

# PI KONTROLÖR TASARIMI ÖDEVİ

## KONTROLÖR İLE TASARIM

### Kontrolör Tasarım Kriterleri

Tasarım kriterleri genellikle sistemine yapması gerektiğini belirtmek ve nasıl yaptığını değerlendirmek için kullanılır. Bu kriterler her bir uygulamaya özgü farklıdır ve genellikle görelilik , kararlı hal doğruluğu (hata), geçici yanıt ve frekans yanıtı özellikleri ile ilgili kısımlardan oluşur. Bazı uygulamalarda parametre değişimlerine karşı duyarlılık gibi ilave kriterlerden de yararlanır.

### Tasarımın Temel İlkeleri

Belli bir kontrolör yapısını seçtikten sonra tasarımcı tüm tasarım koşullarını gerçekleyen bir kontrolör türünü, eleman değerleri ile birlikte belirlenmelidir. Kontrol sistemlerinin tasarımı kullanılabılır kontrolör türleri sadece hayal gücü ile sınırlıdır. Ancak mühendislik uygulamaları gereği tüm tasarım koşullarını sağlayan en basit yapı kontrolör seçimi tercih edilir. Genelde kontrolörün karmaşıklığı arttıkça maliyeti de artar. Güvenilirliği azalır ve tasarımı güçleşir. Belirli bir uygulamaya göre kontrolör seçimi genellikle tasarımcıya bırakılır. Tasarımcı bu seçimi yaparken geçmiş deneyimlerine, önsezilerine ve tasarım hünerinden yararlanır.

Bu doğrultuda kontrolör seçilir ve ikinci adımda da kontrolör parametre değerleri belirlenir. Bu parametre değerleri kontrolörü oluşturan bir yada daha fazla transfer fonksiyonuna ilişkin katsayılarıdır. Temel tasarım yaklaşımı analiz araçlarından yararlanarak bireysel parametrelerin tasarım koşullarını ve netice de sistem davranışını nasıl etkilediğini belirlemektedir. Bu bilgilere dayanarak tasarlanacak kontrolör de tüm bu verilerden yararlanacaktır. Bu işlem çok basit olmasına rağmen genellikle kontrolör parametrelerinin birbirlerini ve özellikler tasarım kriterlerini çelişkili bir şekilde etkilemesi nedeni ile, çok sayıda tasarım adımının atılmasını gerektirebilir. Örneğin belirli bir parametre değeri seçilip aşım sağlanabilir, ancak yükselme zamanı seçildiğinde aşım kriteri sağlanmayabilir. Şüphesiz ki tasarım kriterleri ve kontrolör parametrelerinin sayısı arttıkça tasarım işlemi de karmaşıklaşır.

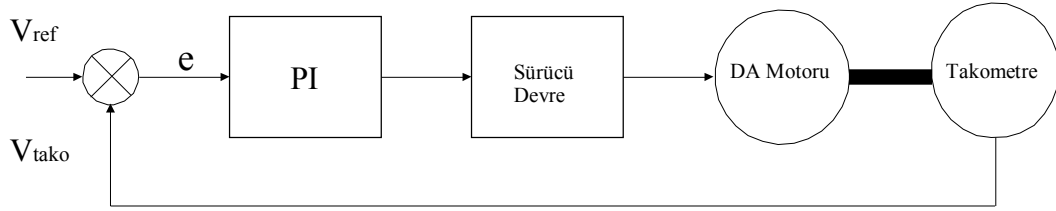
Diğer kontrol ünitelerinde kontrolör sabit kazançlı basit bir kuvvetlendiriciden oluşmaktaydı. Bu tür kontrol işleminde, kontrol işareti kontrolör çıkışına sabit bir oranla aktarıldığından oransal **kontrol olarak** adlandırılırlar. Sezgisel olarak , bu kazanç katı türev alma, integral alma gibi işlevlerden yararlanarak oluşturulabilir. Buna göre bu sistemin içerisinde toplayıcı, kuvvetlendirici, zayıflatıcı, türev ve integral alıcı kısımlar bulunabilir. Burada tasarımcının görevi bu kazanç katılarının hangi oranda ve ne şekilde bağlanacağını tespit etmektir.

## PI Kullanımı ile İlgili Örnek Devre

### PI Kontrollü Hız Denetimi

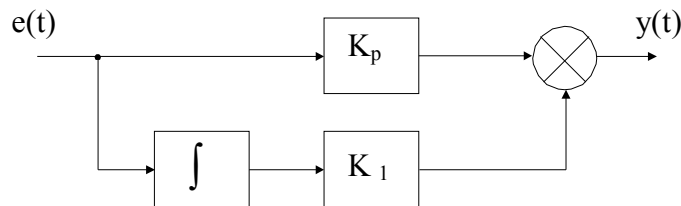
Açık döngülü sistemle motor hız kontrolünde devir sayısı ayarı endüvi veya uyarım sargısı üzerine düşen gerilimi değiştirmekle ayarlanabilir. Açık döngülü sistemde motor gerilimindeki ve motor devir sayısındaki değişiklikler dikkate alınmamaktadır. Bu yöntemde, yük durumuna göre devir artar veya azalır. Bu nedenle sabit hız uygulamalarında açık döngülü sistem kullanılamaz.

Kapalı döngü sistemle motor hız kontrolünde, çıkış büyüklüğü sistem değişkenlerinden bağımsız hale getirilir. Şekilde kurulan döngü sayesinde çıkış büyüklüğü olan motor devri sayısı (hızı) sabit tutulmak istenmektedir.



Yukarıdaki şekilde verilen kapalı döngü sistemde motor devir sayısı referans değeri ile ayarlanır. Sistemde kullanılan takometre sayesinde motor devrindeki değişme algılanır. Motor yük durumuna göre endüvi sargısı veya uyarım sargısı gerilimi değiştirilerek devir sayısının referans değerinde kalması sağlanır. Motor gerilimi yarı iletkenler yardımı ile ayarlandıktan, sistem verimli ve güvenilirdir.

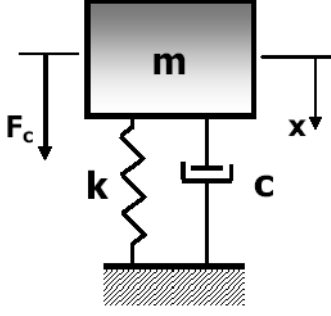
Aşağıdaki şekilde PI kontrolör şeması verilmektedir. Sistemde oluşacak hata sinyali kontrolörde değerlendirilerek çıkışa aktarılmaktadır. Hata sinyali  $e(t)$  sistem kazancı ile çarpılmakta ve hata sinyalinin integrali alınmaktadır. Sistemde integratör kullanılarak çıkıştaki aşım önlenir. Hata sinyalinin değerine göre PI çıkışı artırır veya azaltır.



## PI iç bağlantısı

### Bozucu Girişin Sisteme Etkisi ve Geri Beslemenin Önemi

Bozucu girişin sistemlere etkisi ve bunu engellemek üzere sisteme gerekli kazanç katlarını kullanılmasını bir örnek üzerinde inceleyelim.



Kontrol-1 dersinde bilindiği üzere sol şekildeki gibi bir mekanik sistemin hareket sistemi

$$m \ddot{x} + c \dot{x} + kx = Fc \text{ şeklindedir.}$$

Hareket denkleminin Laplace dönüşümü;

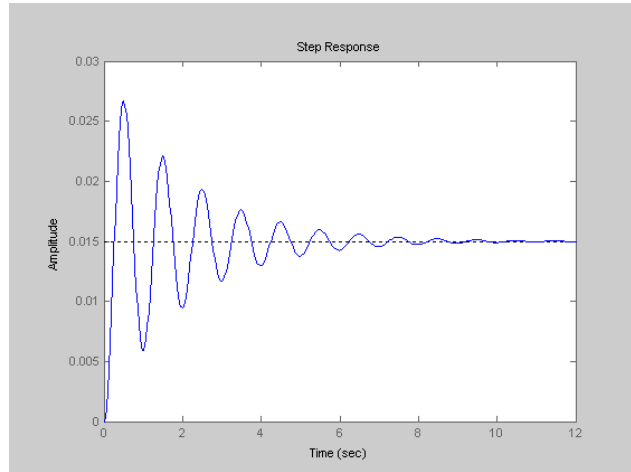
$$[ms^2 + cs + k]X(s) = Fc(s) \Rightarrow X(s) = \frac{1}{ms^2 + cs + k} Fc(s) \text{ olarak elde edilir.}$$

Şimdi keyfi değerler için matlab programını kullanarak çıkış grafiğini elde edelim.

Burada genlik 30 , kütle ve söndürücü katsayısı 50 ve yay sabiti 2000 alınacak olursa sistem çıkışını gözlemek için aşağıdaki matlab programını yazmalıyız;

Bu programın çıkışındaki grafik ise şu şekilde olur.

```
>> step(pay*30,payda)
>> m=50;
>> c=50;
>> k=2000;
>> pay=[1];
>> payda=[m,c,k];
>> step(pay*30,payda)
```



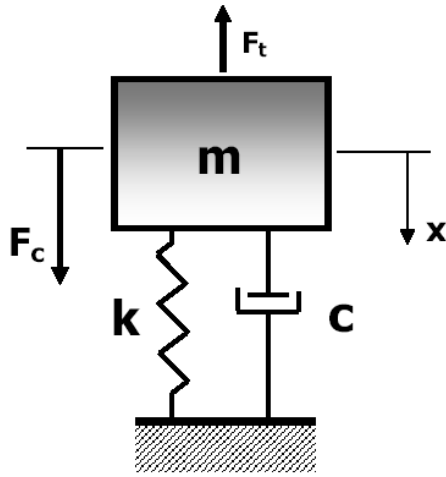
### 1. Sistem Çıkış Grafiği

Bu sistemin 30 N luk bir kuvvete karşı cevabı yukarıda görülmektedir. Bu sistemin düzenli rejim değeri  $x_{ss} = 30/2000 = 0.015$  metredir. Bu sistemin düzenli rejim değerini belirleyen yayın direnci ve giriş işaretinin genliği oranıdır.

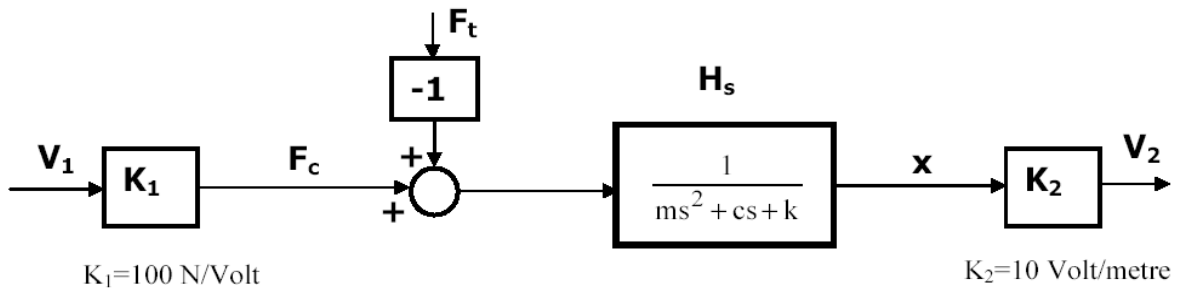
Yay sabitinin değeri değişmeyeceğinden sistem çıkışını yalnızca giriş genliği etkileyecektir. o halde etkili olan  $F_c$  'dir.

Sisteme bozucu bir etki olduğunda çıkıştaki 0.015 metre değeri değişecek sistem çıkışında istenmeyen değerler alınacaktır.

Bu bozucu etki  $F_t$  ile gösterilirse ve m kütesine etki eden sistem girişleri ve çıkışı şu şekilde elde edilebilir.



$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F_c - F_t$  şeklinde verilir. Ayrıca sistemin girişine ve çıkışına K1 ve K2 gibi kazanç katları yerleştirelim. Bu katlardan birincisi gerilim değerini kuvvete çevirmekte ikincisi ise kuvvet değerini gerilime çevirmektedir. Bu yapıya göre kazanç katlarımızı sistemimizin blok diyagramını çizersek;



Burada V1 ve V2 farkı şöyle bulunur.

$$(V_1 * K_1 - F_t) * H_s * K_2 = V_2 \text{ ve buradan } V_1 * K_1 * K_2 * H_s - H_s * K_2 * F_t = V_2 \text{ olur.}$$

$$\text{Sonuçta ; } K_1 K_2 \frac{1}{ms^2 + cs + k} V_1(s) - K_2 \frac{1}{ms^2 + cs + k} F_t(s) = V_2(s)$$

Burada  $x_{ss} = 0,015$  metre'lik düzenli bir rejim isteniyorsa ;

$$V_{2ss} = x_{ss} * K_2 = 0.015 * 10 = 0.15 \text{ Volt}$$

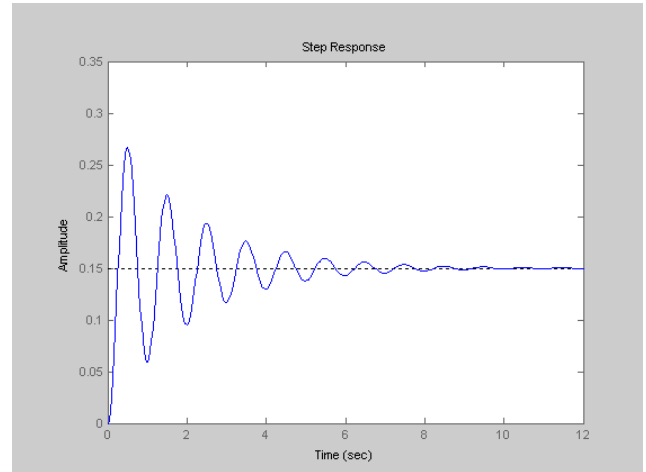
Buna karşılık giriş voltajı şu şekilde hesaplanır.

$$V_{2ss} = K_1 K_2 \frac{1}{k} V_{1ss} \Rightarrow V_{1ss} = V_{2ss} * k / (K_1 * K_2) = 0.15 * 2000 / (100 * 10) = 0.3 \text{ Volt olur.}$$

Sisteme 0.3 voltluk bir giriş uygulandığında cevabı bulmak için matlab programı kullanılabilir. V1 bulunurken Ft etkisini 0 kabul edelim. Ve girişe 0.3/s uygulanırsa;

$$K_1 K_2 \frac{1}{ms^2 + cs + k} V_1(s) = V_2(s), V_1(s) = \frac{0.3}{s} \text{ olur. Bu durumda sistem cevabı;}$$

```
>> m=50;
>> c=50;
>> k=2000;
>> k1=100;
>> k2=10;
>> pay=[k1*k2];
>> payda=[m,c,k];
>> step(pay*0.3,payda)
```



## 2. Sistem Çıkış Grafiği

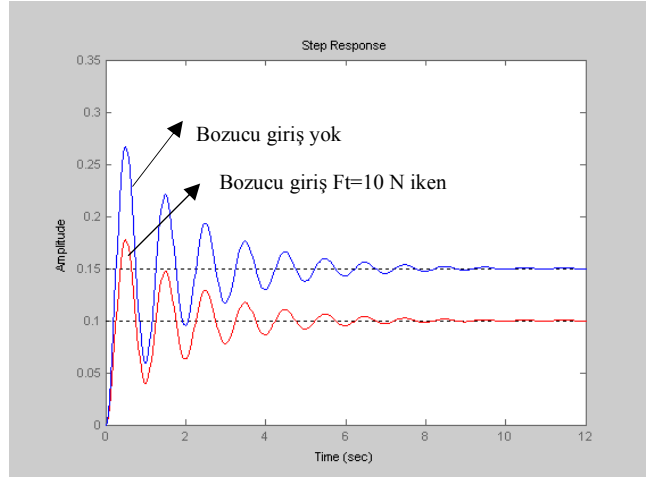
$F_t$  sıfırdan farklı olduğu durumlarda  $F_c$  kuvveti yine sisteme uygulanırsa bu sistemin çıkışı ( $F_t = 10N$  için);

$$V_2(s) = K_1 K_2 \frac{1}{ms^2 + cs + k} \frac{0.3}{s} - K_2 \frac{1}{ms^2 + cs + k} \frac{10}{s} \text{ olarak alınırsa sistem çıkışı;}$$

```

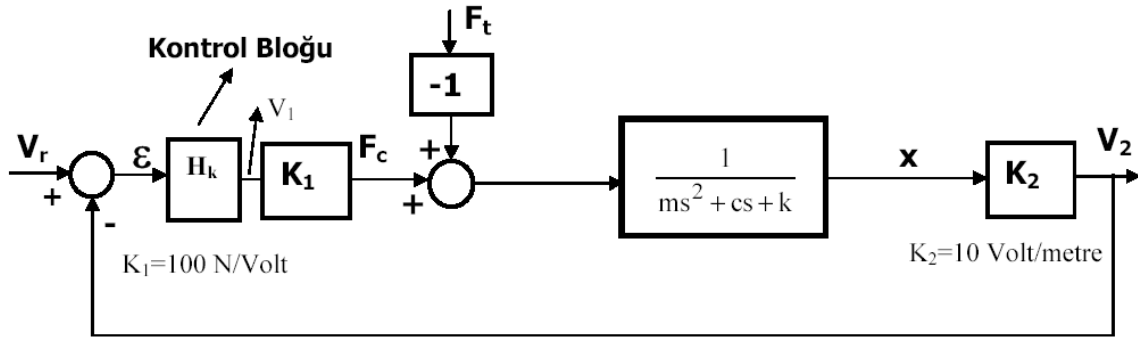
>> m=50;
>> c=50;
>> k=2000;
>> k1=100;
>> k2=10;
>> pay=[k1*k2];
>> payda=[m,c,k];
>> step(pay*0.3,payda)
>> hold on
>> step(pay*0.3-k2*10,payda,'r')

```



### 3. Sistem Çıkış Grafiği

$F_t=0$  N için  $V_{2ss} = 0.15$  Volt olarak bulundu.(grafikten).  $F_t=10$ N için  $V_{2ss} = 0.1$  Volt olduğu görüldü.burada görülmüştür ki yukarıdaki açık devre kontrol sisteminde, sistemin düzenli rejim değeri dış etkiler ile istenmeyen seviyelere doğru çekilmektedir. Bunu ortadan kaldırmak için sistem çıkışını girişine vermeliyiz. Yani sistemi geri beslemeliyiz.bu tarz sistemlere kapalı çevrim kontrol sistemleri denir.



Bu durumda yukarıdaki blok diyagramına at transfer fonksiyonu şu şekilde oluşur.

$$[(V_r - V_2)H_k K_1 - F_t]H_s K_2 = V_2$$

$$[(V_r H_k K_1 - V_2 H_k K_1) - F_t]H_s K_2 = V_2$$

$$V_2(s) = \frac{K_1 K_2 H_k H_s}{1 + K_1 K_2 H_k H_s} V_r(s) - \frac{K_2 H_s}{1 + K_1 K_2 H_k H_s} F_t(s)$$

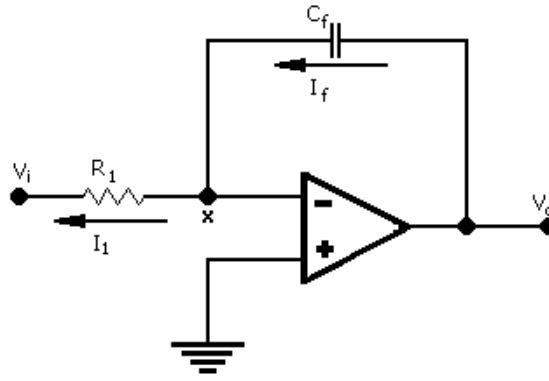
$$V_2(s) = \frac{\frac{K_1 K_2 H_s}{ms^2 + cs + k}}{1 + \frac{K_1 K_2 H_k}{ms^2 + cs + k}} V_r(s) - \frac{\frac{K_2}{ms^2 + cs + k}}{1 + \frac{K_1 K_2 H_k}{ms^2 + cs + k}} F_t(s)$$

$$V_2(s) = \frac{K_1 K_2 H_k}{ms^2 + cs + k + K_1 K_2 H_k} V_r(s) - \frac{K_2}{ms^2 + cs + k + K_1 K_2 H_k} F_t(s) \dots\dots (\text{Denk A})$$

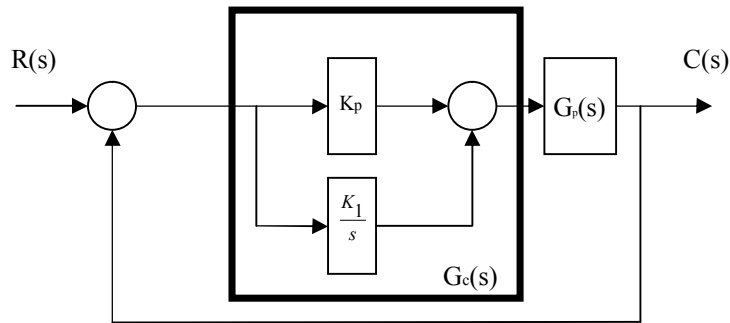
Burada  $H_k(s)$  kapalı devre kontrol için gerekli hata sinyaline uygulanacak işlemi ifade eden transfer fonksiyonudur ve farklı şekillerde tasarlanabilir. Bu noktada PI kontrolünü inceleyeceğiz.

## PI KONTROLÖR TASARIMI

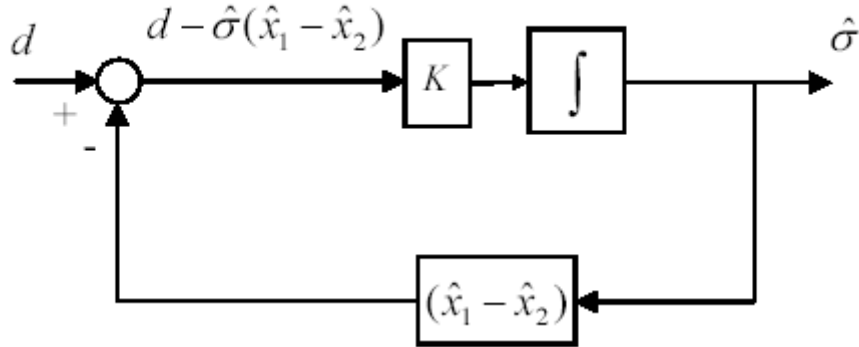
PI(ORANSAL İNTEGRAL) anlamına gelir.adından da anlaşılacağı gibi kontrol kısmında integral alıcı bir devre mevcuttur.



İntegral Alan Devre



yada başka bir şekil ile;



gösterilebilir.

Buradan görüldüğü üzere  $G_c(s)$ ;

$G_c(s) = K_p + \frac{K_1}{s}$  olarak bulunur . Bu değer bizim PI tasarımında kullandığımız pay değeridir.

$G_c(s) = \frac{K_p s + K_1}{s}$  olur. Bu integral katının mekanik sistemin transfer fonksiyonu ile çarpılması sonucunda sistemin transfer fonksiyonu ortaya çıkar.

Denk A da  $H_k(s) = K_p = 20$  olduğu varsayılırsa hata sinyali 20 ile çarpılıyor demektir.

Fakat  $H_k(s) = K_p + \frac{K_1}{s}$  olarak alınır ve denk a da yerine koyarsak

$$V_2(s) = \frac{K_1 K_2 * \left( K_p + \frac{K_1}{s} \right)}{ms^2 + cs + k + K_1 K_2 * \left( K_p + \frac{K_1}{s} \right)} \frac{0.15}{s} - \frac{K_2}{ms^2 + cs + k + K_1 K_2 * \left( K_p + \frac{K_1}{s} \right)} \frac{10}{s}$$

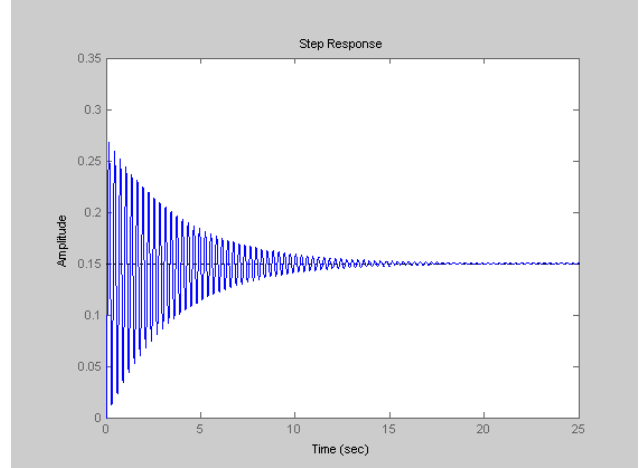
olur ve buradan da;

$$V_2(s) = \frac{K_1 K_2 K_{ps} * K_1 K_2 K_I}{ms^3 + cs^2 + (k + K_1 K_2 K_p)s + K_1 K_2 K_I} \frac{0.15}{s} - \frac{K_2 s}{ms^3 + cs^2 + (k + K_1 K_2 K_p)s + K_1 K_2 K_I} \frac{10}{s}$$



Şimdi bu sistemin adım cevabı matlab yardımı ile incelenirse çıkışın şu olduğu gözlenir.

```
>> m=50;  
>> c=50;  
>> k=2000;  
>> k1=100;  
>> k2=10;  
>> kp=20;  
>> ki=10;  
>> pay=[k1*k2*kp,k1*k2*ki];  
>> payda=[m,c,(k+k1*k2*kp),k1*k2*ki];  
>> step(pay*0.15,payda)
```

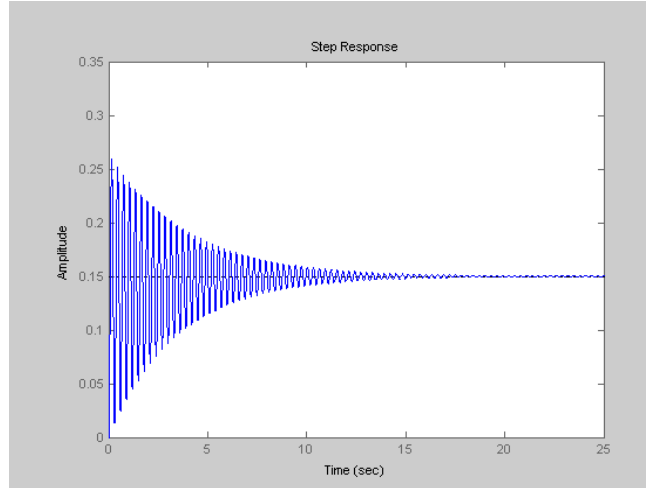


#### 4. Sistem Çıkış Grafiği

4. sistem çıkışına dikkat edilecek olursa sistem cevabının doğrusal olarak gittikçe azalan salınımlardan oluştuğu görülür. 4. sistemde sisteme bozucu giriş uygulanmamıştır. Yani istenen değerler çıkışta gözlenir.

Bozucu girişte dikkate alındığın da çıkış şu şekilde olur;

```
>> m=50;  
>> c=50;  
>> k=2000;  
>> k1=100;  
>> k2=10;  
>> kp=20;  
>> ki=10;  
>> pay=[k1*k2*kp,k1*k2*ki];  
>> payda=[m,c,(k+k1*k2*kp),k1*k2*ki];  
>> step(pay*0.15-[k2,0]*10,payda)
```

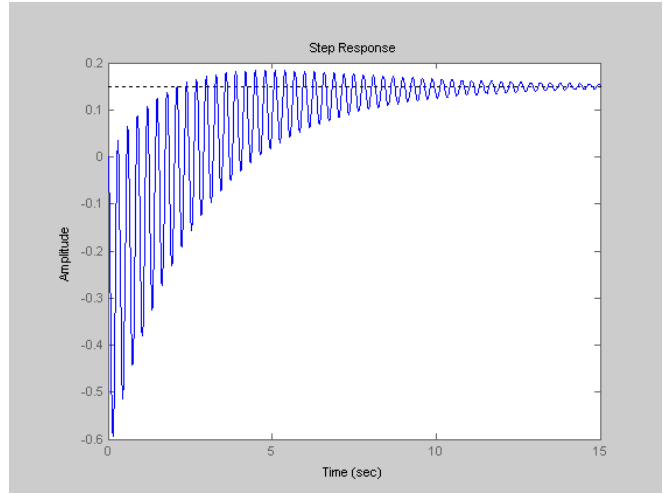


#### 5. Sistem Çıkış Grafiği

Bozucu giriş 10 N olduğunda çıkışın yine aynı olduğu gözlenmiştir. O halde sistem 10 N luk bozucu giriş için istenilen yönde çalışıyordur. Bunu sistem çıkışının 4. sistem çıkışı ile aynı olduğundan çıkartabiliriz. Peki bozucu giriş 10 N değil de 10 N dan çok daha büyük 1000 N olursa çıkış ne olur?

Bozucu giriş 1000N a çıkarılırsa çıkış;

```
>> m=50;  
>> c=50;  
>> k=2000;  
>> k1=100;  
>> k2=10;  
>> kp=20;  
>> ki=10;  
>> pay=[k1*k2*kp,k1*k2*ki];  
>> payda=[m,c,(k+k1*k2*kp),k1*k2*ki];  
>> step(pay*0.15-[k2,0]*1000,payda)
```



## 6. Sistem Çıkış Grafiği

Sistem çıkışı 10 N yerine 1000 N olarak alınırsa sistemin istediğimiz gibi olmadığı gözlenir. Sistem salınımları doğrusal değildir ve sistem daha çok negatif değerler alır. Bozucu girişin etkisinden kurtulmak için Ki ve Kp değerleri yeniden seçilmelidir. Doğru seçilen değerlerle sistem bozucu girişin etkisinden kurtulabilir

Şimdi değişik örneklerle sistem çıkışlarını gözleyelim.ve sistem çıkışlarını yorumlayalım.

Bu tarz sistemler analiz edilirken PI kontrolörünün formülünü yazır, gerekli katsayılar yerleştirilerek matlab'taki sistem çıkışı gözlenir.

PI kontrolörün genel ifadesi;

$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{K_p s + K_I}{ms^3 + cs^2 + (k + K_p)s + K_I} \text{ şeklindedir.}$$

Bundan yararlanılarak çeşitli girişlere göre sistem çıkışları belirleyelim.

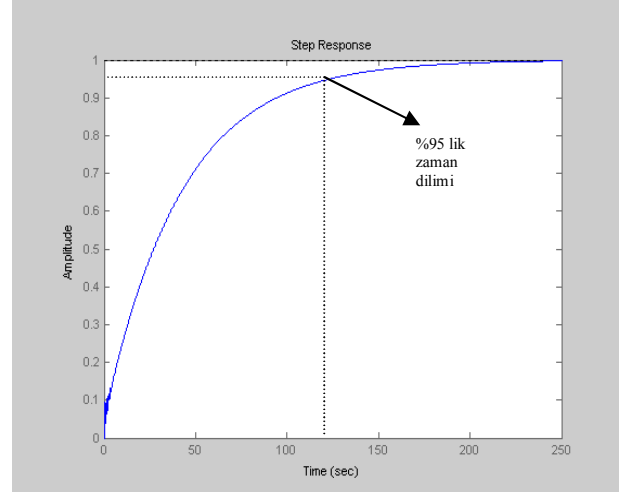
Öncelikle sistemde bulunan m(kütle), c (söndürücü) ve k (yay sabiti) değerlerimiz belirli bir sabit değerde olacağından, her örnek için bu değerleri aynı tutacağız.

Sadece Kp ve Ki değerlerini değiştirerek sistem çıkışını gözleyeceğiz.

O halde m = 50 c= 50 ve k= 2000 alınırsa bu sistemin zamana göre yer değişim grafiği şu şekilde olur.

$K_i=50$  ve  $K_p=100$  dır.

```
>> m=50;  
>> c=50;  
>> k=2000;  
>> ki=50;  
>> kp= 100;  
>> pay=[kp,ki];  
>> payda=[m,c,(k+kp),ki];  
>> step(pay,payda)
```

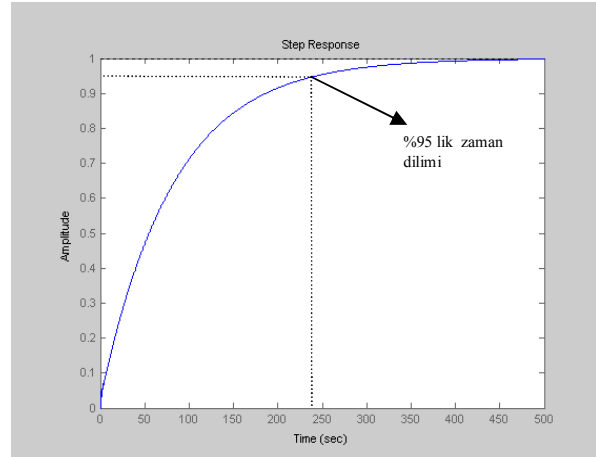


## 7. Sistem Çıkış Grafiği

7. sistem çıkış cevabındaki  $K_i$  ve  $K_p$  değerlerini referans olarak kabul edilirse sistemin kararlılığa geçtiği sürenin  $K_i$  ve  $K_p$  değerleri ile ters orantılı olduğu görülür. 7. sistem çıkış cevabı yaklaşık olarak 120ms dir. Şimdi bu veriden yola çıkarak  $K_i$  ve  $K_p$  değerlerini arttırıp arttırmak sureti ile çıkışın değişimlerini gözleyelim. Bu noktada dikkat edilmesi gereken sistemin kararlılık anı nihai değerin % 95i olduğu andır.

$K_i=25$  ve  $K_p=50$  için;

```
>> m=50;  
>> c=50;  
>> k=2000;  
>> ki=25;  
>> kp=50;  
>> pay=[kp,ki];  
>> payda=[m,c,(k+kp),ki];  
>> step(pay,payda)
```

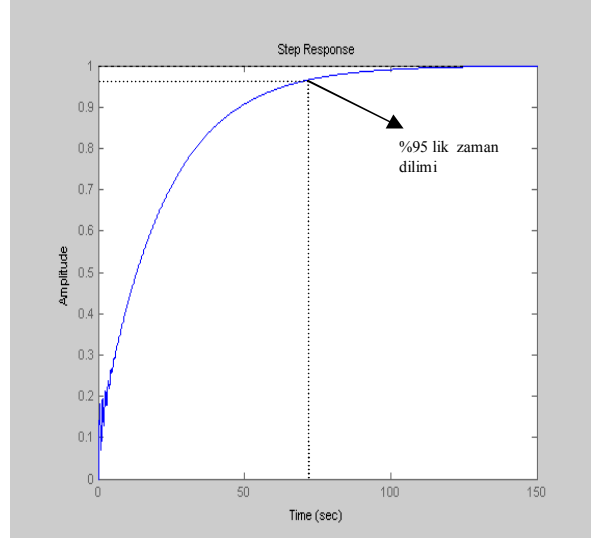


## 8. Sistem Çıkış Grafiği

8. sistem çıkış cevabındaki  $K_i$  ve  $K_p$  değerleri referans değere göre yarı değerine düşürülmüştür. Bunun sonucunda sistemin kararlılığa geçme süresi grafikten görüldüğü üzere yaklaşık olarak 240 ms dir. Bu sonuca göre  $K_i$  ve  $K_p$  değerleri yarı değerine düşürüldüğünde sistem zaman cevabının 2 katı fazla olduğu görülmektedir.

Ki=100 ve Kp=200 için;

```
>> c=50;  
>> m=50;  
>> k=2000;  
>> ki=100;  
>> kp=200;  
>> pay=[kp,ki];  
>> payda=[m,c,(k+kp),ki];  
>> step(pay,payda)
```



## 9. Sistem Çıkış Grafiği

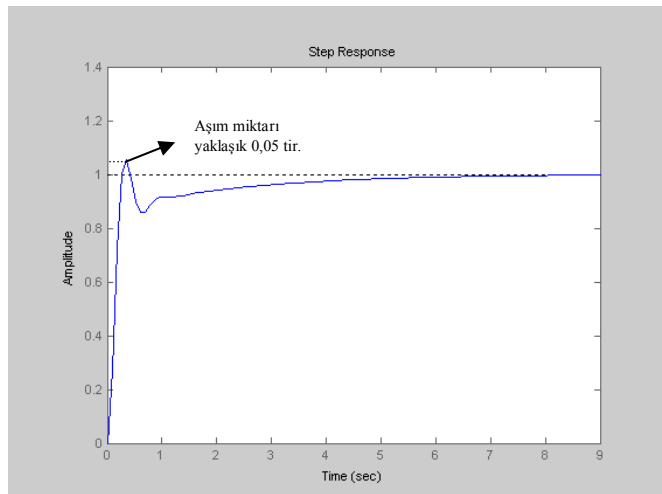
9. sistem çıkış cevabında ise Ki ve Kp değerleri referans değere göre iki katı değerine çıkarılmıştır. Bunun sonucunda sistemin kararlılığa geçme süresi grafikten görüldüğü üzere yaklaşık olarak 70 ms olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre Ki ve Kp değerleri iki katı fazla alındığında sistem zaman cevabının yaklaşık olarak 2 kat daha hızlı olduğu görülür.

Şimdi ki inceleyeceğimiz çıkışta m, c ve k değerlerini farklı bir değerde tutup yine Ki ve Kp değerlerini değiştirerek sinyal çıkışı gözleyelim.

Bu incelemede m=1 c=10 ve k=20 değerinde sabit tutulur ve Ki ve Kp değerleri:

Ki=50 ve Kp=100 için;

```
>> m=1;  
>> c=10;  
>> k=20;  
>> ki=50;  
>> kp=100;  
>> pay=[kp,ki];  
>> payda=[m,c,(k+kp),ki];  
>> step(pay,payda)
```

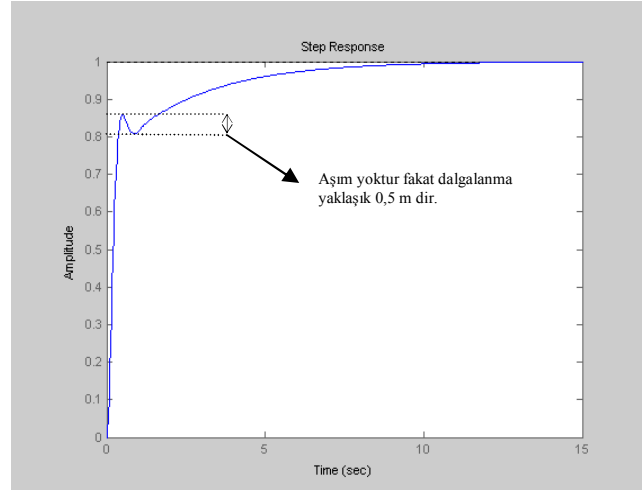


## 10. Sistem Çıkış Grafiği

Bu üç çıkışa dikkat edildiğinde  $K_i$  ve  $K_p$  değerleri büyüdükçe aşım miktarının da büyüdüğü görülmektedir. İlk  $K_i$  ve  $K_p$  bizim ele aldığımız referans değerimiz olun ve diğer çıkışları bu değere göre yorumlayalım. 10. sistem çıkış cevabında aşım miktarının 0,05 m olduğu gözlemlenir. Şimdi  $k_i$  ve  $K_p$  değerlerini değiştirerek çıkışı yeniden gözlemleyelim.

$K_i=25$  ve  $K_p=50$  için;

```
>> m=1;  
>> c=10;  
>> k=20;  
>> ki=25;  
>> kp=50;  
>> pay=[kp,ki];  
>> payda=[m,c,(k+kp),ki];  
>> step(pay,payda)
```

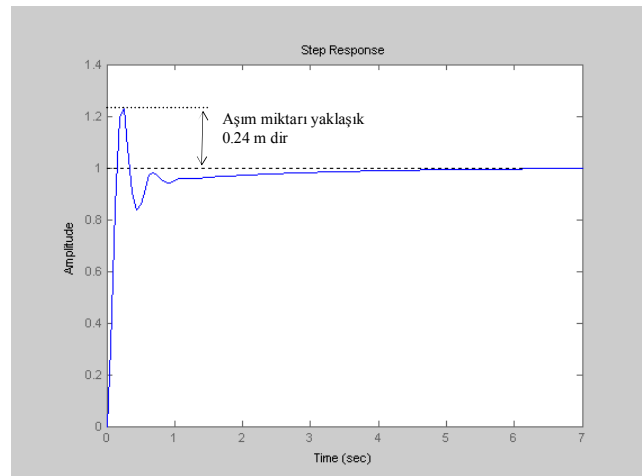


### 11. Sistem Çıkış Grafiği

11. sistem çıkışında da  $K_i$  ve  $K_p$  nin yarı değerlerine düşürüldüğü zamanki grafik elde edilmiştir. Dikkat edilirse sistemde aşım yoktur fakat sistem tırmanmaya geçtiğinde yaklaşık 0,5 m dalgalanma olmaktadır. Bu sistemlerde istenmeyen bir durumdur. Daha sonra  $K_i$  ve  $K_p$  değerleri referansa göre iki katına çıkarılırsa;

$K_i=100$  ve  $K_p=200$  için;

```
>> m=1;  
>> c=10;  
>> k=20;  
>> ki=100;  
>> kp=200;  
>> pay=[kp,ki];  
>> payda=[m,c,(k+kp),ki];  
>> step(pay,payda)
```



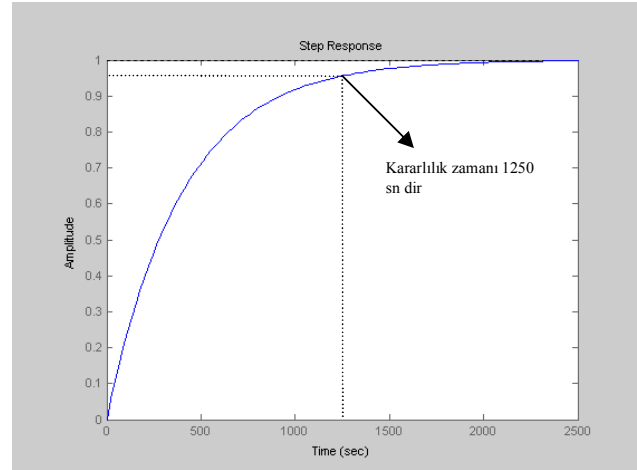
### 12. Sistem Çıkış Grafiği

12. sistem çıkışında aşım miktarı yaklaşık 0,24 m olarak görülmektedir. Ki ve Kp nin referansa göre iki katına çıkarıldığında yani Ki=100 ve Kp=200 olduğunda sistem cevabı 1.24 e yükselmekte ve daha sonra salınım yaparak kararlı hale gelmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken Kp arttıkça aşım miktarı da artmaktadır. fakat Kp değeri belli bir seviyeden aşağıya düştüğünde yükselme esnasında dalgalanmalar olur.

En son olarak ta m,c, ve k değerlerini arttırarak sistem cevabını yeniden değerlendirelim. Ki ve Kp değerlerini aynı kullanacağız. Ve tekrar üç tane çıkış eğrisi elde edeceğiz. En son örnekte m=1000 c=10000 k=20000 olarak alalım;

Ki=50 ve Kp=100 için;

```
>> m=1000;  
>> c=10000;  
>> k=20000;  
>> ki=50;  
>> kp=100;  
>> pay=[kp,ki];  
>> payda=[m,c,(k+kp),ki];  
>> step(pay,payda)
```



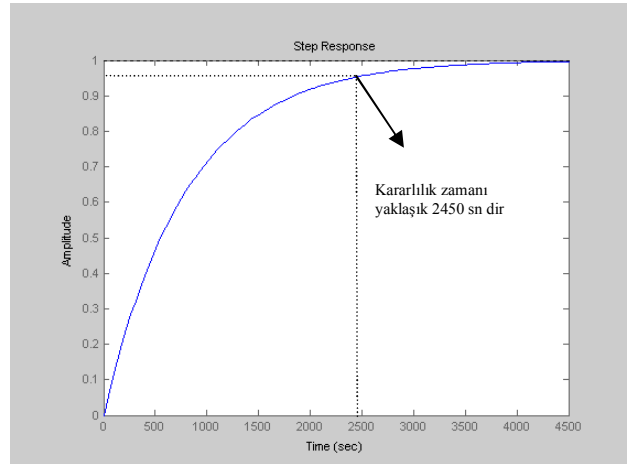
### 13. Sistem Çıkış Grafiği

Bu sistem incelenirken dikkat edilmesi gereken nokta, sistemin büyük bir sistem olduğudur. Tabi doğal olarak sistem cevapları da bir o kadar geç olacaktır.

Fakat elimizdeki sistemi en iyi şekilde kontrol etmek için Ki ve Kp değerlerini güzel seçmeliyiz. Öncelikle 13. sistem çıkışını ele alalım. Sistemde kütle 1000 sönümlendirici 10000 yay sabiti ise 20000 dir. Ayrıca Ki=50 ve Kp=100 dür. Bunun neticesinde alınan kararlılık süresi ise 1250 sn dir. Diğer örneklerde olduğu gibi bu değeri referans alarak ve Ki, Kp değerleri için sistemi analiz edelim.

Ki=50 ve Kp=100 için;

```
>> m=1000;  
>> c=10000;  
>> k=20000;  
>> ki=25;  
>> kp=50;  
>> pay=[kp,ki];  
>> payda=[m,c,(k+kp),ki];  
>> step(pay,payda)
```

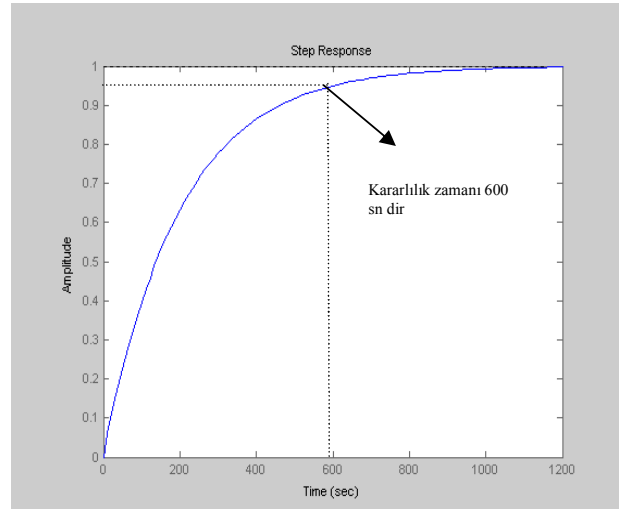


#### 14. Sistem Çıkış Cevabı

Diğer grafiğe dikkat edilirse kararlılık süresinin uzadığı sistemin daha yavaş tepki verdiği görülür. Sistem Ki=25 ve Kp=50 değerleri için 2450 sn sonra cevap veriyordur.

Ki=100 ve Kp=200 için;

```
>> m=1000;  
>> c=1000;  
>> c=10000;  
>> k=20000;  
>> ki=100;  
>> kp=200;  
>> pay=[kp,ki];  
>> payda=[m,c,(k+kp),ki];  
>> step(pay,payda)
```



#### 15. Sistem Çıkış Grafiği

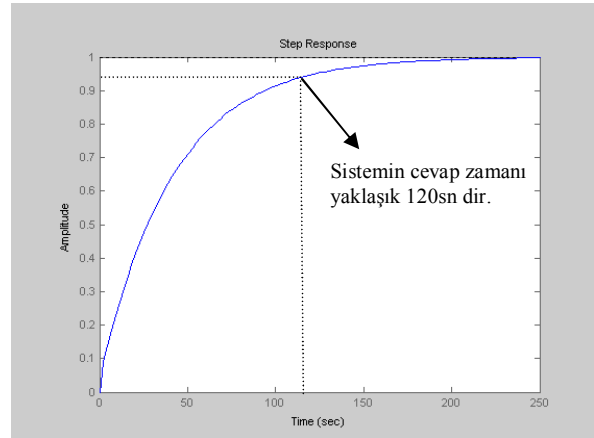
En son grafikte Ki=100 ve Kp=200 değerleri söz konusudur. Bu değerlerle oluşturulan grafikte sistemin kararlılık zamanı 600 sn olarak bulunmaktadır. Sonuçta sistem büyük değerlere sahipse bizim seçeceğimiz Ki ve Kp değerleri çok büyük önem taşır. Sistem ne kadar çabuk ve doğrusal olarak hareket ediyorsa o sistem o derece iyi kontrol ediliyor demektir. Sistemin iyi kontrolü ise işletme açısından hem kaliteyi hem de maliyeti etkiler.

O halde bu grafikten çıkarılacak sonuç 4, 5 ve 6 nolu grafiklerden çıkarılacak sonuç ile aynıdır. Görüldüğü gibi büyük sistemlerde cevapta geç alınmaktadır. Ona göre katsayılar ayarlanmalı ve sistemin mümkün olduğunca çabuk ve doğrusal cevap alınması sağlanmalıdır.

En son olarak aynı sistemin büyük Ki ve Kp değerlerine göre grafiğini bulacak olursak;

Ki=500 ve Kp=1000 için;

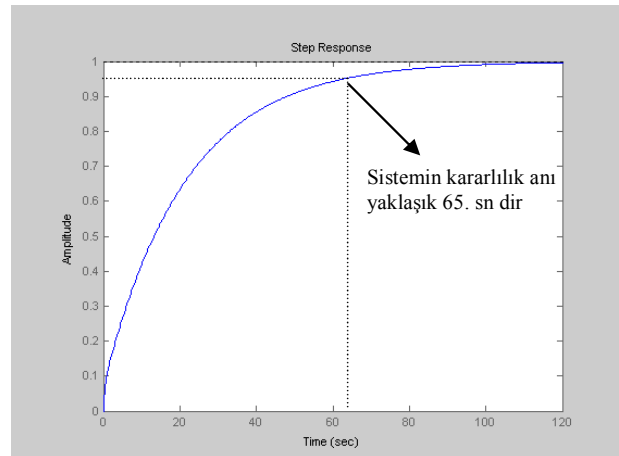
```
>>m=1000;  
>>c=10000;  
>>k=20000;  
>>ki=500;  
>>kp=1000;  
>>pay=[kp,ki];  
>>payda=[m,c,(k+kp),ki];  
>>step(pay,payda)
```



16. Sistem Çıkış Grafiği

Ki=1000 ve Kp=2000 için;

```
>>m=1000;  
>>c=10000;  
>>k=20000;  
>>ki=1000;  
>>kp=2000;  
>>pay=[kp,ki];  
>>payda=[m,c,(k+kp),ki];  
>>step(pay,payda)
```



17. Sistem Çıkış Grafiği

Büyük sistemlerde de büyük Ki ve Kp değerleri seçilirse sistemden istenilen şekilde çıkış alınabilir. Son grafiklerde görüldüğü gibi sistem çıkışının cevap süresi yaklaşık 60 sn dir. Ki ve Kp değeri arttıkça sistemin cevap süresi kısalmaktadır.



## SONUÇ:

PI kontrolör tasarlanırken öncelikle kullanılacak sistem belirlenmelidir. Uygun yaklaşımda bulunmak için uygun değerler seçilmelidir. Büyük sistemlerde büyük  $K_i$  ve  $K_p$ , küçük sistemlerde küçük  $K_i$  ve  $K_p$  seçilmelidir.

$K_p$  ve  $K_i$  seçilirken transfer fonksiyonuna önem verilmelidir. Yani tasarlanacak sisteme göre  $K_i$  ve  $K_p$  sabitleri koyulmalıdır.

Kısacası bu tarz sistemlerde anahtar olan

$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{K_p s + K_I}{ms^3 + cs^2 + (k + K_p)s + K_I}$$

denklemdir. Bu denklem sayesinde sistemin aşım miktarı, sistem zaman cevabı ve benzeri sonuçlar çıkarılabilir.

## KAYNAKLAR\*

1. Otomatik kontrol sistemleri – Benjamin C. KUO
2. kontrol sistemleri II ders notları – Yrd. Doc. Dr. İlyas ÇANKAYA
3. Mikro denetleyicili PI denetimli DA Motoru Sürücü Devre Tasarımı ve Uygulaması – Ramazan BAYINDIR, İlhami ÇOLAK
4. Çok değişkenli sistemlerde ileri kontrol algoritmalarının incelenmesi Yüksek lisans tezi – Akif Murat Ceylan
5. internet siteleri –<http://www.engin.umich.edu/group/ctm/PID/PID.html>  
–<http://gaia.csus.edu/~grandajj/me114/sld028.htm>