



**ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ**  
**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**MAK403 OTOMATİK KONTROL BÜTÜNLEME SINAVI 18/01/2018**  
**Dr. Nurdan Bilgin**

|   |   |   |   |          |
|---|---|---|---|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | $\Sigma$ |
|   |   |   |   |          |

Öğrenci No : \_\_\_\_\_

İsim Soyisim : \_\_\_\_\_

**Sınav Süresi:110 dakikadır. 1. soru 35, 2. ve 3. soru 25 ve 4. soru 15 puan değerindedir.**

**Formüller:**

$$\mu_s \equiv \min_k |Re(p_k)|$$

$$G(s) = K \frac{T_0 s + 1}{T^2 s^2 + 2\xi T s + 1} \text{ ya da}$$

$$G(s) = K \frac{\eta \omega_n s + \omega_n^2}{s^2 + 2\xi \omega_n s + \omega_n^2}$$

$$\frac{y(t)}{y_f} = 1 - a_0 e^{-\xi \omega_n t} \cos(\omega_d t - \phi); \xi = \cos \beta \text{ ve } \sqrt{1 - \xi^2} = \sin \beta$$

$$a_0 = \frac{\sqrt{\eta^2 - 2\eta\xi + 1}}{\sqrt{1 - \xi^2}}; \phi = \tan^{-1} \left( \frac{\xi - \eta}{\sqrt{1 - \xi^2}} \right); \omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \xi^2}$$

| Özet |                                     |                                    |   |
|------|-------------------------------------|------------------------------------|---|
| N    | Basamak<br>r(t)=r <sub>0</sub> h(t) | Rampa<br>r(t)=r <sub>1</sub> th(t) | Parabolik<br>r(t)=0.5r <sub>2</sub> t <sup>2</sup> h(t) |
| 0    | $\frac{r_0}{1+K_{OL}}$              | $\infty$                           | $\infty$  |
| 1    | 0                                   | $\frac{r_1}{K_{OL}}$               | $\infty$  |
| 2    | 0                                   | 0                                  | $\frac{r_2}{K_{OL}}$                                    |
| 3    | 0                                   | 0                                  | 0   |

|  |  |  |
|--|--|--|
| $t_p = \frac{\phi + \beta + \frac{\pi}{2}}{\omega_d} \quad \eta \neq 0$<br>$t_p = \frac{\pi}{\omega_d} \quad \eta = 0$   | $\varepsilon_p = a_0 \sin(\beta) \exp \left( -\frac{\xi}{\sqrt{1 - \xi^2}} \left( \phi + \beta + \frac{\pi}{2} \right) \right) \quad \eta \neq 0$<br>$\varepsilon_p = \exp \left( -\frac{\pi\xi}{\sqrt{1 - \xi^2}} \right) \quad \eta = 0$ |  |
| $t_s = \frac{1}{\xi \omega_n} \ln \left( \frac{a_0}{\varepsilon_s} \right) \quad \eta \neq 0$<br>$t_s \cong \begin{cases} \frac{4}{\xi \omega_n} & \varepsilon_s = 0.02 \text{ için} \\ \frac{3}{\xi \omega_n} & \varepsilon_s = 0.05 \text{ için} \end{cases} \quad \eta = 0$ | $t_r = \frac{\phi + \frac{\pi}{2}}{\omega_d} \quad \eta \neq 0$<br>$t_r = \frac{\pi - \beta}{\omega_d} \quad \eta = 0$   | Gecikme zamanı,<br>$t_d \frac{y(t)}{y_f} = 0.5$ ilişkisinden<br>bulunabilir. |

$$G(s) = \frac{N(s)}{D(s)} \Big|_{s=j\omega} = \frac{N(j\omega)}{D(j\omega)} \therefore N(j\omega) = N_r(\omega) + jN_i(\omega) \text{ ve } D(j\omega) = D_r(\omega) + jD_i(\omega)$$

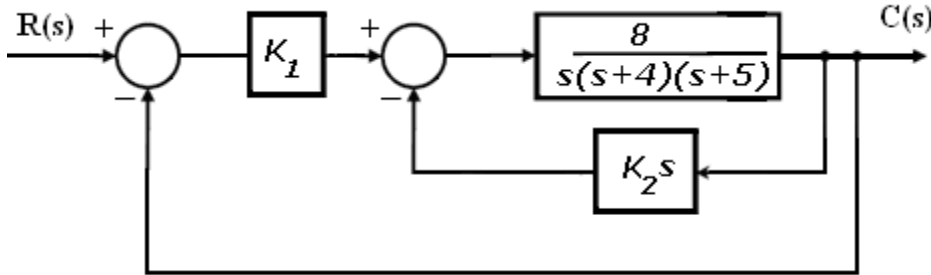
$$x(t) = A_x \sin(\omega t + \alpha) h(t) \Rightarrow y_{dd}(t) = A_y \sin(\omega t + \alpha + \phi) h(t)$$

$$M(\omega) = \frac{A_y}{A_x} = |G(j\omega)| = \frac{|N(j\omega)|}{|D(j\omega)|} = \frac{\sqrt{N_r^2(\omega) + N_i^2(\omega)}}{\sqrt{D_r^2(\omega) + D_i^2(\omega)}}; \phi(\omega) = \text{atan2} \left[ \frac{N_i(\omega)}{N_r(\omega)} \right] - \text{atan2} \left[ \frac{D_i(\omega)}{D_r(\omega)} \right]$$

Öğrenci No:  
İsim Soyisim  
**SORULAR**

**Soru 1:** Aşağıda blok diyagramı verilen geri bildirimli kontrol sistemi için

- Sistemin açık çevrim transfer fonksiyonunu bulunuz.
- Sistemin kapalı çevrim transfer fonksiyonunu bulunuz.



- Sistemin tipini ve derecesini belirlemek için gereksinim duyduğunuz transfer fonksiyonları hangileridir. Sistemin tipi ve sistemin derecesi nedir?
- Sistemin kalıcı durum hatasının sıfır olması istenirse verilmesi gereken giriş sinyalinin tipini belirleyiniz.
- Tasarımcı kontrol sisteminin kararlılığını incelemiş ve hurwitz kriterleri açısından incelediğinde  $K_1 > 0$  ve  $K_2 > -9$  değerlerine ulaşmıştır. Ardından Routh kriterlerine göre inceleme yapmış ve aşağıdaki ilişkiyi bulmuştur.

$$180 + 20K_2 > 8K_1$$

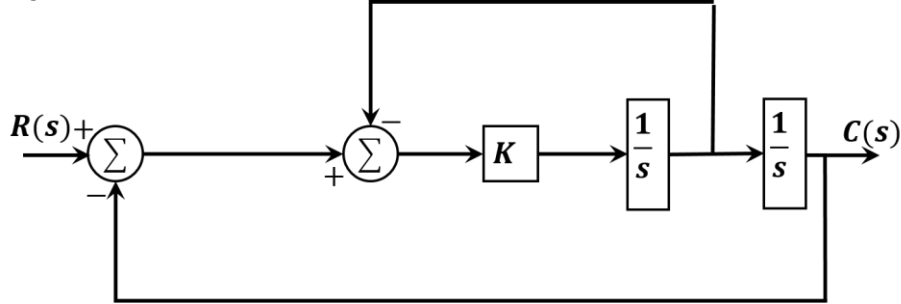
- Tasarımcının bu ilişkileri bulmak için izlediği yolu açıklayınız.
  - Tasarımcı iki parametre ile baş etmenin zor olacağını düşünerek  $K_2 = 11$  olarak ayarlıyor ardından sistemin kararlı olması için  $K_1$  için bir aralık belirliyor. Bu aralık nedir.
- Tasarımcı  $K_1$ 'i belirlediği aralık içinde sistemin kararlılık marjını maksimum yapacak şekilde seçmek istiyor, yapması gereken işlemleri ve sınamaları açıklayınız.
  - Aşağıda verilen transfer fonksiyonunda marjinal kararlılığa neden olan kökleri bulunuz.

$$G(s) = \frac{20}{s^3 + s^2 + 20s + 20}$$

- Yukarıdaki transfer fonksiyonunu bulmak için, tasarımcı  $K_2 = -8$  seçimi yapmış, ancak daha sonra bir hata yaparak  $K_1$ 'i yanlış belirlemiştir. Kararlı bir sistem oluşturmak isterken marjinal kararlı bir sistem oluşturmuştur.  $K_1$ 'in seçiminde yaptığı yanlış nedir?

Öğrenci No:  
İsim Soyisim

**Soru 2:** Aşağıda blok diyagramı verilen geri bildirimli kontrol sistemi için izin verilen hata bandı %2 olmak üzere yerleşme zamanının 6 saniye olması isteniyor. Bu durumda K parametresinin alması gereken değeri ve sistemin aşma miktarı ve zamanını bulunuz.



**Soru 3:** Aşağıda verilen yüksek dereceli sistemin ikinci derece bir sistemin davranışını gösterdiği gözlenmiştir.

$$G(s) = \frac{5(s + 2.02)}{(s + 2)(s + 10)(s^2 + s + 1)}$$

- Transfer fonksiyonuna bakarak sistemin kararlılığı konusunda yorum yapmanız istenirse sistemin kararlılığı hakkında ne söylersiniz.
- Sistemin kararlılık marjı nedir?
- Verilen sistem ikinci derece sisteme indirgendiğinde elde edilecek transfer fonksiyonunu bulunuz.
- Elde ettiğiniz ikinci derece sistemin doğal frekansını ve sönüm oranını bulunuz.

**Soru 4:** Aşağıda kapalı çevrim transfer fonksiyonu verilen

$$G(s) = \frac{K}{Ts + 1}$$

sistemde,  $x(t) = X \sin \omega t$  girişi için durgun durum çıkışını ( $y_{dd}(t)$ ) bulunuz.