

**KON 314**

**KONTROL SİSTEM TASARIMI**



**PROJE 2**

Öğretim Üyesi: Doç. Dr. Mehmet Turan SÖYLEMEZ

HAZIRLAYANLAR

TAKIM 6

040050437 Burak BEŞER  
040050442 Elif KÖKSAL  
040060410 Muharrem ULU  
040060450 Birol ÇAPA

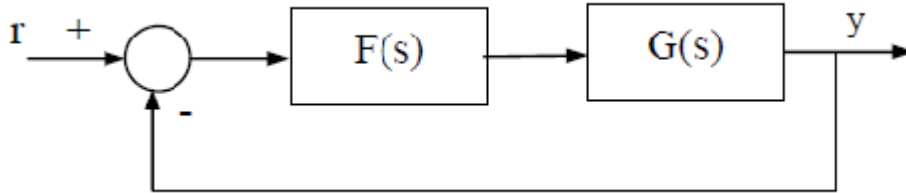
Teslim Tarihi: 24.04.2009

## **GİRİŞ**

İki ayrı sistemin davranışları, ileri yol üzerine uygulanacak kontrolörler ile kontrol edilmek istenmektedir. Bu raporda, verilen sistemler için uygun geçici ve sürekli hal yanıtlarını veren kontrolörlerin teorik temellere dayandırılarak kutup atama yöntemiyle tasarımları ele alınmıştır. Bu amaçla pek çok farklı tipte kontrolör ve bu kontrolörlerin tasarım yöntemleri incelenmiştir.

1. Transfer fonksiyonu  $G(s) = \frac{200s + 430}{(s + 3)(s^2 + s + 12)(s + 12)}$  olarak verilen bir sistem

kapalı çevrimde ileri yol üzerine konulan bir kontrolör ile kontrol edilmek isteniyor. Şekil 1.a.1' de sistem blok şema ile gösterilmiştir.



Şekil 1.a.1 - Sistem blok şeması

- a) Kapalı çevrim sistem kutuplarını  $-2 \pm 2j, -3, -4, -5, -6.5, -8.1$  noktalarına atayan 3. dereceden kontrolörü bulmak için cebrik yöntemden yola çıkarak kapalı çevrim transfer fonksiyonu paydası,

$$(s + 2 + 2j)(s + 2 - 2j)(s + 3)(s + 4)(s + 5)(s + 6.5)(s + 8.1) = 25272. + 39440.4s + 27585.2s^2 + 11061.35s^3 + 2690.2s^4 + 389.25s^5 + 30.6s^6 + s^7$$

olarak bulunur.

Önerilen kontrolör yukarıdaki 7. dereceden paydayı sağlamalıdır. Bu yüzden nedensellik esasına uygun bir biçimde kontrolör ifadesi aşağıdaki gibi verilebilir:

$$F(s) = \frac{d + cs + bs^2 + as^3}{h + gs + fs^2 + es^3}$$

Kontrolör bu yapı ile ele alındığında  $T(s) = \frac{F(s)G(s)}{1 + F(s)G(s)}$  formu için kapalı çevrim paydası,

$$430d + 432h + (430c + 200d + 432g + 216h)s + (430b + 200c + 432f + 216g + 63h)s^2 + (430a + 200b + 432e + 216f + 63g + 16h)s^3 + (200a + 216e + 63f + 16g + h)s^4 + (63e + 16f + g)s^5 + (16e + f)s^6 + es^7$$

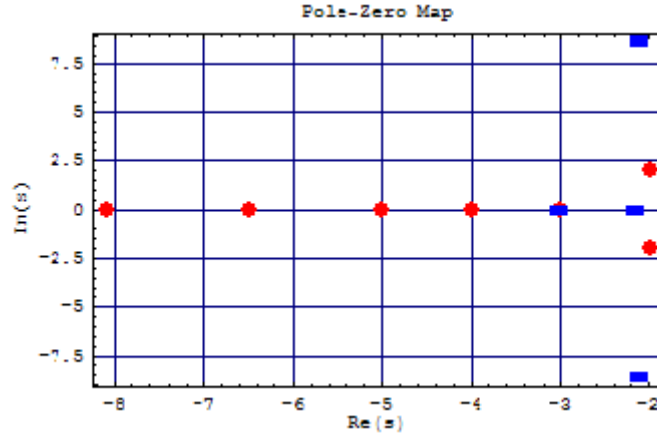
olarak bulunur. Yukarıda, istenilen kutuplar için bulunan payda ile eşitlendiğinde,

$e \rightarrow 1, f \rightarrow 14.6, g \rightarrow 92.65,$   
 $a \rightarrow -0.36749, h \rightarrow 145.498, b \rightarrow -2.65574, c \rightarrow -33.794, d \rightarrow -87.4027$   
 değerleri bulunur. Bulunan değerler için kontrolör ve kapalı çevrim transfer fonksiyonu,

$$F(s) = \frac{-87.4027 - 33.794s - 2.6557s^2 - 0.3675s^3}{145.498 + 92.65s + 14.6s^2 + s^3}$$

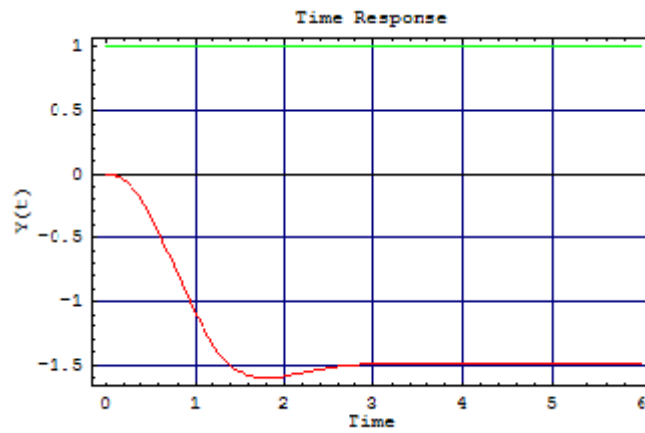
$$T(s) = \frac{10(-3758.32 - 3201.2s - 790.078s^2 - 68.9169s^3 - 7.3498s^4)}{25272 + 39440.4s + 27585.2s^2 + 11061.3s^3 + 2690.2s^4 + 389.25s^5 + 30.6s^6 + s^7}$$

olarak bulunur. Elde edilen bu kapalı çevrim transfer fonksiyonunun s-düzlemindeki kutup-sıfır dağılımı Şekil 1.a.2’de verilmiştir.



Şekil 1.a.2 - S düzleminde kutup ve sıfırların konumları

Şekil 1.a.3’te kapalı çevrim sistemin birim basamak cevabı, Şekil 1.a.4’te ise kontrol işareti görülmektedir.

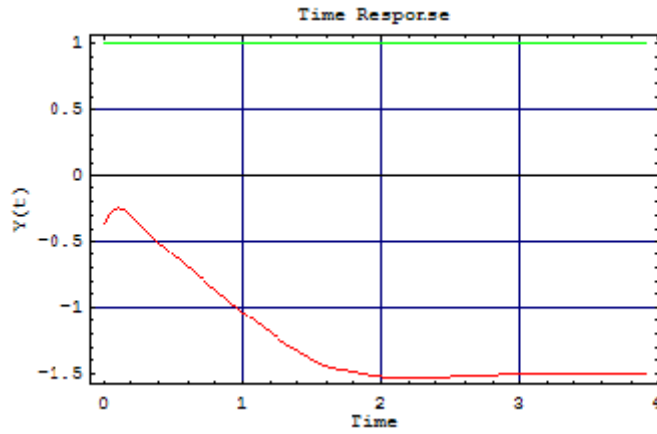


Şekil 1.a.3 - Birim basamak yanıtı

Birim basamak yanıtının negatifi için zaman karakteristikleri

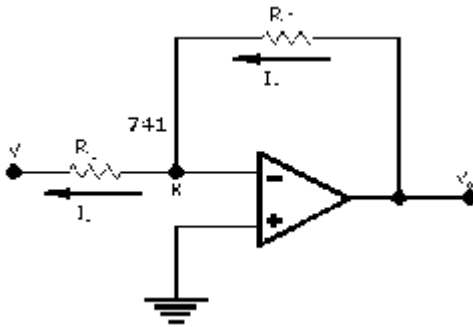
Settling Time (Ts) : 2.55455 sec  
Overshoot Time (Tp) : 1.80344 sec  
Overshoot : 0.0743272  
Delay Time (Td) : 0.774581 sec  
Rise Time (Tr) : 0.837173 sec

biçiminde elde edilir.



Şekil 1.a.4 - Kontrol işareti

Kutuplar istenilen yerlere yerleştirilmiştir. Bu durumda sistemin birim basamak cevabına bakıldığında sistemin kabaca negatif kazançta sebep olduğu görülür. Yanıtın negatife gitmesinin sebebi başlıca sebebi  $-2.11335 - 8.65i, -2.11335 + 8.65j$  noktalarındaki sıfırlardır. Bu yanıtı bakarak sistemin aşağıdaki faz çeviren kuvvetlendirici opamp yapısını (Şekil 1.a.5) andırıldığını söyleyebiliriz. Yukarıda zaman tanım bölgesi karakteristiklerinin verilmesi bu sebeptendir. Çünkü bu tipte bir sistem olabileceği düşüncesi bu karakteristikleri anlamlı kılacaktır.



$$V_0 = \left( -\frac{R_f}{R_1} \right) V_i$$

Şekil 1.a.5 - Faz çeviren kuvvetlendirici yapısı

b) Soruda

$$G(s) = \frac{430 + 200s}{(3 + s)(12 + s)(12 + s + s^2)}$$

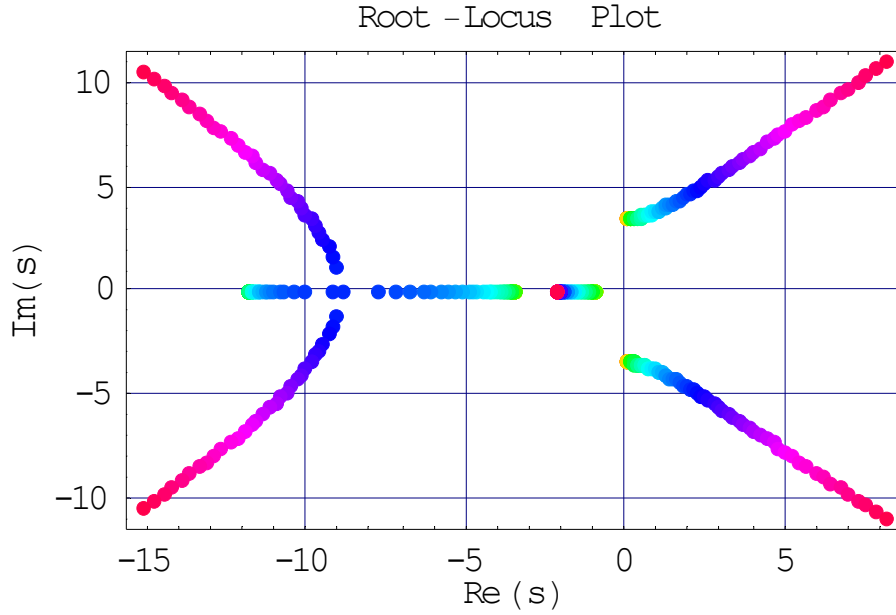
şeklindeki eşitliği verilmiş sistemde ileri yolda sırasıyla 1., 2., 3. derece ve PID kontrolörler kullanılarak kapalı çevrim sistemde uygun aşım ve yerleşme değerlerine ulaşılması istenmiştir.

**i. 1. Derece Kontrolör**

İlk olarak sisteme

$$F(s) = \frac{K(z + s)}{(s + p)}$$

tipinde 1. derece kontrolör uygulanması amaçlanmıştır. İstenen özelliklerden biri kapalı çevrim sistemin sürekli hal hatası yapmamasıdır. Bu amaçla kontrolörün integratöre sahip olması için paydasının yalnızca “s” terimine sahip olması gereklidir. Bu amaçla p=0 seçilir. Geriye kazanç ve sıfır bilinmeyenlerini bulmak kalır. Kontrolörün sıfırının olmadığı yani sisteme yalnızca integratör eklendiği varsayılırsa bu haliyle sistemin kök eğrisi Şekil 1.b.1’de verilmiştir.



Şekil 1.b.1 – Kontrolör olarak yalnızca integratörü olan sistemin kök eğrisi

Görüleceği üzere sistem küçük kazanç değerleri için kararsız olabilmektedir. Sistemi kararlı yapan K değerlerinin aralığı Routh tablosundan bulunursa,

$$0 < K < 0.8208$$

ifadesine ulaşılır. Sisteme eklenecek sıfır kök eğrisinde çıkış açısını arttıracığından sistemi kararlı yapan K aralığını da genişletecektir. Sanal eksellere yaklaştıkça sıfırın bu etkisi daha fazla olur. Buna karşılık sıfırın sanal eksellere yakın olması sistemi yavaşlatacaktır. Ayrıca

sanal eksenlere yakın sıfır, çıkış açısını arttıracığından aynı kazanç değerlerinde kapalı çevrim sistemin eşlenik kutuplarının sanal eksenle yaptıkları açının artmasına dolayısıyla aşımın artmasına sebep olur. Tüm bunlar göz önüne alındığında eklenecek kontrolör sıfırının gerçekleştirilecek kontrolör kazanç değerlerini sağlayacak biçimde sanal eksenle uzak tarafa konması gerektiği sonucuna ulaşılır. Yani asıl kriter kontrolörün kazancının hassasiyetidir. Her koşulda kontrolörün kazancı küçük değerler alacağından (1'den küçük) ve kontrolör sıfırının mümkün olduğu kadar uzağa koyulması gerektiği sonucuna ulaşıldığından ötürü bir kazanç değeri belirleyip buna uygun sıfırın yerini bulmak izlenecek yol olarak seçilebilir.

Kontrolör kazancını 0.1 olarak seçersek kontrolör denklemini

$$F(s) = \frac{0.1(s+p)}{s}$$

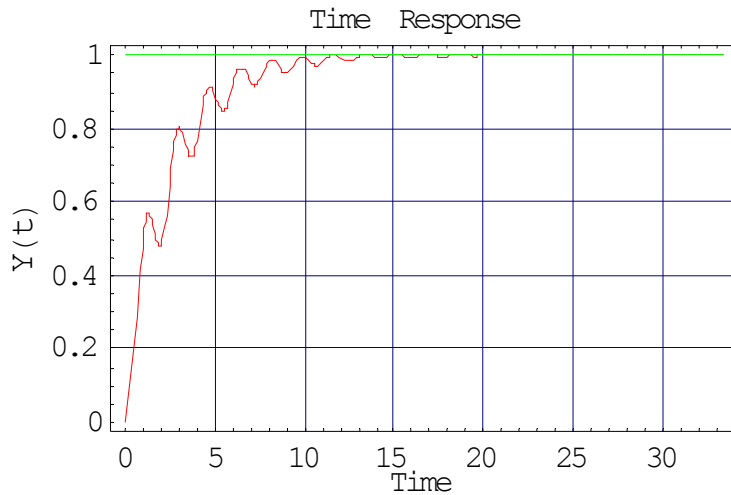
halini alır. Kapalı çevrim sistemi kararlı bölgede tutacak p değerleri Routh tablosu yardımıyla

$$0 < p < 8.66235$$

olarak bulunur. Bu aralıktan p değerini seçerken dikkat edilmesi gereken husus p üst sınırına yaklaştığında sistemin kararlılık sınırına yaklaşacağı yani osilasyona gireceğidir. p'nin alt sınır olan 0'a yaklaşması ise sistemin yavaşlamasına neden olacaktır. Bu iki kıstası göz önünde bulundurursak p'nin değer aralığının ortasında seçilmesi uygun görülür. p=4.33 seçilirse kontrolör denkleminin son hali

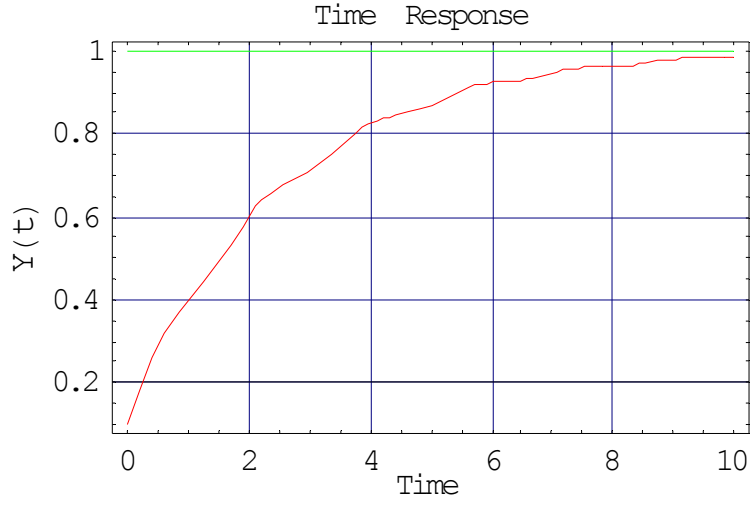
$$F(s) = \frac{0.1(s+4.33)}{s}$$

şeklinde ortaya çıkar. Bu kontrolör sisteme uygulanıp kapalı çevrim sistemin basamak cevabı Şekil 1.b.2'de verilmiştir.



Şekil 1.b.2 - 1. derece kontrolör uygulanmış sistemin basamak yanıtı

Sistemde sürekli hal hatası yoktur. Geçici hal kriterlerinden aşım %0.15, yerleşme zamanı 11 sn'dir. Bu durumda kontrolör işareti Şekil 1.b.3'te görüldüğü gibidir.



**Şekil 1.b.3 - 1. derece kontrolörün basamak yanıtı**

Kontrolör işaretinde uygun olmayan herhangi bir etken görülmemektedir.