

ELE 504  
DİJİTAL KONTROL  
2022-23/II, FİNAL ÖDEVİ RAPOR

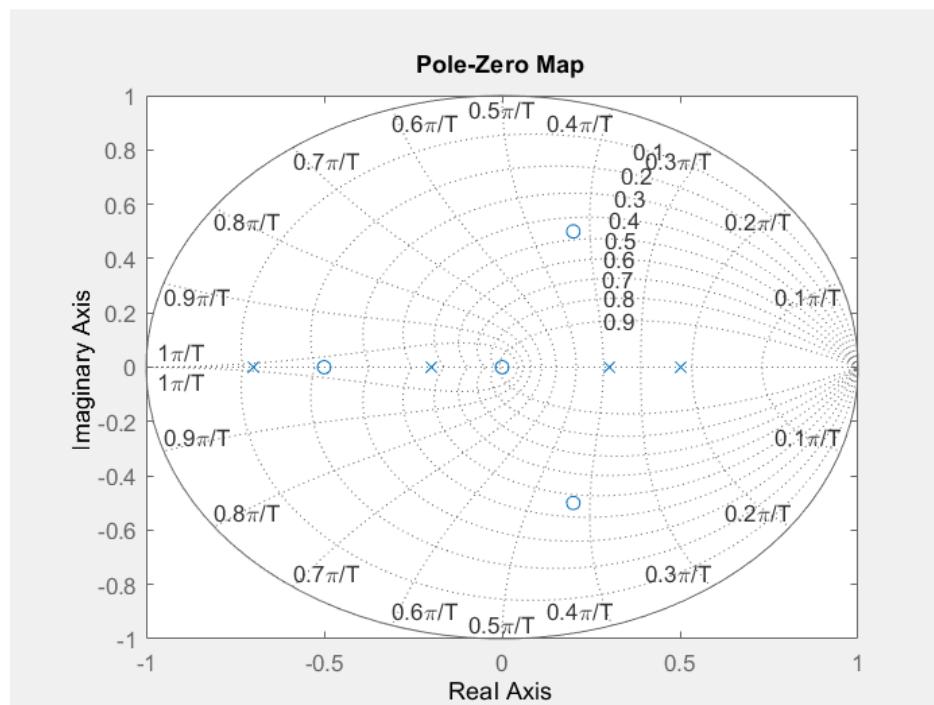
Adı	Doruk
Soyadı	Bilgi
Öğrenci No	221211041
Tarih	23.04.2023

## 1. SORU 1

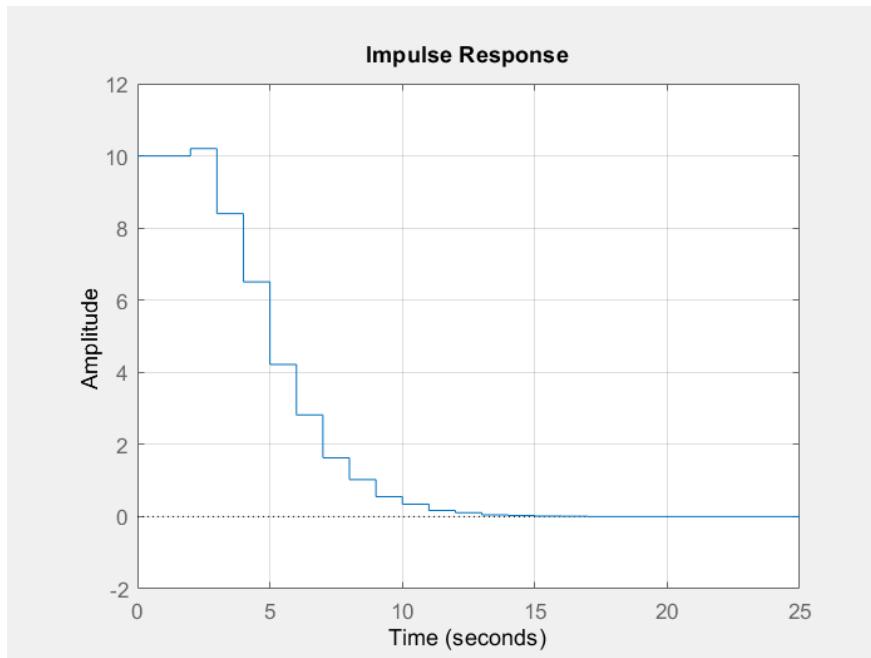
1. Sorunun A şıkkında MATLAB altında  $G(z)$  sistemi gerçeklenmiş olup sistemin kutup sıfırları, birim dürtü cevabı, birim basamak cevabı Şekil-1'de gösterilen adımlar sonrasında Şekil-2, Şekil-3 ve Şekil-4'te gösterildiği gibi çizdirilmiştir.

```
%SORU1
%SORU1-a) MATLAB altında sistem gerçekleşmiştir.
%Kutup-sıfır, birim dürtü ve birim basamak cevapları çizdirilmiştir.
T=1;%Örneklemme periyodu T=1 alınmıştır.
z=tf('z',T);%Ayrık zaman z-dönüşümü transfer fonksiyonu için "z" değişkeninin tanımlanması.
%Soruda verilen G(z) sisteminin MATLAB altında gerçekleşmesi.
G=(20000*z^5+12000*z^4+2800*z^3+3800*z^2+1450*z)/(2000*z^5-800*z^4-960*z^3+476*z^2+19*z-21);
figure;
pzmap(G);%Kutup ve sıfırlarının bulunması çizdirilmesi.
grid;
figure;
impulse(G);%Birim dürtü cevabının çizdirilmesi.
grid;
figure;
step(G);%Birim basamak cevabının çizdirilmesi.
grid;
%Sistemin kutupları birim çember içerisindeindir.
%Birim dürtü cevabı bir süre sonra oturmaktadır.
%Birim basamak referans takibi sağlanmaktadır.
%Sistem KARARLIDIR.
```

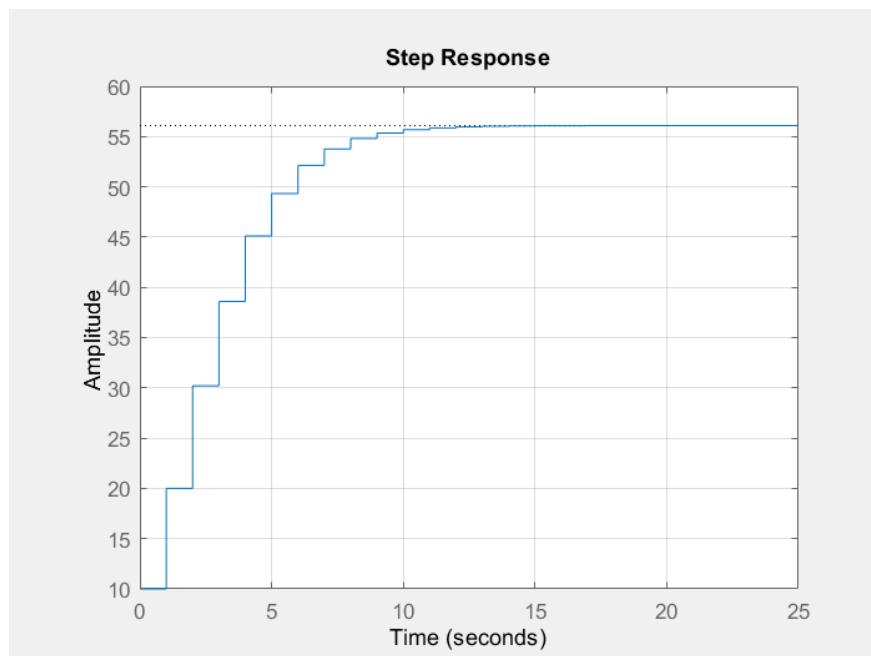
Şekil 1: Soru-1 a) MATLAB altında sistemin gerçekleşmesi.



Şekil 2: Soru-1 a)  $G(z)$  Kutup-Sıfır gösterimi



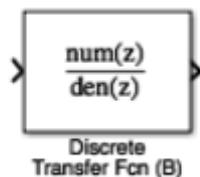
*Şekil 3: Soru-1 a)  $G(z)$  Dürtü Tepkisi*



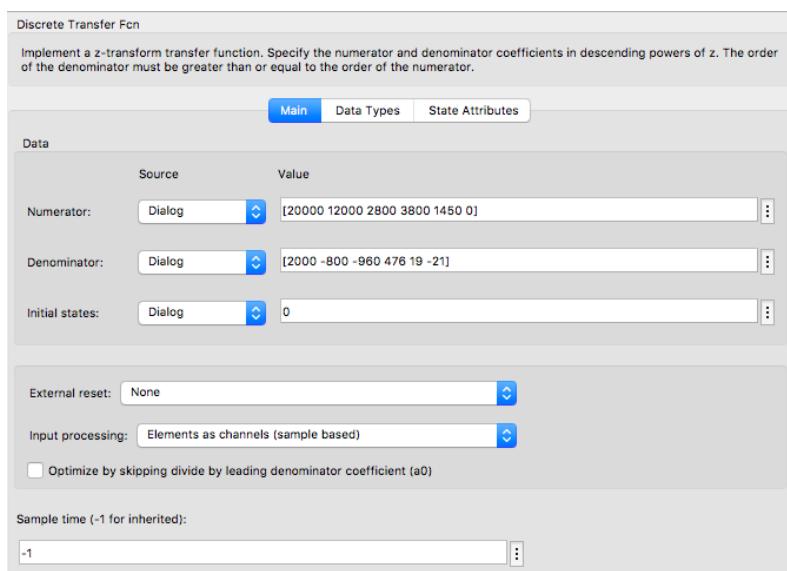
*Şekil 4: Soru-1 a)  $G(z)$  Birim basamak tepkisi*

Sistemin kutupları birim çember içerisindeidir. Birim dürtü cevabı bir süre sonra oturmaktadır. Birim basamak referans takibi sağlanmaktadır. Sistem kararlıdır.

1. Sorunun B şıkkında  $G(z)$  sistemi Simulink ortamında "Discrete Transfer Fcn" bloğu ile Şekil-5 ve Şekil-6'da gösterildiği gibi gerçekleştirılmıştır.  $G(z)$  sisteminin pay ve payda terimleri blok parametreleri olarak tanımlanmıştır.



Şekil 5: Soru-1 b)  $G(z)$  sistemi Simulink Transfer Function Bloğu ile gerçekleştirilmesi.



Şekil 6: Soru-1 b)  $G(z)$  sistemi Simulink Transfer Function Bloğu pay/payda değerlerinin girilmesi.

1. Sorunun C şıkkında sistem öncelikle C (doğrudan programlama) ve D (standart programlama) şıklarında kullanılmak üzere aşağıda gösterilen şekilde sadeleştirilmiştir.

$$\underline{\text{SORU1}} = G(z) = \frac{20000z^5 + 12000z^4 + 2800z^3 + 3800z^2 + 1450z}{2000z^5 - 800z^4 - 960z^3 + 476z^2 + 19z - 21}$$

$$T=1.$$

c-f) şıklarında sistemin Simulink ortamında programlama yöntemleri ile gerçekleştirmesi istenmehedir. Bu nedenle  $\underline{z^{-1}}$  li terimler iç etde. edilmiş olan "G" transfer fonksiyonu  $\underline{z^{-1}}$  li terimler cinsinden elde edilmelidir.

(c,d)

$$\frac{20000 + 12000z^{-1} + 2800z^{-2} + 3800z^{-3} + 1450z^{-4}}{2000 - 800z^{-1} - 960z^{-2} + 476z^{-3} + 19z^{-4} - 21z^{-5}} = G(z)$$

Standart  
programlama  
icin  
bululabilir  
dir

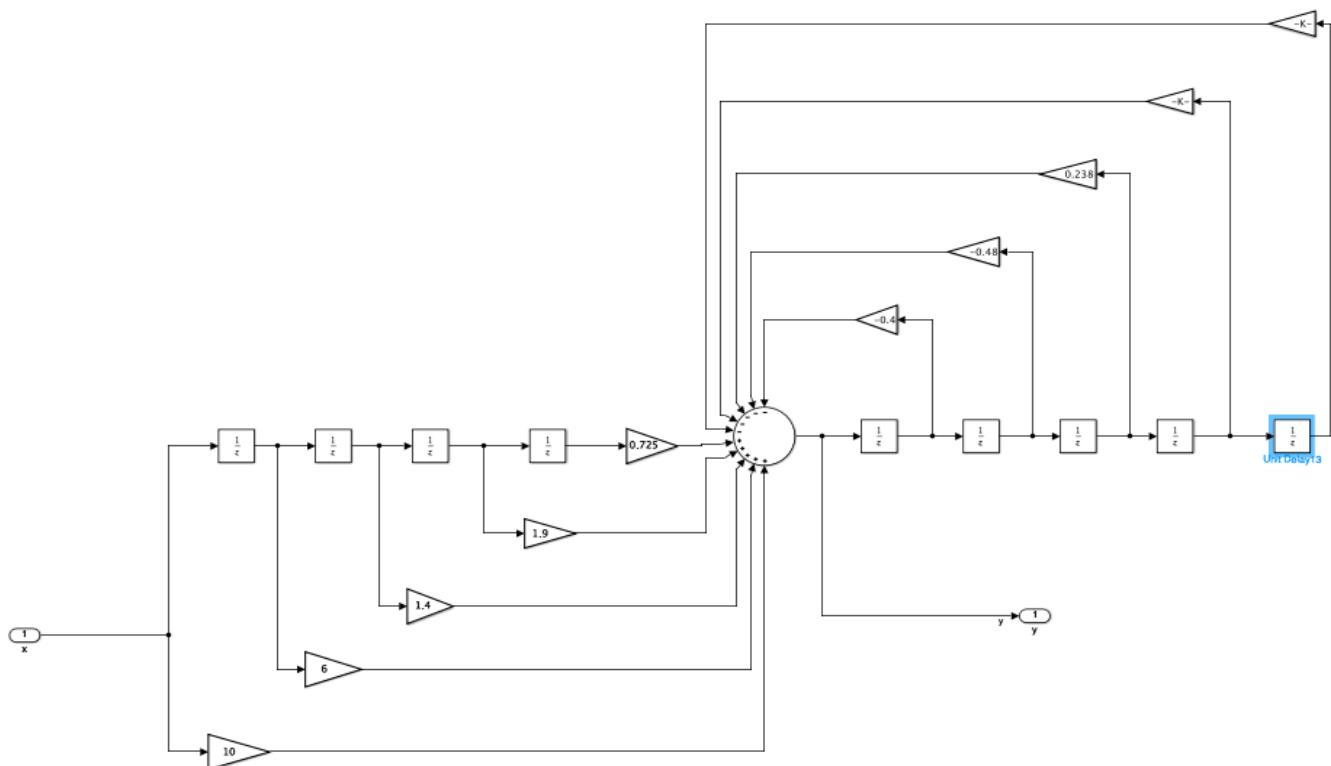
$$\begin{aligned}
 & \frac{20000z^4 + 12000z^3 + 2800z^2 + 3500z + 1450}{z^4} \\
 = & \frac{2000z^5 - 600z^4 - 960z^3 + 476z^2 + 19z - 21}{z^5} \\
 = & \frac{2000z^4 + 12000z^3 + 2800z^2 + 3500z + 1450}{z^4} \\
 & \quad \cancel{z^5} \\
 = & \frac{2000z^5 - 600z^4 - 960z^3 + 476z^2 + 19z - 21}{\cancel{z^4}}
 \end{aligned}$$

soğukuslu  
yapılmıştır.

pozitifdeki 0. terminin 1 ekran için ifade 2000 degeri ife  
git elektriklinistit.

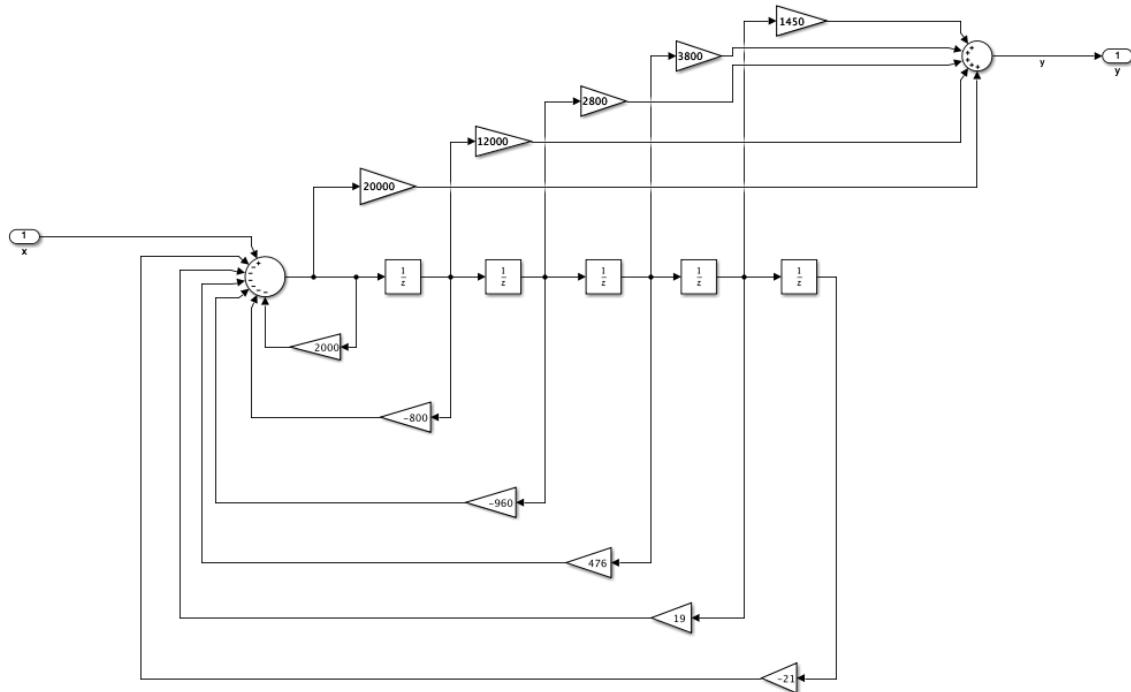
$$G(z) = \frac{10 + 6z^{-1} + 1.4z^{-2} + 1.9z^{-3} + 0.925z^{-4}}{1 - 0.4z^{-1} - 0.48z^{-2} + 0.738z^{-3} + 9.5 \times 10^{-3} z^{-4} - 0.0105 z^{-5}}$$

Gerekli sadeleştirme işlemi yapıldıktan sonra sistem Simulink ortamında doğrudan programlama yöntemi ile Şekil-7'de gösterildiği şekilde gerçekleştirilmiştir.



*Şekil 7: Soru-1 c)  $G(z)$  sistemi Simulink Doğrudan Programlama.*

1. Sorunun D şıkkında sistem Simulink ortamında standart programlama yöntemi ile Şekil-8'de gösterildiği şekilde gerçekleştirılmıştır.



Şekil 8: Soru-1 d)  $G(z)$  sistemi Simulink Standart Programlama.

1. Sorunun E şıkkında sistem öncelikle aşağıdaki işlemler tarafından uygun formata getirilmiştir. Sistemin "Gzpk=zpk(G)" ile kutup-sıfır-kazanç modeli elde edilmiştir. Sonrasında seri programlama yöntemi ile Şekil-9'da gösterildiği şekilde Simulink ortamında gerçekleştirılmıştır.

e) seri programlama için,-

$$G(z) = \frac{20000z^5 + 12000z^4 + 7800z^3 + 3800z^2 + 1450z}{2000z^5 - 800z^4 - 960z^3 + 476z^2 + 19z - 21}$$

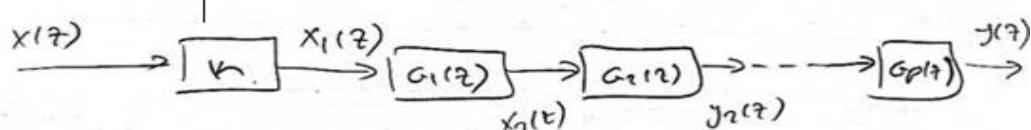
$$G(z) = \frac{20000 + 12000z^{-1} + 7800z^{-2} + 3800z^{-3} + 1450z^{-4}}{2000 - 800z^{-2} - 960z^{-3} + 476z^{-4} + 19z^{-5} - 21z^{-6}}$$

$$G(z) = \frac{10 + 6z^{-1} + 1.4z^{-2} - 1.9z^{-3} + 0.975z^{-4}}{1 - 0.4z^{-1} - 0.48z^{-2} + 0.238z^{-3} + 9.5 \times 10^{-3}z^{-4} - 0.0107z^{-5}}$$

$$G(z) = G_1(z)G_2(z) \dots G_p(z)$$

Sabit  
wurzen

1. ve 2. Derece  
alt sistemler dışından yoldan.



$$G(z) = \prod_{i=1}^3 \frac{1+b_i z^{-1}}{1+a_i z^{-1}} \prod_{j=1}^2 \frac{1+c_j z^{-1} + d_j z^{-2}}{1+e_j z^{-1} + f_j z^{-2}}$$

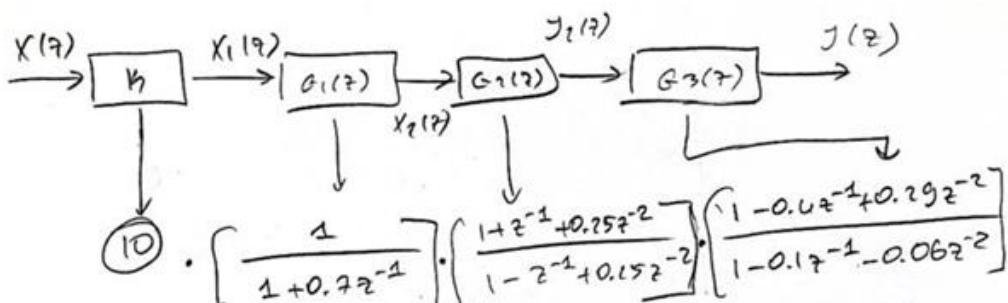
~~apm(G)~~  
~~case~~  
~~defin~~  
~~xeror~~  
~~zero/pole/gain~~  
~~moldi~~

$$= \frac{10z(z+0.5)^2(z^2-0.4z+0.29)}{(z+0.7)(z-0.9)^2(z-0.3)(z+0.2)}$$

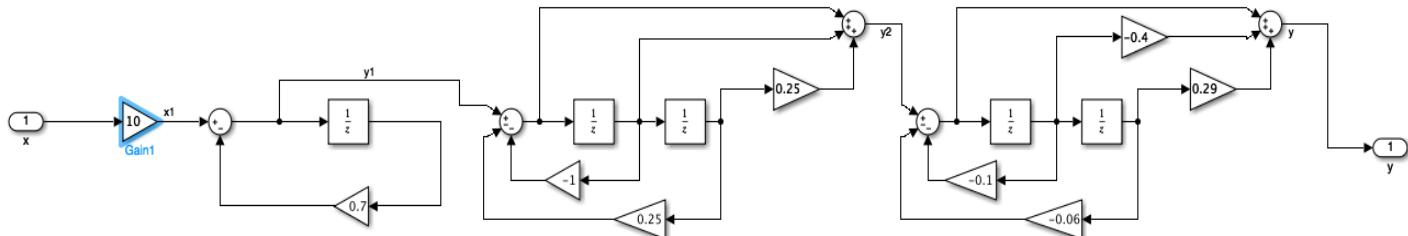
$$= \frac{10z(z^2+z+0.25)(z^2-0.4z+0.29)}{(z+0.7)(z^2-z+0.25)(z^2-0.1z-0.06)}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{10z(z^{-1}+0.1z^{-2})(1-0.4z^{-1}+0.29z^{-2})}{(1+0.7z^{-1})} \\ &= 10 \left[ \frac{1}{1+0.7z^{-1}} \right] \left[ \frac{(1+z^{-1}+0.25z^{-2})(1-0.4z^{-1}+0.29z^{-2})}{(1-z^{-1}+0.25z^{-2})(1-0.1z^{-1}-0.06z^{-2})} \right] \end{aligned}$$

(2)



Her bir alt standart programlama ile gereklenen H.C.  
sistemi.



Şekil 8: Soru-1 e)  $G(z)$  sistemi Simulink Seri Programlama.

1. Sorunun F şıklıkında sistem aşağıdaki adımlarla kısmi kesirler formuna getirilmiştir. Sonrasında Şekil-10'da gösterildiği şekilde Simulink ortamında gerçekleştirılmıştır.

```
%f) şıklık paralel programlama yöntemi ile Simulink ortamında
%gerçeklenebilmesi için "G" sisteminin öncelikle pay ve payda kısımları num
%ve den değişkenlerine kaydedilmiştir. Sonrasında "residuez" komutu ile kısmi kesirler formuna getirilmiştir.
%Gerekli işlemler sonrasında gerçekleştirılmıştır.
[num,den]=tfdata(G,'v'); %PAY ve PAYDA terimlerinin num ve den değişkenlerine kaydedilmesi.
G1 = tf(num,den,T, 'Variable', 'z^-1'); %Sistemin z^-1'li terimler cinsinden ifade edilmesi.
[r,p,k]=residuez(num,den);
```

f) paralel programlama:

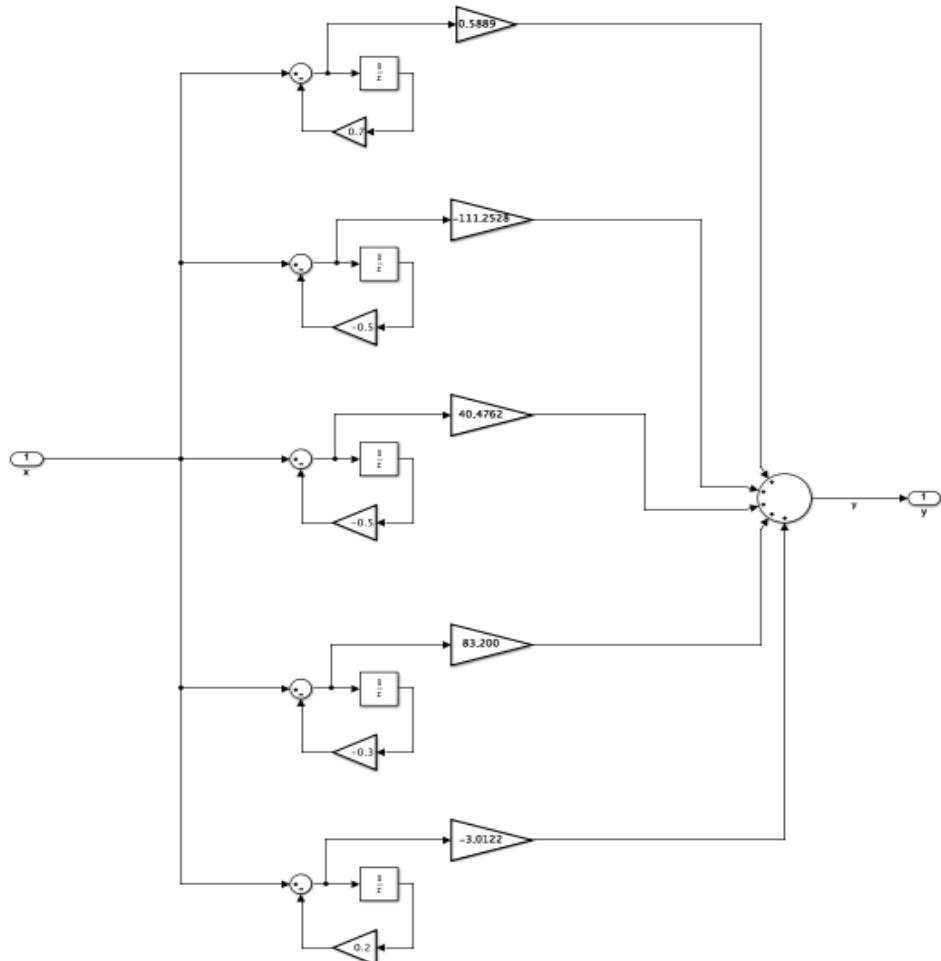
$$G(z) = \frac{10 + 6z^{-1} + 1.4z^{-2} + 1.9z^{-3} + 0.725z^{-4}}{1 - 0.4z^{-1} - 0.48z^{-2} + 0.238z^{-3} + 9.5 \times 10^{-3}z^{-4} - 0.0107z^{-5}}$$

Sisteminin "residuez" komutuyla "r, p, k" değerleri bulunmuştur ve

$r =$	$p =$	$k = 0$
0.5889 ✓	$\sqrt{-0.7000}$	
-111.2528 ✓	$\sqrt{0.5000}$	
40.4762 ✓	$\sqrt{0.5000}$	
83.2000 ✓	$\sqrt{0.3000}$	
-3.0122 ✓	$\sqrt{-0.2000}$	

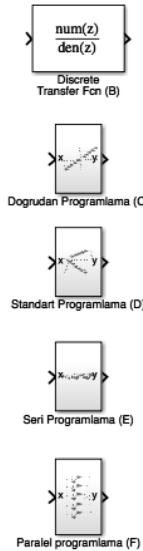
$G(z) = \frac{0.5889}{1+0.7z^{-1}} - \frac{111.2528}{1-0.5z^{-1}} + \frac{40.4762}{1-0.5z^{-1}}$   
 $+ \frac{83.2000}{1-0.3z^{-2}} - \frac{3.0122}{1+0.2z^{-1}}$

( $z^{-1}$ 'li terimler cinsinden  
 $G(z)$  paralel formunda elde edilmiştir.)



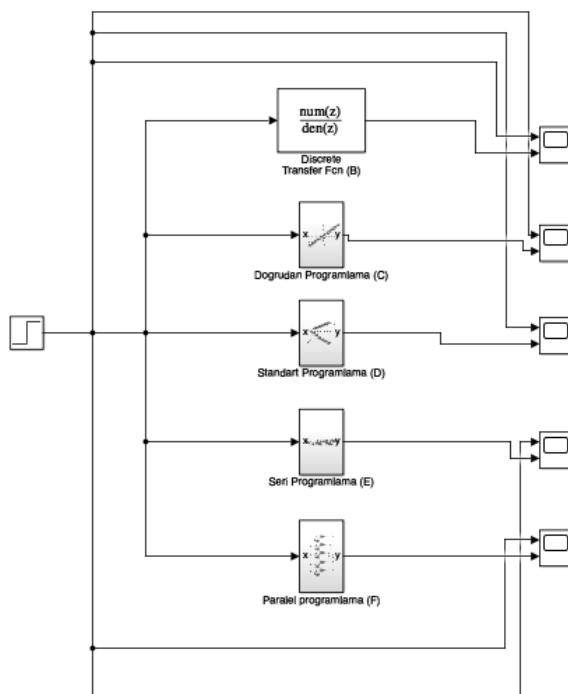
Şekil 9: Soru-1 f)  $G(z)$  sistemi Simulink Paralel Programlama.

1. Sorunun G şıkkında B-F şıklarında elde edilmiş gerçeklemeler tek bir Simulink dosyası altında alt alt birleştirilmiştir. Modelin karmaşık görünmemesi için her bir gösterim bir alt sistem bloğu içine Şekil 10'da gösterildiği gibi koyulmuştur.

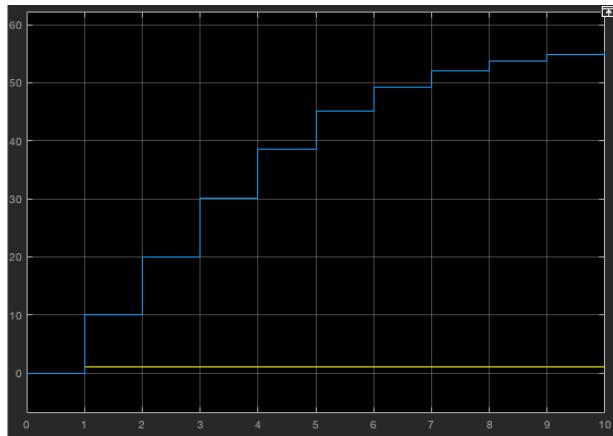


Şekil 10: Soru-1 g) B-F Simulink alt alta birleştirme.

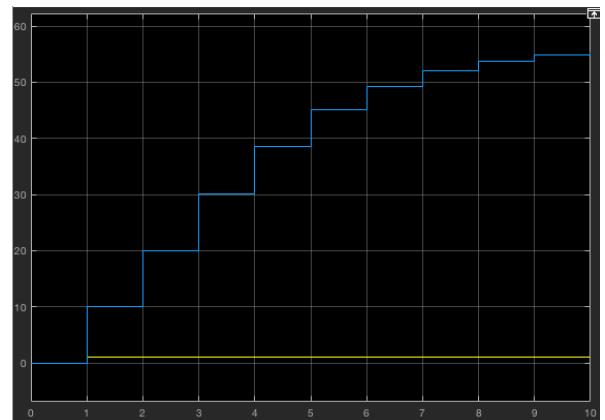
1. Sorunun H şıkkında alt alt birleştirilmiş olan sistemlerin girişine birim basamak sinyali Şekil 11'de gösterildiği şekilde uygulanmıştır. Verilen giriş ve elde edilen çıkışlar B-F şıkları için sırasıyla olacak şekilde Şekil 12, Şekil 13, Şekil 14, Şekil 15'te gösterildiği gibi scope bloğu ile üst üste çizdirilmiştir. F şıkkında paralel programlama yöntemiyle gerçekleştirilen alt sistem haricinde B-E şıklarında gerçekleştirilen sistemlerin birim basamak cevapları Şekil-4'te gösterilmiş olan birim basamak cevabı ile (MATLAB altında elde edilen birim basamak cevabı) aynıdır. G(z) sistemi farklı yöntemler ile gerçekleştirilebilmektedir.



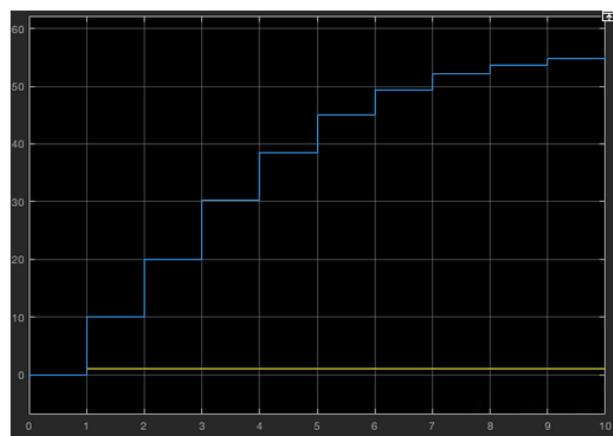
Şekil 11: Soru-1 h) B-F Simulink birim basamak ve scope blokları eklenmiştir.



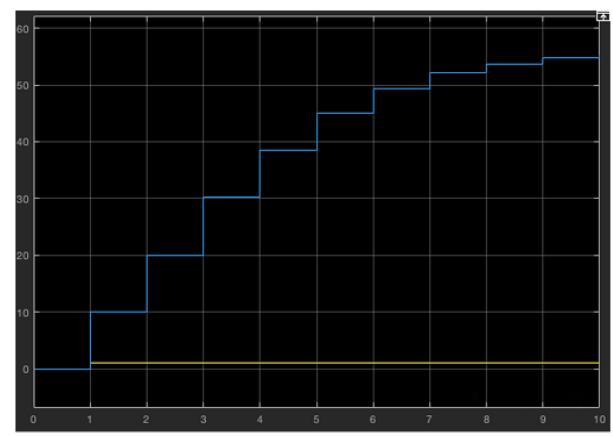
Şekil 12: Soru-1 h) Transfer Function bloğu



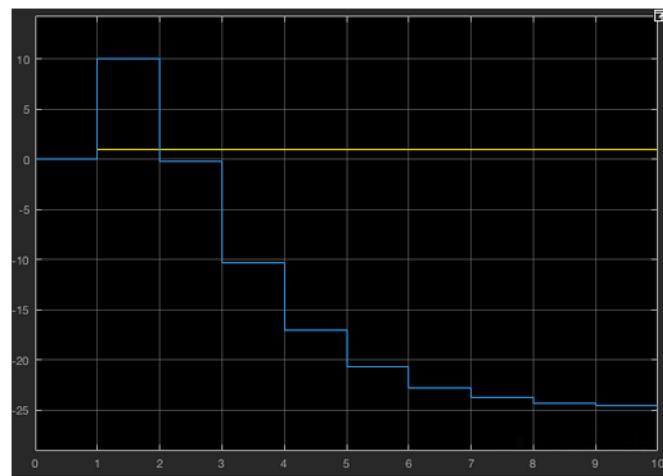
Şekil 12: Soru-1 h) Doğrudan Programlama



Şekil 13: Soru-1 h) Standart Programlama



Şekil 14: Soru-1 h) Seri Programlama



Şekil 15: Soru-1 h) Paralel Programlama

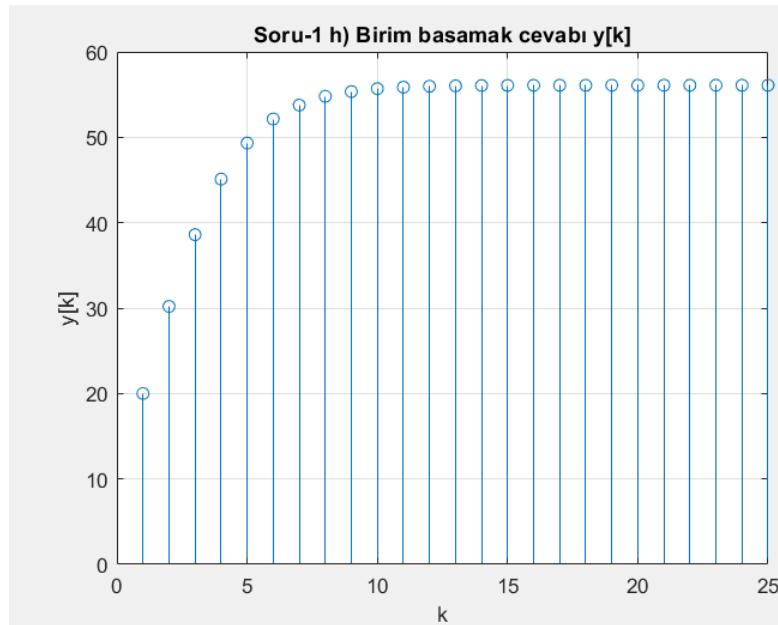
1. Sorunun 1 şıkkında birim basamak cevabı aşağıda gösterilen adımlar doğrultusunda sembolik olarak öncelikle birim basamak girişinin  $z$  dönüşümü ve sistemin transfer fonksiyonu kullanılarak çıkışın  $z$  alanındaki  $Y(z)$  elde edilmesiyle bulunmuştur. Elde edilen sonuca ters  $z$  dönüşümü uygulanarak  $y[k]$  sinyali Şekil-16'da gösterildiği gibi elde edilmiştir ve Şekil-17'de gösterildiği gibi çizdirilmiştir.

```
%SORU1-i) Y(z)/X(z)=G(z) -> Y(z)=X(z)*G(z) -> y[k]
T=1;%örnekleme periyodu.
syms z;%symbolik z|
syms k;%symbolik k
%G sisteminin symbolik olarak tanımlanması.
G=(20000*z^5+12000*z^4+2800*z^3+3800*z^2+1450*z)/(2000*z^5-800*z^4-960*z^3+476*z^2+19*z-21);
X=z/(z-1);%Birim basamak sinyali Z dönüşümü.
Y=G*X;%Birim basamak sinyali Z dönüşümü ve sistemin transfer fonksiyonu kullanılarak Y(z) ifadesi elde edilmiştir.
yk=iztrans(Y,z,k);%Sistemin birim basamak cevabı y[k] symbolik olarak ters Z dönüşümü ile k cinsinden elde edilmiştir.
k = 1:T:25;%k zaman vektörünün örnekleme periyodu (T=1) ile oluşturulması.
figure;
stem(double(subs(yk,k)));%stem fonksiyonu ile ayrik zaman sistemi cevaplarının çizdirilmesi.
grid;
title("Soru-1 h) Birim basamak cevabı y[k]");%İlgili başlığın grafiğe eklenmesi.
xlabel('k');%x-ekseninin isimlendirilmesi.
ylabel('y[k]');%y-ekseninin isimlendirilmesi.
```

`yk =`

`(371*(-7/10)^k)/1530 - (123*(-1/5)^k)/245 - (1248*(3/10)^k)/35 - (44675*(1/2)^k)/882 - (850*(1/2)^k*(k - 1))/21 + 6675/119`

Şekil 16: Soru-1 i)  $y[k]$  sinyalinin elde edilmesi.



Şekil 17: Soru-1 i)  $y[k]$  sinyali çizdirilmesi.

Elde edilen sonuç H şíkkında elde edilen sonuçlarla (paralel programlama hariç (Şekil-15)) aynıdır.

## 2. SORU 2

A-J şıkları elde aşağıda gösterilen şekilde yapılmıştır.

### SORU 2

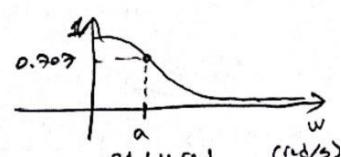
a) Kesişim frekansı  $f_c = 5 \text{ Hz}$  olan birinci dereceden bir altıgen geçirgen filtre ele alalım. Filtrinin sürekli zamanlı transfer fonksiyonunu yazın. Bu filtreyi uygun bir yontemle ayriklastırın. (Dönelleme frekansı  $f_s = 50 \text{ Hz}$ )

$$f_c = 5 \text{ Hz} \rightarrow a = 2\pi \times f_c \Rightarrow | a = 10\pi = 31.416 \text{ rad/s} |$$

→ Kesişim frekansı (Yarı-görünüm frekansı)

$$H(s) = \frac{a}{s+a} = \frac{31.416}{s+31.416}$$

sürekli zaman  
Transfer fonksiyonu



frekans  
cemevi

$$H(jw) = \frac{31.416}{jw + 31.416} \quad \text{genlik} \quad | H(jw) | = \frac{31.416}{\sqrt{w^2 + 986.97}}$$

• Trapezoid (Tustin) yontemi ile filtreyi ayriklastırımlı:  $H(z) = H(s)$

$$(f_s = 50 \text{ Hz} \rightarrow T = \frac{1}{50} = 0.02 \text{ sec} \text{ (discrete time period.)})$$

$$s = \frac{2}{0.02} \cdot \frac{z-1}{z+1}$$

$$= \frac{31.416}{s+31.416} \quad | \quad \stackrel{+}{=} \quad \frac{31.416}{\frac{100(z-1)}{(z+1)} + 31.416} = \frac{(z+1) 31.416}{100(z-1) + 31.416(z+1)}$$

~~$100z^2 - 100 + 31.416z^2 + 31.416$~~   
 $131.416z^2 - 68.584$

$$= \frac{31.416(z+1)}{131.416(z-0.522)} \quad | \quad \stackrel{+}{=} \quad \frac{0.239(z+1)}{(z-0.522)} = H(z)$$

sürekli zaman filtresi  
Trapezoid yontemi ile ayriklastırıldı.  
(altıgen geçirgen)

(4)

b) Kesiim frekensi  $f_c = 5 \text{ Hz}$  olan birinci dereceden bir yoluyla geçeren filtre için a sıklık tespit et.

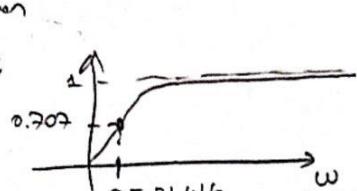
$$f_c = 5 \text{ Hz} \rightarrow a = 2\pi \times f_c \Rightarrow a = 10\pi = 31.416 \text{ rad/s}$$

Kesiim  
frekensi

$$H(s) = \frac{s}{s+a} = \frac{s}{s+31.416}$$

(frekans cevabı)

$$H(j\omega) = \frac{j\omega}{j\omega + 31.416} \xrightarrow{\text{genelliği}} |H(j\omega)| = \frac{\omega}{\sqrt{\omega^2 + 986.965}}$$



• Tropelad yontemyle (filtreyi cirkülasyon:  $H(z) = H(s)$ )

$$(f_s = 50 \text{ Hz} \rightarrow T = \frac{1}{50} = 0.02 \text{ sec } \text{dönme periyodu.}) \quad s = \frac{2}{0.02} \frac{z-1}{z+1}$$

$$= \frac{s}{s+31.416} \xrightarrow{\text{(*)}} \frac{\frac{100(z-1)}{(z+1)}}{\frac{100(z-1)}{(z+1)} + 31.416} = \frac{100(z-1)}{100(z-1) + 31.416(z+1)}$$

$$s = \frac{100(z-1)}{(z+1)} \quad 100z - 100 + 31.416z^2 + 31.416$$

$$100z^2 - 100 + 31.416z^2 + 31.416$$

$$100z^2 - 68.584$$

$$= \frac{100(z-1)}{131.416(z-0.512)} \xrightarrow{\text{(*)}} \frac{0.761(z-1)}{(z-0.512)} = H(z)$$

Sıralılar zaman filtresi  
Tüm yontem ile grükkatırıcı  
(yoluyla geçeren.)

c) Kesiim frekensi  $f_c = 5 \text{ Hz}$  olan birinci dereceden bir yoluyla geçeren filtreyi doğrudan çözümleme tespit et.

\* Filtrenin Transfer fonksiyonu su formda olmalıdır:  $H(z) = k \frac{z+1}{z-a}$

\* Aşağı frekanslerde ( $z = e^{j\omega T} = e^{j0 \cdot T} = 1$ ) kalan 1 olması için:

$$H(z) \Big|_{z=1} = k \frac{z+1}{z-a} \Big|_{z=1} = 1 \Rightarrow H(1) = k \cdot \frac{2}{1-a} = 1 \Rightarrow k = \frac{1-a}{2}$$

\* Verilen bir kesiim frekensi ( $\omega_c$ ) için  $\rightarrow |H(e^{j\omega_c T})| = \frac{1}{\sqrt{2}}$  olmalı.

$$|H(e^{j\omega_c T})| = k \frac{|e^{j\omega_c T} + 1|}{|e^{j\omega_c T} - a|} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{1-a}{2} = 0.707$$

$$a = 0.512 \text{ donlit!} \quad (3)$$

$$\frac{1-a}{2} \cdot \frac{| \cos w_c T + j \sin w_c T + 1 |}{| \cos w_c T + j \sin w_c T - a |} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\left( \frac{1-a}{2} \right)^2 \left( \frac{\cos^2 w_c T + \sin^2 w_c T + 1 + j \sin 2w_c T}{(\cos w_c T + 1)^2 + \sin^2 w_c T} \right) = \frac{1}{2}$$

$$\frac{\cos^2 w_c T - 2a \cos w_c T + a^2 + \sin^2 w_c T}{(\cos w_c T - a)^2 + \sin^2 w_c T} = \frac{1}{2}$$

$$\left( \frac{a^2 - 2a + 1}{4} \right) \left( \frac{2 \cos w_c T + 2}{1 + a^2 - 2a \cos w_c T} \right) = \frac{1}{2}$$

olının 2. derece bir denklemi

$$(a^2 - 2a + 1)(2 \cos w_c T + 2) = 2(1 + a^2 - 2a \cos w_c T)$$

$$2a^2 \cos w_c T + 2a^2 - 4a \cos w_c T - 4a + 2 \cos w_c T + 2 = 2 + 2a^2 - 4a \cos w_c T$$

$$2a^2 \cos w_c T + 2 \cos w_c T - 4a = 0$$

$$\left( a^2 - \frac{2}{\cos w_c T} a + 1 \right) \Rightarrow$$

$\omega_c = 2\pi \times 5 = 10\pi = 31.416 \text{ rad/sec.}$

foruda verilen değer.

isteğe bağlı değişmez. (sabit).

$$a^2 - \frac{2}{\cos(31.416 \times 1)} a + 1 = 0$$

$$a^2 - 2.34a + 1 = 0 \Rightarrow \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{2.34 \pm \sqrt{2.34^2 - 1}}{2} = 1.17 \pm 0.607 \Rightarrow [a_1 = 0.563]$$

$$H(z) = \frac{1-a}{2} \frac{z+1}{z-a}$$

stoksiinde yerine koymalı.

$$H(z) = \left( \frac{1-0.563}{2} \right) \left( \frac{z+1}{z-0.563} \right) = \frac{0.2185(z+1)}{(z-0.563)}$$

dogruluk kontrolüne ille alındı  
geçmiş filtrelerin ( $L_c = 5H(z)$ ) transfer fonksiyonu elde edilmiştir. (6)

d) Kesten frekvensi  $f_c = 5\text{Hz}$  olm birinci dereceden yolsuzgeçen filtre form C silikoni tekrarlayın.

\* filtrelerin transfer fonksiyonu zu tipic olmolader.  $H(\zeta) = k \frac{\zeta - 1}{\zeta - a}$

\* yedinci frekvenslerde kozeni 1 olmasi icin

$$|H(\zeta)|_{\zeta=1} = k \left| \frac{\zeta - 1}{\zeta - a} \right|_{\zeta=1} = k \frac{-2}{-1-a} = k \frac{2}{a+1} = 1 \rightarrow k = \frac{1+a}{2}$$

\* Verilen bir kesim frekensi ( $\omega_c$ ) icin  $|H(e^{j\omega_c T})| = \frac{1}{\sqrt{2}}$  olsalı.

$$|H(e^{j\omega_c T})| = k \left| \frac{e^{j\omega_c T} - 1}{e^{j\omega_c T} - a} \right| = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\left( \frac{1+a}{2} \right) \cdot \frac{| \cos \omega_c T + j \sin \omega_c T - 1 |}{| \cos \omega_c T + j \sin \omega_c T - a |} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\left( \frac{1+a}{2} \right)^2 \left( \frac{(\cos \omega_c T - 1)^2 + \sin^2 \omega_c T}{(\cos \omega_c T - a)^2 + \sin^2 \omega_c T} \right) = \frac{1}{2}$$

$$\left( \frac{a^2 + 2a + 1}{4} \right) \left( \frac{2 - 2 \cos \omega_c T}{2 + a^2 - 2a \cos \omega_c T} \right) = \frac{1}{2}$$

$$(a^2 + 2a + 1)(2 - 2 \cos \omega_c T) = 2(1 + a^2 - 2a \cos \omega_c T)$$

$$2a^2 - 2a^2 \cos \omega_c T + 4a - 4a \cos \omega_c T + 2 - 2 \cos \omega_c T = 2 + 2a^2 - 4a \cos \omega_c T$$

$$-2a^2 \cos \omega_c T + 4a - 2 \cos \omega_c T = 0$$

$$a^2 - \frac{2}{\cos \omega_c T} a + 1 = 0 \quad \left( \begin{array}{l} \tau = \pm \\ \omega_c = 31.416 \text{ rad/sec} \rightarrow 5\text{Hz} \end{array} \right)$$

$$a^2 - 2 \cdot 34a + 1 = 0 \Rightarrow \frac{-b \mp \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{2 \cdot 34 \mp \sqrt{2 \cdot 34^2 - 4}}{2} = 1.12 \mp 0.607$$

$$H(\zeta) = \left( \frac{1+a}{2} \right) \left( \frac{\zeta + 1}{\zeta - a} \right) \quad \text{Iadesinde } a_1 = 0.563 \quad \text{yurine boyelim.}$$

(2)

a) constanslı:  $H(z) = \left(\frac{1+a}{2}\right) \left(\frac{z-1}{z-a}\right)$  fazlısında gerine

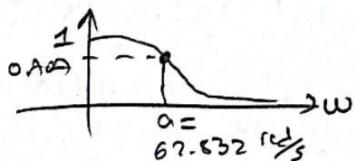
kızılötesi:  $H(z) = \left(\frac{1+0.503}{2}\right) \left(\frac{z-1}{z-0.503}\right) \Rightarrow H(z) = 0.781 \cdot \frac{(z-1)}{(z-0.503)}$

düşük frekansda tavanlıyor (5Hz yükseltgeçen)

e) konum frekansı  $f_c = 10\text{Hz}$  için a siliki telvenlenmeli olur ( $f_1 = 50\text{Hz}$ )

$$f_c = 10\text{Hz} \rightarrow a = 2\pi \times f_c \Rightarrow a = 20\pi = 62.832 \text{ rad/s}$$
 $T_s = 0.02 \text{ sec.}$

$H(s) = \frac{a}{s+a} = \frac{62.832}{s+62.832}$



frekans反应ı:  $H(jw) = \frac{62.832}{jw + 62.832}$  genlik  $|H(jw)| = \frac{62.832}{\sqrt{w^2 + 39412.86}}$

. Tropozoid (Tustin) yarımigle filtreyi uyumluluktırımlı  $= H(z) = H(s)$

( $T = 0.02 \text{ sec.}$ )

$$s = \frac{z-1}{0.02 z+1}$$

$$= \frac{62.832}{s+62.832} \quad | \quad = \frac{62.832}{\frac{100(z-1)}{(z+1)} + 62.832} = \frac{62.832(z+1)}{100(z-1) + 62.832(z+1)}$$

$$\frac{100z - 100 + 62.832z^2 + 62.832z}{162.832z^2 + 37.160}$$

$$= \frac{62.832(z+1)}{(162.832(z-0.228))} \Rightarrow H(z) = \frac{0.385(z+1)}{(z-0.228)}$$

sürekli zaman  
filtresi  
"Tropozoid"  
yapımı ile  
çalıştırılmış.

altık geçer

⑧

$$\left(\frac{1+a}{2}\right) \cdot \frac{|\cos w_c T + j \sin w_c T - 1|}{|\cos w_c T + j \sin w_c T - a|} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\left(\frac{1+a}{2}\right)^2 \left( \frac{(\cos w_c T - 1)^2 + \sin^2 w_c T}{(\cos w_c T - a)^2 + \sin^2 w_c T - 2 \cos w_c T} \right) = \frac{1}{2}$$

$$\left(\frac{a^2 + 2a + 1}{4}\right) \left( \frac{2 - 2 \cos w_c T}{1 + a^2 - 2a \cos w_c T} \right) = \frac{1}{2}$$

$$(a^2 + 2a + 1)(2 - 2 \cos w_c T) = 2(1 + a^2 - 2a \cos w_c T)$$

$$\cancel{(2a^2 - 2a^2 \cos w_c T + 4a + 4)} = \cancel{4a \cos w_c T + 2 - 2 \cos w_c T} = \cancel{x + 2a^2 - 4a \cos w_c T}$$

$$-2a^2 \cos w_c T + 4a - 2 \cos w_c T = 0$$

$$2a^2 \cos w_c T + 2 \cos w_c T - 4a = 0$$

$$a^2 - \frac{2}{\cos w_c T} a + 1 = 0 \quad \left( T = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{50} = 0.02 \text{ sec} \right)$$

$f_s = 50 \text{ Hz}$  için  
"a" bulunuş  
filter de şart  
üçgenlidir.

$$a^2 - \frac{2}{\cos(31.416 \times 0.02)} a + 1 = 0$$

$$a^2 - 2a + 1 = 0 \Rightarrow |a=1 \text{ bulunur.} \quad \left( T = 0.02 \text{ sec}, w_c = 31.416, f_c = 50 \text{ Hz} \right)$$

$$H(z) = \left(\frac{1+a}{2}\right) \left(\frac{z-1}{z-a}\right) \stackrel{a=1}{=} H(z) = \frac{1}{2}$$

$H(z) = 1$  bulunur. 0 zaman faktörü bir orantılı periyodu ile  
tekrarlanır ve herşeyin redilir!  $T_s = 0.5 \text{ sec}$

$$a^2 - \frac{2}{\cos(31.416 \times 0.5)} a + 1 = 0 \rightarrow a^2 - 2.077a + 1 = 0 \quad \left( a_1 = 0.1335 \right)$$

$$a_2 = -1.9335$$

(9)

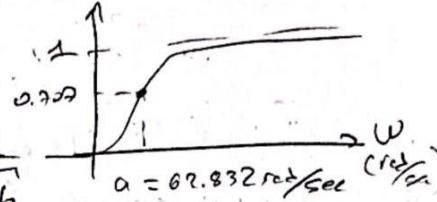
f) kesim frekansı  $f_c = 10$  Hz iin b sılıklı tekerlekleriyle.  
 $f_c = 10\text{Hz} \rightarrow \alpha = 2\pi \times f_c \Rightarrow \alpha = 62.832 \text{ rad/s}$  kesim frekansı

$$H(s) = \frac{s}{s+\alpha} = \frac{s}{s+62.832}$$

çarelli zaman  
transfer fonksiyonu.

frekans cevabı

$$H(j\omega) = \frac{j\omega}{j\omega + 62.832} \xrightarrow{\text{geniş}} |H(j\omega)| = \frac{\omega}{\sqrt{\omega^2 + 3947.86}}$$



Trapezoid yantemile ANTRİYET cyclik testi ile.  $H(z) = H(s)$   
 $(T = 0.02 \text{ sec})$

$$s = \frac{2}{0.02} \frac{z-1}{z+1}$$

$$= \frac{s}{s+62.832} \quad \textcircled{*} \quad \frac{\frac{100(z-1)}{(z+1)}}{\frac{100(z-1)}{(z+1)} + 62.832} = \frac{100(z-1)}{(100(z-1) + 62.832(z+1)) / (62.832z - 37.168)}$$

$$s = \frac{100(z-1)}{(z+1)}$$

$$= \frac{100(z-1)}{162.832(z-0.228)} \Rightarrow H(z) = \frac{0.614(z-1)}{(z-0.228)}$$

çarelli zaman filtresi  
"Trapezoid yantemile cyclik testi ile"

yaklaşıklaşır.

g) kesim frekansı  $f_c = 10\text{Hz}$  iin c sılıklı tekerlekleriyle.

\* filtrein transfer fonksiyonu su formda olmalıdır:  $H(z) = k \frac{z+1}{z-a}$

\* Alınan frekanslerde kesen 1 olmasız iin:  $|H(z)| = k \frac{z+1}{z-a}|_{z=1} = 1$

$$\Rightarrow H(1) = k \frac{2}{1-a} = 1 \Rightarrow k = \frac{1-a}{2}$$

$$* |H(e^{j\omega_c T})| = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow |H(e^{j\omega_c T})| = k \frac{|e^{j\omega_c T} + 1|}{|e^{j\omega_c T} - a|} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$k = \frac{1-a}{2}$$

$$\frac{1-a}{2} \cdot \frac{|\cos \omega_c T + j \sin \omega_c T + 1|}{|\cos \omega_c T + j \sin \omega_c T - a|} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

⑩

$$\left(\frac{(1-a)}{(\omega)}\right)^2 \left( \frac{\cos^2 \omega_c T + 2 \cos \omega_c T + 1 + \sin^2 \omega_c T}{(\cos \omega_c T + 1)^2 + \sin^2 \omega_c T} \right) = \frac{1}{2}$$

$$\left( \frac{a^2 - 2a + 1}{4} \right) \left( \frac{2 \cos \omega_c T + 2}{1 + a^2 - 2a \cos \omega_c T} \right) = \frac{1}{2}$$

$$(a^2 - 2a + 1)(2 \cos \omega_c T + 2) = 2(1 + a^2 - 2a \cos \omega_c T)$$

$$2a^2 \cos \omega_c T + 2a^2 - 4a \cos \omega_c T - 4a + 2 \cos \omega_c T + 2 = 2 + 2a^2 - 4a \cos \omega_c T$$

$$2a^2 \cos \omega_c T + 2 \cos \omega_c T - 4a = 0$$

$$a^2 - \frac{2}{\cos \omega_c T} \cdot a + 1 \Rightarrow T = \frac{1}{\omega_c}$$

$$\omega_c = 2\pi f_c = 2\pi \times 10 = 20\pi = 62.832 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$$

$$a^2 - \frac{2}{\cos(62.832 \times \frac{1}{T})} \cdot a + 1 = 0$$

$$a^2 - 4.38a + 1 = 0$$

$$\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2} = \frac{4.38 \pm \sqrt{4.38^2 - 4}}{2}$$

$$4.38 \mp 3.89$$

$$\begin{cases} a_1 = 2.15 \\ a_2 = 0.241 \end{cases}$$

$$T = 1 \text{ sec}$$

$a = 0.241$  degeri  $\omega_c = 62.832 \Rightarrow f_c = 10 \text{ Hz}$  tan, degerden ayriklestirme yontemi ile bulunmustur. (alttaki gerigen)

(11)

$$\alpha \text{ gözlemlenir. } H(z) = \left( \frac{1-\alpha}{z} \right) \left( \frac{z+1}{z-\alpha} \right) \quad z \neq 0, \alpha < 1$$

gerine boyutlu se

$$H(z) = \left( \frac{1-0.241}{z} \right) \left( \frac{z+1}{z-0.241} \right)$$

$$\Rightarrow H(z) = \frac{0.75895(z+1)}{(z-0.241)} \quad \text{dogruden orjile gelenir}$$

tesirlerin mukadder

b) kesim frekansi  $f_c = 10Hz$  iin 'd' dikkat teknolojisi

\* filtrein transfer fonksiyonu su tipde olmalidir.  $|H(z)| = k \frac{z-1}{z-a}$

\* Yolculuk frekanslarinda herhangi 1 olmosi iin  $|H(z)| = k \frac{z-1}{z-a}|_{z=-1} = k \frac{1+a}{2}$

$$= k \frac{-2}{-1-a} = k \frac{2}{a+1} = \frac{1}{2} \quad \rightarrow k = \frac{1+a}{2}$$

\*  $|H(e^{j\omega_c T})| = \frac{1}{\sqrt{2}}$  olmalı.  $|H(e^{j\omega_c T})| = k \frac{|e^{j\omega_c T} - 1|}{|e^{j\omega_c T} - a|} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

$$\left( \frac{1+a}{2} \right) \frac{|cos\omega_c T + j sin\omega_c T - 1|}{|cos\omega_c T + j sin\omega_c T - a|} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\left( \frac{1+a}{2} \right)^2 \left( \frac{(cos\omega_c T - 1)^2 + sin^2\omega_c T}{(cos\omega_c T - a)^2 + sin^2\omega_c T} \right) = \frac{1}{2}$$

$$\left( \frac{a^2 + 2a + 1}{4} \right) \left( \frac{2 - 2 cos\omega_c T}{1 + a^2 - 2a cos\omega_c T} \right) = \frac{1}{2}$$

$$(a^2 + 2a + 1) \left( \frac{2 - 2 cos\omega_c T}{1 + a^2 - 2a cos\omega_c T} \right) = \frac{1}{2}$$

$$(a^2 + 2a + 1)(2 - 2 cos\omega_c T) = 2(1 + a^2 - 2a cos\omega_c T)$$

$$\cancel{2a^2 - 2a^2 cos\omega_c T + 4a - 4a cos\omega_c T + 2 - 2 cos\omega_c T} = \cancel{2 + 2a^2 - 4a cos\omega_c T}$$

$$\begin{aligned}
 & (5) -2a^2 \cos \omega_c T + 4a - 2 \cos \omega_c T = 0 \\
 & (6) 2a^2 \cos \omega_c T + 2 \cos \omega_c T - 4a = 0 \\
 & (7) a^2 - \frac{2}{\cos \omega_c T} a + 1 = 0 \quad (T = 1 \text{ sec}) \\
 & (8) a^2 - \frac{2}{\cos(62.832 \times 1)} a + 1 = 0 \\
 & (9) a^2 - 4.38a + 1 = 0 \\
 & \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{4.38 \pm \sqrt{4.38^2 - 4}}{2} \\
 & \frac{4.38 \mp 3.89}{2} \\
 & a_1 = 2.135 \\
 & a_2 = 0.241
 \end{aligned}$$

$a = 0.241$  deseri  $\omega_c = 62.832 \Rightarrow f_c = 10 \text{ Hz}$  Daraus  
gyilkosztma yarant ile bulinmisdir. (yekesit girgen)

a odaclmator.  $H(z) = \left(\frac{1+a}{2}\right)\left(\frac{z-1}{z-a}\right)$  Ifadesinde gerne  
koyallim.  $H(z) = \left(\frac{1+0.241}{2}\right)\left(\frac{z-1}{z-0.241}\right)$

$$H(z) = 0.0205 \frac{(z-1)}{(z-0.241)}$$

Daraus gyrok tevende  
tesselmissat.

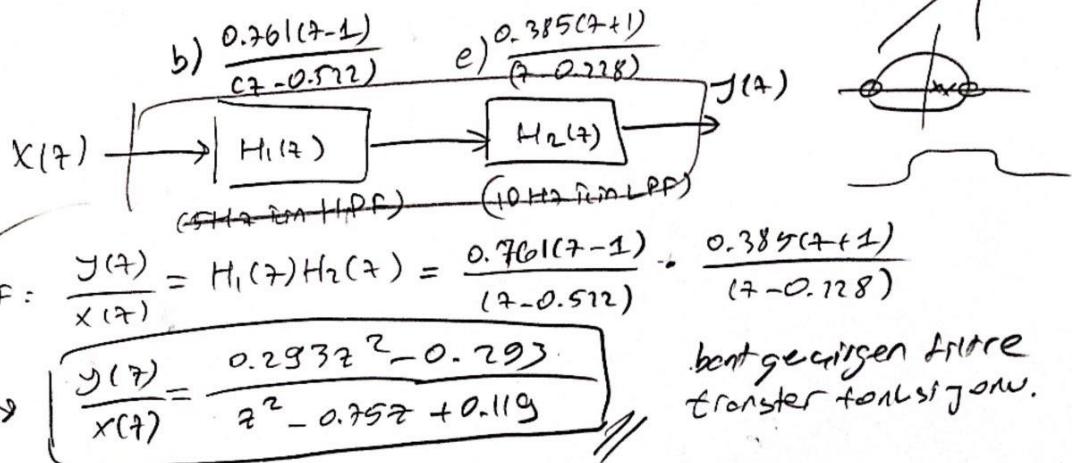
SOLUUN a-h sildari:

Daraus gyilk tevende tesselmissat.	$a \rightarrow \frac{0.239(z+1)}{(z-0.522)}$	$e \rightarrow \frac{0.385(z+1)}{(z-0.228)}$	olruk y-bissat
	$b \rightarrow \frac{0.701(z-1)}{(z-0.522)}$	$f \rightarrow \frac{0.614(z-1)}{(z-0.228)}$	
	$c \rightarrow \frac{0.2145(z+1)}{(z-0.563)}$	$g \rightarrow \frac{0.3795(z+1)}{(z-0.241)}$	olruk y-bissat
	$d \rightarrow \frac{0.781(z-1)}{(z-0.563)}$	$h \rightarrow \frac{0.6205(z-1)}{(z-0.241)}$	

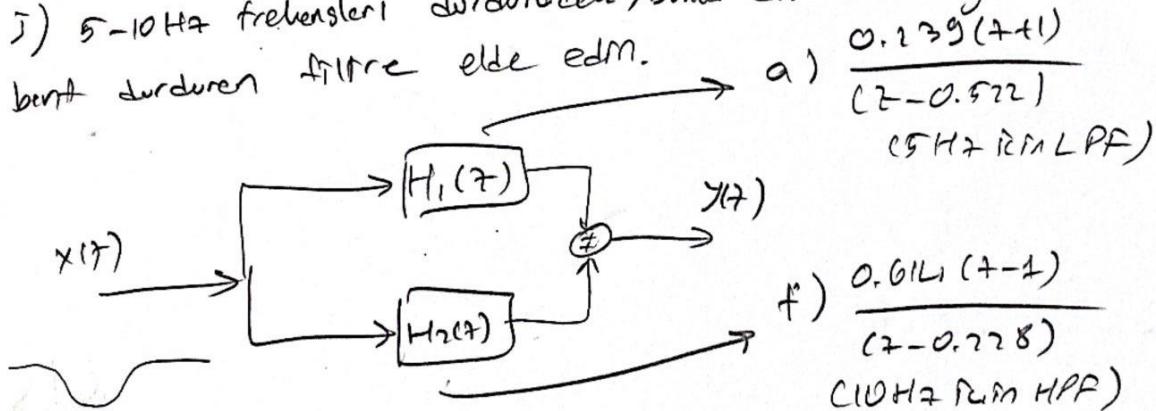
$5 \text{ Hz}$

(13)

i) 5-10Hz arası frekansları generecek, bunlar desinduktörleri  
durdurmak bir tane gelgiten filtre olde edir.



j) 5-10Hz frekansları durduracak, bunlar desinduktörleri generecek bir bent durduren filtre olde edir.



oldular.

$$TF = \frac{y(z)}{x(z)} = H_1(z) + H_2(z)$$

$$= \frac{0.139(z+1)}{(z-0.572)} + \frac{0.614(z-1)}{(z-0.228)} = \frac{0.139(z+1)(z-0.228)}{(z-0.572)(z-0.228)} + \frac{0.614(z-1)(z-0.572)}{(z-0.228)(z-0.572)}$$

$$\boxed{TF: \frac{0.853z^2 - 0.75z + 0.119}{z^2 - 0.75z + 0.119}}$$

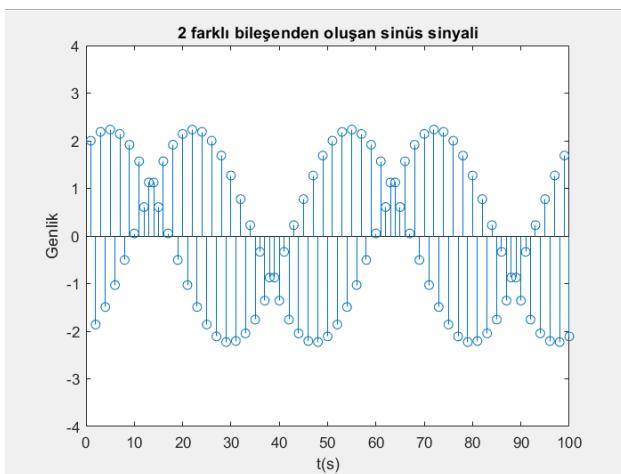
bent durduren filtre transfer fonksiyonu

(16)

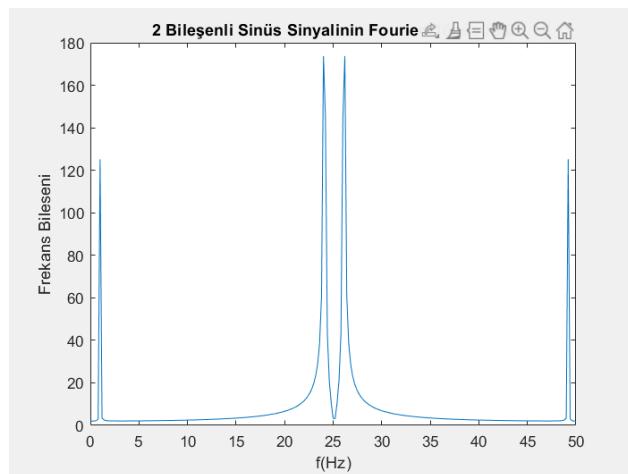
2. Sorunun K şıklıkında A-J şıklarında tasarlanmış olan filtrelerin MATLAB'da simülasyonları yapılmıştır. Öncelikle aşağıdaki adımlar doğrultusunda iki bileşenli giriş sinyali oluşturulmuştur. Tasarlanmış olan bu filtrelerin doğru çalışıp çalışmadığını anlamak için filtreler uygulandıktan sonra çıkış sinyalinin Fourier dönüşümü alınarak istenilen filtreleneme işleminin doğru yapıp yapılamadığı kontrol edilmektedir. Ek olarak giriş ve filtrelenmiş çıkış sinyalleri üst üste çizdirilmektedir. Sinyallerin genliklerinden kullanılan filtrenin özellikleri anlaşılmaktadır. "bode", "impulse", "step", "rlocus" komutları ile tasarılanmiş olan filtrelerin özellikleri kontrol edilmektedir.

```
%SORU2-k)
%2 Bileşenli sinüs sinyali pluşturulmuştur ve frekans alanında bu sinyalin
%bileşenleri çizdirilmiştir. a-j şıklarında tasarlanmış olan filtreler bu
%sinyale sırasıyla uygulanmaktadır. Filtrelenmiş sinyaller ve bu
%sinyallerin frekans alanındaki gösterimleri çizdirilmiştir.
%Tasarlanan her filtrenin bode çizgileri ve dörtü tepkileri de çizdirilmektedir.
fs=50;%örneklemme frekansı
Ts=1/fs;%örneklemme periyodu
fu1=1;%1. Bileşen için frekans.
fu2=24;%2. Bileşen için frekans.
t=0:Ts:50/10;%t, "zaman" değişkeninin oluşturulması.
u=sin(2*pi*f1*t)+2*cos(2*pi*f2*t);%2 farklı bileşenden oluşan sinüs sinyali.
figure;
stem(u);%2 farklı bileşenden oluşan sinüs sinyalinin çizdirilmesi.
title('2 farklı bileşenden oluşan sinüs sinyali');%filtrelenecek olan sinyal.
xlabel('t(s)');%x ekseninin isimlendirilmesi.
ylabel('Genlik');%y ekseninin isimlendirilmesi.
xlim([0 100]);
ylim([-4 4]);
ufft = fft(u);%giriş sinyalinin fftsi.
f = linspace(0,fs,length(ufft));%frekans ekseninin oluşturulması (örneklemme periyodu aralıklarında).
figure;
plot(f,abs(ufft));%Frekansa karşılık frekans bileşeninin çizdirilmesi.
xlabel('f(Hz)');%x ekseninin isimlendirilmesi.
ylabel('Frekans Bileşeni');%y ekseninin isimlendirilmesi.
title('2 Bileşenli Sinüs Sinyalinin Fourier Dönüşümü');%İlgili bağılığın grafiğe eklenmesi.
n = floor(length(f)/2);%fmax = fs/2 değerinin "n" değişkenine atanması.
figure;
plot(f(1:n),abs(ufft(1:n)));%fmax = fs/2 frekansa karşılık frekans bileşeninin çizdirilmesi
xlabel('f(Hz)');%x ekseninin isimlendirilmesi.
ylabel('Frekans Bileşeni');%y ekseninin isimlendirilmesi.
title('2 Bileşenli Sinüs Sinyalinin Fourier Dönüşümü (fmax/2)');
```

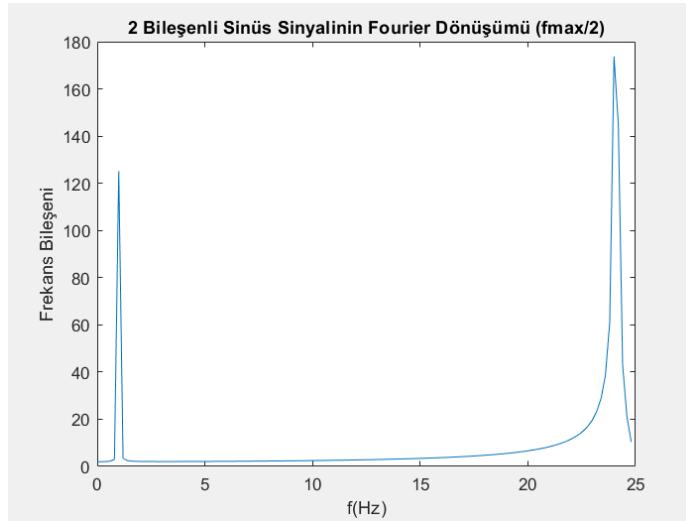
Filtrelenecek olan sinyal Şekil-18'de gösterilmektedir. Sinyalin Fourier Dönüşümleri ise Şekil 19 ve Şekil 20 'de gösterilmektedir.



Şekil 18: Soru-2 k) iki bileşenli giriş sinyali.



Şekil 19: Soru-2 k) iki bileşenli giriş sinyali fourier döşümü

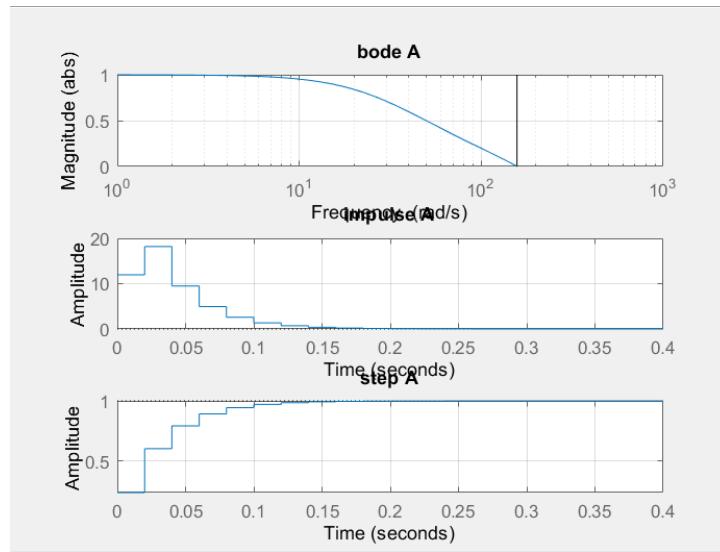


Şekil 20: Soru-2 k) iki bileşenli giriş sinyali fourier döşümü

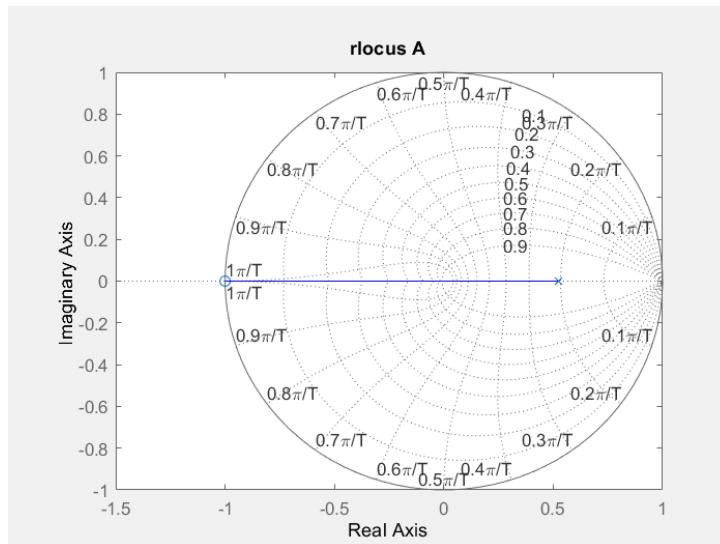
A-J şıklarında tasarılanmış olan her bir filtre için aşağıdaki bölüm çalıştırılmaktadır.

```
%a şıklında elde edilen filtrenin transfer fonksiyonu.
T=0.02;%Örneklemde periyodu T=0.02 alınmıştır.
z=tf('z',T);%Ayrik zaman z-dönüşümü transfer fonksiyonu için "z" değişkeninin tanımlanması.
A=0.239*(z+1)/(z-0.522);
figure;
subplot(3,1,1)
bode(A);
title('bode A');
grid;
subplot(3,1,2)
impulse(A)
title('impulse A');
grid;
subplot(3,1,3)
step(A)
title('step A');
grid;
figure;
rlocus(A);
title('rlocus A');
grid;
[b,a] = tfdata(A,'v');%Filtrenin pay ve payda terimleri.
y = filter(b,a,u);%Giriş sinyalininfiltrelenmesi.
figure;
stem(t,u);
hold on;
stem(t,y);
xlabel('t(s)');%x ekseninin isimlendirilmesi.
ylabel('Genlik');%y ekseninin isimlendirilmesi.
legend('Giriş','Çıkış');%sinyallerin isimlendirilmesi.
title('A) 5 Hz Alçak Geçirgen Filtre');
yfft=fft(y);%filtrelenmiş sinyalin fftsinin çizdirilmesi.
f=linspace(0,fs,length(yfft));%Fft için frekans ekseninin oluşturulması.
n=floor(length(f)/2);%fmax/2 değerinin "n" değişkenine atanması.
figure;
plot(f(1:n),abs(yfft(1:n)));%Frekansa karşılık frekans bileşeninin çizdirilmesi.
xlabel('f(Hz)');%x ekseninin isimlendirilmesi.
ylabel('Frekans Bileşeni');%y ekseninin isimlendirilmesi.
title('A) Filtrelenmiş 2 Bileşenli Sinüs Sinyalinin Fourier Dönüşümü (fmax/2)');%İlgili başlığının grafiğe eklenmesi.
```

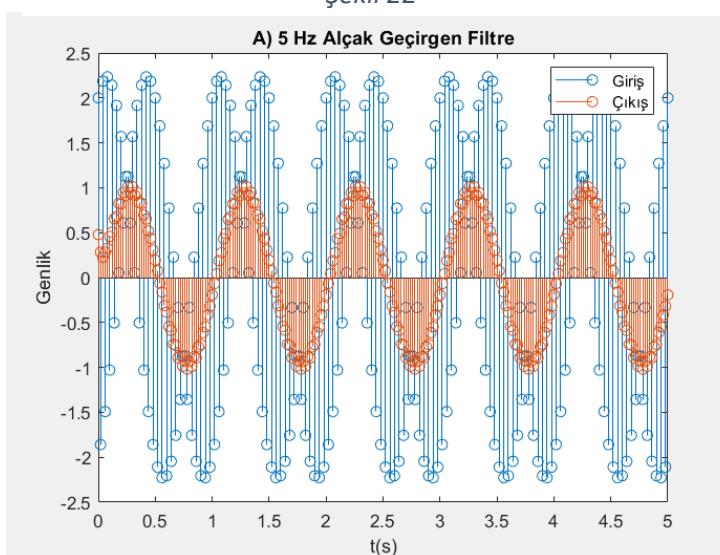
A-J sıklıklarında tasarlanmış olan filtreler için çizdirilmiş grafikler aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir. İlgili başlıklar grafiklere eklenmiştir. Filtreler istenilen şekilde çalışmaktadır. Bode çizgeleri ile kesim frekansları doğrulanmıştır.



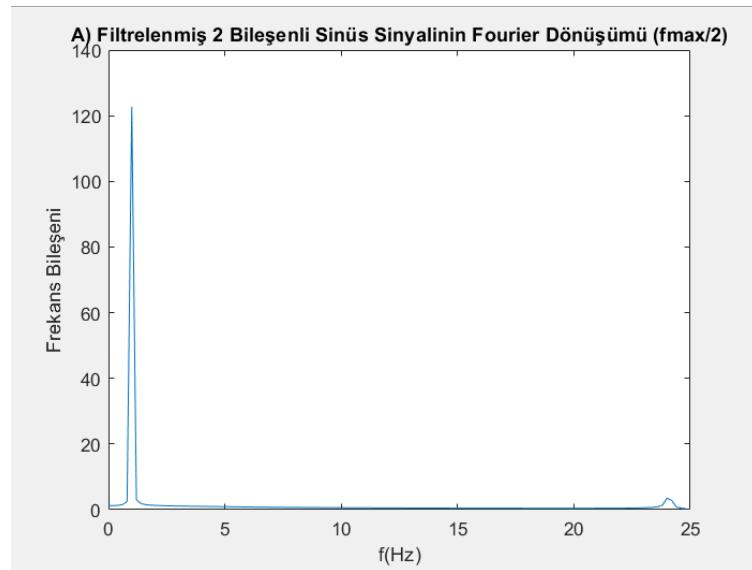
Şekil 21



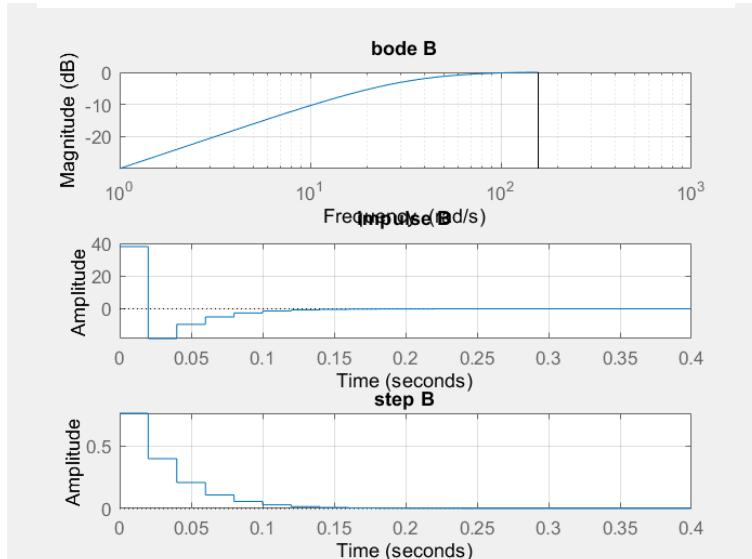
Şekil 22



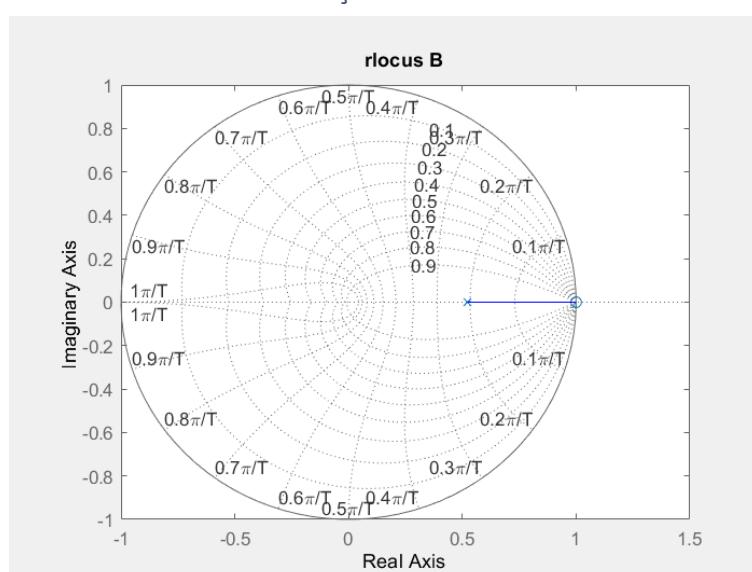
Şekil 23



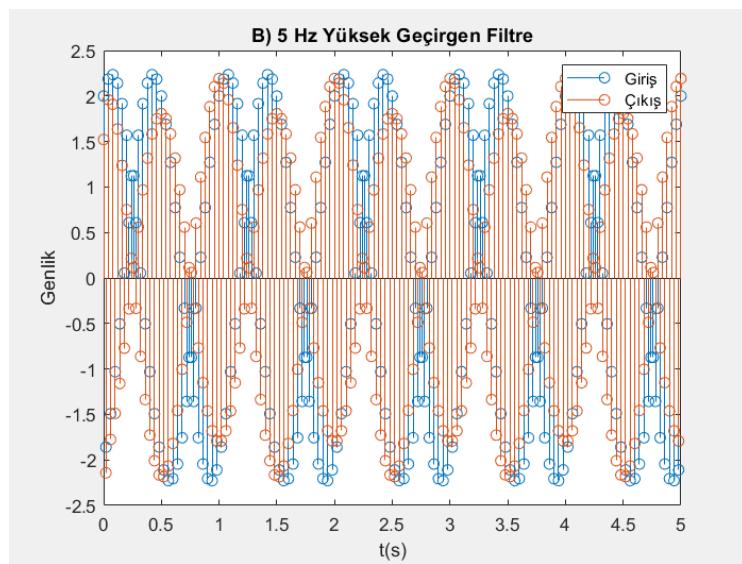
*Şekil 24*



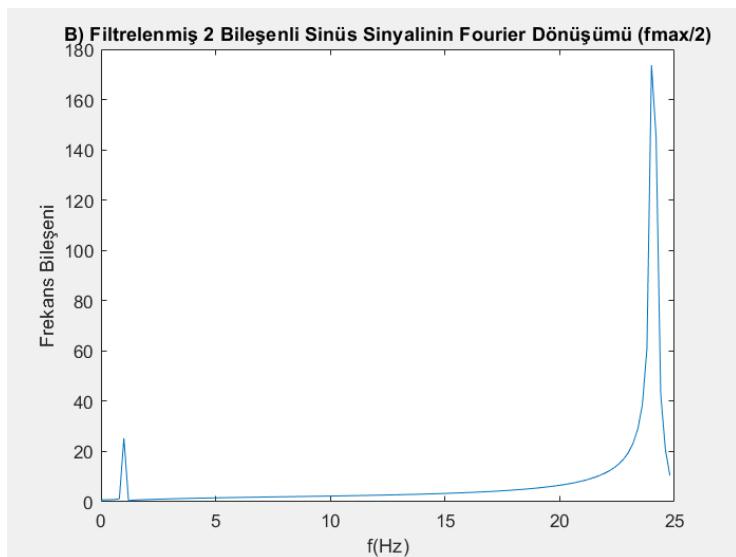
*Şekil 25*



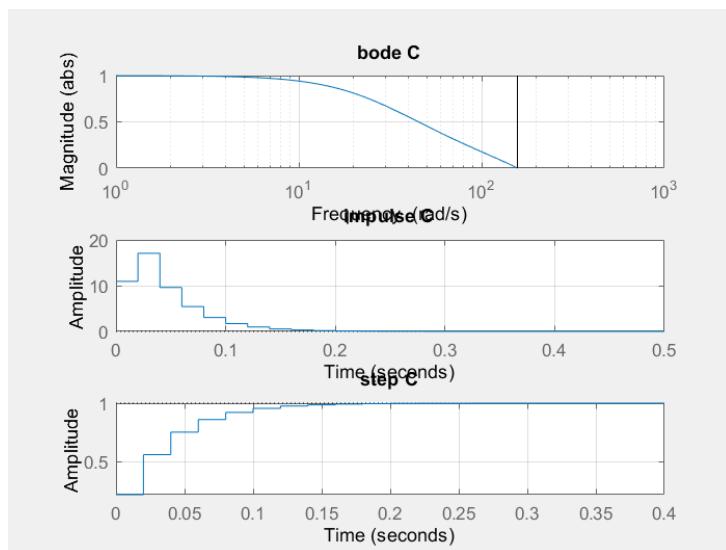
*Şekil 26*



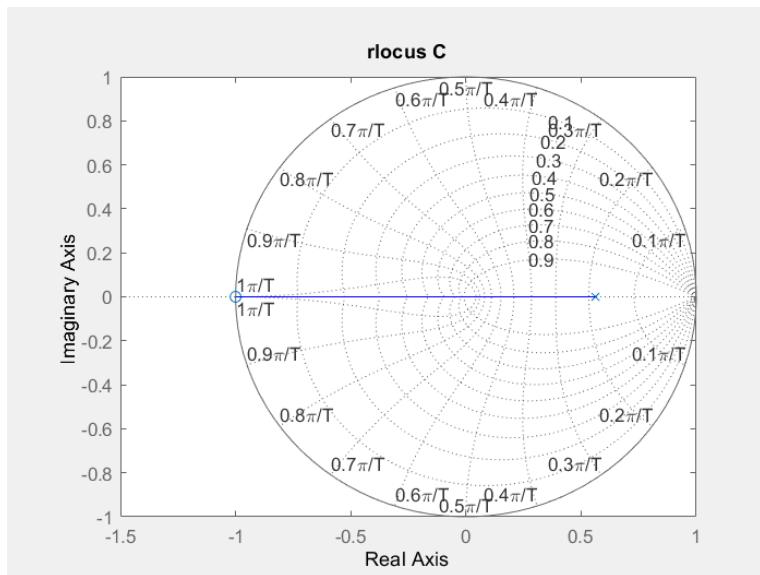
*Şekil 27*



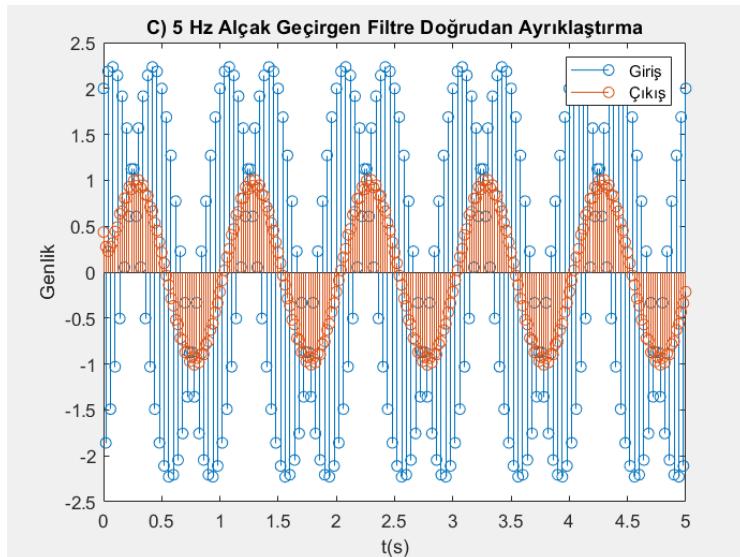
*Şekil 28*



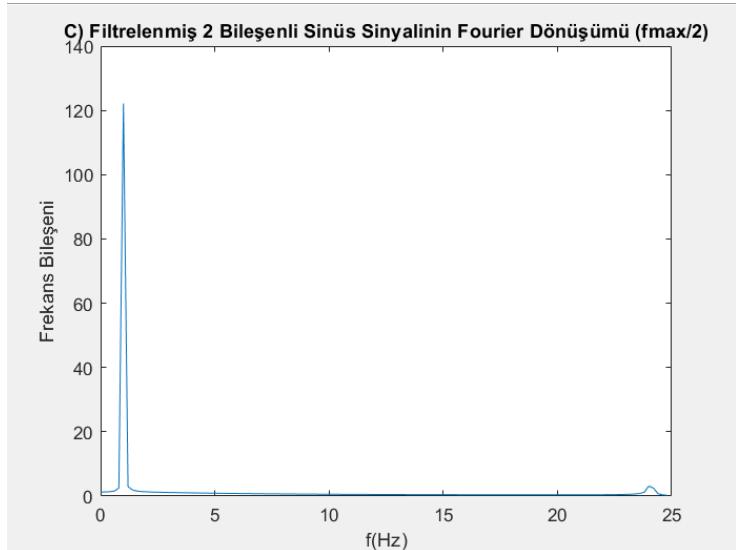
*Şekil 29*



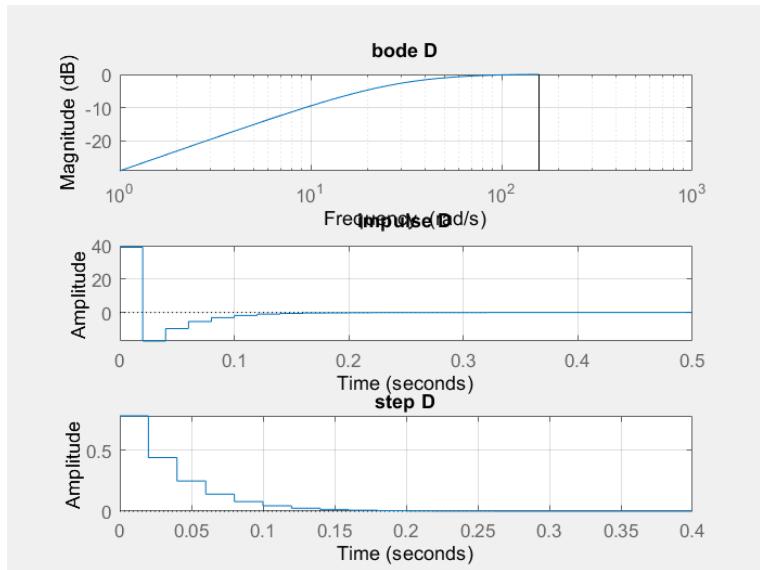
*Şekil 30*



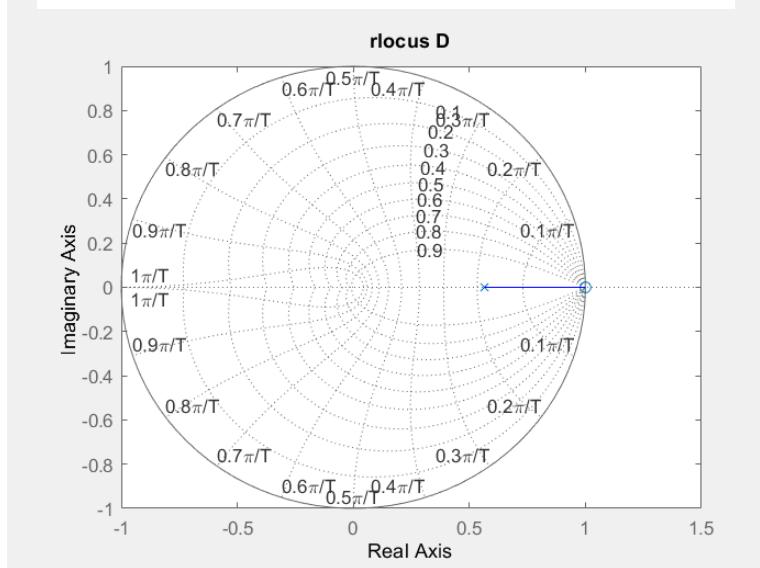
Şekil 31



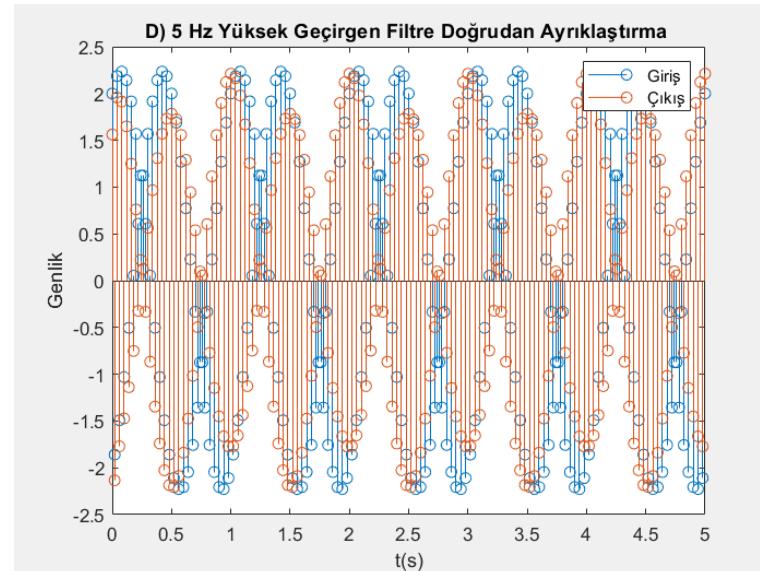
Şekil 32



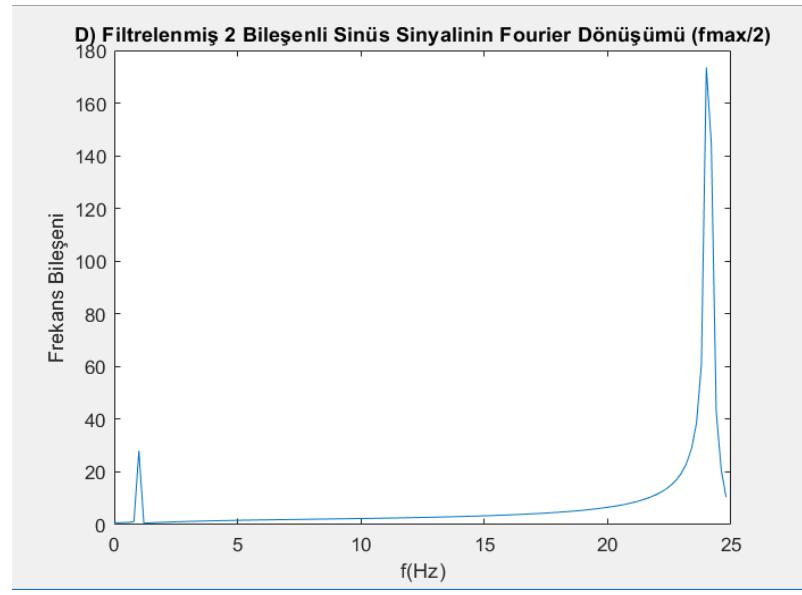
Sekil 33



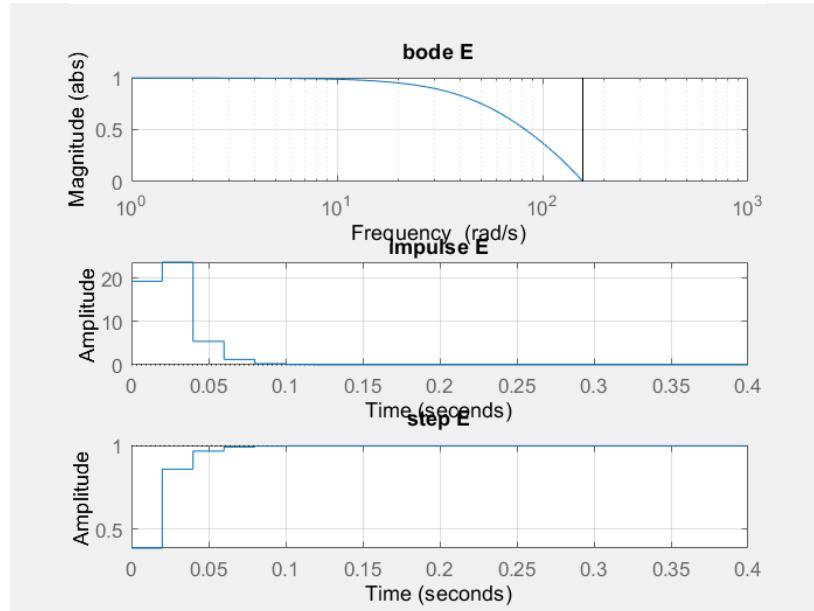
Sekil 34



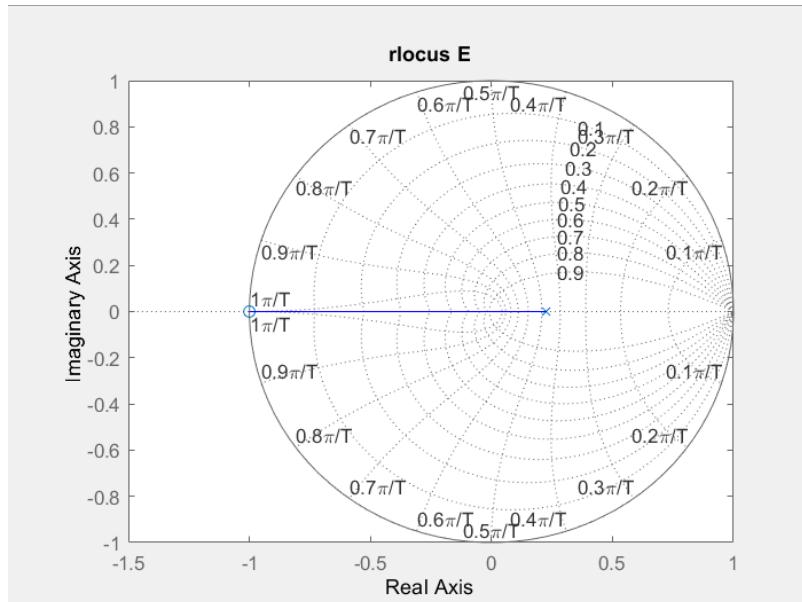
Sekil 35



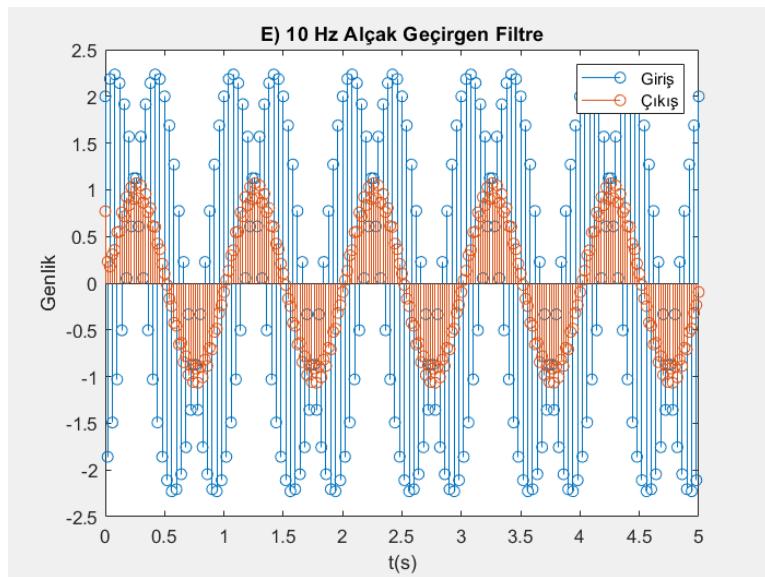
Şekil 36



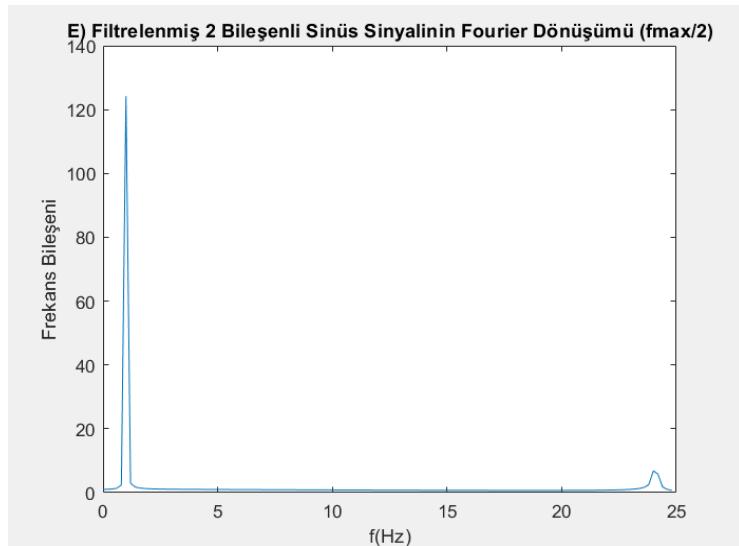
Şekil 37



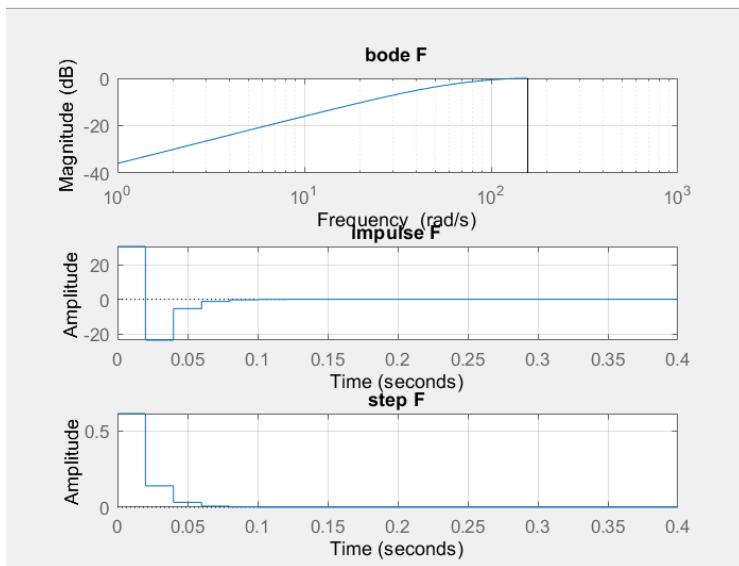
Şekil 38



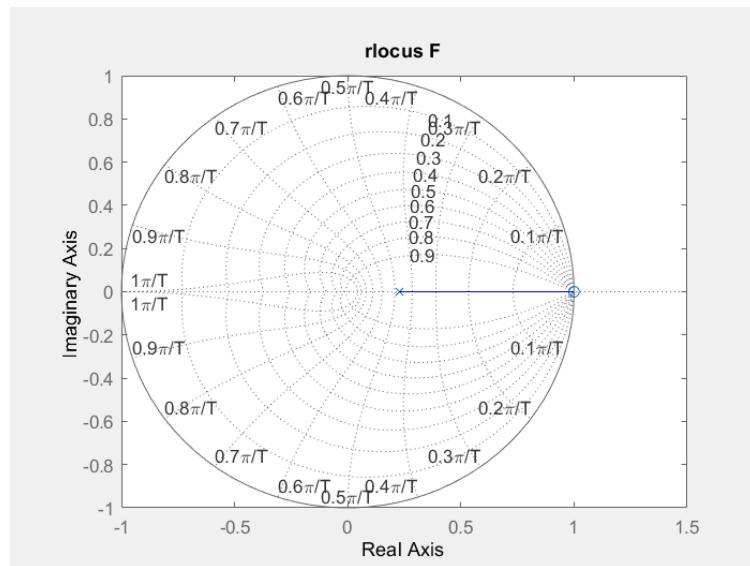
*Şekil 39*



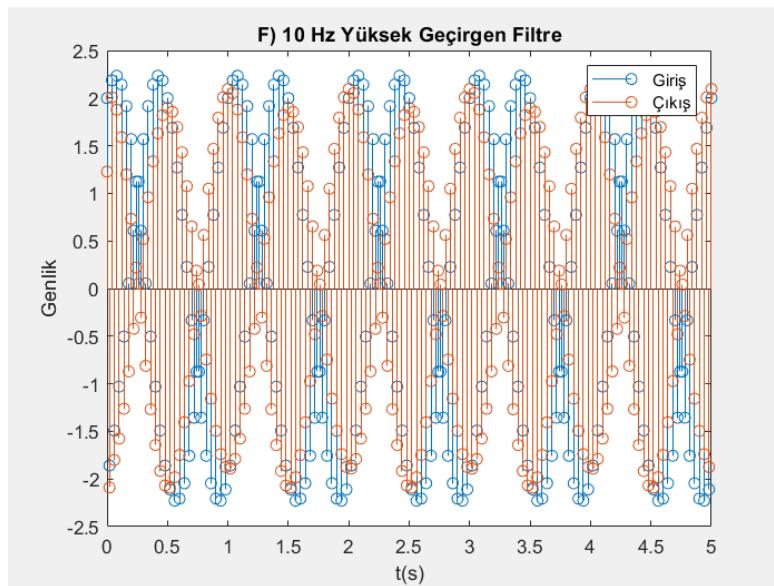
*Şekil 40*



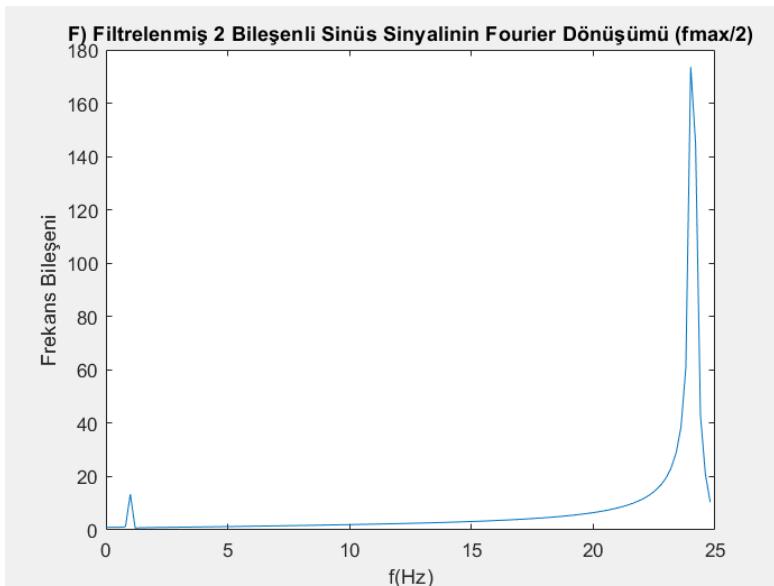
*Şekil 41*



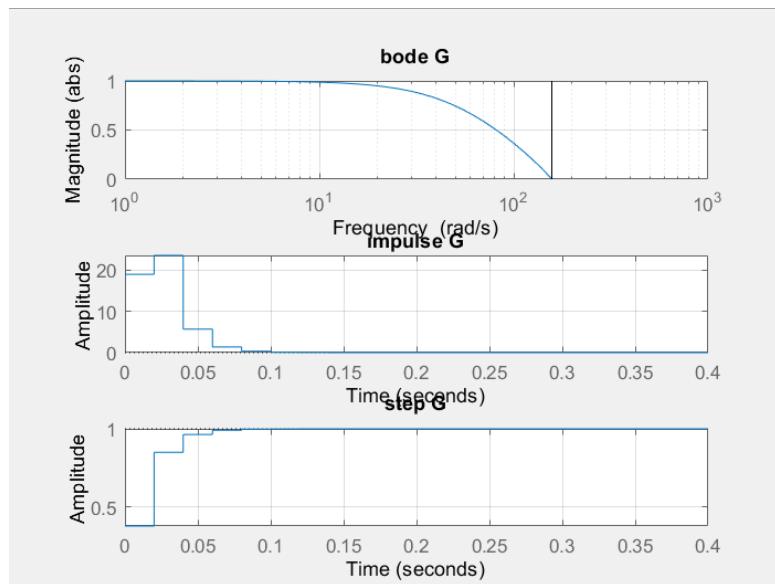
*Şekil 42*



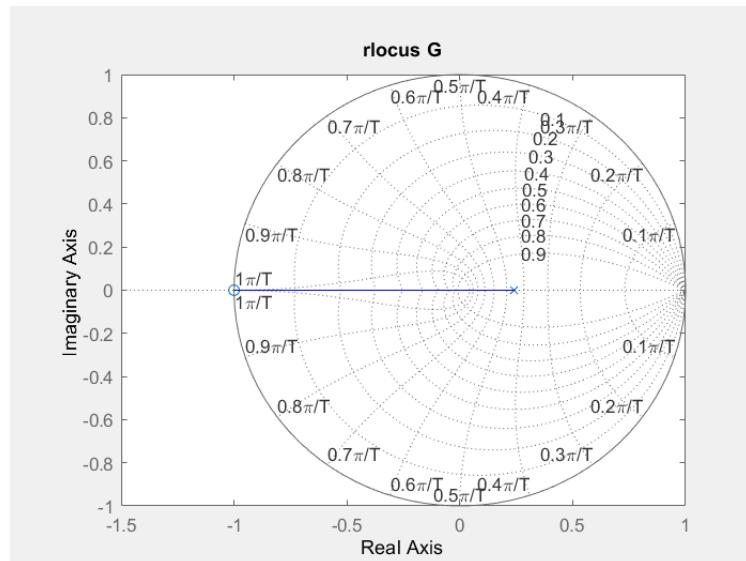
*Şekil 43*



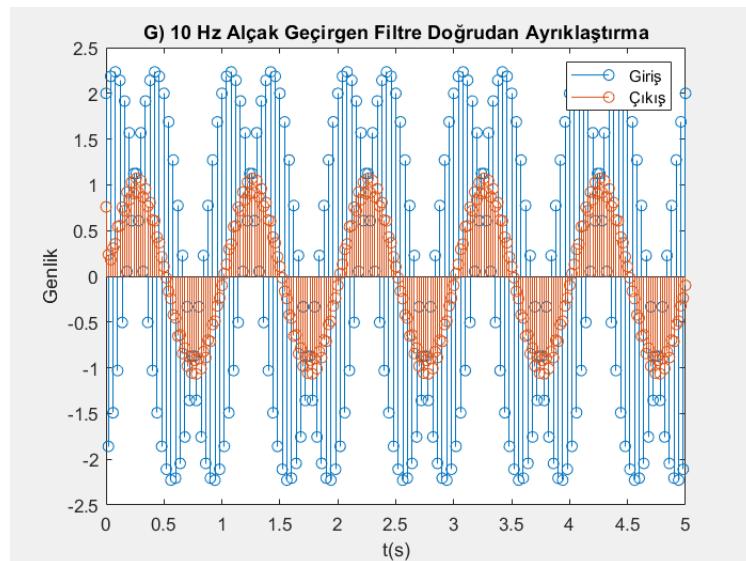
*Şekil 44*



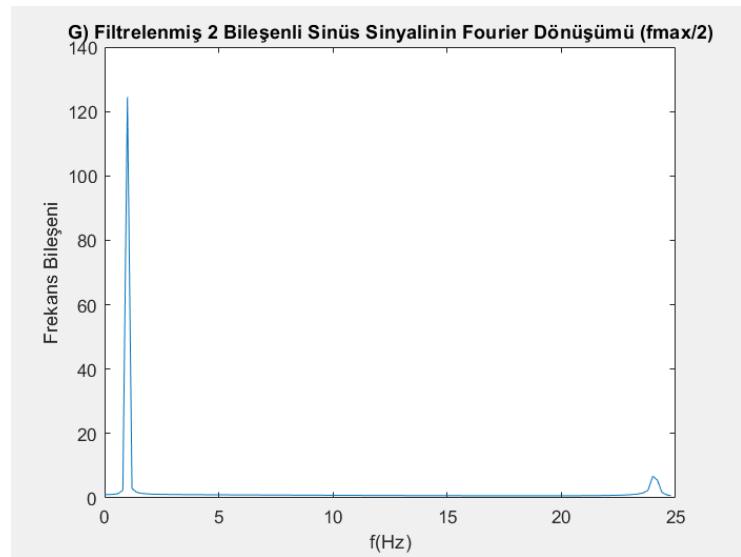
*Şekil 45*



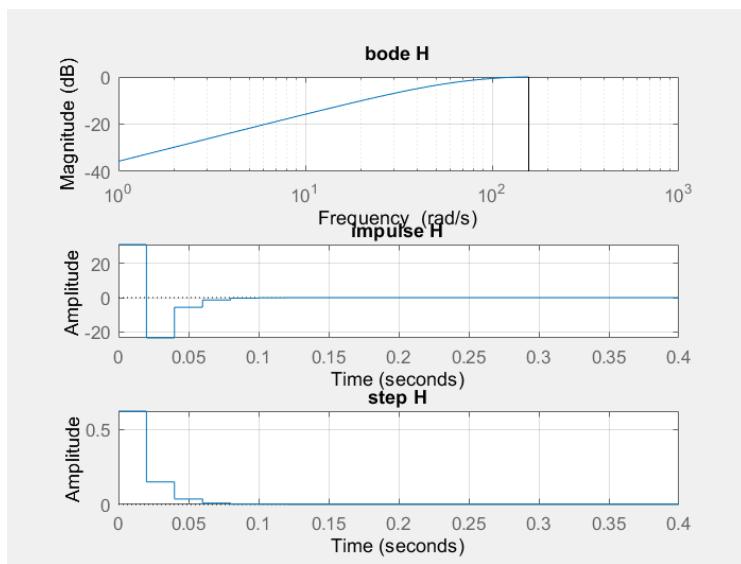
*Şekil 46*



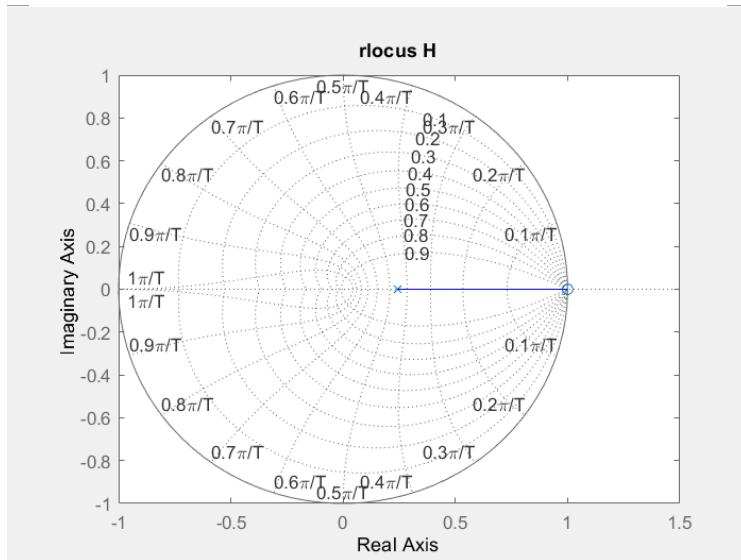
*Şekil 47*



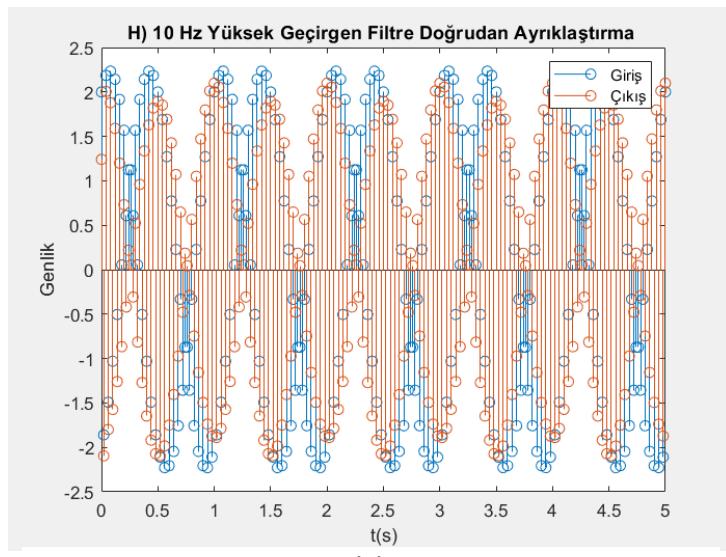
*Şekil 48*



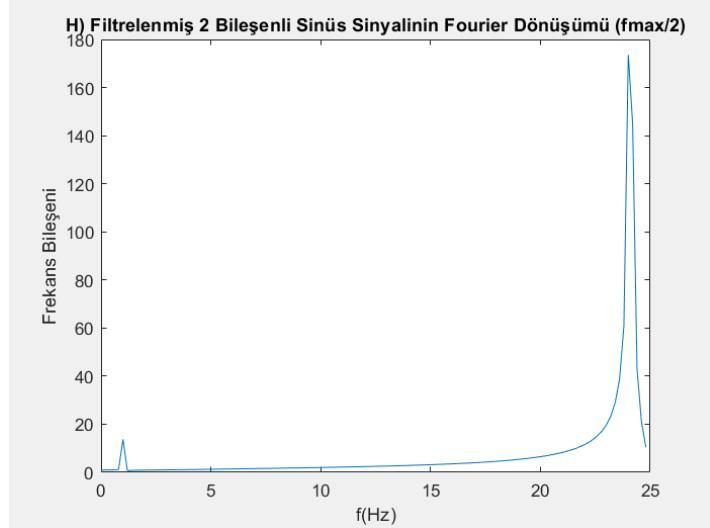
*Şekil 49*



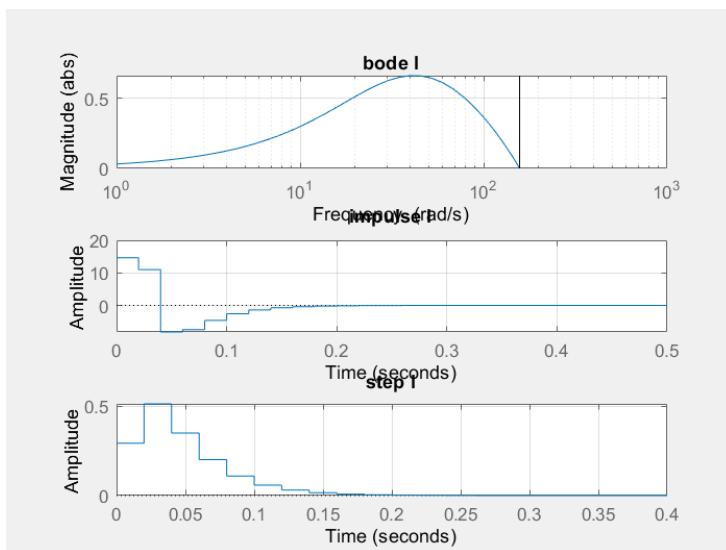
*Şekil 50*



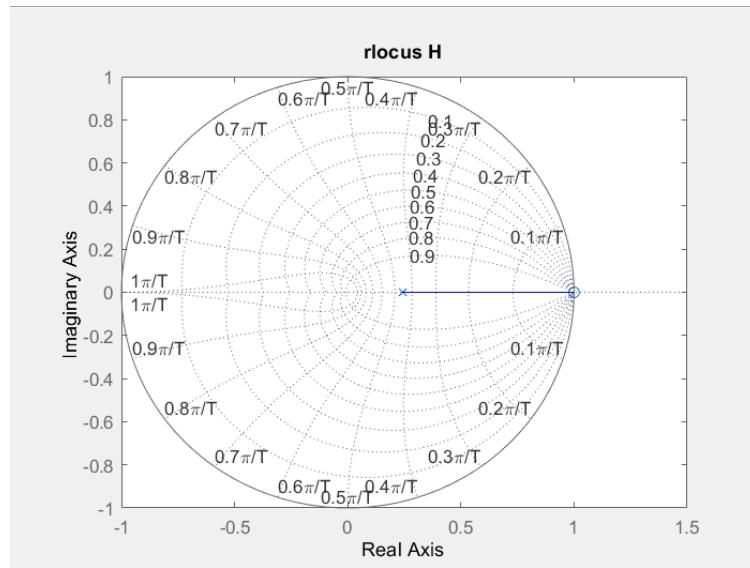
*Şekil 51*



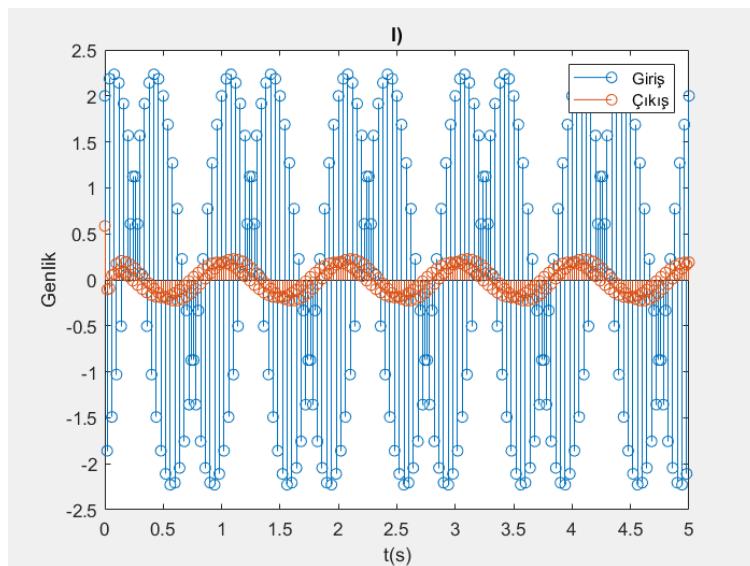
*Şekil 52*



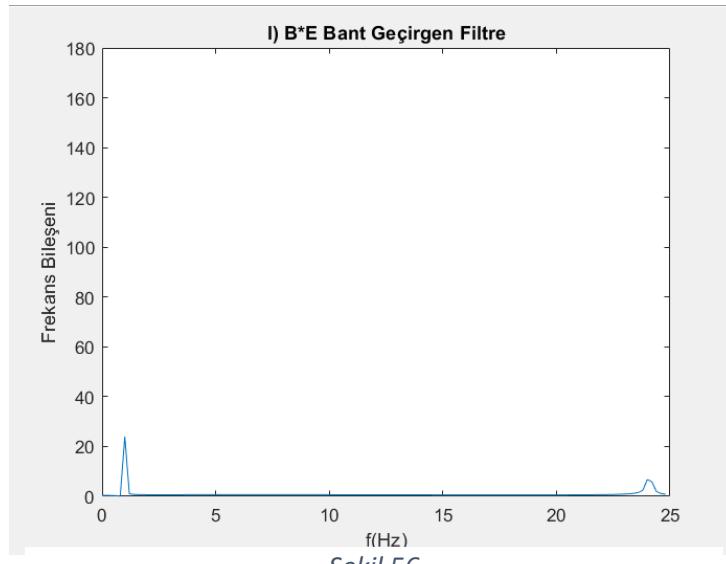
*Şekil 53*



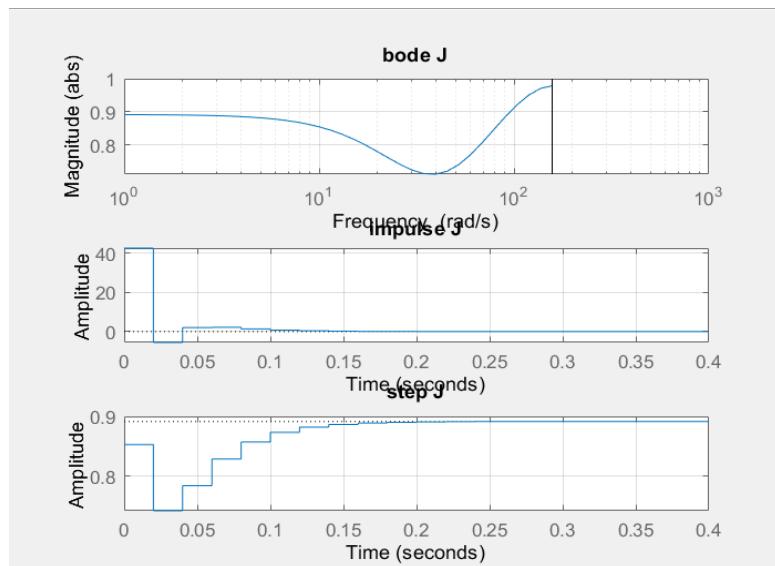
*Şekil 54*



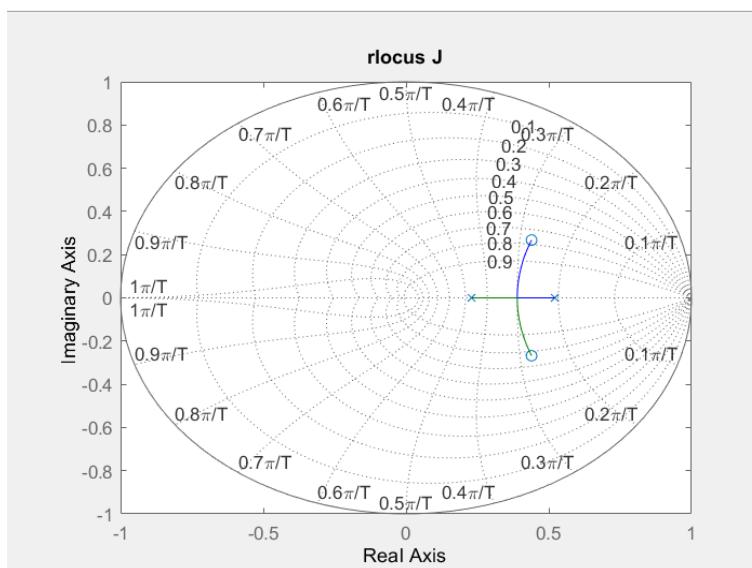
*Şekil 55*



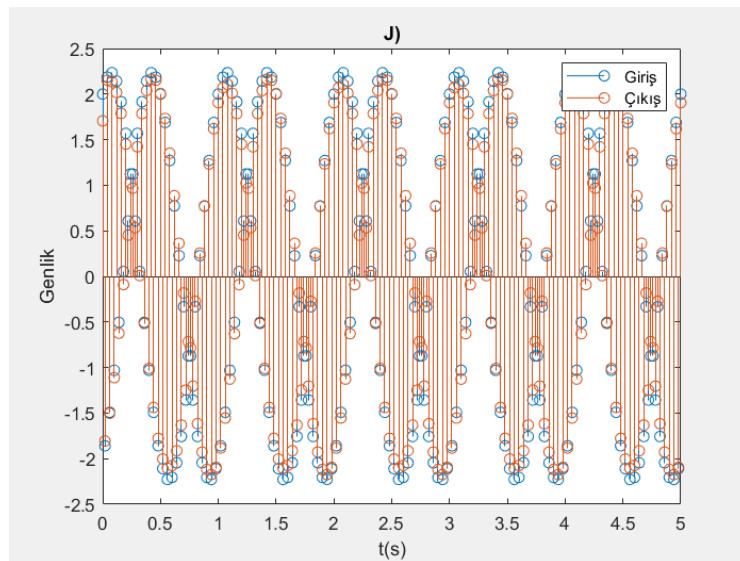
*Şekil 56*



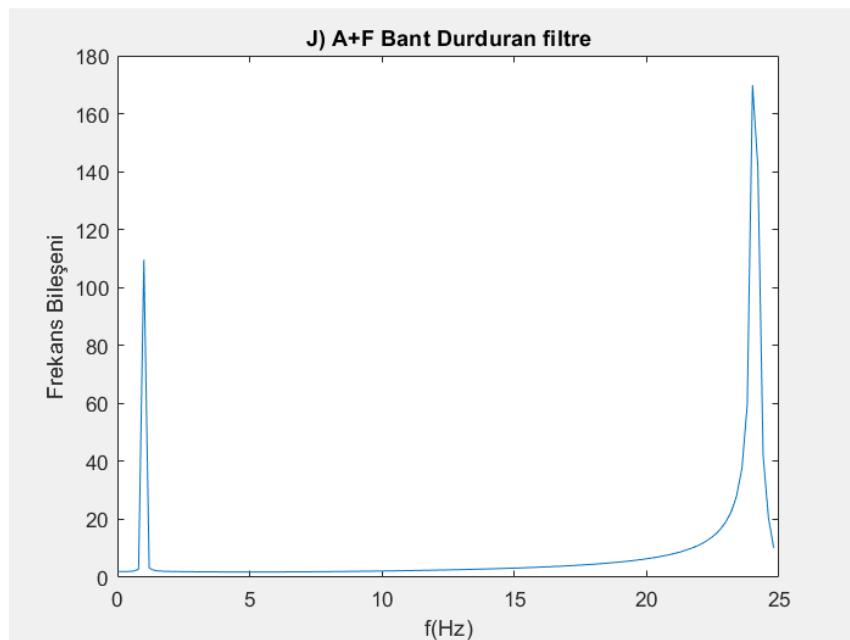
*Şekil 57*



*Şekil 58*



*Şekil 59*

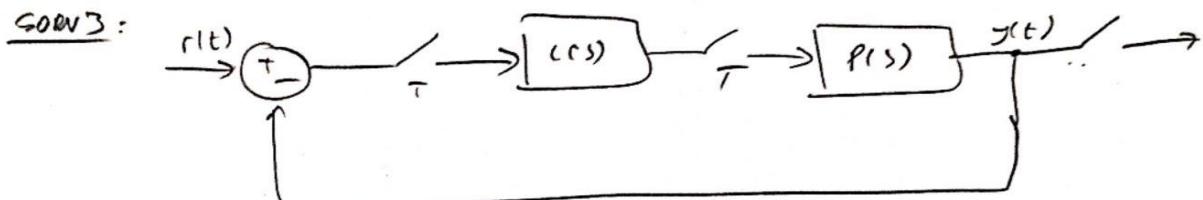


*Şekil 60*

### 3. SORU 3

3. Sorunun A ve B şıkları aşağıda gösterilen adımlar doğrultusunda çözülmüştür. Sorunun B şıklıkında istenen kök yer eğrisi ilk olarak elde çizilmiştir.

SORU 3:



$$P(s) = \frac{0.12 - 0.02}{s^3 - 0.8s^2 + 0.04s + 0.068}, \quad C(s) = k_p, \quad T = 1. \quad \text{Açıklık!}$$

Sıfırların ilerisini birden sağlayen bir  $k_p > 0$  değeri bulunmak isteniyor.

- 1) İkinci kuvvet sisteminin genel formi  $(\zeta)$  0.6 ile 0.8 arasındadır.
- 2) " " " Logaritik frekans ( $\omega_n$ )  $\frac{0.2\pi}{T}$  ile  $\frac{0.6\pi}{T}$  "

a) Verilen sıfırlara karsılık gelen yükseltme, tepe, 1.2 oturma zamanlarını ve aynı hizoplenmeler.

•  $M_p$  (oturum)  $= e^{-\frac{\xi\pi}{\sqrt{1-\xi^2}}}$  ifadesinde  $\zeta = 0.6$  olsادورس

$$= \exp\left(\frac{-0.6\pi}{\sqrt{1-0.6^2}}\right) = \exp\left(\frac{-1.885}{0.8}\right) = 0.095 \quad (\xi=0.6)$$

•  $\zeta = 0.8$  için oturum zamanları

$$= \exp\left(\frac{-0.8\pi}{\sqrt{1-0.8^2}}\right) = \exp\left(\frac{-2.513}{0.6}\right) = 0.015 \quad (\xi=0.8)$$

O zaman  $M_p$  oturum  $0.6 < \zeta < 0.8$  için,  $0.095 > M_p > 0.015$

Olsadır.

• yükseltme zevki ( $\zeta$ ), ve tepe zamanı ( $T_p$ ) için  $w_d$  hizoplenmeleri,

$$w_d = \omega_n \sqrt{1 - \xi^2} \quad \text{ifadesinden } \begin{cases} 0.6 < \zeta < 0.8 \\ 0.2\pi < w_d < 0.6\pi \end{cases} \quad \text{Sıfırı}$$

altında  $w_d$  hizoplenmeliidir.

$$\cdot \zeta = 0.6, \omega_n = 0.2\pi \text{ için } w_d = 0.2\pi \sqrt{1 - 0.6^2} = 0.503 \text{ rad/s}$$

$$\cdot \zeta = 0.6, \omega_n = 0.6\pi \text{ için } w_d = 0.6\pi \sqrt{1 - 0.6^2} = 1.005 \text{ rad/s (max)}$$

$$\cdot \zeta = 0.8, \omega_n = 0.2\pi \text{ için } w_d = 0.2\pi \sqrt{1 - 0.8^2} = 0.377 \text{ rad/s (min)}$$

$$\cdot \zeta = 0.8, \omega_n = 0.6\pi \text{ için } w_d = 0.6\pi \sqrt{1 - 0.8^2} = 0.754 \text{ rad/s}$$

(17)

o Zemekin verileri sertler altinda ( $0.377 < w_d < 1.005$ ) bulurur.

• tepe zemekni ( $t_p$ ) için  $t_p = \frac{\pi}{w_d}$ ,  $0.377 < w_d < 1.005$  ortasında  
hesaplanır.

$$\begin{aligned} \bullet w_d = 0.377 \text{ rad/s} \quad t_p = \frac{\pi}{0.377} = 8.333 \text{ sec} \\ \bullet w_d = 1.005 \text{ rad/s} \quad t_p = \frac{\pi}{1.005} = 3.126 \text{ sec} \end{aligned} \quad \boxed{3.126 < t_p < 8.333}$$

• 1.2 oturma zemekni ( $t_s$ ) için  $t_s = \frac{4}{\xi w_n}$  ( $0.6 < \xi < 0.8$   
 $0.2\pi < w_n < 0.4\pi$ )

Sertler altinda hesaplanır.

$$\begin{aligned} \bullet \xi = 0.6, w_n = 0.2\pi \Rightarrow t_s &= \frac{4}{0.6 \times 0.2\pi} = 10.61 \text{ sec} \quad (\text{max}) \\ \bullet \xi = 0.6, w_n = 0.4\pi \Rightarrow t_s &= \frac{4}{0.6 \times 0.4\pi} = 5.305 \text{ sec} \\ \bullet \xi = 0.8, w_n = 0.2\pi \Rightarrow t_s &= \frac{4}{0.8 \times 0.2\pi} = 7.958 \text{ sec} \\ \bullet \xi = 0.8, w_n = 0.4\pi \Rightarrow t_s &= \frac{4}{0.8 \times 0.4\pi} = 3.979 \text{ sec} \quad (\text{min}) \end{aligned}$$

$3.979 < t_s < 10.61$  degerleri arasında olmalıdır.

• yokeselme zemekni  $t_r = \frac{\pi - \beta}{w_d}$  Tfelosmelen  $\cos \beta = \xi$  kalkunur

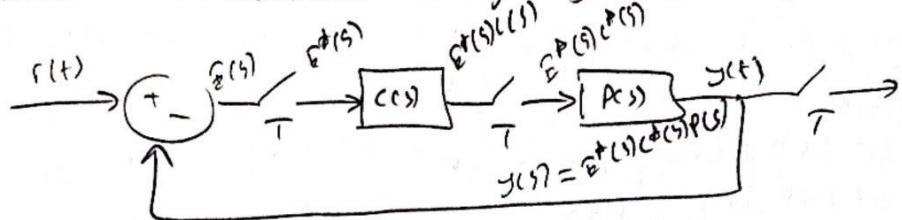
$$\boxed{0.377 < w_d < 1.005} \quad \text{ve} \quad \boxed{0.6 < \xi < 0.8} \quad \begin{array}{l} \text{sertler altinda hesaplanır.} \\ \downarrow \\ \beta = \arccos(\xi) \\ \downarrow \\ \text{rakamindan dolular.} \end{array}$$

$$t_r = \frac{\pi - \cos^{-1}(\xi)}{w_d} \text{ radian}$$

$$\begin{aligned} \bullet \xi = 0.6, w_d = 0.377 \text{ rad/s} \Rightarrow t_r &= \frac{\pi - 1.184}{0.377} = 5.193 \text{ sec} \\ \bullet \xi = 0.6, w_d = 1.005 \text{ rad/s} \Rightarrow t_r &= \frac{\pi - 1.184}{1.005} = 1.95 \text{ sec} \quad (\text{min}) \\ \bullet \xi = 0.8, w_d = 0.377 \text{ rad/s} \Rightarrow t_r &= \frac{\pi - 0.644}{0.377} = 6.675 \text{ sec} \\ \bullet \xi = 0.8, w_d = 1.005 \text{ rad/s} \Rightarrow t_r &= \frac{\pi - 0.644}{1.005} = 2.485 \text{ sec} \quad \boxed{1.95 < t_r < 6.675} \end{aligned}$$

<b>SONUÇ:</b> veriler sertler versilik	<b>• yokeselme zemekni (<math>t_r</math>)</b> → $1.95 < t_r < 6.675$
	<b>• tepe zemekni (<math>t_p</math>)</b> → $3.126 < t_p < 8.333$
	<b>• 1.2 oturma zemekni (<math>t_s</math>)</b> → $3.979 < t_s < 10.61$
	<b>• usm (<math>\% \text{ overshoot}</math>) (<math>M_p</math>)</b> → $0.015 < M_p < 0.095$

b) Sistemin  $\tau$ -aloninde luke yur - $\rightarrow$  rist uitzdrin.



• sekerden

$$y(s) = E^*(s) C^*(s) P(s)$$

$$y^*(s) = E^*(s) C^*(s) P^*(s)$$

$$y^*(s) = \frac{R^*(s) C^*(s) P^*(s)}{1 + C^*(s) P^*(s)}$$

$$\text{AUTF} = \frac{y^*(s)}{R^*(s)} = \frac{C^*(s) P^*(s)}{1 + C^*(s) P^*(s)} \Rightarrow \text{AUTF} = \frac{C(\tau) P(\tau)}{1 + C(\tau) P(\tau)}$$

olcrek bulunur. Bu deñ  $\boxed{\text{AUTF} = C(\tau) P(\tau)}$  olcrek bulunur.

(AUTF bulunmeden direkt olcrek  $\frac{y^*(s)}{E^*(s)} = C^*(s) P^*(s)$  sonradec

$\text{AUTF} = C(s) P(s)$  elde edilebilir.)

$$\text{AUTF} = C(\tau) P(\tau) = \frac{0.1 \text{ kp} (\tau - 0.2)}{\tau^3 - 0.8\tau^2 + 0.04\tau + 0.048}$$

$$= \frac{0.1 \text{ kp}}{\tau^3 - 0.8\tau^2 + 0.04\tau + 0.048} (\tau - 0.2) = K \frac{(\tau - 0.2)}{\tau^3 - 0.8\tau^2 + 0.04\tau + 0.048}$$

AUTF konserci  $\Rightarrow K$

1) AUTF'nn  $|0.2|$  noktasinde sira ver.

$$\text{AUTF'nn kritikleri } \boxed{\tau_1 = -0.2, \tau_2 = 0.4, \tau_3 = 0.6}$$

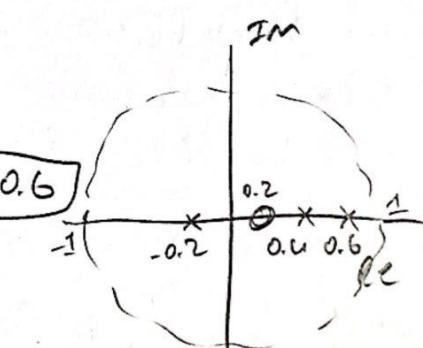
(Karakteristik denklemleri:  $\tau^3 - 0.8\tau^2 + 0.04\tau + 0.048 = 0$ )

$$\Rightarrow 8(\tau+1)(\tau-2)(\tau-3) = 0$$

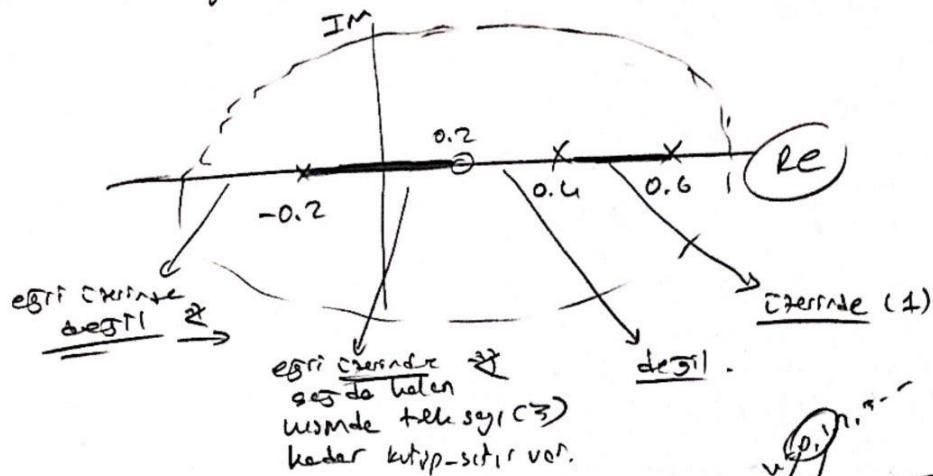
$$\tau_1 = -\frac{1}{5} = -0.2$$

$$\tau_2 = \frac{2}{5} = 0.4$$

$$\tau_3 = \frac{3}{5} = 0.6$$

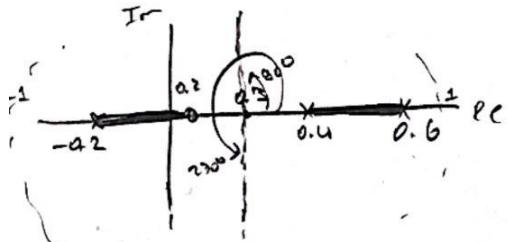


2) Formen reell (gerade) elben Zusatzbedingungen aufhebt.



$$3) \frac{n^2 - 1}{n-m} = 2 \text{ adet esimptot var } \text{ Asiler} = \frac{\frac{180}{n-m}}{2,3} (2k+1) = [30^\circ, 270^\circ]$$

$$\text{Kosf m nördl. } \theta = \frac{\varepsilon_{\text{Nord}} - \varepsilon_{\text{Süd}}}{(n-m)} = \frac{(-0.2 + 0.4 + 0.6) - 0.2}{2} = 0.3$$



$$4) A/B \text{ noltuları } B/GTF = \frac{k_p(0.17 - 0.02)}{z^3 - 0.8z^2 + 0.04z + 0.048}$$

Agricura Bütçesi

$$1 + \frac{k_p(0.17 - 0.02)}{z^3 - 0.8z^2 + 0.04z + 0.048}$$

$$\int_{\text{BUTF}} \eta_p (0.17 - 0.02)$$

$$z^3 - 0.8z^2 + 0.04z + 0.008 + k_p(0.17 - 0.02)$$

$\rightarrow$  MTF: Bp. 0,1 (7-0,2)

$$z^3 - 0.9z^2 + 0.04z + 0.048 + h(p, 0.1)(z - 0.2)$$

$$\text{ActF} = \underline{(0.1kp)(7-0.2)}$$

$$z^3 - 0.87z^2 + 0.04z + 0.068 + h(z) - h(0.2)$$

$$-z^3 + 0.8z^2 - 0.04z - 0.048 = k(z-0.2)$$

$$\frac{-z^3 + 0.8z^2 - 0.048 - 70.04}{z - 0.2} = 16$$

Kontakt mit dem Deller  
→ h'g' vek  
→ T-er al  
→ wa erthe  
↗ → GZ.

$$h = \frac{-z^3 + 0.8z^2 - 0.04z - 2.04}{z - 0.2} \quad \text{obruk hukmumu}$$

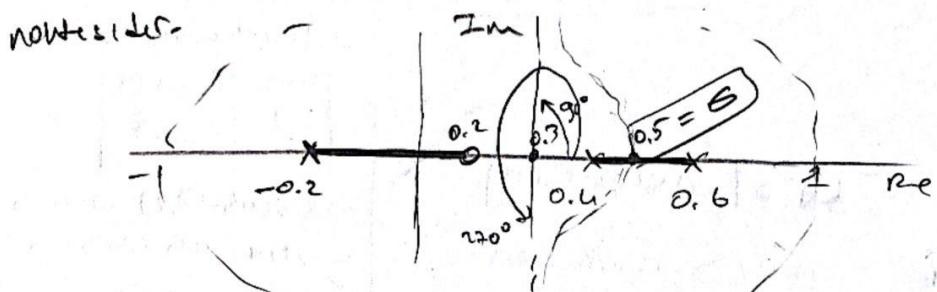
$$\frac{dh}{dz} = \frac{d\left(\frac{-z^3 + 0.8z^2 - 0.04z - 2.04}{z - 0.2}\right)}{dz} = 0$$

$\hookrightarrow = \frac{-2z^3 + 1.4z^2 - 0.32z + 0.056}{(z - 0.2)^2} = 0$

$-2z^3 + 1.4z^2 - 0.32z + 0.056 = 0 \Rightarrow z \approx 0.49 \quad (= 0.5)$

$\hookrightarrow z = 0.49 \approx 0.5$  noktasında eğri kesinleşti. // Bu noltan A/B

noltasıdır.



- 5) Normalde kritik de olur X  
 6) Normalde sıfır de olur X  
 7) Brim sayıları kostığı noktalarını Jury Testi ile bulunabilir.  
 ( KLTTF'yi korarlı yapın  $h$  değerlerini bulalım.)

Kerontersile denklem:  $P(z) = z^3 - 0.8z^2 + 0.04z + 0.048 + h(z - 0.2) = 0$   
 (KLTTF padesi)  $z^3 - 0.8z^2 + z(0.04 + h) + 0.048 - h \cdot 0.2 = 0$

$a_0 = 1 \quad a_1 = -0.8 \quad a_2 = 0.04 + h \quad a_3 = 0.048 - h \cdot 0.2$

1)  $|a_3| < a_0 = |0.048 - h \cdot 0.2| < 1 \Rightarrow -1 < 0.048 - h \cdot 0.2 < 1$   
 $-1.048 < -h \cdot 0.2 < 0.952$

2)  $P(1) > 0:$   
 $1 - 0.8 + 0.04 + h + 0.048 - h \cdot 0.2 > 0$

$0.288 + 0.8h > 0$   
 $0.288 > -0.8h$   
 $\frac{-0.288}{0.8} < h \rightarrow h > -0.36$

(1)

$$\Rightarrow P(-1) < 0 \Leftrightarrow -1 - 0.8 - 0.04 + 0.048 - 1.2k < 0$$

$$-1.792 - 1.2k < 0$$

$$\frac{-1.792}{1.2} < k \Rightarrow k > -1.493 \approx \boxed{k > -1.5}, //$$

4) Jury Teobolu ( $n \geq 3$ )  $(n=3)$

	$z^0$	$z^1$	$z^2$	$z^3$
1	$0.048 - k0.2$	$0.04 + k$	-0.8	+
2	1	-0.8	$0.048 + k0.2$	$0.04 + k$
3	$0.04k^2 - k0.2$	$k^2 + k0.04 + 0.793$	$-0.84k - 0.08$	

$$|0.04k^2 - k0.2 - 1| > |-0.84k - 0.08|$$

$$\rightarrow 1) 0.04k^2 - k0.2 - 1 > -0.84k - 0.08$$

$$0.04k^2 + 0.82k - 0.92 > 0$$

$$\hookrightarrow k^2 + 20.5k - 23 > 0$$

$$(k - 1.066)(k + 21.57) > 0$$

$$\text{I) } k < -21.57 \quad \text{und II) } k > 1.066$$

$$\rightarrow 2) -0.04k^2 + 0.02k + 1 > 0.84k + 0.08$$

$$\hookrightarrow -0.04k^2 - 0.82k + 0.92 > 0$$

$$\hookrightarrow k^2 + 20.5k - 23 < 0$$

$$(k - 1.066)(k + 21.57) < 0$$

$$\boxed{-21.57 < k < 1.066} //$$

$$\rightarrow 3) -0.04k^2 + 0.02k + 1 > -0.84k - 0.08$$

$$-0.04k^2 + 0.86k + 1.08 > 0$$

$$0.04k^2 - 0.86k - 1.08 < 0$$

$$k^2 - 21.5k - 27 < 0$$

$$\boxed{-1.189 < k < 22.689}$$

$$\begin{vmatrix} 0.048 + k0.2 & 1 \\ 1 & 0.048 - k0.2 \end{vmatrix} =$$

$$(0.048 - k0.2)^2 - 1$$

$$0.004k^2 - 0.02k + 0.048^2 - 1$$

$$\boxed{0.04k^2 - 0.02k - 1}$$

$$\begin{vmatrix} 0.048 - k0.2 & -0.8 \\ 1 & 0.04 + k \end{vmatrix} =$$

$$(0.048 - k0.2)(0.04 + k) + 0.8$$

$$0.003 + k0.008 - 0.008 = k^2 0.2 + 0.8$$

$$\boxed{-k^2 0.2 + k0.048 + 0.793}$$

$$\begin{vmatrix} 0.048 - k0.2 & 0.04 + k \\ 1 & -0.8 \end{vmatrix} =$$

$$-0.8(0.048 - k0.2) - 0.04 + k$$

$$\boxed{-0.84k - 0.08}$$

$$\begin{matrix} k=2 \text{ f\"ur} \\ \text{erstes Gleichung} \\ (4 \times 0.04 - 0.04 - 1)^2 \\ > 1 - 0.84 \times 2 - 0.08 \\ > 0.88 > 0.57 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} k=2 \text{ f\"ur} \\ \text{zweites Gleichung} \\ 0.04 \times 4 - 0.02 - 1 > 1 - 0.84 - 0.08 \\ 0.96 > 0.57 \end{matrix}$$

$$1) 0.04k^2 - 0.02k - 1 > 0.84k + 0.08$$

$$0.04k^2 - 0.86k - 1.08 > 0$$

$$k^2 - 21.5k - 27 > 0$$

$$\text{I) } k > 22.689 \quad \text{und}$$

$$\text{II) } k < -1.189$$

②

Sury Testi sonunu (7. Adım);

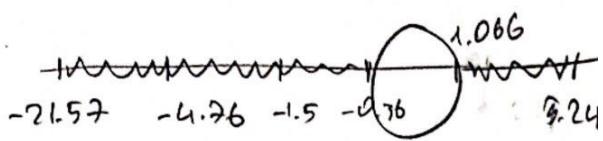
1)  $5.24 > k > -4.76$

2)  $k > -0.36$

3)  $k < -1.5$

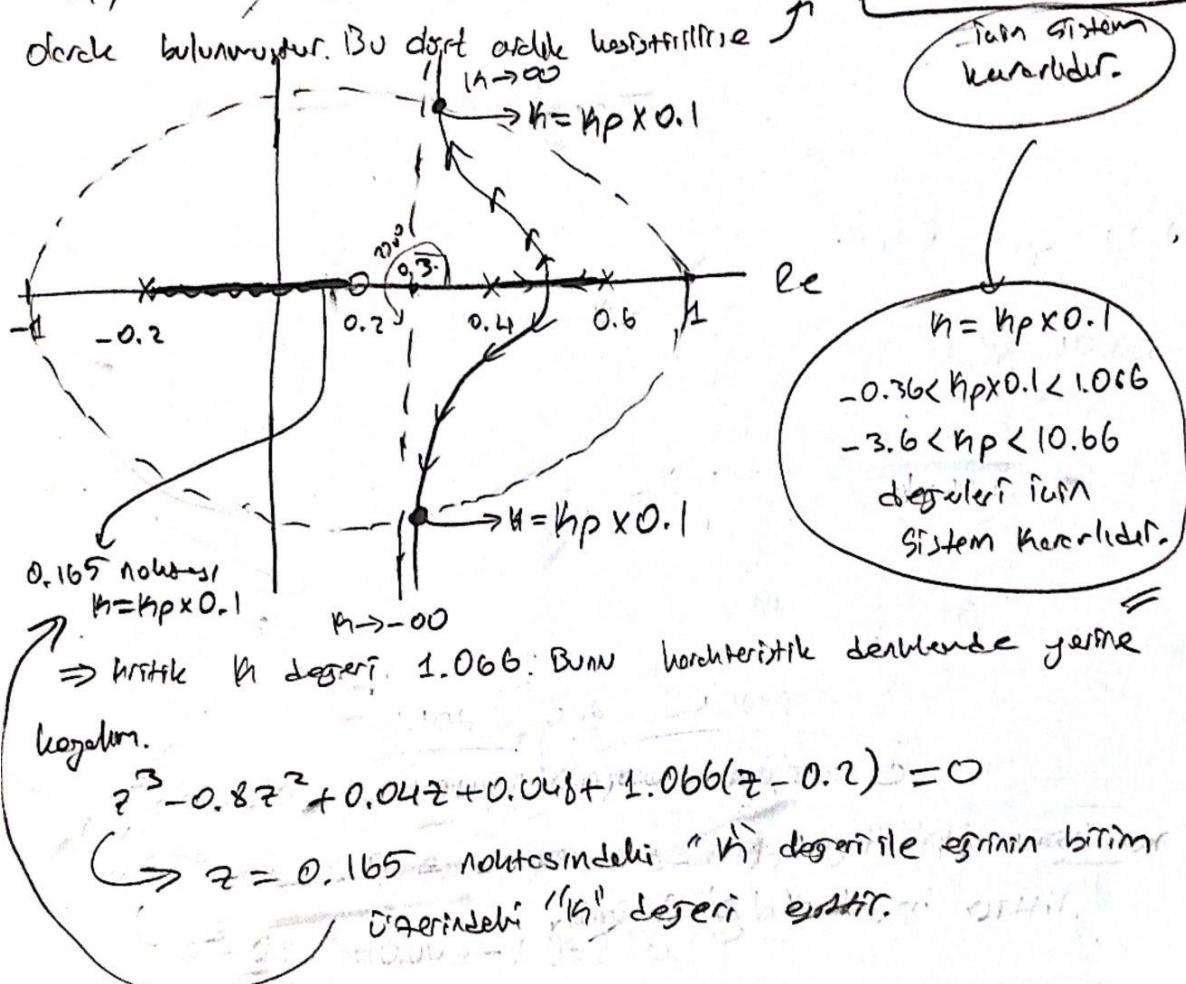
4)  $-21.57 < k < 1.066$

değeri bulunmuyor. Bu doğrultuda稳定性ye



$-0.36 < k < 1.066$

Tanı sistem  
karakteristiği.



$$k = k_p \times 0.1$$

$$-0.36 < k_p \times 0.1 < 1.066$$

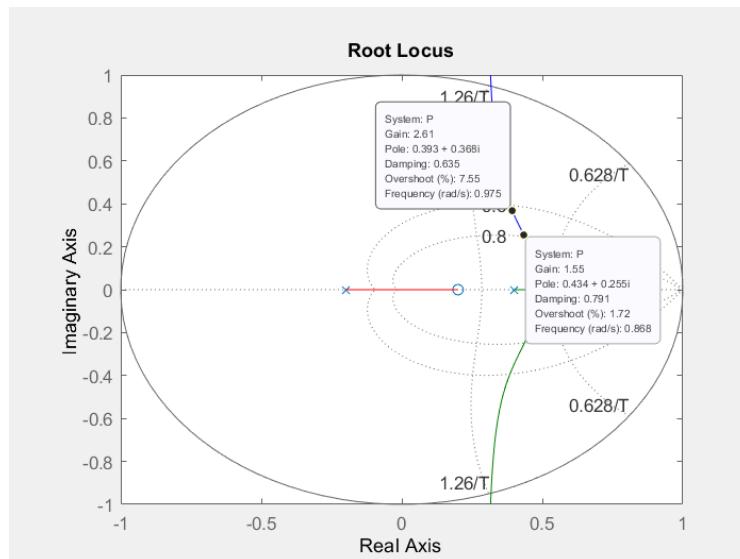
$$-3.6 < k_p < 10.66$$

değerleri için  
sistem karekt.

(21)

Kök yer eğrisi elle hesaplandıktan sonra MATLAB ile de Şekil-61'de gösterilen şekilde çizdirilmiştir. Bu şekil üzerinde C şıkkında istenildiği üzere verilen şartlara karşılık gelen bölge aşağıdaki adımlar doğrultusunda gösterilmektedir. Bu bölge içerisinde iki farklı  $K_p$  değeri seçilmiştir.

```
%SORU3
%SORU3-b)
T=1;%Örneklemme periyodu T=1 alınmıştır.
z=tf('z',T);%Ayrık zaman z-dönüşümü transfer fonksyonu için "z" değişkeninin tanımlanması.
P=(0.1*z-0.02)/(z^3-0.8*z^2+0.04*z+0.048);%Sistem P transfer fonksyonu.
rlocus(P);%P sistemi kök yer eğrisi.
zgrid([0.6 0.8],[(0.2*pi)/T (0.4*pi)/T]);%Verilen şartlara karşılık gelen bölge gösterilmiştir.
axis equal;
xlim([-1 1]);
ylim([-1 1]);
%SORU3-c)
%Verilen şartlara uygun iki farklı  $K_p$  ( $K_1$  ve  $K_2$ ) değerleri seçilmiştir.
%Bölge gösterilmiştir.
K1=2.61;%Zeta = 0.635
K2=1.55;%Zeta = 0.751
```

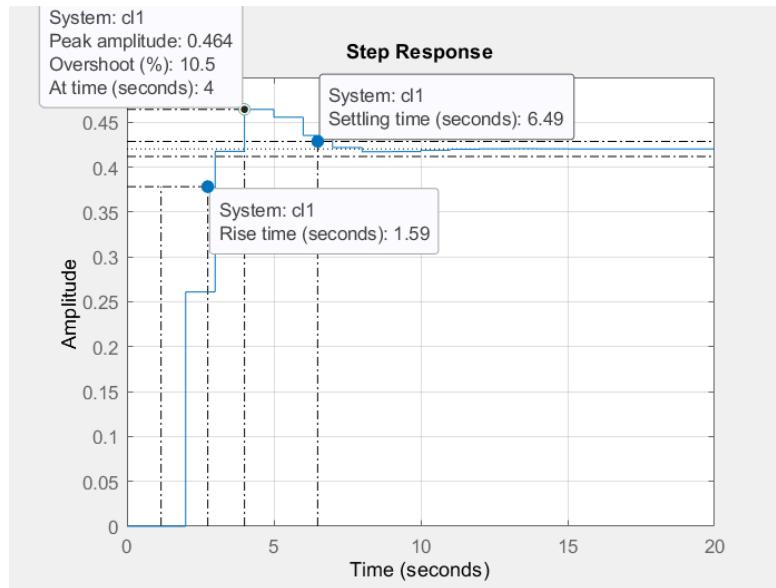


*Şekil 61: Soru 3 b-c)  $P(z)$  sistem kök yer eğrisi üzerinde şartlar altındaki bölge içerisinde iki farklı nokta seçilmesi.*

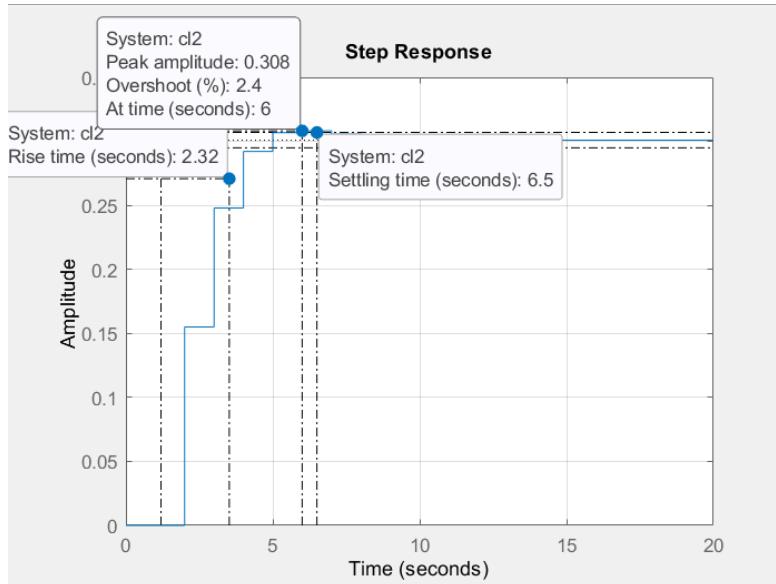
3. Sorunun D şıkkında seçilen  $K_p$  değerlerine karşılık gelen kapalı çevrim sistemleri aşağıdaki adımlar doğrultusunda elde edilmektedir. Bu sistemlerin birim basamak cevapları Şekil 62 ve Şekil 63'te gösterildiği gibi çizdirilmiştir. Ek olarak oluşturulan kapalı çevrim sistemlerinin "damp" fonksyonu ile dominant kutuplar için "wn" ve "zeta" değerleri bulunmaktadır. Bu değerler verilen şartlara uygundur.

```
%SORU3-d)
c11=feedback(P*K1,1);
[wn_c11,zeta_c11]=damp(c11);%KÇTF'nin dominant kutupları için verilen şartların sağlandığı "damp"
%fonksyonu ile gözlemlenmektedir.
c12=feedback(P*K2,1);
[wn_c12,zeta_c12]=damp(c12);%KÇTF'nin dominant kutupları için verilen şartların sağlandığı "damp"
%fonksyonu ile gözlemlenmektedir.
figure;
step(c11);%KÇTF1 Birim basamak cevabı.
grid;
figure;
step(c12);%KÇTF2 Birim basamak cevabı.
grid;
```

Çizimler kullanılarak yükselseme, tepe, %2 oturma zamanları ve aşım grafikler üzerinde işaretlenmektedir.



*Şekil 62: Soru 3 d)  $K_1=2.61$  ile oluşturulan kapalı çevrim sistemi birim basamak cevabı.*



*Şekil 63: Soru 3 d)  $K_2=1.55$  ile oluşturulan kapalı çevrim sistemi birim basamak cevabı.*

3.Sorunun E şıklıkında kapalı çevrim sistemleri için birim basamak cevapları incelenmiş olup A şıklıkında elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.  $K_1=2.61$  için aşım ve yükselseme zamanları değerlerinde bir takım tutarsızlıklar vardır, diğer değerler sınırlar içerisinde yer almaktadır. A şıklıkında bulunmuş olan sınırlara çok yakın fakat bu sınırlar içerisinde olmayan değerler elde edilmiştir. Bunun sebebi  $K_1$  noktasının dominant kutuplardan, bölge içerisinde kalmak şartıyla en uzak noktada seçilmiş olmasıdır. Bu sebeple elde edilen gerçek değerlerle A şıklıkında hesaplanan değerler arasında bazı farklılıklar olabilmektedir.  $K_2=1.55$  için bulunan değerler A şıklıkında elde edilen sınırlar içerisinde yer almaktadır.  $K_2$  için bu değerler tutarlıdır. Dominant kutuplara yakın  $K$  değerleri için A şıklıkında bulunan değerler tutarlıdır.

#### 4. SORU 4

SORU 4)

a)

Verilen şartlar su şartıdır; ( $T=1 \text{ sec}$ )

1) Kapalı çevrim sisteminin sönüm oranı  $0.3 < \zeta < 0.4$  olmalı.

2) Kapalı çevrim sisteminin doğal frekansı  $\frac{0.1\pi}{T} < \omega_n < \frac{0.7\pi}{T}$  olmalı.

3. Derece sistem  $P(z) = \frac{z^2 - 0.5}{z^3 - z^2 - z + 0.5}$  şeklinde

ceşitlidir. Sistemin kök yer eğrisi incelemesinde verilen şartları (1, 2) sağlayacak bir Kp değeri (P-kontrolcü) sağlanamaz.  $P(z)$  sisteminin birim çember üzerinde bir kutbu var. Herhangi bir P-kontrolcü ile bu kutbun birim çember içerisinde olması sağlanamaz. (Sistem kararlı hale getirilemez.)

Dolayısıyla sistemin bir Kp (P-kontrolcü) ile verilen şartları sağlaması mümkün değildir. "P" sisteminin kök yer eğrisi incelemesinde eğrinin kutuf için şartları sağlayacak bölge içerisinde olmadığı görülmektedir.

4. Sorunun A şıklında sistemin kök yer eğrisi aşağıdaki adımlar sonucunda Şekil 64'te gösterildiği gibi çizdirilmiştir. Bu tasarımin P-kontrolcü ile yapılamayacağı anlaşılmaktadır.

%SORU4-a)

%Sartlar;

%1) Kapalı çevrim sisteminin sönüm oranı ( $\zeta$ ) 0.3 ile 0.4 arasında olmalı.

%2) Kapalı çevrim sisteminin doğal frekansı ( $\omega_n$ )  $0.1\pi T$  ile  $0.2\pi T$  arasında olmalı.

$T=1$ ; %Örneklemme periyodu  $T=1$  alınmıştır.

$z=tf('z',T);$  %Ayrık zaman z-dönüşümü transfer fonksiyonu için "z" değişkeninin tanımlanması.

$P=(z^2-0.5)/(z^3-z^2-1*z+0.5);$  %Üçüncü derece kararsız sistem  $P(z)$  transfer fonksiyonu.

%order(P);

$rlocus(P);$  %P sistemi kök yer eğrisi.

$zgrid([0.3 0.4], [(0.1*pi)/T (0.2*pi)/T]);$

axis equal;

xlim([-2 2]);

ylim([-2 2]);

% $P(z)$  sisteminin birim çemberin dışında kutbu var. Hiçbir Kp kazanç bloğu

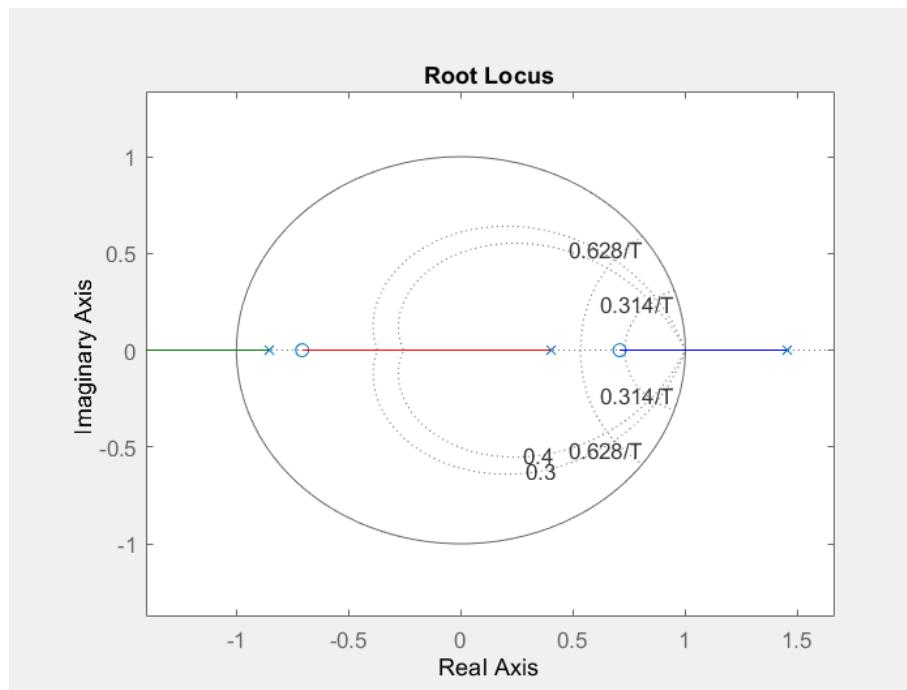
%(P-kontrolcü) değeri ile bu kutbun birim çember içeresinde olması

%sağlanamaz. (Sistemin kararlı hale getirilmesi sağlanamaz).

%Dolayısıyla sistemin bir Kp (P-Kontrolcü) ile verilen şartları sağlaması mümkün değildir.

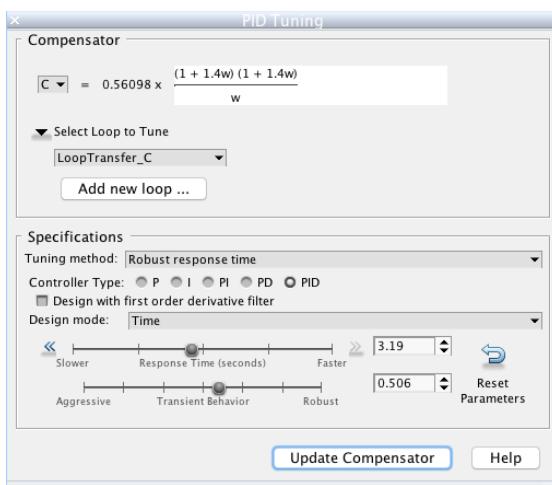
%P sisteminin kök yer eğrisi incelemesinde eğrinin hiç bir noktası

%verilen şartları sağlayacak bölge içerisinde olmadığı görülmektedir.

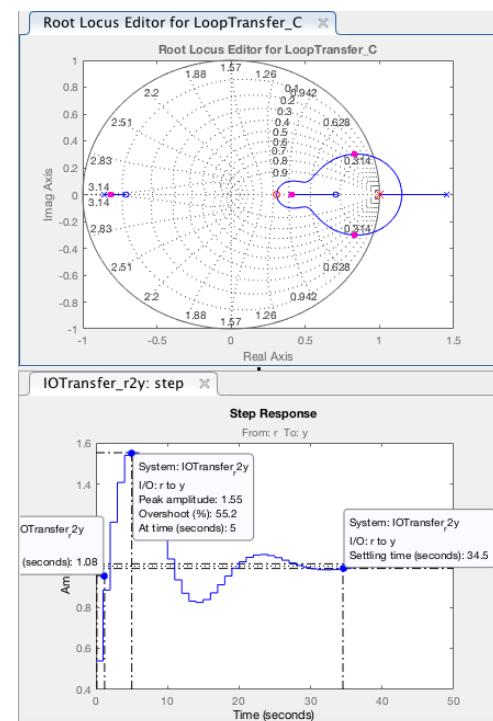


Şekil 64: Soru 4 a) Verilen şartlar altında kalan bölge gösterilmiştir. 3. Derece kararsız sistem  $P(z)$  kök yer eğrisi.

4. Sorunun B şıkkında şartları sağlayan PID kontrolcü sisotool fonksiyonu kullanılarak PID Tuning seçeneği ile Şekil 65 ve Şekil 66'da gösterildiği gibi oluşturulmuştur. Oluşturulan kontrolcü C\_PID değişkenine aşağıda gösterildiği gibi kaydedildikten sonra bu kontrolcü kullanılarak kapalı çevrim sistemi oluşturulmuştur. Kapalı çevrim sisteminin birim basamak cevabı Şekil 67'de gösterildiği gibi çizdirilmiştir. Kapalı çevrim sisteminin kök yer eğrisi Şekil 68'de gösterilmiştir. Ek olarak "damp" fonksiyonu kullanılarak PID kontrolcü ile elde edilen kapalı çevrim sisteminin dominant kutupları için verilen şartların sağlandığı görülmektedir.

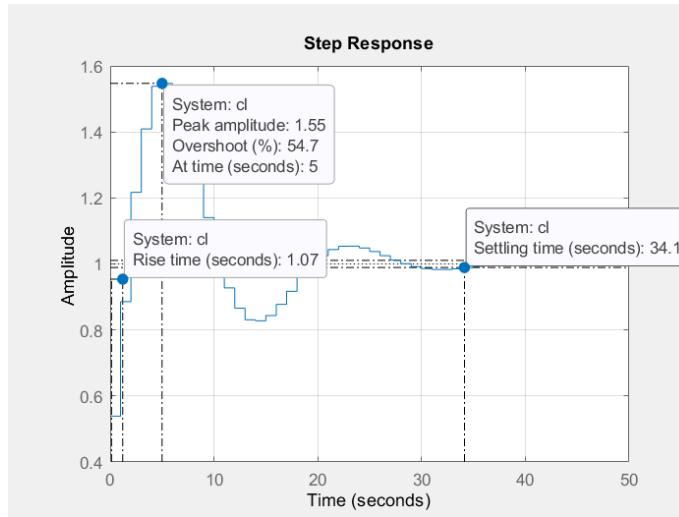


Şekil 65: Soru 4 b) PID Kontrolcü seçilmesi.

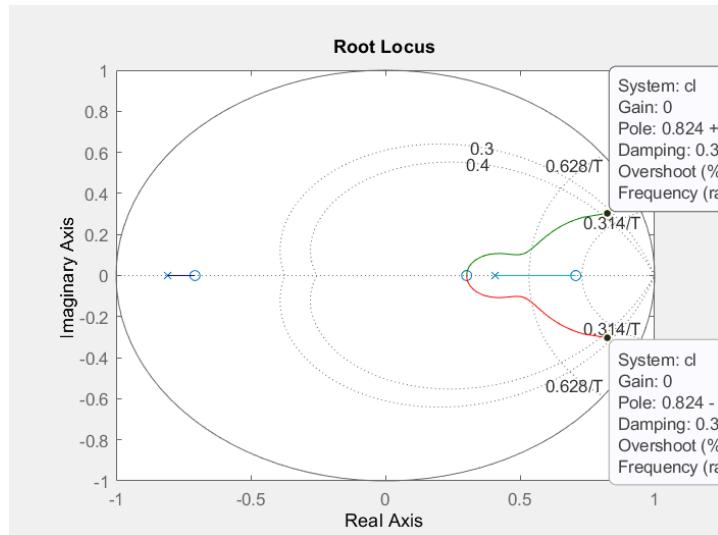


Şekil 66: Soru 4 b) Kök yer eğrisi ve birim basamak cevabının gözlemlenmesi.

```
%SORU4-b)
%sisotool(P);
C_PID=(1.168*(z-0.3018)^2)/(z-1);%sisotool ile kök yer eğrisinden istenilen P-kontrolcü seçilmesi.
%pid(C_PID);%PID kontrolcü parametreleri "pid" komutu ile gösterilmiştir.
cl=feedback(P*C_PID,1);%Kapalı çevrim sistemi oluşturulması.
[wn_cl,zeta_cl]=damp(cl);%KÇTF'nin dominant kutupları için verilen şartların sağlandığı "damp"
%fonksiyonu ile gözlemlenmektedir.
figure;
step(cl);%KÇTF birim basamak cevabı.
grid;
figure;
rlocus(cl);%KÇTF kök yer eğrisi.
zgrid([0.3 0.4],[(0.1*pi)/T (0.2*pi)/T]);
```



*Şekil 67: Soru 4 b) PID kontrolcü ile oluşturulan kapalı çevrim sistemi birim basamak cevabı.*



*Şekil 68: Soru 4 b) PID kontrolcü ile oluşturulan kapalı çevrim sistemi kök yer eğrisi.*

b) Sartları saglayarak plan PID kontrolci "sisotool" fonksiyon  
ile "PID Tuning" seviyesi tercih eden  $\frac{1.168z^2 - 0.705z + 0.1064}{z - 1}$

olarak elde edilen degerler. Kapsam Sistemi oluştururken  
elde edilen sistemin birim beslemek icin elde edilen  
sistemin verilen sartlara uzerinde yahut tepe, i:2 oforma  
formasi ve osim degerleri guncelle eden degerlerdir.  
Bu degerler verilen sartlar iken uygunluktadir. "damp" fonksiyon  
ile hesaplanan PID kontrolcyle elde edilen olen kapsam  
sistemini baskin hizuplari için  $\xi$  ve  $w_n$  degerleri  
sagligla  $0.346$  ve  $0.3755$  olarak bulunmaktadadir. Verilen  
sartları saglamaktadır. Tosorim doğrulanmıştır. ??