

MKT3822 – LAB 3 UYGULAMA 2 (APPLICATION 2)

İSİM(Name): Göktuğ Can SOYİSİM(Surname): Şimay NUMARA(StudentID): 22067606	GRUP(Group): 1 DERS TARİHİ(Class Date): 01.04.2024	K 1	K 2	K 3	K 4	TOTAL

Açıklamalar (Instructions)

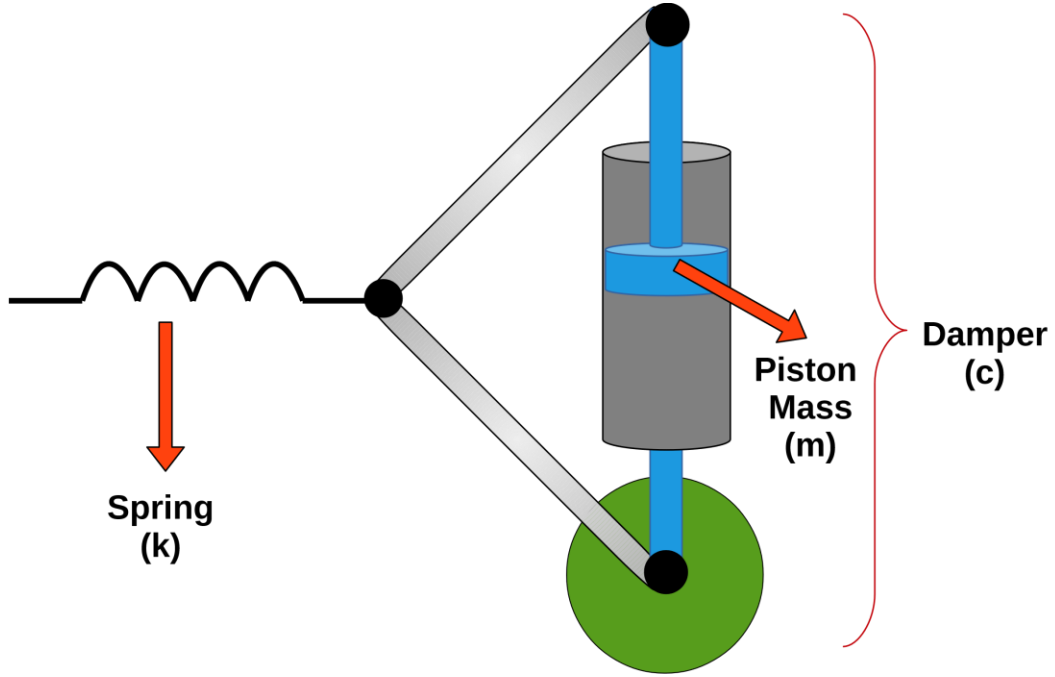
- Uygulama raporları dersin Classroom grubu üzerinden teslim edilecektir. (Application reports will be delivered through the Classroom group of the course.)
- Uygulama raporu tamamen Word üzerinde hazırlanmalıdır. Herhangi bir el yazısı eklenmemelidir. Denklemler ve türetmeler Word’ün denklem editöründe 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_AR2_İsim-Soyad”
(Örnek: “12067055_LAB3_GR1_AR2_Yusuf-Penseci”)
(File name must be: “StudendID_LAB3_GroupNumber_AR2_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 2 (APPLICATION 2)

Şekil 1’de bir Yay-kütle-damper sistemi gösterilmektedir. Sistemdeki kütle, yay ve damper kısaltmaları sırasıyla m , k ve c ile gösterilmiştir. (A spring-mass-damper system is shown in Figure 1. Mass, spring and damper abbreviations in the system are indicated by m , k and c , respectively.)



Şekil 1 Yay-kütle-damper sistemi (**Figure 1** Spring-mass-damper System)

MKT3822 – LAB 3 UYGULAMA 2 (APPLICATION 2)

1. Kısım (Part 1)

Şekilde verilen sistem için serbest cisim diyagramını çıkarınız. (Derive a free body diagram with spring-mass-damper elements for given system.)

Serbest cisim diyagramı için matplotlib kütüphanesi ile grafik elde etmek için gerekli Python kodunu yazdım:

```
import matplotlib

import matplotlib.pyplot as plt

fig, ax = plt.subplots(figsize=(8, 6))

ax.text(0.5, 0.5, 'Mass (m)', ha='center', va='center', fontsize=12, bbox=dict(facecolor='red', alpha=0.5))

ax.annotate("",
            xy=(0.2, 0.5), xycoords='axes fraction',
            xytext=(0.45, 0.5), textcoords='axes fraction',
            arrowprops=dict(arrowstyle='<->', lw=1.5))

ax.text(0.28, 0.5, 'Spring (k)', ha='center', va='center', fontsize=12)ax.annotate("",
            xy=(0.5, 0.8), xycoords='axes fraction',
            xytext=(0.5, 0.55), textcoords='axes fraction',
            arrowprops=dict(arrowstyle='<->', lw=1.5))

ax.text(0.5, 0.7, 'Damper (c)', ha='center', va='center', fontsize=12)

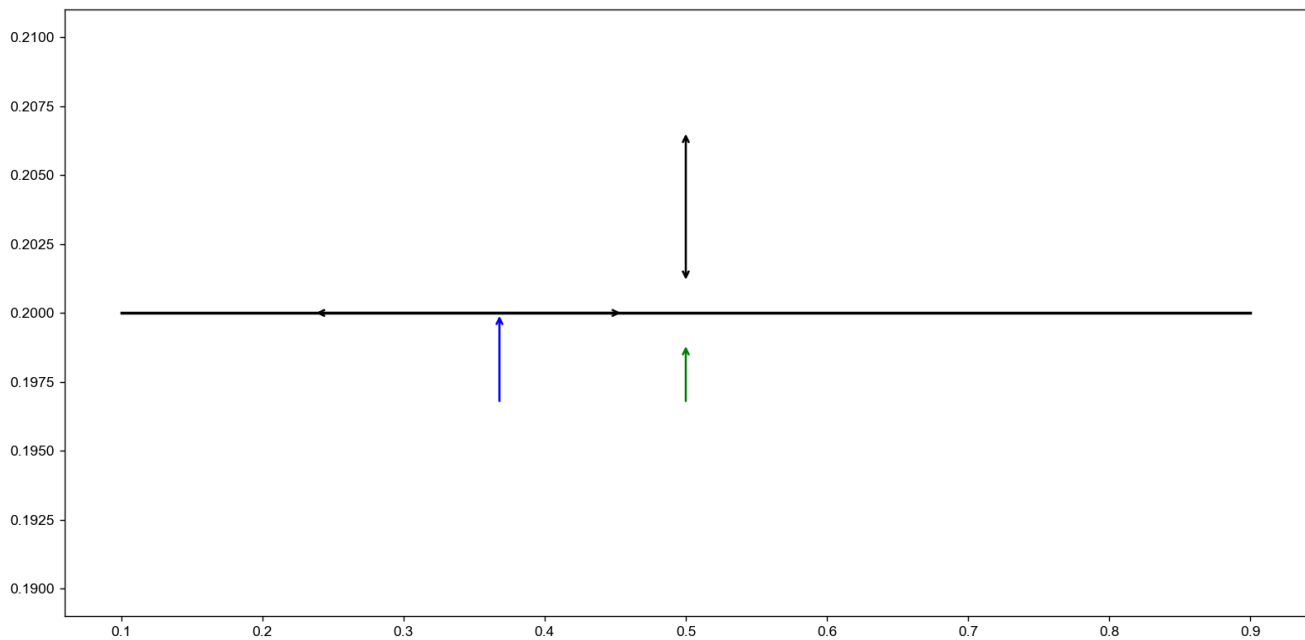
ax.annotate("",
            xy=(0.35, 0.5), xycoords='axes fraction',
            xytext=(0.35, 0.35), textcoords='axes fraction',
            arrowprops=dict(arrowstyle='->', lw=1.5, color='blue'))

ax.text(0.42, 0.35, 'Spring Force', ha='center', va='center', fontsize=12, color='blue')

ax.annotate("",
            xy=(0.5, 0.45), xycoords='axes fraction',
```

MKT3822 – LAB 3 UYGULAMA 2 (APPLICATION 2)

```
xytext=(0.5, 0.35), textcoords='axes fraction',  
arrowprops=dict(arrowstyle='->', lw=1.5, color='green'))  
ax.text(0.57, 0.35, 'Damping Force', ha='center', va='center', fontsize=12, color='green')  
ax.plot([0.1, 0.9], [0.2, 0.2], color='black', lw=2)  
ax.text(0.5, 0.15, 'Ground', ha='center', va='center', fontsize=12)  
plt.show()
```



Figür 1.1

MKT3822 – LAB 3 UYGULAMA 2 (APPLICATION 2)

2. Kısım (Part 2)

Şekilde verilen sistem için hareket denklemlerini m , c , k cinsinden çıkarınız. (Derive equation of motion for given system in terms of m , c , k .)

Yer değiştirmeye orantılı olan yay kuvveti $F_{\text{spring}} = -kx$ ile verilir; burada k yay sabiti ve x yer değiştirmedir. Hızla orantılı olan sönümlleme kuvveti $F_{\text{damping}} = -cv$ ile verilir; burada c sönümlleme katsayısı ve v hızdır. Bu durumda belirtilmeyen herhangi bir dış kuvvet (F_{external}), dolayısıyla onu sıfır olarak kabul edeceğiz.

Hareket denklemi, kuvvetlerin toplamının kütle çarpı ivmeye ($m \cdot a$) eşitlenmesiyle elde edilir. Eğer x , kütlenin denge konumundan yer değiştirmesini temsil ediyorsa, ivme a , x 'in zamana göre ikinci türevidir (d^2x/dt^2) ve hız v , x 'in zamana göre birinci türevidir (dx/dt).

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + kx = 0$$

$$c \frac{dx}{dt} + kx + m \frac{d^2x}{dt^2} = 0$$

$$x(t) = C_1 \exp\left(\frac{t(-c - \sqrt{c^2 - 4km})}{2m}\right) + C_2 \exp\left(\frac{t(-c + \sqrt{c^2 - 4km})}{2m}\right)$$

MKT3822 – LAB 3 UYGULAMA 2 (APPLICATION 2)

3. Kısım (Part 3)

Yay, kütle ve damper elemanlarını malzeme özellikleri ve şekil faktörünü göz önüne alarak tasarlayınız.
(Design mass, damper and spring elements by using material properties and shape factor.)

Mass (m):

Material: Aluminum (density $\approx 2700 \text{ kg/m}^3$)

Volume: Let's assume we want a mass of 1 kg for simplicity.

$$\text{Volume} = \frac{m}{\text{density}}$$

Mass (m) = density \times volume \Rightarrow Volume = m / density = 1 kg / 2700 kg/m³ $\approx 0.00037 \text{ m}^3$

Because of shape factor 0.071 m on each side.

Damper (c):

Material: Silicone oil (a common damper fluid)

Damping Factor (δ): Assume a damping factor suitable for light damping, say 50 Ns/m per square meter of piston area.

Piston Area (A): Let's design for a damping coefficient (c) of 1 Ns/m.

$$c = \delta A$$

Damping Coefficient (c) = 0,02 m²

$$A = \pi r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

The radius r would be 0.08m, so the diameter would be about 0.16 m.

MKT3822 – LAB 3 UYGULAMA 2 (APPLICATION 2)

Spring (k):

Material: Spring steel (Shear Modulus $G \approx 79.3$ GPa)

Spring Constant (k): Let's design for a spring constant of 20 N/m.

$$k = \frac{Gd^4}{8D^3N}$$

We want a wire diameter (d) of 0,01 m and an active coil count (N) of 20. The mean coil diameter (D) can be calculated as:

$$D = \left(\frac{Gd^4}{8kN} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left(\frac{79.3 \times 10^9 \times (0.01)^4}{8 \times 20 \times 20} \right)^{\frac{1}{3}}$$

D= 0.628 m

MKT3822 – LAB 3 UYGULAMA 2 (APPLICATION 2)

4. Kısım (Part 4)

Tüm sistem parametrelerini aşağıdaki değerler için hesaplatınız. Şekillerini gösteriniz. (Simulate all system in matlab for values given below and show simulation results.)

$$F = \begin{cases} 5 & 0 \leq t \leq 5 \text{ sec}, \\ 0 & t > 5 \text{ sec} \end{cases}$$

m = 1.0; % mass (kg)

c = 1.0; % damping coefficient (Ns/m)

k = 20.0; % spring constant (N/m)

forceFcn = '5 * (t <= 5)'; % Force is 5 N for t <= 5 seconds, 0 N otherwise

model = 'spring_mass_damper';

new_system(model);

open_system(model);

add_block('simulink/Commonly Used Blocks/Constant', [model '/Constant Force']);

add_block('simulink/Sources/Clock', [model '/Clock']);

add_block('simulink/Commonly Used Blocks/Scope', [model '/Scope']);

add_block('simulink/Math Operations/Gain', [model '/Mass']);

add_block('simulink/Math Operations/Gain', [model '/Damping']);

add_block('simulink/Math Operations/Gain', [model '/Spring']);

add_block('simulink/Math Operations/Sum', [model '/Sum']);

add_block('simulink/Continuous/Integrator', [model '/Integrator1']);

add_block('simulink/Continuous/Integrator', [model '/Integrator2']);

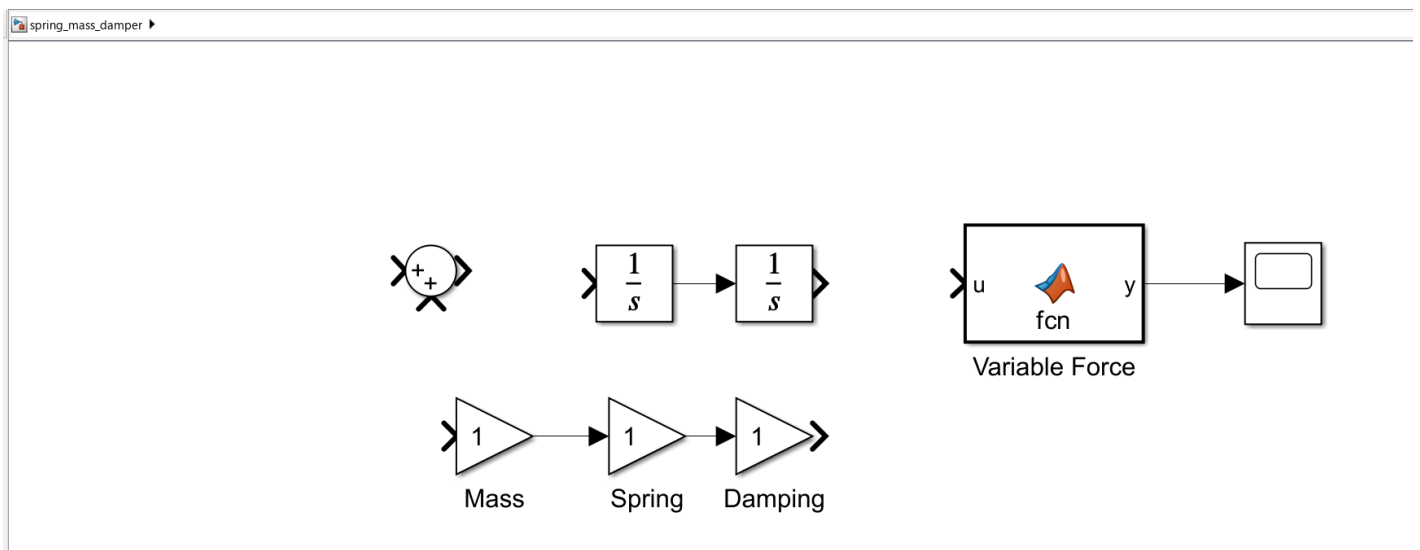
set_param([model '/Constant Force'], 'Value', '5*(t<=5)');

set_param([model '/Mass'], 'Gain', num2str(1/m));

set_param([model '/Damping'], 'Gain', num2str(-c/m));

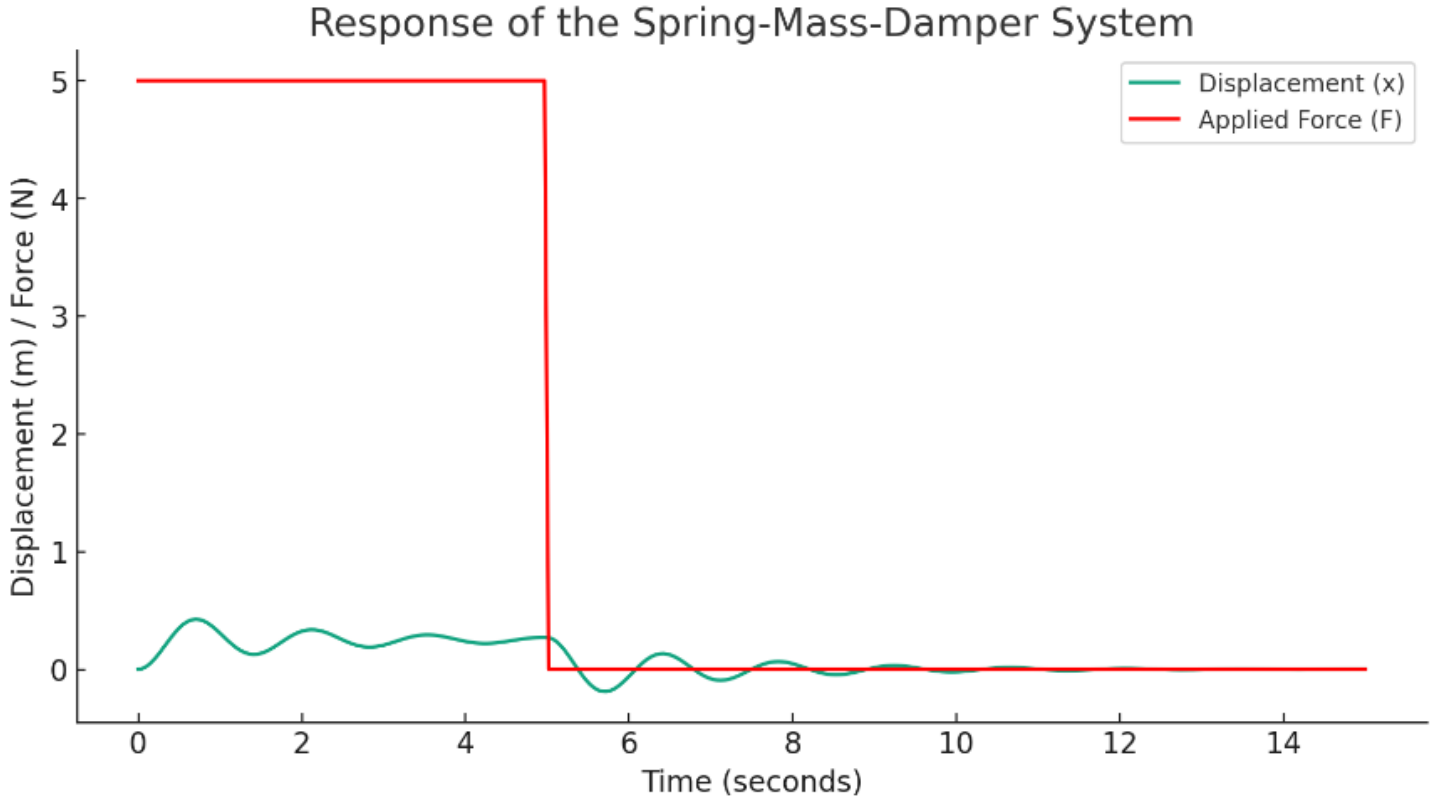
MKT3822 – LAB 3 UYGULAMA 2 (APPLICATION 2)

```
set_param([model '/Spring'], 'Gain', num2str(-k/m));  
  
set_param([model '/Sum'], 'Inputs', '+++');  
  
add_line(model, 'Constant Force/1', 'Sum/1');  
  
add_line(model, 'Clock/1', 'Constant Force/1');  
  
add_line(model, 'Sum/1', 'Mass/1');  
  
add_line(model, 'Mass/1', 'Integrator1/1');  
  
add_line(model, 'Integrator1/1', 'Integrator2/1');  
  
add_line(model, 'Integrator2/1', 'Scope/1');  
  
add_line(model, 'Integrator2/1', 'Damping/1');  
  
add_line(model, 'Damping/1', 'Sum/2');  
  
add_line(model, 'Integrator1/1', 'Spring/1');  
  
add_line(model, 'Spring/1', 'Sum/3');  
  
set_param(model, 'StartTime', '0', 'StopTime', '15');  
  
sim(model);  
  
open_system([model '/Scope']);
```



Figür 4.1

MKT3822 – LAB 3 UYGULAMA 2 (APPLICATION 2)



Figür 4.2

Figür 4.1’deki bağlantıları tamamladıktan sonra simülasyon sonucuna göre şu sonuca ulaşabiliriz: Yay-kütle-sönümleyici sisteminin zaman içinde uygulanan kuvvete tepkisini göstermektedir. Kırmızı çizgi, ilk 5 saniye boyunca 5 N’de sabit olan ve simülasyonun geri kalanında 0 N’ye düşen uygulanan kuvveti temsil eder. Yeşil çizgi kütlelinin zaman içindeki yer değiştirmesini metre cinsinden gösterir.

Kuvvet uygulandığında ilk 5 saniye boyunca yay kuvveti ve sönüm kuvvetinin birleşiminden dolayı kütle salınımlar yaşar. Sistem, yer değiştirme eğrisinin salınımlı doğasıyla gösterilen şekilde düşük sönümlüdür.

5 saniyede kuvvet kaldırıldıktan sonra sistem salınmaya devam eder ancak salınımların genliği sönümleme etkisinden dolayı zamanla azalır. Enerji damper tarafından daęıtıldıķça sistem en sonunda denge konumuna geri döner.

Bu tür bir tepki, sönümlemenin salınımları önleyecek kadar güçlü olmadığı ancak sistemi kademeli olarak durdurmaya yeterli olduğu düşük sönümlü bir sistem için tipiktir.