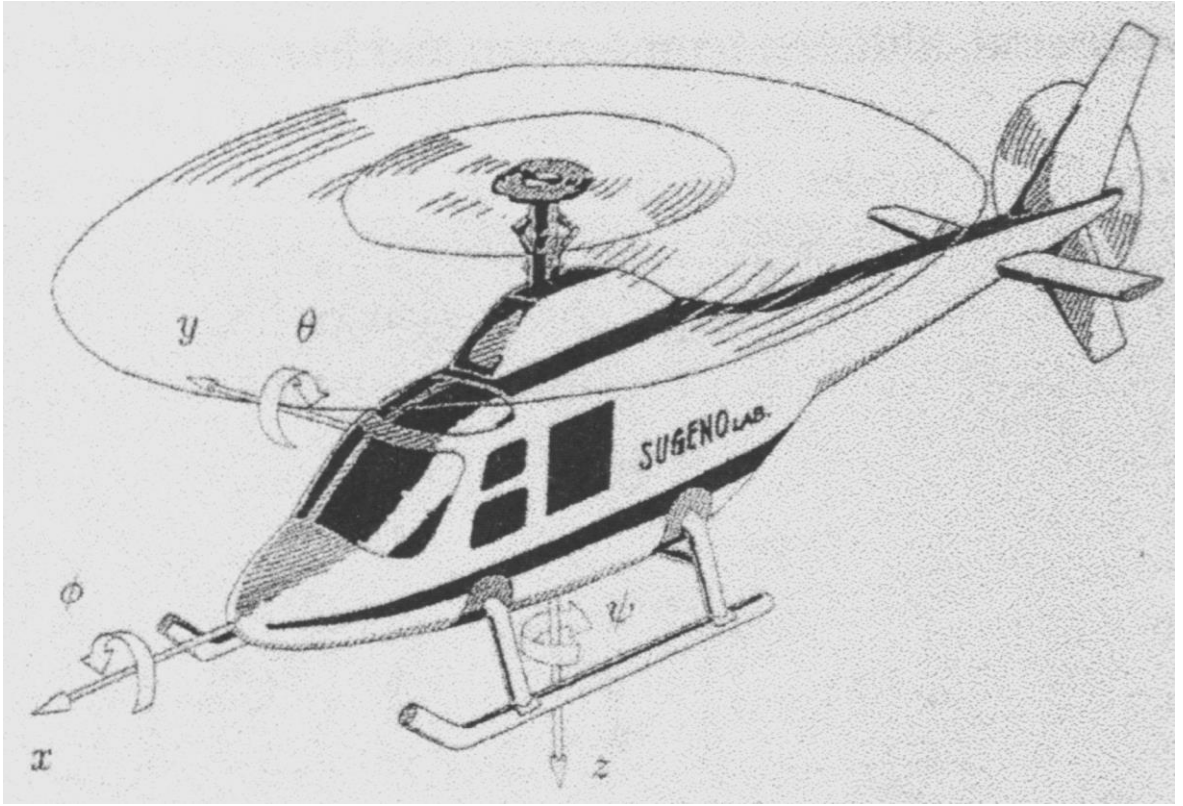


T.C
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE DOĞA BİLİMLERİ FAKÜLTESİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

1202605-1222605 OTOMATİK KONTROL LABORATUVARI DENEY FÖYÜ



HAZIRLAYAN
Prof. Dr. Ömer AYDOĞDU
Arş. Gör. Ender KURNAZ

2025-KONYA

T.C
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE DOĞA BİLİMLERİ FAKÜLTESİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
1202605-1222605 OTOMATİK KONTROL LABORATUVARI DENEY FÖYÜ

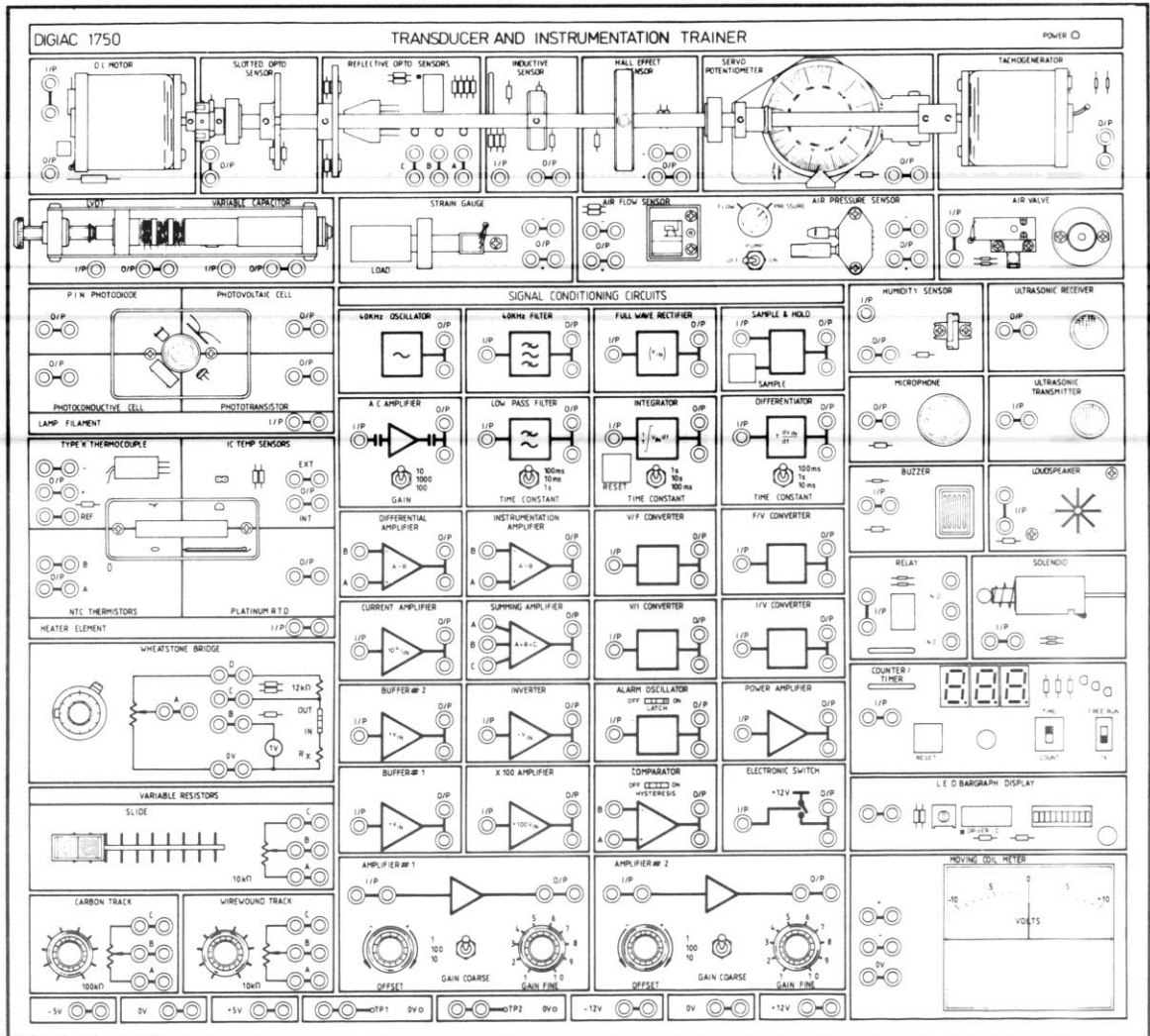
A-LABORATUVARDA YAPILACAK DENEYLERİN LİSTESİ

1. Deney - Kontrol Sistem Elemanlarının İncelenmesi.....	1
2. Deney - On/Off Kontrol Sistemleri.....	13
3. Deney - Pozisyon Kontrol Sistemleri.....	18
4. Deney - Hız Kontrol Sistemleri.....	25
5. Deney - Sıcaklık Kontrol Sistemleri.....	28
6. Deney - Motor Hız ve Yön Kontrolü.....	42
7. Deney - MATLAB Deneyleri.....	47

B-LABORATUVAR KURALLARI VE DENEYLERİN YAPILIŞI

- İki deneye gelmeyen öğrenci laboratuvarda devamsızlıktan kalır.
- Deneye gelmeden önce her öğrenci, deney hakkında teorik bilgi edinmelidir. Yapılan ön sınavda başarısız olan veya hazırlanmadan gelen öğrenciler deneye alınmazlar.
- Deney grupları, görevliler tarafından öğrencilerin özel durumları dikkate alınarak oluşturulur.
- Öğrencinin Otomatik Kontrol Laboratuvarından başarılı olabilmesi için;
1-Devamsızlıktan kalmamış olması, 2-Geçebilecek not alması gerekmektedir.
- Öğrenciler deney setlerini dikkatlice kullanıma almalı, deney setine enerji vermeden gerekli deney bağlantısını yapıp görevlilere kontrol ettirmelidir. Aksi halde deney setine verilen zarar öğrenci tarafından karşılanır.
- MATLAB deneylerinin (7. Deney) her biri ödev olarak yapılacaktır. Öğrenciler ödevi bireysel olarak yapacaklardır. Her bir MATLAB ödevinin son teslim tarihi aşağıda yer almaktadır.

7.1. Deney –/....../20....	7.3. Deney –/....../20....	7.5. Deney–/....../20....
7.2. Deney –/....../20....	7.4. Deney –/....../20....	



Otomatik Kontrol Deney Seti Ön Görünümü

DENEY NO : 1

DENEYİN ADI : KONTROL SİSTEM ELEMANLARININ İNCELENMESİ

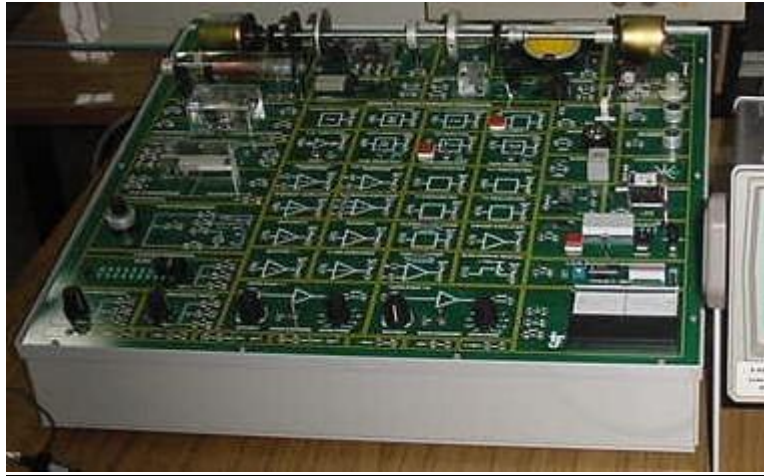
DENEYİN AMACI : Bu deneyde, Otomatik Kontrol Sistemlerinde kullanılan ve deney seti üzerinde bulunan kontrol elemanları hakkında temel bilgilerin verilmesi amaçlanmıştır.

REFERANSLAR :

- 1.Digiac 1750 Instrumentation Training System, Manuel Vol. 2.
2. Process Control Instrumentation Technology, Johnson C.,Prentice Hall International Inc.
3. Modern Control Engineering, Ogata G., Prentice Hall International Inc.

DENEY HAKKINDA TEORİK BİLGİLER:

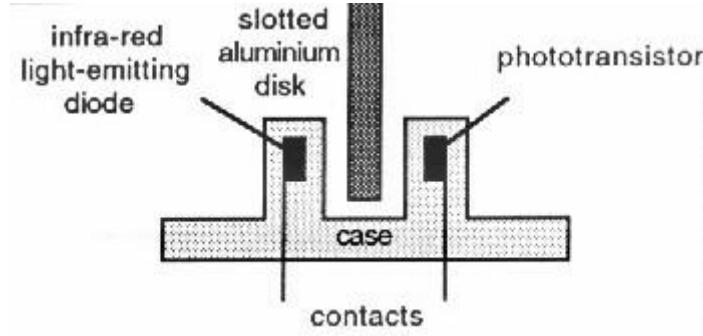
Bu deneyde ilk olarak, Şekil 1 ile gösterilen deney seti hakkında bilgi verilecektir. Deney setleri üzerindeki elemanların tanıtılması ve kullanımı görevli laboratuvar elemanı tarafından tarif edilecektir. Ayrıca bu deneyde, bundan sonraki deneylerde kullanılacak olan devir dönüştürücüleri, uç kontrol elemanları ve sinyal işleme devrelerinin karakteristikleri çıkartılacaktır.



Şekil 1. Otomatik Kontrol Deney Seti

A. DEVİR DÖNÜŞTÜRÜCÜLERİ VE UÇ KONTROL ELEMANLARI**1.YARIKLI OPTİK DÖNÜŞTÜRÜCÜLER**

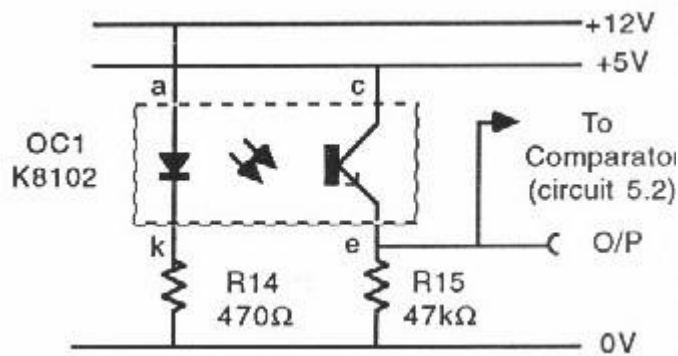
Şekil 2' de gösterildiği gibi, Galyum Arsenik İnfra-Red LED ve Silikon Fototransistör birbirlerini görecek biçimde plastik kılıf içine yerleştirilmiştir.



Şekil 2. Yarıklı Hat Optik Dönüştürücü Görünüşü

Yarık arasına Alüminyum disk girdiği zaman, Led ışığı Fototransistöre ulaşmayacağından Fototransistör kollektör akımı düşük seviyede olacaktır. Alüminyum disk üzerine yarık açılmıştır ve bir mil ile motora bağlanmıştır. Disk döndürüldüğü zaman ve yarık tam ortaya geldiği zaman fototransistör, led ışığını algılayıp iletme geçer ve kollektör akımı artar, dolayısıyla çıkış artar. Motorun her devri için bu olay meydana gelir. Eğer diske birden fazla delik açılırsa her devir için birden fazla puls üretilir.

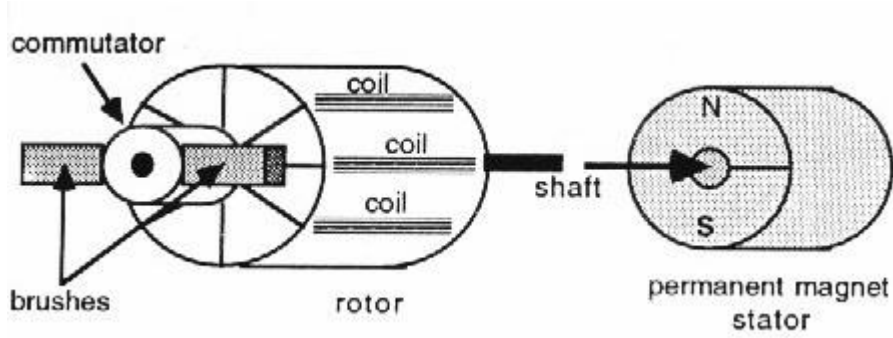
Şekil 3' de ise kullanılan yarıklı optik dönüştürücünün elektriksel şeması verilmektedir. Devrede kullanılan elemanın karakteristiği, eğer arada disk varsa çıkış 0.1 volt ve disk deliği varsa 4.9 volt değerindedir.



Şekil 3. Yarıklı Hat Optik Dönüştürücü Şeması

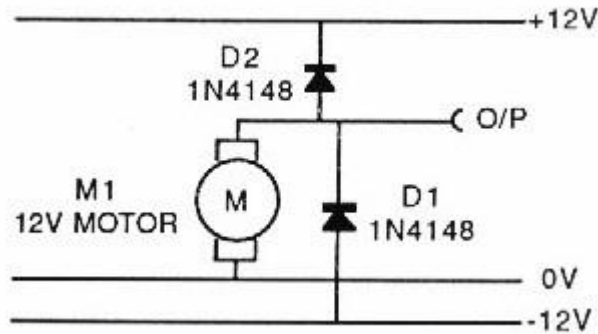
2. PERMANENT MAGNET DC TAKOGENARATÖR

Şekil 4’ de bir Permanent Magnet DC Takogenaratörünün temel yapısını görülmektedir. Permanent Magnet Stator içerisine, fırçalı armatür yerleştirilmiştir.



Şekil 4. Permanent Magnet DC. Takogenaratörünün temel yapısı

Armatür üzerindeki oluklara yerleştirilen iletkenlerde, dönme sırasında bir AC emk. indüklenmekte ve fırçalar sayesinde DC akıma dönüştürülmektedir. İndüklenen akımın genliği, dolayısıyla çıkış geriliminin genliği armatürün dönme hızına bağlıdır. Devrenin elektriksel şeması Şekil 5’te görülmektedir. Burada diyotlar çıkış gerilimini sınırlamak için yerleştirilmiştir. Bu sistem maksimum +12V, -12 V DC çıkış verebilmektedir. Genel özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.



Şekil 5. Devrenin elektriksel şeması

Tablo 1. Permanent Magnet DC Takogenaratörünün genel özellikleri

Motor 12 V iken açık devre gerilimi	10.5 V
Motor 12 V iken kısa devre gerilimi	750 mA
Çıkış empedansı	7 ohm
Çıkış gürültüsü	200 mV p-p

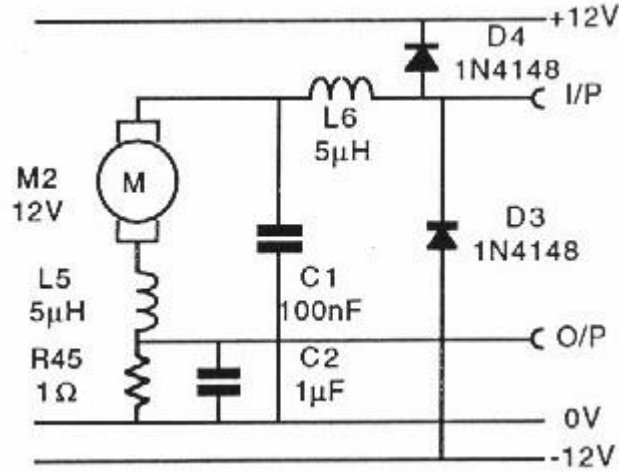
3. PERMANENT MAGNET DC MOTOR

Permanent Magnet DC motorda, Şekil 4’ de verilen DC takogenaratör ile aynı yapıda elemanlardır. Sadece stator ve armatürün bağlantı şekli farklıdır. Motorda fırçalar ile dışarıdan bir enerji alınırken, takogenaratörde ise dışarıya enerji verilmektedir. Motorun çalışması bilinen klasik doğru akım motorlarının çalışması gibidir. Şekil 6’da motorun elektriksel bağlantısı verilmektedir.

Motora uygulanan gerilimle, yüksüz durumda motor devir sayısı doğru orantılıdır. Eğer motor yüklenirse zıt emk’ dan dolayı devir sayısı değişecektir. Sistemden daha fazla akım çekerek torku artıracaktır. Akım artarsa armatür dirençlerinde düşen gerilimde artacak ve hızın değişmesine neden olacaktır. Şekil 6’da gösterilen sistemdeki 1 ohm'luk direnç motor akımını direk gerilim olarak okuyabilmemiz için kullanılmıştır. Diyot ise motora uygulanabilecek maksimum gerilim değerini sınırlamak içindir. Burada maksimum 12 V uygulanabilmektedir. C1 kondansatörü ise filtre görevi yapmaktadır. Tablo 2’de motora ait karakteristikler gösterilmektedir.

Tablo 2. Permanent Magnet DC Motor genel özellikleri

D.A. Direnci	6.2 ohm
Motor akımı (Yüksüz ve 12 V uygulanırsa)	120 mA
Motor akımı (Yüklü ve 12 V uygulanırsa)	1.93 A
Motor devir sayısı (Yüksüz ve 12 V uygulanırsa)	Maksimum 2400 devir / dakika
Başlama torku	7 Ncm / A
Sabit torku	3.5 Ncm / A
Zaman sabiti	19.6 ms
Motorun verimi	Maksimum %82



Şekil 6. DC Motorun elektriksel bağlantısı

DENEYİN YAPILIŞI VE BAĞLANTI ŞEMASI:

1. İlk olarak Şekil 7'ye göre yarıklı optik dönüştürücü ve motor karakteristiğini elde edebiliriz. Bunun için 10 kohm'luk ayarlı direnci çıkış sıfır olacak şekilde ayarlayınız. Böylece motor giriş gerilimi sıfır olacaktır. Devreye enerji veriniz ve elinizle döndürmek suretiyle yarıklı optik sensör çıkışını normal disk varken ve delik varken ölçü aletlerinden birini kullanarak ölçünüz ve kaydediniz.

Normal disk halinde çıkış =Delik sensörün ortasında iken çıkış =.....

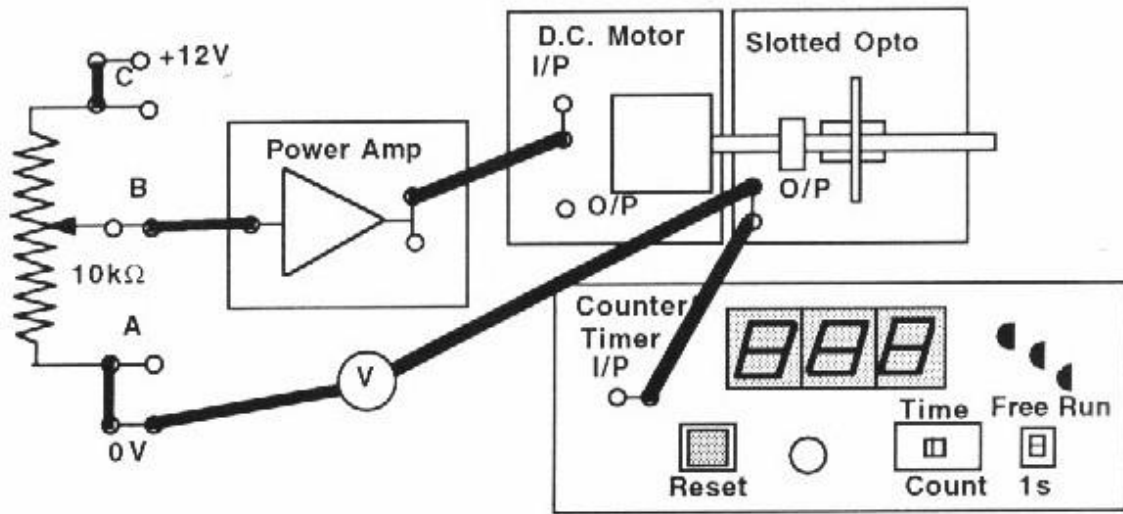
2. Ölçü aletini tekrar eski haline getirerek Şekil 7 'yi gerçekleştiriniz. Sayıcıyı count ve 1 s konumuna alınız. 10 kohm'luk potansiyometreyi değiştirmek suretiyle motor giriş gerilimini sırasıyla Tablo 3'te verilen değerlere ayarlayınız. Her değer için Digital ölçü aletinden gerilime karşılık akımı hesaplayınız ve tabloya kaydediniz. Ayrıca her defasında sayıcının reset butonuna basarak her basamakta motor devrini okuyup tabloya kaydediniz. Motor gerilimi ile devir sayısı arasındaki ilişkiyi bulunuz. Motor için bir transfer fonksiyonu yazınız.

3. Motor gerilimini 6 Volt değerine ayarlayınız ve motorun miline elinizle etki etmek suretiyle hafifçe yükleyiniz. Bu durumda motor akımını ve devir sayısına ölçerek kaydediniz. Akım artarken devir düşecektir. Akım 0.4 A olacak şekilde motoru elinizle yükleyiniz ve sayıcının reset butonuna basarak devir sayısını ölçünüz.

4. Ayarlı direncin girişine -12 V bağlayarak motorun ters yönde döndüğünü görebilirsiniz. Hangi etkiden dolayı motorun ters döndüğünü araştırınız.

Tablo 3. DC Motorun Gerilim, Akım ve Devir Karakteristiği

Motoru uygulanan gerilim (V)	2	4	6	8	10
Motor akımı (A)					
Motor devri (devir/saniye)					

**Şekil 7.** Yarıklı optik dönüştürücü ve motor karakteristiğini deney şeması

5. Takogenaratör için Şekil 7'deki devrede motorun akımını ölçen digital ölçü aletini çıkartarak takogenaratörün çıkışına bağlayınız.
6. Ayarlı direnci kullanarak motor devrini Tablo 4 'de verilen değerlere ayarlayınız ve her devir için motor gerilimini ve tako çıkışını kaydediniz. Burada oluşturulmuş olan motor-tako sisteminin transfer fonksiyonunu Tabloları kullanarak elde etmeye çalışınız. Motor giriş gerilimi ve tako çıkışı arasındaki ilişkiyi bulunuz.

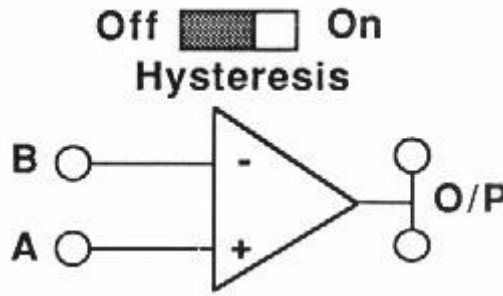
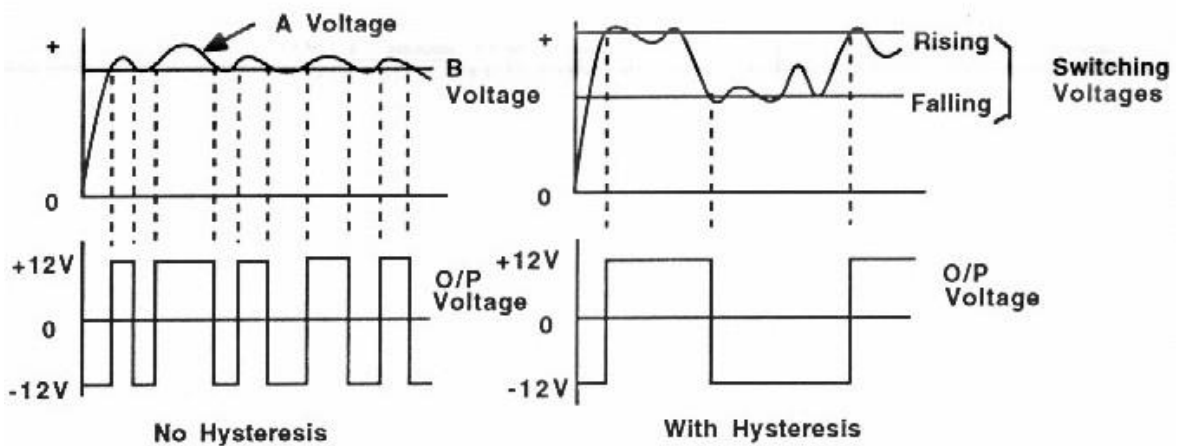
Tablo 4. Takogenaratörü çıkış karakteristiği

Motor devri (dev/sn)	5	10	20	30	40
Motor giriş gerilimi (V)					
Takojenaratörü çıkış gerilimi (V)					

B. SİNYAL İŞLEME DEVRELERİ**1. KARŞILAŞTIRICI (KOMPARATOR)**

Şekil 8'deki sembolle gösterilen karşılaştırıcı, fark kuvvetlendiricisine benzer ise de karakteristikleri birbirinden farklıdır. Komparatörler iki girişli opamplarla gerçekleştirilen kazancı çok büyük elemanlardır. Girişlerden birine bir referans gerilim, diğerine giriş gerilimi uygulanır. Referans gerilim (+), (-) veya 0 olabilir. Giriş sinyali ise DC veya AC olabilir geriliminin iki durumu mevcuttur:

- 1) A giriş voltajı B'den daha pozitifdir. Bu durumda çıkış yaklaşık + 12V'dur.
- 2) A giriş voltajı B'den daha negatifdir. Bu durumda çıkış yaklaşık -12V'dur.

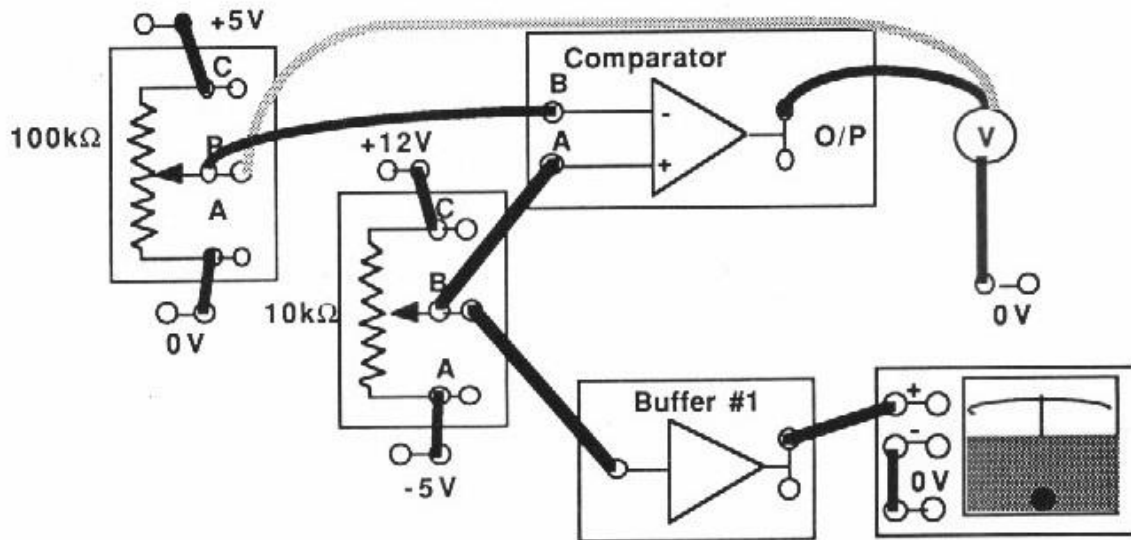
**Şekil 8.** Karşılaştırıcı Eleman**Şekil 9.** Karşılaştırıcı Karakteristikleri

Eğer iki giriş birbirine çok yakın ise bunlardan herhangi birindeki hafif bir değişim, komparator çıkışında kararsızlığa yol açabilir. Bunun önüne geçmek için Şekil 9'da gösterildiği üzere komparatorü belirli bir histerezis gerilimleri ile çalıştırılarak kararsızlığı önlenir. Şekil 9'da histerezissiz ve histerezisli çıkış gerilimlerinin değişimleri gösterilmiştir. Histerezisli durumda şekilden de görüldüğü gibi A voltaj değerinin değişim aralığı artırılmış böylece çıkışın hızlı değişimi yavaşlatılmıştır.

Komparatorların kullanıldığı yerler şunlardır:

- Düzensiz giriş sinyalleri karşılaştırılarak, çıkıştan buna uygun darbe elde edilmesi,
- Kare dalga osilatörlerin yapılmasında,
- Herhangi bir sinyalin karşılaştırılıp, çıkıştan 0 veya 1 değerinin elde edilmesi,
- Herhangi bir giriş sinyalinin sıfırdan kaç kere geçtiğini kontrol etmek için.

DENEYİN YAPILIŞI VE BAĞLANTI ŞEMASI:



Şekil 10. Deney Bağlantı Şeması

- Şekil 10'deki deney bağlantısını kurarak komparatorun histerezis anahtarını "OFF" konumuna ve her iki potu minimum duruma alınız.

2. Giriş kaynağının anahtarını "ON" konumuna alınız. B giriş voltajını 0V, A girişini -5V değerine ayarlayınız. Bu durumda çıkış geriliminin -12V olduğunu gözleyiniz. 10 k Ω 'luk potu saat yönünde çevirerek A giriş gerilimini daha pozitif yapınız. Bu durumda çıkış gerilimi -12V'dan +12V'a kadar değişecektir. Bu değişim 0V civarında oluşacaktır. Bu durumda komparator çıkış gerilimini not ediniz.

3. Şimdi A giriş gerilimini azaltırken bu anahtarlama geriliminde A anahtarlama gerilimini ve komparator çıkış gerilimini kaydediniz. Bu işlemi yaparken A gerilim değerinin yükselirken komparator çıkışının değiştiği gerilim değerini ve bunun tersi olarak da A gerilim değerini bu kez ters yönde düşürdüğünüzde komparator çıkışının değiştiği A giriş gerilim değerini Tablo 4'e kaydediniz.

Tablo 4. Komparator Geçiş Gerilimleri

	Voltaj Artarken	A Anahtarlama Voltajı =
B=0		Komparator Çıkış Voltajı =
	Voltaj Azalırken	A Anahtarlama Voltajı =
		Komparator Çıkış Voltajı =

4. Üçüncü şıkta yapılanları B= + 4 volt iken tekrarlayarak Tablo 5'a kaydediniz.

Tablo 5. Komparator Geçiş Gerilimleri

B=+4	Voltaj Artarken	A Anahtarlama Voltajı =
	Voltaj Azalırken	A Anahtarlama Voltajı =

5. Şimdi histerezis anahtarını "ON" konumuna alarak B girişinin 0V ve +4 Volta ayarlandığı durumlarda istenen değerleri Tablo 6'ya kaydediniz.

Tablo 6. Komparator Geçiş Gerilimleri

B=0 V	Voltaj Artarken	A Anahtarlama Voltajı=
	Voltaj Azalırken	A Anahtarlama Voltajı=
B=+4 V	Voltaj Artarken	A Anahtarlama Voltajı=
	Voltaj Azalırken	A Anahtarlama Voltajı=

6. Ölçtüğünüz histerezis voltajı nedir.

2. İNTEGRAL ELEMAN (INTEGRATOR-I)

İntegral elemanı kontrol sistemlerinde, bilhassa kapalı regülasyon sistemlerinde kararlılığı sağlayan önemli bir elemandır. Çıkış girişin integrasyonudur. İntegral elemanın özellikleri kısaca şöyledir:

1. Integral elemanın girişinde sinyal varsa çıkışı sürekli olarak değişir. Giriş sabitse çıkış lineer olarak değişir.
2. Çıkış sinyalinin hızındaki değişim giriş sinyalinin değeri ile orantılıdır.
3. İntegral elemanın zaman sabiti, çıkış sinyalinin giriş sinyali seviyesine ulaştığı ana kadar geçen süredir. Zaman sabiti ne kadar büyük olursa, çıkış sinyalinin değişimi de o kadar yavaş olur.
4. Giriş sinyali sıfır olduğunda çıkış sinyali o ana kadar ulaştığı seviyede sabit kalır.

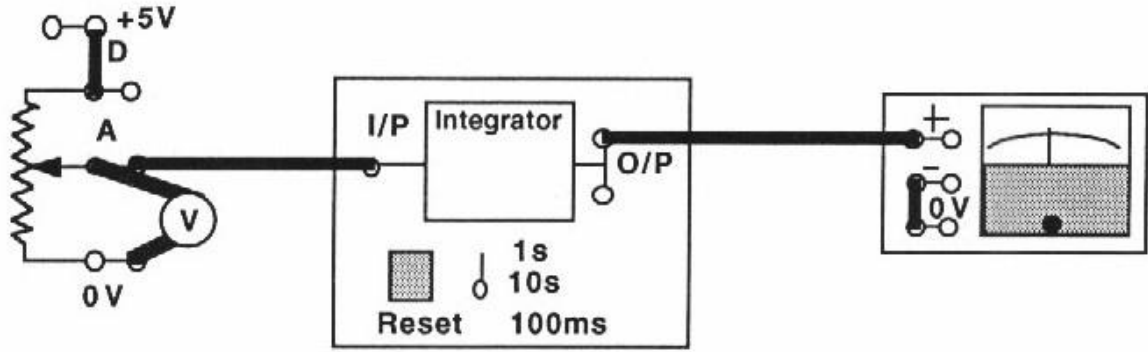
Deneyde kullanılan İntegratöre ait temel karakteristikler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 7. İntegratör temel karakteristikleri

Zaman Sabiti	100ms, 1s ve 10s
Giriş Empedansı	100k
Çıkış Saturasyon Voltajı	11 V
Kazanç Hatası	%1

DENEYİN YAPILIŞI VE BAĞLANTI ŞEMASI

1. Şekil 11 'deki deney bağlantı şemasını kurarak zaman sabitini “1s” konumuna alınız.
2. Güç kaynağının anahtarını “ON” konumuna alarak İntegratörün giriş voltajını 1V’a ayarlayarak "Reset" butonuna basınız. Bu işlem, çıkışı 0V’a ayarlar. Şimdi “Reset” butonuna basıp çekerek çıkış voltaj değerinin 12 saniye sonra maksimum değere ulaştığını gözleyerek bu değeri not ediniz. Maks. Çıkış gerilimi =
3. “Reset” butonuna basınız ve çıkış voltajı 5V’a yaklaştığı zaman giriş voltajını sıfırlayınız. Çıkış voltajı ne oldu (Voltajın bu değerde sabit kalması lazım)
4. Giriş voltajını değiştirerek çıkış değişik değerler alacak şekilde yukarıdakileri tekrarlayınız.



Şekil 11. Deney Şeması

5. "Reset" butonuna basınız, Çıkışın 10V olduğu durumda geçen zamanı kaydediniz. Bu değer devrenin zaman sabitini hesaplamanızda kullanılacaktır. Giriş 1V iken çıkış 1V'a ulaştığı zamana kadar geçen süre 1 zaman sabitini, çıkışın 10 V olduğu zaman geçen süre 10 zaman sabitini verecektir.

Giriş 1V iken;

Çıkış voltajı 10 V iken geçen süre =

Zaman sabiti (1s konumunda iken) =

6. Zaman sabiti konumunu 10s'ye getirerek işlemleri tekrarlayınız.

Giriş 0.1V iken;

Çıkış voltajı 1V iken geçen süre =

Zaman sabiti (10s konumunda iken) =

7. Zaman sabiti konumunu 100ms'ye getirerek işlemleri tekrarlayınız.

Giriş 0. 1V iken;

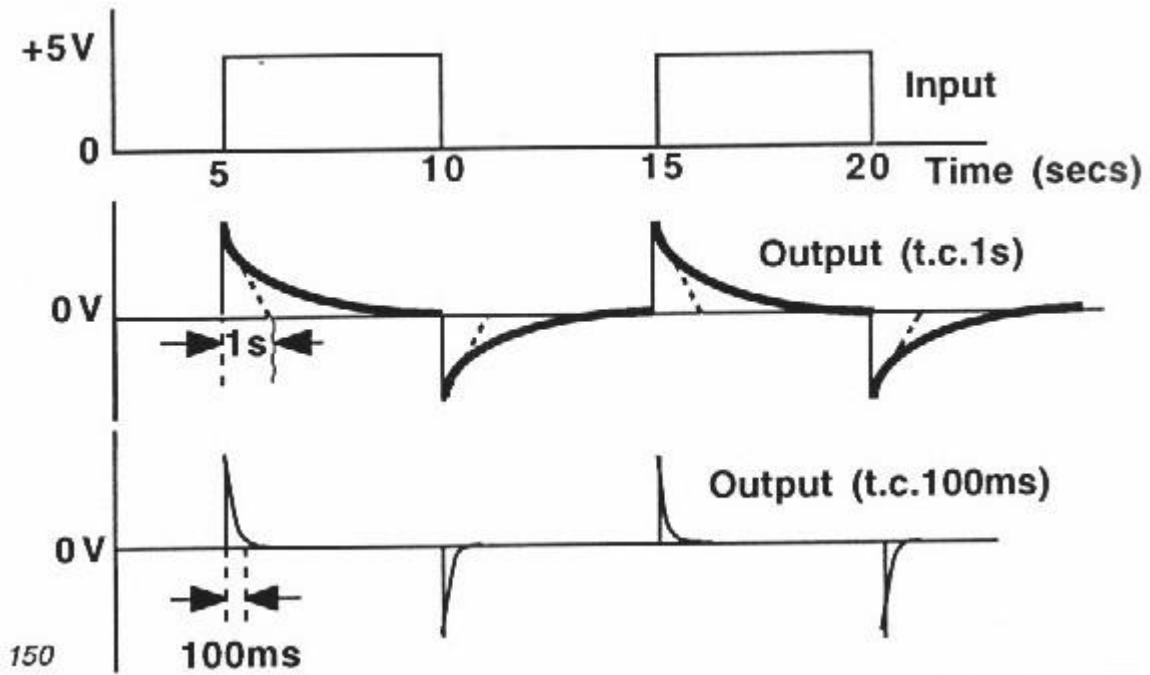
Çıkış voltajı 10 V iken geçen süre =

Zaman sabiti (100ms konumunda iken) =

3. TÜREV ELEMANI (DİFERANSİYEL-D) :

Türev eleman aynen integral eleman gibi kontrol sistemlerinde bilhassa kapalı regülasyon sistemlerinde kararlılığı sağlayan önemli bir elemandır. Çıkış girişin türevidir. Türev elemanın özellikleri kısaca böyledir:

1. Giriş, sabitse çıkış sıfırdır.
2. Çıkış sinyalinin seviyesi, giriş sinyalinin değişim hızı ile orantılıdır.
3. Türev elemanın zaman sabiti, giriş sinyalinin çıkış sinyali seviyesine ulaştığı ana kadar geçen süredir. Bu özelliğinden dolayı türev elemanlar (diferansiyel elemanlar), otomatik kontrol sistemlerindeki gecikmeleri kompanze etmek için kullanılır.
4. Giriş sinyalinin hızı ile diferansiyel elemanın zaman sabitinin çarpımı, diferansiyel elemanın çıkış sinyalinin seviyesini belirler. Şekil 12'de belirli bir giriş sinyali için zaman sabiti “1s” ve “100ms” için çıkış dalga şekilleri görülmektedir.

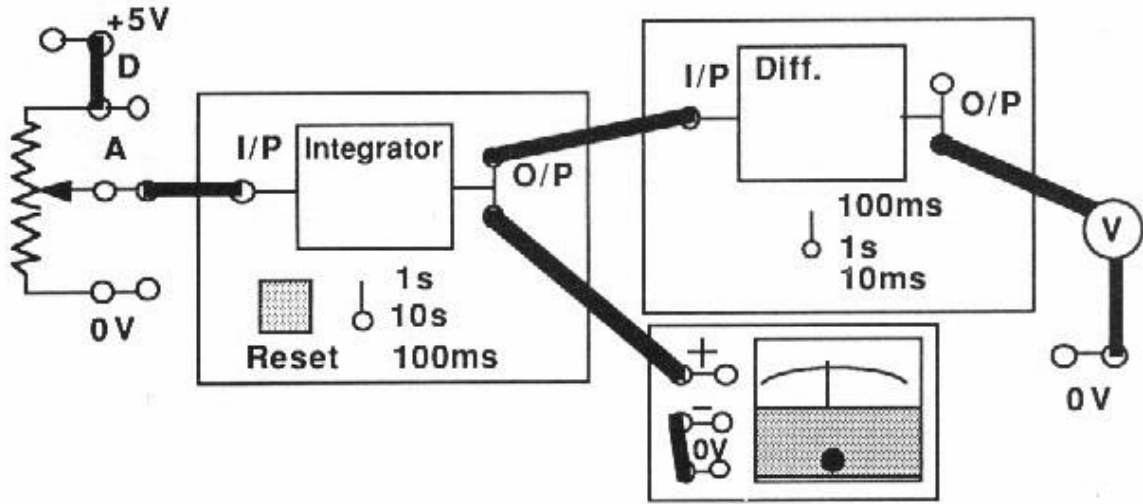


Şekil 12. Türev Eleman Karakteristikleri

Deneyde kullanılan diferansiyel elemanlara ait temel karakteristikler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 8. Diferansiyel elemanlara ait temel karakteristikler

Giriş Voltajı	12v Max.
Giriş Voltajının Değişim Hızı (Zaman sabiti =10 ms için)	10v/ms Max.
Çıkış Saturasyon Voltajı	11v
Çıkış Gürültüsü (Zaman sabiti = 1s için)	50 mV

DENEYİN YAPILIŞI VE BAĞLANTI ŞEMASI**Şekil 13. Deney Bağlantı Şeması**

1. Şekil 13'deki bağlantı şemasını kurarak. Integrator ve diferansiyel elemanın zaman sabitini "1s" konumuna alınız. M.C. meter kullanarak sadece integratördeki voltaj değişimini gözleyiniz.
2. Güç kaynağının anahtarını "ON" konumuna alınız. İntegratörün giriş gerilimini 1V'a ayarlayarak integratörün "Reset" butonuna basınız. Diferansiyel elemanın gerilim değişimini not ediniz.
3. İntegrator çıkışı saniyede 1V değişecektir. (1V/s) 11 sn sürecektir. Bu değişim esnasında diferansiyel. elemanın çıkışı 1V olmalıdır.

Zaman sabiti 1 sn iken;

Giriş voltajındaki değişim hızı = 1V/s

Çıkış voltajı =

İntegrator maksimum değere ulaşır sabit bir değerde kaldığında diferansiyel elemanın çıkışı sıfıra düşer.

4. Diferansiyel elemanın zaman sabitini 100ms'ye ayarlayarak integratörün "Reset" butonuna basıp çektikten sonra diferansiyel çıkış voltajını izleyerek yukarıdaki prosedürü tekrarlayınız.

Zaman sabitini 100ms'de iken;

Giriş voltajındaki değişim hızı = 1V/s

Çıkış voltajı =

5. Aynı işlemleri Diff. zaman sabiti “10ms” iken tekrarlayınız.

Zaman sabiti 10ms'de iken.

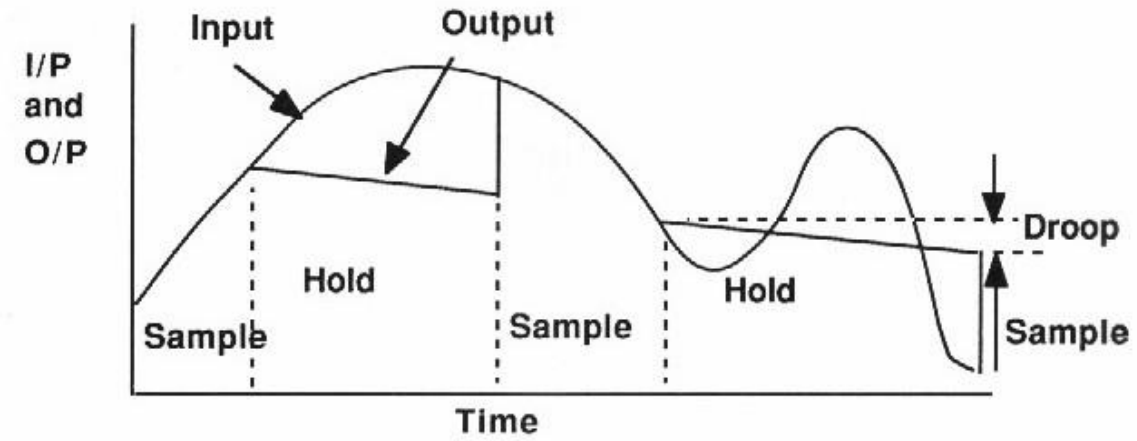
Giriş voltajındaki değişim hızı = 1V/s

Çıkış voltajı =

Çıkış voltajı bu ayarlama için 10mV seviyesine düşecektir.

4. ÖRNEKLEME VE TUTMA DEVRELERİ

Bu devre, komut üzerine depolanacak ve daha ileri işlem için kullanılacak olan giriş sinyalinin değerinin korunmasına imkan tanır. Örnekle modunda, giriş sinyalinin ani değeri izlenir ve girişin o anki değeri bir kondansatör üzerinde yük olarak tutulur.



Şekil 14. Örneklemme işlemini karakteristiği

kondansatör gerilimi herhangi bir sızıntı yoluyla zamanla dereceli olarak düşecektir. Gerilimdeki bu düşüşe “droop” denir. Normal olarak devre, birim kazançlı bir opamp gibi düşük empedans çıkışlı bir kaynaktan beslenecektir. Şekil 14’de işlem, örneklemme ve tutma periyotları süresince karakteristikleri gösterilmektedir. Devre normalde değişken bir sinyalin analogdan dijitale dönüştürülmesi ile ilgili uygulamalarda kullanılır. Çünkü bu uygulamalarda giriş sinyalinin değeri dönüştürme esnasında değişebildiğinden yanlış bir sonuç elde edilmektedir. Şekil 14 örneklemme tutma prensibini anlatmaktadır ve gürültüsüz bir sinyali göstermektedir. Pratikte bir analog sinyalin dijital kodlanması için sinyal sık sık örneklenir ve dijital olarak kodlanan değer tutma zamanı, ardışıl yaklaşımı

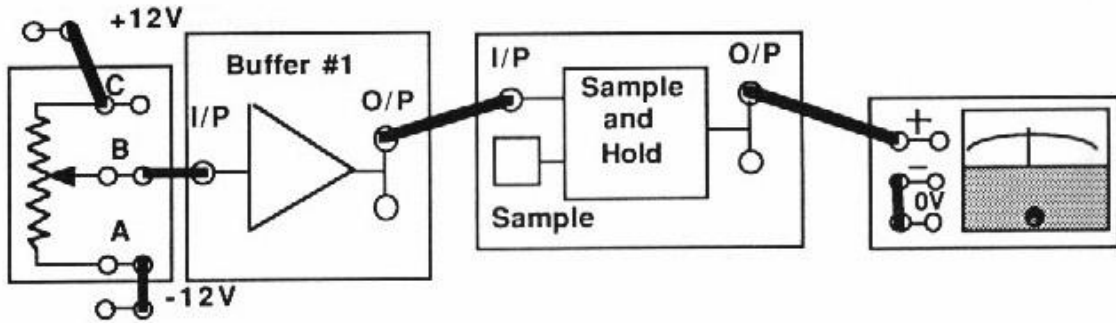
bir ADC için birkaç mikro saniye kadar küçük olabilir. Bu devreler özellikle sayısal kontrol ve haberleşme tekniğinde çok sık olarak kullanılmaktadır.

Deneyde kullanılan örnekleme ve tutma devresine ait temel karakteristikler aşağıdaki tabloda verilmiştir

Tablo 9. Örnekleme Elemanı Özellikleri

Giriş Voltajı Aralığı	12V Max
Giriş Zaman Sabiti	1ms
Droop Hızı	10 mV/min

DENEYİN YAPILIŞI VE BAĞLANTI ŞEMASI:



Şekil 15. Deney Şeması

1. Şekil 15'deki bağlantıyı kurunuz. Giriş kaynağının anahtarını "ON" konumuna alarak, buffer çıkışına bağlayacağınız bir dijital voltmetre sayesinde girişi 2 volta ayarlayınız. Bu Voltmetre devrede iken "sample" (örnekle) butonuna basarak çıkış voltajının değerini M.C meterden takip ederek not alınız. Çıkış gerilimi giriş gerilimini takip ediyor mu?
2. Giriş voltajını 5 volt seviyesine alarak tekrar "sample" (örnekle) butonuna basınız, çıkış voltajının değerinin değişimini M.C meterden takip ederek not ediniz. Çıkış voltajı giriş voltajını takip ediyor mu? Değer değiştirmeye devam ederken "sample" butonunu bırakınız. Buton bırakıldığı anda çıkış voltajı mevcut değerde kaldı mı?
3. Yukarıdaki basamakları tekrarlayınız ve "sample" butonu basılı iken çıkış sinyal seviyesi giriş sinyal seviyesini izler ve serbest bırakıldığında çıkışın, girişin o andaki değerinde tutulduğunu görürsünüz.
4. Eğer droop değişiminin gözlenmesi istenirse, "hold" durumunda çıkış geriliminin değişimi izlenmelidir.

DENEY NO : 2

DENEYİN ADI : ON/OFF KONTROL SİSTEMLERİ

DENEYİN AMACI : Bu deneyde, Otomatik Kontrol Sistemlerinde kullanılan ON/OFF kontrol elemanları hakkında temel bilgiler edinilmesi amaçlanmıştır.

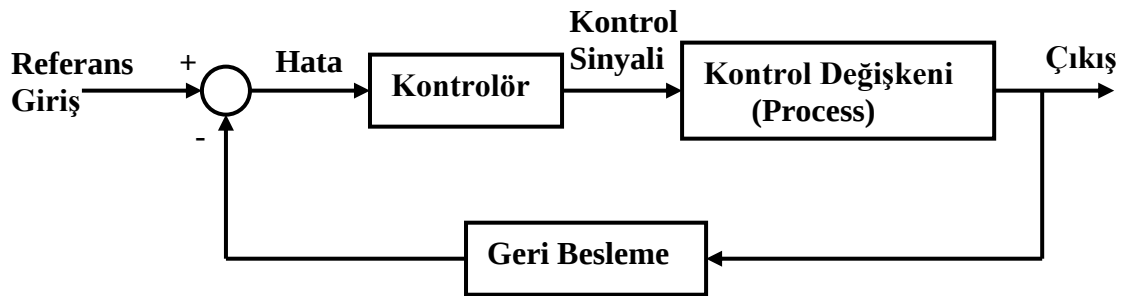
REFERANSLAR :

- 1.Digiac 1750 Instrumentation Training System, Manuel Vol. 2.
2. Process Control Instrumentation Technology, Johnson C.,Prentice Hall International Inc.
3. Modern Control Engineering, Ogata G., Prentice Hall International Inc.

DENEY HAKKINDA TEORİK BİLGİLER

1. TEMEL KAPALI ÇEVİRİM KONTROL SİSTEMİ

Şekil 1’de temel bir kapalı çevrim kontrol sistemi görülmektedir. Kontrol edilen değişkenin gerçek değeri ile istenen (referans) değeri arasındaki fark hata olarak algılanır ve bu işaret, denetleyicinin (kontrolör) girişine uygulanır. Kontrolörün hatayı azaltmak, veya ideal olarak hatayı sıfırlamak için ürettiği kontrol işareti (actuating signal), kontrol edilen değişkenin büyüklüğünü değiştirmek üzere girişine uygulanır.



Şekil 1. Temel Kapalı Çevrim Kontrol Sistemi

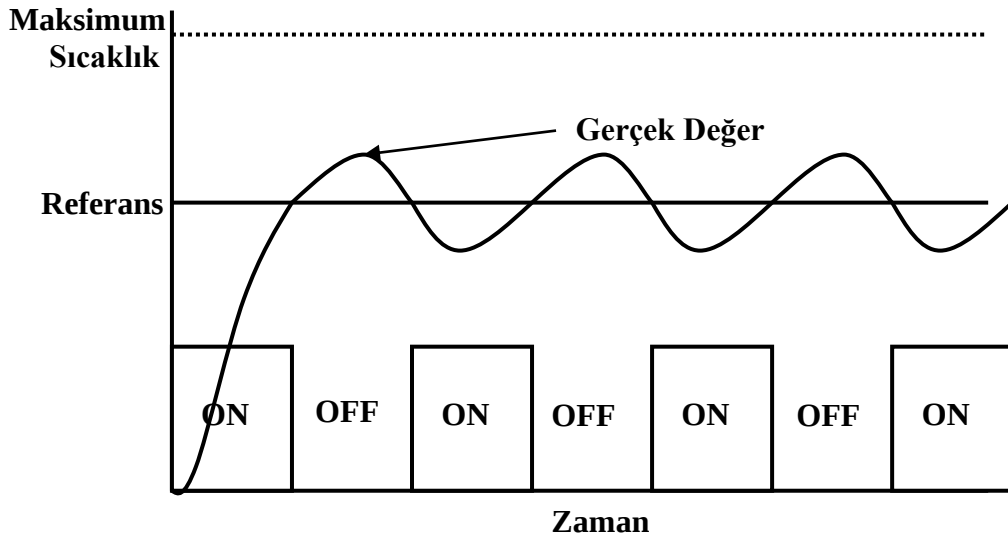
Şekil 1’de gösterilen geri besleme elemanı kaldırıldığı zaman sistem **açık çevrim kontrol sistemi** olarak adlandırılır. Böyle bir sistemde hata denetlenemez.

2. BİR ON/OFF KONTROL SİSTEMİNİN KARAKTERİSTİĞİ

On/Off kontrol sistemlerinde denetleyici veya kontrolör eleman sadece iki çıkış durumuna sahiptir. Bunlar;

1. Kontrol edilen değişkenin değeri, istenen referans değerden daha küçüktür ve bu nedenle kontrolör çıkışı maksimumdur (ON-Açık durumu).
2. Kontrol edilen değişkenin değeri, istenen referans değerden daha büyüktür ve bu nedenle kontrolör çıkışı sıfırdır (OFF-Kapalı durumu).

Bu kontrol metodu, herhangi bir sıcaklık sensörü kullanılarak bir odanın sıcaklığının kontrol edilmesi gibi, uzun zaman sabitine sahip sistemler için daha uygundur (**Bakınız “Deney 5”**). Böyle bir sistemin, On/Off kontrol yöntemi ile elde edilen muhtemel çalışma karakteristiği Şekil 2’deki gibi olmaktadır.



Şekil 2. ON/OFF Kontrol Sistemi Çalışma Karakteristiği

Şekil 2’den de görüldüğü gibi başlangıçta ısıtıcı ON konumunda olacaktır ve sıcaklık ortam değerinden itibaren eksponansiyel bir eğri şeklinde artış gösterecektir. Sıcaklık istenen değere ulaştığı zaman, ısıtıcı OFF konumuna anahtarlanacaktır.

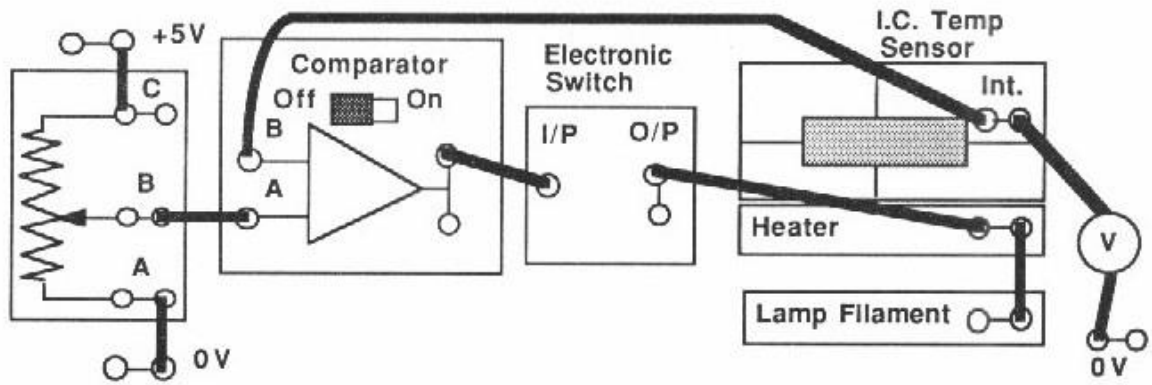
Bundan itibaren, sıcaklık bir süre daha yükselmeye devam edecek fakat daha sonra zamanla artan oranda düşmeye başlayacaktır. Sıcaklık istenen değer altına düştüğü süre ısıtıcı tekrar ON konumuna anahtarlanacak, fakat ısıtıcı etkili olana kadar kısa bir zaman daha azalmaya devam edecektir. Sistemde bir ölü bölge oluşacaktır.

Şekil 2’den de görüldüğü gibi, sıcaklığın iki limit değeri arasında sürekli değişmesi ile sürekli bir kontrol işlemi sağlanmaktadır.

Burada benzer bir uygulama olarak, bir ON/OFF ışık kontrol sitemi incelenecektir. Daha çok böyle bir sistem otomatik olarak sokak lambalarının aydınlatma sistemlerinde kullanılmaktadır. Benzer şekilde, verilen referans ışık seviyesine göre, sistem kontrol edilmektedir.

DENEYİN YAPILIŞI VE RAPORDA İSTENENLER

A. ON/OFF SICAKLIK KONTROL SİSTEMİ



Şekil 3. Sıcaklık kontrol sistemi deney bağlantı şeması

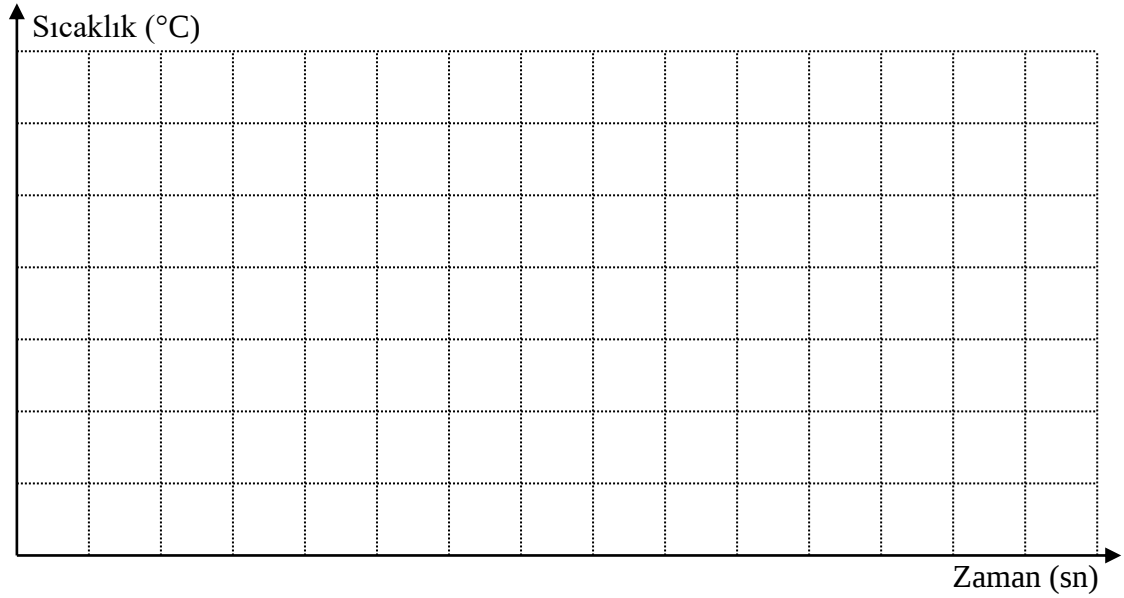
1. Şekil 3’de verilen bağlantı şemasına göre devreyi kurunuz.
2. Komparatörün histerezis anahtarını OFF konumuna alınız ve 10 k Ω ’luk ayarlı direncin kontrol düğmesini saat yönünün tersinde sonuna kadar çevirerek referans geriliminizi başlangıçta sıfırlayınız.
3. Güç kaynağının anahtarını ON konumuna alarak sisteme enerji veriniz. IC sıcaklık sensörünün çıkışını okuyarak kaydediniz. Daha sonra 10 k Ω ’luk direncin çıkışına yani referans gerilimine bir voltmetre bağlayınız. Referans gerilimini, IC sıcaklık sensöründen okunan gerilim değerinin 0.2 volt üzerinde olacak şekilde 10 k Ω ’luk direnç ile ayarlayınız. Bu işlem sistem sıcaklığını (istenen-referans sıcaklık) ortam (ısıtıcının başlangıç) sıcaklığının 20 °C üzerine ayarlar. Yani bu anda; IC sensör çıkış gerilimi =volt ve buda°C’dir. İstenen (referans) gerilimi =volt ve sistem sıcaklığı =°C’dir.
4. Daha sonra 30 sn. veya 1 dk. zaman aralıkları ile ısıtıcının konumunu (ON veya OFF) ve IC. sıcaklık sensörünün çıkış gerilimini, bu gerilimi kullanarak hesaplayacağınız sıcaklık değerlerini aşağıda verilen tabloya kaydediniz. Isıtıcının ON veya OFF durumunu, ısıtıcıya paralel bağlanan lamba ile belirleyebilirsiniz.

Tablo 1. Ölçülen deney sonuçları

Zaman (sn)											
Isıtıcı On/Off											
IC çıkışı (v)											
Sıcaklık (°C)											

Devamı

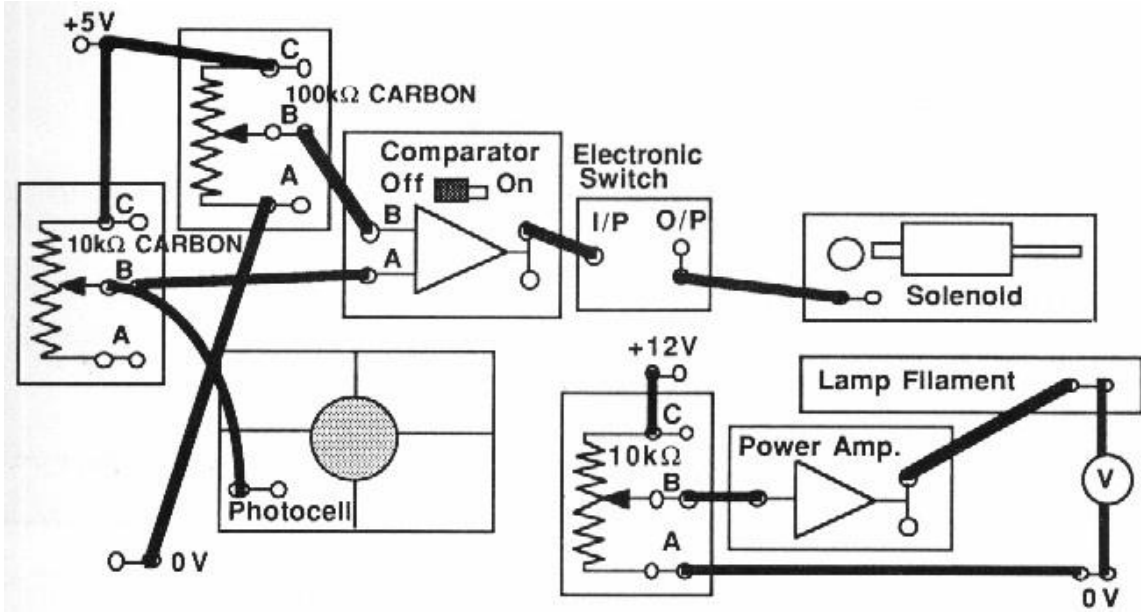
5. Hesaplayarak Tablo 1'e kaydettiğiniz sıcaklık değerlerinden faydalanarak, sistem sıcaklığının zamana göre değişimini veren eğriyi Şekil 4'e ölçekli olarak çiziniz.

**Şekil 4.** Sistem sıcaklık değişim eğrisi

6. Almış olduğunuz sıcaklık değerlerinden faydalanarak “sıcaklığın referans değerden sapma miktarını” ve “ortalama sıcaklık değerini” hesaplayınız.

B. ON/OFF IŞIK KONTROL SİSTEMİ

1. Şekil 5’de verilen bağlantı şemasına göre devreyi kurunuz.
2. Komparatörü OFF konumuna getiriniz ve ayarlı direnç kontrollerini tamamen saat yönünün tersine (sola) çeviriniz.

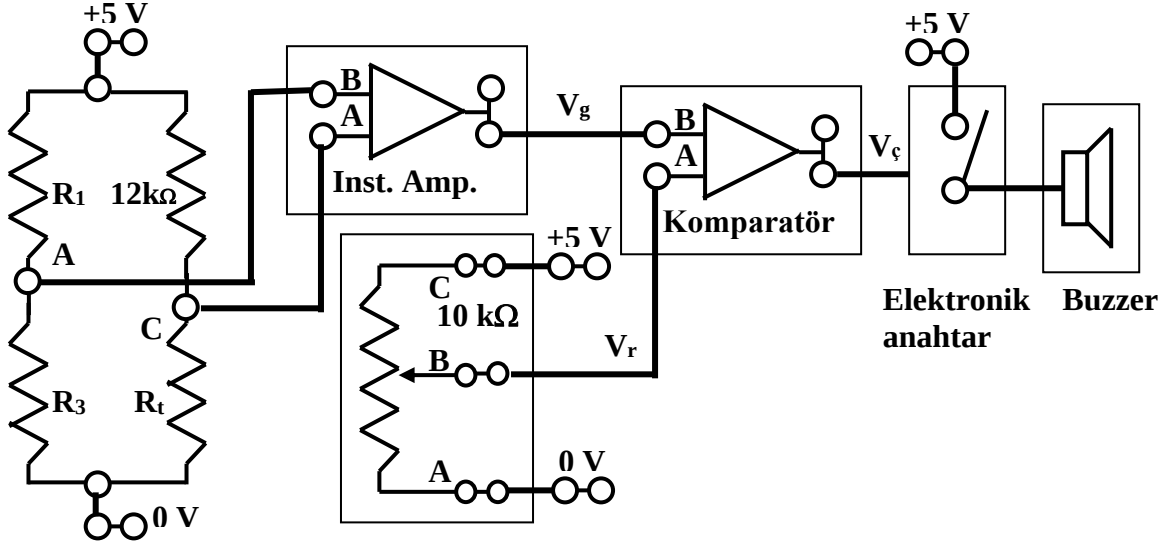


Şekil 5. Işık kontrol sistemi deney bağlantı şeması

3. Güç kaynağı anahtarını ON konumuna alarak sisteme enerji veriniz. Enerji verilen solenoid valfin enerjisi kesilecek (hemen hemen enerjisiz kalacak) biçimde 100kΩ'luk direnci ayarlayınız ve direnç çıkışındaki gerilimi kaydediniz. $V = \dots\dots\dots$ volt. Bu işlemler, ortamın ışık seviyesinde sistemin çalışabilmesi için gerekli ayar gerilimini gösterir.
4. Bu durumda iken fotoselin üzerinde elinizi hareket ettirin. Sistemin ışık seviyesi düştüğü için solenoidin durum değiştirdiğini gözleyeceksiniz. Komparatör devresinde histeresizin olmayışı (OFF durumunda olması) nedeniyle ışık seviyesindeki az bir düşüş solenoidin konum değiştirmesine neden olur. Histeresizin girişi, solenoidin durum değiştirmesi için gerekli ışık seviyesi değişimini artırmaktadır. Bu nedenle histeresiz, bu uygulama için tutucu (latch) gibi çalıştığından OFF konumuna alınmıştır.
5. Lambanın direncine uygulanan gerilimi 10 volta ayarlayınız ve solenoid durum değiştirene kadar 100 kΩ'luk direnci değiştiriniz. Bu anda 100 kΩ'luk direncin çıkışındaki gerilimi kaydediniz. $V = \dots\dots\dots$ volt. Bu, maksimum ışık seviyesi ile devrenin çalışması için ayar edilen gerilimi göstermektedir.
6. Lambaya uyguladığınız gerilimi 2 volta ayarlayınız ve ortamın ışık seviyesini yok etmek için ışık sensörlü hücrenin üzerini elinizle kapatınız. Bu durumda solenoidin durum değiştirmesi için gerekli işlemleri yaparak ayar gerilimlerini kaydediniz. $V = \dots\dots\dots$ volt.

C.YANGIN GÜVENLİK SİSTEMİ DEVRESİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

1. Şekil 6’da bir NTC sıcaklık sensörü kullanılarak tasarlanmış bir yangın alarm devresi görülmektedir. Deney setindeki uygun elemanları kullanarak verilen devreyi kurunuz.



Şekil 6. Yangın alarm sistemi

- Referans V_r gerilimini başlangıçta sıfıra ayarlayınız ($V_r = 0$ volt). Sisteme enerji veriniz. Daha sonra köprü üzerindeki ayarlı direnci V_g gerilimi sıfır olacak şekilde değiştiriniz (Bu durumda köprü dengeye ulaşmış olacaktır).
- Köprü dengede iken A ve C noktalarındaki gerilim değerlerini ölçerek kaydediniz. $V_A = \dots\dots\dots$ volt ve $V_B = \dots\dots\dots$ volt.
- Set üzerindeki ısıtıcıya (heater) +12 voltluk besleme kaynağına bağlayınız. 10 kΩ’luk referans direnci ile referans gerilimini sırayla $V_r = 0.05$ volta ayarlayarak sistemi çalıştırınız. Çalışma süresince V_g geriliminin değişimi ve IC sıcaklık sensörü çıkışını 30 sn. aralıklarla ölçerek Tablo 2’ye kaydediniz. Alarm çalışınca $V_r = 0.1$ volta ayarlayarak yukarıdaki işlemi tekrarlayınız. Bunu $V_r = 0.15$ volt, 0.2 volt içinde tekrarlayınız.

Tablo 2. Ölçülen deney sonuçları

V_r (volt)											
V_g (volt)											
Sıcaklık (°C)											

Devamı

DENEY NO : 3

DENEYİN ADI : POZİSYON KONTROL SİSTEMLERİ

DENEYİN AMACI : Bu deneyde, herhangi bir sistemin pozisyonunu, kapalı çevrim kontrol sistemleri kullanarak kontrol etmek ve bu amaçla P, PI, PD ve PID kontrolörler kullanarak giriş işaretine bağlı olarak çıkış karakteristiklerini incelemektir.

REFERANSLAR :

- 1.Digiac 1750 Instrumentation Training System, Manuel Vol. 2.
2. Process Control Instrumentation Technology, Johnson C.,Prentice Hall International Inc.
3. Modern Control Engineering, Ogata G., Prentice Hall International Inc.

DENEY HAKKINDA TEORİK BİLGİLER

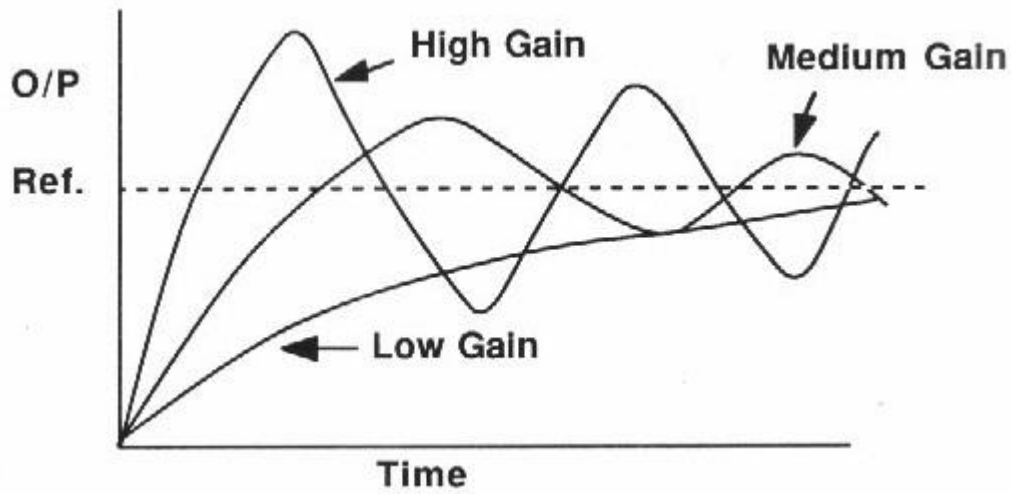
1. ORANSAL (P) KONTROL KARAKTERİSTİKLERİ

Bu kontrol sisteminde kontrolünün çıkışı, hata sinyalinin (e) büyüklüğü ile orantılıdır. Yani; Kontrolör Çıkışı (V_c)=Oransal Kazanç (K_p) * Hata(e) olmaktadır.

Bu tip kontrol sistemlerinin karakteristiği, oransal kazanç (K_p) değerlerine bağlı olarak değişir. K_p 'nin büyük değerleri için karakteristik ON/OFF karakteristiğine benzer, küçük kazanç değerleri için ise sistem cevabı yavaşlar ve sistem hantallaşır. Şekil 1'de, birim basamak giriş fonksiyonuna karşılık oransal kontrol sistemin cevap karakteristiği görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi kazancın yüksek olması halinde sistem cevabı oldukça hızlı ve dik bir çıkış gösterir. Fakat böyle bir sistem, referans değeri etrafında büyük osilasyonlar oluşturur ve istenen referans değerinden aşırı aşmalar oluşturur. Orta kazanç değerlerinde sistemde, daha düşük aşma ve osilasyonlar meydana gelecek ve sistem cevabı yavaşlayacaktır. Daha düşük kazançlarda ise osilasyon olmayacak, sistem cevabı daha da yavaşlayacak ve referans değere hiçbir zaman ulaşamayacaktır.

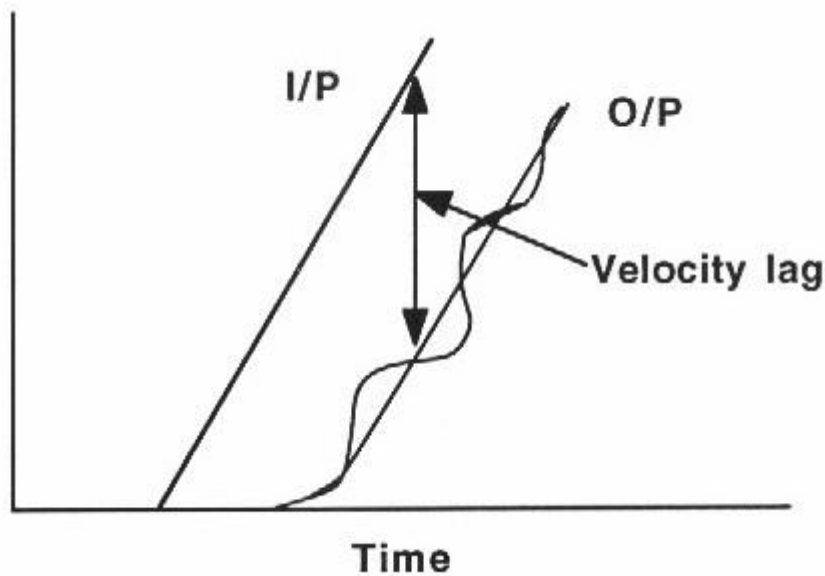
Şekil 1'de görülen, zamanla genliği azalan osilasyonlara sahip karakteristiklere sönümlü (damped) denilmektedir. Buna göre, şekilde görülen karakteristiklerden orta ve yüksek kazanç değerlerine sahip olanlarına az sönümlü (underdamped), düşük kazanç değerlerine sahip olanlarına çok sönümlü (overdamped) adı verilir. Referans değerden hiç aşma (overshoot) olmaksızın referans değere eksponansiyel olarak artan karakteristiğe de kritik sönüm (critical damped) adı verilmektedir. Bu tanımlamalar, kontrol sistemlerinde bir parametre ile belirtilir ve sönüm yani damping derecesi (ξ) sembolü ile gösterilir. Bu

parametre, kritik damping $\xi=1$, under damping 1'den daha az ($\xi<1$), over dampingde ise 1'den daha büyük ($\xi>1$) değerlerine sahiptir.

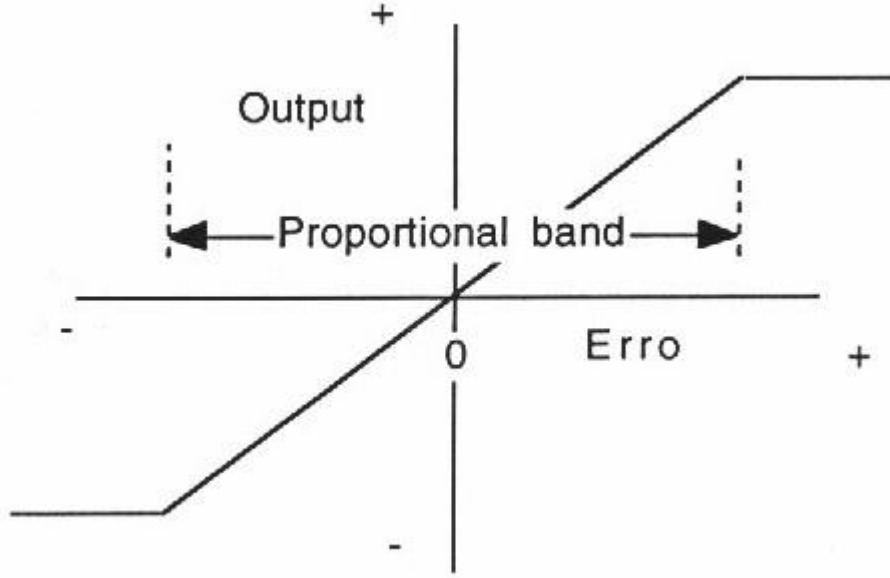


Şekil 1. Birim Basamak Cevabına ait Oransal Kontrol Karakteristiği

Şekil 2’de, zamanla değişen bir rampa giriş fonksiyonu için Oransal Kontrol sistemin çıkış karakteristiği görülmektedir. Sistem çıkışı, referans giriş değerini takip edecektir fakat sistem içindeki sürtünme gibi etkilerden dolayı giriş-çıkış sinyalleri arasında bir hata oluşacak ve aynı zamanda çıkış sinyali girişe göre geri kalacaktır. Bu geri kalma gecikme (velocity lag) olarak adlandırılır. Gecikmenin büyüklüğü sistem kazancına, sürtünmeye ve çıkış yüküne bağlıdır.



Şekil 2. Rampa Giriş Fonksiyonu Cevabına ait Sistem Karakteristiği



Şekil 3. Çıkışın Hataya Göre Değişim Eğrisi

Sistem kazancına bağlı olarak çıkış karakteristiğindeki osilasyonlar Şekil 2’de görülmektedir. Bu karakteristik incelendiğinde Orantılı Kontrolün tek başına, girişin zamanla değiştiği uygulamalar için uygun olmadığı görülür. Çıkış değeri referans değere ulaştığı zaman ise, hata sinyali oluşmayacak ve kontrol çıkışında hiçbir sinyal üretilmeyecektir. Bu anda çıkışa yerleştirilen bir yük, çıkışın durumunu değiştirir ve sistem bir hata sinyali oluşturarak yüklenmenin etkisini yok etmeye çalışacaktır. Ayrıca pratikte, sistem içerisindeki saturasyon etkileri nedeniyle kontrolör çıkışı tüm karakteristiğinin sadece belli bir kısmında hata ile orantılıdır. Özetle; Orantılı Kontrol yalnız başına kontrol uygulamaları için yeterli değildir, sistemde mutlaka sürekli rejim hatası vardır.

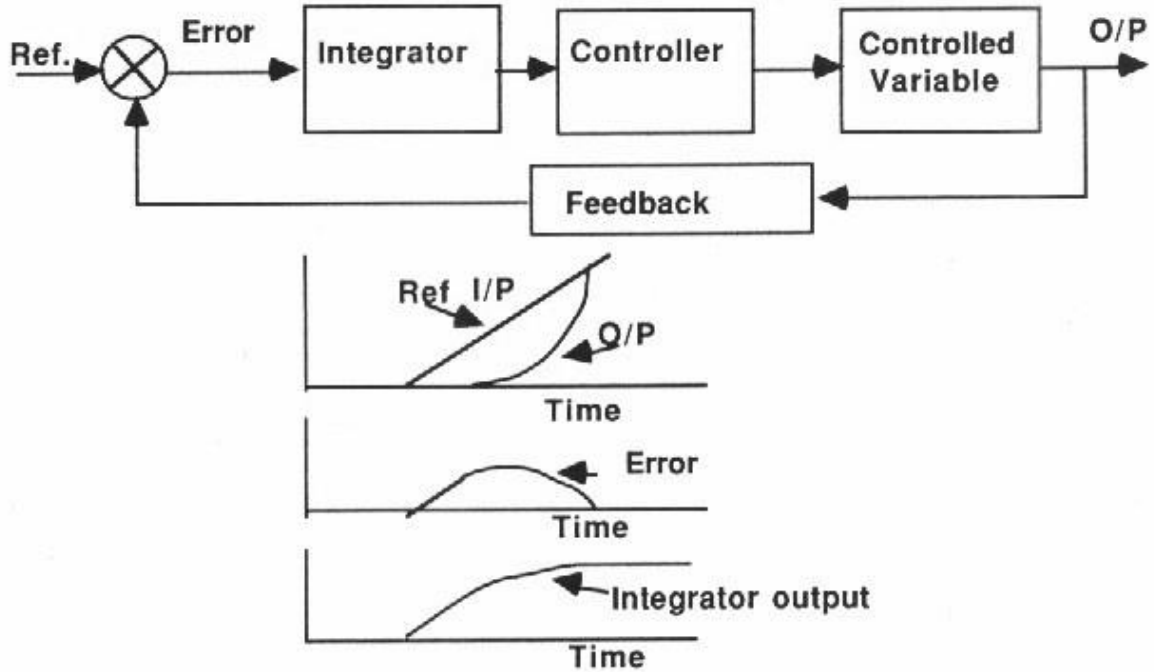
Şekil 3’de gösterildiği gibi, çıkışın hata ile orantılı olduğu kısma “Orantı Bandı” adı verilir.

2. İNTEGRAL (I) KONTROLÖR KARAKTERİSTİKLERİ

İntegral kontrol, referans giriş ve gerçek çıkış değerleri arasındaki hatayı yok etmek için kullanılır. İntegratör elemanı, giriş değerine bağlı ve girişin integrali ile orantılı bir çıkış işareti üretir. İntegral Kontrol Çıkışı = $\frac{1}{T_i} \int e(t)dt$ şeklinde olmaktadır. Burada $e(t)$ hata değeri ve T_i ise integral zaman sabitidir.

Eğer integratör elemanına küçük bir hata sinyali uygulanırsa, zamanla hatalar toplanarak büyük bir çıkış sinyali üretecektir. Şekil 4, rampa girişi için integral eleman çıkışını göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi, bir hata değeri var iken, integratör çıkışı artmakta ve hatayı düzeltmek için kontrol birimini beslemektedir. Hata sıfıra doğru azaldığı zaman ise, integratör çıkışı sabit kalmaktadır. Bazı daha ileri hatalar, otomatik kompanzasyona neden olur. Bu durumda integratör devresinin kapasitesi içinde gereken çıkış sağlanır.

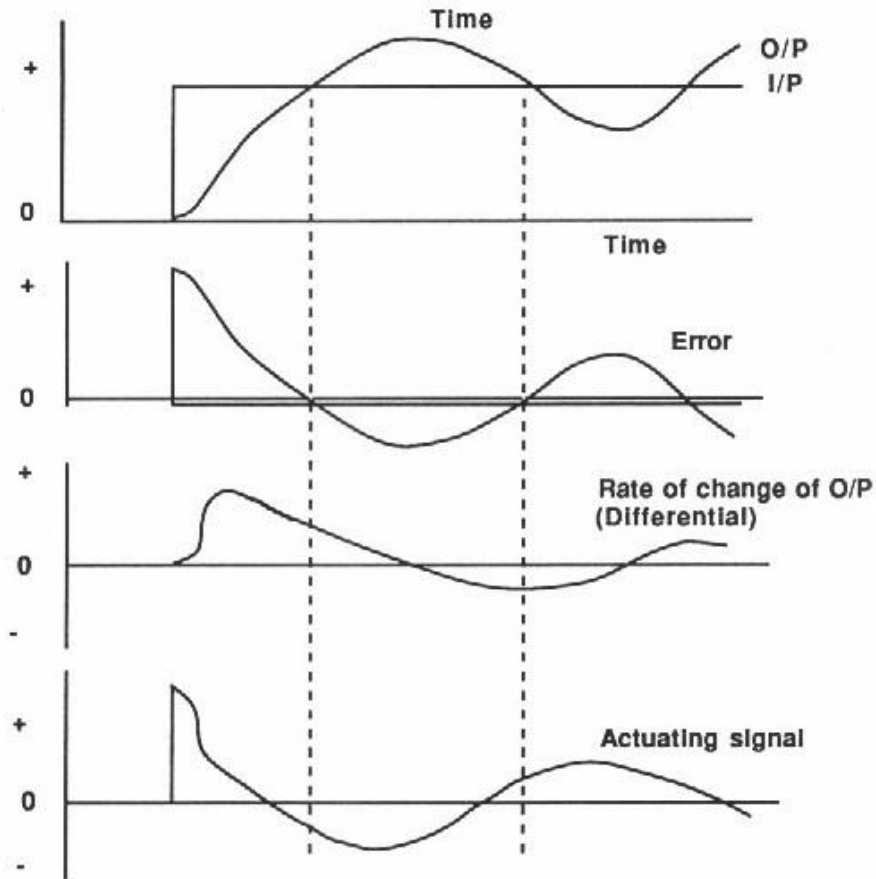
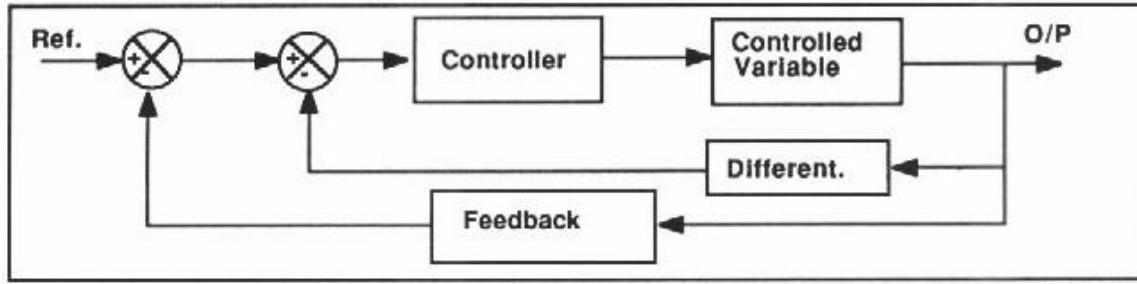
Normal olarak integral kontrol, oransal kontrol ile birleştirilir ve çıkış değerlerinin en son ayarı için integral kontrol terk edilerek oransal kontrol ana kontrol haline gelir. İntegral kontrol elemanları çıkış değişkeninin salınım eğrisini artırır.



Şekil 4. İntegral Kontrol

3. TÜREVSEL (D) KONTROLÖR KARAKTERİSTİKLERİ

Bir sistemdeki sürtünme gibi etkiler, sönüm (damping) oluşturur ve bu nedenle ancak yüksek sistem kazancı ile oransal kontrol altında çalışmaya müsaade edilir. Fakat sürtünme kayıpları bir güç sarfiyatına neden olur ve sistemin osilasyonlar sonunda kararlı duruma geçmesi için gereken süreyi artırır. Bu da geçici rejim cevabının artması demektir.



Şekil 5. Diferansiyel Kontrol

Hata sinyalinin değişim oranı veya çıkışın değişim oranı ile orantılı bir geri besleme sinyali eklenerek yapılan bir diferansiyel kontrolün sistem üzerindeki etkileri Şekil 5 ile gösterilmektedir.

Diferansiyel Kontrol Çıkışı = $T_d \frac{d}{dt} e(t)$ şeklinde olmaktadır. Burada $e(t)$

diferansiyel kontrol girişi, T_d ise türev zaman sabitidir. Diferansiyel eleman çoğunlukla çıkış değişimini hissedip, buna karşı kontrol sinyalinin üretilmesi istenilen yerlerde kullanılır. Yani sistem çıkışı herhangi bir nedenle değişmeye başlarsa, bu değişimi sistem

daha ilk anda değerlendirmiş olacaktır. Diferansiyel eleman oransal kontrol ile kullanılırsa sürekli rejim hatasını küçültür ve integral eleman ile birlikte kullanılırsa salınım frekansını düşürür.

DENEYİN YAPILIŞI VE RAPORDA İSTENENLER

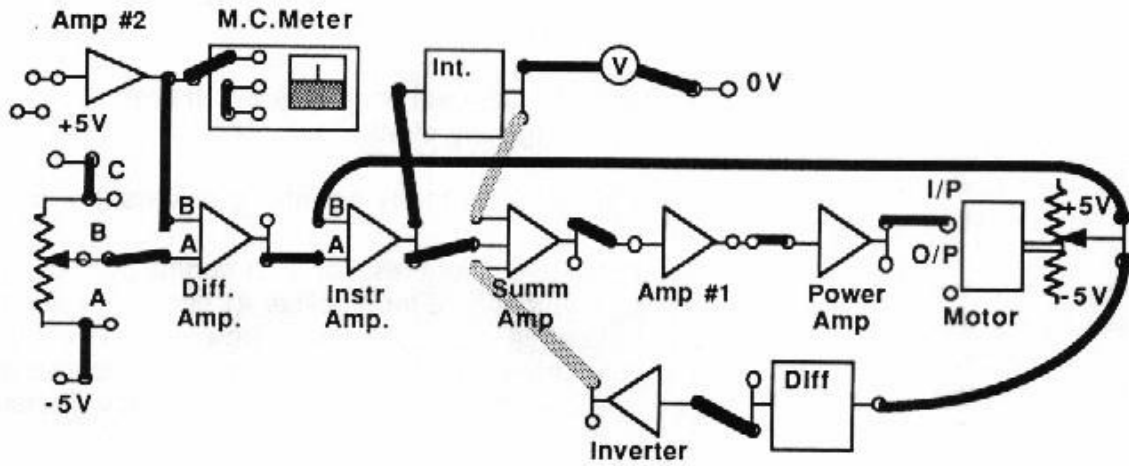
NOT: Deney sırasında referans ayar için kullanılan giriş potansiyometresini yavaşça değiştiriniz. Aksi halde sistem kararsız hale gelmekte ve motor mili sürekli olarak dönmektedir. Bu gibi bir kararsızlık durumunda potansiyometreyi merkeze veya sıfır volta ayarlamak gerekmektedir.

A.ORANSAL (P) KONTROLÖR

Bu deneyde herhangi bir sistemin konumunu, kapalı çevrim olarak kontrol etmek amacıyla kontrolör olarak oransal karakteristiğe sahip kontrolör kullanılacaktır. Kontrolör kazancı **Amp #1** ile ayarlanacaktır. Deney şemasından da görüldüğü gibi kontrolör, girişindeki referans gerilimle servo-potansiyometre çıkış gerilimi arasındaki fark işaretini kazanç ile çarparak çıkışa aktarır. Bu çıkış işareti güç amplifikatörü yardımı ile kuvvetlendirilerek PMDC motor girişine uygulanır. Motor mili giriş geriliminin değerine bağlı olarak döner. Motor milinin bu hareketi dişli düzenekleri yardımıyla bir sistemin konumunu kontrol etmek amacıyla kullanılır.

Ayrıca deneye başlamadan önce **Amp #1** ve **Amp #2** amplifikatörlerinin **OFFSET** ayarlarının yapılması gerekir. Bunun için amplifikatör girişine 0 volt vererek çıkışına bir analog voltmetre bağlanır. İlk olarak amplifikatörün hassas ayarını (fine gain) 1.0'e ve kaba ayarını (coarse gain) 10.0'a getirin. OFFSET kontrolünü yaklaşık sıfıra ayarlayınız. Kaba ayarı (coarse gain) 100.0'e getirerek ve tekrar sıfır çıkışı için ayarlayınız.

1. Deneye başlamadan önce deneyin bağlantı şeklini inceleyiniz. Sistemin nasıl çalıştığını irdeleyiniz.
2. Şekil 6 ile verilen deney bağlantı şemasını, integral ve diferansiyel elemanlar iptal edilerek sadece oransal kontrol elemanı ile gerçekleştiriniz. Servo-potansiyometre elemanını motor mili ile bağlantılı hale getiriniz. Başlangıçta **Amp #1** ve **Amp#2** (K_{P1} ve K_{P2}) kazançlarını 10 olarak ayarlayınız.



Şekil 6. Oransal-İntegral-Türevsel (PID) Kontrol Deney Şeması

3. +5 volt ile -5 volt arası çıkış verebilen 10 k Ω 'luk referans direnç çıkışını başlangıçta sıfır volta ayarlayınız ve sisteme enerji veriniz. Bu durumda, Amp#1'in kazancı $K_{P1}=10$ ve $V_{Ref}=0$ volt iken Servopotansiyometre çıkışı sıfır dereceyi göstermelidir. Eğer sıfır değilse Amp#1'in OFFSET ayarını kullanarak sıfırlayınız.
4. $K_{P1}=10$ iken, referans giriş gerilimini sırasıyla +2.5 volt, +5 volt, -2.5 volt, -5 volt değerlerine ayarlayarak servopotansiyometre konumunu Tablo 1'e kaydediniz.
5. $K_{P1}=5$ ve 1 için işlem 4'deki referans değerlerinde servopotansiyometre çıkışını tabloya kaydediniz.

Tablo 1. Servo-potansiyometre çıkış değerleri

Referans giriş gerilimleri	+2.5 volt	+5 volt	-2.5 volt	-5 volt
$K_{P1}=10$ için servo-potansiyometre konumu				
$K_{P1}=5$ için servo-potansiyometre konumu				
$K_{P1}=1$ için servo-potansiyometre konumu				

6. Tekrar Amp#1'in kazancını $K_{P1}=10$ ve referans gerilimini 3 volt olacak şekilde ayarlayınız. Hafızalı osilaskobun 1. Kanalına servopotansiyometre çıkışını bağlayınız. Osilaskobun TIME/DIV katsayısını 0.2 ms, VOLT/DIV katsayısını 1 olacak şekilde ayarlayınız. Osilaskoba enerji veriniz. GD ayarını yapınız. DC konumda çalıştırınız. Hafızaya almak için başlangıçta STOR düğmesine basınız ve MOD düğmesinden ROL lambasını yakacak şekilde birkaç defa basarak ayarlayınız. Şu anda ekranda kayan bir görüntü olmalıdır. Referans 3 volt iken referans giriş kablomuzu yuvasından çıkararak

açıkta iken osilaskop ekranını gözleyiniz. Tekrar yerine takarak ekrandaki değişimi gözleyiniz. İstedğiniz anda HOLD1 düğmesine basarak ekranı hafızaya alabilirsiniz. Elde edilen salınım eğrisini ölçekli olarak çiziniz. Yerleşme eğrisinden yararlanarak tanımlanan parametreleri (Maksimum aşma, Yerleşme süresi, sürekli hal hatası, vb) belirleyiniz.

7. İşlem 6'yı Amp#1'in kazancı 5 ve 1 için tekrarlayınız. Kazancın parametrelere etkilerini gözleyiniz. Kazancın hangi değeri için yerleşme zamanı en küçüktür tespit ediniz. Kararsızlık durumu var mıdır? Sebebinin matematiksel analiz yaparak irdelleyiniz.

8. Oransal Kontrol Sisteminin Kararlılık bölgesinin tespiti için Referans gerilim 0 volta ve Amp#1'in kazancı 10 iken Amp#2'nin OFFSET ayarını artırarak motor milinin sürekli döndüğü andaki Amp#2 çıkış değerini kaydediniz. Amp#2'nin OFFSET ayarını ters yönde yani azaltarak tekrar alt değeri tespit ediniz. Amp#1'in kazancı 5 ve 1 iken bu işlemleri tekrarlayınız. Elde ettiğiniz sonuçları Tablo 2'ye kaydediniz.

Tablo 2. Kararlılık Bölgesi

$K_{P1}=10$ için Kararlılık Bölgesi	
$K_{P1}=5$ için Kararlılık Bölgesi	
$K_{P1}=1$ için Kararlılık Bölgesi	

Sonuç olarak, basit oransal karakteristiğe sahip bu kontrol uygulaması için;

Düşük kazançlarda : Geniş kararlılık bölgesi ve birim basamak giriş için fazla sönümlü çıkış, karakteristiği,

Orta kazançlarda : Orta kararlılık bölgesi ve birim basamak giriş için yaklaşık sönümlü çıkış karakteristiği ve

Yüksek kazançlarda: Dar kararlılık bölgesi ve birim basamak giriş için yaklaşık sönümsüz çıkış karakteristiğine sahiptir denebilir.

B.ORANSAL VE İNTEGRAL (PI) KONTROL

1. Bir önceki uygulamaya ek olarak fark amplifikatörü çıkışını integratöre, onun çıkışını da toplayıcı devreye bağlayınız. İntegral zaman sabitini 1 sn.'ye ayarlayın ve reset butonuna basınız.

2. Amplifikatörün (**Amp#1**) kazancını sırasıyla; 1, 5 ve 10 değerlerine ayarlayınız. Referans gerilimini 3 volt değerine ayarlayarak çıkış karakteristiklerini osilaskopla yukarıdaki gibi elde ediniz. Karakteristiklerin yerleşme zamanlarını, aşma miktarlarını karşılaştırınız. Aynı işlemleri integratör zaman sabiti 10 sn. ve 100ms. için tekrarlayınız.

Sonuç olarak bu uygulamada da görüldüğü gibi, integral kontrol elemanı oransal kontrol ile birlikte kullanıldığında zaman sürekli durum hatasını düzeltir ve integratörün zaman sabiti azaldıkça çıkış karakteristiğinin yerleşme zamanı azalır.

C.ORANSAL VE TÜREVSEL (PD) KONTROL

1. Deney düzeneğinde oransal kontrol elemanına ek olarak, Şekil 6'da gösterildiği gibi servo-potansiyometre çıkışını diferansiyel eleman girişine, onun çıkışını işaret dönüştürücü inverttere, onunda çıkışını toplayıcıya bağlayınız. Bir önceki deneyde bağlanan integral elemanını iptal ediniz.

2. Amplifikatör kazancını 10 ve diferansiyel eleman zamanını 1 s'ye ayarlayınız. 3 voltluk referans giriş için çıkış karakteristiğini osilaskopla elde ediniz. Bu işlemleri diferansiyel zaman sabiti 100 ms. ve 10 ms. için tekrarlayınız.

Bu uygulamada da görüldüğü gibi türevsel (diferansiyel) kontrol ile sistemin geçici durum hataları düzeltilmektedir. Türevsel kontrol elemanının sürekli durum hatasına etkisi yoktur.

D.ORANSAL-İNTEGRAL VE TÜREVSEL (PID) KONTROL

1. Şekil 6 ile verilen deney şemasını (oransal, integral ve türevsel elemanların hepsini) bağlayınız. İntegral eleman reset butonuna basınız. Amplifikatör (**Amp#1**) kazancını 10 yapınız ve referans gerilim olarak 3 volt uygulayınız.

2. İntegratör ve diferansiyel eleman zaman sabitlerinin değişik değerlerinde çıkış karakteristiklerini kaydediniz. Bu karakteristikler arasında kritik sönümlü olan karakteristiği belirleyiniz ve zaman sabitlerini kaydediniz.

DENEYLE İLGİLİ SORULAR:

1. Her deney için çıkış karakteristiklerini çizin ve karşılaştırınız. Geçici ve sürekli duruma nelerin etki ettiğini yazınız.

2. Şekil 6. ile verilen sistemde, kullanılan elemanlar ideal ve motor fonksiyonu

$$G_m = \frac{0.2}{s(s + 0.2)}$$

olarak kabul edersek, a) PID kontrolde elde ettiğiniz, kritik sönüm

parametrelerinde sistemin transfer fonksiyonunu bulunuz. b) Kararlılığını inceleyiniz.

DENEY NO : 4

DENEYİN ADI : HIZ KONTROL SİSTEMLERİ

DENEYİN AMACI : Bu deneyde, endüstride sık olarak karşılaşılan P, PI ve PID hız kontrol sistemleri hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

REFERANSLAR :

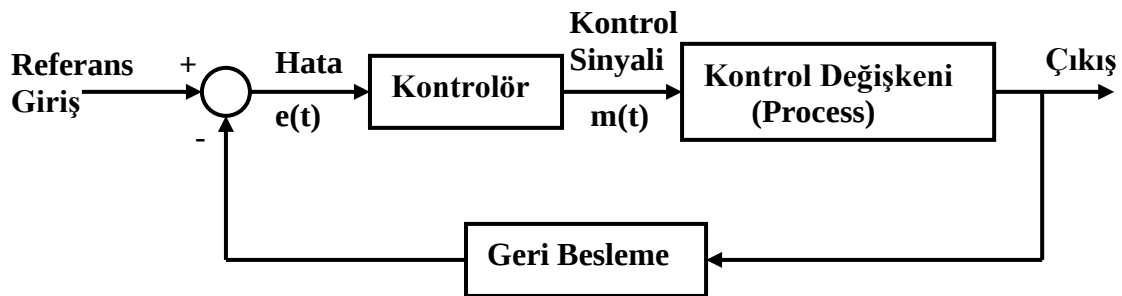
- 1.Digiac 1750 Instrumentation Training System, Manuel Vol. 2.
2. Process Control Instrumentation Technology, Johnson C.,Prentice Hall International Inc.
3. Modern Control Engineering, Ogata G., Prentice Hall International Inc.

DENEY İÇİN HAZIRLIK SORULARI

1. P, PI, PD, PID türü denetleyicilerin transfer fonksiyonlarını, zaman ve laplace ortamlarında çıkartınız.
2. Transfer fonksiyonu $G(s) = 1/s(s+1)$ şeklinde verilen bir işlemin (process) kararlılığını: a) Açık çevrim iken, b. Kapalı çevrim sisteminde, geri besleme kazancı 1 iken ve kontrol birimi için; P türü denetleyici kullanarak, PI turu denetleyici kullanarak, PID türü denetleyici kullanarak inceleyiniz ve sonuçlarını yorumlayınız.
3. Sürekli durumda çalışan bir sistemde yük küçük bir miktar değiştiği zaman P, PI ve PID türü denetleyicilerin sisteme etkisi nasıl olur açıklayınız.

DENEY HAKKINDA TEORİK BİLGİLER

1. TEMEL KAPALI ÇEVİRİM KONTROL SİSTEMİ



Şekil 1.Temel Kapalı Çevrim Kontrol Sistemin Blok Diyagramı

Temel olarak sistemin girişi ve çıkışı arasındaki fark hata (error) olarak algılanır ve bu işaret denetleyicinin girişine uygulanır. Denetleyici bu hata işaretini kullanarak sistem çıkışının istenen değere ulaşması için gerekli olan kontrol işaretini üretir ve bu kontrol işaretini kontrol edilmek istenen sistemin girişine uygular.

2. KONTROL YÖNTEMLERİ

2.1.Açık-Kapalı (ON-OFF) Kontrol:

Bu tür kontrol sistemlerinde, denetleyicinin yalnızca iki konumu vardır. Eğer sistemin çıkışı arzu edilen değerden düşükse denetleyicinin çıkışı maksimum, aksi takdirde minimumdur.

2.2.Oransal (P) Kontrol:

Bu tür kontrol sistemlerinde denetleyicinin çıkışı hata işareti ile doğru orantılıdır. Burada K_P , bilindiği gibi oransal kazanç olmak üzere, $m(t) = K_P e(t)$ olmaktadır.

2.3.İntegral (I) Kontrol :

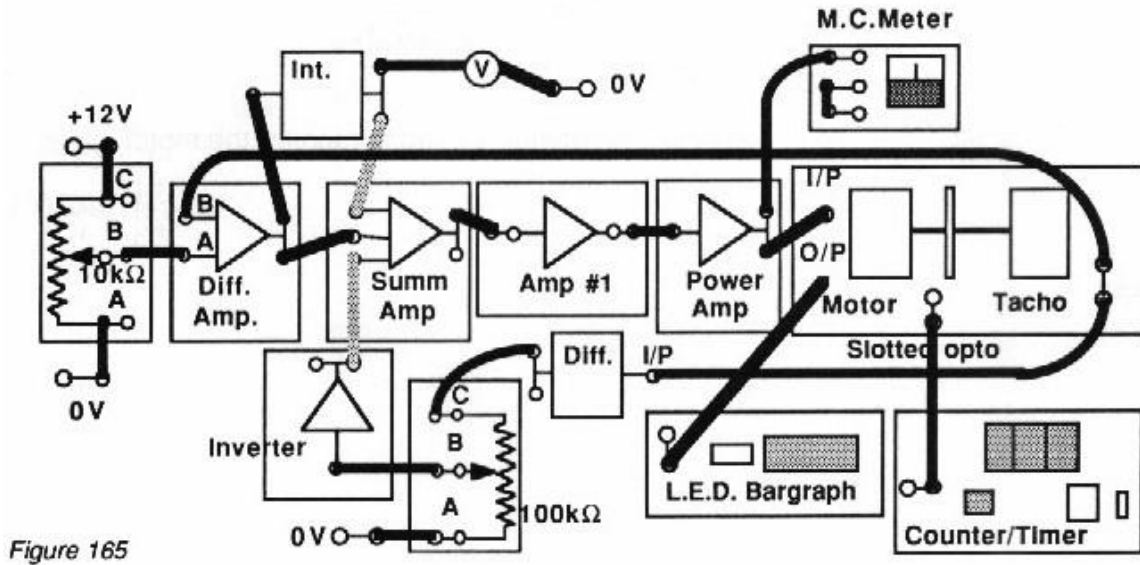
Bu tür kontrol sistemlerinde denetleyicinin çıkışı hata işaretinin integrali ile orantılıdır Burada T_i , integral zamanıdır ve $m(t) = \frac{1}{T_i} \int e(t)dt$ olmaktadır.

2.4 .Türevsel (D) Kontrol :

Bu tür kontrol sistemlerinde denetleyici çıkışı hata işaretinin türevi ile orantılıdır. Denetleyici çıkışı $m(t) = T_d \frac{d}{dt} e(t)$ ve burada T_d türev zamanıdır.

DENEYİN YAPILIŞI VE RAPORDA İSTENENLER

Deneye başlamadan önce amplifikatörlerin offset ayarlarını yapınız. Sistemde devir ölçme elemanı olarak takogenaratörü kullanılacaktır. Ancak bu eleman çıkışının geri besleme olarak kullanılabilmesi için bir alçak geçiren filtre ile filtre edilmesi gerekmektedir. Filtre zaman sabitini 100 ms ‘ye ayarlayınız.



Şekil 2. Deneyin Bağlantı Şeması

A. AÇIK ÇEVİRİM KONTROL DENEYİ

1. Şekil 2 'deki bağlantıyı gerçekleştiriniz ve sistemde türev ve integral alıcı devrelerin bağlantılarını çıkartınız. Amplitikatörün (**Amp#1**) kazancını 1 (kazanç katsayılarını 10 ve 0.1) olarak giriniz Takogenaratörden diferansiyel amplifikatöre giden bağlantıyı çıkartınız. Bu durumda sistem açık çevrim hale gelecektir

2. Motor hızını 15 dev/s 'ye ayarlayınız Bunun için 10 k Ω 'luk direnci ayarlamak suretiyle motor geriliminin 4 V olması gerekmektedir Motoru elinizle miline dokundurarak hatifçe yükleyiniz ve motorun hızını, akımını ve gerilimini gözleyiniz Bu işlemleri kazanç değerleri 5 ve 10 için tekrarlayınız ve sonuçları yorumlayınız.

B. KAPALI ÇEVİRİM ORANSAL (P) KONTROL

1 Yukarıdaki sisteme ek olarak takogenaratörün çıkışını bir alçak geçiren filtreden geçirdikten sonra diferansiyel amplifikatörün girişine bağlayınız. Amplifikatör kazanç katsayısı 10 ve 0.1 yani kazancı 1'e ayarlayınız. Bu durumda sistem kapalı cevrim hale gelecektir.

2. Motorun hızını 15 dev/sn 'ye ayarlayınız. (Motor gerilimi 4V). Motorun miline elinizi hafifçe dokundurarak yükleyiniz ve motorun akımını, gerilimini ve hızını gözleyiniz

3. Motor girişine ya da toplayıcı çıkışına bir digital hafızalı osilaskop bağlayınız. Referans girişin değişik değerlerinde sistemin geçici rejim salınım eğrilerini inceleyiniz ve kaydediniz
4. Amplifikatör kazancının 3 ve 4 değerleri için aynı işlemleri tekrarlayınız Elde ettiğiniz sonuçları yorumlayınız.

C. KAPALI ÇEVİRİM ORANSAL- İNTEGRAL (PI) KONTROL

1. Bunun için yukarıdaki bağlantılara ek olarak, integral alıcı devrenin çıkışını toplayıcıya bağlayınız ve integral zamanını 1 sn ' ye ayarlayınız.
2. Motorun hızını yukarıdaki gibi 15 dev/sn 'ye ayarlayınız ve motoru elinizi dokundurarak hafifçe yükleyiniz. Bu durumda motorun hızını ve integral alıcı devrenin çıkışını gözleyiniz Osilaskop ile değişik referans değerlerinde geçici rejim salınım eğrilerini gözleyiniz ve kaydediniz. Yükü kaldırınız ve yine motorun hızını ve integratörün çıkışını inceleyiniz. İntegrator zaman sabitini 100 ms 'ye ayarlayınız ve aynı işlemleri tekrarlayınız Yukarıdaki şekilde osilaskopdan alınan karakteristikleri karşılaştırınız..
3. Yükseltecin kazancını 3 ' e ayarlayınız ve yukarıdaki işlemleri tekrarlayınız

D. KAPALI ÇEVİRİM ORANSAL-İNTEGRAL-TÜREVSEL (PID) KONTROL

1. Türev alıcı devreyi inverter üzerinden toplayıcıya bağlayınız. Türev alıcı devrenin zaman sabitini 10 ms 'ye ayarlayınız ve potansiyometre ile geri besleme miktarını sıfırlayınız, amplifikatör kazancını 3 (yani katsayıları 10 ve 0.3 değerlerine) ayarlayınız ve integrator zaman sabitini 100 ms' ye getiriniz
2. Motorun hızını bilinen usullerle 15 dev/sn 'ye ayarlayınız ve türevsel geri besleme değerini artırınız. Motorun gürültülü çalıştığına dikkat ediniz Bu olay türevsel geri beslemeli sistemlerin en temel problemidir. Bu problemin önüne geçmek için türev alıcının çıkışını alçak geçiren bir süzgeçten geçirdikten sonra toplayıcıya bağlamak gerekir. Alçak geçiren filtrenin zaman sabitini 100 ms 'ye ayarlayınız, devreye ilave ediniz. Bu durumda geri besleme oranını artırarak sonuçları gözleyiniz. Motoru yükleyerek akımını, gerilimini ve hızını ölçünüz ve kaydediniz. Değişik referans değerleri için geçici rejim salınım eğrilerini gözleyiniz.

DENEYLE İLGİLİ SORULAR

1. Her deney için çıkış karakteristiklerini çiziniz ve bu karakteristikleri karşılaştırınız. Geçici durum ve sürekli duruma nelerin etki ettiğini yazınız.
2. Pratikte kullanılan bu gibi sistemlere örnekler veriniz.
3. Eğer kontrol edilen işlem lineer bir yapıya sahip olmasaydı ve bu gibi bir sistemin kontrol edilmesi istenseydi nasıl bir çözüm önerirdiniz? Araştırınız.

DENEY NO : 5

DENEYİN ADI : SICAKLIK KONTROL SİSTEMLERİ

DENEYİN AMACI : Bu deneyde, sıcaklık kontrol sistemleri hakkında temel bilgilerin verilmesi amaçlanmıştır.

REFERANSLAR :

- 1.Digiac 1750 Instrumentation Training System, Manuel Vol. 2.
2. Process Control Instrumentation Technology, Johnson C.,Prentice Hall International Inc.
3. Modern Control Engineering, Ogata G., Prentice Hall International Inc.
4. Kontrol Sistemleri Laboratuvar Föyleri, Aksoy S. KTÜ.

DENEY HAKKINDA TEORİK BİLGİLER

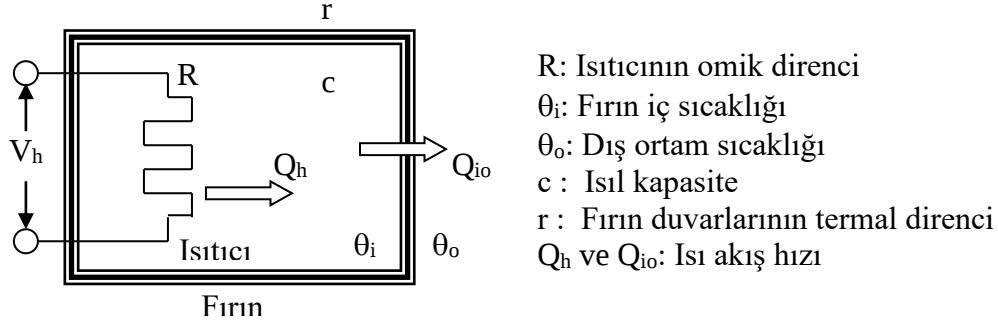
Endüstrinin birçok kesiminde kullanılan otomatik kontrol sistemlerinin önemli bir uygulama alanı da sıcaklıkla ilgili proses kontrol sistemleridir. Endüstride değişik amaçlı sıcaklık kontrol sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin kimya endüstrisinde kullanılan ısıl proseslerde istenilen bir sabit sıcaklıkta çalışabilecek fırınlara ihtiyaç duyulur. Aynı ihtiyaçlar ile gıda, döküm, ısıl eritme, tekstil, ilaç ve benzeri birçok alanda karşılaşılmaktadır. Belirtilen birçok uygulama alanında değişken seviyede ve süreli, hassas ısıl işlemler oldukça önemlidir.

Kontrol mühendisliğinin amacı, fırın veya herhangi bir ortamın sıcaklığını arzulanan amaç ölçütlerini sağlayacak biçimde istenilen bir sıcaklık değerinde sabit olarak tutacak olan bir denetleyici (kontrolör) tasarlamaktır. Bu deneyin amacı, sıcaklık kontrol sistemlerinde kullanılan elemanlar hakkında genel bilgiler vermek, fırın veya herhangi bir oda için sıcaklık kontrol sistemlerini incelemeye yöneliktir.

Uygun bir sıcaklık kontrol sistemi tasarımı için öncelikle kontrol edilecek olan fırının veya odanın matematiksel modelinin veya sıcaklık transfer eğrisinin belirlenmesi gerekir. Kullanılacak olan sensör tipleri ve denetleyicinin türünün (ON-OFF, P, PI, PD veya PID) seçilmesi gerekir. Bu nedenle öncelikle genel bilgiler başlığı altında herhangi bir sıcaklık fırınının veya odanın modellenmesi veya transfer fonksiyonunun çıkartılması, sıcaklık algılayıcıları (sensörler) ve denetleyici türleri kısaca tanıtılacaktır. Daha sonra bu bilgilerin ışığı altında deney setindeki maket fırının sıcaklık transfer eğrisi çıkartılarak gerekli fırın parametreleri hesaplanacaktır. Bu parametreler göz önüne alınarak değişik

türden denetleyiciler ile fırının sıcaklık kontrolü yapılacaktır. Diğer bir deney olarak NTC termistörü kullanarak bir yangın alarm sistemi devresi gerçekleştirilecektir.

1.HERHANGİ BİR FIRIN VEYA ODANIN SICAKLIK MODELİ



Şekil 1. Bir fırının genel yapısı ve parametreleri

Şekil 1. ile gösterilen herhangi bir sıcaklık fırınının matematiksel modeli termodinamik kuralları göz önüne alınarak elde edilebilir. Fırın duvarlarından dış ortama doğru ısı akış hızı, fırın sıcaklığı ile dış ortam sıcaklığı arasındaki farka bağlı olacağından,

$$c \frac{d(\theta_i - \theta_o)}{dt} = Q_h - Q_{io} \quad (1)$$

yazılır. Dış sıcaklığın sabit yada çok yavaş değiştiği varsayımı ile (1) denklemi,

$$c \frac{d(\theta_i)}{dt} = Q_h - Q_{io} \quad (2)$$

olur. Diğer yandan bir ısıtıcı kaynağından fırın ortamına verilen ısıнын akış hızı,

$$Q_h = \frac{V_h^2}{R} \text{ watt} \quad (3)$$

olur. Fırın duvarları boyunca kaybolan ısı ise,

$$Q_{io} = \frac{(\theta_i - \theta_o)}{r} \quad (4)$$

yazılır. (3) ve (4) bağıntıları (2) denkleminde yerlerine konulursa,

$$c \frac{d}{dt}(\theta_i - \theta_o) = \frac{V_h^2}{R} - \frac{(\theta_i - \theta_o)}{r} \quad (5)$$

elde edilir. Burada, (2) denklemi göz önüne alınırsa yani dış ortam sıcaklık değişimi sıfır kabul edilirse ve gerekli matematiksel manipulasyonlar yapıldığında (5) denklemini,

$$c \frac{d}{dt}(\theta_i) + \frac{\theta_i}{r} = \frac{V_h^2}{R} - \frac{(\theta_o)}{r} \quad (6)$$

gibi yazabiliriz. (6) denklemi yeniden düzenlenir ve zaman sabiti $T = r c$ olarak kabul edersek, fırının matematiksel modeli,

$$T \frac{d}{dt}(\theta_i) + \theta_i = \frac{r}{R} V_h^2 - \theta_o \quad (7)$$

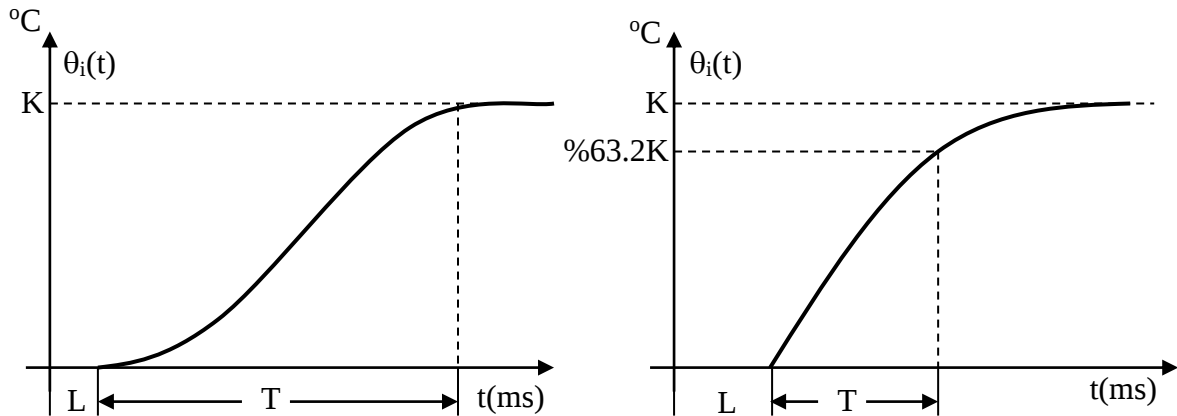
biçiminde birinci dereceden türevsel denklem ifadesiyle verilebilir. Burada verilen θ_o dış ortam sıcaklığına bağlı olup genelde yavaş olarak değişse bile zamanın bir fonksiyonudur ve fırın modelinde bozucu büyüklük (disturbance) olarak alınır. T, r ve c fırın parametreleri deneysel yoldan belirlenebilir.

2. FIRIN (VEYA ODANIN) SICAKLIK TRANSFER FONKSİYONU

Elde edilen matematiksel modellerden sistemin transfer fonksiyonu laplas (s) formunda bulunabilir ve kullanımda kolaylık sağlar. Nitekim genel olarak herhangi bir fırının veya odanın sıcaklık transfer fonksiyonu, (7) denklemi kullanılarak,

$$G(s) = \frac{K e^{-Ls}}{1 + Ts} \quad (8)$$

biçiminde elde edilir. Bu birinci mertebeden bir sistemin transfer fonksiyonudur ve burada verilen L : gecikme-ölü zaman bölgesi, T : Fırın zaman sabiti ve K : Kazanç sabitleridir.



Şekil 2. Fırın sıcaklık transfer eğrileri

Elimizde bulunan bir sistemin denklem (8) ile verilen bilinmeyen sabitlerini deneysel yolla elde edebiliriz ve değişim eğrisinden bu sabitleri kolayca bulabiliriz.

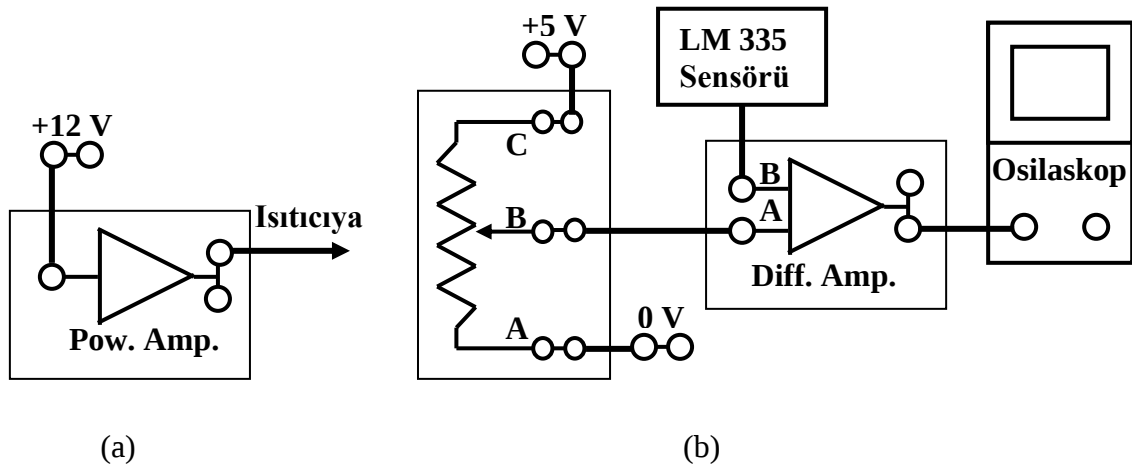
Herhangi bir fırının sıcaklık transfer eğrisini elde edebilmek için iki yol izlenir. Ya fırın bilinen belirli bir güçte ısıtılarak belirli zaman aralıklarında fırın sıcaklığı ölçülüp kaydedilir ve sıcaklığın zamana göre değişimi çizilir. Ya da fırının içinde uygun bir yere yerleştirilen sıcaklık sensörü ile elde edilecek olan gerilim değeri sayısal bir osilaskop ekranında çizdirilir. Elde edilen bu eğrilerden L, T ve K parametreleri kolayca bulunur. Aşağıda birinci dereceden bir sistem için muhtemel elde edilebilecek eğriler gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi L, T ve K sabitleri kolayca bulunur.

DENEYİN YAPILIŞI VE RAPORDA İSTENENLER

A. FIRIN SICAKLIK TRANSFER EĞRİSİNİN ÇIKARTILMASI

Deney setindeki IC (LM335) sensörünün oda sıcaklığındaki çıkış gerilimi 2.93 voltur. Bu gerilimi sıfır noktasına ötelemek için sensör geriliminden 2.93 voltluk bir referans gerilimi çıkarmalıyız. Şekil 3.b ile verilen devrede bu işlem kolayca yapılmaktadır. Böylece fırının ısıtılmadan önceki sıcaklığına (soğuk durumdaki sıcaklığı) karşılık gelen ölçüm gerilimini sıfır volt olarak seçmiş oluruz.

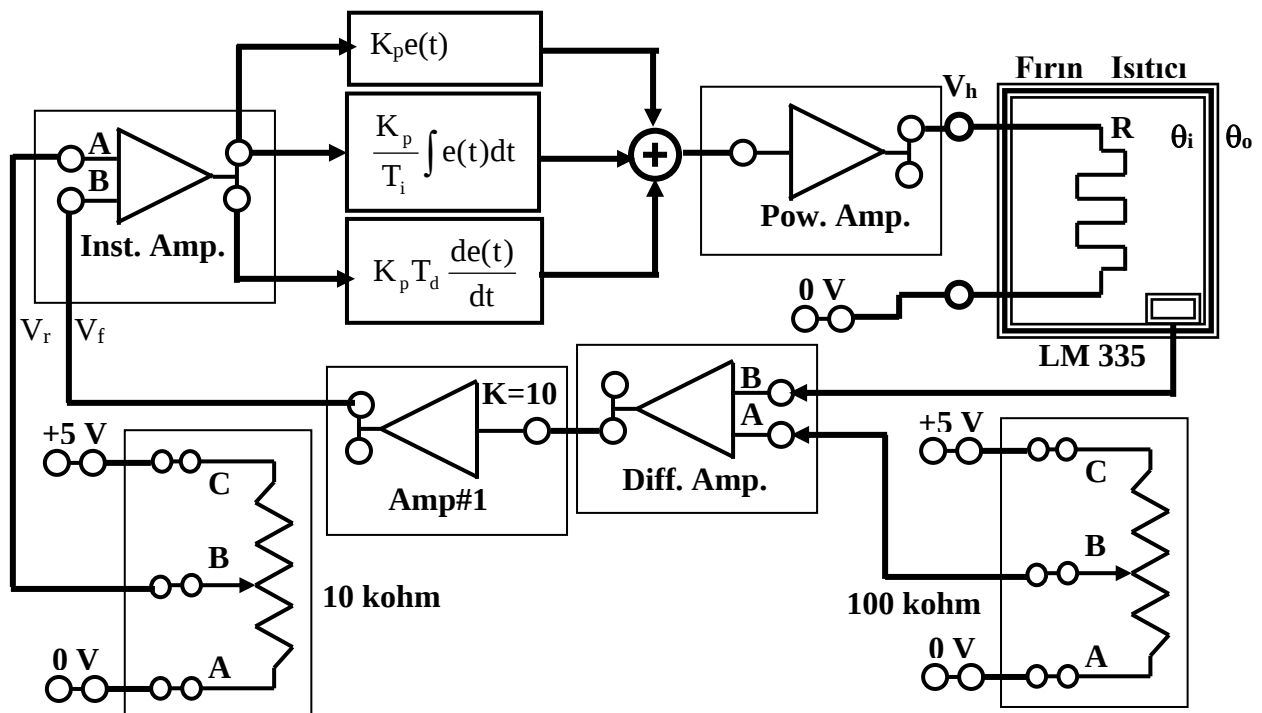
1. Şekil 3-a. ve Şekil 3-b.'de verilen devreleri kullanarak, IC sıcaklık sensörünün çıkışını sayısal osilaskop ekranından sıcaklık sabit bir değere ulaşana kadar gözleyiniz. Ekranda elde ettiğiniz bu eğri, mini deney fırınının sıcaklık transfer eğrisidir.
2. Bu eğriyi ölçekli olarak çiziniz. Yukarıdaki verilen bilgilerden faydalanarak bu eğriden mini fırının K, L ve T parametrelerini hesaplayınız.



Şekil 3. Fırın sıcaklık transfer eğrisinin elde edilmesi (a) Isıtıcı Beslemesi (b) Ölçme

B. BİR FIRIN KAPALI ÇEVİRİM SICAKLIK KONTROL SİSTEMİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

1. Şekil 4’deki kapalı çevrim sıcaklık kontrol sistemini kurunuz.
2. İlk olarak ORANSAL KONTROL uygulaması yapılacaktır. Bunun için oransal sabit $K_p=10$ ve $K_p=100$ değerleri için sistemi çalıştırınız. Sıcaklık ve fırına uygulanan gerilimin (gücün) zamana göre değişimini sabit bir değere ulaşana kadar osilaskop ekranından izleyiniz. Bu eğrileri ölçekli olarak çiziniz. Sistemin kararlı olup olmadığını yorumlayınız. K_p ’nin hangi değer aralığı için sistemin kararsız olacağını yukarıda elde ettiğiniz sıcaklık transfer eğrisinden faydalanarak belirleyiniz.
3. ORANSAL-İNTEGRAL (PI) kontrolün uygulanması için $K_p=2.724$ ve integral zaman sabiti $T_i=0.027$ seçerek PI kontrolör için sistemi çalıştırınız. Sıcaklık ve fırına uygulanan gerilimin (gücün) zamana göre değişimini sabit bir değere ulaşana kadar osilaskop ekranından izleyiniz. Bu eğrileri ölçekli olarak çiziniz. Sistemin kararlı olup olmadığını yorumlayınız. K_p ve T_i ‘nin hangi değer aralıkları için sistemin kararsız olacağını belirleyiniz.



Şekil 4. Sıcaklık kontrol sistemi

4. ORANSAL-İNTEGRAL-TÜREVSEL (PID) kontrolün uygulanması için $K_p=2.724$, $T_i=0.027$ ve türev zaman sabiti $T_d=0.152$ seçerek PID denetleyici için sistemi çalıştırınız. Sıcaklık ve fırına uygulanan gerilimin (gücün) zamana göre değişimini sabit bir değere ulaşana kadar osilaskop ekranından izleyiniz. Bu eğrileri ölçekli olarak çiziniz. Sistemin kararlı olup olmadığını yorumlayınız.
5. Yukarıdaki üç tip kontrol türü ile elde edilen kontrol eğrilerini karşılaştırılarak tartışınız.

DENEY NO : 6

DENEYİN ADI : MOTOR HIZ VE YÖN KONTROLÜ

DENEYİN AMACI : Bu deneyde bir DC motorun hız ve yön kontrolünün yapılması amaçlanmıştır.

REFERANSLAR :

1. Teko Elektronik Srv-01 Kontrol Deney Seti.
2. Process Control Instrumentation Technology, Johnson C., Prentice Hall International Inc.
3. Modern Control Engineering, Ogata G., Prentice Hall International Inc.
4. Otomatik Kontrol Sistemleri, Kuo B. C., Prentice Hall International Inc.
5. KTÜN MDBF EEM Otomatik Kontrol Ders Notları

DENEY HAKKINDA TEORİK BİLGİLER:

DC motorlar, elektromekanik enerji dönüşümü sağlayan ve yaygın olarak günümüzde de kullanılan makinalardır. Doğrusal bir hız-moment karakteristiğine sahiptir. Birçok uygulamada dişli sistemleri (redüktörler) ile kullanılır.



Şekil 1. DC motorlara örnekler

DC motorlar manyetik alan içerisinde üzerinden akım geçen tel alan dışına itilir prensibine göre çalışırlar. DC motorlar temel iki bileşenden oluşur. Bunlar; stator ve armatür (endüvi) dir. Stator hareketsiz olarak duran üzerinde manyetik alan oluşturan kutupları barındıran kısımdır. Armatür (endüvi) ise ortada dönme hareketini yapan, üzerinde oyuklarında akım geçen sargıları barındıran kısımdır. Ayrıca, Armatür üzerinde dışarıdan sargılara akım akmasını sağlayan kollektör bulunur. DC motorlarda, stator gövdeye monte edilen fırçalar dönen kollektör yüzeyine temas ederek armatür akımını kollektöre iletir, gelen akım buradan da sargılara dağıtılır. Kollektör ve fırça düzeneği sayesinde, yukarıda şekilden de görüldüğü gibi dönen armatüre ait sağılardan geçen akımın yönü üst yarıda ve alt yarıda hep aynı kalır. Böylece armatürde bir sürekli dönme hali ortaya çıkar.

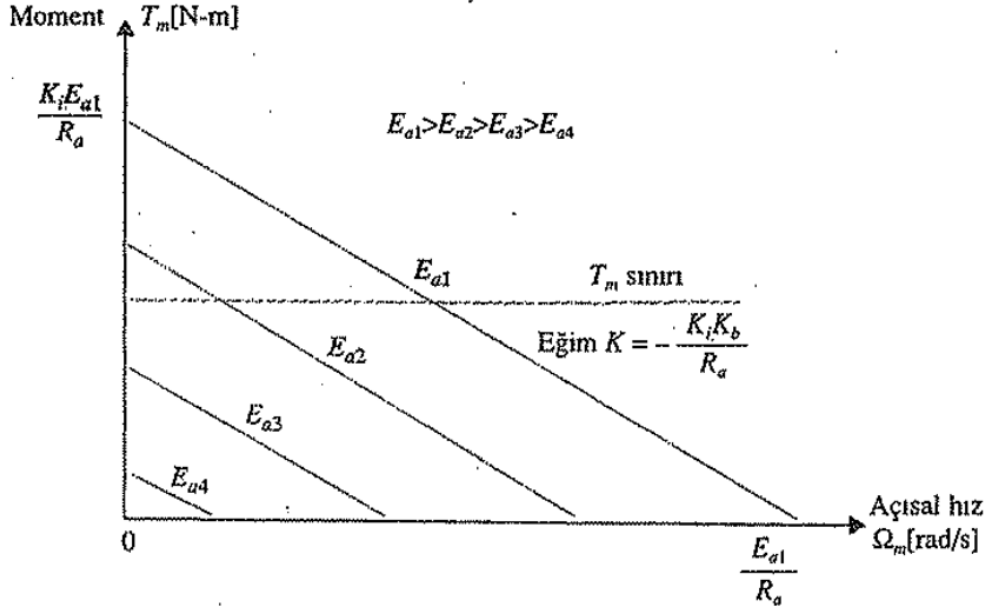
Eşdeğer devrede görülen; $e_f(t)$ alan sargı gerilimini, $i_f(t)$ alan sargı akımını, L_f alan sargı indüktansını, R_f , alan sargı direncini ifade eder ve $\Phi(t)$ manyetik akının oluşturulmasını sağlar. Bu alan sargısı yerine sabit mıknatıslar kullanılırsa sadece mıknatıs akısı $\Phi(t)$ ifade edilir. Bu durumda motor sabit mıknatıslı DC (PMDC) motor olarak ifade edilir. DC motorlarda hava aralığı veya kutup akısı $\Phi(t)$ sabit mıknatıslarda kataloglardan doğrudan veya alan akımı i_f ile doğru orantılı olarak; $\Phi(t) = K_1 \cdot i_f(t)$ ifadesinden elde edilir. Burada verilen K_1 alan akı sabitidir. Armatür eşdeğer devresinde; $e_a(t)$ armatür gerilimini, $i_a(t)$ armatür sargı akımını, L_a armatür sargı indüktansını, R_a armatür sargı direncini ve $e_b(t)$ ise manyetik alan içinde dönen armatür sargılarında oluşan ters emk gerilimini ifade eder. DC motorlarda üretilen döndürme momenti hava aralığı akısı $\Phi(t)$ ve armatür (endüvi) akımı ile doğru orantılıdır. Buna göre motorun ürettiği moment; $T(t) = K_1 \cdot i_f(t) \cdot K_2 \cdot i_a(t) = \Phi(t) \cdot K_2 \cdot i_a(t)$ ile ifade edilir.

DC motorlarda kontrol işlemi; ya armatür gerilimi $e_a(t)$ ayarlanarak ya da alan sargısı gerilimi $e_f(t)$ ayarlanarak, yani geçen alan ve armatür sargısı akımları ayarlanarak yapılır.

Bir doğru akım motorunun moment-hız eğrileri uygulanan gerilim ve motor hızına bağlı olarak motorun sürekli hal moment üretme yeteneğini ifade eder, Sürekli halde endüktansın etkisi bulunmadığından, Sekil 2’de, T_m motor momentinin, I_a motor akımının, E_a motora uygulanan gerilimin ve Ω_m motor açısal hızının sürekli değerini ifade etmek üzere, motor momenti,

$$T_m = K_i I_a = \frac{K_i (E_a - K_b \Omega_m)}{R_a}$$

olarak ifade edilir. Uygulanan belirli bir E_a gerilimi için doğru akım motorunun moment-hız karakteristiği ilişkisinden bir doğru olarak elde edilir. Gerçek motorda iki tür doyma ya da sınırlamayla karşılaşılır. Sınırlamanın ilki E_a ’nın artması ile birlikte armatür akımının da artması, belirli bir değerden sonra manyetik devrenin doyuma erişmesi ve T_m motor momentinin belirli bir sınır değeri aşamamasından kaynaklanır. İkinci sınırlama motorun dışarıya atabileceği ısıya bağlı dayanabileceği maksimum akımla ilişkilidir.



Şekil 2. Bir DC motorunun örneksel moment-hız eğrileri.

DENEYİN YAPILIŞI VE BAĞLANTI ŞEMASI



Şekil 3. Kontrol deney seti

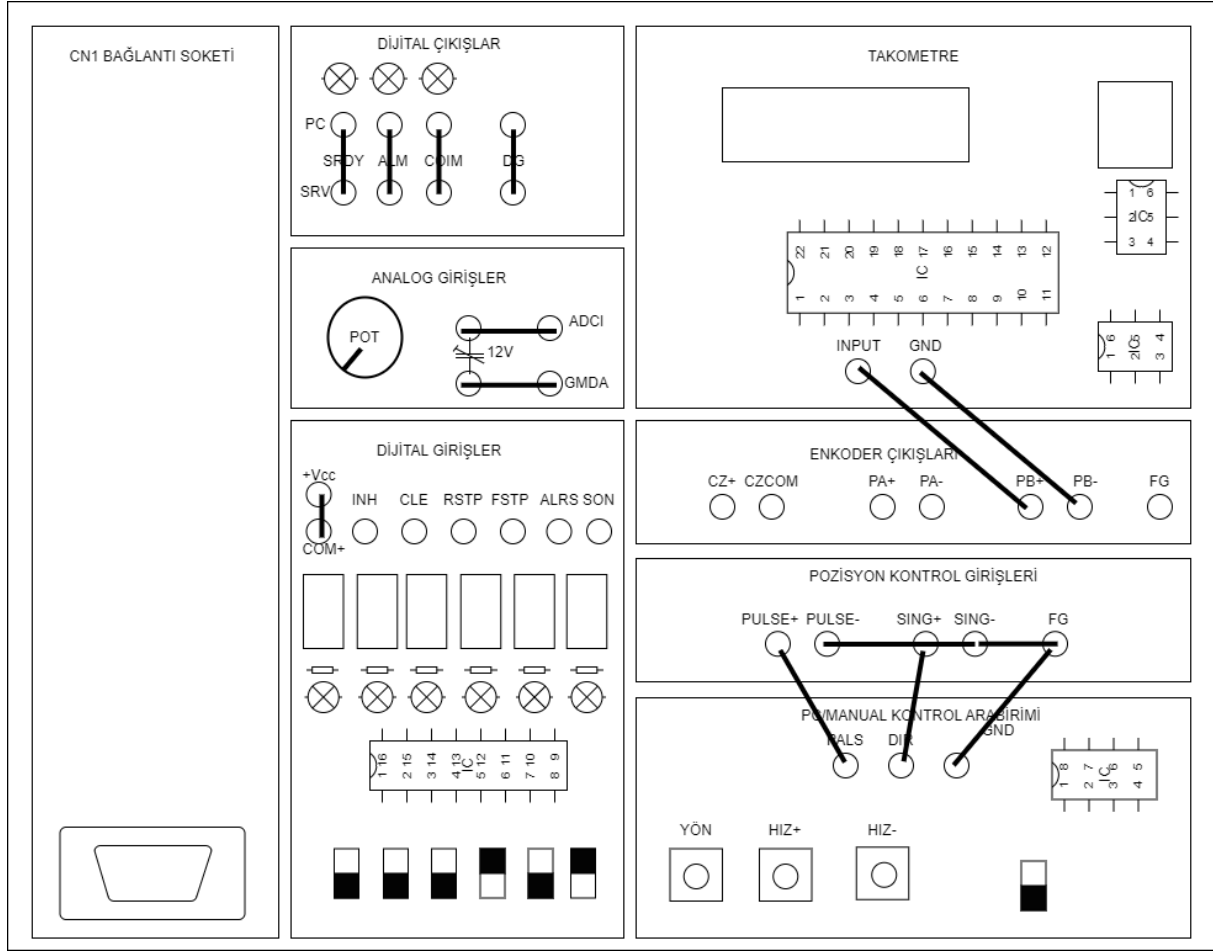


Şekil 4. Motor ve sürücü deney seti

Şekil 3’te verilen kontrol deney setinde dijital girişlerin anlamları Tablo 1’de yer almaktadır.

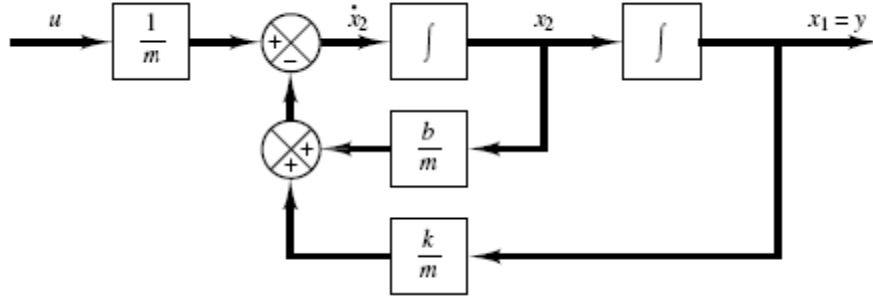
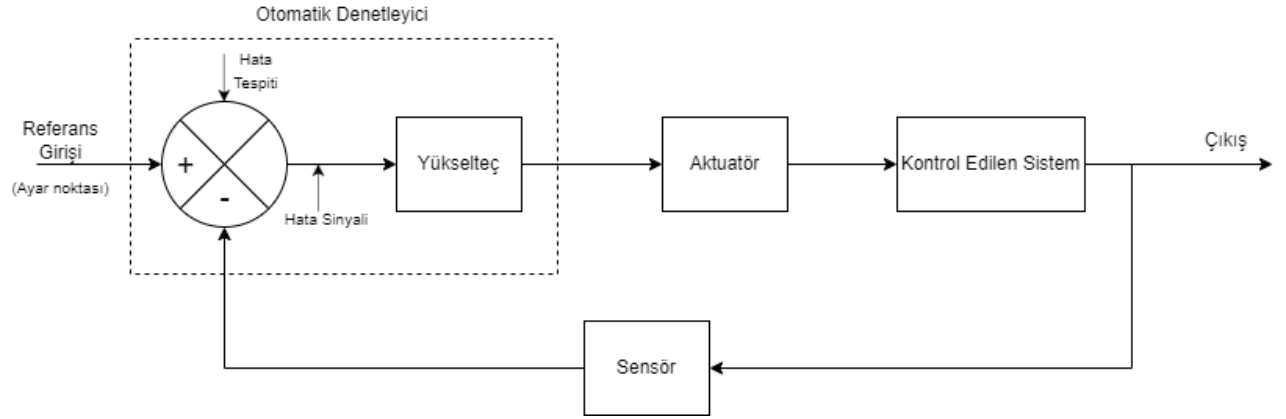
Tablo 1. Kontrol deney setinde yer alan dijital girişlerin anlamları

Dijital Giriş Adı	Anlamı
SON	Motoru aktif eder.
ALRS	Sistem alarmını aktif eder.
FSTP	Motorun yön değiştirmesini sağlar.
RSTP	Motorun yön değiştirmesini sağlar.
CLE	Eğer açıksa pozisyon kontrolü boyunca sapma yoktur.
INH	Geri bildirim alınmasını sağlar.



Şekil 5. Deney bağlantı şeması

1. Şekil 5'te gösterildiği gibi deney bağlantı şemasını yapınız.
2. Deney Seti ile Sürücü arasındaki bağlantıyı uygun kablo ile yapınız.
3. Dijital Girişler kısmındaki "SON" anahtarını ON konumuna alınız.
4. Takometrede gösterilen devri "HIZ+" ve "HIZ-" tuşlarını kullanarak değiştiriniz.
5. Motoru durdurunuz ve Dijital Girişler kısmındaki "FSTP" anahtarını ON konumuna alınız ve "YÖN" tuşuna basınız.
6. Madde 4'ü tekrar yapınız ve motorun yönünün değişip değişmediğini gözlemleyiniz.
7. Motoru durdurunuz ve "FSTP" anahtarını OFF konumuna alıp "YÖN" tuşuna basarak 4. Maddeyi tekrarlayınız.
8. Motoru durdurunuz ve "SON" anahtarını OFF konumuna alıp motorun dönüp dönmeyeceğini tartışınız.

OTOMATİK KONTROL LABORATUVARI**7. DENEY****MATLAB DENEYLERİ**

7.1. DENEY (MATLAB)

1) GİRİŞ

Yazılımsal deneylerin ana amacı bilgisayar destekli kontrol sistemlerinin analizi ve tasarımını tanıtmaktır. Bu amaç doğrultusunda MATLAB kullanılacaktır. Bu deneyde, transfer fonksiyonuyla tanımlanan sürekli zamanlı doğrusal zamanla değişmeyen sistemler için sıklıkla kullanılan MATLAB komutlarıyla pratik yapılacaktır.

2) DENEYİN YAPILIŞI

a) MATLAB ile Kısmi Kesir Açılımı

Transfer fonksiyonu Denklem 1.1'deki gibi verilen bir sistemin;

$$G(s) = \frac{2s^3 + 3s^2 + 5s + 2}{s^3 + 6s^2 + 11s + 6} \quad (1.1)$$

Basit kesirler formunda yazmak için katsayılarını `[r,p,k]=residue(num,den)` komutuyla bulunuz.

b) $G(s)$ 'in Kutuplarının ve Sıfırlarının Bulunması

Transfer fonksiyonu Denklem 1.2'deki gibi verilen bir sistemin;

$$G(s) = \frac{4s^2 + 16s + 12}{s^4 + 16s^3 + 35s^2 + 48s} \quad (1.2)$$

Kutuplarını ve sıfırlarını bulmak için `[z,p,k]=tf2zp(num,den)` komutunu çalıştırınız.

c) Transfer Fonksiyonu Oluşturma

Bir transfer fonksiyonunun sıfırları -2 ve -5 ve kutupları 0, -1, -7 ve -3 olsun. Kazanç $K=4$ olarak verilmiştir. Aşağıdaki komutları kullanarak sistemin transfer fonksiyonunu bulunuz.

```
>> [num,den]=zp2tf(z,p,k);
>> printsys(num, den, 's')
```

d) Doğrusal Modeller Oluşturma

Sembolik Matematik Toolboxlar, MATLAB'ın sayısal ortamına sembolik hesaplamayı dahil etmektedir. Bu toolboxlar, MATLAB sayısal ve grafiksel olanaklarını diğer birçok matematiksel hesaplama türüyle tamamlamaktadır. Türev, integral vb. içeren kalkülüsü; tersler,

determinantlar, özdeğerler vb. içeren lineer cebiri; cebirsel ifadeleri basitleştirme yöntemlerinden oluşan basitleştirmeleri; Fourier, Laplace, z-dönüşümü ve ilgili ters dönüşümlerden oluşan dönüşümleri kapsamaktadır.

- İlk olarak, bazı sembolik değişkenleri tanımlayınız.

```
>> sysms s t a b
```

(s'nin bir laplace operatörü, t'nin bir zaman değişkeni ve a ve b'nin herhangi bir tam sayı olduğunu varsayınız)

- Daha sonra Denklem 1.3'teki gibi bir polinom tanımlayınız.

$$f = a.s^2 + 5.s + b \quad (1.3)$$

f değerini bulmak için yukarıda tanımlanan polinomda a=2, s=1 ve b=3 yerine yazınız. (subs komutu kullanılacaktır)

- Aşağıdaki fonksiyonların Laplace dönüşümlerini hesaplayınız (laplace komutunu kullanınız)

$$f_1(t) = t^5, \quad f_2(t) = \frac{1}{\sqrt{t}}, \quad f_3(t) = e^{-at}$$

- Aşağıdaki fonksiyonların Ters Laplace dönüşümlerini hesaplayınız (ilaplace komutunu kullanınız)

$$F_4(s) = \frac{b}{s^2}, \quad F_5(s) = \frac{1}{(s-a)^2}, \quad F_6(s) = \frac{a}{s^2 - b^2}$$

e) Çizim Grafikleri

Bir sistemin Birim Basamak cevabı çizilecektir. Sistemin transfer fonksiyonu Denklem 1.4'teki gibi olsun.

$$G(s) = \frac{25}{s^2 + 4s + 25} \quad (1.4)$$

Sistemin 0 ile 3 saniye arasındaki sürelerdeki 0.1 saniyelik artışlarla birim basamak cevabını aşağıdaki komutları kullanarak hesaplayınız

```
>> t=0:0.1:3;
```

```
>> y=step(num,den,t);
```

Sistemin birim basamak cevabını plot komutunu kullanarak çiziniz. Ardından; başlık, x-ekseni ve y-ekseni etiketlerini çizime ekleyiniz.

```
>>Plot(t,y)
>>title('G(s)'in Birim Basamak Cevabı')
>>xlabel('zaman(s)')
>>ylabel('Genlik')
```

Not: Yukarıdaki komutlar hakkında daha ayrıntılı bilgi almak için komut satırına "help komut_adı" yazabilirsiniz. *Örnek:* help Plot

7.2. DENEY (MATLAB)

1) GİRİŞ

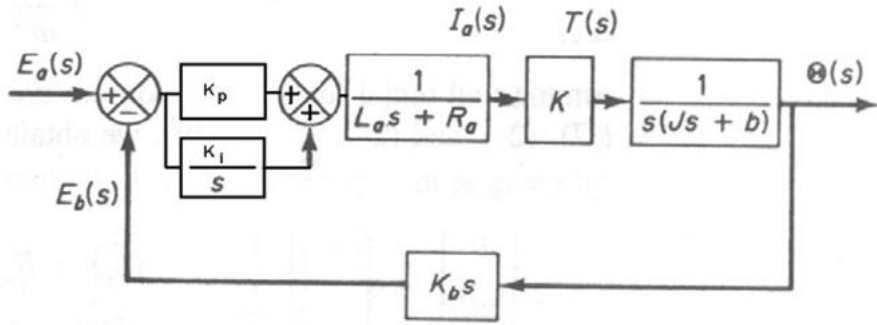
Yazılımsal deneylerin ana amacı bilgisayar destekli kontrol sistemlerinin analizi ve tasarımını tanıtmaktır. Bu amaç doğrultusunda MATLAB kullanılacaktır. Bu deneyde, transfer fonksiyonuyla tanımlanan sürekli zamanlı doğrusal zamanla değişmeyen sistemler için sıklıkla kullanılan MATLAB komutlarıyla pratik yapılacaktır.

2) DENEYİN YAPILIŞI

a) MATLAB Kullanarak Blok Diyagramı İndirgeme

Şekil 2.1'deki bir kontrol sisteminin blok diyagramını göz önünde bulundurunuz.

i) Blok diyagramını indirgemek ve kapalı döngü transfer fonksiyonunu hesaplamak için MATLAB kullanınız (*MATLAB'da series, parallel ve/veya feedback komutlarını kullanınız*). Laboratuvara gelmeden önce kapalı döngü transfer fonksiyonunu elle hesaplayınız. Hesapladığınız sonuçları MATLAB ile elde ettiğiniz transfer fonksiyonuyla karşılaştırınız.



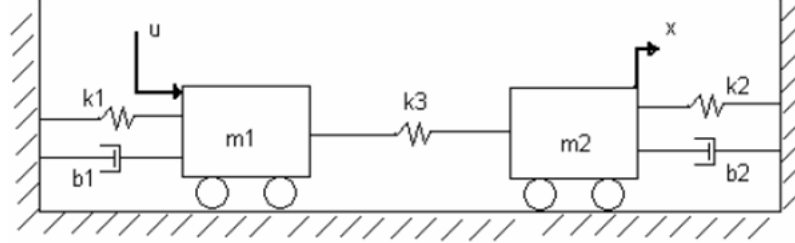
Şekil 2.1 Blok diyagram

Blok Diyagram Parametreleri:

- $K_p = 1$
- $K_i = 0.5$
- $L_a = 0.5 \text{ mH}$
- $R_a = 1\Omega$
- $K = 2$
- $J = 0.02$
- $b = 1$
- $K_b = 1$

b) Dinamik Sistemlerin Matematiksel Modellenmesi

Laboratuvara gelmeden önce Şekil 2.2’de verilen mekanik sistemin $X(s)/U(s)$ transfer fonksiyonunu bulunuz.



Şekil 2.2 Mekanik bir sistem

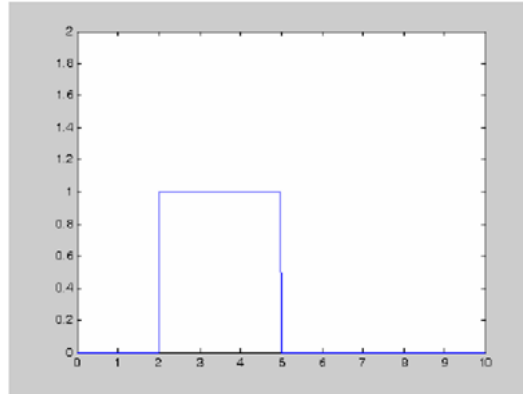
Bu deneyde k_1 , k_2 , k_3 , b_1 , b_2 , m_1 ve m_2 değerlerini kendiniz belirleyip sistemin birim basamak cevabının grafiğini çizdiriniz.

c) Dinamik Cevap

Bir DC motorun kapalı çevrim transfer fonksiyonu Denklem 2.1’de verilmiştir.

$$G(s) = \frac{25}{s^2 + 4s + 25} \quad (2.1)$$

Sistemin cevabını Şekil 2.3’te verilen girişe göre hesaplayıp grafiğini çizdiriniz.

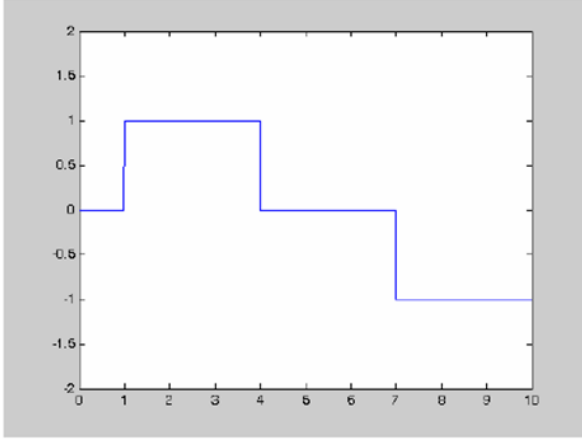


Şekil 2.3. Sistem girişi

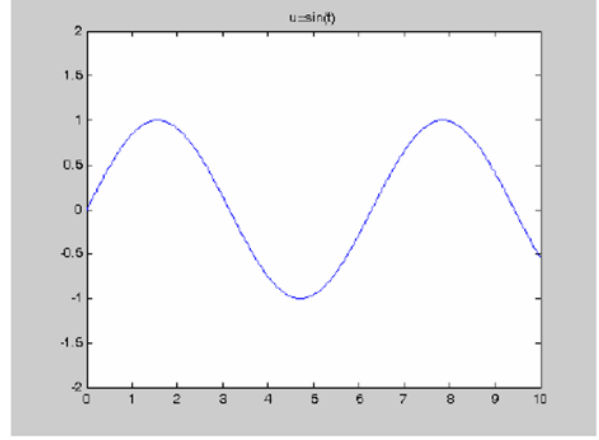
MATLAB komutları aşağıda verilmiştir:

```
>> t=0:0.01:10;
>> u=[zeros(1,200) ones(1,300) zeros(1,501)];
>> y=lsim(sys,u,t);
>> plot(t,u) %sistemin girişini çizer
>> hold on
>> plot(t,y) %sistemin çıkışını çizer
```

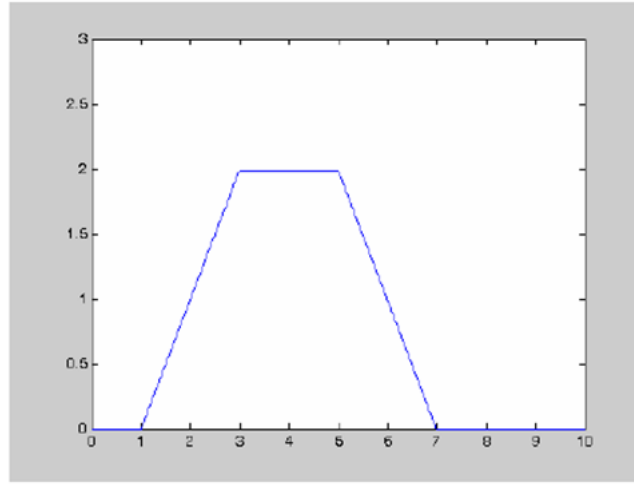
Şekil 2.4-2.6'da verilen girişlere göre sistemin cevabını hesaplayınız ve grafiğini çizdiriniz.



Şekil 2.4. Sistem girişi



Şekil 2.5. Sistem girişi



Şekil 2.6. Sistem girişi

Not: Yukarıdaki komutlar hakkında daha ayrıntılı bilgi almak için komut satırına "help komut_adı" yazabilirsiniz. *Örnek:* help lsim

7.3. DENEY (MATLAB)

1) GİRİŞ

Bu deneyin temel amacı, sistemlerin durum uzayı modeli için bilgisayar destekli kontrol sistemi analizi ve tasarımını tanıtmaktır. Bu doğrultuda MATLAB programı kullanılacaktır.

2) DENEYE HAZIRLIK

- Aşağıdaki "c) Durum Değişkenli Bir Modelin Geçici Cevabının Çizilmesi" bölümünde verilen sistemin çıkışını zamanın fonksiyonu olarak hesaplayınız. 2. saniyedeki y çıkışını bulunuz. Hesaplamalarınızı ayrıntılı olarak bir kağıda yazınız.
- Aşağıdaki "d) Durum Değişkeni Modeli Tasarlama" bölümünde verilen sistemin durum uzayı modelini elde ediniz. Hesaplamalarınızı ayrıntılı olarak bir kağıda yazınız.

Anlayamadığınız bir şey olursa öğretim elemanına sorunuz.

3) DENEYİN YAPILIŞI

a) Dönüşümler

- Aşağıda verilen transfer fonksiyonlarını durum değişkeni gösterimiyle belirleyiniz. (*tf2ss komutu kullanılacaktır*)

$$\text{i. } G_1(s) = \frac{1}{s+10} \quad \text{ii. } G_2(s) = \frac{3s^2+10s+1}{s^2+8s+5} \quad \text{iii. } G_3(s) = \frac{s+14}{s^3+3s^2+3s+1}$$

- Aşağıda durum denklemleri verilen modelleri transfer fonksiyonu gösterimiyle belirleyiniz. (*ss2tf komutu kullanılacaktır*)

$$\text{i. } A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 2 & 4 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad C = [1 \quad 0]$$

$$\text{ii. } A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ -2 & 0 & 4 \\ 6 & 2 & 10 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 & 2 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}, \quad C = [0 \quad 1 \quad 0], \quad D = [1 \quad 0]$$

$$\text{iii. } A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & -2 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad C = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad D = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

(İpucu: Sistemin çok girişi varsa, ss2tf komutunun IU parametrelerini belirleyiniz. Daha fazla bilgi için MATLAB'da komut satırına "help ss2tf" yazın.)

b) Kutupları ve Sıfırları Bulmak

- Yukarıda durum denklemleri verilen modellerin kutuplarını ve sıfırlarını belirleyiniz.

c) Durum Değişkenli Bir Modelin Geçici Cevabının Çizilmesi

- Aşağıda verilen sisteme göre;

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$$

$$y = [0 \quad 1]x$$

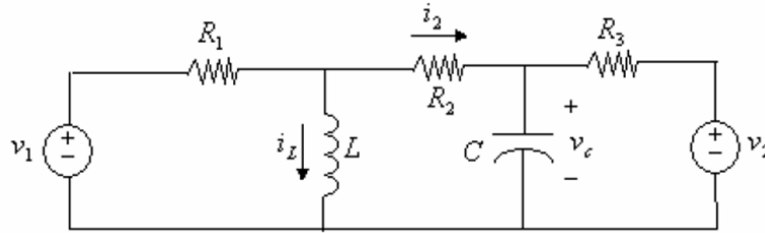
$x(0) = [1 \quad 0]^T$ ve giriş $u(t) = 1$ olarak kabul ediniz. *lsim* komutunu kullanarak $x_1(t)$, $x_2(t)$ durumlarını ve sistemin çıkışı $y(t)$ 'yi, 0.1 saniye artırarak $0 \leq t \leq 10$ aralığında elde ediniz ve grafiklerini çizdiriniz.

Grafikler farklı şekillerde olmalıdır. (*subplot* komutunu kullanınız)

Şekillere xlabel, ylabel ve başlık ekleyiniz.

d) Durum Değişkenli Model Tasarlama

- Şekil 3.1'de verilen devreye göre iki giriş (v_1 ve v_2) ve tek çıkış (i_2) için durum uzay modelini (A, B, C ve D matrisleri) elde ediniz. Durum denklemleri $x_1 = i_L$ ve $x_2 = v_c$.



Şekil 3.1. Devre şeması

- $R_1 = R_2 = 1\Omega$, $R_3 = 10\Omega$, $C = 0.5F$ ve $L = 0.1H$ olarak kabul ediniz. Transfer fonksiyonu gösterimini belirleyiniz. (*ss2tf* komutu kullanılacaktır)
- Sistemin kutuplarını ve sıfırlarını bulunuz.
- $x(0) = [0 \quad 1]^T$ ve tüm t 'ler için giriş $u(t) = [1 \quad 0]^T$ kabul ediniz. *lsim* komutunu kullanarak sistemin $x_1(t)$, $x_2(t)$ durumlarını ve sistemin çıkışı $y(t)$ 'yi, saniyeyi 0.1 artırarak $0 \leq t \leq 5$ aralığında bulunuz ve grafiğini çizdiriniz.

Grafikler farklı şekillerde olmalıdır. (*subplot* komutunu kullanınız)

Şekillere xlabel, ylabel ve başlık ekleyiniz.

7.4. DENEY (MATLAB)

1) GİRİŞ

Birçok tasarım kriteri, bu tür sinyallere verilen yanıtı veya sistemlerin başlangıç koşullarındaki değişikliklere (herhangi bir test sinyali olmadan) verdiği yanıtı dayanmaktadır. Bir kontrol sisteminin zaman cevabı, geçici durum cevabı ve sürekli cevap olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Geçici durum cevabı, ilk durumdan son duruma giden cevaptır. Sürekli durum cevabı ise t sonsuza yaklaştıkça sistem çıkışının nasıl davrandığıdır.

Bu deneyde, MATLAB kullanarak geçici ve sürekli durum cevap analizi hakkında pratik yapılacaktır.

2) HAZIRLIK

3(a)'da verilen sistem için yüzde maksimum aşma, yerleşme zamanı ve sürekli durum hatasını elle hesaplayıp kağıda yazarak laboratuvara getiriniz.

3) DENEYİN YAPILIŞI

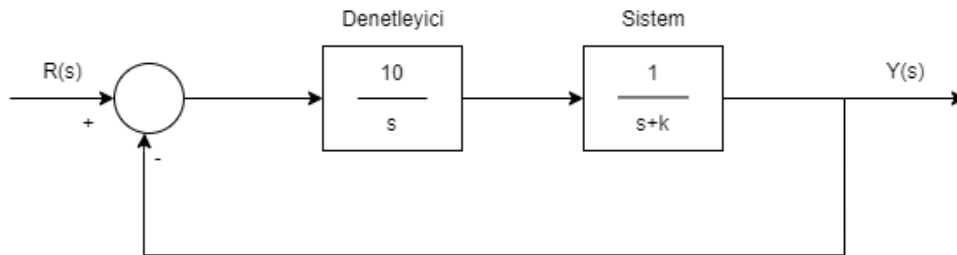
a) Bir sistemin kapalı çevrim transfer fonksiyonu Denklem 4.1’de verilmiştir:

$$T(s) = \frac{10K}{s^2 + 20s + K} \quad (4.1)$$

K=1, 10 ve 100 için basamak cevaplarını elde ediniz. Cevapları birlikte çiziniz ve maksimum aşma yüzdesi, yerleşme süresi ve sürekli durum hatasını içeren bir sonuç tablosu oluşturunuz.

b) Şekil 4.1’de gösterilen kapalı çevrim kontrol sistemini ele alınız. Birim basamak girişine göre aşım yüzdesinin %1'den büyük ancak %10'dan küçük olması için k değerinin bulunmasına yardımcı olacak bir MATLAB programı geliştiriniz. Program kapalı çevrim transfer fonksiyonu $T(s)=Y(s)/R(s)$ 'yi hesaplamalı ve basamak cevabını oluşturmalıdır. Birim basamak girişine karşı sürekli durum hatasının sıfır olduğunu grafiksel olarak doğrulayınız.

(*İpucu: for döngülerini kullanın.*)

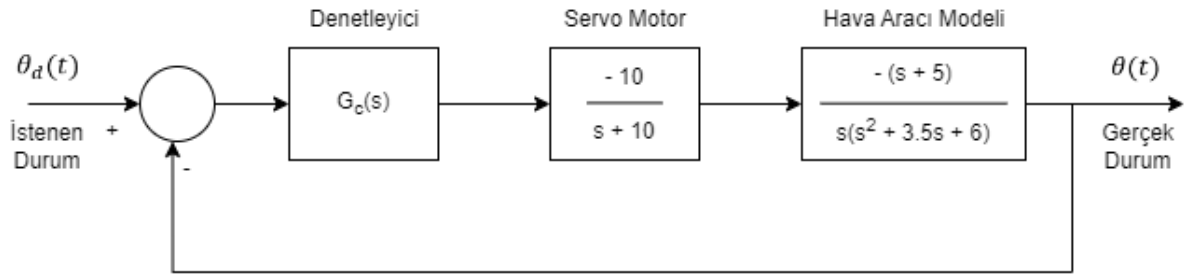


Şekil 4.1. Bir kapalı çevrim kontrol sistemi

- c) Bir hava aracını düz ve aynı seviyede tutmak için tasarlanmış bir otopilot Şekil 4.2’de gösterilmiştir.
- i) $G_c(s)$ ’in sabit kazançlı bir denetleyici olduğunu varsayınız. *lsim* komutunu kullanarak, $a = 0.5^0/s$ alarak $\theta_d(t) = at$ için rampa cevabını hesaplayın ve grafiğini çizdiriniz. 10 saniye sonraki hatayı belirleyiniz.
- ii) Denetleyicinin karmaşıklığı artırılırsa, sürekli durum hatası azaltılabilir. Bu hedef göz önünde bulundurularak, sabit kazanç denetleyicisinin Denklem 4.2’deki gibi daha karmaşık bir denetleyiciyle değiştirildiğini varsayınız.

$$G_c(s) = K_1 + \frac{K_2}{s} = 2 + \frac{1}{s} \quad (4.2)$$

Bu tür bir denetleyici oransal, integral (PI) denetleyici olarak bilinmektedir. a şıkkındaki işlemleri PI denetleyici ile tekrarlayınız ve sabit kazançlı denetleyici ile PI denetleyicinin sürekli durum izleme hatalarını karşılaştırınız.



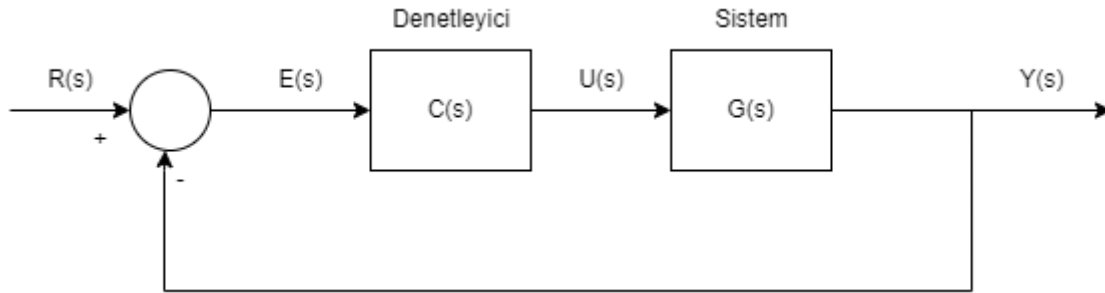
Şekil 4.2. Bir otopilot sisteminin blok diyagramı

7.5. DENEY (MATLAB)

1) GİRİŞ

PID denetleyiciler endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu denetleyiciler bir kontrol sistemi tepkisinin iyileştirilmesi için gereklidir. Bir PID denetleyici üç çeşit kontrol formundan oluşur ve her biri, sistemin bazı tepki özelliklerini daha iyi hale getirirken bazılarını daha kötü hale getirmektedir. Bu deneyde, her bir kontrol formunun sistem yanıtı üzerindeki etkileri incelenecektir.

Genellikle birim geribeslemeli kontrol sistemi Şekil 5.1'deki gibidir.



Şekil 5.1. Birim geribeslemeli kontrol sistemi

PID denetleyicinin transfer fonksiyonu ise Denklem 5.1'de gösterilmektedir.

$$C(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s = \frac{K_d s^2 + K_p s + K_i}{s} \quad (5.1)$$

2) DENEYE HAZIRLIK

Laboratuvara gelmeden önce, P, PI, PD ve PID denetleyicilerin bir sistem cevabının özellikleri üzerindeki etkileri hakkında bilgi edininiz. İdeal bir sistem cevabına ulaşmak için, sistem karakteristikleri (yükselme zamanı, maksimum aşma, yerleşme zamanı ve sürekli durum hatası) ne olmalıdır? Bu sorunun cevabını bir kağıda yazarak laboratuvara getiriniz.

3) DENEYİN YAPILIŞI

İkinci dereceden bir sistemin transfer fonksiyonu Denklem 5.2'de verilmiştir.

$$G(s) = \frac{1}{s^2 + 10s + 20} \quad (5.2)$$

a) Açık Çevrim Basamak Cevabı

Denklem 5.2’de verilen sistemin açık çevrim basamak cevabını çizdiriniz. Sistem karakteristiklerinin parametre değerlerini Tablo 5.1’e kaydediniz.

Tablo 5.1. Açık çevrim basamak cevabı

Açık Çevrim Basamak Cevabı			
Yükselme Zamanı (s)	Maksimum Aşma (%)	Yerleşme Zamanı (s)	Sürekli Durum Hatası

b) Oransal Denetleyici

Sisteme bir oransal denetleyici ekleyiniz. Sırasıyla $K_p=10$ ve $K_p=500$ için P denetleyicili sistemin birim basamak cevabını çizdiriniz. Sistem karakteristiklerinin parametre değerlerini Tablo 5.2’ye kaydediniz.

Tablo 5.2. P denetleyiciyle birim basamak cevabı

P Denetleyiciyle Birim Basamak Cevabı				
	Yükselme Zamanı (s)	Maksimum Aşma (%)	Yerleşme Zamanı (s)	Sürekli Durum Hatası
$K_p=10$				
$K_p=500$				

Soru: Oransal (P) denetleyicinin kazancı arttığında sistem karakteristiklerinin parametrelerinden hangilerinin sonuçları daha iyi, daha kötü olmuştur veya değişmemiştir?

c) Oransal-Türevsel (PD) Denetleyici

Sisteme bir PD denetleyici ekleyiniz. Sırasıyla ($K_p=500$, $K_d=10$) ve ($K_p=500$, $K_d=100$) değerleri için PD denetleyicili sistemin birim basamak cevabını çizdiriniz. Sistem karakteristiklerinin parametre değerlerini Tablo 5.3’e kaydediniz.

Tablo 5.3. PD denetleyiciyle birim basamak cevabı

PD Denetleyiciyle Birim Basamak Cevabı				
K _p =500	Yükselme Zamanı (s)	Maksimum Aşma (%)	Yerleşme Zamanı (s)	Sürekli Durum Hatası
K _d =10				
K _d =100				

Soru: Oransal-türevsel (PD) denetleyicinin türevsel kazancı arttığında sistem karakteristiklerinin parametrelerinden hangilerinin sonuçları daha iyi, daha kötü olmuştur veya değişmemiştir?

d) Oransal-İntegral (PI) Denetleyici

Sisteme bir PI denetleyici ekleyiniz. Sırasıyla (K_p=500, K_i=1) ve (K_p=500, K_i=10) değerleri için PI denetleyicili sistemin birim basamak cevabını çizdiriniz. Sistem karakteristiklerinin parametre değerlerini Tablo 5.4'e kaydediniz.

Tablo 5.4. PI denetleyiciyle birim basamak cevabı

PI Denetleyiciyle Birim Basamak Cevabı				
K _p =500	Yükselme Zamanı (s)	Maksimum Aşma (%)	Yerleşme Zamanı (s)	Sürekli Durum Hatası
K _i =1				
K _i =10				

Soru: Oransal-integral (PI) denetleyicinin integral kazancı arttığında sistem karakteristiklerinin parametrelerinden hangilerinin sonuçları daha iyi, daha kötü olmuştur veya değişmemiştir?

e) Oransal-İntegral-Türevsel (PID) Denetleyici

Yukarıdaki deneylerden de görülebileceği üzere P, PI ve PD denetleyiciler arzu edilen cevaba ulaşmak için yetersiz kalabilmektedirler. Sisteme bir PID denetleyici ekleyiniz. Denetleyiciyle küçük bir sürekli durum hatası dışında oldukça iyi bir cevap alındığı hatırlanmalıdır. PID denetleyicili sistemin birim basamak cevabını sırasıyla (K_p=500, K_d=100,

Ki=1) , (Kp=500, Kd=100, Ki=100) ve (Kp=500, Kd=100, Ki=500) için çiziniz. Daha sonra sistem karakteristiklerine ait parametre değerlerini Tablo 5.5'e yazınız.

Tablo 5.5. PID denetleyiciyle birim basamak cevabı

PID Denetleyiciyle Birim Basamak Cevabı				
Kp=500 Kd=100	Yükselme Zamanı (s)	Maksimum Aşma (%)	Yerleşme Zamanı (s)	Sürekli Durum Hatası
Ki=1				
Ki=100				
Ki=500				

Açık çevrim cevabını ve son çizilen birim basamak aynı şekil üzerinde çizdiriniz.

Soru: PID denetleyici ile sistem cevabı açık çevrim cevabına göre daha mı iyidir?

Bu deney sırasındaki deneyimlerinize göre Tablo 5.6'yı uygun kelimelerle (**Azaltır, Artırır, Değişmez, Ortadan Kaldırır**) doldurunuz.

Tablo 5.6. PID denetleyicinin kazançlarının sistem cevabına etkisi

Denetleyici Kazançlarının Artışı	Yükselme Zamanı	Maksimum Aşma	Yerleşme Zamanı	Sürekli Durum Hatası
Kp				
Ki				
Kd				