

Kontrol Sistemleri Tasarımı

Sistem Modellerinin Zaman Cevabı ve Performans Kriterleri

Prof.Dr. Galip Cansever

Örnek:

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

Sönüm oranlarını 0 ile 1 arasında değiştirerek doğal frekans 1 iken birim basamak cevaplarını elde ediniz.

```
num=1;
t=0:.0001:12;

zeta=0;
den=[1 2*zeta 1];
y1=step(num,den,t);

zeta=.1;
den=[1 2*zeta 1];
y2=step(num,den,t);

zeta=.2;
den=[1 2*zeta 1];
y3=step(num,den,t);

zeta=.3;
den=[1 2*zeta 1];
y4=step(num,den,t);
axis([0 12 0 2])
plot(t,y1,'-',t,y2,'-',t,y3,'-',t,y4,'-'),grid
title('Step response vs. \xi')
xlabel('\omegan t ')
ylabel('y(t)')
hold on
```

```

zeta=.3;
den=[1 2*zeta 1];
y4=step(num,den,t);
axis([0 12 0 2])
plot(t,y1,'-',t,y2,'-',t,y3,'-',t,y4,'-
'),grid
title('Step response vs. \xi')
xlabel('\omegan t ')
ylabel('y(t)')
hold on

```

```

zeta=.4;
den=[1 2*zeta 1];
y1=step(num,den,t);

```

```

zeta=.5;
den=[1 2*zeta 1];
y2=step(num,den,t);

```

```

zeta=.6;
den=[1 2*zeta 1];
y3=step(num,den,t);

```

```

zeta=.7;
den=[1 2*zeta 1];
y4=step(num,den,t);
plot(t,y1,'-',t,y2,'-',t,y3,'-',t,y4

```

```

zeta=.8;
den=[1 2*zeta 1];
y1=step(num,den,t);

```

```

zeta=.9;
den=[1 2*zeta 1];
y2=step(num,den,t);

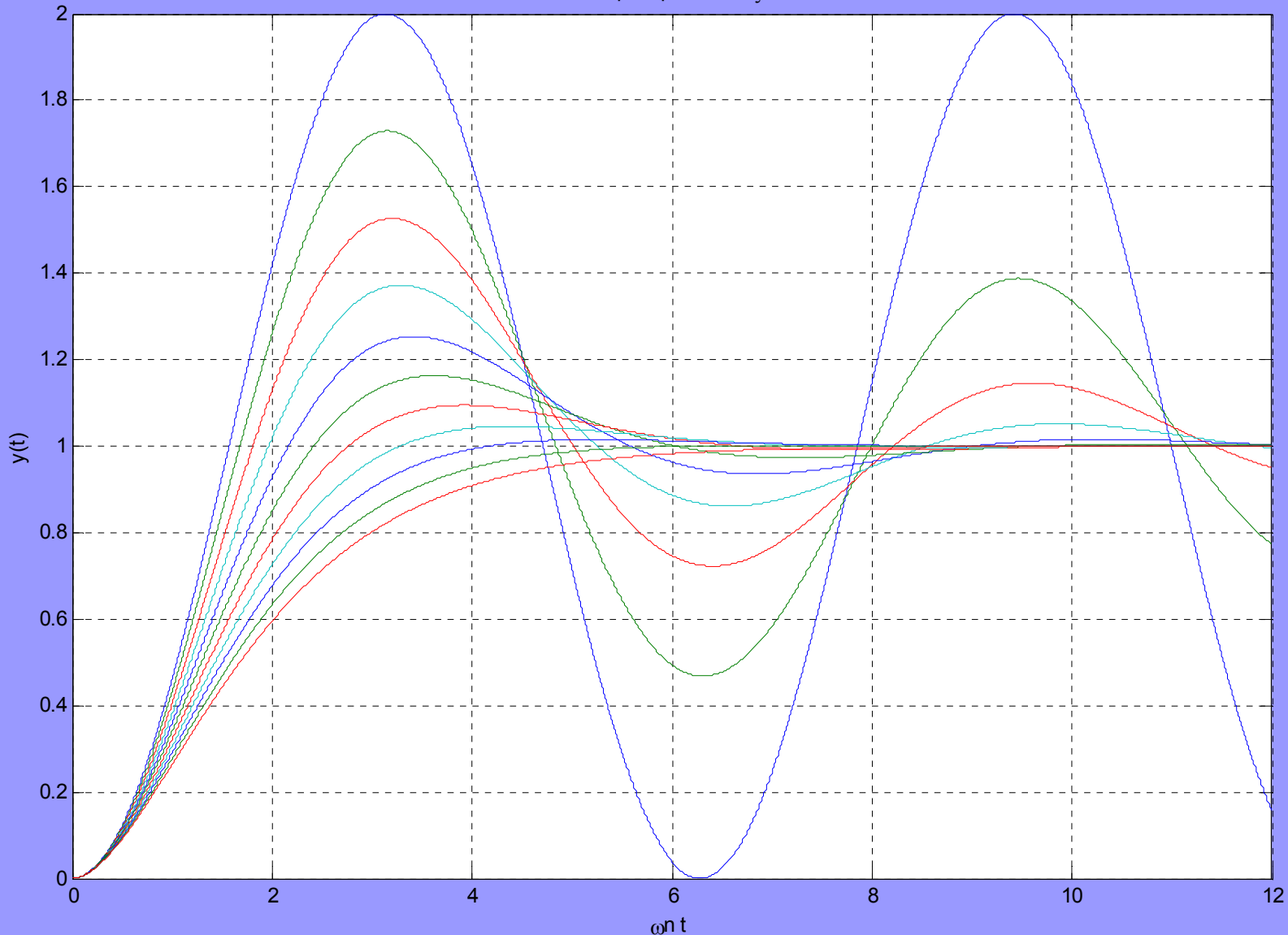
```

```

zeta=1;
den=[1 2*zeta 1];
y3=step(num,den,t);
plot(t,y1,'-',t,y2,'-',t,y3,'-')

```

Step response vs. ξ



Örnek:

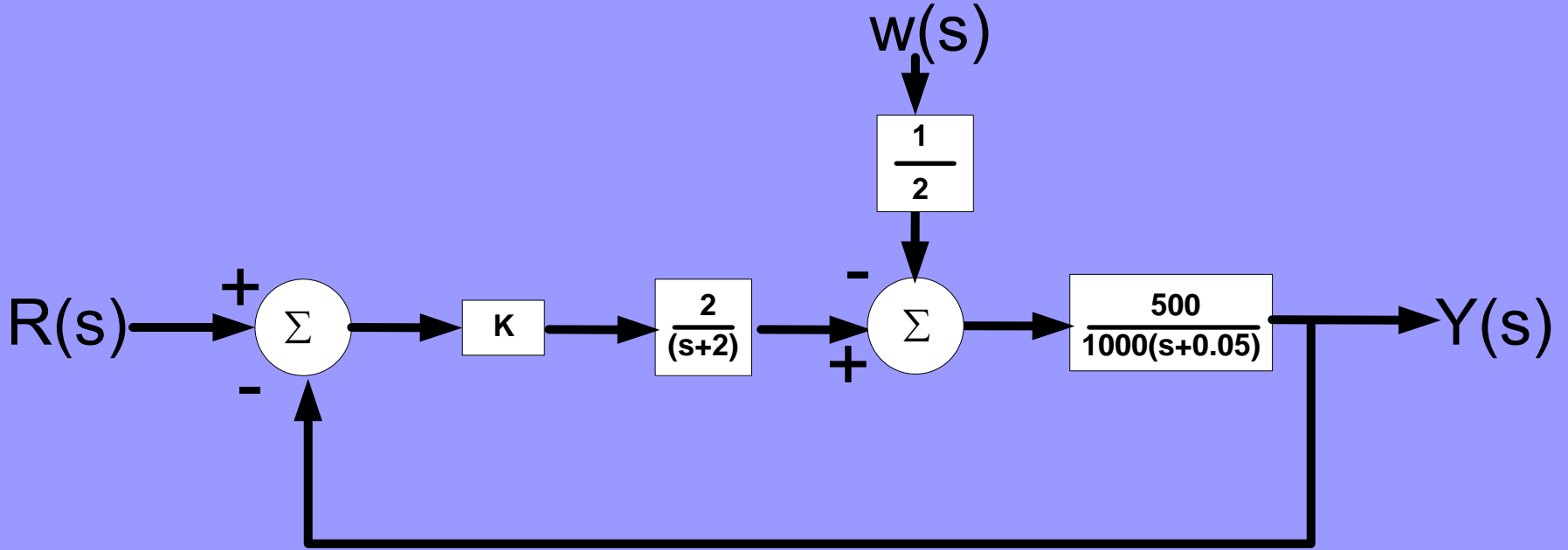
$$G(s) = \frac{4s^2 + 36s + 32}{s^4 + 10s^3 + 30s^2 + 40s + 24}$$

Transfer fonksiyonunu Matlab ile oluşturup, sıfır, kutup ve kazanç değerlerini elde ediniz. Sıfır ve kutupları s düzleminde yerlerini çizdiriniz.

```
n = [4 36 32]
d = [1 10 30 40 24]
disp('***** >'); pause
disp('Create G(s) as a TF object')
G = tf(n,d)
disp('***** >'); pause
disp('Convert G(s) into ZPK object')
GG = zpk(G)
disp('***** >'); pause
disp('Extract poles and zeros from ZP form into arrays')
[zz,pp,kk] = zpkdata(GG,'v')
disp('***** >'); pause
disp('Extract poles and zeros from TF form into arrays')
[z,p,k] = zpkdata(G,'v')
disp('***** >'); pause
pzmap(GG); grid
title('Ex 2.2: pole-zero map from ZP form')
```

Örnek:

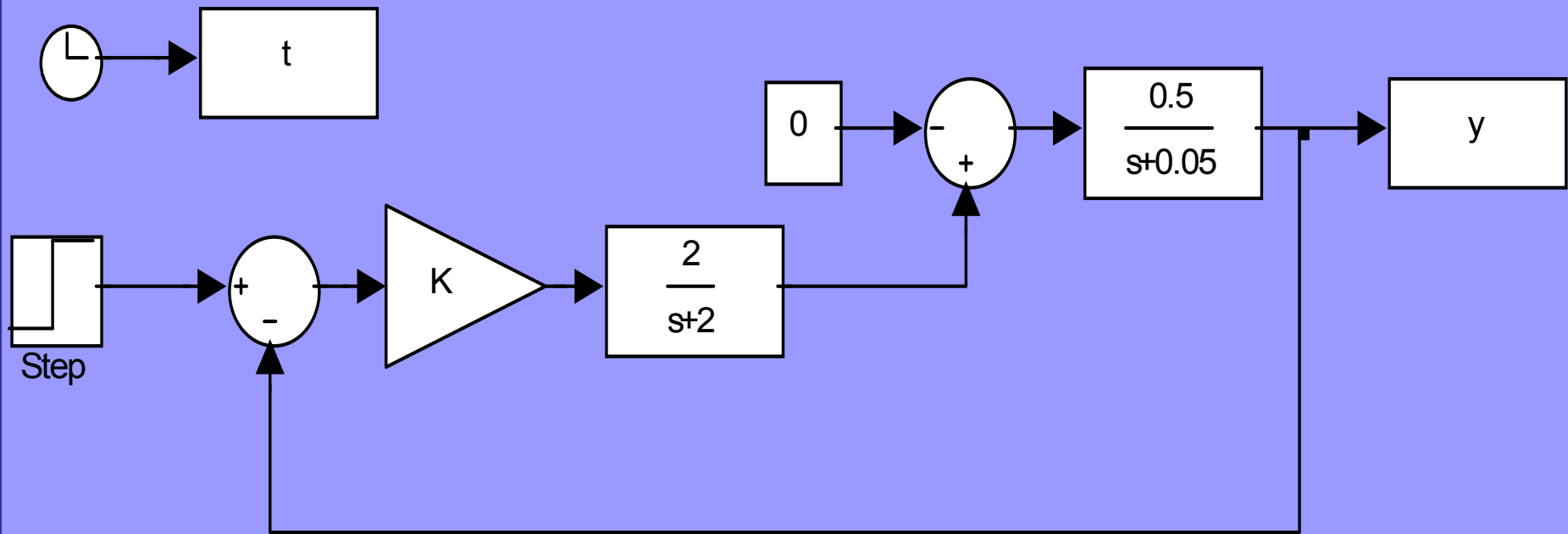
Araba cruise kontrol

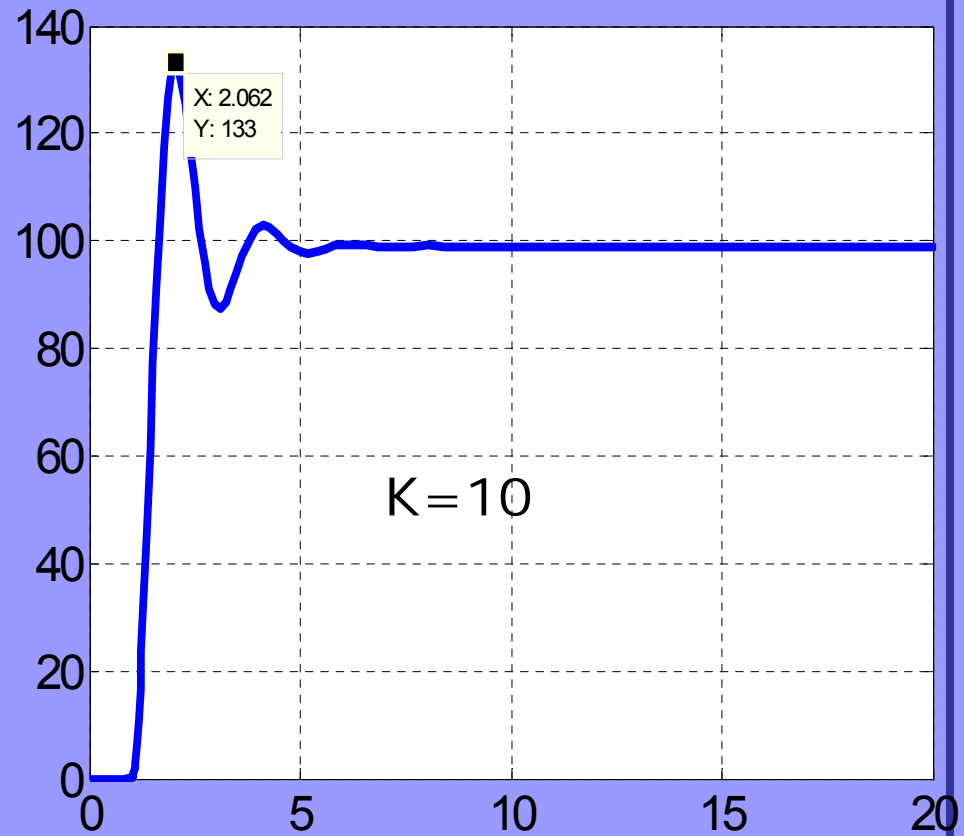
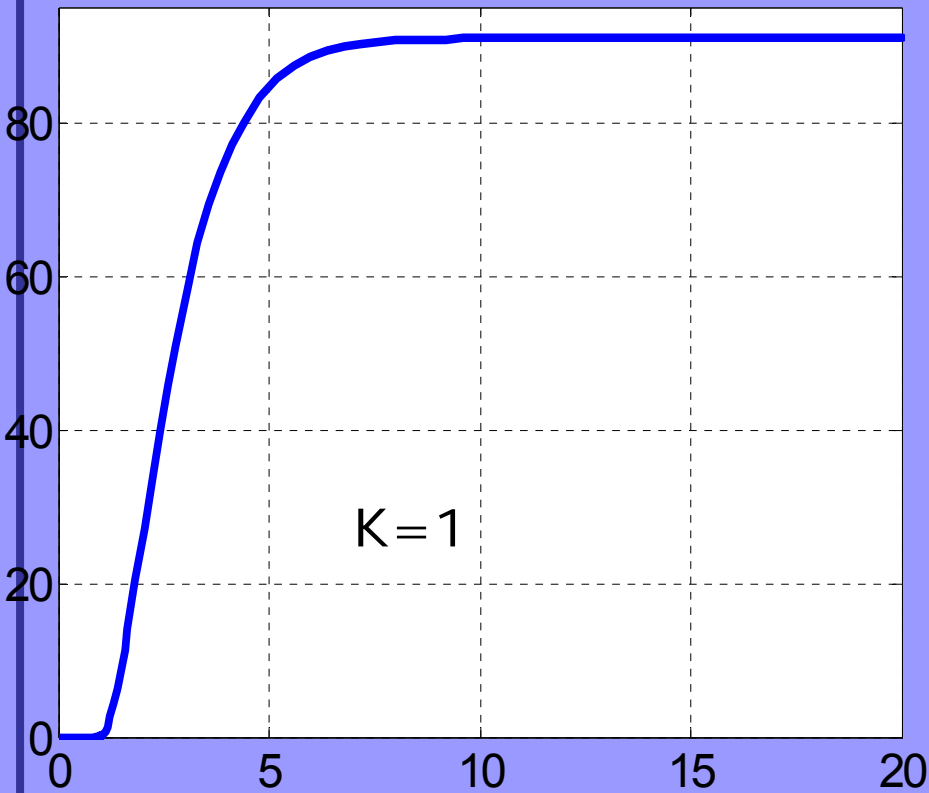


Dinamik modeli şekildeki gibi olan cruise kontrol sisteminde $w(s)$ % yol derecesi, $R(s)$ istenilen hız referansı, K kontrolör kazancı ve $Y(s)$ de gerçek hızdır.

$w(s)=0$ ve ilk hız $y(0)=0$ km/saat iken $K=1$ ve 10 olması durumunda ve $t=0$ anında $r(t)=100$ km/saat yani $r(t)=100u(t)$, ($u(t)$ birim basamak fonksiyonu) uygulandığında

Aşımı, yükselme zamanını ve hızdaki kararlı hal hatasını bulunuz.



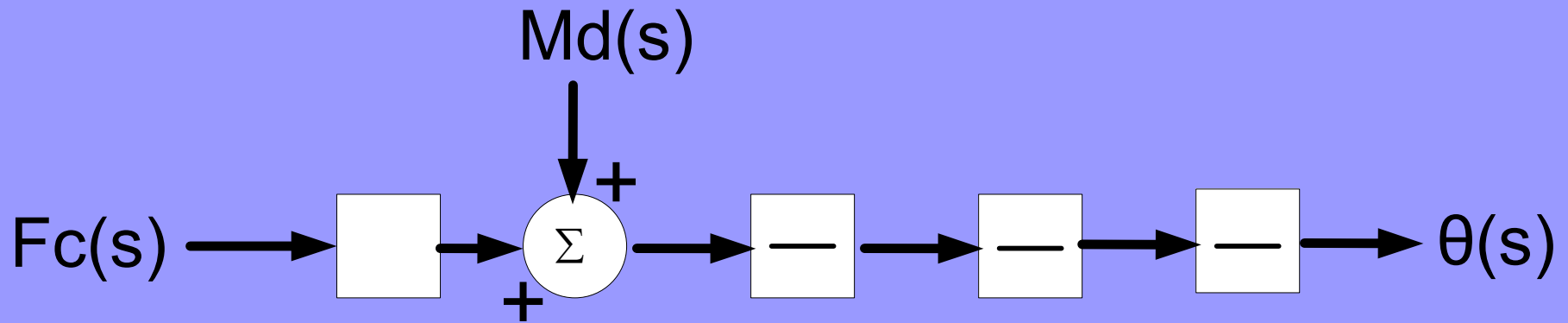


$K=1$ iken aşım ve osilasyon yok, $T_r=5s$ ve Kararlı hal hatası=%10

$K=10$ iken aşım= $(133-99)/99=\%34$, osilasyon var, $T_r=1s$, ve kararlı hal hatası %1

Örnek:

Uydu konum kontrolü



a) Kağalı Döngü transfer fonksiyonunu bulunuz, $\frac{\theta(s)}{F_c(s)}$

b) Aşımın %10 dan ve yerleşme zamanının %5 den küçük olacağı kompleks düzlemdeki bölgeyi bulunuz.

c) $d=2m$, $I=2000kgm^2$ ve $M_d=50Nm$ için b şıkkındaki şartları sağlayacak kazançları hesaplayınız.

i) $F_c(t) = 60N$ ve başlangıç açısal pozisyon 0 için Açısal konum ve hızın zamana göre değişimini çiziniz. Performans kriterlerinin tutup tutmadığını karşılaştırınız.

ii) Kararlı hal hatası nedir?

a)

$$\theta(s) = [(\theta_d(s) - K_2\theta(s)s - \theta(s))K_1d] \frac{1}{Is^2}$$

$$Is^2\theta(s) = K_1d\theta_d(s) - K_1K_2d\theta(s)s - K_1d\theta(s)$$

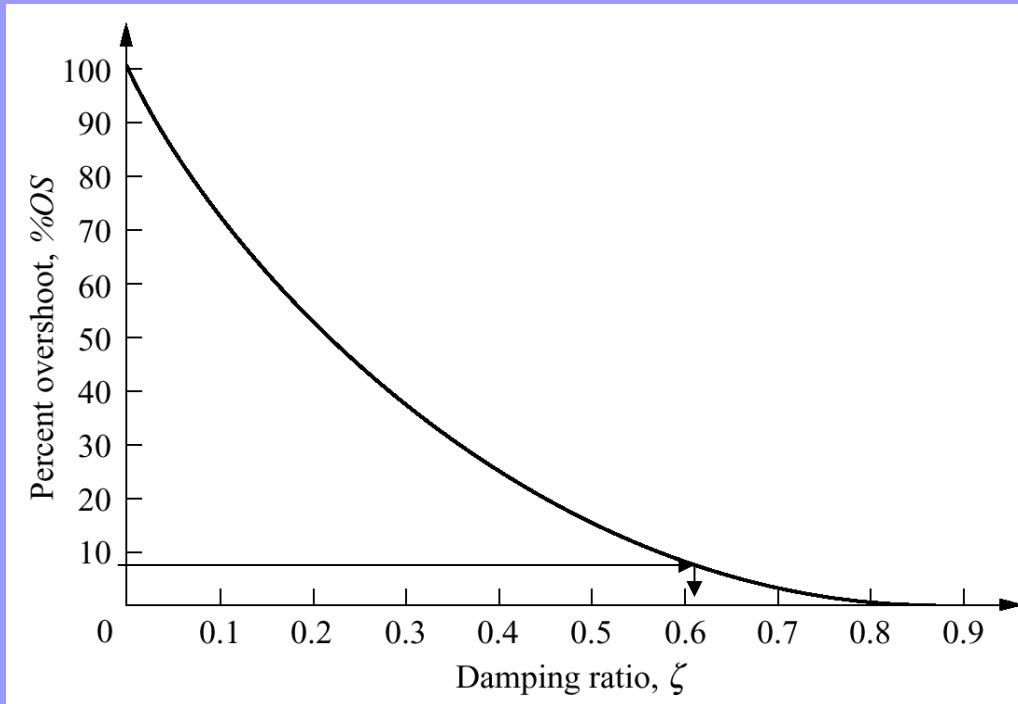
$$\theta(s)(s^2I + K_1K_2ds + K_1d) = K_1d\theta_d(s)$$

$$\frac{\theta(s)}{\theta_d(s)} = \frac{K_1d}{(s^2I + K_1K_2ds + K_1d)}$$

$$\frac{\theta(s)}{\theta_d(s)} = \frac{\frac{K_1d}{I}}{(s^2 + \frac{K_1K_2}{I}ds + \frac{K_1d}{I})}$$

b)

$$\frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad \omega_n = \sqrt{\frac{K_1 d}{I}}; \quad 2\zeta\omega_n = \frac{K_1 K_2 d}{I} \Rightarrow$$

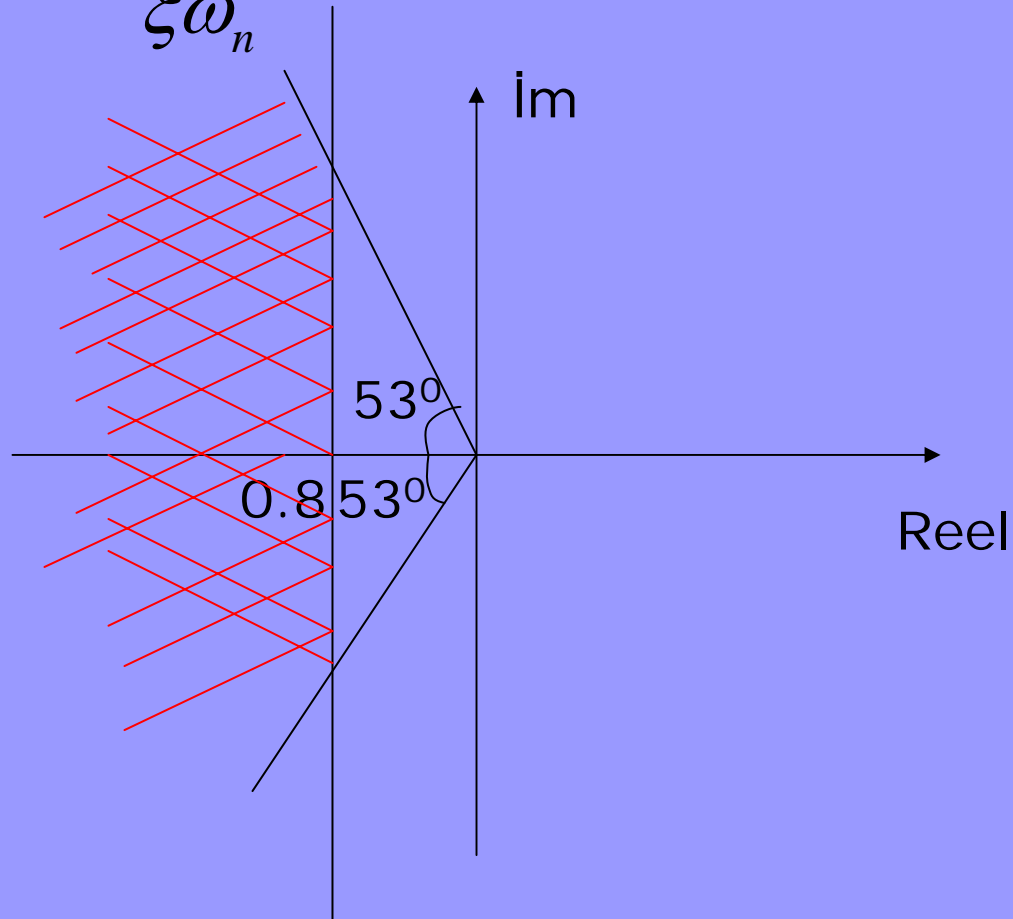


Aşım %10 dan küçük ise şekle göre sönüm oranı 0.6 dan büyük veya eşit olmalıdır. Dolayısıyla,

$$\theta \leq \cos^{-1}(0.6)$$

$$\theta \leq 53^{\circ}$$

$$T_s \leq 5s \Rightarrow \frac{4}{\xi\omega_n} \leq 5 \Rightarrow \xi\omega_n \geq 0.8$$



$$c) \quad i) \quad \xi \geq 0.6 \Rightarrow \frac{K_2}{2} \sqrt{\frac{K_1 d}{I}} \geq 0.6 \Rightarrow \sqrt{K_1 K_2} \geq 1.2 \sqrt{\frac{I}{d}}$$

$$\sqrt{K_1 K_2} \geq 1.2 \sqrt{\frac{2000}{2}} \Rightarrow \sqrt{K_1 K_2} \geq 37.94$$

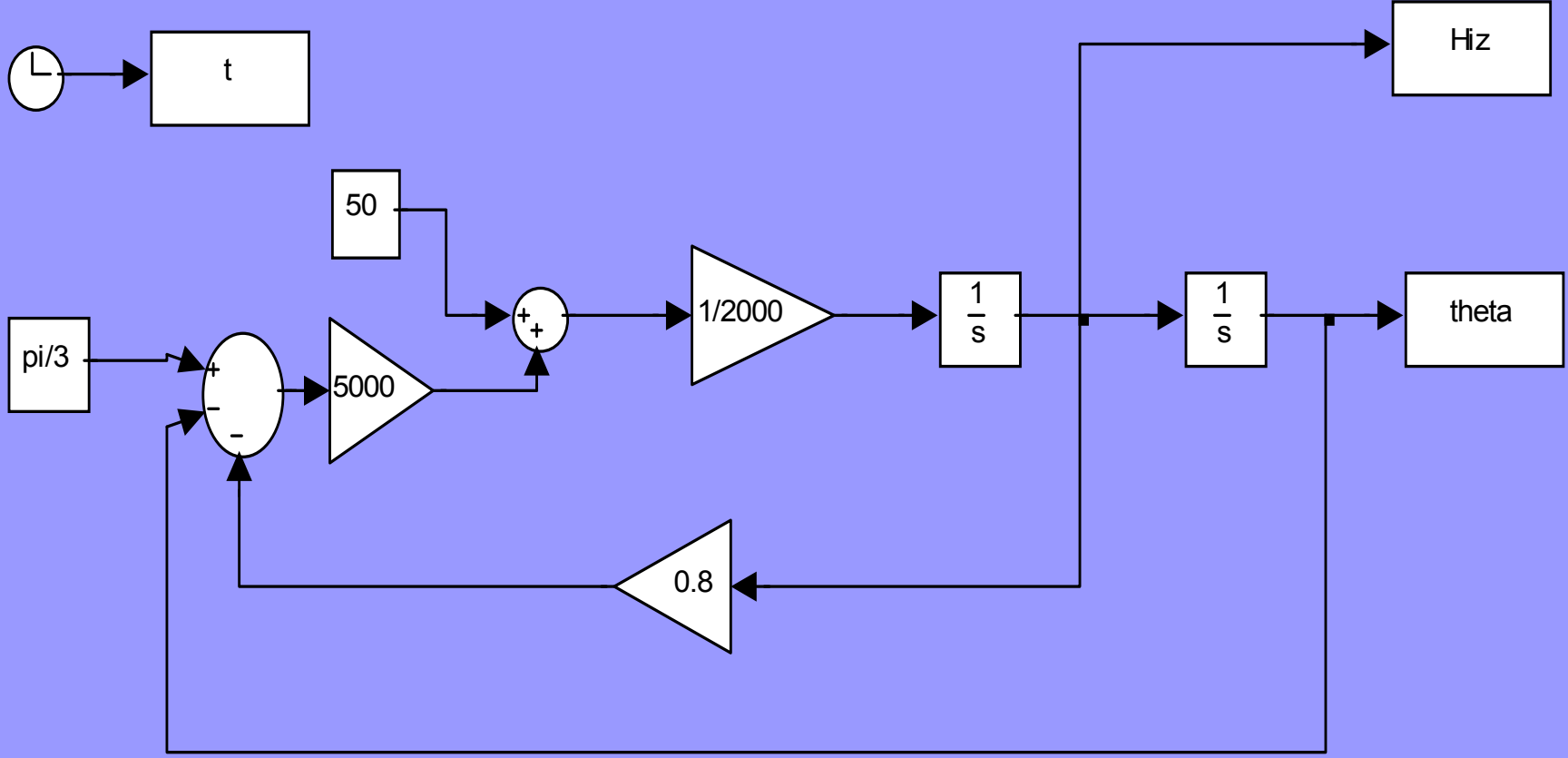
$$ii) \quad \frac{4}{\xi \omega_n} \leq 5 \Rightarrow \frac{4}{\frac{K_1 K_2 d}{2I}} \leq 5 \Rightarrow K_1 K_2 \geq \frac{9I}{5d} \Rightarrow$$

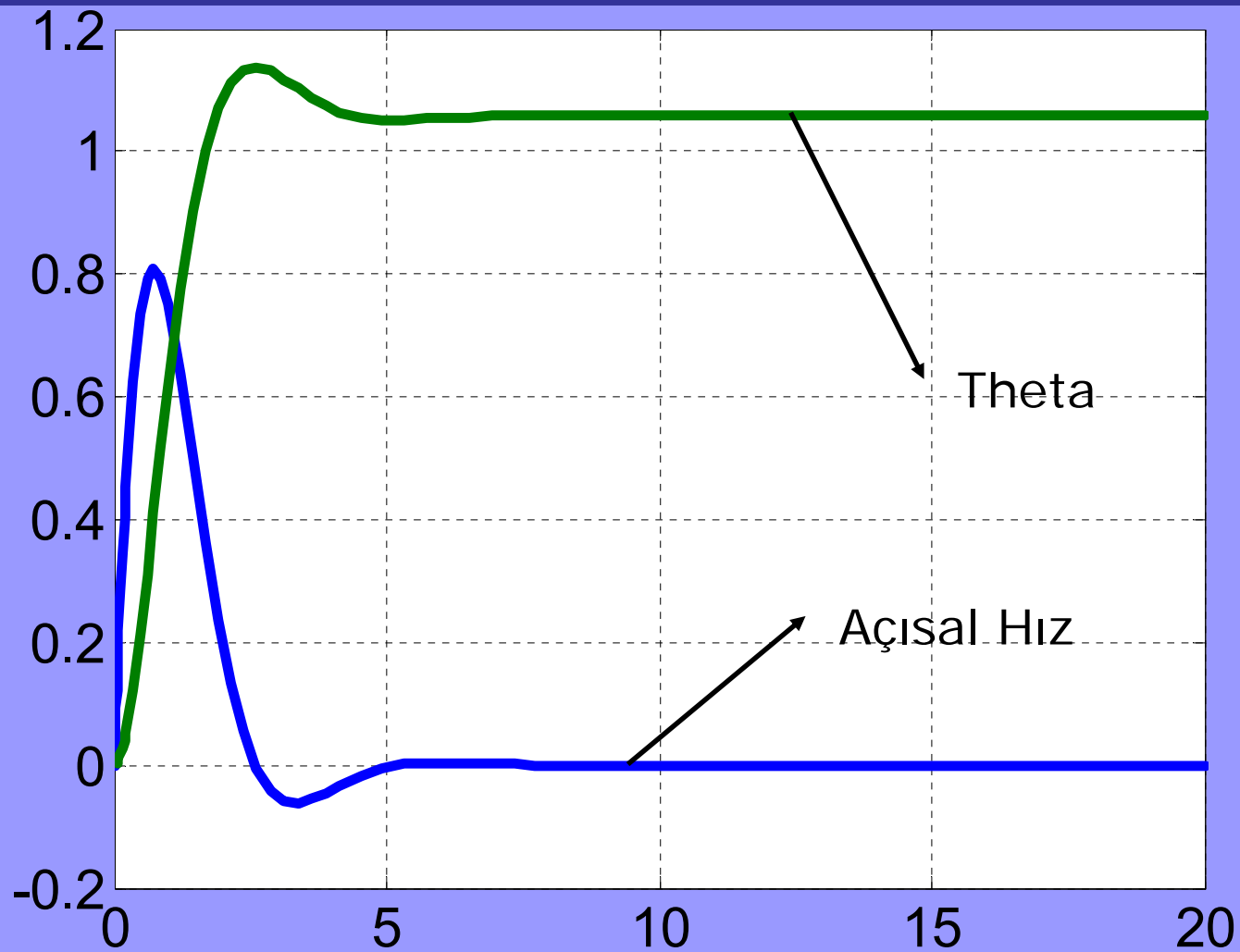
$$K_1 K_2 \geq 1800$$

i ve ii'den

$$K_1 \geq 2251$$

$$K_2 \geq 0.7997$$





Aşım: $(1.142 - 1.057) / 1.057 = 0.08 = \%8 < \%10$ $T_s \leq 5s$

Kararlı hal hatası : $1.057 - 1.0472 = 0.0098 = \%0.1$