P, I ve D Denetleyici Davranışlarının İncelenmesi

DENEYİN AMACI

1. P, I ve D denetleyicilerinin, 1.dereceden sistemler üzerinde etkisini anlamak.

2. Kapalı-çevrim da motor hız kontrolünde kullanılan P, I ve D denetleyicilerinin simülasyonunu gerçekleştirmek.

3. Ziegler ve Nichols ayarlama kuralı I' i kullanarak PID denetleyici parametrelerini belirlemek.

4. PID denetleyici parametrelerinin ince ayarını yapmak.

HAZIRLIK SORULARI:

1.) Sürekli mıknatıslı doğru akım motorun eşdeğer devresini çizerek bu motoru tanımlayan denklemleri elde ediniz.

2.) Sürekli mıknatıslı doğru akım motorun blok diyagramını çiziniz ve transfer fonksiyonunu elde ediniz.

3.) Elde edilen transfer fonksiyonu derecesi azaltılabilir mi? Azaltılır ise yeni blok diyagramını çiziniz ve transfer fonksiyonunu elde ediniz.

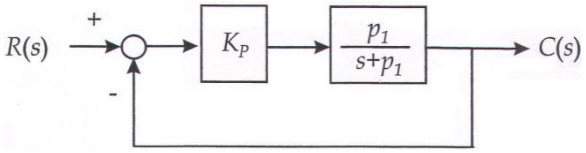
4.) PID denetleyici parametrelerinin birinci dereceden tip 0 sisteme olan etkilerini ve bu parametre değerlerinin belirlenmesi için kullanılan yöntemleri araştırınız.

1. GİRİŞ

1.1. P (Oransal) Denetleyici

PID (Oransal-Türevsel-İntegral) denetleyici, endüstride en yaygın kullanılan denetleyicilerden biridir. Bu deneyde, P denetleyicinin, sistem üzerindeki etkisini anlamak için basamak tepkesini kullanacağız.

P denetleyici eklenmiş birinci dereceden bir sistemin blok diyagramı Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. P denetleyicili birinci dereceden bir sistemin blok diyagramı

Açık çevrim transfer fonksiyonu

$$G(s) = \frac{K_p p_1}{s + p_1}$$

Kapalı çevrim transfer fonksiyonu

$$M(s) = \frac{K_p p_1}{s + (1 + K_p) p_1}$$

Basamak giriş $u_s(t)$ için, P denetleyicili sistemin kararlı durum hatası e_{ss}'yi ele alalım. Kararlı durum hatasının tanım ifadesinden

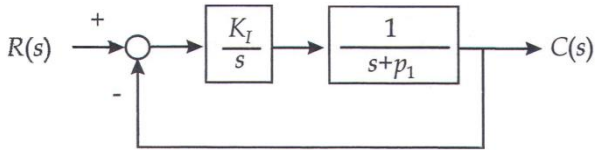
$$e_{ss} = \frac{1}{1 + K_p}$$

K_p değerindeki artışın, kararlı durum hatasını azaltacağı açıktır.

1.2. I (İntegral) Denetleyici

Genellikle I (integral) denetleyiciler, sadece kapalı-çevrim motor hız kontrol sistemi gibi birinci dereceden sistemlerde kullanılır. Yüksek dereceden sistemler genellikle kararsız olduğu için, I denetleyici tek başına nadir olarak kullanılır. Bu deneyde, I denetleyicinin değişik sistemler üzerindeki etkisini incelemek için basamak tepkesi kullanılacaktır.

I denetleyici eklenmiş birinci dereceden bir sistemin blok diyagramı Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. I denetleyicili birinci dereceden bir sistemin blok diyagramı

Açık çevrim transfer fonksiyonu

$$G(s) = \frac{K_I}{s(s+p_1)}$$

Kapalı çevrim transfer fonksiyonu

$$M(s) = \frac{K_I}{s^2 + p_1 s + K_I}$$

I denetleyicisiz bir sistemde, basamak giriş için kararlı durum hatası e_{ss}, sıfır değildir. I denetleyici ile kararlı durum hatası, sıfırdır ve K_I'dan bağımsızdır.

Sonuç olarak, I denetleyicinin, birinci dereceden bir sisteme etkileri şunlardır:

a. Sistem tepkesini yavaşlatır.

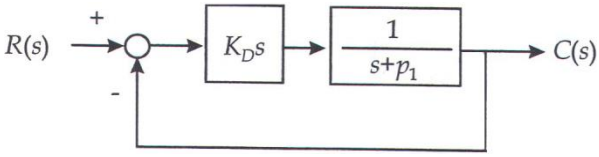
b. Basamak tepkesinin kararlı durum hatasını 0'a düşürür.

c. K_I'nın artması, tepkeyi hızlandırır ve aşma miktarını arttırır.

1.3. D (Türevsel) Denetleyici

Bu deneyde, D denetleyicinin sistem üzerindeki etkilerini incelemek için basamak tepkesi kullanılacaktır. D denetleyicisi, genellikle tek başına kullanılmamasına rağmen, kontrol sistemleri üzerinde D denetleyicinin etkilerini anlamak, bir PD veya PID denetleyiciyi anlamaya yardımcı olacaktır. Aşağıda, D denetleyicinin çeşitli sistemler üzerindeki etkileri ele alınmaktadır.

D denetleyici eklenmiş birinci dereceden bir sistemin blok diyagramı Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. D denetleyicili birinci dereceden bir sistemin blok diyagramı

Açık çevrim transfer fonksiyonu

$$G(s) = \frac{K_D s}{s + p_1}$$

Kapalı çevrim transfer

$$M(s) = \frac{K_D s}{(K_D + 1)s + p_1}$$

D denetleyicinin tip 0 sistemler üzerindeki etkileri aşağıda özetlenmiştir:

a. Girişe basamak sinyal uygulandığında, hemen bir $K_D/(K_D+1)$ çıkışı meydana gelir.

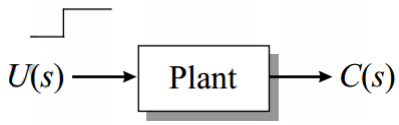
b. Basamak kararlı durum tepkesini sıfır yapar.

c. K_D'nin, basamak kararlı durum tepkesine etkisi yoktur.

1.4. Ziegler-Nichols Ayarlama Kuralı I

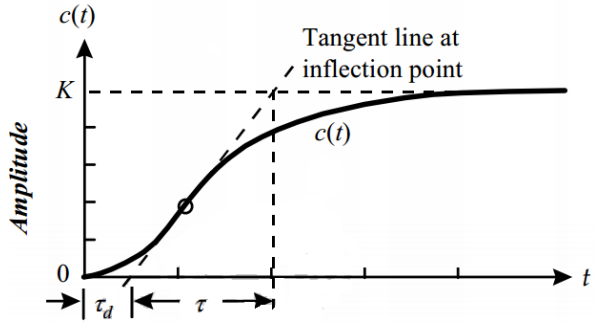
Eğer sistemin matematiksel modeli doğrusalsa ve sistem parametreleri biliniyorsa, PID denetleyici parametreleri, kontrol teorisi kullanılarak tasarlanabilir. Maalesef gerçek sistemlerin çoğu doğrusal değildir ve karmaşıktır, bu yüzden matematiksel denklemleri kullanarak bir sistemi tam olarak tanımlamak zordur. Endüstriyel uygulamalarda, PID denetleyiciler, sıklıkla deneysel yöntem kullanılarak tasarlanırlar. Çok bilinen deneysel ayarlama kuralları, Ziegler ve Nichols'a ait olanlardır. Ziegler ve Nichols ayarlama kuralı I'e geçmeden önce, sistemin matematiksel modeli aşağıdaki gibi basitleştirilir.

1. Sistemin girişine, birim basamak sinyali uygulayın (Şekil 4.)



Şekil 4. Birim basamak sinyali uygulanan sistem

Çoğu sistemler için, eğer giriş sinyali, birim basamak ise, c(t) çıkışı çoğunlukla, Şekil 5.'de gösterildiği gibi, S şekilli eğridir. Bu S şekilli eğri, süreç tepki eğrisi olarak isimlendirilir.



Şekil 5. Basamak tepkesi

2. Yaklaşık sistemi elde etmek için, birinci dereceden sistem K/(τs+1)'e, bir taşınım gecikmesi $e^{-\tau_d S}$ ilave edilir ve yaklaşık transfer fonksiyonunu elde edilir:

$$\frac{C(s)}{U(s)} = \frac{Ke^{-\tau_d S}}{(\tau s + 1)}$$

K, τ ve τ_d , S şekilli eğriden bulunabilir. Aşağıdaki adımları gerçekleştirin:

(1) K değerini bulma

K değeri, Şekil 5.'de gösterilen c(t) eğrisinden elde edilebilir. Çünkü:

$$\lim_{t\to\infty} c(t) = \lim_{s\to 0} sC(s) = \lim_{s\to 0} s\frac{1}{s}\frac{Ke^{-\tau_d s}}{\tau s+1} = K$$

O halde K değeri, kararlı durumda c(t) çıkışına eşittir.

(2) τ ve τd'yi bulma

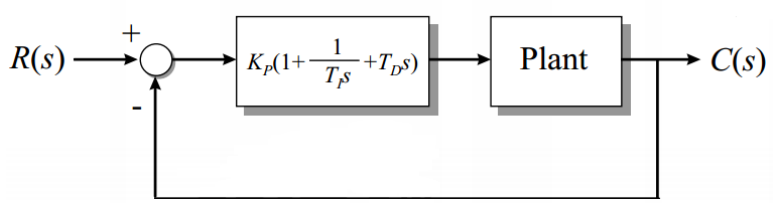
Şekil 5.'de gösterildiği gibi, S-şekilli c(t) eğrisi üzerinde, büküm noktasından geçen bir teğet çizin ve τ ve τd değerlerini direk olarak şekilden bulun.

PID denetleyici parametrelerinin belirlenmesi için, Ziegler ve Nichols ayarlama kurallarının birinci formu olan, Ziegler ve Nichols ayarlama kuralı I'i ele alalım. PID denetleyicisinin transfer fonksiyonu, aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$G_c(s) = K_P\left(1+\frac{1}{T_I s}+T_D s\right), \quad K_I = \frac{K_P}{T_I}, \quad K_D = K_P T_D$$

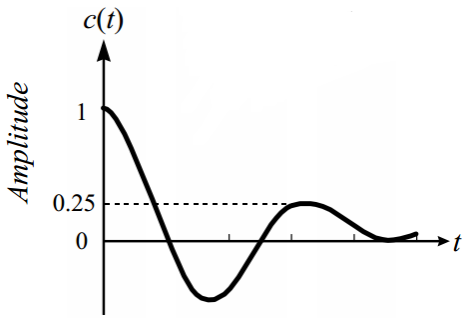
Burada KP, TI ve TD sırasıyla, oransal kazanç, integral zaman ve türevsel zaman anlamlarına gelmektedir.

Şekil 6., PID denetleyicili sistemin blok diyagramını göstermektedir.



Şekil 6. PID denetleyicili sistem blok diyagramını

Ziegler-Nichols ayarlama kuralı I'in amacı, geçici tepke azalma oranının, %25'den az olmasını sağlamaktır. Geçici tepke azalma oranı, ikinci aşmanın birinci aşmaya oranıdır (Şekil 7.).



Şekil 7. Geçici tepke azalma oranı

Bu amacı gerçekleştirmek için, Ziegler ve Nichols, Tablo 1.'de gösterilen PID denetleyici ayarlama parametrelerini önermiştir.

Tablo 1. Ziegler ve Nichols ayarlama kuralı I'e göre PID denetleyici ayarlama parametreleri

Denetleyici	K_P	T_I	T_D
P	$\tau / K\tau_d$	∞	0
PI	$0.9(\tau / K\tau_d)$	$\tau_d / 0.3$	0
PID	$1.2(\tau / K\tau_d)$	$2\tau_d$	$0.5\tau_d$

PID denetleyicinin İnce Ayarı

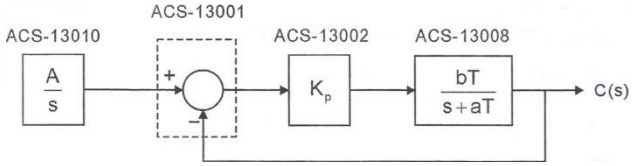
Ziegler ve Nichols ayarlama kuralı I'e göre tasarlanan PID denetleyici bir sisteme eklendiğinde, teoride, kapalı çevrim sistemin basamak tepkesi, yaklaşık 25%'lik maksimum aşmaya sahip olur. Bununla birlikte, bu sonuç tüm sistemler için garanti edilemez. Genel anlamda, çeşitli sistemler için, 10% ile 60% aralığında maksimum aşma elde edilebilir.

Pratikte, PID denetleyici sisteme eklenirken, PID denetleyici parametreleri, Ziegler ve Nichols ayarlama kuralı I'e göre ayarlanır ve daha sonra istenilen tepke elde edilinceye kadar, PID parametreleri tekrar tekrar değiştirilir.

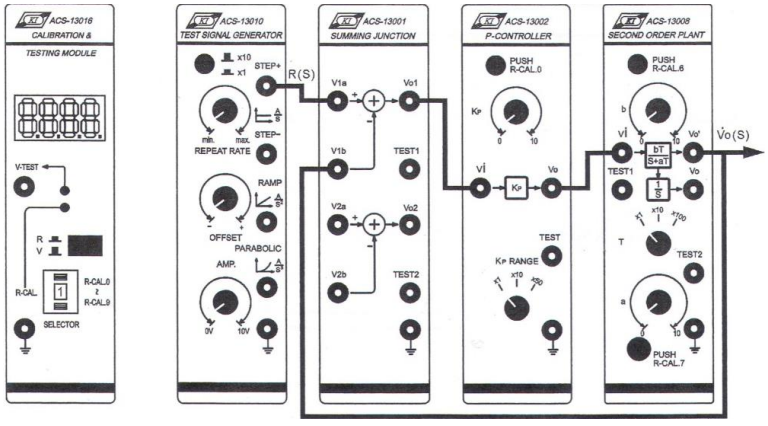
2. DENEYİN YAPILIŞI

2.1. P Denetleyici ile Kapalı-Çevrim DC Servo Motor Hız Kontrolü

1. Şekil 8'teki blok ve bağlantı diyagramlarından yararlanarak gerekli bağlantıları yapın.



(a) Blok diyagram



(b) Bağlantı diyagramı

Şekil 8

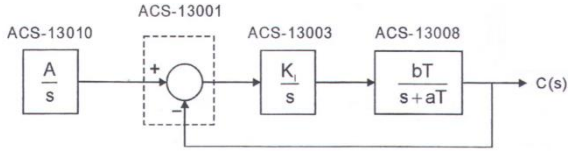
2. ACS-13010 STEP+ çıkış terminalinde 0.05 Hz, 1 V_{pp}'lik bir kare dalga üretin.

3. ACS-13008'de, T seçici anahtarını x10 konumuna getirip a ve b'yi 5'e ayarlayın. (Parametre değerini gözlemlemek için ACS-13008 kullanılacaktır. Numaratörü parametre ayar potunun yanındaki tuş üzerinde yazan değere getirdikten sonra tuşa basılı tutarak ilgili değer ayarlanır.)

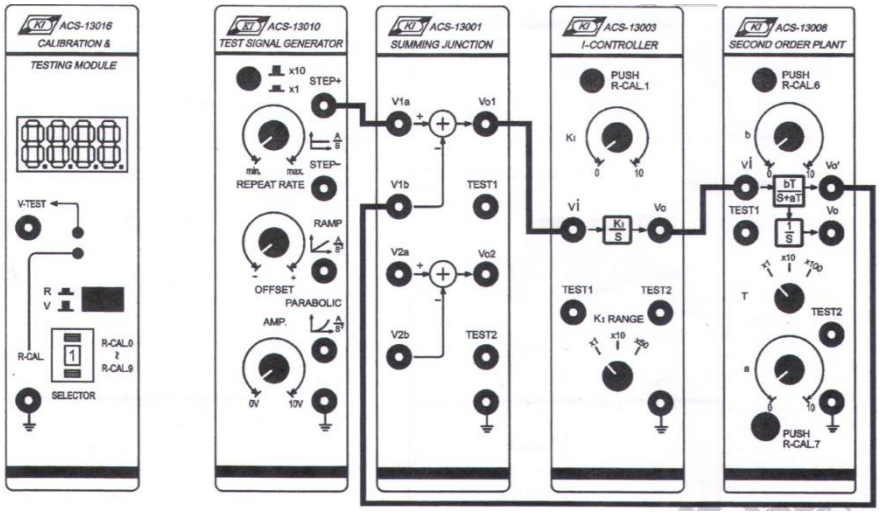
4. ACS-13002'de K_p'nin 10, 30 ve 80 değerleri için ACS-130010'da STEP+ ve ACS-13008'de Vo' çıkış terminallerindeki sinyalleri, osiloskop kullanarak, gözlemleyin ve çizin. (Parametre değerini gözlemlemek için ACS-13008 kullanılacaktır. Numaratörü parametre ayar potunun yanındaki tuş üzerinde yazan değere getirdikten sonra tuşa basılı tutarak ilgili değer ayarlanır.)
5. Farklı K_p değerleri için kaydedilen kararlı durum hataları ve geçici tepkeleri karşılaştırın.

2.2. I Denetleyici ile Kapalı Çevrim DC Servo Motor Hız Kontrolü

1. Şekil 9'teki blok ve bağlantı diyagramlarından yararlanarak gerekli bağlantıları yapın.



(a) Blok diyagram



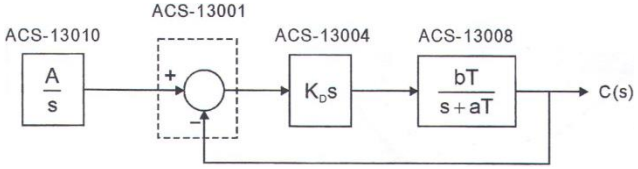
(b) Bağlantı diyagramı

Şekil 9

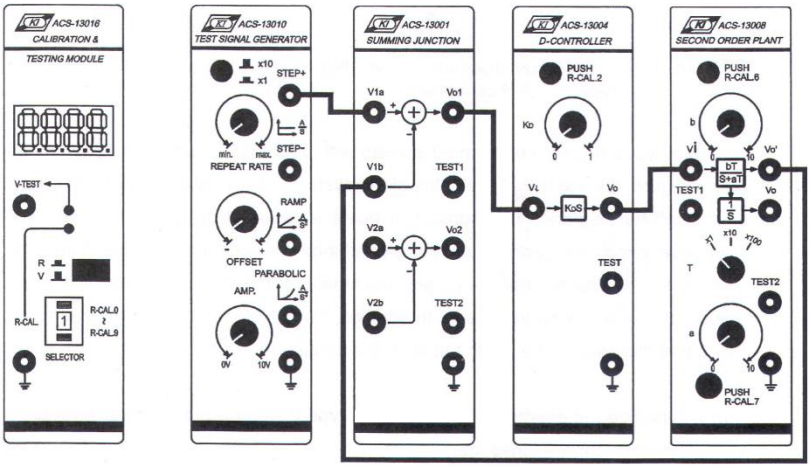
2. ACS-13010 STEP+ çıkış terminalinde 0.05Hz, 2 V_{pp}'lik kare dalga üretin.
3. ACS-13008'te, T seçici anahtarını x10 konumuna getirin ve a=b=5 yapın. (Parametre değerini gözlemlemek için ACS-13008 kullanılacaktır. Numaratörü parametre ayar potunun yanındaki tuş üzerinde yazan değere getirdikten sonra tuşa basılı tutarak ilgili değer ayarlanır.)
4. ACS-13003'te K_I'nın 5, 40 ve 80 değerleri için ACS-130010'da STEP+ ve ACS-13008'de Vo' çıkış terminallerindeki sinyalleri, osiloskop kullanarak, gözlemleyin ve çizin. (Parametre değerini gözlemlemek için ACS-13008 kullanılacaktır. Numaratörü parametre ayar potunun yanındaki tuş üzerinde yazan değere getirdikten sonra tuşa basılı tutarak ilgili değer ayarlanır.)
5. Farklı K_I değerleri için kaydedilmiş kararlı durum hatalarını ve geçici tepkeleri karşılaştırın.

2.3. D Denetleyici ile Kapalı Çevrim DC Servo Motor Hız Kontrolü

1. Şekil 10'daki blok ve bağlantı diyagramlarından yararlanarak gerekli bağlantıları yapın.



(a) Blok diyagram



(b) Bağlantı diyagramı

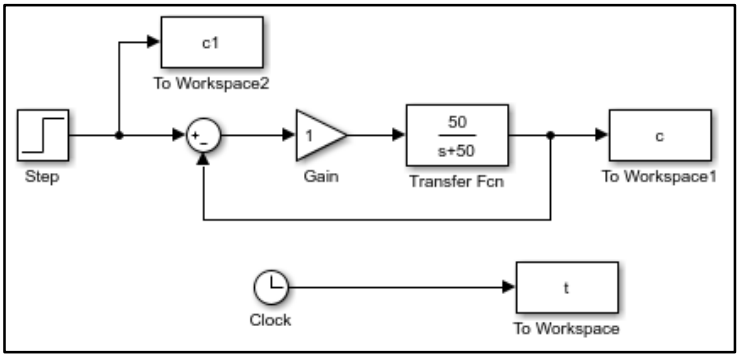
Şekil 10

2. ACS-13010 STEP+ çıkış terminalinde 0.05Hz, $2V_{pp}$'lik bir kare dalga üretin.
3. ACS-13008'de, T seçici anahtarını x10 konumuna getirin, a=b=5 yapın. (Parametre değerini gözlemlemek için ACS-13008 kullanılacaktır. Numaratörü parametre ayar potunun yanındaki tuş üzerinde yazan değere getirdikten sonra tuşa basılı tutarak ilgili değer ayarlanır.)
4. ACS-13004'te K_D'nin 10, 30 ve 60 değerleri için ACS-130010'da STEP+ ve ACS-13008'de Vo' çıkış terminallerindeki sinyalleri, osiloskop kullanarak, gözlemleyin ve çizin. (Parametre değerini gözlemlemek için ACS-13008 kullanılacaktır. Numaratörü parametre ayar potunun yanındaki tuş üzerinde yazan değere getirdikten sonra tuşa basılı tutarak ilgili değer ayarlanır.)
5. Farklı K_D değerleri için, kararlı durum hatalarını ve geçici tepkeleri karşılaştırın.

3. SIMULINK BENZETİMİ

3.1. P Denetleyici ile Kapalı-Çevrim DC Servo Motor Hız Kontrolü

1. MATLAB komut penceresini (command window) açın.
2. MATLAB komut penceresinde *simulink* yazıp enter'a basın.
3. Açılan *untitled* adlı pencerede, Şekil 11.'de gösterilen blok diyagramı çizin.



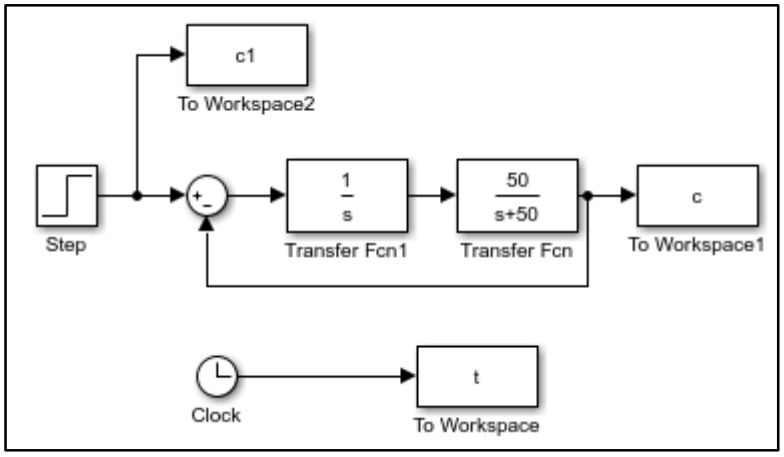
Şekil 11

4. "Step" bloğunun *Step time, Initial Value ve Final Value* değerlerini sırasıyla 0, 0 ve 1 olarak ayarlayın.

5. "Simulation/Configuration parameters" menüsüne girin ve "Simulation time" diyalog penceresinde *Stop time* değerini 10 olarak değiştirin.
6. "Workspace" bloklarının "Save format" özelliğini "array" olarak ayarlayın.
7. Blok diyagramı Deney_P.mdl adıyla kaydedin.
8. *Gain* bloğunu 1 olarak ayarlayarak simulink dosyasını çalıştırın. "c", "c1" ve "t" değerlerinin Matlab ana ekranındaki çalışma alanına (workspace) geldiğini göreceksiniz.
9. Matlab komut satırına "plot(t,c1)" komutu ile referans işaretini çizdirin. Ardından "hold on" komutunu ve arkasından "plot(t,c)" komutunu çalıştırarak sistem çıkışını gözlemleyin ve çizin.
10. Adım 8 ve 9' u *Gain* bloğunu 2, 5, 10 ve 20 değerleri için tekrar yapın. Farklı K_p değerleri için sistem yanıtlarının yorumlayın.

3.2. I Denetleyici ile Kapalı Çevrim DC Servo Motor Hız Kontrolü

1. MATLAB komut penceresini (command window) açın.
2. MATLAB komut penceresinde *simulink* yazıp enter'a basın.
3. *untitled* adlı pencerede, Şekil 12'de gösterilen blok diyagramı çizin.



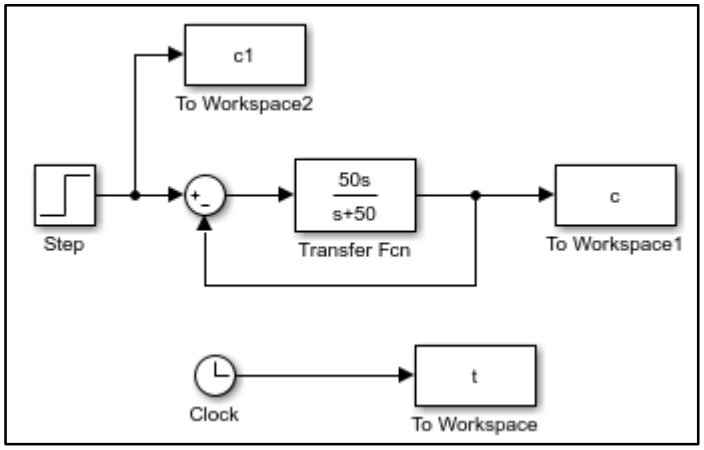
Şekil 12

4. "Step" bloğunun *Step time, Initial Value ve Final Value* değerlerini sırasıyla 0, 0 ve 1 olarak ayarlayın.
5. "Simulation/Configuration parameters" menüsüne girin ve "Simulation time" diyalog penceresinde *Stop time* değerini 10 olarak değiştirin.
6. "Workspace" bloklarının "Save format" özelliğini "array" olarak ayarlayın.
7. Blok diyagramı Deney_I.mdl adıyla kaydedin.
8. *Gain* bloğunu 1 olarak ayarlayarak simulink dosyasını çalıştırın. "c", "c1" ve "t" değerlerinin Matlab ana ekranındaki çalışma alanına (workspace) geldiğini göreceksiniz.
9. Matlab komut satırına "plot(t,c1)" komutu ile referans işaretini çizdirin. Ardından "hold on" komutunu ve arkasından "plot(t,c)" komutunu çalıştırarak sistem çıkışını gözlemleyin ve çizin.
10. Adım 8 ve 9' u *Gain* bloğunu 5, 10, 20 ve 50 değerleri için tekrar yapın. Farklı K_I değerleri için sistem yanıtlarının yorumlayın.

3.3. D Denetleyici ile Kapalı Çevrim DC Servo Motor Hız Kontrolü

1. MATLAB komut penceresini (command window) açın.
2. MATLAB komut penceresinde *simulink* yazıp enter'a basın.

3. *untitled* adlı pencerede, Şekil 13'da gösterilen blok diyagramı çizin.



Şekil 13

4. "Step" bloğunun *Step time, Initial Value ve Final Value* değerlerini sırasıyla 0, 0 ve 1 olarak ayarlayın.

5. "Simulation/Configuration parameters" menüsüne girin ve "Simulation time" diyalog penceresinde *Stop time* değerini 10 olarak değiştirin.

6. "Workspace" bloklarının "Save format" özelliğini "array" olarak ayarlayın.

7. Blok diyagramı Deney_D.mdl adıyla kaydedin.

8. Simulink dosyasını çalıştırın. "c", "c1" ve "t" değerlerinin Matlab ana ekranındaki çalışma alanına (workspace) geldiğini göreceksiniz.

9. Matlab komut satırına "plot(t,c1)" komutu ile referans işaretini çizdirin. Ardından "hold on" komutunu ve arkasından "plot(t,c)" komutunu çalıştırarak sistem çıkışını gözlemleyin ve çizin. Çizilen bu sistem yanıtı K_D=1 içindir.

10. Adım 8 ve 9' u K_D=0.1, 0.5, ve 2 değerleri için tekrar yapın. Farklı K_D değerleri için sistem yanıtlarının yorumlayın. (Şekil 13' te K_D=1' dir).

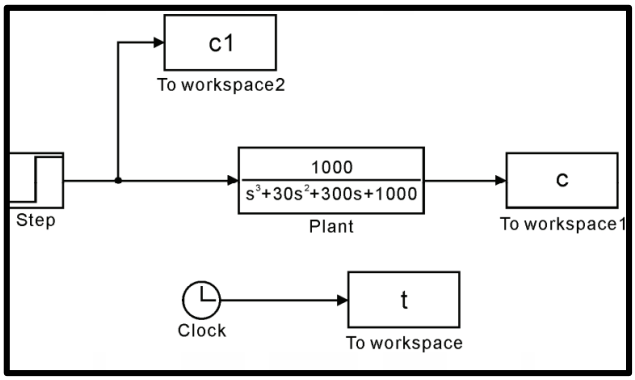
3.4. Ziegler-Nichols Ayarlama Kuralı I

1. Sistem transfer fonksiyonu

$$\frac{1000}{s^3+30s^2+300s+1000}$$

2. K, τ ve τ_d değerlerini belirleyin.

(1)*untitled* adlı pencerede, Şekil 14.'de gösterilen blok diyagramı çizin.



Şekil 14

(2) Step bloğunun *Final value* değerini 1, *Step time* değerini 0 yapın.

(3)"Simulation/Configuration parameters" menüsüne girin ve "Simulation time" diyalog penceresinde *Stop time* değerini 1 olarak değiştirin.

(4) Blok diyagramı Deney_21_1.mdl adıyla kaydedin.

(5) Simülasyonu çalıştırın, giriş ve çıkış sinyallerini elde edin. Sinyalleri çizdirmek için yukarıdaki deneylerdeki gibi "plot()" ve "hold on" komutlarından faydalanmalısınız.

(6) c(t)'nin büküm noktasından geçen bir teğet çizin ve K, τ_d ve τ değerlerini bulun.

(7) Ziegler-Nichols ayarlama kuralı I'e göre, PID denetleyici parametrelerini ayarlayın, K_I ve K_D değerlerini hesaplayın :

3. PID denetleyiciyi sisteme ekleyin ve u*ntitled* adlı pencerede, blok diyagramı çizin.

4. "Simulation/Configuration parameters" menüsüne girin ve "Simulation time" diyalog penceresinde *Stop time* değerini 2 olarak değiştirin.

5. Blok diyagramı, Deney_21_2.mdl adıyla kaydedin.

6. Simülasyonu çalıştırın.

7. PID denetleyicinin ince ayarı

İstenilen sonuç elde edilinceye kadar, PID denetleyici PID parametrelerini tekrar tekrar ayarlayın.