

**MİKRDENETLEYİCİ KONTROLLÜ SERVO GERİLİM
REGÜLATÖRÜNÜN TASARIM VE UYGULAMASI**

Nurel BOZKURT

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EKİM2006
ANKARA**

Nurel BOZKURT tarafından hazırlanan MİKRODENETLEYİCİ KONTROLLÜ SERVO GERİLİM REGÜLATÖRÜNÜN TASARIM VE UYGULAMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. İbrahim SEFA
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Elektrik Anabilim Dalında Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Pr. Dr. İsmail COŞKUN

Üye : Yrd. Doç. Dr. İbrahim SEFA

Üye : Yrd. Doç. Dr. Yılmaz SAVAŞ

Tarih : 13/10/2006

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Nurel BOZKURT

MİKRODENETLEYİCİ KONTROLLÜ SERVO GERİLİM REGÜLATÖRÜNÜN TASARIM VE UYGULAMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Nurel BOZKURT

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Ekim 2006

ÖZET

Elektrikle beslenen her türlü cihazın arıza yapmadan çalışabilmesi, görevini tam olarak icra edebilmesi için birinci şart kararlı ve anma değerinde bir gerilim ile beslenmiş olmasıdır.

Ancak ülkemiz şebekesi özellikle kırsal ve endüstriyel alanda zayıf şebeke davranışı sergilemekte, günün saatlerine göre değişim göstermektedir. Gerilim değişimi bazen ani çökmeler veya sıçramalar şeklinde olabileceği gibi bazen de yavaş bir değişim göstermektedir. Bu etkileri azaltmak, alıcıların sağlıklı çalışmasını temin etmek amacıyla farklı yapıda gerilim regülatörleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada arıza oranının düşük olması, ülkemiz şartlarında üretiminin kolaylığı nedeniyle servo gerilim regülatörleri tercih edilmiştir. Servo regülatörünün hareket mekanizmasında H köprü yardımıyla kontrol edilen sabit mıknatıslı DA motoru kullanılmıştır. Sistem, toroid transformatör ile ekleme-çıkarma transformatöründen oluşmaktadır.

Gerilim regülatörünün kontrolünde PIC18F452 mikrodnetleyicisi kullanılmıştır. Regülatörde PID kontrol tekniği kullanılmıştır. Kontrol edilen değişken çıkış gerilimidir. Koruma ve bilgilendirme amaçlı olarak giriş akımı ve gerilimi, çıkış akımı bilgileri okunmaktadır. Akım ve gerilim gibi okunan değerler ile güç gibi hesaplanan değerler LCD ekranda okunabilmektedir.

Çalışma sonunda, çıkış geriliminin şebeke ve yük akımındaki değişimlere rağmen ayarlanan limitler dahilinde kontrol edilebildiği görülmüştür.

Bilim Kodu : 626.01.01
Anahtar Kelimeler : Oto transformatör, PID, PIC18F452
Sayfa Adedi : 75
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. İbrahim SEFA

**DESIGN AND APPLICATION OF SERVO VOLTAGE REGULATOR
CONTROLLED BY A MICROCONTROLLER**

(M.Sc. Thesis)

Nurel BOZKURT

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

September 2006

ABSTRACT

The primary condition for that any electric powered device can function without any failure or malfunction is to feed with a stable and rated voltage.

However, the main power lines of our country, especially in rural and industrial areas, show a weak performance behavior and change according to day hours. Voltage changes occur sometimes slowly as it can be sometimes by sudden sags swell or fluctuations.

Various voltage regulators have been used in order to reduce such effects and to provide end users with stable working conditions. In this study, servo voltage regulators were preferred because they had very low failure rates while working and were easy to produce in our country conditions. A permanent magnet DC motor was used, which was controlled by means of an H bridge in the driving mechanism of the servo regulator. The system consisted of a toroidal transformer and a buck-boost transformer.

A PIC18F452 microcontroller was used to control the voltage regulator. The PID control technique was used in the regulator. The control variable was the output voltage. The input current and voltage and output current values were read for protection and data acquisition purposes. The read values like current

and voltage and the calculated values like power could be read on the LCD screen.

At the end of the study, it was observed that the output voltage could be controlled in a range of adjusted limits in spite of variations of line voltage and load currents.

Science Code	: 626.01.01
Key Words	: Autotransformer, PID, PIC18F452
Page Number	: 75
Adviser	: Assist. Prof. Dr. İbrahim SEFA

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Yrd. Doç. Dr. İbrahim SEFA'ya, desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen hocam Prof. Dr. İsmail ÇOŞKUN'a yine tecrübelerinden faydalandığım hocam Arş.Gör Mehmet DEMİRTAŞ'a, programlama aşamasında yardım aldığım Yakup GÜNGÖR ve Halil ERTAŞ'a manevi destekleriyle beni yalnız bırakmayan canım Mümin BARUT'a, çok değerli arkadaşlarıma ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
2. GERİLİM REGÜLATÖRLERİ.....	4
2.1. Regülatör Çeşitleri.....	4
2.1.1. Doyumlu reaktörlü regülatörleri.....	4
2.1.2. Elektronik gerilim regülatörleri.....	5
2.1.3. Değişken dönüştürme oranlı transformatörler.....	6
2.1.4. Faz kontrollü gerilim regülatörleri.....	11
2.1.5. Ferrerezonans transformatörler(CVT).....	11
3. DA MOTORLAR VE SERVO MEKANİZMALAR.....	14
3.1. Kalıcı Mıknatıslı DA Motorları.....	14
3.1.1. Kalıcı mıknatıslı DA motorun hız-moment karakteristiği.....	16
3.1.2. Kalıcı mıknatıslı DA motorlarının matematiksel modeli.....	18
3.2. Servomekanizma Sistemler.....	21
3.3. Kontrol Sistemleri.....	23

Sayfa

3.4. Kontrol Yöntemleri.....	24
3.4.1. Açık çevrimli kontrol sistemleri.....	24
3.4.2. Kapalı çevrimli kontrol sistemleri.....	24
3.5. Birim Basamak Yanıtı.....	26
3.6. PID Kontrol.....	28
3.6.1. P(Oransal)kontrol.....	30
3.6.2. I(İntegral) Kontrol.....	30
3.6.3. D(Türev) Kontrol	30
4. PIC MİKRODENETLEYİCİ VE PWM KONTROLÜ.....	33
4.1. Mikrodenetleyici Mimarisi.....	33
4.2. PIC18F452 Mikrodenetleyicinin Temel Özellikleri	34
4.3. PIC18F452 Mikrodenetleyicinin Pin Diyagramı.....	35
4.4. Pic18F452 Mikrodenetleyicisi Portlarının Fonksiyonları.....	40
4.5. Pic18F452 Mikrodenetleyicisinin Besleme Gerilimi.....	42
4.6. Pic18Ff452 Mikrodenetleyicisinin Reset Ucu	44
4.7. Pic18Ff452 Mikrodenetleyicisinin Clock Uçları ve Osilatör Tipleri.....	44
4.7.1. RC clock osilatörü.....	44
4.7.2. Kristal kontrollü clock osilatörü.....	45
4.7.3. Seramik rezonatörler.....	46
4.8. Özel Fonksiyonlar.....	47
4.8.1. Analog/sayısal çevirici modülü.....	47
4.8.2. Capture/compare ve PWM modülü.....	52
4.8.3. Option yazmacı.....	56

	Sayfa
5. TASARLANAN SİSTEM VE ELDE EDİLEN VERİLER.....	59
5.1. Servo Gerilim Regülatörünün Matematiksel Modeli.....	59
5.2. Servo Gerilim Regülatörünün Mikroişlemci Kontrolüne İlişkin Akış Diyagramı.....	60
5.3. Servo Gerilim Regülatörünün Mikroişlemci Kontrolünün Donanıma Ait Blok Şeması.....	63
5.4. Servo Gerilim Regülatörünün Mikroişlemci Kontrolünün Elektronik Devre Şeması.....	63
5.5. Servo Gerilim Regülatörünün Mikroişlemci Kontrolünde Elde Edilen Veriler ve Değerlendirilmesi	66
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	70
KAYNAKLAR.....	72
ÖZGEÇMİŞ.....	75

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Doymalı reaktörlü gerilim regülatörleri.....	5
Şekil 2.2. Elektronik gerilim regülatörleri.....	5
Şekil 2.3. Hibrit elektronik gerilim regülatörlerinin blok şeması.....	6
Şekil 2.4. Endüktif potansiyometre.....	8
Şekil 2.5. Motorlu varyaklı gerilim regülatörleri.....	9
Şekil 2.6. Uç değıştirici transformatörlü gerilim regülatörleri.....	11
Şekil 2.7. Bastırma sargılı ferreazonans transformatör.....	12
Şekil 3.1. Kalıcı mıknatıslı doğru akım motorunun yapısı.....	15
Şekil 3.2. Kalıcı mıknatıslı doğru akım motorunun eşdeğer devresi.....	16
Şekil 3.3. Kalıcı mıknatıslı doğru akım motorlarında hız-moment karakteristiğı.....	17
Şekil 3.4. Farklı kaynak gerilimlerinde elde edilen hız-moment karakteristiğı.....	18
Şekil 3.5. DA motor modeli.....	19
Şekil 3.6. Bir DA motorun blok şeması.....	21
Şekil 3.7. İşlem devresi.....	22
Şekil 3.8. Yükselteç.....	22
Şekil 3.9. Bir kontrol sisteminin temel öğeleri.....	23
Şekil 3.10. Açık çevrimli kontrol sistemlerinin öğeleri.....	24
Şekil 3.11. Kapalı çevrimli kontrol sisteminin blok diyagramı.....	25
Şekil 3.12. Bir kontrol sisteminin örneksel basamak yanıtı.....	27
Şekil 3.13. Geri besleme döngülü PID kontrol diyagramı.....	28

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Bir mikrodnetleyici sistemin temel bileşenleri.....	33
Şekil 4.2. PIC18F452 mikrodnetleyicide Harvard mimarisinin uygulanışı.....	34
Şekil 4.3. PIC 18F452 mikrodnetleyicinin pin diyagramı görünüşü.....	35
Şekil 4.4. PIC 18F452 mikrodnetleyicisinin 4,2V-5,5V arasındaki çalışma alanı.....	43
Şekil 4.5. PIC 18F452 mikrodnetleyicisinin 2V-5,5V arasındaki çalışma alanı.....	43
Şekil 4.6. RC osilatör.....	45
Şekil 4.7. Kristal osilatör.....	45
Şekil 4.8. Seramik rezonatör.....	46
Şekil 4.9. Kristal ve kondansatör kullanılarak yapılan kondansatör.....	47
Şekil 4.10. DAC/I/O port blok diyagramı.....	48
Şekil 4.11. ADC transfer fonksiyonu.....	51
Şekil 4.12. PWM filtre devresi.....	53
Şekil 4.13. PWM çıkış sinyali.....	54
Şekil 5.1. Servo gerilim regülatörünün matematiksel modeli.....	59
Şekil 5.2. Servo gerilim regülatörünün mikroişlemci ile kontrolüne ilişkin akış diyagramı.....	60
Şekil 5.3. Basitleştirilmiş H köprüsü	61
Şekil 5.4. Doğrultma devresi.....	62
Şekil 5.5. Servo gerilim regülatörünün mikroişlemci ile kontrolünün donanımına ait blok şeması.....	63
Şekil 5.6. Osilatör ve besleme devresi	64
Şekil 5.7. Buton devresi	64

Şekil	Sayfa
Şekil 5.8. LCD devresi	65
Şekil 5.9. Sürücü devresi	65
Şekil 5.10. Servo gerilim regülatörünün devre şeması.....	66

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. 3 Fazlı motorlu varyaklı gerilim regülatörleri	69
Resim 5.1. DA motora uygulanan PWM sinyali.....	67
Resim 5.2. DA motora uygulanan PWM sinyali.....	67
Resim 5.3. DA motora uygulanan PWM sinyali.....	68
Resim 5.4. LCD görüntüsü.....	68
Resim 5.5. LCD görüntüsü.....	69
Resim 5.6. LCD görüntüsü.....	69

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
B_m	Viskoz sürtünme katsayısı
$e_a(t)$	Uygunan gerilim
$e_b(t)$	Zıt elektromotor gerilimi
$i_a(t)$	Armatür akımı
J_m	Motor eylemsizliği
K_b	Zıt elektromotor sabiti
K_i	Moment sabiti
L_a	Armatür endüktansı
R_a	Armatür direnci
$T_L(t)$	Yük momenti
$T_m(t)$	Motor momenti
$\theta_m(t)$	Rotor açısal konumu
φ_m	Hava akısı aralığı
$\omega_m(t)$	Rotor açısal hızı

Kısaltmalar	Açıklama
AA	Alternatif akım
AVR	Otomatik gerilim regülatörü
CVT	Ferrezonans transformatör
DA	Doğru akım
D	Türev kontrol
I	İntegral kontrol
P	Oransal kontrol

Kısaltmalar**Açıklama****PID**

Oransal integral türev kontrol

PWM

Pals genişlik modülasyonu

1.GİRİŞ

Günümüz rekabetçi ortamında yüksek düzeyde verimliliği başarmak ve sürdürmek işletmeler için önemli bir faktör olmuştur. Bu durumu gerçekleştirebilmek süreçlerin kesintisiz olarak işlemesi ve en az hatalı çıktı ile elde edilebilir. Sanayileşmiş ülkelerde dahi, süreç kesintisinin egemen nedenlerinden birisi şebekelerden kaynaklanan güç kalitesi sorunlarıdır [1].

Gelişmekte olan ülkelerde ise, durum daha da kötüleşir. Elektrik enerjisinin hem elde edilebilirliği hem de kalitesi konusunda sıkıntılar artar. Sanayi verimliliği ile çelişen güç kalitesi sorunları, geçici elektrik dalgalarını, gerilim çökmelerini, gerilim düşmesini ve yükselmesini, harmonikleri ve güç kesintilerini kapsamaktadır. Güç kesintileri sorununun üstesinden gelmek için geleneksel olarak bir jeneratör ve/veya kesintisiz güç kaynağı gibi kaliteyi ve sürekliliği sağlamak için cihazlar kullanılmaktadır.

Elektrik enerjisinin depolanması için bataryalar gerektiğinden, kesintisiz güç kaynağı oldukça pahalı bir çözümdür. Ancak bilgisayarlar ve sanayi dengeleyicileri gibi hassas yükleri beslemek bakımından yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Tüm bir sanayi sürecini desteklemesi için kesintisiz güç kaynakları çok ender olarak kullanılırlar. Jeneratörlerin destekleyici güç olarak özellikle gelişen ülkelerde kullanımı yaygındır. Bunun ana nedeni, enerji kayıplarının çok yaygın olmasındandır. Jeneratör güçleri üzerinde çalışmak fabrikayı işlevsel halde tutabilir. Yoğun enerji açığı yaşanan bölgelerde güç kayıpları döngüsel bir temel üzerinde olağan bir biçimde programlanmışlardır. Bu durum sanayi kuruluşlarının tatil dönemlerini planlamaları veya dahili jeneratörlerle çalışmaları için uygun zamanı sağlar. Güç kayıplarının etkisi olmamakla beraber, geçici enerji dalgalanmaları, gerilim çökmeleri ve sürekli gerilim düşümleri gibi rastlantısal olayların meydana gelmesi nedeniyle sanayi verimliliği azalmaktadır [1].

Gerilim çökmesi, sistemin büyük bölümünde meydana gelen gerilim kaybının yol açtığı gerilim kararsızlığı durumunun bir sonucudur [2]. Yukarıda verilen sorunlar

içerisinde, potansiyel olarak en ciddi ve başa çıkması en güç olanlarından birisi gerilim çökmeleri ve gerilim düşümleridir. En gelişmiş kamu şebeke sistemlerinde dahi, güç sistemleri üzerinde gerilim düşümlerinin olması kaçınılmazdır. Bunlara en çok sistemdeki hatalar neden olur. Hattan toprağa doğru olan hatalar sıklıkla görülür. Sanayileşmiş ülkelerde hatayı giderecek gerekli zamanın ötesine anlamlı ölçüde açılım gösterebilecek enerji kayıplarına sahip olmak ve müşteriye kamu şebekesinin farklı bir bölümüne bağlamak için devre kesicileri tekrar yeniden kapatmak ender bir durumdur. Aslında gelişmiş ülkelerinin faal bir biçimde izlediği en umut verici çözümlerden birisi iki bağımsız güç beslemesinin fabrika içerisine sokulduğu statik transfer anahtarlarının kullanılmasıdır. Fabrikanın enerji temininin, hatalı bir hat üzerinden hatasız bir hat üzerine hızlı bir biçimde anahtarla değiştirilmesi mümkündür. Böylece tüm gerilim çökmelerinin ve kamu şebekelerinin hatalı doğasından kaynaklanan sorunların %95'inden fazlasının üstesinden gelinebilmiştir. İkinci bir besleme zaten mevcut olmadıkça uygulanamayan statik transfer anahtarı pahalı bir çözümdür. Her durumda, bütün beslemelerin düşük gerilim koşullarını yaşamasından dolayı, gerilim çökmelerinin ve gerilim düşümlerinin yoğun enerji açığı (gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerde olduğu gibi) nedeniyle ortaya çıktığı durumlarda bu çözüm etkili değildir [3].

Gerilim düşümlerinin sanayi süreçleri üzerindeki etkisi yaygın bir biçimde araştırılmıştır. Kamu kurumlarının, sanayi kuruluşlarının ve uzmanların sayısız raporlarının konusu olmuştur. Gerilim düşümü gelişen ülkelerde sıkça yaşanan bir durum iken, kısa dönem gerilim düşümleri sanayileşmiş ülkelerde sıkça yaşanan bir sorundur. Motor sürücüleri gibi duyarlı ekipmanların kontrol ekipmanı gerilim düşümlerine ilişkin en büyük sorunu teşkil etmektedir. Bu kontaktör ve röle bobinler boyunca oluşan yetersiz gerilim, ayarlanabilir hızlı motoru sürücüleri içerisindeki azaltılmış DA gerilim programlanabilir denetleyiciler ve diğer elektronik yükler nedeniyle ortaya çıkar.

Gerilim düşüklüğü altındaki sanayi ekipmanının çalıştırılması gerilim düşümlerinin yaşanmasından daha sorunlu bir durum meydana getirir. Kısa dönem gerilim düşümleri gibi bütün sorunlara ek olarak, çalışanlar, olasılıkla saatlerce süren düşük

gerilimle işleyen fabrika ekipmanındaki daha fazla problem ile mücadele etmek zorundadır. Motor tanzimi, motorun aşırı ısınması, motorun durdurma tertibatı uygun olmayan yük/hız noktaları gibi ciddi sorunlar karşımıza çıkar. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, kısa dönem gerilim düşümleri ve bunun yanında gerilim düşüklüğü sorunlarına getirecek çözüm önerileri korumalı bir sistemi içermelidir [3].

Gerilim düşümleri ve gerilim çökmelerini düzeltmek için çeşitli çözüm yolları günümüzde kullanılmaktadır. Bunlar, mekanik veya statik anahtarları olan elektrik bağlantısını değiştiren transformatörleri, doyumlu reaktör regülatörlerini, faz kontrollü regülatörleri, ferreazonans transformatörleri ve motorlu varyakları içermektedir [4].

Bu çalışmada, arıza oranının düşük olması ülkemiz şartlarında üretiminin kolaylığı, yüksek güçlerde kullanılabilmesi gibi sebeplerden dolayı servo gerilim regülatörü tercih edilmiştir.

2. GERİLİM REGÜLATÖRLERİ

Bir motorun devir sayısı, bir jeneratörün çıkış gerilimi yada bir alternatörün çıkış frekansı gibi çıkış değerlerinin devamlı olarak kontrolünde kullanılan geri beslemeli kontrol sistemine genel olarak regülatör denir. Kullanıldığı yerlere göre; hız, basınç, frekans ve gerilim regülatörleri gibi bir çok regülatör çeşidi örnek olarak gösterilebilir [5].

Bütün uygulamalarda sistemin yerine getirmesi istenen bir çıkış şartı vardır. Kontrol sistemleri kontrol sinyalleri ile yapacağı işe göre adlandırılırlar. Bir kontrol sisteminin girişi ile çıkışı arasındaki çeşitli kısımlar istenilen çıkışı elde edecek şekilde yüke verilen enerjiyi kontrole hizmet ederler. Regülâtlörlere ait sistemler, normal olarak sabit bir çıkış elde etmek için düzenlenirler. Bir regülatörün girişi uzun bir zaman periyodu için sabitse, böyle bir durumda sistem yükteki değişimleri düzenlemek için tasarlanır. Birçok hallerde çıkışın girişteki değişimlere aynen uyması, bazı uygulamalarda ise çıkışın, giriş sinyalinin bir fonksiyonu olarak değişmesi istenir [6].

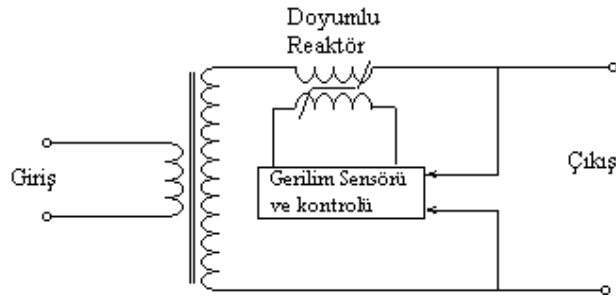
Değişken bir girişe cevap veren sistemlerin çoğu sabit yük durumları ile çalışır. Bunun için yük değişimleri esnasında iyi bir regülasyon şartına ihtiyaç yoktur. Diğer sistemler ise yük değişimlerine bağıdırlar ve özgül problemlerin temel şartlarını yerine getirmelerinin yanında, aynı zamanda iyi bir regülatör olmaları gerekir [7].

2.1. Regülatör Çeşitleri

2.1.1. Doyumlu reaktörlü regülatörler

Bu düzenek Şekil 2.1’de görülen doyumlu reaktörün empedansını değiştirmek suretiyle çıkış gerilimini kontrol eder. Bu düzenek kavram olarak basit olup, elektrik hattındaki anlık dalgalanmaları engelleme özelliği vardır. Ayarlanabilir hızlı motor sürücüler gibi doğrusal olmayan yüklenmelerde yüksek bozulma (distortion) meydana getirir. Düzeltme tepkisi yavaş, çıkış empedansı yüksek ve yükün güç

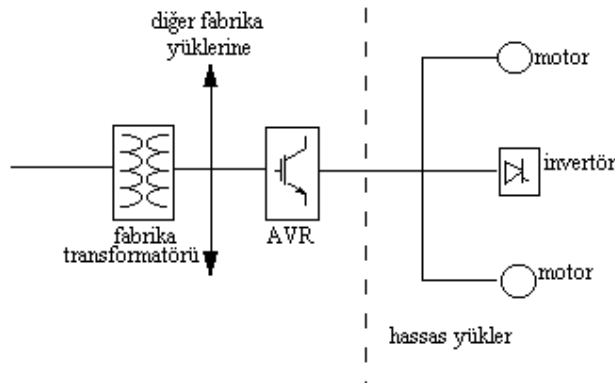
faktörüne hassas oluşu, motor çalıştırma gibi kısa süreli aşırı akımları sağlayamaması santral (üretim yerinde) içinde üretilen anlık dalgalanmaları bastıramaması bu yöntemin sakıncaları arasındadır [1].



Şekil 2.1. Doyumlu reaktörlü gerilim regülatörleri

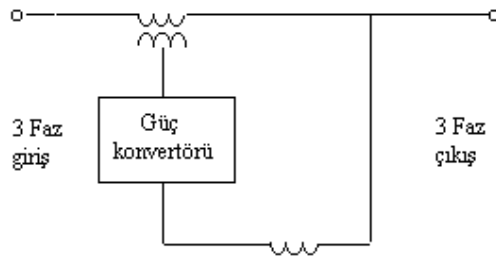
2.1.2. Elektronik gerilim regülatörleri

Şekil 2.2’de yüksek frekanslı otomatik gerilim regülatörlerinin (AVR) yeni bir sınıfı gösterilmiştir. Bu sistemler hızlı tepkileri, sinüsoidal çıkış gerilimleri ve küçük tasarımları ile potansiyel olarak en yüksek performanslı çözümü sunmaktadır. Fakat uygun bir aşırı yük kapasitesinin tasarımı, toplam maliyeti kabul edilemeyecek kadar yükseltebilir [4].



Şekil 2.2. Elektronik gerilim regülatörleri

Hızlı yanıt veren, yüksek performansa sahip ve geleneksel düzeneklerden daha az maliyetli bir elektronik gerilim regülatörünü gerçekleştirmek için, aktif ve pasif parçalar kullanan hibrit bir konfigürasyon kullanılabilir. Şekil 2.3’de görülen bir güç kaynağı konvertörü kombinasyonu ile birlikte seri transformatör kavramını kullanarak ki bu pek çok sanayi uygulamalarında çok iyi yerleşmiş ve yaygınlaşmış bir kavramdır fiyat yönünden cazip bir çözüm gerçekleştirilebilir. Bu uygulama rapor edilen seri aktif filtre uygulamasının bir benzeridir. Arıza olması durumunda bypass korumasını sağlamak için bir bypass anahtarı kullanılabilir. Bu uygulama aktif filtreleme gibi ileri uygulamalara temel teşkil etmiştir [3]. Karmaşık bir yapıda olduğundan yaygınlaşmamıştır.



Şekil 2.3. Hibrit elektronik gerilim regülatörünün blok şeması

2.1.3. Değişken dönüştürme oranlı transformatörler

Bazı durumlarda gerilim derecelerini küçük bir miktarla değiştirmek istenebilir. Gerilimi 110 V’dan 120 V’a veya 13,2 KV’dan 13,8 KV’a yükseltmek gerekir. Bu küçük yükseltmeler güç sistemlerinde oluşan gerilim düşmeleriyle yapılabilir. Böyle durumlarda transformatörde her ikisi aynı gerilim değerinde olan sargı imal etmek gereksizdir ve pahalıdır. Bunun yerine oto transformatörü olarak adlandırılan özel amaçlı transformatörler kullanılır [8].

Normal transformatörlerde primer ve sekonder olmak üzere aralarında elektriki bağlantı olmayan iki sargı bulunmasına karşılık oto transformatörlerde yalnızca bir sargı vardır. Burada tek bir sargı üzerinden gerilim transformasyonu yapılmaktadır [9]. Bir ve üç fazlı olarak imal edilirler. Bir fazlı oto transformatörlerde demir

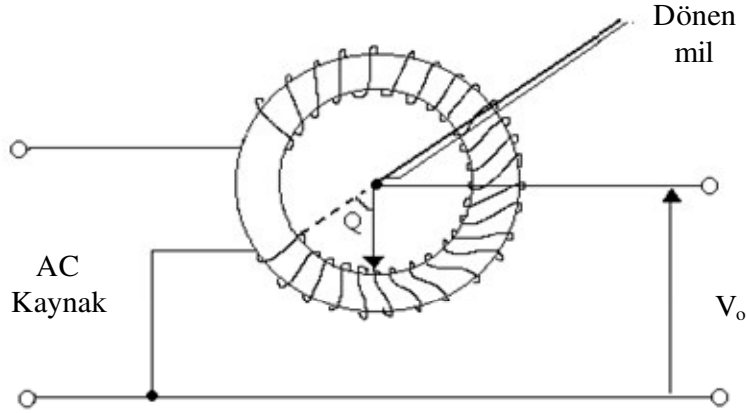
Çekirdek üzerinde yalnızca bir sargı vardır. Gerilimi alçaltan veya yükselten olarak kullanılmaları mümkündür. [10].

Bobinler arasındaki doğrudan elektrik bağlantısı primerden sekondere bir parça enerjinin transferini sağlar [11]. Bobinler arasındaki mıknatıslanma bağlantısı ayrıca bir parça enerjinin indüksiyon prensibi ile taşınmasını sağlar [12]. Oto transformatörler, çift sargılı transformatörlerin kullanıldığı hemen hemen tüm uygulamalarda kullanılabilmektedir. En önemli farkı, oto transformatörün yüksek ve alçak gerilim uçlarında elektrik izolasyonunun bulunmamasıdır [12].

Oto transformatörünün iki sargılı transformatörlere göre belli başlı avantajları kaçak reaktansın, kayıpların ve mıknatıslanma akımının daha küçük değerde olmasıdır [13].

şebeke gerilimi az bir miktar kadar arttırılacak veya eksiltilecek ise, değişken transformatörler avantajlı olur. Bu tip transformatörler ufak bir değerden şebeke gerilimine kadar çok basamaklı bir gerilim değişimi istendiği zamanlarda çok kullanılırdır [9]. Giriş ve çıkış gerilim değerleri birbirine yaklaştı a oto transformatörünün verimi artar [14].

Bu tip transformatörler endüktif potansiyometre olarak çalışırlar. Endüktif potansiyometreler toroid-sargılı oto trafosu biçimde olup alternatif akım için tasarlanmıştır. şekil 2.4’de endüktif potansiyometre gösterilmiştir. Potansiyometrenin nüvesi, manyetik geçirgenliği yüksek olan metallerden yapılmış olup sargılar üzerinde hareket eden kontak karbondan yapılmıştır. Bu tip potansiyometrelerin dirençli potansiyometrelere nazaran daha uzun ömürlü oldukları bilinmektedir.



Şekil 2.4. Endüktif potansiyometre

Değişken gerilimli transformatörler fiziksel yapılarına göre toroidal ve lineer olmak üzere iki şekilde imal edilirler. Toroidal transformatör, toroidal manyetik nüve üzerine sarılı bakır bir telden ibarettir. Bu tel, damarlı ve şerit çelikten imal edilmiştir. Döner bir fırça bobinlerin yüzeyleri üzerinde hareket ettirilir. Fırçaların temas edebileceği alan iyi bir temas yüzeyi sağlamak için işlenerek pürüzsüz bir daire haline getirilmiştir. Fırça, dönebilecek bir biçimde bir mile bağlıdır ve fırça dişli takımı üzerindeki pirinç tabaka ile teması olan ikinci bir toplama fırçası, akımın elektrik devresine bağlı bu fırçalar yumuşak bakır kablolar yardımıyla cihazın dış ortama bağlantısını sağlayan konnektörlere aktarılır. DA motorun besleme gerilimi değiştirilerek milin dönüş yönü ve hızı ayarlanır.

Düşük maliyet ve boyut göz önüne alındığında oto transformatör kullanılması tercih edilen bir yoldur. Toroid nüveli oto transformatörleri (varyak) bu amaçla kullanılır. Aynı primer ve sekonder bobinlerde uyarlama yapılabilir veya basit farklı bir transformatör, değişken transformatör ve yük arasına bağlanabilir. Buna asıl düzenleme denir.

Değişken çıkış gerilimi, şebeke geriliminin yüksek olduğu uygulamalarda cihazı korumak için fayda sağlar. Her bir fazlı ünite ya da bir fazlı üç ünite birleştirilerek üç fazlı sistemlerde kullanılabilir. Güvenlik için ayrıca, orta uçlu bağlantı yoluyla gerilim dengeleyicilerde olduğu gibi azaltma ve yükseltme fonksiyonunu icra

edebilir. Döner fırça işletim ömrünü önemli ölçüde uzatır ve mil ayarı, mil pozisyonunun değiştirilmesini mümkün kılar. Mil ayarı ve pozisyonu arka panel veya kapı için bir anahtar kullanılarak kolay bir biçimde değiştirilebilir.

Motorlu varyaklı gerilim regülatörleri

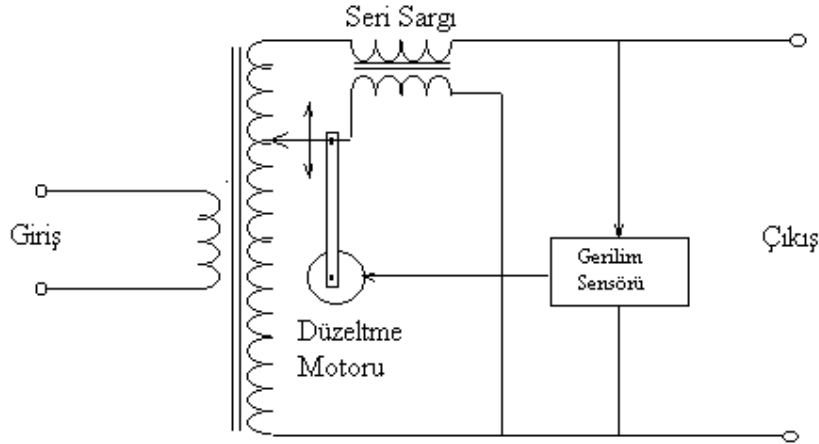
Hem değişken transformatörler hemde potansiyometreler motorlu olabilirler. Resim 2.1’de 3 fazlı motorlu varyaklı gerilim regülatörünün resmi gösterilmiştir. Normal olarak iki yönlü motorlar şebeke geriliminden enerji alırlar ve uygulama gereksinimlerini sağlamak için zaman ayarlaması birkaç saniyeden, birkaç dakikalık süreye kadar yapılabilir. Daha fazla tepki zamanı olan DA motoruna sahip olunabilir. Ancak ayrı bir güç temini gerekir.



Resim 2.1. 3 Fazlı motorlu varyaklı gerilim regülatörlü

Mikro anahtarlar, son hareket noktasını belirleyen sınırlayıcı olarak kullanılırlar. Ancak, sıfır veya maksimum gösterge sinyalleri gibi diğer fonksiyonlar için sürüş miline uygun hale getirilmiş daha fazla mikro anahtarlar kullanılabilir. Mikro anahtar millinin fazladan kontrol çıktılarında doğru tornavida yerleştirmesi sağlayacak biçimde hassas ayarı olan dişli takımları vardır.

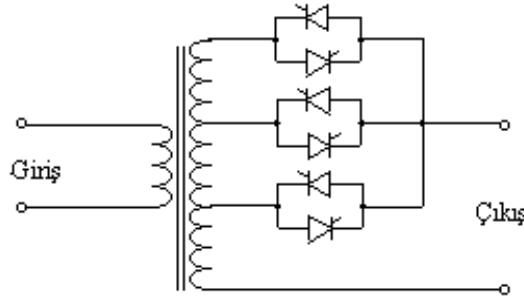
Şekil 2.5’de motorlu varyaklı gerilim regülatörünün devre şeması gösterilmiştir. Servo kontrollü transformatörleri tamamlamak bakımından, elektronik regülatör birimleri alanı sağlamaktadır. Bunlar farklı karmaşıklık alanlarında olup tamamı sabit, çok amaçlı girdileri, etkili bir değer karşılaştırmasını, motor yükseltme-alçaltma çıktılarını ve hassas ayarı kapsarlar.



Şekil 2.5. Motorlu varyaklı gerilim regülatörü

Uç değıştirci transformatörlü gerilim regülatörleri

Bu teknik, kavram olarak oldukça basittir ve yerleşmiş olan tristör teknolojisini kullanır. Elektronik uç değışimi Şekil 2.6’da görüldüğü gibi uç değıştirci transformatörlü gerilim regülatöründe ters paralel olarak bağlanmış tristörlerin kullanımıyla elde edilir. Bu teknik makul bir yanıt zamanına sahiptir ve orta büyüklükteki güç uygulamaları için çok kullanılmaktadır. Fakat yüksek ve hassas kontrol çözünürlüğü çok sayıda tristör gerektirir. Sonuç olarak, hızlı tepkili kontrol oldukça karmaşık bir hal alır. Bu düzeneğin bir diğer sakıncası ise uç değışimi anında motor yüklenmesiyle oluşan anlık yüksek akıma karşı hassas olması ve anlık gerilimi reddetmesidir [3].



Şekil 2.6. Elektronik uç değıştirci transformatörlü gerilim regülatörü

2.1.4. Faz kontrollü gerilim regülatörleri

Faz kontrollü gerilim regülatörlerinde bir çıkış olur. Bu teknik, çıkış gerilimini kontrol etmek için LC çıkış filtreli faz açısı kontrol edilebilen tristörler kullanılır. Tepki süresi yavaş olup, lineer olmayan yüklerde dalga formunda bozulma meydana getirir. Filtreler büyük boyutlu olup, giriş tarafından harmonik içeren akım çeker.

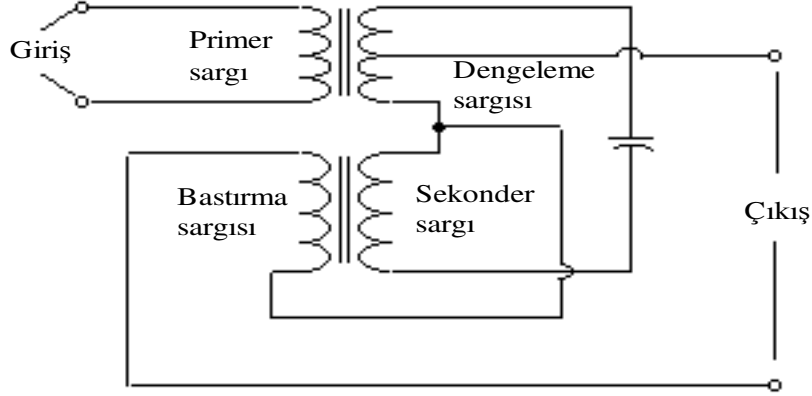
Motor başlangıç akımı gibi akımları karşılayamaz. Şebeke tarafındaki geçici durumları bastırır, ancak yük tarafındaki geçici durumları bastıramazlar.

2.1.5. Ferrerezonans transformatörler (CVT)

Elektronik yükler için hat şartlandırıcılarda yaygın olarak kullanılan pasif bir metottur. Transformatör doyma akısı bölgesinde çalıştırılır. Böylece özellikle lineer olmayan yüklerde çıkış gerilimi sinüsoidal formdan uzak olup, kare dalgaya yakındır.

Ferrerezonans transformatörlerin çalışması devre kapasitesi ile frekans değışimlerine karşı duyarlıdır. Ayrıca motor yol alma akımı gibi demeraj akım çeken yükler çıkış gerilimlerinde çökme meydana getirir. Bu teknik, hat gerilimindeki geçici durumları bastırmakta etkilidir. Ancak yük tarafındaki geçici durumları bastıramaz. Çıkışta kullanılan dengeleme sargısı bazı harmonikleri bastırmakta kullanılır. Şekil 2.7’de bastırma sargılı ferrerezonans transformatör gösterilmiştir [3].

Ferrezonans transformatörlerin regölasyonları yükün durumuna göre değişir. 10KVA'dan daha büyük güçlerde imal edilirler.



şekil 2.7.Bastırma sargılı ferrezonans transformatör

Bu çözümleri kullanmanın bazı olumlu ve olumsuz yönleri Çizelge 2.1'de gösterilmiştir [3].

Çizelge 2.1. Regülasyon metotlarının karşılaştırılması

METOT	AVANTAJLAR	DEZAVANTAJLAR	UYGULAMALAR
Direnç Potansiyometre Reostalar	Ucuz Anlaşılması kolay Tanzimi kolay	Sınırlı güç alanı Çok hızlı ısı kaybı Kolay kırılabilir Hacimli	DA motor alan kontrolü Değişken yükler
Değişken oto transformatörler	Kaynaktan daha yüksek çıkış Sinüs dalgası çıkışı Anlaması kolay Düşük kayıplar Sağlamlılık Elektro manyetik etkileşim sorunları yok Servo kontrollü Güç faktörü uyumu	Bakım ister Yüksek güç/ağırlık oranı	Gerilim dengeleyici Test mühendisliği Test araçları Lehim ekipmanı Basit güç malzemeleri Yüksek gerilim güç malzemeleri Anotlama
Elektronik gerilim regülatörleri	Az yer kaplayan Kontrollü kolay Çok az veya hiç bakım gerektirmez	RFI üretimi Harmonik üretimi Büyük ısı alıcı gereksinimi Simetrik olmayan çıkış Anlaması zor	Elektro-kaplama Ocaklar Vakum astar Malzemenin elle idaresi Dimmerler Isıtıcılar Kaldırma mıknatısları

3. DA MOTORLAR VE SERVO MEKANİZMALAR

3.1. Kalıcı Mıknatıslı DA Motorlar

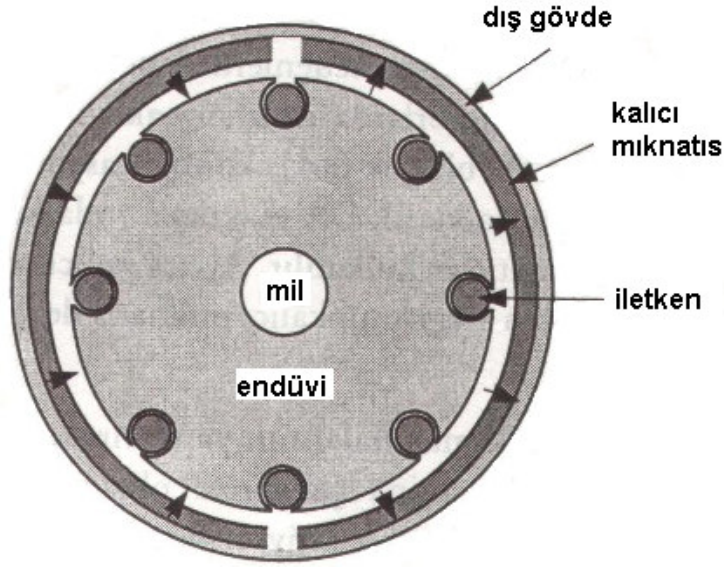
Kalıcı mıknatıslı doğru akım motorlarında uyarım kutupları sabit mıknatıslardan yapılır. Kalıcı mıknatıslı DA motorları 75 HP güce kadar tasarlanmasına rağmen bu motorların çoğu uygulamaları ekonomik nedenlerden dolayı kesirli güçlerde sınırlanmaktadır [15].

Aynı çıkış güçleri için, kalıcı mıknatıslı DA motor ile kutupları sargılı DA motor karşılaştırıldığında, kalıcı mıknatıslı DA motorun daha yüksek verime ve daha az malzemeye sahip olduğu görülür [15].

Bir çok uygulamada klasik DA motorların yerini elektronik elemanlar ve fırçasız DA motorları gibi diğer makinalar alırken kalıcı mıknatıslı DA motorları küçük güçlü kontrol sistemlerinde geniş bir alanda yaygın olarak kullanılmaktadır [15].

Kalıcı mıknatıslı bir doğru akım motorunun yapısı Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Motorun rotoru, üzerinde kollektör ve fırçaların yer aldığı endüviden oluşmaktadır. Kalıcı mıknatıs kutuplar dış gövdenin içine sabitlendikleri için düzgün bir stator yapısı meydana getirir [16].

Şekil 3.1’deki oklar mıknatıslanmanın yönünü göstermektedir. Kalıcı mıknatıslı doğru akım motorlarındaki dış gövdenin görevi; manyetik alana dönüş yolu sağlamak ve mıknatısları mekanik olarak korumaktır [16].



Şekil 3.1. Kalıcı mıknatıslı doğru akım motorunun yapısı

Kalıcı mıknatıslı doğru akım motorlarında kutup akısı kalıcı mıknatıs tarafından sağlanmaktadır. Dolayısıyla kutup akısı sabittir. Şekil 3.2’de kalıcı mıknatıslı doğru akım motorunun eşdeğer devresi görülmektedir.

Şekil 3.2’deki eşdeğer devreye göre zıt emk;

$$E_c = K_m \cdot \omega_m \quad (3.1)$$

olarak tanımlanır.

Motora uygulanan gerilim;

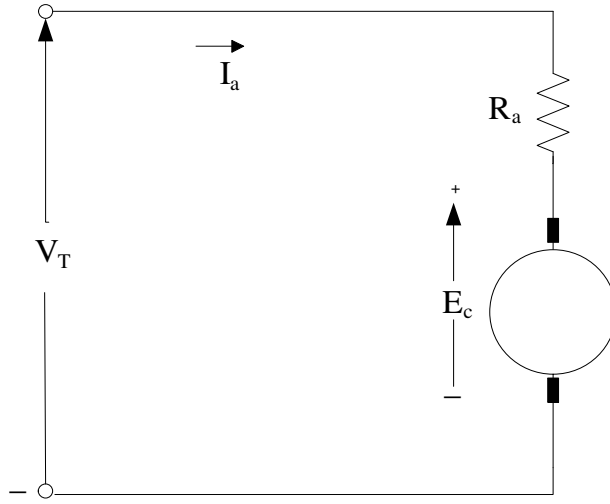
$$V_t = E_c + I_a \cdot R_a \quad (3.2)$$

olarak tanımlanır.

Motorun çektiği akım;

$$I_a = \frac{V - E_c}{R_a} \quad (3.3)$$

olarak tanımlanır.



Şekil 3.2. Kalıcı mıknatıslı doğru akım motorunun eşdeğer devresi

3.1.1. Kalıcı mıknatıslı DA motorun hız-moment karakteristiği

Kalıcı mıknatıslı doğru akım motor endüvisinde üretilen güç ve moment;

$$P_a = E_c \cdot I_a$$

$$T_a = \frac{E_c \cdot I_a}{\omega_m} = \frac{K_m \omega_m I_a}{\omega_m} = K_m I_a \quad (3.4)$$

olarak tanımlanır.

Kalıcı mıknatıslı doğru akım motorlarında kutup akısı sabit olduğu için hız-moment karakteristiği Şekil 3.3’de görüldüğü gibi doğrusaldır. Eş 3.1, 3.2, 3.4 kullanılarak

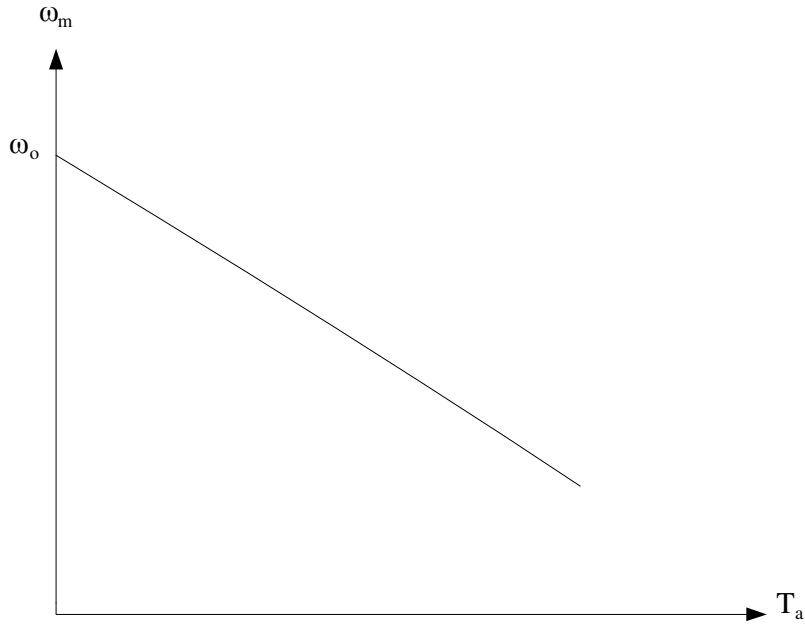
$$E_c = K_m \cdot \omega_m$$

$$\omega_m = \frac{E_c}{K_m}$$

$$\omega_m = \frac{V_T}{K_m} - \frac{I_a \cdot R_a}{K_1 \cdot \Phi}$$

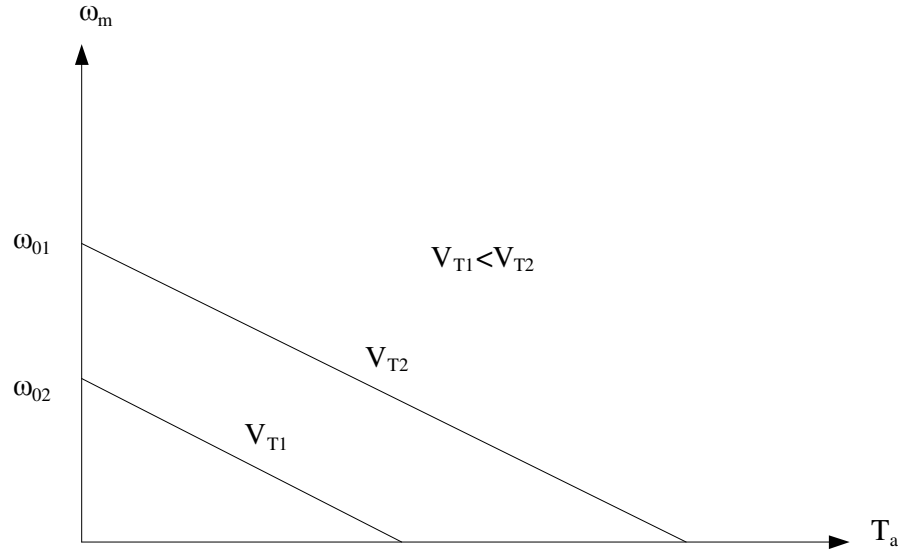
$$\omega_m = \frac{V_T}{K_m} - \frac{R_a \cdot I_a}{K_m^2} \quad (3.5)$$

elde edilir.



Şekil 3.3. Kalıcı mıknatıslı doğru akım motorlarında hız-moment karakteristiği

Kaynak gerilimindeki değişiklik boş çalışma hızını (ω_0) etkiler, hız-moment karakteristiğinin eğimini etkilemez.

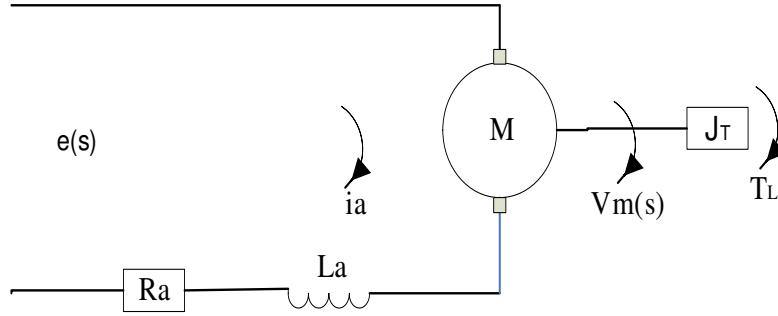


Şekil 3.4. Farklı kaynak gerilimlerinde elde edilen hız-moment karakteristiği

Kalıcı mıknatıslı doğru akım motorlarında Eş. 3.6'da tanımlanan hız-moment karakteristiği ya kaynak gerilimi ya da endüvi devresi direnci değiştirilerek kontrol edilir. Şekil 3.4'de farklı kaynak gerilimlerinde elde edilen hız-moment karakteristikleri gösterilmiştir.

3.1.2. Kalıcı mıknatıslı DA motorlarının matematiksel modeli

Kalıcı mıknatıslı DA motorunu modellemek için Şekil 3.5'de verilen eşdeğer devreden yararlanılır. Armatür, direnci R_a ve endüktansı L_a olan bir seri devre ile rotor döndüğünde oluşan bir zıt elektromotor gerilim kaynağı e_b 'den oluşur.



Şekil 3.5. DA motor modeli

DA motoru armatür uçlarına uygulanan $e_a(t)$ gerilimi ile kontrol edilir. Doğrusal analizde motorun oluşturduğu moment hava aralığı akısı ve armatür akımıyla orantılıdır. Buna göre;

$$T_m(t) = K_m \cdot \phi \cdot i_a(t) \quad (3.6)$$

geçerlidir. Φ sabit olduğunda K_i [N-m/A] moment katsayısı olmak üzere;

$$T_m(t) = K_i i_a(t) \quad (3.7)$$

yazılabilir.

Motor devresindeki $e_a(t)$ giriş gerilimi denklemi;

$$\frac{di_a(t)}{dt} = \frac{1}{L_a} e_a(t) - \frac{R_a}{L_a} i_a(t) - \frac{1}{L_a} e_b(t) \quad (3.8)$$

moment denklemi;

$$T_m(t) = K_i i_a(t) \quad (3.9)$$

zıt elektromotor gerilim denklemi;

$$e_b(t) = K_b \frac{d\Theta_m(t)}{dt} = K_b \omega_m(t) \quad (3.10)$$

açısal hız;

$$\frac{d^2\theta_m(t)}{dt^2} = \frac{1}{J_m} T_m(t) - \frac{1}{J_m} T_L(t) - \frac{B_m}{J_m} \frac{d\theta_m(t)}{dt} \quad (3.11)$$

yazılır.

Sistemin durum değişkenleri $i_a(t)$, $\omega_m(t)$ ve $\theta_m(t)$ olarak tanımlanabilir. Durum değişkeni olmayan büyüklükler diğerleri cinsinden ifade edilir ve Eş. 3.8 ve Eş. 3.11 ilişkilerinde durum denklemleri vektör-matris biçiminde düzenlenirse;

$$\begin{bmatrix} \frac{di_a(t)}{dt} \\ \frac{d\omega_m(t)}{dt} \\ \frac{d\theta_m(t)}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R_a}{L_a} & -\frac{K_b}{L_a} & 0 \\ \frac{K_i}{J_m} & -\frac{B_m}{J_m} & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{L_a}{J_m} \\ 0 \end{bmatrix} e_a(t) - \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} T_L(t) \quad [16]. \quad (3.12)$$

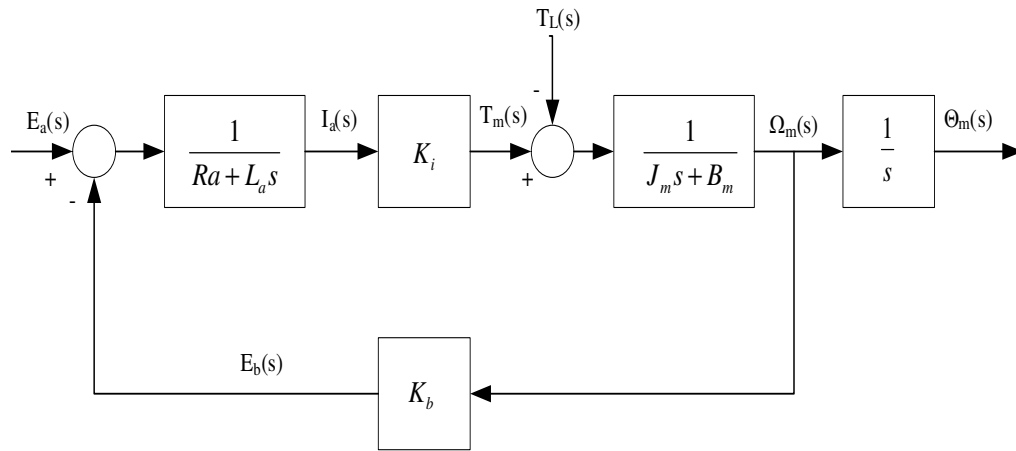
elde edilir. Bu durumda $T_L(t)$, durum denklemlerini ikinci bir giriş olarak etkilemektedir.

Motorun açısal konumu ve giriş gerilimi arasındaki transfer fonksiyonu ;

$$\frac{\Theta_m(s)}{E_a(s)} = \frac{K_i}{L_a J_m s^3 + (R_a J_m + B_m L_a) s^2 + (K_b K_i + R_a B_m) s} \quad (3.13)$$

yazılır.

Eş. 3.12’de $\Theta_m(s)/E_a(s)$ transfer fonksiyonu temelinde bu iki değişkene göre bir integratör eleman gibi davranır. $e_a(t)$ sabit girişi için, motorun açısal konumu bir integratör çıkışı gibi davranarak zamanla doğrusal olarak artar. DA motoru temelinde açık çevrimli bir sistem ise de, Şekil 3.6’da verilen blok diyagramından görüldüğü gibi zıt elektromotor kuvvet nedeniyle motorun içinde bir geri besleme mevcuttur. Zıt elektromotor kuvvet fiziksel olarak motor hızıyla orantılı negatif bir geri besleme işareti oluşturur. Eş. 3.12’de görüldüğü gibi K_p , zıt elektromotor kuvvet katsayısı R_a direncine ve B_m viskoz sürtünme katsayısına ilave bir terim olarak gelir. Zıt elektromotor kuvvet motor kararlılığını ve genelde sistem kararlılığını arttıran bir “elektriksel sürtünmeye” karşı düşer [16].



Şekil 3.6. Bir DA motorun blok şeması

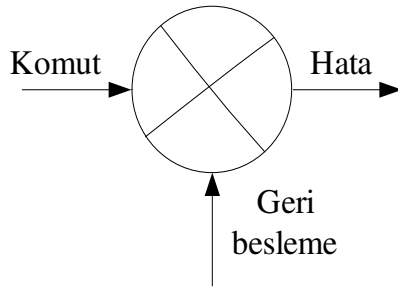
3.2. Servomekanizma Sistemler

Servomekanizma, kapalı çevrimli geri beslemeye sahip bir sistemdir. Bu sistem bir işlemci yada denetleyici, işlemci yada denetleyiciye komut gönderen bir arayüz, işlemciye gelen sinyalleri değerlendiren ve ileten bir arabirim, sinyalleri alan bir motor grubu ve motorun konum, hız yada hata bilgisini tekrar denetleyiciye gönderen ve sistem çevrimini kapatan geri besleme elemanından oluşur.

Servomekanizma olarak adlandırılan geri besleme kontrol sistemi endüstriyel uygulamalarda ve kontrol sistemi literatüründe yaygın olmasından dolayı dikkat çeken sistemdir [17].

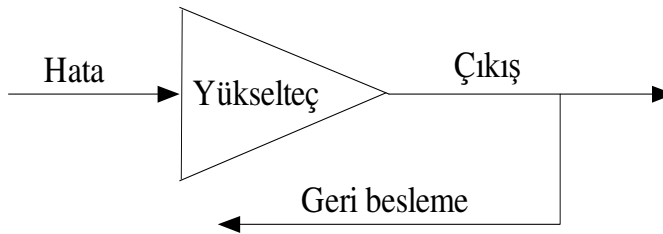
Servo veya servomekanizma çıkışın, giriş tarafından, çalıştırılmasına neden olan bir hareket ve negatif geri besleme prensibi üzerine çalışan bir sistemdir [18].

Her servo, temel iki elemana sahiptir. Bunlar bir işlem devresi ile bir yükselteçtir. Şekil 3.7’de görüldüğü gibi toplam devresi basit olarak, hata farkı oluşturan komut ile negatif geri beslemeyi toplayan bir araçtır



Şekil 3.7. İşlem devresi

Şekil 3.8’de gösterildiği gibi ikinci temel eleman yükselteçtir. Basit olarak, küçük bir hatayı ele alan ve mevcut gücü veya kuvveti çıkışa ve geri besleme elemanına gönderen, bir ölçme sistemi olan ve yükseltme faktörüyle çarpan bir güç elemanıdır. Yükseltme faktöründen genellikle sistemin kazancı olarak söz edilir [18].



Şekil 3.8. Yükselteç

Servomekanizma otomatik geri beslemeli kontrol sistemidir. Servomekanizma belirli avantajlara sahiptir. Servomekanizma tamamen otomatik olarak yapılabilir ve mekanik hareketleri çok küçük değerlerle kontrol edilebilir. Servomekanizma kullanılan kontrol sinyaline bağlı olarak, dijital veya analog olabilir [19].

Servo kontrol sistemi veya servomekanizmada giriş genel olarak değişkendir ve sistem çıkışı giriş sinyallerini ve bundaki değişimleri yakından takip edecek şekilde işler.

3.3. Kontrol Sistemi

Bir sistemin davranışının istenilen ve belirlenen iş akışı doğrultusunda çalışmasını sağlamak amacı ile yapılan çalışmalara kontrol denir. Davranışları kontrol edilen sistemleri ise kontrol sistemleri olarak adlandırılırlar. Bir kontrol sistemi genel anlamda üç temel ögeden oluşur;

- Kontrolün amaçları
- Kontrol sistemi öğeleri
- Çıkış (sonuç)



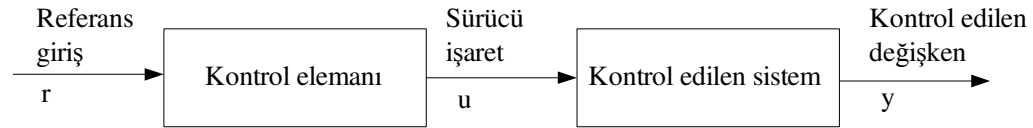
Şekil 3.9. Bir kontrol sisteminin temel öğeleri

Bu üç ögenin birbiriyle ilişkisi Şekil 3.9’da gösterilmiştir. Daha teknik terimlerle ifade edilirse amaçlar u girişleri ya da sürücü işaretler ile belirlenir, sonuçlar ise y çıkışları ya da kontrol edilen değişkenleri etkiler. Genel olarak kontrol sisteminin amacı, kontrol sisteminin elemanları aracılığı ile girişleri kullanarak, çıkışları önceden belirlenmiş bir şekilde kontrol etmektir [16].

3.4. Kontrol Yöntemleri

3.4.1. Açık çevrimli kontrol sistemleri

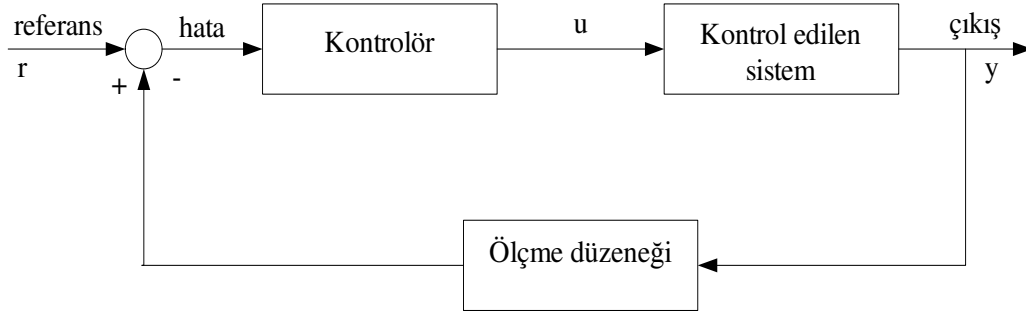
Kontrol işareti çıkış işaretinden etkilenmeyen sistemlere açık çevrim kontrol sistemleri denir. Açık çevrimli kontrol sistemlerinin öğeleri Şekil 3.10'da görüldüğü gibi kontrol elemanı ve kontrol edilen sistem olmak üzere iki kısma ayrılır. u sürücü işaret çıkışlı kontrol elemanına r komutu yada giriş işareti uygulanır; bu sürücü işaret, kontrol edilen sistem çıkışındaki y kontrol edilen işareti, önceden belirlenen standartlara göre davranmasını sağlayacak şekilde etkiler. Basit durumlarda, sistemin özelliklerine bağlı olarak kontrol elemanı, bir kuvvetlendirici, mekanik bağlantı, filtre ya da başka bir kontrol elemanı olabilir. Daha karmaşık durumlarda kontrol elemanı bir mikroişlemci türü bilgisayar olabilir. Bu tür açık çevrimli kontrol sistemlerine basit ve ekonomik olmaları nedeniyle, çok sayıda karmaşık olmayan uygulamada rastlamak mümkündür [16].



Şekil 3.10. Açık çevrimli kontrol sistemlerinin öğeleri

3.4.2. Kapalı çevrimli kontrol sistemleri

Sisteme etkiyen kontrol işaretinin sistem çıkışının da göz önüne alınarak üretildiği kontrol sistemlerine kapalı çevrim kontrol sistemleri denir. Şekil 3.11'de kapalı çevrimli bir sistemin blok diyagramı gösterilmiştir. Daha hatasız bir kontrol elde etmek için, y kontrol edilen işaret geri beslenmeli ve referans işaretle karşılaştırılmalı, giriş-çıkış işaretleri farkı ile orantılı bir sürücü işaret, hatayı gidermek üzere sisteme uygulanmalıdır [16].



Şekil 3.11. Kapalı çevrimli kontrol sisteminin blok diyagramı

Geri beslemeli kontrol sistemleri kapalı çevrimli sistemler olarak tanımlanır [20]. Geri beslemeli kontrol sistemleri iki gruba ayrılır:

1. r giriş büyüklüğü değişmeyen veya çok yavaş değişen kontrol sistemleri: Bu grubun en yaygın örneği regülatörlerdir. Bu gruba giren gerilim regülatörlerinin görevi y çıkış büyüklüğünü dış bozucu büyüklüklerin etkisinden korumak şeklinde özetlenebilir [21].

2. r başlangıç büyüklüğü hızlı değişen bir değişken olduğu takdirde bu tip sistemlere servomekanizma denilir. Servomekanizma sistemlerinin en önemli özelliği, y çıkış büyüklüğünün r giriş büyüklüğündeki değişmelere aynen uyması şeklinde özetlenebilir [21].

Regülatörün, servomekanizmadan en önemli ayrıntısı, regülatörde $r(t)$ girişinin sabit olması ve çıkışının da, geçici olay dışında, girişe bağlı olarak sabit kalmasına karşılık, servomekanizmada $r(t)$ değişir ve $y(t)$ bunu izler [22].

Geri besleme devrelerinde kontrol işaretleri genellikle düşük düzeyde elektriksel büyüklükler şekline dönüştürülerek geri besleme sağlanır. Örneğin bir elemanın konum değişikliği, foto elemanlar, endüktans, kapasitans veya direncin değişimleri yardımı ile orantılı elektriksel büyüklüklere dönüştürülerek kontrol devrelerine aktarılır [21].

Kontrol elemanları giriş çıkış ilişkilerine yada transfer fonksiyonlarına göre sınıflandırılabilir.

Çizelge 3.1’de görülen K_p , kazanç adı verilen sabittir. K_i ve K_d de benzer şekilde değişmez katsayılarıdır. T bir zaman sabiti, T_t ise ölü zaman adı verilen bir değişmez sayıdır. ω_n doğal frekans adıyla bilinen bir sayı, ξ ise, sönüm faktörü şeklinde adlandırılan bir değişmezdir [23].

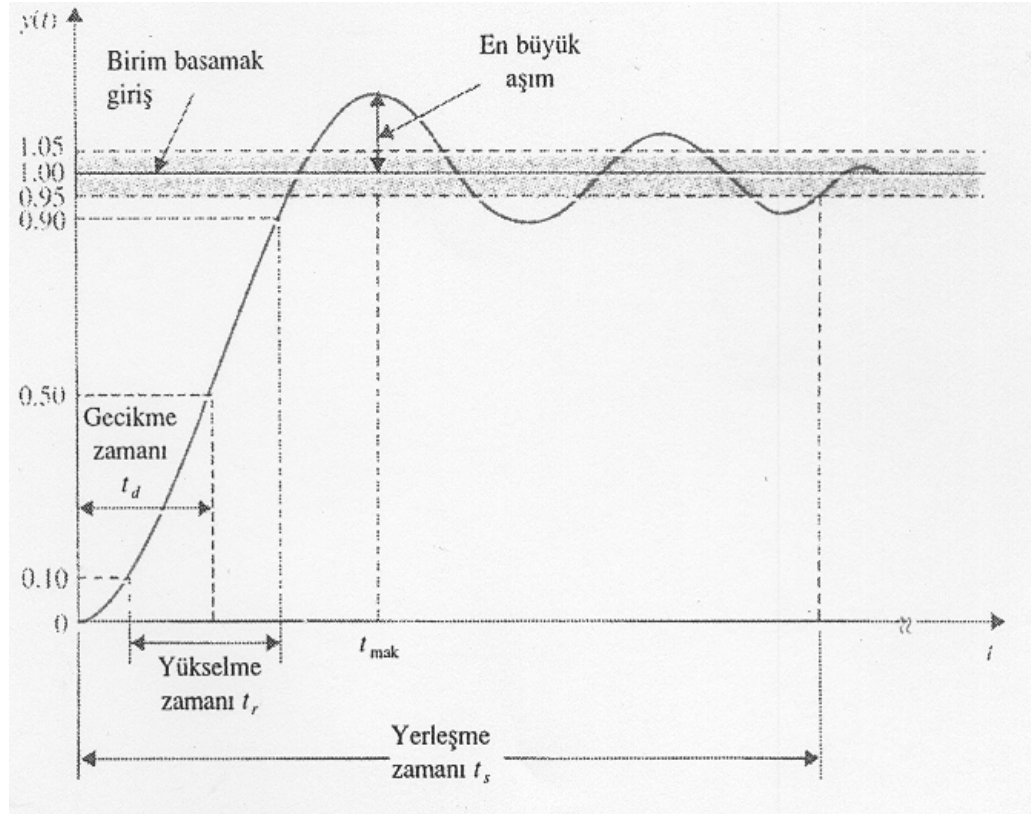
Çizelge 3.1. Kontrol elemanlarının sınıflandırılması [23].

Kontrol Eleman Tipi	Simge	Transfer fonksiyonu $G(s)$
Orantı elemanı	P	K_p
İntegral elemanı	I	$\frac{K_i}{s}$
Diferansiyel elemanı	D	$K_d s$
1. Dereceden gecikmeli eleman	$P - T_1$	$\frac{1}{T_s + 1}$
2. Dereceden gecikmeli eleman	$P - T_2$	$\frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$
Ölü zamanlı elemanlar	$P - T_1$	e^{-sT_1}

3.5. Birim Basamak Yanıtı

Bir sürecin dinamiği, sürecin darbe, basamak, rampa yada diğer belirleyici işaretlere verdiği geçici yanıtlarla belirlenir [24].

Kontrol sisteminin birim basamak girişe cevabı birim basamak yanıtı olarak adlandırılır. Şekil 3.12’de doğrusal bir kontrol sisteminin örneksel birim basamak yanıtı gösterilmiştir. Birim basamak yanıtı ile ilişkili olarak kontrol sistemlerinin zaman tanım bölgesi özellikleri; en büyük aşım, gecikme zamanı, yükselme zamanı ve yerleşme zamanı kriterleriyle değerlendirilir.



Şekil 3.12. Bir kontrol sisteminin örneksel birim basamak yanıtı

1. En büyük aşım: $y(t)$ birim basamak yanıtı olmak üzere $y(t)$ 'nin en büyük değeri y_{mak} ve sürekli hal değeri y_{ss} ile belirlenmiş olsun $y(t)$ 'nin en büyük aşımı

$$\text{en büyük aşım} = y_{mak} - y_{ss} \quad (3.14)$$

olarak tanımlanır.

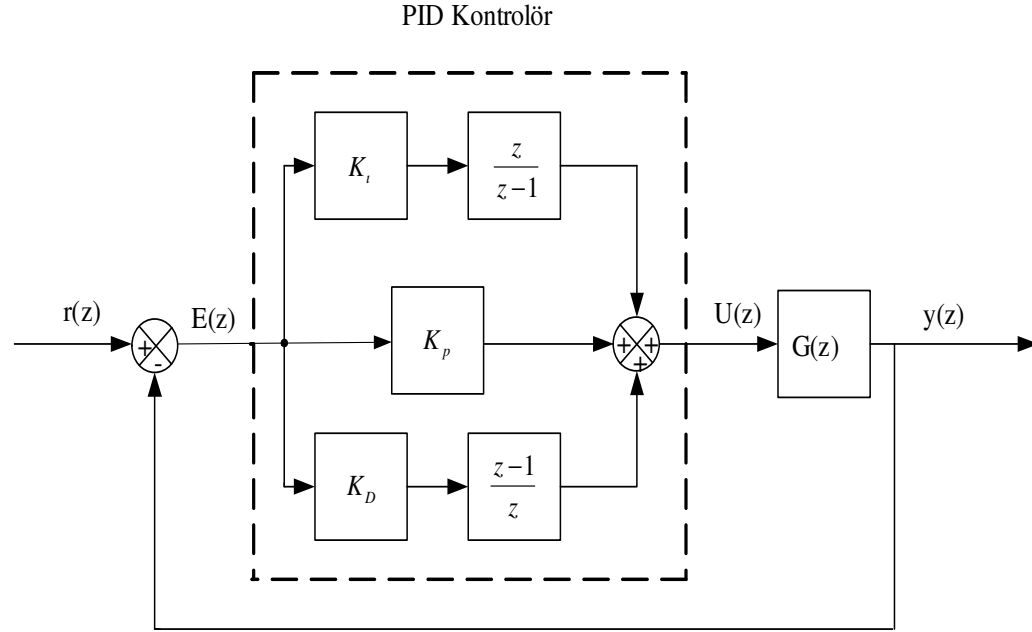
Tasarımda en büyük aşım bir zaman tanım bölgesi ölçüsü olarak verilir.

2. Gecikme zamanı: Gecikme zamanı t_d basamak yanıtının son değerinin yüzde %50 değerine erişme zamanı olarak tanımlanır.

3. Yükselme zamanı: Yükselme zamanı t_r basamak yanıtının son değerinin %10 değerinden %90 değerine ulaşma zamanı olarak tanımlanır.

4. Yerleşme zamanı: Yerleşme zamanı ts sistem tepkisinin azalarak nihayi değerinin belirlenen yüzdesinin altına düşmesi ve bu değerde kalması için geçen zaman olarak tanımlanabilir [25]. %5 çok sık kullanılan değerdir [16].

3.6. PID Kontrol



Şekil 3.13. Geri besleme döngülü PID kontrol

PID (Orantı-İntegral-Türev) denetimi kapalı-döngü denetim sisteminin girişine bir basamak fonksiyonu uygulanması halinde sistem cevabının yeni kalıcı durum değerine en kısa zamanda ve kararlı bir şekilde erişmesini sağlayan denetim organıdır. Şekil 3.13’de geri besleme döngülü PID kontrol gösterilmiştir.

PID kontrol sisteminde K_p , K_i ve K_D katsayıları vardır. Şekil 3.13’de üç kontrol katsayısı PID kontrolörün içindeki üç sıra kutuyla birbirini karşılamaktadır. Oransal kontrolde, PID kontrolörün $K_i=K_D=0$ özel bir durum oluşmaktadır. Bu durum, PID kontrolör içindeki 1. ve 3. kutu dizilerinin çıkarılmasına eşdeğerdir. Benzer şekilde, PI kontrolör, PID kontrolörün içindeki üçüncü sıranın çıkarılmasına uyan, $K_D=0$ durumuna sahip olunmasıyla ve PD kontrolörde PID kontrolörün içindeki birinci

sıranın çıkarılmasıyla elde edilen $K_I=0$ durumuna sahip olunmasıyla kurulmuştur [26].

PID kontrolörün diferansiyel dekleme;

$$\begin{aligned}
 u(k) &= u_p(k) + u_i(k) + u_d(k) \\
 &= K_p e(k) + K_i \sum_{i=0}^{k-1} e(i) + K_i e(k) + K_D [e(k) - e(k-1)]
 \end{aligned} \tag{3.15}$$

şeklinde ifade edilir.

PID kontrolörün transfer fonksiyonunu bulmak için, ilk olarak Eş. 3.13'e $u(k) - u(k-1)$ eklenirse; sonra Z dönüşümü "0" öncesi durum ile alınırsa;

$$\begin{aligned}
 u(k) - u(k-1) &= K_p e(k) - K_p e(k-1) + K_i e(k) + K_D e(k) + K_D e(k-1) \\
 &\quad - K_D e(k-1) + K_D e(k-2)
 \end{aligned}$$

$$u(k) - u(k-1) = (K_p + K_i + K_D)e(k) - (K_p + 2K_D)e(k-1) + K_D e(k-2)$$

$$\begin{aligned}
 \frac{U(z)}{E(z)} &= \frac{(K_p + K_i + K_D)z^2 - (K_p + 2K_D)z + K_D}{z(z-1)} \\
 &= K_p + K_i \frac{z}{z-1} + K_D \frac{z-1}{z}
 \end{aligned} \tag{3.16}$$

ifadesi elde edilir [26].

3.6.1. P (Oransal) kontrol

P tipi denetim, denetlenen sistemin çıkışında herhangi bir nedenden dolayı oluşan hatayı gidermek için girişe uygulanan sinyale oransal olarak etki eder ve çıkışın istenen seviyeye gelmesini sağlar. Orantı etkide kalıcı durum hataları gözlenir, çıkış salınımlıdır.

P kontrol ünitelerinde, kontrol olayının gerçekleşebilmesi için mutlaka bir kalıcı kontrol farkının olması gereklidir. Kalıcı kontrol farkı, kontrol ünitesinin yükseltme faktörüne bağlıdır.

3.6.2. I (İntegral) kontrol

Orantı etkide ortaya çıkan kalıcı durum hatalarını bastırır. I denetimin yapmış olduğu etki aşağıdaki gibi ifade edilebilir: Sistem girişine birim basamak tepkisi uygulandığında ilk olarak oransal etki devreye girer. Hatayı tam olarak yok etmek içinde integral etki devreye girerek çıkışı istenen seviyeye getirir. Yani kalıcı durumu düzeltir.

İntegral kontrol ünitesi, oransal kontrol ünitesine göre T_i integral süresi kadar daha yavaştır. Fakat kalıcı kontrol farkını tamamen yok eder. Yani gerçek değer anma değerine eşitlenerek sistem istenilen seviyede çalışır.

3.6.3. D (Türev) kontrol

Türev etki sistemde oluşan hatanın değişimine tepki gösterir. Hatanın kalıcı durumunda bir etkisi yoktur. Türev etkinin işlevi sistemde hata oluşmaya başlaması anında devreye girerek çok hızlı bir şekilde hatayı bastırmaya çalışmaktır. Bu nedenle de türev etkinin en büyük üstünlüğü sistemde oluşacak olan hatayı önceden sezip hatanın büyümeden bastırılmasını sağlamaktır. Türev etkinin hata karşısındaki davranışı aşağıda verilmiştir [27].

Türev etki kapalı-döngü bir sistemin cevap hızını ve sönümlemesini iyileştirir, aynı zamanda birde dezavantajı vardır o da denetim sinyali yanında sistemde ortaya çıkan gürültü sinyalleri de kuvvetlendirmesidir. PID denetim uzun ölü zaman gecikmesinin ortaya çıktığı süreç denetim sistemlerinde, PI denetimde ise, integral etkinin tamamlayıcısı olarak türev etki kullanır. Sıcaklık, yoğunluk, pH, karışım vb. ölçümlerde ortaya çıkan ölü zaman gecikmeleri PID kontrolör kullanılarak telafi edilebilir.

PID kontrolörün tasarımı için,

1. PID kontrolörü seri bağlı bir PI ve PD kısımlardan oluşur. PID kontrolörün transfer fonksiyonu;

$$G_c(s) = K_p + K_D s + \frac{K_i}{s} = (1 + K_{D1}s) \left(K_{p2} + \frac{K_{i2}}{s} \right) \quad (3.17)$$

şeklinde yazılabilir. PID kontrolünde sadece üç parametreye ihtiyaç duyulduğundan PD kısmının orantı katsayısı birim alınır. Eş. 3.16'da iki tarafı eşitlenirse

$$K_p = K_{p2} + K_{D1}K_{i2} \quad (3.18)$$

$$K_D = K_{D1}K_{p2} \quad (3.19)$$

$$K_i = K_{i2} \quad (3.20)$$

elde edilir.

2. Sadece PD kısmı etkin olduğunda, K_{D1} değeri görece kararlılığın bir kısmı yerine gelecek şekilde seçilir.

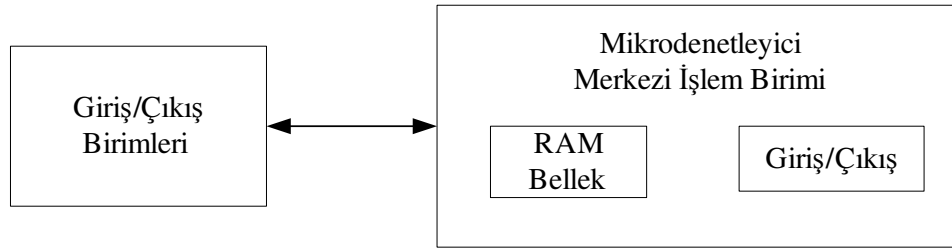
Zaman tanım bölgesindeki bu görelî kararlılık en büyük aşım ve frekans tanım bölgesindeki faz payı değerlendirilir.

3. K_{i2} ve K_{p2} parametreleri tüm görelî kararlılık koşulları sağlanacak şekilde seçilir.

4. PIC MİKRO DENETLEYİCİ VE PWM KONTROLÜ

4.1. Mikrodenetleyici Mimarisi

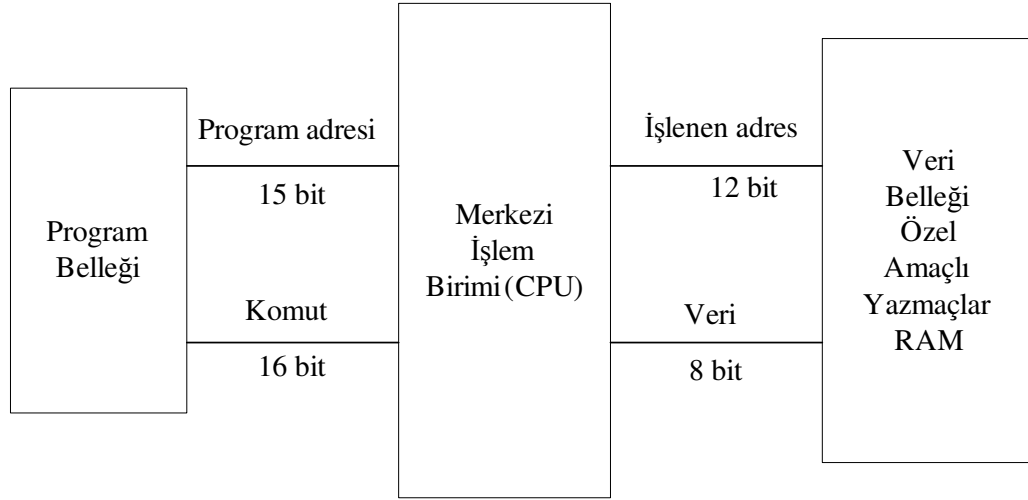
Bir mikrodenetleyici; mikroişlemci, program belleği, veri belleği ve giriş/çıkış ünitelerini bir araya getirilmesinden oluşur. Mimari deyimi, mikrodenetleyici sisteminin mantıksal yapısını ve donanım düzenlenmesini belirler. Şekil 4.1'deki blok şema ile mikrodenetleyici sisteminin en temel bileşenleri gösterilmiştir [28].



Şekil 4.1. Bir mikrodenetleyici sisteminin temel bileşenleri

PIC18F452 mikrodenetleyicisi, Harvard mimarisine göre tasarlanmıştır. Şekil 4.2'de PIC18F452 mikrodenetleyicisinde Harvard mimarisinin uygulanışı gösterilmiştir. Harvard mimarisinde program ve veri belleği ayrılmaktadır. Program ve veri belleğinin ayrılması ile birlikte erişim yolları ayrılmış ve adres yolu (address-bus), veri yolu (data-bus) olarak adlandırılmıştır. Harvard mimari yapısı ile aynı anda veri ve program belleğine erişim olanağı kazanıldığı için iletişim hızlanmıştır.

PIC18F452 mikrodenetleyicisinde, program belleği 16 bitlik sözcük birim alanlarından oluşmuştur. Program sayacı 15 bit genişliğindedir ve program belleğindeki sözcükleri adreslemekte kullanılır. Veri belleği adreslenirken 12 bitlik adres yolu kullanılır. Veri 8 bitlik birim alanlara yerleştirilir.



Şekil 4.2. PIC18F452 mikrodnetleyicisinde Harvard mimarisinin uygulanışı

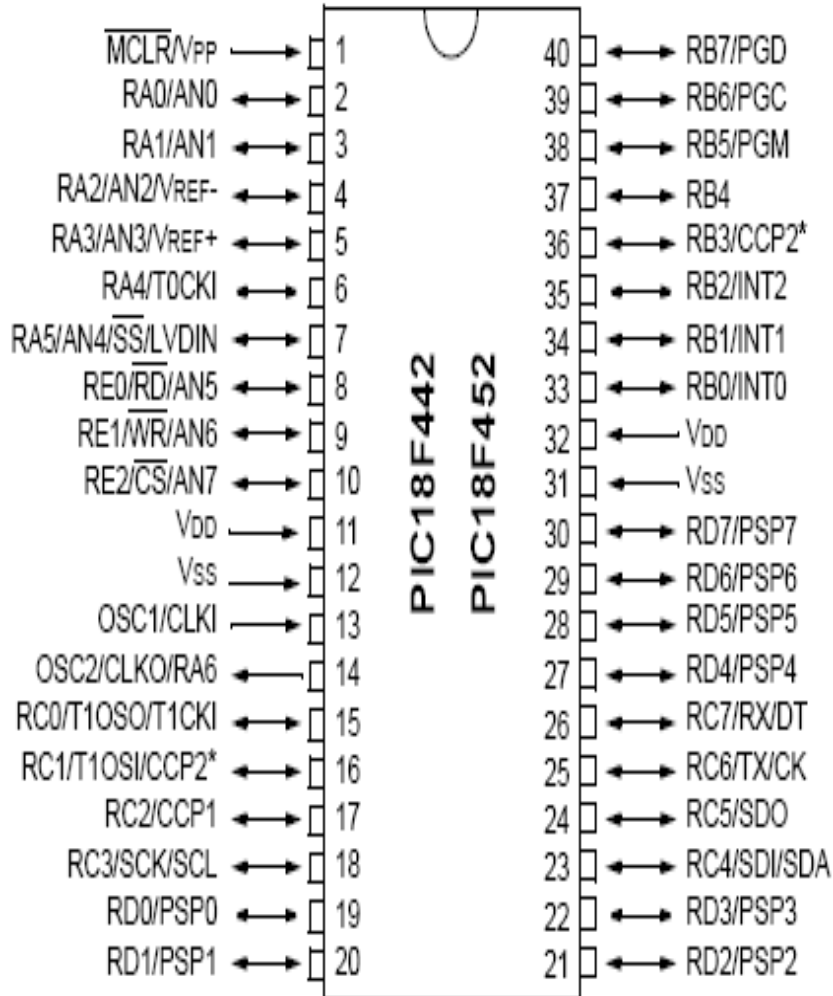
4.2. PIC18F452 Mikrodnetleyicinin Temel Özellikleri

1. 32 Kbyte doğrusal program hafızası adresleme
2. 1,5 Kbyte doğrusal veri hafızası adresleme
3. 16 bit komut genişliği ve 8 bit veri genişliği
4. Osilatör frekansı 40 Mhz'dir ve 10 Mhz komut çalışma frekansı 200 ns'dir.
5. 3 harici kesme girişi
6. 8 bit Timer0 yazmacı/zamanlayıcı
7. 16 bit Timer1 yazmacı/zamanlayıcı
8. 8 bit Timer2 yazmacı/zamanlayıcı
9. 16 bit Timer3 yazmacı/zamanlayıcı
10. Çift Capture/Compare, PWM (CCP) modülü
11. Senkron seri port (SSP) ile SPITM ve I2CTM
12. Donanımsal adreslenebilir asenkron seri alıcı verici (USART)
13. 10 bit, 8 kanal analog dijital çevirici (ADC)
12. Çift analog karşılaştırıcı modülü
13. Devre üzerinde seri olarak programlanabilme (ICSP)
14. Program hafızasını okuma ve yazma girişi
15. Düşük gerilim ile programlanabilme
14. Watchdog Timer (WDT)

15. Programlanabilir kod koruması
16. Güç koruma modu
17. Seçilebilir osilatör opsiyonu
18. Düşük güçlü yüksek hızlı Flash/EEPROM teknolojisi
19. Geniş çalışma gerilim aralığı (2V- 5.5V) [29].

4.3. PIC18F452 Mikrodenetleyicinin Pin Diyagramı

Şekil 4.3’de PIC18F452 mikrodenetleyicinin pin diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 4.3. PIC18F452 mikrodenetleyicinin pin diyagramı görünüşü [30].

Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Çizelge 4.4, Çizelge 4.5, Çizelge 4.6’da PIC18F452 mikrodeneleyicinin pin adları verilmektedir.

Çizelge 4.1. PIC18F452 PortA pinlerinin açıklanması

PIN Adı (PortA)	No	I/O/P Tipi	Buffer Tipi	Açıklama
OSC1/CLKIN	13	I	ST/CMOS ⁽⁴⁾	Osilatör Clock girişi (Kristal ya da harici kaynak)
OSC2/CLKOUT/RA6	14	O	-	Osilatör çıkış ucu. Kristal veya resonator’a osilatör bağlantısı ile sağlanır. (1/4 frekans OSC1 oranı) Digital giriş/çıkış
MCLR/V _{PP}	1	I/P	ST	Resetleme girişi, programlama anında programlama gerilimi girişi. (mikro denetleyicinin resetlenmesi için, bu pin lojik 0 yapılmalıdır)
RAO/ANO	2	I/O	TTL	PortA iki yönlü giriş/çıkış portudur. Analog olarak kullanılabilir
RA1/AN1	3	I/O	TTL	Analog olarak kullanılabilir
RA2/AN2/V _{REF-}	4	I/O	TTL	Analog olarak kullanılabilir
RA3/AN3/V _{REF+}	5	I/O	TTL	Analog olarak kullanılabilir
RA4/TOCKI	6	I/O	ST	Bu pin istenirse TMRO için bir clock girişi olabilir. SSP Slave seçme pini veya analog giriş/çıkış olabilir.
RA5/SS/AN4/LVDIN	7	I/O	TTL	

Çizelge 4.2. PIC18F452 PortB pinlerinin açıklanması

PIN Adı (PortB)	No	I/O/P Tipi	Buffer Tipi	Açıklama
RBO INT0	33	I/O	TTL/ST ⁽¹⁾	Giriş konumunda iken dahili pull-up devresi aktifleşebilir. Dış kesme girişi olarak seçilebilir.
RB1/INT1	34	I/O	TTL	Harici giriş
RB2/INT2	35	I/O	TTL	Harici giriş
RB3/CCP2*	36	I/O	TTL	PWM2 çıkışı olarak kullanılabilir.
RB4	37	I/O	ST	Kesme girişi olarak kullanılabilir.
RB5/PGM	38	I/O	TTL	Düşük akımla programlamada kullanılabilir. Kesme girişi olarak kullanılabilir.
RB6/PGC	39	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	Kesme girişi olarak kullanılabilir. Seçme programlamada clock pinidir.
RB7/PGD	40	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	Kesme girişi olarak kullanılabilir. Seçme programlamada data pinidir.

Çizelge 4.3. PIC18F452 PortC pinlerinin açıklanması

PIN Adı (PortC)	No			I/O/P Tipi	Buffer Tipi	Açıklama
RC0/T1OSO/T1CK1	15	16	32	I/O	ST	Timer1 osc. Çıkışı veya saat girişi olarak kullanılabilir.
RC1/T1OSI/CCP2	16	18	35	I/O	ST	Timer1 osc. Girişi veya capture2 girişi/compare2 çıkışı/PWM1 çıkışı olarak kullanılabilir.
RC2/CCP1	17	19	36	I/O	ST	Timer1 osc. Girişi veya capture1 girişi/compare1 çıkışı/PWM1 çıkışı olarak kullanılabilir
RC3/SCK/SCL	18	20	37	I/O	ST	SPI ve I modunda , seri saat giriş/çıkışında kullanılabilir.
RC4/SDI/SDA	23	25	42	I/O	ST	SPA moda , SPI girişverisi veya Ic modda I/O için.
RC5/SD0	24	26	43	I/O	ST	SPA modda , SPI çıkış verisi için seçilebilir.
RC6/TX/CK	25	27	44	I/O	ST	USART asenkron gönderme ya da senkron saat için...
RC7/RX/DT	26	29	1	I/O	ST	USART senkron alma ya da senkron veri için...

Çizelge 4.4. PIC18F452 PortD pinlerinin açıklanması

PIN Adı (PortD)	No			I/O/P Tipi	Buffer Tipi	Açıklama
RD0/PSP0	19	21	38	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PSP 0. biti olarak kullanılır.
RD1/PSP1	20	22	39	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PSP 1. biti olarak kullanılır.
RD2/PSP2	21	23	40	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PSP 2. biti olarak kullanılır.
RD3/PSP3	22	24	41	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PSP 3. biti olarak kullanılır.
RD4/PSP4	27	30	2	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PSP 4. biti olarak kullanılır.
RD5/PSP5	28	31	3	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PSP 5. biti olarak kullanılır.
RD6/PSP6	29	32	4	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PSP 6. biti olarak kullanılır.
RD7/PSP7	30	33	5	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PSP 7. biti olarak kullanılır.

Çizelge 4.5. PIC18F452 Port E pinlerinin açıklanması

PIN Adı PORT E	No			I/O/P Tipi	Buffer Tipi	Açıklama
RE0/RD/AN5	8	9	25	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Analog olarak ya da PSP okuma kontrolü kullanılabilir.
RE1/WR/AN6	9	10	26	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RE2/CS/AN7	10	11	27	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	

Çizelge 4.6. PIC18F452 besleme pinlerinin açıklanması

PIN Adı (PortE)	No			I/O/P Tipi	Buffer Tipi	Açıklama
V _{SS}	12,31	13,84	6,29	P	-	Ground (toprak) uç.
V _{DD}	11,32	12,35	7,28	P	-	Pozitif kaynak ucu.
NC	-	1,17, 28,40	12,13 33,34		-	Bu pinler içerde kontrol edilmiyor. Bağlı değiller.

4.4. PIC18F452 Mikrodenetleyici Portlarının Fonksiyonları

PortA'nın her biti bağımsız olarak giriş veya çıkış olarak tanımlanabilmektedir. 6 bit genişliğindedir. RA0, RA1, RA2, RA3, RA4, ve RA5 bitleri analog/dijital çevirici olarak konfigüre edilebilmektedir. Buna ek olarak RA2 ve RA3 gerilim referansı olarak da konfigüre edilebilmektedir. İlgili yazmaçlar ve adresleri aşağıdaki gibidir.

- PORTA F92h: Hafıza üzerindeki adresi
- TRISA F92h: Giriş/çıkış belirleme yazmacı

ADCON1 FC2h: RA portlarının A/D, referans gerilimi veya dijital giriş/çıkış olarak seçiminde kullanılır.

İşlemciye ilk defa gerilim uygulandığında RA4 hariç diğer beş PORTA biti ADC çeviricidir. Eğer RA portunun bazı bitlerini sayısal giriş/çıkış olarak kullanmak istenirse ADCON1 yazmacında değişiklik yapılması gerekmektedir.

PortB’de her biti bağımsız olarak sayısal giriş veya çıkış olarak tanımlanabilmektedir. 8 bit genişliğindedir. B portunun her bacağı dahili bir dirençle V_{DD} ’ye bağlıdır. Bu özellik varsayılan olarak etkin değildir. Ancak OPTION yazmacının 7.bitini “0” yaparak B portunun bu özelliğini etkinleştirebilir.

RB4-RB7 bacakları aynı zamanda bacakların sayısal durumlarında bir değişiklik olduğunda INTCON yazmacının “0.” biti olan RBIF bayrağını “1” yaparak kesme oluşturmaktadır. Bu özelliği, işlemci SLEEP konumundayken, devreye bağlı tuş takımının herhangi bir tuşa basıldığında işlemcinin yeniden etkinleşmesi için kullanabilir. Bütün bunların yanı sıra RB6 ve RB7 yüksek gerilim programlama, RB3 ise düşük gerilim programlama modlarında da kullanılmaktadır. İlgili yazmaçlar ve adresleri aşağıdaki gibidir.

- PORTB F81h
- TRISB F93h

PortC’de her bir biti bağımsız olarak sayısal giriş veya çıkış olarak tanımlanabilmektedir. 8 bit genişliğindedir. Tüm port bacakları Schmitt Trigger girişlidir. TRISE yazmacının 4. biti olan PSPMODE bitini “1” yaparak “paralel slave mode”da kullanılabilir. Bu fonksiyon aracılığıyla 8 bit genişliğindeki herhangi bir mikroişlemci bus’ına bağlanabilir. İlgili yazmaçlar ve adresleri aşağıdaki gibidir.

- PORTC F82h
- TRISC F94h

PortD’de her biti bağımsız olarak sayısal giriş veya çıkış olarak tanımlanabilmektedir. 8 bit genişliğindedir. Tüm port bacakları Schmitt Trigger girişlidir. TRISE yazmacını 4. biti olan PSPMODE bitini “1” yaparak “paralel slave mode”da kullanılabilir. Bu fonksiyon aracılığıyla 8 bit genişliğindeki herhangi bir mikroişlemci bus’ına bağlanabilir.

- PORTD F83h
- TRISD F95h

PortE’de her bir biti bağımsız olarak giriş veya çıkış olarak tanımlanabilmektedir. 3 bit genişliğindedir. RE0, RE1 ve RE2 bacaklarında Schmitt Trigger giriş tamponları vardır.

Her bir bacak analog/sayısal çevirici olarak konfigüre edilebilmektedir. Eğer PORTD paralel slave port olarak konfigüre edilirse, RE0, RE1 ve RE2 bacakları PORD’nin bağlandığı mikroişlemci bus’ına sırasıyla READ, WRITE ve CHIP SELECT kontrol girişleri olarak kullanılabilir. Bunun için TRISE uygun biçimde ayarlanmalıdır. İlgili yazmaçlar ve adresleri aşağıdaki gibidir.

- PORTE F84h
- TRISE F96h

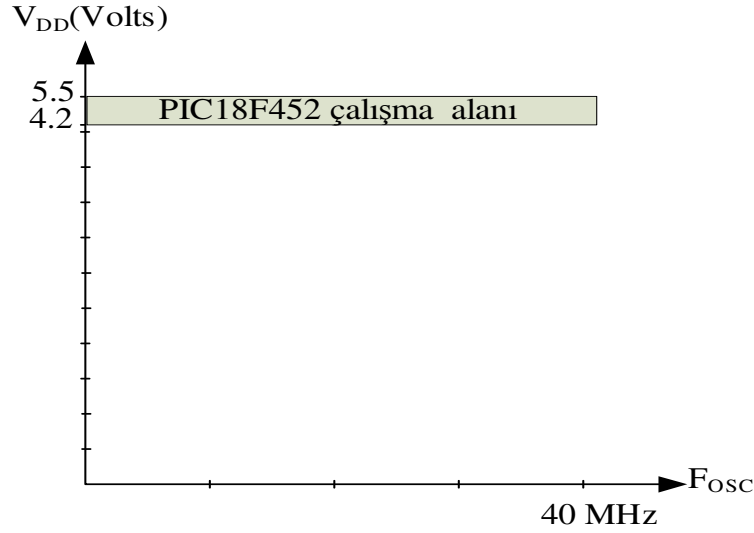
ADCON1 FC2h: RE portlarının ADC veya dijital giriş/çıkış olarak seçiminde kullanılmaktadır.

İşlemciye ilk defa gerilim uygulandığında üç PORTE biti de ADC çeviricidir. Eğer RE portunun bazı bitlerini dijital giriş/çıkış olarak kullanılmak istenirse ADCON1 yazmacında değişiklik yapılması gerekir.

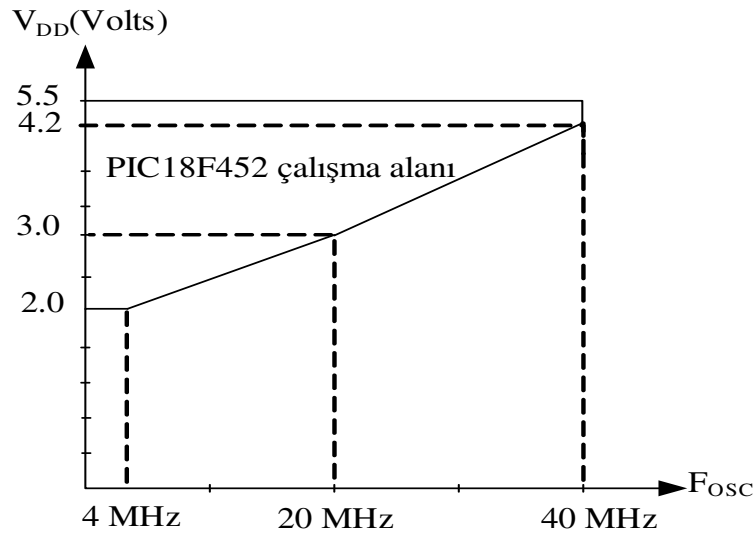
4.5. PIC18F452 Mikrodenetleyicinin Besleme Gerilimi

PIC18F452 mikrodenetleyicisinin besleme gerilimi 11, 12 ve 31, 32 numaralı pinlerinden uygulanmaktadır. 11 ve 32 numaralı Vdd ucu +5 Volta ve 12, 31 numaralı ucu toprağa bağlanır. PIC’e ilk defa enerji verildiği anda meydana gelebilecek gerilim dalgalanmaları nedeniyle oluşabilecek istenmeyen arızaları önlemek amacıyla 100nF’lık dekuplaj kondansatörünün devreye bağlanması gerekmektedir. PIC18F452 mikrodenetleyicisi CMOS teknolojisi ile üretildiğinden 2 Volt ila 5,5 Volt arasında çalışabilmektedir.

PIC18F452 mikrodenetleyici, değeri 40 MHz kadar yükselen F_{osc} ile çalıştırmak için tasarlanmıştır. Ayrıca 0Hz'ye kadar inen herhangi bir düşük frekans ile de çalışabilir. Böylece clock durabilir ve ardından hiç bir kayıp olmadan tekrar başlayabilir. Bu çalışma alanı Şekil 4.4'de gösterilmiştir [30].



Şekil 4.4. PIC18F452 mikrodenetleyicinin 4,2V-5,5V arasındaki çalışma alanı



Şekil 4.5. PIC18F452 mikrodenetleyicinin 2V-5,5V arasındaki çalışma alanı

Pil ile V_{DD} 'nin daha düşük gerilim değerinde çalıştırmak için, $2V < V_{DD} < 5.5V$ aralığı seçilir. Şekil 4.5'de PIC18F452 mikrodnetleyicinin genişleyen çalışma alanı gösterilmiştir [30].

Şekil 4.5'de PIC18F452 mikrodnetleyicinin, yeterli derecede $2V$ V_{DD} değeriyle, F_{osc} 'nin 4MHz'e kadar herhangi bir değeriyle çalışacağına gösterir. Eğer V_{DD} 'nin 3Volttan daha büyük olduğu garanti edilirse, bu mikrodnetleyici 20MHz'e kadar F_{osc} ile çalışır.

4.6. PIC18F452 Mikrodnetleyicinin Reset Ucu

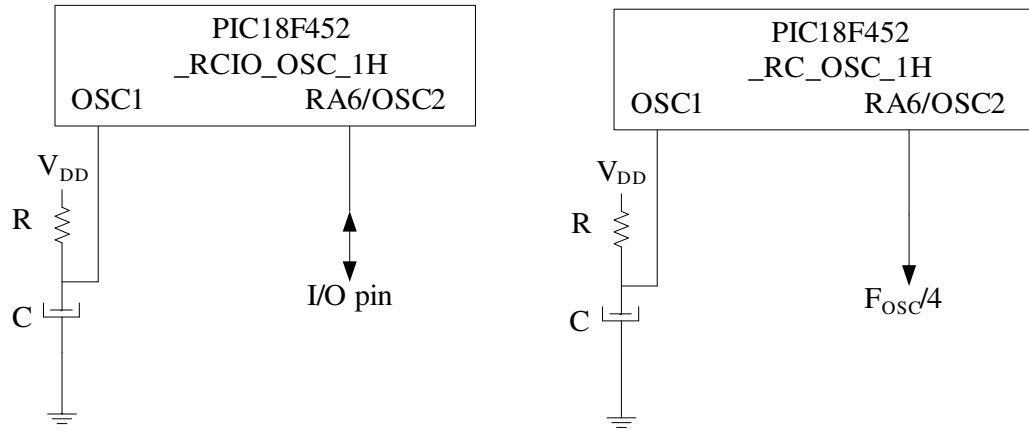
Kullanıcının programı bilinçli olarak kesip başlangıça döndürebilmesi için PIC18F452 mikrodnetleyicinin 1 numaralı ucu MCLR olarak kullanılmaktadır. MCLR ucuna 0V uygulandığında programın çalışması başlangıç adresine döner. Programın ilk başlangıç adresinden itibaren tekrar çalışabilmesi için aynı uca +5V gerilim uygulanmalıdır.

4.7. PIC18F452 Mikrodnetleyicinin Clock Uçları ve Osilatör Tipleri

PIC18F452 mikrodnetleyicide clock uçları 13 ve 14 no'lu pinlerdir. Hazırlanacak olan PIC programlarında kullanılan osilatör tipi PIC programının çalışma hızını ve hassasiyetini etkileyeceğinden dolayı amaca uygun bir osilatör devresi kullanılmaktadır [31].

4.7.1. RC clock osilatörü

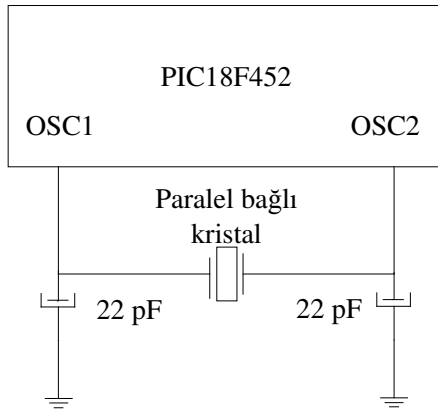
PIC18F452 mikrodnetleyicinin kontrol ettiği elektronik devredeki zamanlamanın çok hassas olması gerekmediği durumda kullanılır. Belirlenen değerden yaklaşık %20 sapma gösterebilirler. Bir direnç ve kondansatörden oluşan bu osilatörün maliyeti oldukça düşüktür [22]. OSC1 ucundan uygulanan clock frekansı R ve C değerlerine bağlıdır. Şekil 4.6'da PIC18F452'de kullanılan RC osilatör çeşitleri gösterilmiştir.



Şekil 4.6. RC osilatör

Kullanıcı dış R ve C elemanlarının toleransı nedeniyle meydana gelen değişiklikleri de dikkate almalıdır. Direncin değeri 3 ila 100Kohm arasında seçilmelidir. 1Mohm gibi yüksek direnç değerleri osilatörü gürültü ve nem gibi çevresel etkilere karşı duyarlı hale getirir. 2.2 Kohm değerinin altında ise, osilatör kararsız hale gelebilmekte, hatta tamamıyla durabilmektedir [31].

4.7.2. Kristal kontrollü clock osilatörleri



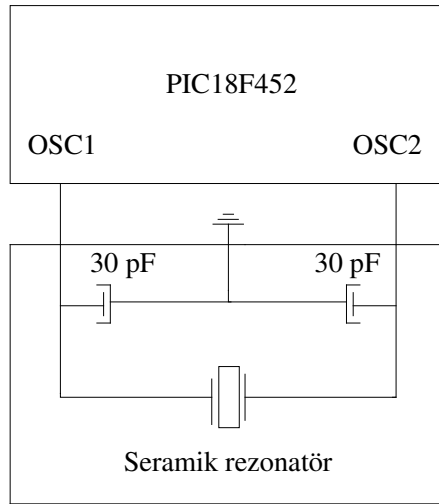
Şekil 4.7. Kristal kontrollü clock osilatörü

Zamanlamanın çok hassas olması gerektiğinde kullanılır. Bu tip clock osilatörleri metal kutu görünümündedir. Bu tip osilatörlere kondansatör bağlantısı gerekmez. Şekil

4.7’de PIC18F452 mikrodnetleyicinde kullanılan kristal kontrollü clock osilatör gösterilmiştir.

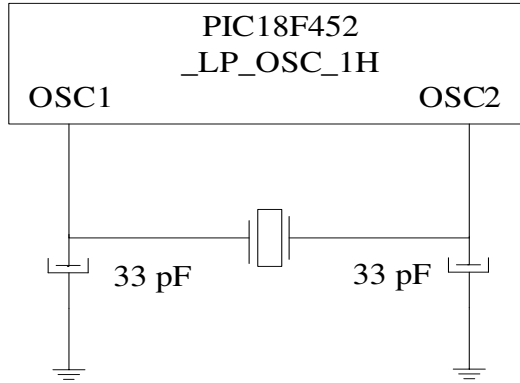
4.7.3. Seramik rezonatörler

İçersinde kondansatörleri hazır bulunan osilatörlerdir. Fiyatları ucuz ve hassastırlar. Küçük bir seramik kondansatöre benzeyen rezonatörlerin üç ucu vardır. Bu uçlardan ortadaki toprağa, diğer iki ucuda OSC1 ve OSC2 uçlarına bağlanırlar. Hangi ucun OSC1’e bağlanacağı önemli değildir, her ikisi de bağlanabilir [32]. Şekil 4.8’de PIC18F452 mikrodnetleyicinde kullanılan seramik rezonatörler gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Seramik rezonatörler

Kristal ve kondansatör kullanılarak yapılan osilatörler de zamanlamanın önemli olduğu yerlerde kullanılır. Kristal osilatörlerin kullanıldığı devrelerde kristale bağlanacak kondansatörün seçimine özen göstermek gerekir. Şekil 4.9’da PIC18F452 mikrodnetleyicisinde kristal ve kondansatör kullanılarak yapılan osilatör gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Kristal ve kondansatör kullanılarak yapılan osilatör

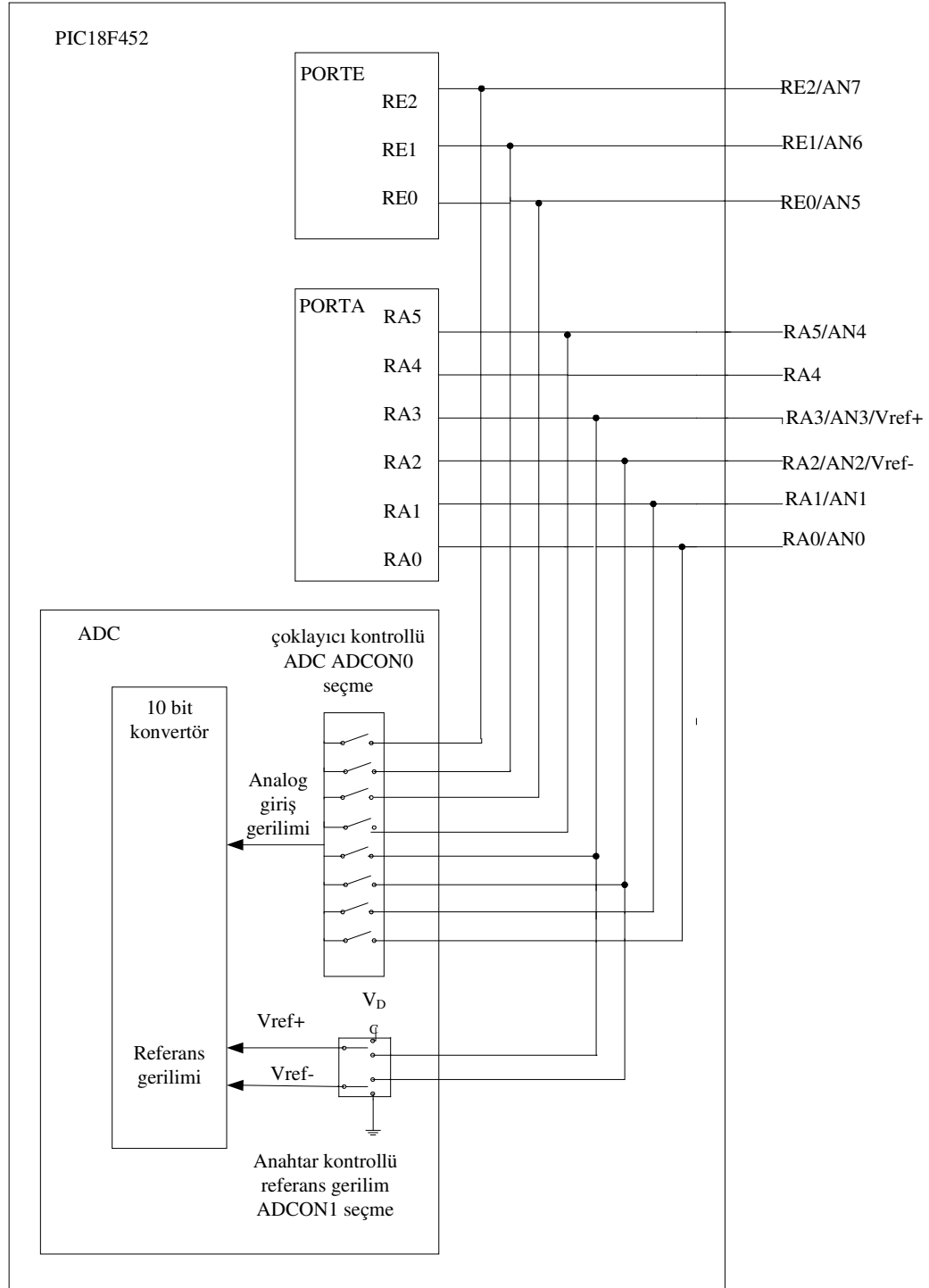
4.8. Özel Fonksiyonlar

4.8.1. Analog/sayısal çevirici modülü

Analog dijital çevirici(ADC) gerilim, akım ve elektriksel olarak ifade edilebilen ısı, ışık, hız, renk, nem, basınç gibi bilgileri sayıya çevirebilen sistemlere verilen isimdir. PIC12F675, PIC16F88, PIC16F877, PIC18F452 gibi gelişmiş PIC türlerinde dahili ADC birimi bulunmaktadır. Bu birimler sayesinde elektriğe dönüştürülen herhangi bir analog değer sayısal sinyale çevrilebilmektedir.

Şekil 4.10’da ADC blok şeması gösterilmiştir. PIC18F452 mikrodenetleyicinin A0, A1, A2, A3, A5, E0, E1, E2 pinine bağlı 10 bitlik analog dijital çevirici bulunur. Bu uçlara bağlanacak sıcaklık, ısı, ışık, potansiyometre veya manyetik sensörler aracılığı ile analog bilgi alınır. Bu elemanlardan veya benzerlerinden veri gönderilmesi için giriş uçlarından birine gerilim uygulanmalıdır. Bu gerilim değeri, programla 10 bitlik dijital değere dönüştürülür.

ADC uyuma modunda da çalışabilir ve kendi iç devre saatini, RC osilatörü kullanır. ADC modülü; ADC işlemleriyle ilgili `ADRESH`, `ADRESL`, `ADCON0`, `ADCON1` yazmaçları vardır. `ADRESH` ve `ADRESL`, ADC dönüşümünün üst ve alt byte’larının tutulduğu yazmaçlardır. `ADCON0`, ADC işlemlerinin kontrolünde, `ADCON1` ise port pinlerinin konfigürasyonunda kullanılır.



Şekil 4.10. ADC/I/O-port blok diyagramı [30].

Aşağıda ilgili yazmaçlar ve adresleri gösterilmiştir.

- ADRESH FC4h: ADC sonuç yazmacı (high register)
- ADRESL FC3h: ADC sonuç yazmacı (low register)
- ADCON0 FC2h: ADC kontrol yazmacı
- ADCON1 FC1H: ADC kontrol yazmacı

Çizelge 4.7’de ADCON0 yazmacı gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. ADCON0 yazmacı

U-0	U-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	–	–	–	PCFG3	PCFG2	PCFG0
bit7						bit0

Bit7 ADFM: ADC sonuç formatı

1= Sağa dayalı

0= Sola dayalı

Bit6-4 Unimplemented: Read as "0"

Bit3-0 PCFG3: PCFG0: ADC port ayar kontrol bitleri

PCFG parametresi PIC18F452 mikrodenetleyicisinin sahip olduğu kanallardan hangisinin analog giriş hangisinin dijital giriş-çıkış, hangisinin gerilim referansı olarak kullanılacağını belirler. Çizelge 4.7’de PCFG parametresinin 0110 veya 0111 olması bütün ADC pinlerinin normal giriş çıkış olarak kullanılacağını, 0000 olması bütün ADC pinlerinin analog giriş olarak kullanılacağını, 1110 olması bütün A0 pinine bağlı AN0 kanalının analog giriş diğer kanalların normal giriş çıkış olarak kullanılacağını ifade eder.

Çizelge 4.8’de “A” analog girişı, “D” dijital girişı, “V_{ref+}” pozitif gerilim referansını, “V_{ref-}” negatif gerilim referansını, “C” analog kanallarının sayısını, “R” gerilim referanslarının sayısını ifade eder.

Çizelge 4.8. PCFG parametresinin fonksiyon tablosu

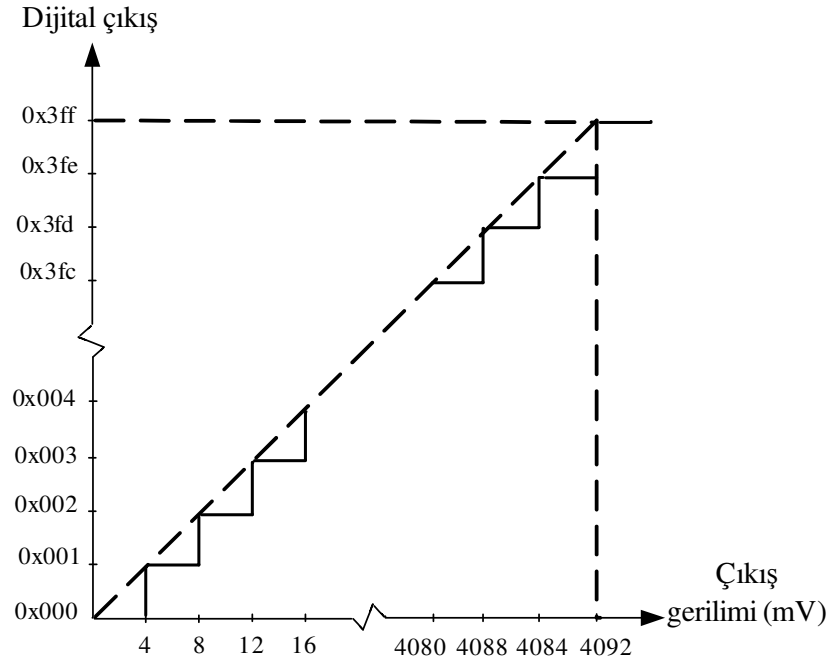
PCFG <3:0>	AN7 (RE2)	AN6 (RE1)	AN5 (RE0)	AN4 (RA5)	AN3 (RA3)	AN2 (RA2)	AN1 (RA1)	AN0 (RA0)	V _{REF+}	V _{REF-}	C/R
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	V _{DD}	V _{SS}	8/0
0001	A	A	A	A	V _{REF+}	A	A	A	AN3	V _{SS}	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	V _{DD}	V _{SS}	5/0
0011	D	D	D	A	V _{REF+}	A	A	A	AN3	V _{SS}	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	V _{DD}	V _{SS}	3/0
0101	D	D	D	D	V _{REF+}	D	A	A	AN3	V _{SS}	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-	0/0
1000	A	A	A	A	V _{REF+}	V _{REF-}	A	A	V _{DD}	AN2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	AN3	V _{SS}	6/0
1010	D	D	D	D	V _{REF+}	A	A	A	AN3	V _{SS}	5/1
1011	D	D	A	A	V _{REF+}	V _{REF-}	A	A	AN3	AN2	4/2
1100	D	D	D	A	V _{REF+}	V _{REF-}	A	A	AN3	AN2	3/2
1101	D	D	D	D	V _{REF+}	V _{REF-}	A	A	AN3	AN2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	V _{DD}	V _{SS}	1/0
1111	D	D	D	D	V _{REF+}	V _{REF-}	D	A	AN3	AN2	1/2

4096mV referans gerilimi ile 10 bitlik ADC çıkışının gösterdiği her bir artış;

$$\frac{4096mV}{1024} = 4mV$$

şeklinde bulunur.

Bu durumda, ADC transfer fonksiyonu giriş gerilimi ile çıkış sayısı oluşları Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. ADC transfer fonksiyonu

Çizelge 4.9’da ADCON1 yazmacı gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. ADCON1 yazmacı

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	PCHS0	–	ADON
bit7						bit0

Bit7-6 ADCS1: ADCS0: ADC clock seçme biti

00= $F_{osc}/2$

01= $F_{osc}/8$

10= $F_{osc}/32$

11= F_{RC}

Bit5-3 CHS1: CHS0: analog kanal seçme bitleri

000= kanal 0, (RA0/AN0)

001= kanal 1, (RA1/AN1)

010= kanal 2, (RA2/AN2)

011= kanal 3, (RA3/AN3)

100= kanal 4, (RA5/AN4)

101= kanal 5, (RE0/AN5)

110= kanal 6, (RE1/AN6)

111= kanal7, (RE2/AN7)

Bit2 GO/DONE: ADC durum bit

If ADON= 1;

1= ADC aktif

0= ADC pasif

Bit1 Unimplemented

Bit0 ADON: ADC üst bit

1= ADC aktif

0= ADC pasif

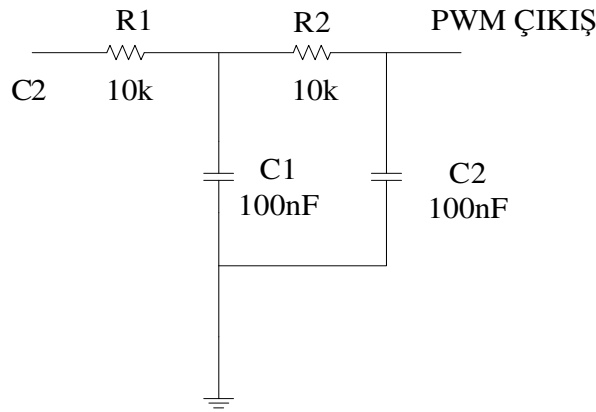
4.8.2. Capture/compare ve PWM modülü

PWM (Pulse width modulation) puls genişlik modülasyonu anlamına gelmektedir. DA motorların hız ayarında, RC servolarda, IR veya RF iletişimde sinyali modüle etmekte kullanılır. PWM sinyali yazılım ile oluşturulabildiği gibi PIC18F452 mikrodenetleyicisi gibi üstün özellikli mikrodenetleyicilerde donanımsal olarak da oluşturulabilir.

PWM sinyalinde palsin lojik “1” ve lojik “0” kısımlarının değiştirilmesi ile farklı gerilimde çıkış sinyali oluşturulur. PWM sinyalinde tam bir sinyale saykıl denir,

saykılın lojik “1” kısmına iş saykılı denilmektedir. İş saykılının tüm saykıla oranı çıkıştaki sinyalin değerini verir.

Mikrodenetleyiciden PWM sinyali üretirken dikkat edilecek konulardan biri de çıkışın direkt değil de bir filtre devresi üzerinden alınması gerektiğidir. Şekil 4.12’de PIC18F452’nin C₂ pinine bağlı filtre devresi görülmektedir.



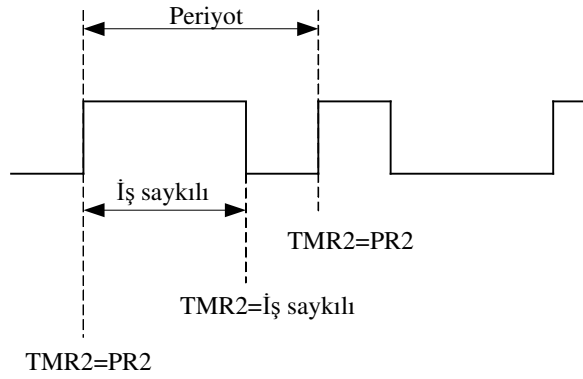
Şekil 4.12. PWM filtre devresi

Çıkış gerilimi genliğinin kontrol edilebilmesi için iki ayrı yöntem vardır. İlk olarak DA bağlantısı AA’dan sağlanırsa doğrultmaçla, bataryadan sağlanırsa kıyıcı ile, DA bağlantısı gerilimi farklı yollardan sağlanabilir [33]. Çıkış gerilimi genliğini AA motor sürücüsü bağlantısı aralığında ayarlandığında çeviricinin çıkış frekansını izlemesini ayarlanabilir; bunun sonucunda da yüksek çıkış frekansında yüksek çıkış gerilimi ve diğer sonuçları elde edilir. Bu gerilim kontrol yöntemi basit bir çevirici ile sonuçlanır, fakat DA bağlantısı için kontrollü bir dalgalı akımı doğru akıma çevirmeyi gerekli kılar.

İkinci yöntemde, şu an küçük ve orta boylarda karşılayan, gerilim kontrolünü çevirici sayesinde darbe genişlik modülasyonu (PWM) ile sağlar. Bu durumda basit kontrol edilmeyen bir çevirici, sabit gerilim DA bağlantısı sağlamak için kullanılabilir [33].

Düşük çıkış frekanslarında, düşük çıkış gerilimine ihtiyaç duyulur, böylece aygıtların her bir çifti gerilimi parçalamada kullanılabilirken, darbe boşluk oranı çıkışta istenen gerilimi elde etmek için ayarlanabilir.

Şekil 4.13’de PWM çıkış sinyali gösterilmiştir. Her capture/compare ve PWM modülü 16 bitlik yakalama (capture) yazmacı 16 bitlik karşılaştırma (compare) yazmacı veya 16 bitlik PWM (darbe genişlik modülasyonu) yazmacı olarak kullanılmaktadır.



Şekil 4.13. PWM çıkış sinyali

Yakalama (capture) modunda, TMR1 yazmacının değeri, RC2/CCP1 bacağına bir gelişme olduğunda CCPR1H:CCPR1L yazmaçlarına yazılmakta ve PIR1 yazmacının 2. biti olan CCP1IF kesme bayrağı 1 olmaktadır. RC2 bacağına durumu, her düşen kenarda, her yükselen kenarda, her yükselen 4. veya 16. kenarda kontrol edilecek şekilde CCP1CON yazmacı aracılığıyla ayarlanarak oluşturulabilir.

Karşılaştırma (compare) modundaysa CCPR1 yazmacındaki 16 bitlik değer düzenli olarak TMR1 yazmaç değeriyle karşılaştırılır ve bir eşitlik olduğunda RC2/CCP1 bacağı CCP1CON yazmacında yaptığımız ayara göre “1”, “0” olur veya durumunu korur. PWM modunda ise RC2/CCP1 bacağı 10 bit çözünürlükte darbe genişlik modülasyonlu bir sinyal üretecek şekilde oluşturulabilir. PWM sinyalinin periyodu ve çalışma zamanı Timer2, PR2, T2CON, CCPR1 ve CCP1CON yazmaçları kullanılarak ayarlanmaktadır [34].

PWM periyodu, PR2 yazmacına bir sayı yüklenerek ayarlanır. PWM periyodu aşağıdaki Eş.4.1 kullanılarak hesaplanabilir.

$$PWM \text{ periyot} = (PR2 + 1) * 4 * T_{ocs} * (TMR2) \quad (4.1)$$

PWM çalışma zamanı 10 bit olup CCP1L ve CCP1CON yazmaçları kullanılarak seçilir. CCP1L yazmacı üst 8 biti CCP1CON yazmacının 4 ve 5. biti alt 2 bit tutar. PWM sinyalinin üretilmesi için CCP1CON yazmacının 2 ve 3 nolu bitlerinin lojik “1” olmaları gerekmektedir.

PWM çalışma zamanı aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$PWM \text{ çalışma zamanı} = (CCPR1L : CCP1CON < 5 : 4 >) * T_{osc} * TMR2 \quad (4.2)$$

Bu durumda, PWM çalışma zamanı belirleyen 10 bit sayı şu şekilde hesaplanır.

Çizelge 4.10. CCPR1 ve CCP1CON yazmaçları

CCPR1L								CCPR1CON							
n	n	n	n	n	n	n	n	x	x	n	n	1	1	x	x
8 bit sayı								+			2 bit sayı		=	10 bit	

Programda ADCON1 yazmacının bit 7’si (ADFM biti) lojik “0” yapılmıştır. Böylece sayısalı dönüştürülen 10 bit analog değişkenin; Çizelge 4.11’deki şekilde üst 8 biti ADRESH yazmacında, alt 2 bit ise ADRESL yazmacının üst 2 bit olarak saklanmaktadır.

Çizelge 4.11. ADRESH ve ADRESL yazmaçları

ADRESH								ADRESL							
m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	0	0	0	0	0	0
8 bit sayı								+			2 bit sayı		=	10 bit	

Bu durumda, PORTA veya PORTB (RA0, RA1, RA2, RA3, RA5, RE0, RE1, RE2) okunan analog gerilim sayısalara dönüştürüldükten sonra ADRESH direk olarak CCP1L yazmacına yüklenebilir. CCP1CON yazmacının bit 2 ve bit 3'ü lojik 1 yapıldıktan sonra ADRESL değişkeninde olan 2 bitlik sayı ise iki defa sağa kaydırıldıktan sonra CCP1CON yazmacına yüklenir. Daha sonra bu sayı sağa kaydırılmış ADRESL ile toplanır ve elde edilen sayı CCP1CON yazmacına yüklenir. Böylece PWM sinyalinin periyodu ve ON zamanı ayarlanmaktadır.

4.8.3. Option yazmacı

Option yazmacı, okunabilir ve yazılabilir bir yazmaçtır. TMR0/WDT zamanlayıcılarının konfigürasyon bitleri, dış kesme (interrupt) denetim bitleri, TMR0 zamanlayıcı kesme denetim bilgileri ve PORTB için çekme (pullup-enable) dirençlerinin kullanılmasını sağlayan bitler bulunmaktadır. Çizelge 4.12'de bu yazmaçların her bir bitinin ne görevler yaptığı açıklanmıştır.

Çizelge 4.12. Option yazmacı

7	6	5	4	3	2	1	0
RBPU	INTEDG	TOCS	TOCE	PSA	PS2	PS1	PSO

PSO, PS1, PS2: Frekans bölme sayısı

PSA: Frekans bölücü seçme biti.

0: Frekans bölme sayısı TMR0 için geçerli

1: Frekans bölme sayısı WDT için geçerli

TOSE: TMR0 sinyal kaynağı seçme biti.

0: RA4/TOCKI ucundan düşen kenar tetikemesi

1: RA4/TOCKI ucundan yükselen kenar tetikemesi

TOCS: TMR0 sinyal kaynağı seçme biti

0: Dahili komut saykılı seçilir.

1: Harici dijital sinyal (RA4/TOCKI ucu)

INTEDG: Harici kesme sinyali kenar seçme biti

0: RB0/INT ucundan düşen kenarda tetikleme

1: RB0/INT ucundan yükselen kenarda tetikleme

RBPU: PORTB pull-up geçerli yapma biti

0: PORTB uçlarındaki pull-up'lar iptal edilir.

1: PORTB uçlarındaki pull-up'lar geçerli yapılır.

Prescaler kullanımı

Option yazmacının 0, 1, 2. bitleri (PS0~PS2) içerisine yerleştirilen sayılar, TMR0 veya WDT'ye uygulanan sinyali bölmektedir. Böylece sayma hızları değiştirilebilir. Üç bitlik bu sayı TMR0 veya WDT'de birbirinden 8 farklı oran seçme olanağı oluşturmaktadır. Çizelge 4.13'de prescaler değerlerini gösterilmiştir.

Çizelge 4.13. Prescaler değerlerini gösterir tablo

Prescaler değerleri		
Frekans Bölme sayısı	TMRO oranı	WDT oranı
000	1/2	1/1
001	1/4	1/2
010	1/8	1/4
011	1/16	1/8
100	1/32	1/16
101	1/64	1/32

Çizelge 4.13. (Devam) Prescaler değerlerini gösterir tablo

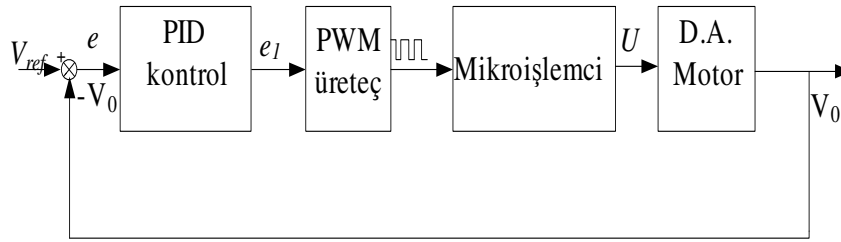
110	1/128	1/64
111	1/256	1/128

TMR0 veya WDT sayıcılarının kaç dahili komut saykılında bir defa bir üst sayıya geçişini belirleyen orandır.

5. TASARLANAN SİSTEM VE ELDE EDİLEN VERİLER

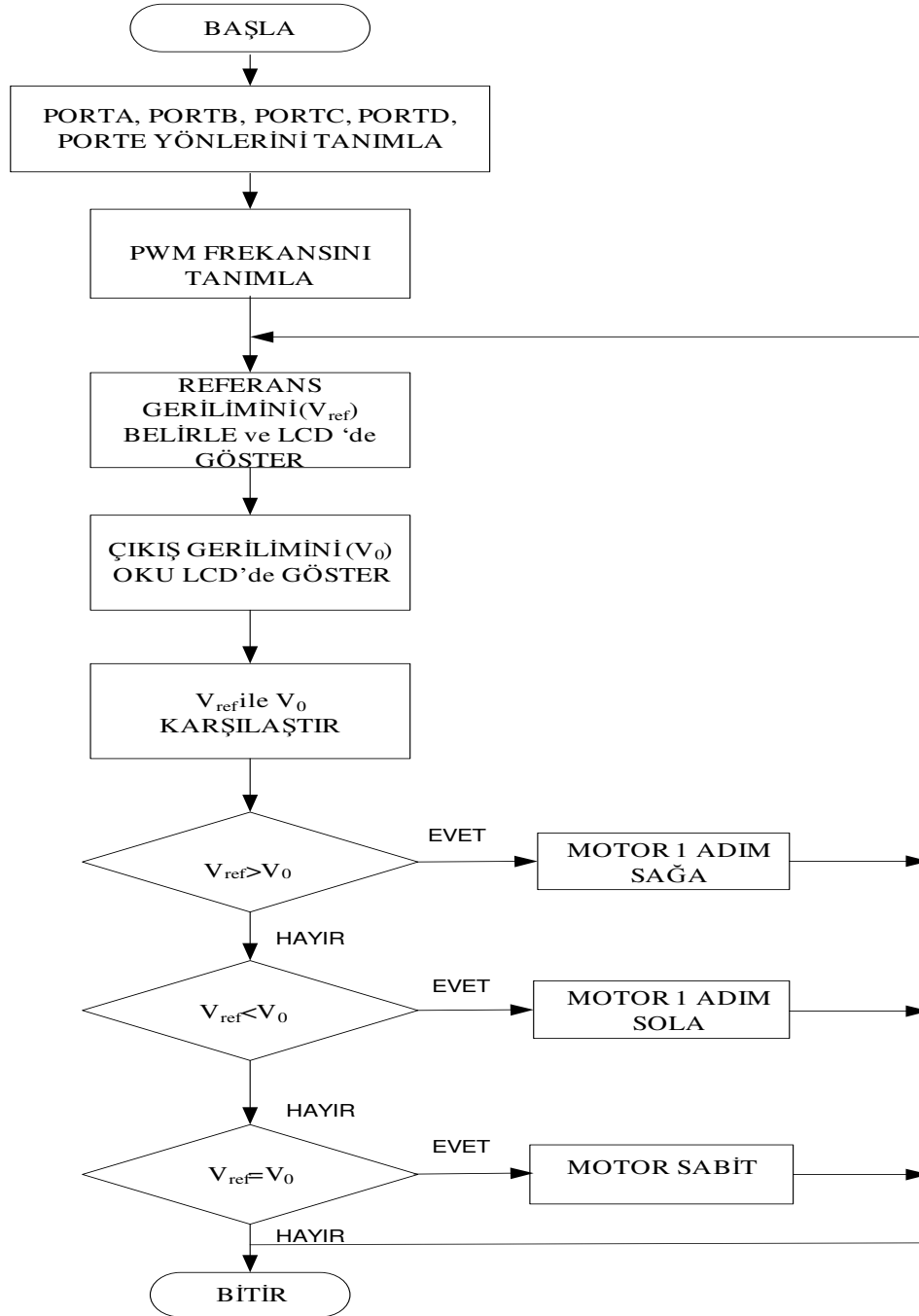
5.1. Servo Gerilim Regülatörünün Matematiksel Modeli

Şekil 5.1’de mikroişlemci kontrollü servo gerilim regülatörünün tasarımına ilişkin matematiksel modeli verilmiştir. Motorlu değişken transformatörün çıkışında geri besleme olarak V_0 bilgisi kullanılmaktadır. Sonuç V_0 ile belirlenen V_{ref} arasında, işlem merkezinde bir fark (e) değeri üretilmektedir, üretilen bu e değeri PID kontrolünden geçirilerek e_1 yeni hata değeri bulunmaktadır. Bu hata değeri ve PWM metodu ile motor hızı kontrol edilir.



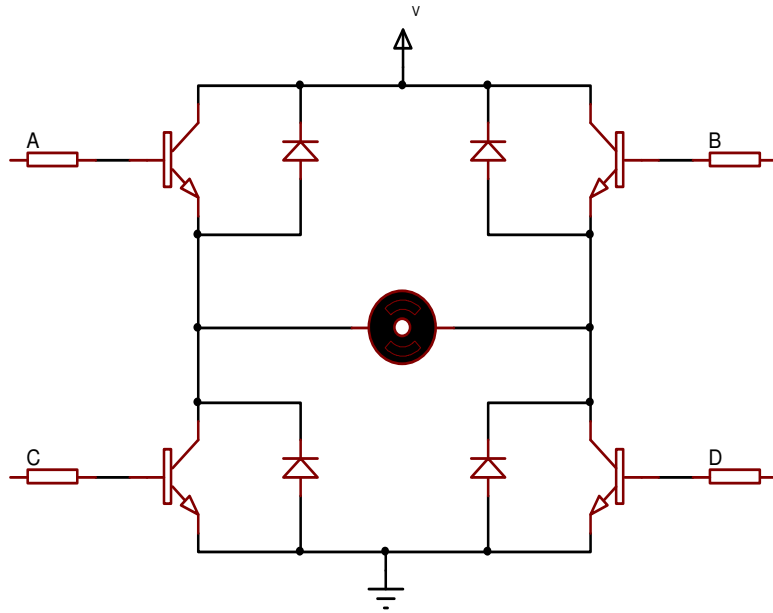
Şekil 5.1. Servo gerilim regülatörünün matematiksel modeli

5.2. Servo Gerilim Regülatörünün Mikro  lemci Kontrolüne İlişkin Akış Diyagramı



Şekil 5.2. Servo gerilim regülatörünün mikro  lemci kontrolüne ilişkin akış Diyagramı

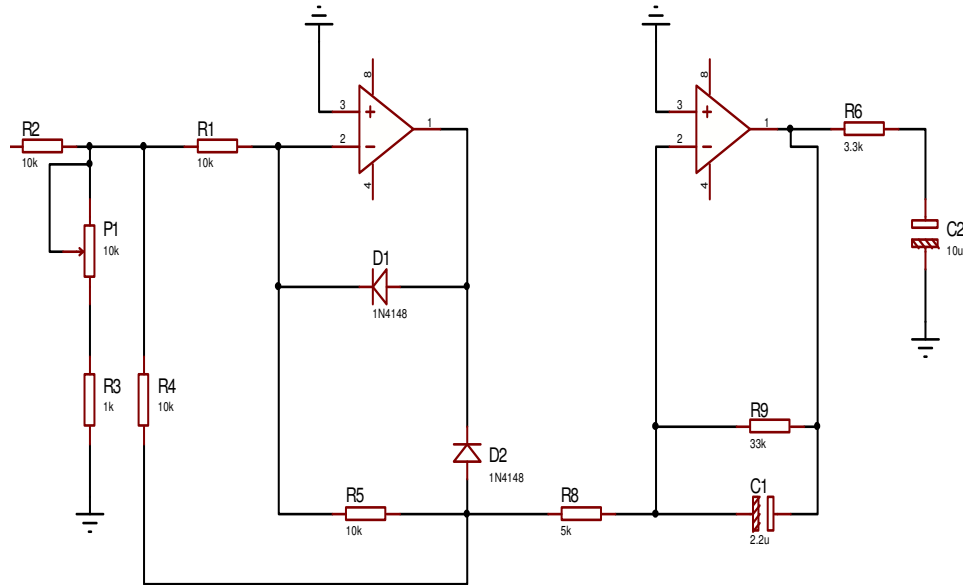
Şekil 5.2’de servo gerilim regülatörünün mikroişlemci kontrolüne ilişkin akış diyagramı gösterilmiştir. HI-TECH C derleyicisi kullanılarak program yazılır ve kaydedilir. Programı derlemek için build menüsünden make komutu seçilir. Programı derlediğinde hex uzantılı bir dosya oluşturulacaktır. Program, PIC programlayıcısı ile PIC18F452 mikrodenetleyicisine yazdırılır. Değişken transformatöre monte edilen DA motor ile, çıkış gerilimi regüle edilmektedir. Referans gerilim ile çıkış gerilimi arasında fark olduğunda DA motoru dönmektedir. DA motorun iki yönlü hareketinin hız kontrolü ile birlikte yapılabilmesi için H köprüsü kullanılmıştır. H köprüsü girişleri PIC18F452 mikrodenetleyicisinin PWM çıkışlarına bağlanmaktadır. PWM1 sinyali motorun sağa dönüş hızı, PWM2 sinyali ile motorun sola dönüş hızı kontrol edilmektedir. Şekil 5.3’de basitleştirilmiş H köprüsü devresi gösterilmiştir. Motorun sağa dönmesi için A ve D transistörlerinin iletimde, motorun sola dönmesi için B ve C transistörlerinin iletimde olması gerekmektedir. Bu uygulamada H köprüsü güç kaybı düşük olduğu için IGBT kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 5.3. Basitleştirilmiş H köprüsü

Değişken transformatörün herhangi bir andaki çıkış gerilim değeri ölçülür, bu gerilim referans gerilim ile karşılaştırılır ve mevcut hata ve PID denetleyici sayesinde DA motorunun hızı değiştirilerek gerilimin istenilen değerde sabit kalması sağlanır.

Uygulamada, değişken transformatörün giriş gerilimi, çıkış gerilimi ve akımı LCD ekranda gösterilmektedir. Ölçülecek giriş ve çıkış gerilimleri örnekleme transformatörüne uygulanarak PIC18F452 mikrodnetleyicinin analog kanallarının ölçebileceği gerilim seviyesine düşürür. Bu gerilim Şekil 5.4’de gösterilen doğrultucu devresine uygulanır. Uygulanan AA gerilim doğrultma devresi ile DA gerilim değerine çevrilerek PIC18F452 mikrodnetleyicinin analog girişlerine (AN0, AN1) uygulanır. Uygulanan bu gerilim PIC18F452 mikrodnetleyicinin içinde sayısal değere dönüştürülür ve LCD’ye yazılır.



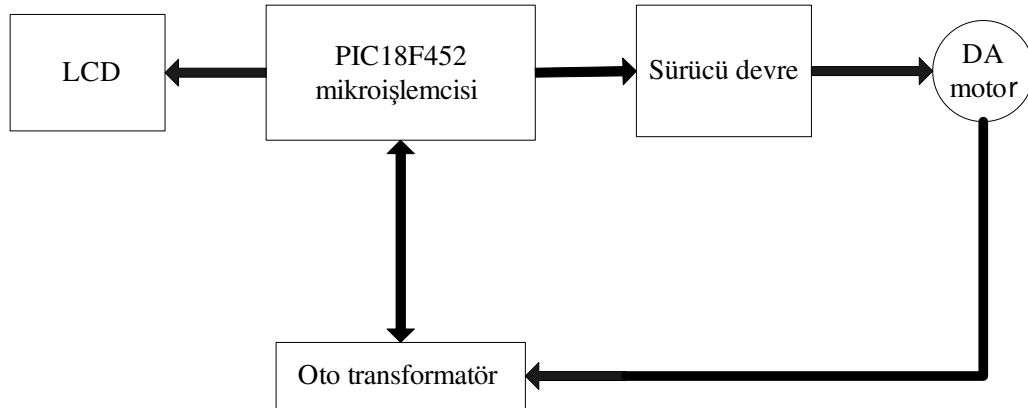
Şekil 5.4. Doğrultma devresi

Çıkış akımının ölçülmesi için, akım transformatörü tarafından, akım gerilime çevrilir. Oluşan AA gerilim Şekil 5.4’de gösterilen doğrultucu devresine uygulanır. Uygulan AA gerilim burada DA gerilim değerine çevrilerek PIC18F452’nin analog

kanala (AN1) uygulanır. PIC18F452'nin içinde sayısal değere dönüştürülür ve LCD'ye yazılır.

5.3. Servo Gerilim Regülatörünün Mikroişlemci Kontrolünün Donanıma Ait Blok Şeması

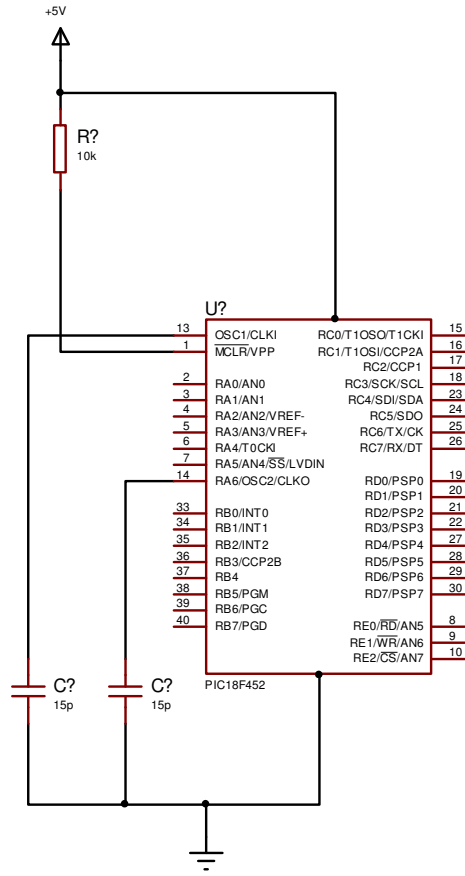
Servo gerilim regülatörünün mikroişlemci ile kontrolünün donanımına ait blok şeması Şekil 5.5'de gösterilmektedir. Referans gerilim değeri butonlar yardımıyla girilir. Referans gerilim ile çıkış gerilimi karşılaştırılır ve aralarında fark oluştursa motor hareket ederek varyağın çıkışındaki gerilimi sabitler. Aynı zamanda LCD'de giriş gerilimi, çıkış akım ve gerilimi görüntülenmektedir.



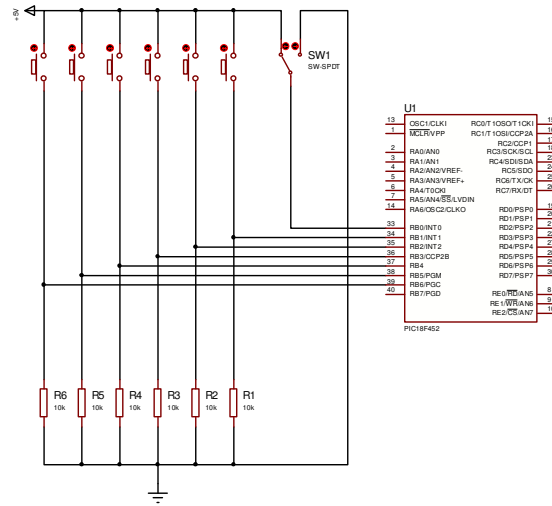
Şekil 5.5. Servo gerilim regülatörünün mikroişlemci kontrolünün donanıma ait blok şeması

5.4. Servo Gerilim Regülatörünün Mikroişlemci Kontrolünün Elektronik Devre Şeması

Tasarlanan sistemin çalışmasını kontrol eden PIC18F452 mikroişlemcisidir. PIC18F42 mikrodenetleyicinin çalışması için gerekli olan osilatör, reset ve besleme devresi Şekil 5.6'da gösterilmiştir. Ayrıca buton grubu Şekil 5.7'de, LCD ekran Şekil 5.8'de ve motor sürücü devresi Şekil 5.9'da gösterilmiştir.



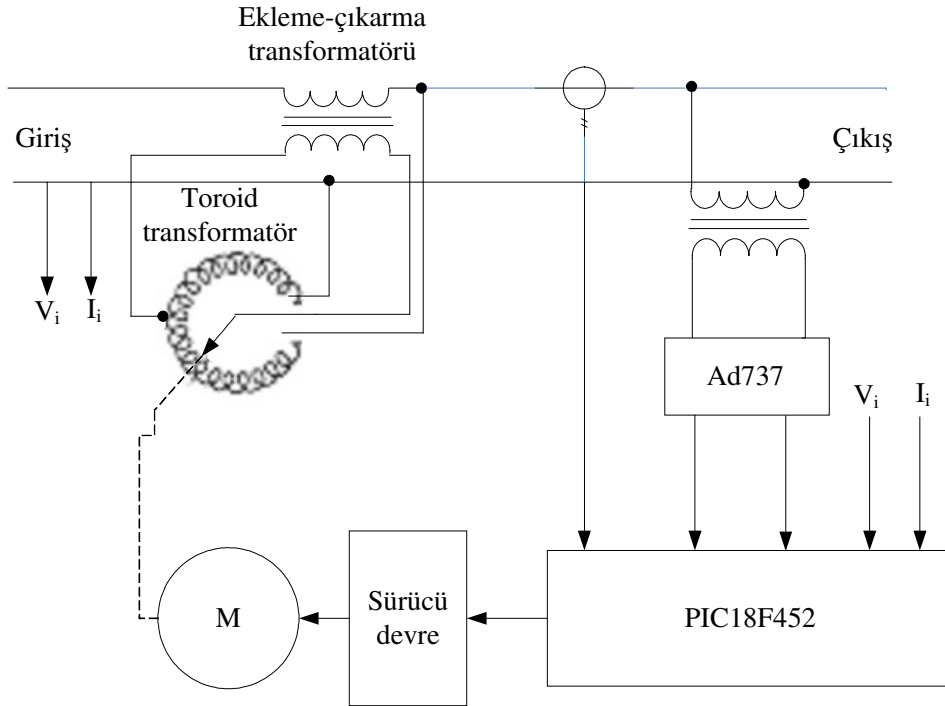
Şekil 5.6. Osilatör ve besleme devresi



Şekil 5.7. Buton devresi

5.5. Servo Gerilim Regülatörünün Mikroişlemci Kontrolünde Elde Edilen Veriler ve Değerlendirilmesi

Servo gerilim regülatörü, Şekil 5.9’da gösterildiği gibi troidal transformatör, değişken transformatörü kumanda eden DA motora çıkış gerilimine göre kumanda veren elektronik devreden oluşmuştur.

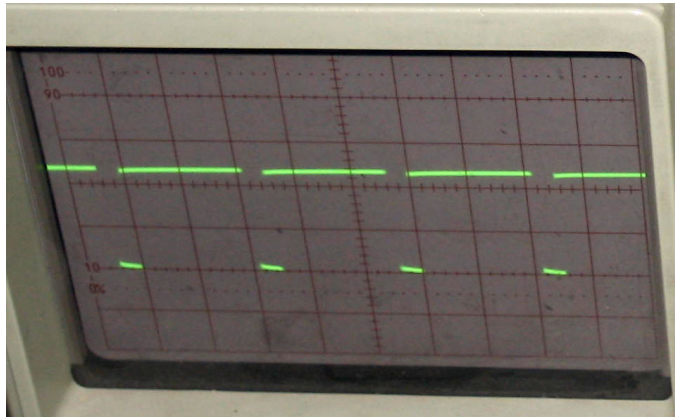


Şekil 5.10. Servo gerilim regülatörünün devre şeması

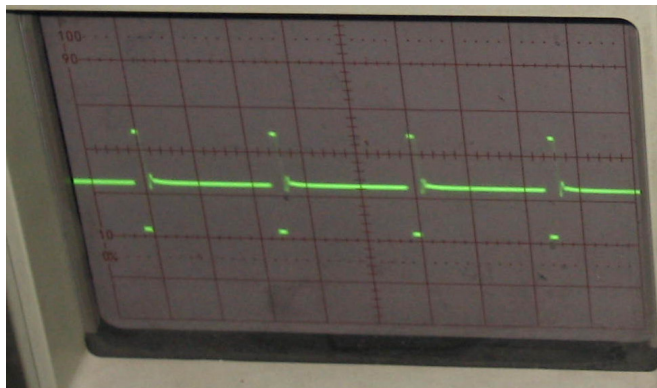
Giriş gerilimi, çıkış gerilimi ve akımını ölçmek için gerekli bağlantılar yapıldıktan sonra buton devresindeki RB1 butonuna basıldığında “referans gerilimi” sayfası LCD ekranda görüntülenir. RB2 butonuna basıldığında referans gerilim değeri 10’ar artmakta, RB3 butonuna basıldığında 10’ar azalmaktadır. RB4 butonuna basıldığında referans gerilim değeri 1’er artmakta, RB5 butonuna basıldığında 1’er azalmaktadır. RB6 butonuna basıldığında girilen referans gerilim değeri onaylanmaktadır. RB7 butonuna basıldığında “giriş gerilimi” LCD ekranda görüntülenir.

Devreye kademeli olarak yük alındığında referans gerilim ile çıkış gerilimi karşılaştırılır. Mevcut hata ve PID kontrolör sayesinde DA motorun hızı değiştirilerek gerilimin istenen değerde sabit kalması sağlanır.

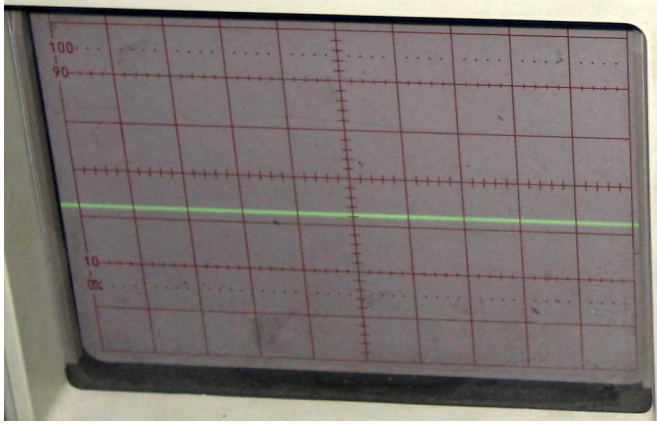
Sistemdeki DA motorun hız kontrolünde uygulanan PWM sinyalin dalga şekli osiloskop kullanılarak Resim5.1, Resim5.2 ve Resim5.3’de görüntülenmiştir. Resim 5.1.’de gösterildiği gibi motora uygulanan PWM sinyalin görev saykılı %85’tir. Resim 5.2’de çıkış gerilim değeri referans gerilim değerine yaklaştıkça PWM sinyalin görev saykılı %20’ye doğru yaklaştığı ve Resim 5.3’de çıkış gerilim değeri referans gerilim değerine ulaştığında ise PWM sinyalin görev saykılı “0” olduğu gösterilmiştir.



Resim 5.1. DA motora uygulanan PWM sinyali



Resim 5.2. Motora uygulanan PWM sinyali



Resim 5.3. Motora uygulanan PWM sinyali

Resim 5.4, Resim 5.5 ve Resim 5.6’da farklı akımlarda “referans gerilimi”, “çıkış gerilimi” ve “çıkış akımı” gösterilmektedir. Devreye yük alındığında ve devreden yük çıktığında oluşan gerilim değişimleri PID kontrolör sayesinde DA motor tarafından düzeltilmektedir.



Resim 5.4. LCD görüntüsü



Resim 5.5. LCD görüntüsü



Resim 5.6. LCD görüntüsü

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada PIC18F452 mikrodnetleyici ile kontrollü servo gerilim regülatörünün tasarımı ve uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Servo gerilim regülatörünün kontrolünde PIC18F452 mikrodnetleyicisi kullanılmıştır. PIC18F452 mikrodnetleyicisine uyarlanan programın çalışabilmesi için 40 MHz frekanslı kristal osilatör kullanılmıştır. PIC18F452 mikroişlemcisinin kullanılmasının nedenleri, flash hafıza teknolojisi kullanılarak üretilmiş olması, matematik işlemleri kısa zamanda yapabilmesi, maliyetinin düşük olması yeterli program ve veri hafızasının olması olarak belirtilebilir. Mikrodnetleyici HI-TECH C derleyicisi kullanılarak programlanmıştır.

Butonlar kullanılarak referans gerilimi 0-250V arasında girilebilmektedir. Okunan çıkış gerilimi, çıkış akımı gibi analog veriler doğrultularak ortalama değere dönüştürülür. Doğrultma devresinin çıkışından alınan bu DA sinyal PIC18F452 mikrodnetleyicisi tarafından sayısal veriye dönüştürülerek likit kristal ekranda görüntülenmekte ve ayrıca kontrol verisi olarak kullanılmaktadır.

Servo regülatörün hareket mekanizmasında H köprü yardımıyla kontrol edilen sabit mıknatıslı DA motoru kullanılmıştır. Sistem, toroid transformatör ile ekleme-çıkarma transformatöründen oluşmaktadır.

Servo gerilim regülatöründe PID kontrol tekniği kullanılmıştır. Kontrol edilen değişken çıkış gerilimidir. Koruma ve bilgilendirme amaçlı olarak giriş gerilimi, çıkış akımı bilgileri okunmaktadır. Akım ve gerilim gibi okunan değerler ile güç gibi hesaplanan değerler ekranda okunabilmektedir.

Çalışma sonunda, çıkış geriliminin şebeke ve yük akımındaki değişimlere rağmen ayarlanan limitler dahilinde kontrol edilebildiği görülmüştür.

Bundan sonra yapılacak bir çalışmada, doğrusal olmayan yüklerde de ölçme hatasını azaltmak amacıyla gerçek etkin değer hesaplaması yapabilen 16 veya 32 bit işlemcilerin kullanılması uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

1. H. Sarmiento and E. Estrada, "A Voltage Sag Study in an Industry with Adjustable Speed Drives", *IEEE Industry Applications Magazine*, 16-19 (1996).
2. Eğridere, B. "Elektrik Enerji Sistemlerinde Gerilim Kararlılığı ve iyileştirilmesinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 5 (2006)
3. Mark McGranaghan, D. Mueller and M. Samotyj, "Voltage Sags in Industrial Systems", *IEEE Trans. on Industry Applications*, 397-402 (1993).
4. S. Bhattacharya, D.M. Divan and B. Banerjee, "Synchronous Frame Harmonic Isolator Using Active Series Filter," *EPE'91 Conference Records*, 30-35 (1995).
5. Elmas, Ç. "Servomekanizmalı Gerilim Regülatörü ve Yeni Bir Ayar Trafosu Tasarımı", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 5 (2006).
6. Lauer, H, Lesnik, R, N, MATSON, L., " Servomekanizma Temelleri I, 2. Baskı", Çeviri Editörü, *Ülğür, M*, İstanbul, 5-10 (1978).
7. Chapman , J, "Electric Machinery Fundamentals" *Mc Graw Hill*, Newyork 126, (1992).
8. Prof. Dr. Boduroğlu T., "Elektrik Makinaları Dersleri Cilt I", *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul, 68-70 (1982).
9. Prof. Dr. Güzelbeyoğlu N., "Elektrik Makinaları I-II", *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul, 28 (1998).
10. El-Hawary, E., M., "Principles of Electric Machines With Power Electronic Applications", *Pratice Hall*, Englewood Cliff, 313 (1994).
11. Guru B. S., Hiziroğlu H. R., "Electric Machinery&Transformers", *Oxford University Pr.*, Newyork, 228-229 (1995).
12. Fitzgerald, AE, Kingsles, C., Umans D., S., "Electric Machinery", *Mc Graw Hill*, Singapore, 76 (1990).
13. Chapman, J., S., "Electric Machinery and Power System Fundamentals" *Mc Graw Hill*, Bostan, 132 (1992)
14. Yılmaz M., Kaya İ., "Servo ve Senkromekanizmalar", Mersin Üniversitesi, Mersin, 3 (2006)
15. Güngör B, Büyükyıldız A, Sefa İ, "Sürekli Mıknatıslı bit DA Motorunun Kapalı

Döngülü Hız Kontrolü” **Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Politeknik Dergisi**” 2(1): 85-87 (1999).

16. Kuo, B, C, “Otomatik Kontrol Sistemleri, 3. Baskı”, *Literatür Yayıncılık*, İstanbul, 9-191 (2005).
17. Ogata, K., “Modern Control Engineering”, Second Edition, *Prentice Hall, Inc.*, USA, 7, (1990).
18. Younkın G. W., “Industrial Servo Controls Systems”, *Marcel Dekker*, Newyork, 4-5 (1996).
19. Hall, P, Clifford, M, “Modern Electric/Electronic Motors”, *Prentice Hall*, Englewood Cliffs, 195 (2005).
20. Distefano, J., J., Stubberud, R., A., Williams, J., I., “Feedback and Control. *Mc Graw Hill*, Newyork 120 (1992).
21. Ateş H.,Peşint A., “Elektrik Makinalarının Esasları”, *Gazi Üniversitesi Basın Yayın Yüksekokulu Matbaası*, Ankara, 230, (1990).
22. Prof. Dr. Sarıoğlu M. K., “Otomatik Kontrol”, *Birsen Yayınevi Ltd. Şti.*, İstanbul, 9, (2006).
23. Prof. Dr. Akçalı İ. D., “Otomatik Kontrol”, *Nobel Kitapevi*, Adana, 112-114, (2001).
24. Özkan, E. “Kontrol Sistemlerinin Modellenmesi ve PID Kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 7 (2006).
25. Coşkun, İ., “Otomatik Kontrol” *Gazi Üniversitesi*, Ankara 48 (1998).
26. Hellerstein J. L., Diao Y. ,Parekh S., Tilbury M., “Feedback Control Of Computing Systems”, *IEEE Pres* Newyork, 320-323, (2004).
27. Yüksel İ, “Otomatik Kontrol Sistem Dinamiği ve Denetim Sistemleri”, *Vipaş*, Bursa, 203 (2001).
28. Bodur Y., “Her Yönüyle PIC Mikrokontrolörler”, *Bileşim Yayıncılık*, İstanbul 4-258 (2004).
29. Ayyıldız S., “Jal ile PIC Programlama”, *Altaş Basım*, İstanbul, 361-362 (2006).
30. Peatman J. B., “Embedded Desing with The PIC18F452 Microcontroller”, *Prentice Hall*, Upper Saddle Ri, 134-307 (2003).
31. Akpolat Ç., “PIC Programlama”, *Pusula Yayıncılık*, İstanbul, 62 (2005).

32. Altınbaşak O., “Mikrodenetleyiciler ve PIC Programlama”, *Altaş Basım*, İstanbul, 28-29 (2000).
33. Hugles A., “Electric Motors and Drivers Fundamentals Types and Applications”, *Newnes* England, 63-64 (2003).
34. Prof Dr.Doğan, İ, “PIC C Motor Kontrol Projeleri”, Bilişim *Yayıncılık, İstanbul*, 129-131 (2004).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : BOZKURT, Nurel
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 01.09.1975 Tekirdağ
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (282) 261 20 28
 e-mail : nurelbozkurt@mynet.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /Elektrik Eğitim Bölümü	2002
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Elektrik Eğitim Bölümü	2000
Lise	Teknik Lise ve Endüstri Meslek Lisesi	1993

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1999-2006	ATTIL ve Endüstri Meslek Lisesi	Öğretmen

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Tenis, Kitap okumak