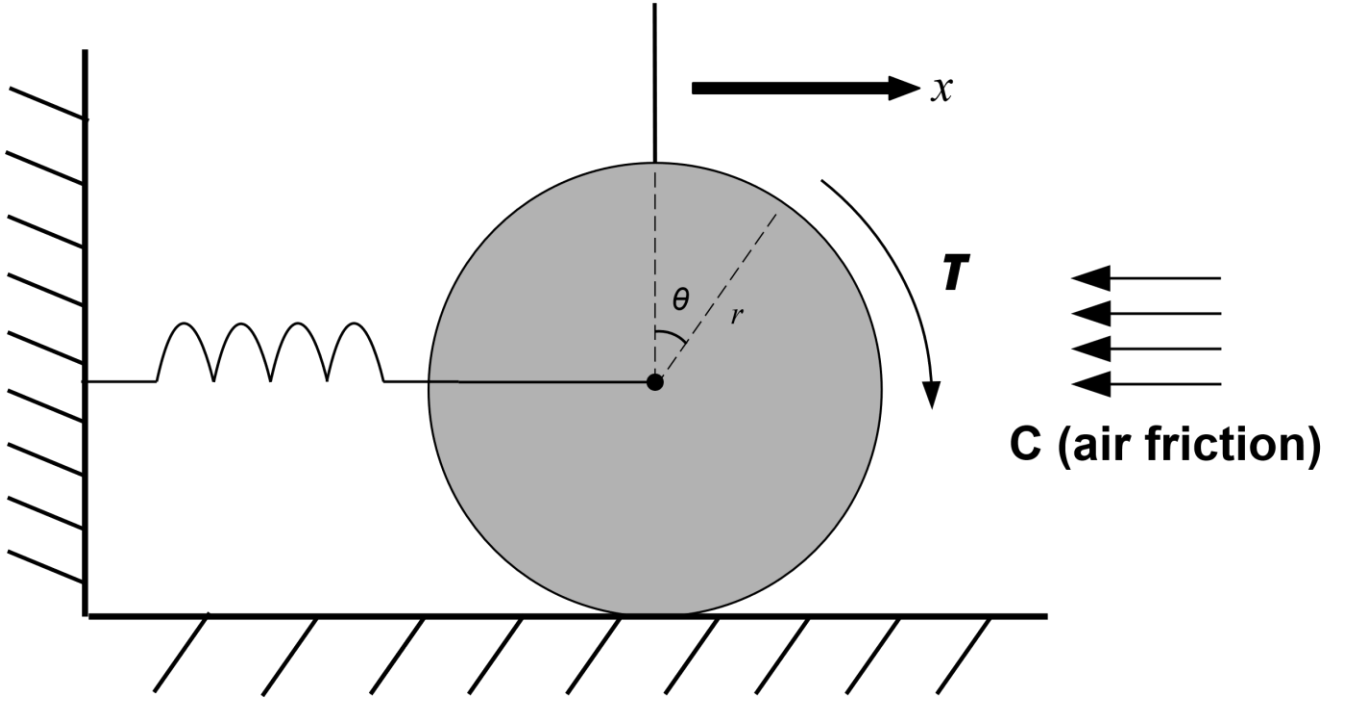
## Açıklamalar (Instructions)

- Uygulama raporları dersin Classroom grubu üzerinden teslim edilecektir. (Application reports will be delivered through the Classroom group of the course.)
- Uygulama raporu tamamen Word üzerinde hazırlanmalıdır. Herhangi bir el yazısı eklenmemelidir. Denklemler ve türetmeler Word’ün denklem editöründe yapılacaktır. (Application report should be prepared completely on Word. Any handwriting should not be added. Equations and derivations must be made in the equation editor of Word.)
- Rapor **pdf** formatında teslim edilecektir. (The report should be submitted in **pdf** format.)
- Raporlar için verilen Word dosyası sayfaları silinmeden kullanılmalıdır. (The report must be prepared with given Word template without deleting any pages.)
- Yüklenecek dosyanın adı için istenen format “ÖğrenciNumarası\_LAB3\_GrupNumarası\_AR4\_İsim-Soyad”  
(Örnek: “12067055\_LAB3\_GR1\_AR4\_Yusuf-Penseci”)  
(File name must be: “StudentID\_LAB3\_GroupNumber\_AR4\_Name-Surname”)

## Puan Kırılacak Durumlar (Important Notes for Evaluation Points):

- Dosya ismi format dışı olması durumunda puan kırılacaktır. Dosya ismi formata uygun olmaması halinde rapor değerlendirmeye alınmayabilir. (If the filename is out of format, points will be broken. If the file name does not correspond to the format, the report may not be evaluated.)
- Rapor dosyası dışında herhangi bir formatta hazırlanan raporlardan puan kırılacaktır. (If the report is prepared without template Word file, points will be broken.)
- Denklemler ve türetmelerin denklem editöründe yazılmaması halinde puan kırılacaktır. (If equations and derivatives are not written in the equation editor, points will be broken.)
- Raporların teslim tarihinden sonra gönderilmesi halinde puan kırılacaktır. (If the report is sent after the deadline, points will be broken.)

## MKT3822 – LAB 3 UYGULAMA 4 (APPLICATION 4)



Şekil 1 Tek Tekerlek Modeli (Figure 1 One Wheel Model)

# MKT3822 – LAB 3 UYGULAMA 4 (APPLICATION 4)

## 1. Kısım (Part 1)

Verilen sistem için hareket denklemlerini yazınız. Transfer fonksiyonu ile durum uzay modelini elde ediniz.  
(Derive equation of motion for a given system and obtain transfer function and state space representation.)

$$\sum M = J\ddot{\theta} + c\dot{\theta} = T - kx$$

$$\sum M = J\ddot{\theta} + c\dot{\theta} = T - kr$$

$$J\ddot{\theta} + c\dot{\theta} + kr\theta = T$$

$$x_1 = \theta$$

$$x_2 = \dot{\theta}$$

$$\dot{x}_1 = x_2$$

$$\dot{x}_2 = \frac{T - cx_2 - kr x_1}{J}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -kr/J & -c/J \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1/J \end{bmatrix} T$$

$$y = \theta = x_1$$

$$\dot{X} = AX + BT$$

$$y = C X$$

$$Js^2\Theta(s) + cs\Theta(s) + kr\Theta(s) = T(s)$$

$$\Theta(s)(Js^2 + cs + kr) = T(s)$$

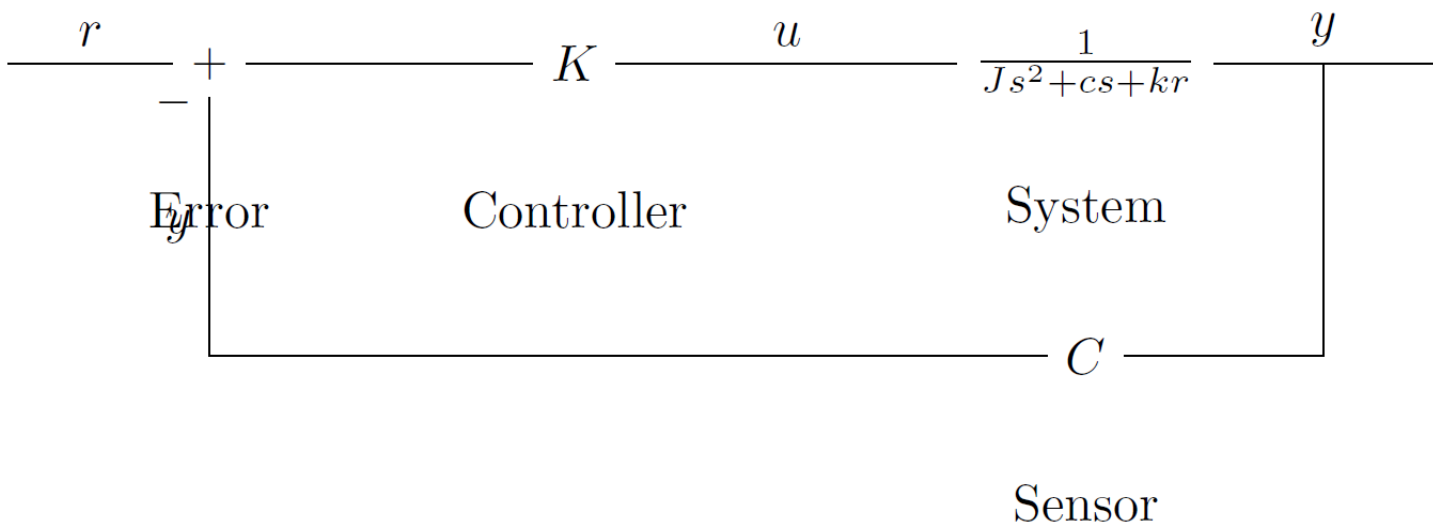
$$\Theta(s) = \frac{T(s)}{Js^2 + cs + kr}$$

$$G(s) = \frac{\Theta(s)}{T(s)} = \frac{1}{Js^2 + cs + kr}$$

# MKT3822 – LAB 3 UYGULAMA 4 (APPLICATION 4)

## 2. Kısım (Part 2)

Full state feedback kontrolcü için kapalı çevrim diyagramı çiziniz. (Draw closed-loop diagram for full-state-feedback controller.)



## MKT3822 – LAB 3 UYGULAMA 4 (APPLICATION 4)

### 3. Kısım (Part 3)

$Ce_{select} = (s + 5)(s + 10)(s + 15)$  sağlayacak uygun kontrolcü katsayılarını ( $u=-Kx$ ) seçiniz. (Select proper coefficient ( $u=-Kx$ ) satisfying that  $Ce_{select} = (s + 5)(s + 10)(s + 15)$ .)

$$J=1\text{kg}\cdot\text{m}^2$$

$$c=2\text{Ns/m}$$

$$k=3\text{N/m}$$

$$r=0.5\text{m}$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{kr}{J} & -\frac{c}{J} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{3 \cdot 0.5}{1} & -\frac{2}{1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1.5 & -2 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{J} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$(s + 5)(s + 10)(s + 15) = s^3 + 30s^2 + 275s + 750$$

$$A_{cl} = A - BK = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1.5 & -2 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k_1 & k_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1.5 - k_1 & -2 - k_2 \end{bmatrix}$$

$$\det(sI - A_{cl}) = \det \left( \begin{bmatrix} s & -1 \\ 1.5 + k_1 & s + 2 + k_2 \end{bmatrix} \right)$$

$$s(s + 2 + k_2) + (1.5 + k_1) = 0$$

$$s^2 + (2 + k_2)s + 1.5 + k_1 = 0$$

## MKT3822 – LAB 3 UYGULAMA 4 (APPLICATION 4)

$$2 + k_2 = 30 \implies k_2 = 28$$

$$1.5 + k_1 = 275 \implies k_1 = 273.5$$

*Kontrol matrisi  $K$  kapalı çevrimde sistemin istenilen kutuplarını sağlar:*

$$(s + 5)(s + 10)(s + 15)$$

# MKT3822 – LAB 3 UYGULAMA 4 (APPLICATION 4)

## 4. Kısım (Part 4)

Kapalı çevrim sistemin simülasyonunu (kontrolcü dahil) yapınız ve cevabını gösteriniz. (Simulate the closed-loop system (included controller) and show the response of it.)

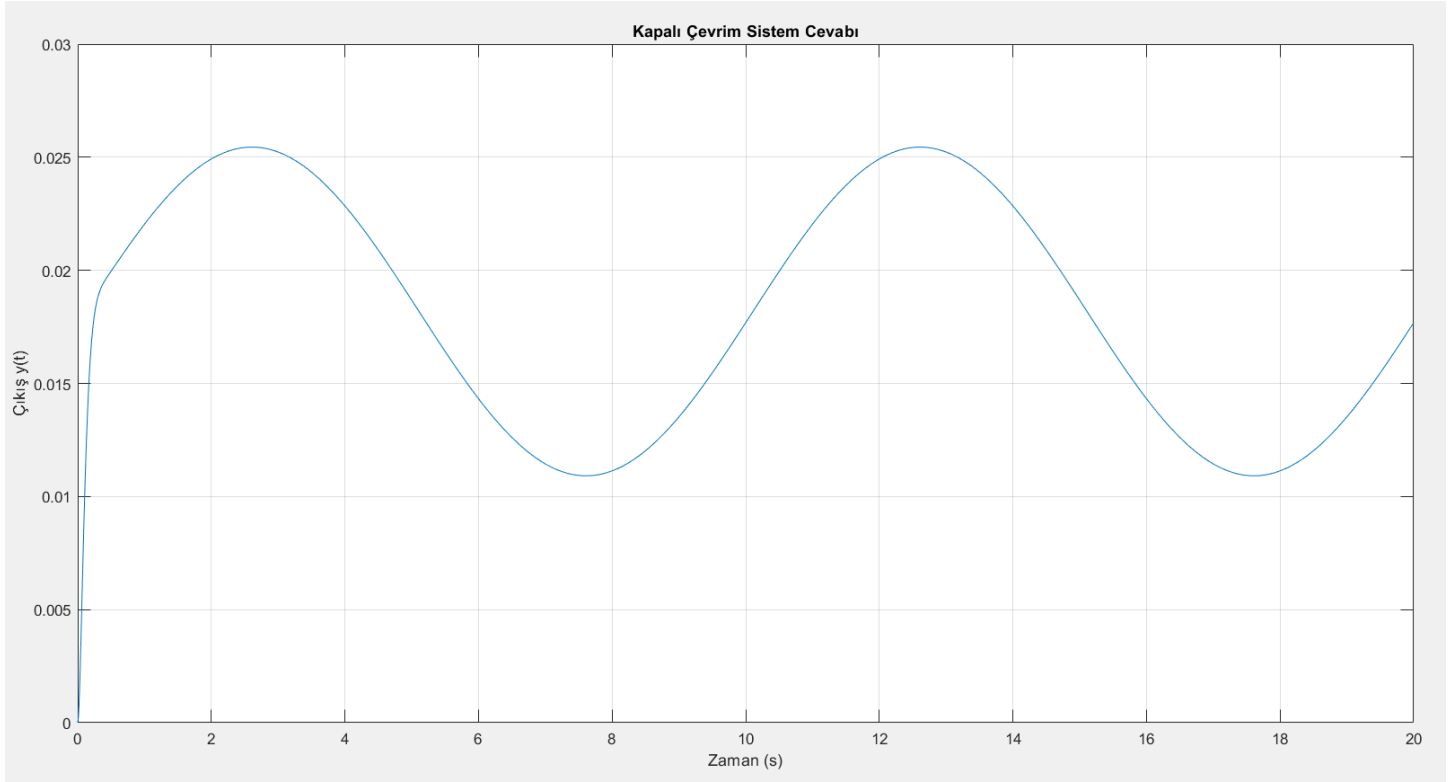
**Note: Take reference signal as**

$$r(t) = 5 + 2\sin(2\pi ft)$$

**With  $f = 0.1$  Hz**

```
J = 1;
c = 2;
k = 3;
r = 0.5;
A = [0 1; -k*r/J -c/J];
B = [0; 1/J];
C = [1 0];
D = 0;
K = [273.5 28]; % Daha önce hesapladığımız değerler
Acl = A - B*K;
t = 0:0.01:20; % 20 saniyelik simülasyon gerçekleştiriyorum
f = 0.1;
r_signal = 5 + 2*sin(2*pi*f*t); % Referans sinyelimiz
x0 = [0; 0];
sys_cl = ss(Acl, B, C, D);
[y, t, x] = lsim(sys_cl, r_signal, t, x0);
figure;
plot(t, y);
title('Kapalı Çevrim Sistem Cevabı');
xlabel('Zaman (s)');
ylabel('Çıkış y(t)');
grid on;
```

## MKT3822 – LAB 3 UYGULAMA 4 (APPLICATION 4)



Bir tekerlek sistemine bağlı yaylı düzenek için kapalı çevrim kontrol sistemi tasarlandı ve simülasyonu gerçekleştirildi. Kontrolcü katsayıları, sistemin istenilen dinamik özellikleri sağlanacak şekilde yerleştirildi. MATLAB ve Simulink kullanılarak yapılan simülasyon sonucunda, sistemin referans sinyaline  $(5 + 2\sin(2\pi 0.1t))$  hızlı ve kararlı bir şekilde uyum sağladığı gözlemlendi. Bu durum, tasarlanan kontrolcünün etkin bir şekilde sistemin dinamiklerini istenilen hale getirdiğini göstermektedir.