

# MAK403 OTOMATİK KONTROL

## KISA SINAV 3

05/12/2018

Dr. Nurdan Bilgin

**Soru 1:** Kararlılık kavramının fiziksel anlamını açıklayınız. Kararlı, marjinal kararlı ve kararsız sistemlerin birbirlerinden farklı yönlerini belirtiniz.

**Cevap 1:** Kararlı sistem üzerine ani darbe girişi uygulandığında, başlangıçtaki durumuna geri dönebilen sistemdir. Örnek vermek gerekirse, kütle yay ve damperden oluşan sistem kararlı bir sistemdir.

Tüm kutuplarının gerçek kısımları negatif olan bir sistem kararlıdır. Sanal eksen üzerinde bazı katlı olmayan kutupları olan ve geri kalan tüm kutuplarının gerçek kısımları negatif olan bir sistem marjinal kararlıdır. Bazı kutuplarının gerçek kısımları pozitif olan ve/veya sanal eksen üzerinde bazı katlı kutupları olan bir sistem kararsızdır.

**Soru 2 ve Cevap 2:** Bir dinamik sistemin transfer fonksiyonu  $G_p(s) = \frac{K_1}{s(T_1s+1)}$  şeklinde elde edilmiştir. Bu sistem transfer fonksiyonu  $G_c = K_p + K_d s + \frac{K_i}{s}$  olan PID kontrolcü ile kontrol edilmek istenmektedir. Bu sistemde kullanılacak algılayıcının transfer fonksiyonu  $H(s) = \frac{K_2}{T_2s+1}$  şeklinde bilinmektedir. Hem dinamik sistemin, hem de sensörün giriş dinamiklerini belirleyen katsayıları 1 olarak ayarlanmış zaman sabitleri ise  $T_1 = 1; T_2 = 5$  olarak bilinmektedir.

a.) Kontrolcünün kazançlarını belirleyecek tasarım mühendisinin yapması gereken işlemleri sıralayınız.

**Tasarımcı sırasıyla b,c,d ve e'de sayılan işleri yapmalıdır.**

b.) Kapalı sistemin transfer fonksiyonunu elde ediniz.

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G_p G_c}{1 + G_p G_c H} = \frac{\frac{K_p + K_d s + \frac{K_i}{s}}{s(s+1)}}{1 + \frac{K_p + K_d s + \frac{K_i}{s}}{s(s+1)} \left( \frac{1}{5s+1} \right)}$$

c.) Karakteristik denklemi elde ediniz ve Hurwitz testine tabii tutunuz.

$$D(s) = s^2(s+1)(5s+1) + K_p s + K_d s^2 + K_i$$

$$D(s) = s^2(5s^2 + 6s + 1) + K_p s + K_d s^2 + K_i$$

$$D(s) = 5s^4 + 6s^3 + (K_d + 1)s^2 + K_p s + K_i$$

**Sistem  $K_p$  ve  $K_i$  değerleri sıfırdan büyük  $K_d$  değeri ise -1'den büyük seçildiği sürece Hurwitz testini geçer.**

d.) Bilinmeyen kazanç parametrelerini bulmak üzere Routh tablosunu oluşturunuz.

4	5	$K_d + 1$	$K_i$
3	6	$K_p$	
2	a	$K_i$	
1	b		
0	$K_i$		

$$a = \frac{6 * (K_d + 1) - 5K_p}{6} > 0$$

$$b = \frac{a * K_p - 6 * K_i}{a} > 0$$

e.) Kazanç parametrelerini bulmak üzere, kazançların aralarındaki büyüklük ilişkilerini ifade eden eşitsizlikler elde ediniz.

**d şikkında elde edilen a ve b'yi sıfırdan büyük ve pozitif kılan tüm pozitif parametreler geçerli çözümdür.**

f.) Tasarım mühendisi yaptığı çalışma sonucunda aşağıdaki kazanç setlerinden birini sistemi kararlı kıldığı ve diğer isterlerini karşıladığı için seçmiştir. Bu set i,ii ve iii şeklinde numaralandırılmış setlerden hangisidir. Seçtiği seti neden seçtiği, seçmediği setleri ise neden seçmediğini açıklayınız.

i.  $K_p = 6, K_i = 2, K_d = 10$

ii.  $K_p = 12, K_i = 2, K_d = 10$

iii.  $K_p = 3, K_i = 6, K_d = 10$

4	5	11	2
3	6	6	
2	6	2	
1	4		
0	2		

4	5	11	2
3	6	12	0
2	1	2	
1	2	0	Bir üst satırın türevinden
0	2		

4	5	11	6
3	6	3	
2	8,5	6	
1	-1,23		
0	6		

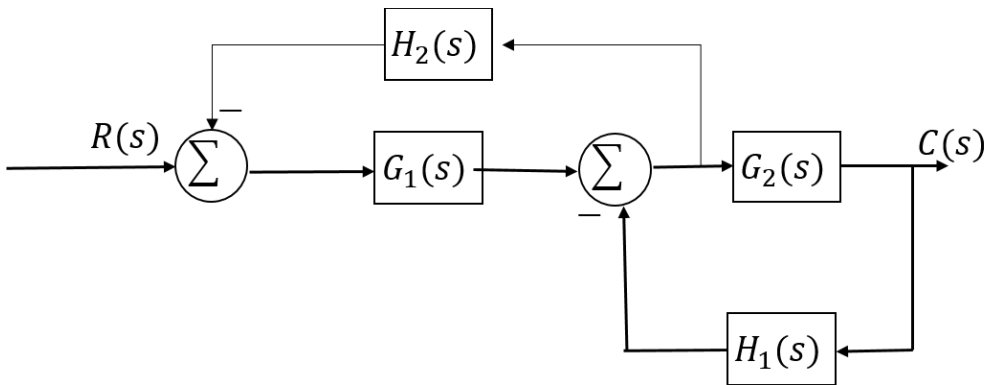
İlk seti seçmiş olması gerekir, tek kararlı set bu settir. İkinci set marjinal kararlıdır; marjinal kararlılığı neden olan kökler de  $s_{1,2} = \pm\sqrt{2}i$ , şeklinde bulunur. Üçüncü set ise kararsızdır. İki kere işaret değişikliği olduğu için kararsızlığa pozitif tarafta yer alan iki kök neden olmaktadır.

**Soru 3:**  $x = x(a, b)$  şeklinde bir fonksiyon olduğu durumda bu fonksiyondaki belirsizlik aşağıdaki şekilde genelleştirilebilecek bir ifade ile bulunabilmektedir.

$$\frac{\delta x}{x} = \frac{a}{x} \frac{\partial x}{\partial a} \frac{\delta a}{a} + \frac{b}{x} \frac{\partial x}{\partial b} \frac{\delta b}{b}$$

Bu genel çerçeve doğrultusunda; eğer aşağıda verilen DC motorun tork kontrolüne ilişkin eşdeğer blok diyagramda, sistemin genel belirsizliğine en büyük etkinin  $H_1$  algılayıcısından olduğu öngörülmekte ise.

- Önce sistemin transfer fonksiyonunu elde edin,
- Ardından sistemdeki belirsizliği,  $H_1$  sensörünün belirsizliği cinsinden belirleyiniz. Diğer algılayıcı ve kazançlardaki belirsizliklerin ihmal edilecek kadar küçük olduğunu varsayın.



Cevap 3: a.)

$$\left\{ \left\{ R(s) - \frac{C(s)}{G_2} (H_2(s)) \right\} G_1 - H_1(s)C(s) \right\} G_2 = C(s)$$

$$R(s)G_1G_2 - C(s)G_1H_2 - H_1G_2C(s) = C(s)$$

$$R(s)G_1G_2 = C(s)\{1 + G_1H_2 + H_1G_2\}$$

$$\frac{G_1G_2}{1 + G_1H_2 + H_1G_2} = \frac{C(s)}{R(s)} = M(s)$$

b.)

$$\frac{\delta M}{M} = \frac{H_1}{\frac{G_1G_2}{1 + G_1H_2 + H_1G_2}} \left( -\frac{G_2G_1G_2}{(1 + G_1H_2 + H_1G_2)^2} \right) \frac{\delta H_1}{H_1}$$

$$\frac{\delta M}{M} = -\frac{H_1G_2}{1 + G_1H_2 + H_1G_2} \frac{\delta H_1}{H_1}$$