T.C

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BULANIK MANTIK TABANLI İNDÜKSİYON MOTOR KORUMA SİSTEMİ TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Okan UYAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR SİSTEMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

KONYA, 2010

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BULANIK MANTIK TABANLI İNDÜKSİYON MOTOR KORUMA SİSTEMİ TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Okan UYAR

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÇUNKAŞ

2010, 81 sayfa

Jüri : Prof. Dr. Novruz ALLAHVERDİ

Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÇUNKAŞ

Yrd. Doç. Dr. Ömer Kaan BAYKAN

Bu çalışmada, asenkron motorları altı farklı hata parametresine karşı koruyan elektronik koruma sistemi gömülü sistem olarak gerçekleştirilmiştir. Bu parametreler; aşırı gerilim, aşırı akım, sargı sıcaklığı, gerilim dengesizliği, akım dengesizliği ve düşük gerilimdir. Sistem bir hata algıladığında belirli bir süre bekleyerek bu süre içinde hata düzelmemiş ise motorun çalışmasını durdurmaktadır. Bu süreyi Mikro denetleyici içine yazılmış bulanık mantık programı hesaplamaktadır. Böylece birçok hata kombinasyonu için farklı süreler üretilmiş ve kontrol sisteminin hassasiyeti artırılmıştır.

Kontrol sistemi bir hata algıladığında sesli uyarı vererek hatanın nereden kaynaklandığını grafik ekranda göstermektedir. Bu ekranda aynı zamanda hata oluştuğu andaki akım, gerilim veya sıcaklık değerleri de izlenebilmektedir. Ayrıca okunan tüm veriler RS232 kablosu ile bilgisayara aktarılabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Gömülü Sistem, Bulanık Kontrol, Asenkron Motor, Motor Koruma

ABSTRACT

Master Thesis

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF FUZZY LOGIC BASED PROTECTION SYSTEM FOR INDUCTION MOTORS

Okan UYAR

Selçuk University Graduate School of Natural and Applied Sciences
Electronic and Computer System Education Department

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Mehmet ÇUNKAŞ

2010, 81 pages

Jury : Prof. Dr. Novruz ALLAHVERDİ

Assist. Prof. Dr. Mehmet ÇUNKAŞ

Assist. Prof. Dr. Ömer Kaan BAYKAN

In this study, an electronic protection system was carried out as embedded system which protects asynchronous motors against six different fault parameters. These parameters are over voltage, over current, wind temperature, voltage unbalance, current unbalance and low voltage. When a fault detected, system wait for a while. If the fault is not recovered, the system will shut down the motor. This interval is calculated by fuzzy logic program that was embedded in microcontroller. Thus various time delays produced for various fault combinations and improved the sensibility of the control system.

When the fault detected, system alerts and shows us the source of the error via graphic display. Current, voltage or temperature values in case of fault can show in display, as well. Furthermore, all of the displayed values can be transmitted to computer via RS232 cable.

Keywords: Embedded Systems, Fuzzy Control, Asynchronous Motors, Motor Protection

TEŞEKKÜR

Tezin daha iyi olması için öneri ve tecrübelerini esirgemeyen danışmanım Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÇUNKAŞ' a, bulanık mantık konusundaki yardımlarından dolayı Prof. Dr. Novruz ALLAHVERDİ' ye, yazılım aşamasında programın daha hızlı çalışması konusundaki fikirleri için Araş. Gör. Tahir SAĞ' ve deney setinin oluşturulması için gereken malzemelerin alınmasında maddi desteklerinden dolayı **Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinatörlüğü'** ne teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**

ABSTRACT ..... **iii**

TEŞEKKÜR ..... **iv**

İÇİNDEKİLER ..... **v**

ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **vii**

TABLOLAR LİSTESİ ..... **viii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Tezin Konusu ve Amacı 2
1.2. Tezin Organizasyonu 3
1.3. Kaynak Araştırması 4
1.4. Materyal ve Metot 6

2. MOTOR KORUMA RÖLELERİ **8**

2.1. Sargı Kısa Devresi Koruma Rölesi 8
2.2. Toprak Kaçağı Koruma Röleleri 9
2.3. Aşırı Akım Koruma Röleleri 10
2.4. Isıdan Koruma Röleleri 12
2.5. Faz Dengesizliği Rölesi 13
2.6. Mikro denetleyici Tabanlı Koruma Röleleri 15

3. BULANIK KONTROL **16**

3.1. Bulanıklaştırma Arabirimi 18
3.2. Bilgi Tabanı 19
3.3. Sonuç Çıkarım Mekanizması 19
3.4. Durulaştırma Arabirimi 19
3.5. Bulanık Mantığın Uygulama Alanları 20

4. GÖMÜLÜ SİSTEMLER **22**

4.1. Gömülü Sistem Platformu 23
4.2. Gömülü Sistem Araçları 24
4.3. Gömülü Sistemde Hata Ayıklama 25

5. SİSTEMİN TASARIMI.....26
5.1. Elektronik Donanım.....29
5.2. Tasarım Özellikleri.....35
5.3. Sistem Yazılımı.....36
5.3.1. Yazılımla İlgili Bulanık Mantık Bilgileri.....36
5.3.2. Yazılım Algoritması.....42
5.4. Deneysel Sonuçlar.....47
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....51
KAYNAKLAR.....53
EKLER.....55

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Elektromekanik Koruma Rölesi ve İç Yapısı 9
Şekil 2.2: Faz Toprak Koruma Rölesi..... 9
Şekil 2.3: Endüksiyon Röle Çalışma Prensip Şeması.....11
Şekil 2.4: Ani Çalışan Sekonder Aşırı Akım Rölesi Prensip Şeması 11
Şekil 2.5: Yatak Isınma Rölesi Bağlantısı.....13
Şekil 2.6 : Faz Koruma Rölesi.....14
Şekil 2.7 : GE Multilin 239 Cihazına Ait Prensip Şeması 15
Şekil 3.1: Bulanık Kontrol Sistemi.....18
Şekil 4.1: Gömülü Sistem Prensip Şeması.....23
Şekil 5.1: Sisteme Ait Akış Diyagramı.....26
Şekil 5.2: Deney Düzeneği.....27
Şekil 5.3 : Sistemin Genel Blok Diyagramı 29
Şekil 5.4: Grafik LCD ve Tuş Takımı Şeması 30
Şekil 5.5 : Sistem Ayar Menüsü Modunda 31
Şekil 5.6 : Kontrol Sisteminin Devre Şeması.....32
Şekil 5.8 : Güç Kaynağı Şeması 33
Şekil 5.7 : LM2576 İç Yapısı 33
Şekil 5.9 : Bulanık Kontrol Sistemi.....37
Şekil 5.10 : Aşırı Gerilim Girişine Ait Üyelik Fonksiyonları 40
Şekil 5.11 : Aşırı Akım Girişine Ait Üyelik Fonksiyonları 40
Şekil 5.12 : Sıcaklık Girişine Ait Üyelik Fonksiyonları 40
Şekil 5.13 : Gerilim Dengesizliği Girişine Ait Üyelik Fonksiyonları 41
Şekil 5.14 : Akım Dengesizliği Girişine Ait Üyelik Fonksiyonları.....41
Şekil 5.15: Düşük Gerilim Girişine Ait Üyelik Fonksiyonları.....41
Şekil 5.16 : Süre Çıkışına Ait Üyelik Fonksiyonları 41
Şekil 5.17: Değerlerin Yazıldığı Ekran.....42
Şekil 5.18 : Hata Ekranı, İlk Durum 46
Şekil 5.19 : Hata Ekranı , Durum Bildirme Modu.....46
Şekil 5.20: Kural 1 İçin Matlab İle Deney Setinin Karşılaştırılması.....50
Şekil 5.21 : Kural 2 İçin Matlab İle Deney Setinin Karşılaştırılması.....50

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 5.1: Kullanılan Makine Teçhizatların Özellikleri.....28
Tablo 5.2 : Tasarlanan Sistemin Özellikleri.....35
Tablo 5.3 : Bulanık İfadelerin Kısaltma ve Açıklamaları.....37
Tablo 5.4 : Giriş ve Çıkış Değerlerinin Aralıkları.....38
Tablo 5.5 : Kural Tabanı 1 İçin Bazı Örnekler.....38
Tablo 5.6 : Kural Tabanı 2 İçin Bazı Örnekler.....38
Tablo 5.7 : Üyelik Fonksiyonları ve Formülleri.....39
Tablo 5.8 : Kural Tabanı 1 İçin Test Sonuçları.....48
Tablo 5.9 : Kural Tabanı 2 İçin Test Sonuçları.....48
Tablo 5.10: Kural 1 İçin Matlab ve Deney Sonuçları.....49
Tablo 5.11 : Kural 2 İçin Matlab ve Deney Sonuçları.....49

SİMGELER VE KISALTMALAR

A	Amper
ADC	Analog – Sayısal Dönüştürücü
CPU	Merkezi İşlem Birimi
DC	Doğru Akım
I/O	Giriş – Çıkış
kW	Kilo Watt
MIPS	Mikro Denetleyici Hız Birimi
MHz	Mega Hertz
PCB	Baskı Devre
PIC	Microchip firmasının mikrodenetleyicilerine verdiği isim
PID	Orantılı Integral Türetme
PLL	Faz Kilitlemeli Döngü
RS232	Seri İletişim Protokolü
sn	Saniye
SSR	Katı Durum Rölesi (Elektronik Röle)
V	Volt

1. GİRİŞ

Sanayinin birbirinden farklı kolları düşünüldüğünde, en yaygın kullanılan cihazın elektrik enerjisini mekanik enerjiye çeviren elektrik motorları olduğunu fark ederiz.

Asenkron motorların devir sayıları yükle çok az değişir. Bu motorlar sabit devirli motorlar sınıfına girer. Asenkron motorların özellikle yapılarının basit ve ucuz olması, fazla arıza yapmamaları, bakıma az ihtiyaç duymaları, tamiratlarının basit ve kolay olması, çalışmaları sırasında elektrik arkı meydana getirmemeleri, sessiz çalışmaları gibi üstünlüklerinden dolayı endüstride en çok tercih edilen motordur. Bir diğer sık kullanılan motor türü ise doğru akım şönt motorlarıdır. Bu motorların devir sayısı çok geniş bir aralıkta değişebilir (Saçkan 1992).

Asenkron makineler endüstride genellikle motor olarak çalıştırılırlar, fakat belirli koşulların sağlanması durumunda jeneratör olarak da çalıştırılabilirler. Asenkron makineleri senkron makinelerden ayran en büyük özellik, dönme hızının sabit olmayışıdır. Bu hız, motor olarak çalışmada senkron hızdan küçüktür. Makinenin asenkron olması bu özelliğinden ileri gelmektedir (Boduroğlu 1994)

Sanayideki üretim sistemlerinin birçok aşamasında motorların kullanımı kaçınılmazdır. Motorların bu kadar önemli bir eleman olduğu düşünüldüğünde, motor arızalarının da üretimi ne denli etkileyeceğini tahmin etmek kolay olacaktır. Bu yüzden motorlar arızalanmadan önce önlemimizi almak bakım ve iş gücü kayıplarının önüne geçecektir.

Günümüzde, motorları arızalara karşı korumak için birçok yöntem kullanılmaktadır. Yakın zamana kadar bu koruma işlevini mekanik elemanlar görürken günümüzde mekanik ve elektronik sistemlerin beraber kullanıldığı veya mikroişlemci tabanlı tamamen elektronik kontrol elemanlarının bulunduğu kontrol sistemleri kullanılmaktadır.

1.1. Tezin Konusu ve Amacı

Bu çalışmada asenkron motorlar için elektronik koruma sistemi gömülü sistem olarak gerçekleştirilmiştir. Sistem sargı sıcaklığı ile birlikte 3 fazın akım ve gerilim değerini ölçerek bulanık mantık kurallarında belirtilen sınırların içine girip girmediğini kontrol etmektedir. Kural tabanında; aşırı gerilim, aşırı akım, sıcaklık, gerilim dengesizliği, akım dengesizliği ve düşük gerilim hatalarına karşı motoru kapatmak için beklenecek süre bulunmaktadır. Yukarıda bahsedilen hatalardan biri veya bunların herhangi bir kombinasyonu oluştuğunda sistem bekleme süresini hesaplar ve bu süre sonunda hata düzelmediği takdirde motoru durdurur.

Motorun bir hata algılandığında derhal durdurulması bir takım sorunlara sebep olacaktır. Örneğin; gerilimdeki geçici bir dengesizlik yüzünden motor hemen kapatıldığında tekrar çalıştırılana kadar belli bir iş kaybı olabilecek, açma kapama işleminin otomatik olduğu sistemlerde ise motor, sık kalkınma hatalarına maruz kalacaktır. Kapatma için belirli bir süre beklenen sistemlerde ise ayarlanan bekleme süresi çok önemlidir. Motor arızaları birçok sebepten olabileceği için her tür hatada ayrı bir bekleme süresi ayarlanması gerekecektir ve ayarlanan bu gecikme değerini belirlemek uzmanlık gerektirir. Belirlenen süre gerekenden az olduğunda ise durum daha tehlikeli olacaktır. Örneğin hatanın sebebi aşırı akım iken motor çalışmaya devam ederse sargıların yanması gibi birçok ciddi arızalar oluşacaktır.

Bahsi geçen tüm arıza parametreleri için tek bir bekleme süresini hesaplamak çok zor olacaktır. Bunun için bulanık mantık yöntemi kullanarak bekleme süresi esnek ve hassas bir şekilde belirlenebilmektedir. Oluşturulan kural tabanı ile motorun kapatılması için gereken süre bulanık olarak hesaplanacak ve motordan okunacak akım, gerilim ve sıcaklık gibi verilere göre SSR' ye (Solid State Relay) durdurma sinyali gönderilmektedir.

1.2. Tezin Organizasyonu

Yapılan çalışmada asenkron motorları çeşitli hatalara karşı koruyan, bulanık mantık tabanlı gömülü sistem gerçekleştirilmiştir.

İkinci bölümde, yapılan sistemin özelliklerinden bazılarını taşıyan mekanik ve elektronik koruma röleleri hakkında kısa örnekler verilmiştir. Bu bölümde, Sargı kısa devresi, Toprak kaçağı koruma röleleri, Aşırı akım koruma röleleri, Isıdan koruma röleleri, Faz dengesizliği rölesi ve Mikro denetleyici tabanlı koruma rölelerine ait kısa bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde, bulanık kontrol hakkında bilgiler verilmiştir. Bir bulanık kontrol sisteminin temel bileşenleri olan bilgi tabanı, sonuç çıkarım mekanizması, durulaştırma arabirimi hakkında bilgiler verilmektedir. Ayrıca bulanık kontrolün uygulama alanları, avantaj ve dezavantajları da bu bölümde özetlenmiştir.

Dördüncü bölümde, gömülü sistemlerle ilgi bilgiler ve örnekler verilmiştir. Gömülü sistemlerde kullanılan mikro denetleyici çeşitleri, denetleyicilere yüklenen gömülü sistemlere özel işletim sistemleri hakkında örnekler verilmiştir.

Beşinci bölümde, sistemi elektronik ve yazılım olarak iki ayrı başlıkta anlatılmaktadır. Elektronik devrelerin şemalarıyla ayrıntılı açıklamalar yapılmıştır. Yazılımı açıklamak için de sözde kod yöntemiyle genel algoritma verilmektedir. Bu bölümde ayrıca deneysel sonuçlar da verilmektedir. Ayrıca deney ortamında kullanılan değerler Matlab ile simüle edilerek sistemin doğruluğu hakkında karşılaştırma yapılmıştır.

Son bölümde tezin sonucu ve bundan sonra gerçekleştirilen çalışma ile ilgili neler yapılabileceğine dair öneriler bulunmaktadır.

1.3. Kaynak Araştırması

Motor koruma sistemleri ile ilgili bugüne kadar birçok çalışma mevcuttur. Aşağıda, yapılan bu çalışmalardan bazılarından kısaca bahsedilmiştir.

Çunkaş ve ark. (2000) çalışmalarında akım, gerilim ve sıcaklık hatalarına karşı mikro denetleyici tabanlı bir koruma rölesi tasarlamışlardır. Ölçüm devresinden alınan analog sinyaller A/D çevirici ve mikro denetleyici ile bilgisayara aktarılmaktadır. Alınan bu değerler programda belirlenen referans değerleri ile karşılaştırarak arıza algılanmaktadır. Program sayesinde yüksek/düşük gerilim, yüksek/düşük akım, yüksek sargı sıcaklığı ve tek faza kalma gibi sorunlar algılanmakta ve tristör ile yapılan yumuşak kontrol modülüne kesme ve başlatma sinyalleri gönderilebilmektedir.

Zidani ve ark. (2003) çalışmalarında stator akımına dayalı bir hata tespit ve teşhisi için bulanık mantık tabanlı bir yöntem önermişlerdir. Önerilen yöntemle deneysel olarak sistem test edilmiştir stator hataları doğru bir şekilde teşhis edilmiştir.

Çolak ve ark. (2005) çalışmalarında veri toplama kartı kullanarak faz akım gerilimleri, hız, sargı sıcaklığı, stator akımındaki dengesiz pozisyon verileri bilgisayara aktarılmıştır. Toplanan bu veriler yazılan program vasıtası ile kullanıcıya bilgi verilmekte, bir problem olduğu takdirde motorun çalışması anında durdurulmaktadır.

Bayındır ve Sefa (2007) çalışmalarında bilgisayara bağımlılığı ortadan kaldırmak için toplanan verilerin işlenmesini ve gerekli kontrolün sağlanması için mikro denetleyici kullanmışlardır. Bu sayede performansta artış sağlanmış ve maliyetler önemli ölçüde düşürülmüştür. Ölçüm yapılan faz akım gerilimleri, hız, motor sıcaklığı gibi bilgiler LCD ekranda gösterilmektedir. Olası hatalar dakikada 5 kez kontrol edilmektedir. Hata tespit edildiğinde motora ivedilikle durdurma sinyali gönderilmektedir.

Duran ve ark. (2006) çalışmalarında sensör kullanmadan vektör kontrolü, online olarak parametre hesaplama ve aşırı akım koruması işlemini gerçekleştirmişlerdir. Mevcut yöntem durgun durumdaki sapmayı düzeltmek için sıcaklık tahminini kapsamaktadır. Yeni yöntemde geçici(transient) doğruluğu geliştirmek için deri etkisinin (skin effect = zamana göre değişen akım yoğunluğunun etkin değerinin, bir iletkenin yüzeyine yaklaştıkça iç kısmındakine göre daha fazla olması) tahmini ve sistem iyi performans verene kadar stator akımlarını kontrol ederek aşırı akım koruması sağlanmıştır. Sistemin kullanışlılığı DSP(Sayısal Sinyal İşleme) ve Matlab yardımı ile test edilmiştir.

Bayındır ve ark. (2007) çalışmalarında üç fazlı motorlar için koruma ve yıldız-üçgen yol verme rölesini PIC 16F877 mikrodenetleyicisi ile gerçekleştirmişlerdir. Röle ile, faz sırası, faz kopukluğu, düşük/yüksek gerilim kontrolü yapıldıktan sonra üç fazlı motora yıldız-üçgen yol verilmiştir. Klasik yol verme ve koruma röleleri ile karşılaştırıldığında, kullanılan kontrol elemanı sayısı azalmış, fiziki yapı küçülmüş, bağlantı karmaşıklığı ortadan kaldırılmıştır.

Sudha ve Anbalagan (2007) çalışmalarında üç fazlı motorlarda tek faza kalma, gerilim dengesizliği ve düşük gerilim gibi problemlerden koruma rölesi tasarımı yapmışlardır.Üç sargının gerilimi 400/5 oranlı bir transformatörden geçirildikten sonra PIC 16F877 mikro denetleyicisi içinde bulunan A/D çevirici ile işlenmekte, bahsedilen problemler algılandığı takdirde 7 parçalı göstergede hata kodu gösterilerek operatör uyarılmaktadır.

Lebaroud ve Clerc (2007) çalışmalarında akım dalga şekillerinin zaman-frekans belirsizlik düzleminde analizi yöntemini kullanarak indüksiyon motor hatalarının otomatik tanımasını (diagnosis) gerçekleştirmişlerdir. Bu yöntem iki sıralı işlemin birleşimden oluşmaktadır: özellik çıkarımı ve sınıflandırma. Özellik çıkarımı işleminde, rulman hataları, stator hataları ve rotor hataları gibi farklı sınıflarda olan hataların ayrılabilirliğini artırmak için zaman-frekans gösterimi(TFR=time-frequency representation) tasarlanmıştır. Yeni bir sinyalin sınıflandırması Mahalanobis uzaklığı tabanlı bir sistem olarak tasarlanmıştır.

Bayındır ve ark. (2008) çalışmalarında üç fazlı motorlar için PLC tabanlı koruma ve görüntüleme sistemi tasarlamışlardır. Faz akım gerilimleri, hız, motor sıcaklığı gibi bilgiler bilgisayara aktarılmış, Ladder programlama metodu kullanarak Microwin paket yazılımı ile görüntüleme ve kontrol işlemi PLC yardımı ile gerçekleştirilmiştir.

1.4. Materyal ve Metot

Oluşturulan sistemde 2,2 kW lık asenkron motorun sargı sıcaklığı, her bir faza ait akım ve gerilim değerleri ölçülmüştür. Akım okumak için 400 A e kadar ölçüm yapabilen hall effect prensibi ile çalışan dönüştürücü kullanılmıştır. Dönüştürücü üzerinden ölçüm aralığı 50/100/200 olarak seçilebilmektedir. Oluşturulan sistemde en yüksek akım 50 A i geçmeyeceği için anahtar 50 A konumuna ayarlanmıştır. Böylece hassasiyet artırılmış olmaktadır.

Gerilim okumak için 370 V a kadar ölçüm yapabilen, okunan gerilim ile doğru orantılı olarak 0-10V arasında gerilim üreten bir dönüştürücü kullanılmıştır. Sıcaklık okumak için ise J veya K ısıl çifti(thermocouple) ile 1200 C e kadar ölçüm yapabilen ve ölçüm aralığı ayarlanabilen bir dönüştürücü kullanılmıştır. Dönüştürücü, J tipi ısıl çifti ile 0 – 300 derece arasında sıcaklıkla orantılı olarak 0 – 5 V üretecek şekilde ayarlanmıştır.

Motor kontrolü için SSR(Solid State Relay = Katı Hal Rölesi) kullanılmıştır. SSR nin kontrol uçlarına optokuplör vasıtasıyla 12V verilerek motorun çalışması sağlanmaktadır. Optik yalıtıcı sayesinde motor kısmında oluşan arkların ve gürültünün kontrol sistemini etkilemesi önlenmiştir.

Sistemin kontrolü için 10 MIPS işlem hızına, 32 MHz saat frekansı, 3968 byte RAM, 64 Kb ROM ve 10 Bit çözünürlükte 13 kanal Analog – Digital Çeviriciye (ADC) sahip **18F4620** mikro denetleyicisi kullanılmıştır. Ölçülen değerlerin gösterilmesi için KS108 yongasına sahip 64x128 piksel HDM64GS12 Grafik LCD,

bazı ayarları yapabilmek için eklenmiş altı adet buton ile bir kullanıcı arabirimi oluşturulmuştur. Kontrol kartı vasıtasıyla okunan veriler bilgisayara da aktarılabilmektedir.

Kontrol sistemini beslemek için LM2576-5 entegresiyle, SSR yi beslemek için LM2576-12 ile ve sinyal dönüştürücüleri beslemek içinde LM2576-ADJ ile 3 ayrı güç kaynağı yapılmıştır.

Deney düzeneğinde, 3 Fazlı varyak, motoru zorlamak için kullanılan DC Jeneratör, DC Jeneratöre uyartım gerilimi vermek için 0 – 200 V ayarlı DC varyak, DC Jeneratörü yüklemek için 1,1KW lık taş dirençler kullanılmıştır. Tüm sisteme gelen 3 Fazın akım ve gerilimlerini ölçebilen multimetrenin de olduğu bir sigorta panosu da bulunmaktadır.

2. MOTOR KORUMA RÖLELERİ

Motor Koruma Röleleri, 3 fazlı sistemlerde motoru; faz hatası, gerilim dengesizliği ve aşırı ısınma gibi durumlarından korumakta kullanılmaktadır.

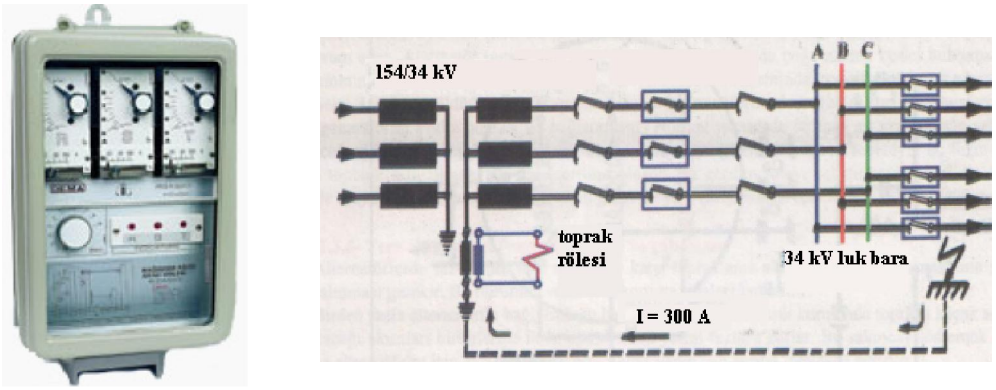
Bu bölümde günümüzde kullanmakta olan mekanik ve elektronik koruma rölelerine birkaç örnek verilmiştir.

2.1. Sargı Kısa Devresi Koruma Rölesi

Alternatör ve transformatörlerdeki sargı kısa devreleri farklı faz sargıları arasında ya da bir fazın kendi sargıları arasında meydana gelmektedir. Kısa devre arızaları elektrik devreleri için en tehlikeli arıza tipleridir.

Sargı kısa devre koruma röleleri büyük güçlü alternatör ve transformatörler için kullanılır. Bir izolasyon hatası sonucu alternatörlerin faz sargıları arasında oluşan kısa devreler veya bir fazın kendi sargıları arasındaki kısa devreleri önlemek için kullanılır. Kısa devre rölelerinin birçok çeşidi bulunmaktadır, aşağıda bunlardan birisinin çalışma prensibi anlatılmaktadır.

Şekil 2.1' de görüldüğü gibi alternatör çıkışına bir gerilim trafosu bağlanmıştır. Alternatör yıldız noktası ile transformatör yıldız noktası birbirine bağlanmıştır. Normal devrede 3 faza ait gerilimlerin vektörel toplamları sıfır olacağından röle çalışmaz. Sargılardan birinde meydana gelen sargı- sargı veya sargı içi kısa devre arızasında vektörel toplam sıfır olmayacağı için röle enerjilenir. Röle, kesiciyi açar. Alternatörlerde kesici alternatörü devre dışı yapsa da alternatörün uyartımı devam ettiği için stator sargılarında indükleme devam eder. Arıza ortadan kalkmaz. Bunu önlemek için kısa devre rölesine bir yardımcı röle bağlanarak uyartım sargısı akımının kesilmesi sağlanır (MEGEP 2007).



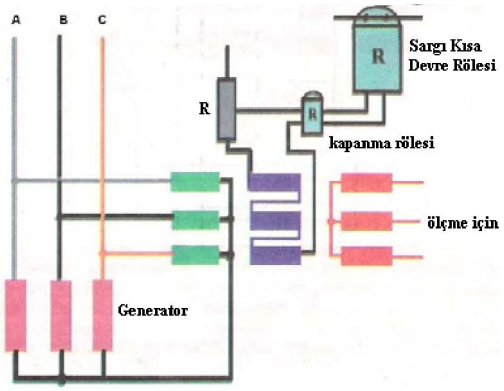
Şekil 2.1: Elektromekanik Koruma Rölesi ve İç Yapısı

2.2.Toprak Kaçağı Koruma Röleleri

Büyük güçlü alternatörlerde, faz sargıları ile gövde dolayısı ile toprak arasında oluşan faz-toprak kaçaklarında sistemin korunması amacıyla faz toprak kaçağı koruma rölesi kullanılır (Şekil 2.2).

Arıza sebeplerini şöyle sıralayabiliriz:

- Statorda izolasyonun bozulması
- Rotorda izolasyonun bozulması
- Alternatör çıkışı bara yalıtım bozukluğu veya yetersizliği



Şekil 2.2: Faz Toprak Koruma Rölesi

Mekanik olan endüksiyon prensibine göre çalışan toprak rölesinde akım bobini, disk tertibatı, kontaklar, bayrak ve bayrak kaldırma tertibatı, tep ayar vidalarından oluşur. Elektronik toprak rölelerinde ise yardımcı iç röleler, ECU(elektronik kontrol ünitesi), ayar anahtarlarından oluşur (MEGEP 2007).

2.3. Aşırı Akım Koruma Röleleri

Alternatörlerin etkilendiği aşırı akım arıza çeşitleri iki grupta sınıflandırılabilir.

İç Arızalar

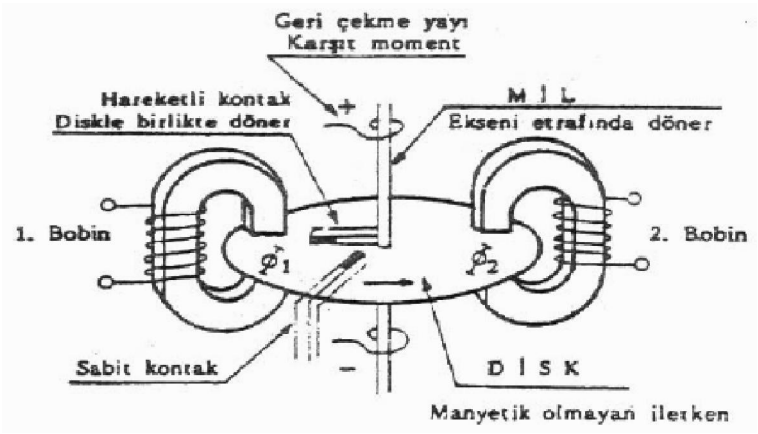
- Alternatör fazları arasındaki kısa devreler
- Stator sargısı ile gövde arasındaki kısa devreler
- Rotor sargısı ile gövde arasındaki kısa devreler
- Sipirler arası kısa devreler
- Herhangi bir sebeple uyartım akımının kalkması durumu
- Mekanik aksam arızaları

Dış Arızalar

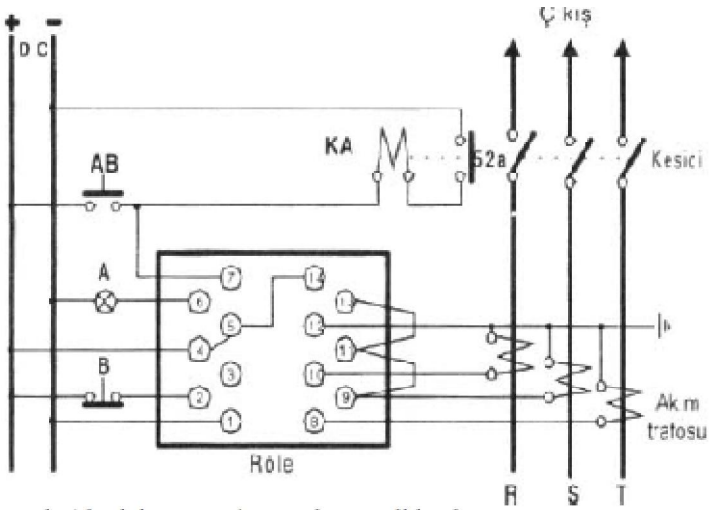
- Sistemin yanlış bağlanması sonucu meydana gelen arızalar
- Yükteki dengenin bozulması
- Hatlardaki çeşitli kısa devreler
- Hatlarda atmosferik veya başka sebeplerle meydana gelen çok yüksek gerilimler
- Frekansta meydana gelen değişmeler

Akım trafolarının sekonder devresine bağlanan rölelere sekonder röle denir. Trafo ve alternatörlerin aşırı akımlara karşı korunmasında kullanılan rölelerdir. Alçak ve orta gerilim devrelerinde kullanıldığı gibi özellikle yüksek gerilim devrelerinde bu tip rölelerle koruma yapılmaktadır.

Elektromekanik sekonder aşırı akım röleleri elektromanyetik, endüksiyon disk ve elektrodinamik ilkesine göre çalışan rölelerdir. Elektromanyetik prensibine göre dış devreden geçen aşırı akım, röle bobinini çalıştırır. Röle bobini kesici açma butonu çalıştığında nüvesini çekerek kesiciyi kumanda eder ve kesicide devreyi açar. Rölenin çalışmasıyla sesli (A) ve ışıklı uyarı sistemleri de çalışarak görevliyi ikaz eder. Gerekli müdahale yapıldıktan sonra (B) butonuna basılarak ışıklı ikaz lambası söndürülür (Şekil 2.4' e bakınız). Şekil 2.3' de görüldüğü gibi, endüksiyon disk ilkesine göre çalışan rölelerde ise manyetik devrenin akısı, iletken diskte endüklenen akımlara bir kuvvet etkiyerek diski döndürür ve kontağı kapatır (MEGEP 2007).



Şekil 2.3: Endüksiyon Röle Çalışma Prensip Şeması



A:Koruma rölesi kesiciye açma kumandası verdi lambası

B:Koruma rölesi sinyal silme butonu

AB: Kesici açma butonu

KA: Kesici açma bobini

S2a: Kesici hareket sonu kontağı (Kesici açık iken açıktır.)

Şekil 2.4: Ani Çalışan Sekonder Aşırı Akım Rölesi Prensip Şeması

Elektrodinamik röleler ise içinden akım geçen iki bobinden birisinin, diğer bobinin manyetik alan içerisinde hareket etmesi prensibine göre çalışır. Rölelerde bayrak tertibatı mevcuttur. Bu tertibat rölenin çalıştığını belirten bir işarettir. Rölenin görülebilecek en uygun bir yerine yerleştirilen bu işaretin görünmesi durumuna ‘‘röle bayrağı düştü’’ denilir. Rölenin dış kısmından bir kol çevrilerek veya bir butona basılarak normal konuma getirilir, yani silinir.

Elektronik, mikroişlemcili rölelerde ise röle, içinde bulunan yardımcı akım trafoları yoluyla ana akım trafosundan aldığı akım bilgisini elektronik devrelere aktararak motor veya koruduğu sistemin akımını ölçer ve bu ölçülen akım değeri, ayarlanan akımın üstünde ise koruduğu sistemi devreden çıkarır (MEGEP 2007).

2.4.Isıdan Koruma Röleleri

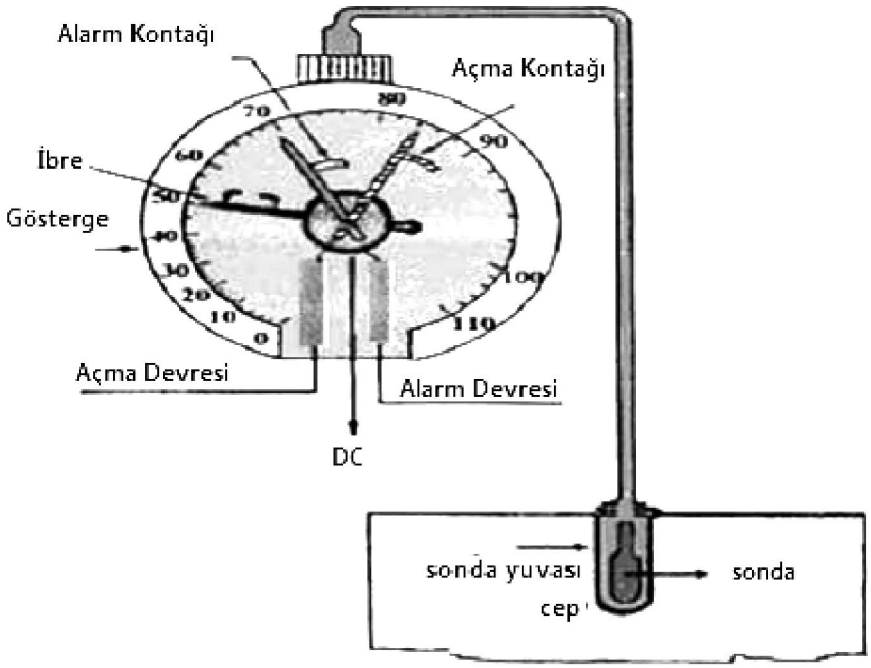
Motorlarda oluşan ısının genel sebepleri şöyledir:

- Ortam sıcaklığı
- Aşırı akım
- Aşırı gerilim
- Mekanik bozulmalar

Transformatör ve alternatörlerde sargı sıcaklığının belirlenmesi ve belirli bir değerde sınırlandırılması gerekir. Bu amaçla kullanılan koruma tertibine Termik Röle denir.

Şekil 2.5’de görüleceği gibi DC gerilimini taşıyan ibreye iki kontak yerleştirilmiştir. Bu kontaklardan biri alarm kontağına, diğeri açma kontağına temas edebilecek seviyededir.

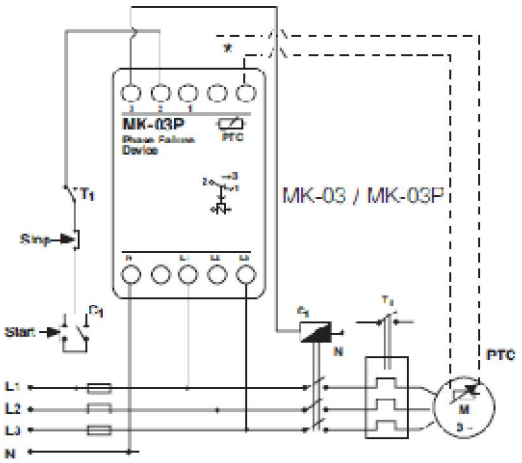
Soğutucu gazın sıcaklığı 70°C değerine ulaşması halinde alarm yardımcı rölesi çalışır. Zil çalar, pano üzerinde termik alarm ışıklı sinyal yanar. Sıcaklığın 85°C sıcaklık değerine ulaşması halinde açma yardımcı rölesi çalışır ve alternatör devre dışı bırakılarak kapama devrelerini kilitler (MEGEP 2007).



Şekil 2.5: Yatak Isınma Rölesi Bağlantısı

2.5.Faz Dengesizliği Rölesi

Üç fazlı devrelerde motorlar dururken veya çalışırken iki fazla beslenirlerse, şebekeden fazla akım çekerler. Çektikleri aşırı akım motorun yanmasına sebep olur. Fazlardan birinde gerilim düştüğünde veya tamamen kesildiğinde, kumanda devresinin akımı kesilir ve motoru şebekeden ayrılabilirse, motor yanmaktan korunmuş olur. İşte bu görevi kumanda devrelerinde Faz Koruma Röleleri yaparlar. Bu koruma sayesinde motoru yanmaktan ve bir arızaya sebebiyet vermekten korunur. Faz koruma röleleri manyetik ve termik çeşitleriyle sınıflandırılabilirler (Şekil 2.6).

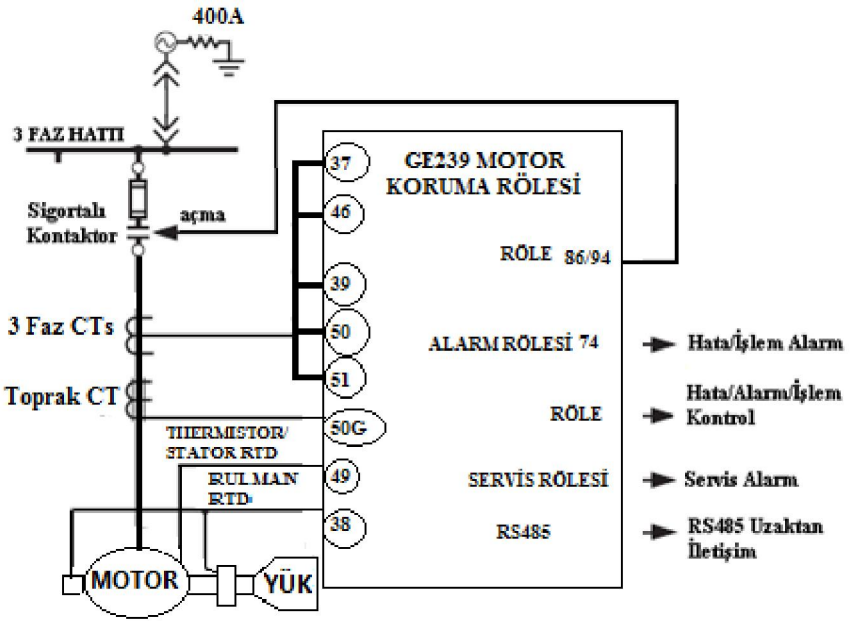


Şekil 2.6 : Faz Koruma Rölesi

Faz koruma rölesi motorun herhangi bir nedenle iki faza kalması durumunda motor kontaktörünü devreden çıkararak motoru yanmaktan korur. Röle aynı zamanda fazlar arası dengesizliğe de duyarlıdır. Fazlar arası gerilim dengesizliği %10 a ulaşırsa motor yine devre dışı bırakılır. Geçici şebeke dalgalanmalarından etkilenmemek için röle, yaklaşık üç saniyelik bir gecikme ile çalışmaktadır. Her üç faz mevcut ve gerilimler dengeli ise röle kontağı çekilidir ve 2-3 arası kapalıdır. Motor kontaktör bobini bu kontak üzerinden devresini tamamlar. Cihaz üzerindeki U kırmızı ledi işletme geriliminin varlığını, R yeşil ledi ise her üç fazın varlığını ve çıkış rölesinin çekili olduğunu gösterir(MEGEP 2007).

2.6. Mikro denetleyici Tabanlı Koruma Röleleri

Günümüzde çok fazla çeşitte ve özellikte elektronik koruma rölesi üretilmektedir. Bunlara örnek olarak Şekil 2.7' de prensip şeması verilen rölenin özellikleri incelenecektir.



Şekil 2.7 : GE Multilin 239 Cihazına Ait Prensip Şeması

Cihaz aşağıdaki hata parametrelerine karşı tümleşik bir çözüm sunmaktadır.

- Termal Aşırı Yük
- Faz Kısa devresi
- Mekanik sıkışıklık
- Tek faza kalma / Akım Dengesizliği
- Topraklama hatası
- Aşırı sıcaklık: termistör girişi ile
- Düşük akım
- Frenleme Hataları
- Açma/alarm/yardım/servis çıkışları
- Motor başlatma denetimi

Cihaz, yukarıda bahsedilen hatalara göre bekleme süreleri hesaplamakta ve bu süre sonunda motoru durdurmaktadır. Hesaplamalarda kullanılan çarpanlar ve yük sınırları RS485 ile bilgisayar vasıtasıyla değiştirilebilmektedir.

3. BULANIK KONTROL

Bulanık mantık kavramı ilk kez 1965 yılında California Berkeley Üniversitesinden Prof. Lotfi A. Zadeh' in sunduğu bir makalede bulanık mantık veya bulanık küme kuramı adı altında ortaya koyulmuştur (Elmas 2007). Bu tarihten sonra önemi gittikçe artarak günümüze kadar gelen bulanık mantık, belirsizliklerin anlatımı ve belirsizliklerle çalışılabilmesi için kurulmuş bir matematik düzen olarak tanımlanabilir. Klasik yaklaşımda bir eleman ya kümenin elemanıdır ya da değildir. Eleman kümenin içinde olduğunda üyelik değeri "1", kümenin içinde olmadığı zaman "0" olarak alınmaktadır. Bulanık mantıkta bu dar kümenin genişletildiğini söyleyebiliriz. Bulanık kümede her bir elemanın 0 – 1 arasında bir üyelik derecesi vardır. İnsanoğlunun düşünce tarzına baktığımızda da tıpkı bulanık mantıkta olduğu gibidir. Değerlendirme yaparken sadece kesin ifadeler değil bunların çeşitli derecelerini de kullanır.

Klasik mantık yöntemleriyle karmaşık sistemleri modellemek ve kontrol etmek zordur, çünkü veriler tam ve net olmalıdır. Bulanık mantık kişiyi bu zorunluluktan kurtarır ve daha niteliksel bir tanımlama olanağı sağlar. Bir kişi için 36,5 yaşında demektense sadece orta yaşlı demek birçok uygulama için yeterli bir veridir. Böylece tanımlama veya sınıflandırma için kullanılacak verilerde belirli bir indirgenme sağlanacak ve matematiksel bir tanımlama yerine dilsel olduğu için daha kolay anlaşılabilen bir tanımlama yapılabilecektir.

Bulanık kuramının temel kavramı bulanık kümeleridir. Örneğin "uzun boylu" kavramını inceleyerek olursak, bu kavramın sınırlarının kişiden kişiye değişiklik gösterdiğini görürüz. Kesin sınırlar söz konusu olmadığı için kavramı matematiksel olarak da kolayca formüle edemeyiz. Ama genel olarak 175 ile 195 cm arasındaki insanlar uzun boylu olarak düşünülebilir.

Bulanık mantıkta önemli bir diğer kavramda dilsel değişken kavramıdır. Dilsel değişken "yüksek" veya "düşük" gibi sözcükler ve ifadelerle tanımlanabilen değişkenlerdir. Bir dilsel değişkenin değerleri bulanık kümeler ile ifade edilir. Örneğin

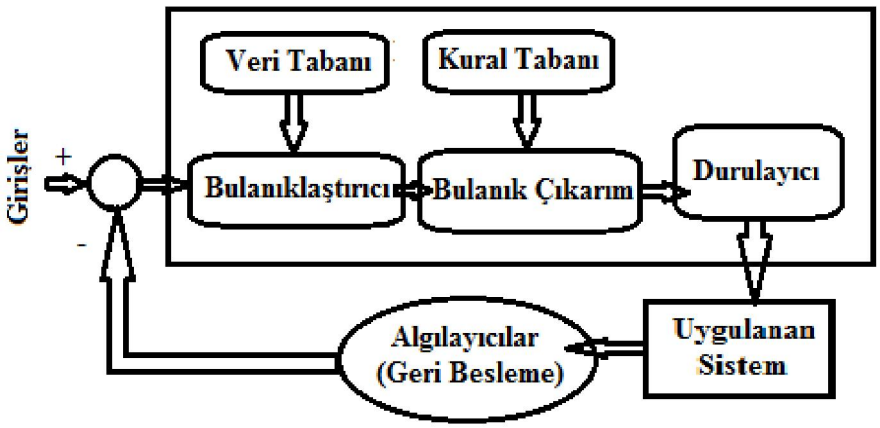
motor sargı sıcaklığı dilsel değişkeni için "sıcak", "normal" ve "çok sıcak" ifadeleri kullanılabilir. Bu üç ifadenin her biri ayrı ayrı bulanık kümeler ile modellenir.

Bulanık mantığın sağladığı en büyük fayda ise "insana özgü tecrübe ile öğrenme" olayının kolayca modellenebilmesi ve belirsiz kavramların bile matematiksel olarak ifade edilebilmesine olanak tanımasıdır. Bu nedenle doğrusal olmayan sistemlere yaklaşım yapabilmek için özellikle uygundur. Bunun için kural tabanı oluşturulur. Kural tabanı incelenen konuya ilişkin insanlığın o güne kadar edindiği tüm gözlem, deneyim ve matematiksel bağıntıları yani tüm bilgiyi içermelidir. Kural tabanı ne kadar iyi ve geniş hazırlanırsa o kadar hassas ve doğru sonuçlar elde edilir (Yapay-Zeka – 2010).

Bulanık mantığın ilk uygulaması, Mamdani tarafından 1974 yılında bir buhar makinesinin bulanık denetiminin gerçekleştirilmesi olmuştur. 1980 yılında Hollandalı bir şirket çimento fırınlarını bulanık denetimle gerçekleştirmişlerdir (Elmas 2007). Bulanık mantık, fotoğraf makineleri, çamaşır makineleri, klimalar ve otomatik iletim hatları gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. Günümüzde özellikle fotoğraf makinelerinde sık kullanılan bulanık kontrol yongaları üretilmiştir. Bu yongalar, dijital sinyal işleme entegreleri (DSP) ileri matematik işlemler için ek komutlar ve donanımlar içerdiği gibi bulanık mantık yongaları da bu amaç için birçok olanak sunmaktadır.

Bir kontrol sistemi tasarlanırken klasik yöntemde ilk adım kontrol edilecek düzeneğin fonksiyonunun tam olarak elde edilmesidir. Yani matematiksel modelinin oluşturulmasıdır. Bu sistemin etkili bir şekilde çalışması için kullanılan parametrelerin zamanla değişmemesi istenir. Fakat uygulamadaki sitemlerin pek çoğu bilinmeyen parametrelere veya karmaşık ve lineer olmayan karakteristiklere sahiptirler. Kontrol sisteminin girişindeki parametrelerin değiştiği durumlar için PID (Proportional Integral Derivative = Orantılı Integral Türetme) gibi esnek kontrol yöntemleri geliştirilmiştir; fakat bu tip kontrol sistemleri genellikle karmaşık olmaları ve hesaplamalarda uzun zaman almaları sebebiyle gerçek zaman uygulamalarında sorunlar çıkarabilmektedir. (Yaralıoğlu 2005)

Genel bir bulanık mantık denetleyici Şekil 3.1' de gösterilmektedir.



Şekil 3.1: Bulanık Kontrol Sistemi

Buradaki ifadeleri kısaca açıklayacak olursak:

3.1. Bulanıklaştırma Arabirimi

Bulanık Kontrol Sistemleri kesin olmayan dilsel ifadelerle gösterilen uygulama alanına ait bilgileri kullanmaktadır. Yani bulanık değerler üzerinde işlem yapılmaktadır. Bu sebeple dış ortamdan ölçülen reel giriş değişkenlerini bulanık değişkenlere çeviren bulanıklaştırma arabirimi bulanık kontrolde önemli bir rol oynar ve ilk adımı teşkil eder. Girilen sayısal değerlere, küçük, büyük, en küçük gibi dilsel değişkenler atanır (Elmas 2007).

3.2. Bilgi Tabanı

Bilgi tabanı, veri tabanı ve kural tabanı olarak ikiye ayrılabilir. Veri tabanı, bütün bulanık giriş ve çıkış bölümlerine ait değerleri içerir. Kural tabanında ise denetim amaçlarına uygun dilsel denetim kuralları bulunmaktadır. Kurallar kümesi, yapılacak denetimin stratejisini belirleyen önemli bir süreçtir (Elmas 2007).

3.3. Sonuç Çıkarım Mekanizması

Bulanık Kontrol Sisteminin en önemli arabirimidir. Bilgi tabanında tanımlanan bulanık kavram ve kuralları kullanarak giriş değişkenlerinin durumuna göre uzman bir kişiden beklenen kontrol hareketlerini dilsel ifade olarak üretir. Çıkışta dilsel değişkeni ve üyelik fonksiyonu belli bulanık sayılar elde edilir. Örneğin aşırı akımın değerlendirildiği bir giriş verisini düşünürsek; 0,3 oranında "aşırı akım düşük (aad)", 0,7 oranında "aşırı akım orta (aao)" şeklinde bulanık bir sonuç elde ederiz.

Bu kısım insanın karar verme ve çıkarım yapma yeteneğine benzer bir yolla bulanık ifadeleri işler ve sistemle ilgili gerekli denetimleri belirler. Çıkarım mekanizmasında, Mamdani, Min-Max, Takagi-Sugeno gibi yöntemler bulunmaktadır (Elmas 2007).

3.4. Durulaştırma Arabirimi

Durulaştırma arabirimi, sonuç çıkartım mekanizmasının ürettiği çıkış değişkenlerine ait bulanık sayılardan reel kontrol işaretlerinin elde edildiği bölümdür. Örneğin 0,25 çok uzun 0,75 uzun bulanık sonucundan 3,2 sn gibi bir sonuç elde edilmektedir.

3.5. Bulanık Mantığın Uygulama Alanları

Günümüzde hemen hemen her alanda uygulama imkânı bulan bulanık mantık, özellikle sanayi alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Japonlar bulanık mantığı özellikle bulaşık makineleri, çamaşır makineleri, elektrik süpürgeleri, video kameralara uygulamışlardır.

Bulanık mantık uygulamaları ilk olarak çimento sektöründe kullanılmaya başlanmıştır. Bu sektörde kireç taşı ve kil 1000-1400 derece sıcaklıkta reaksiyona girmektedir. Fırın içindeki sıcaklık ve oksijen oranı çimentonun kalitesini doğrudan etkilemektedir. Sadece bu konuda uzman operatörler istenilen limitler dâhilinde ürün elde edebilmektedirler. Ama vardiyalı bir sistemle çalışan bu fabrikada çok sayıda operatör vardır ve her operatörün uzmanlıklarının farklı olması nedeniyle farklı niteliklerde ve verimlilikte ürün elde edilmektedir. İstenilen kalitede ürün sadece bu işte yıllardır çalışan uzmanlar tarafından sağlanabilmektedir. Zira çimento üretimi bulanık bir yapıya sahiptir ve süreç kontrolünü bulanık kurallar sağlamaktadır. Örneğin ısıyı 10 derece yükselt veya 5 derece azalt gibi kesin kurallar değil biraz azalt, biraz yükselt gibi bulanık terimlerle ifade edilen kurallarla kontrol edilmektedir. Bir Danimarka firması bu sürecin kontrolü için uzman operatörlerin kullandığı 50-60 pratik kuraldan hareketle bir mikro kontrolör oluşturmuşlar ve sonuç olarak sabit ürün kalitesi ve yakıtta büyük tasarruf elde etmişlerdir. Daha sonraları bulanık mantık, insansız uçakların kontrolünde, tren frenleme sistemlerinde, ABS (otomatik fren sistemi) ve ASC (otomatik vites kontrolü) kontrolünde kullanılmıştır. (Yaralıoğlu 2005)

Bulanık mantıktan yola çıkılarak kullanılan bulanık denetleyicilerle ilgili başlıca üstünlükler, zayıf noktalar ve eleştiriler aşağıda açıklanmıştır.

Avantajlar

- Günlük hayatta olduğu gibi belirsiz, zamanla değişen, karmaşık, iyi tanımlanmamış sistemlerin denetimine basit çözümler getirir.

- Sistem basit bir matematiksel modelle tanımlanabilen bir sistemse o zaman geleneksel bir denetim yeterli olacaktır. Ama karmaşık bir sisteme geleneksel bir mantık uygulamak hem çok zor hem de yüksek maliyetlidir. Buna karşılık bulanık mantık denetimi geleneksel mantığa göre sistemi daha iyi analiz edebileceği gibi aynı zamanda da ekonomiktir.

- Bulanık mantıkta işaretlerin bir ön işleme tabi tutulmaları ve oldukça geniş bir alana yayılan değerlerin az sayıda üyelik fonksiyonlarına indirgenmeleri nedeni ile bulanık denetim genellikle daha küçük bir yazılımla daha hızlı bir şekilde sonuçlanır.

- Bu durum geleneksel bilgisayar ortamında böyledir. Özel geliştirilmiş bir donanımla sonuca daha da hızlı ulaşmak olasıdır. Örneğin Sanyo-Fisher firması mühendisleri, video kayıt cihazında kullanmayı düşündükleri mikro bilgisayarın yetersiz kalmasından dolayı, bulanık denetim kullanmaya karar vermişlerdir. Bulanık denetim yazılım boyutlarının daha küçük olmasını sağladığından, dış bellek kullanımına gerek kalmamıştır. (Yaralıoğlu 2005)

- **Dezavantajlar**

- Bulanık denetimde kullanılan kurallar deneyime çok bağlıdır.

- Üyelik fonksiyonlarının seçiminde belirli bir yöntem yoktur. En uygun fonksiyon deneme ile bulunur. Bu da oldukça uzun bir zaman alabilir.

- Denetlenen sistemin bir kararlılık analizi yapılamaz ve sistemin nasıl cevap vereceği önceden kestirilemez. Yapılacak tek şey benzetim çalışmasıdır. (Yaralıoğlu 2005)

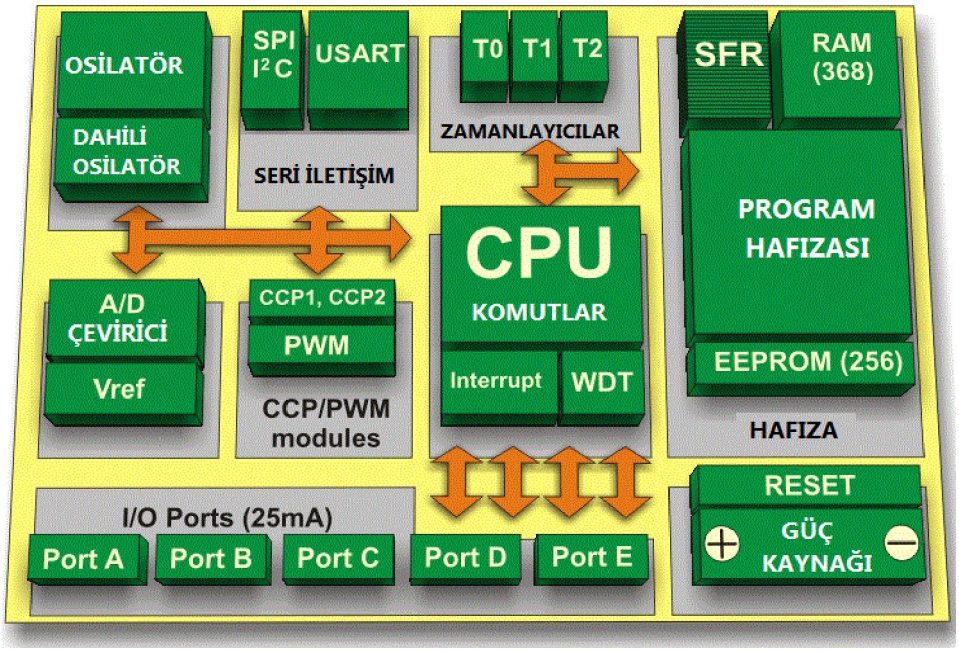
4. GÖMÜLÜ SİSTEMLER

Gömülü sistemler genel amaçlı bir bilgisayardan farklı olarak, kendisi için önceden özel olarak tanımlanmış görevleri yerine getirir. Buna örnek olarak telefonu, ADSL modem, şifreli yayın alıcıları, kalite kontrolü sistemleri, uçuş kontrolü, güdümlü füze kontrolü, şifreleme, askeri görüntüleme sistemleri verilebilir. Sistem, belirli bir amaca yönelik olduğu için tasarımcılar ürünün boyutunu ve maliyetini azaltarak sistemi optimize edebilirler. Böylece ürün maliyetleri büyük ölçüde azaltılmış olur.

Gömülü sistemin merkezinde, belirli bir sayıda görevi yerine getirmek için programlanan mikroişlemciler, mikro denetleyiciler ya da Sayısal Sinyal İşlemciler (DSP: Digital Signal Processor) bulunur. Bu merkezi birime tasarlanacak sistemin kontrolü için bir program yazılır ve bu görevi sürekli olarak yürütmesi beklenir. Kullanıcıların üzerinde istediği yazılımları çalıştırabildiği genel maksatlı bilgisayarlardan farklı olarak, bir disk sürücüsü olmayan gömülü sistemler için yapılan yazılıma sistem yazılımı (firmware) adı verilir. Firmware yazılımları cihazın içinde - ROM ya da Flash bellek tüm devrelerine gömülü olarak bulunur. Gömülü sistemlerdeki programlar genellikle pek çok donanım kaynağından mahrum bir şekilde çalışırlar. Genellikle bu tip sistemlerde disket sürücü, işletim sistemi, klavye ya da ekran yoktur. Eğer bir kullanıcı arayüzü var ise küçük bir klavye ya da likid kristal bir ekran gerekebilir (Wikipedia 2010).

Gömülü sistemler, yıllarca hatasız bir şekilde çalışacağı varsayılan donanımların içinde bulunur. Bu yüzden gömülü sistem içindeki yazılımlar, kişisel bilgisayar içinde olanlardan daha dikkatli bir şekilde geliştirilip test edilir.

Bir gömülü sisteme ait prensip şeması Şekil 4.1' de görülmektedir.



Şekil 4.1: Gömülü Sistem Prensip Şeması

4.1. Gömülü Sistem Platformu

Elektronik cihazlar genellikle mikroişlemci ya da mikro denetleyiciler kullanırlar. Bazı büyük ya da eski sistemler ise genel maksatlı büyük bilgisayarlar ya da minibilgisayarlar kullanırlar (Wikipedia 2010).

Gömülü tasarımlarda kullanılabilecek ARM, MIPS, Coldfire/68k, PowerPC, X86, PIC, 8051, Atmel AVR, Renesas H8, SH, V850, FR-V, M32R vb. gibi pek çok işlemci mimarisi bulunmaktadır.

Standart PC/104 küçük hacimli gömülü sistem tasarımları için sıkılıkla tercih edilmektedir. Bu tasarımlar genellikle DOS, Linux, NetBSD veya QNX ya da Inferno gibi gerçek zamanlı işletim sistemleri kullanmaktadır.

Büyük hacimli gömülü sistem tasarımlarında ise genellikle tek bir yonga üzerinde toplanmış sistemler tercih edilir ve bunun içinde uygulamaya yönelik entegre devre

tasarımları kullanılır. Bu tasarımlar genelde CPU dahil tüm lojik tasarımlar FPGA kullanarak gerçeklenebilir.

4.2. Gömülü Sistem Araçları

Gömülü sistem tasarımcıları, bilgisayar programcıları gibi derleyici, çevirici ve hata ayıklayıcı gibi araçları gömülü sistem geliştirmekte kullanırlar. Bununla birlikte, pek çok programcıya yabancı gelebilecek bir takım araçlarda geliştirme sürecinde kullanılır.

Yazılım araçları birkaç kaynaktan elde edilebilir:

- İşlemci mimarisi kullanılacak gömülü işlemci mimarisine yakın olan kişisel bilgisayarlarda kullanılan yazılımlardan faydalanılabilir.

Bilgisayar programcılarının tercih etmediği ama gömülü sistem tasarımcıları tarafından kullanılan birkaç yazılım aracı bulunmaktadır;

- Sıklıkla kullanılan bir araç “in-circuit emulator” (ICE) daha modern tasarımlarda ise gömülü bir hata ayıklayıcı. Bu hata ayıklama aracı gömülü kod geliştirmede kullanılan temel yapılardan biridir. Mikroişlemci' ye yapılan bağlantı ile sistemde geliştirilen kodların çabuk ve hızlı bir şekilde yüklenmesini ve ayıklanmasını sağlar.
- Gömülü bağlayıcılar' ın (linker) kodun boyutunu ufaltmak ve çalışma zamanını azaltmak için pek çok optimizasyon özellikleri vardır. Bunlara ek olarak data overlays, ve bank switching gibi optimizasyon teknikleri de sağlayabilmektedirler.
- Kullanılan bir diğer araç ise gömülü uygulamaya bir CRC programı eklenmesi böylece gömülü sistem program verisini çalıştırmadan önce kontrol edebilir(Wikipedia 2010).

Bunların dışında kullanılan bazı programlama dilleri kullanıcıya gömülü sistemler tasarlamak amacıyla çeşitli kolaylıklar sağlar. C dili için;

- İsimlendirilmiş adres alanları
- İsimlendirilmiş depolama sınıfları
- Temel I/O donanım adresleme

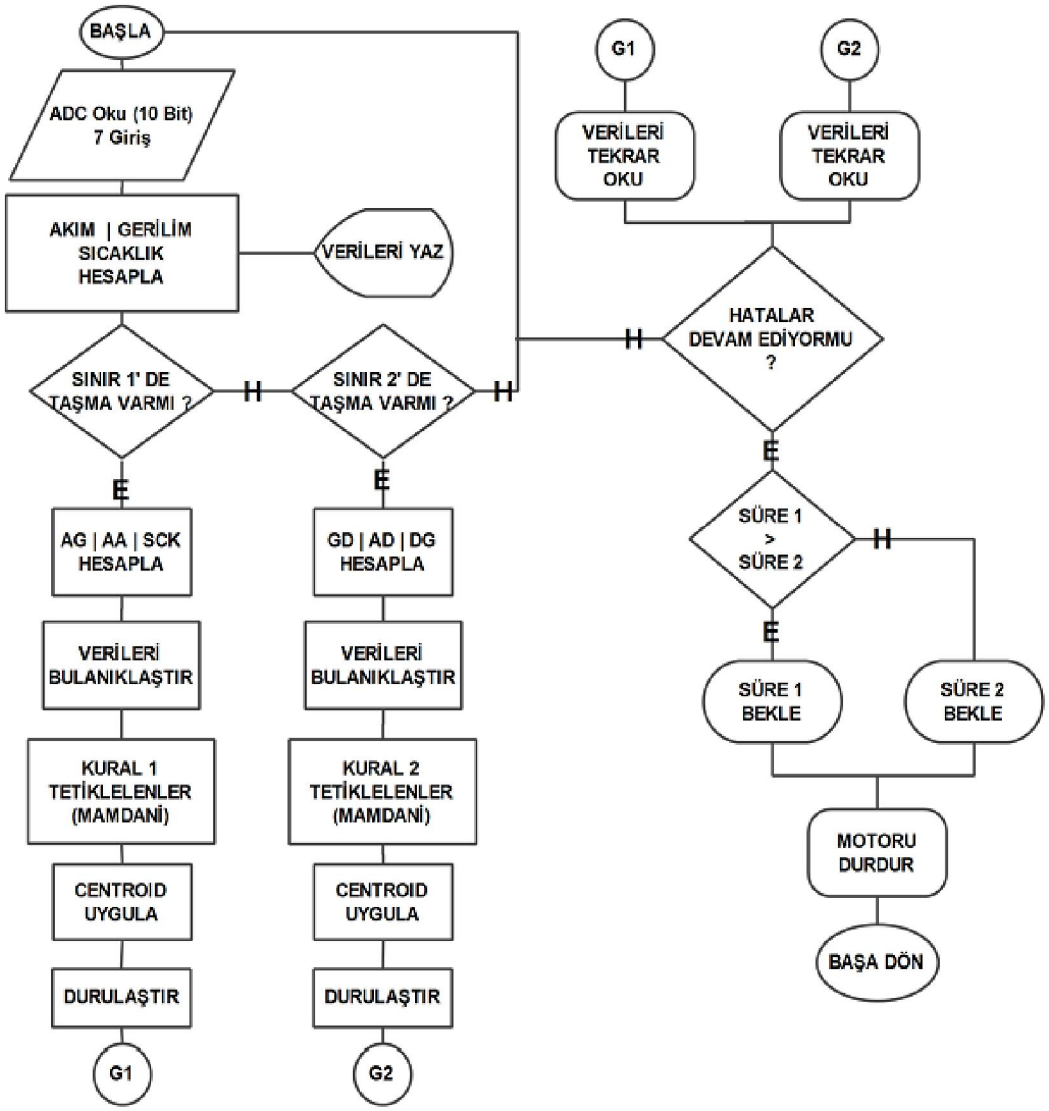
4.3. Gömülü Sistemde Hata Ayıklama

Hata ayıklama genellikle bir devre emülatör ya da mikrokontrolör tarafından koşulan mikrokodu kesebilecek bir çeşit hata ayıklayıcı tarafından gerçekleştirilebilir. Mikrokod, kesme hata ayıklayıcıya üzerinde sadece CPU'nun çalıştığı donanım üzerinde koşma imkanı verir. CPU tabanlı hata ayıklayıcılar bilgisayar donanımlarını CPU açısından test etmek ya da hata ayıklamak amacı ile kullanılabilir. Bunun yanında geliştiriciler, yüksek seviyeli dillerle kesme noktası ve tek adımlama kullanarak hata ayıklamalıdır. Çünkü bu özellikler oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak basit log kayıtlarının tutulması gerçek zamanlı eylemlerin hata ayıklamasında faydalı olur

Gömülü sistemin karmaşıklığı arttıkça üst seviye araçlar ve işletim sistemleri tasarımların içine girmeye başlar. Cep telefonları, pda' ler ve diğer tüketici bilgisayarları ileri düzey yazılım ve işletim sistemleri gerektirir. Bu tip sistemlerde, Linux, NetBSD, OSGi ya da Embedded Java gibi açık programlama ortamları, geniş bir markete satış yapabilmek amacı ile kullanılmalıdır (Wikipedia 2010).

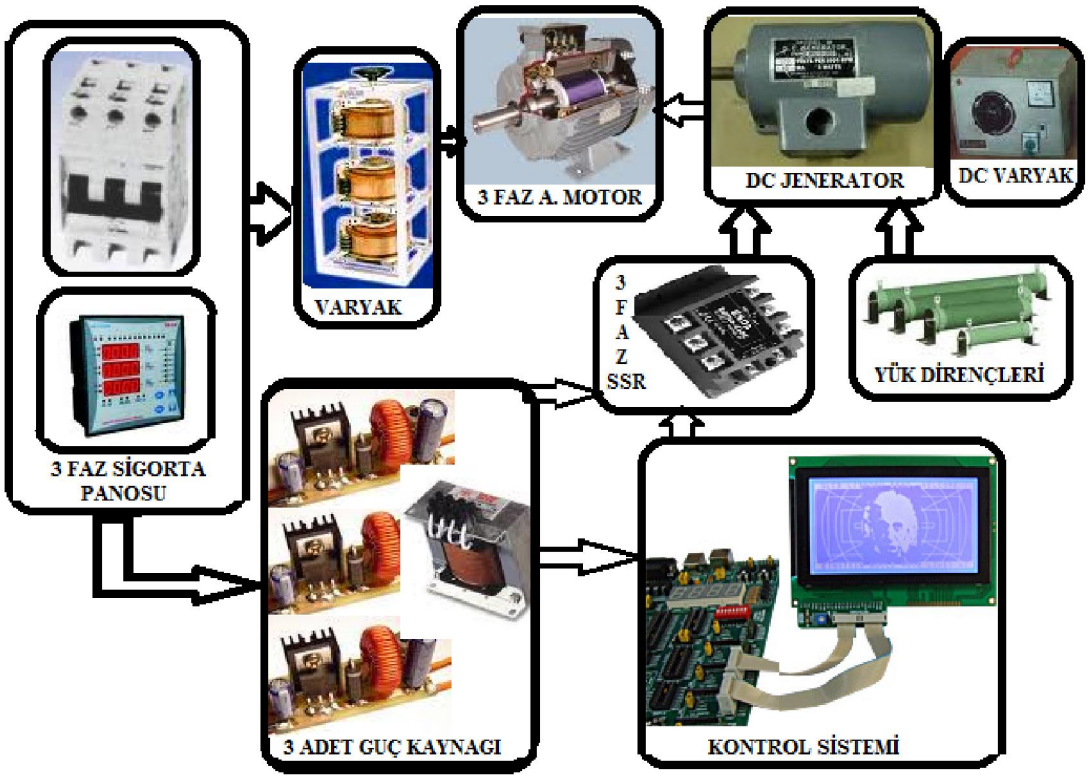
5. SİSTEMİN TASARIMI

Gerçekleştirilen sistemin işleyişiyle ilgili akış şeması Şekil 5.1' de verilmektedir.



Şekil 5.1: Sisteme Ait Akış Diyagramı

Şekil 5.2’ de blok diyagramı verilen sistemde; 2,2 kW gücünde Asenkron Motor, 3 Fazlı varyak, motoru zorlamak için kullanılan 2,2 kW gücünde DC Jeneratör, DC Jeneratöre uyartım gerilimi vermek için 0 – 200 V ayarlı DC varyak, DC Jeneratörü yüklemek için 1,1kW lık taş dirençler kullanılmıştır. Tüm sisteme gelen 3 Fazın akım ve gerilimlerini ölçebilen multimetrenin de olduğu bir sigorta panosu da bulunmaktadır.



Şekil 5.2: Deney Düzeneği

Deneyde kullanılan makine ve teçhizata ait özellikler Tablo 5.1' de listelenmiştir.

Tablo 5.1: Kullanılan Makine Teçhizatların Özellikleri

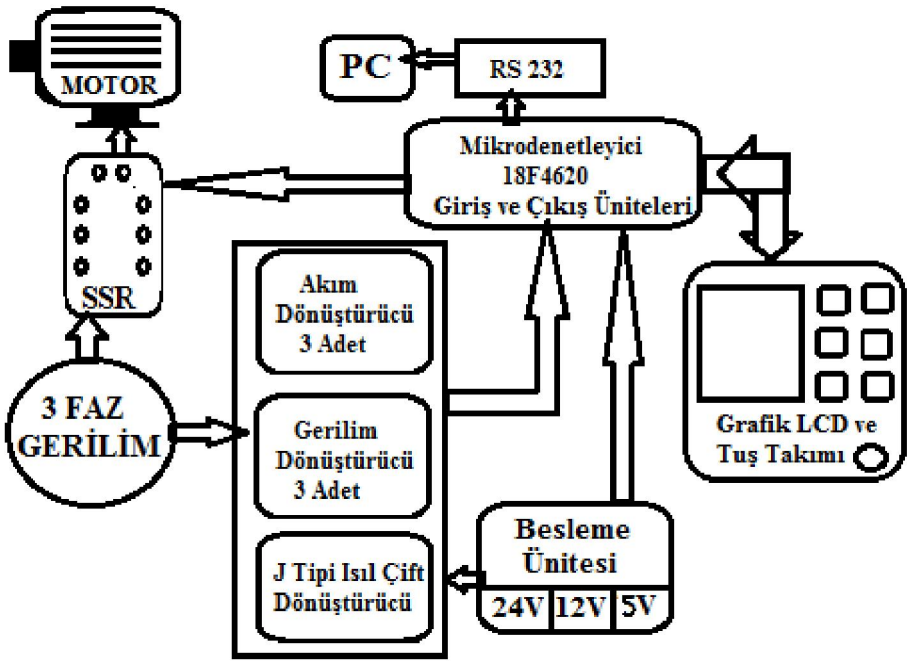
Malzeme Adı	**Özellikleri**
2,2 kW Asenkron Motor	Gerilim : 220/380 V Hız : 1500 d/d Akım : 5,3 A Tork : 16 Nm Verim : %81
2,2 kW DC Jeneratör	Uyartım Gerilimi : 200 V Uyartım Akımı : 0,6 A Çalışma Gerilimi : 220 V Çalışma Akımı : 10 A Hız : 1500 d/d
3,5 kW DC Varyak	Giriş : 220 V Çıkış : 0 – 220 V Çıkış Akımı : 17,5 A
Akım Dönüştürücü	Giriş Akımı : 0 – 200 A Çıkış : 0 – 5 V Besleme Gerilimi : 20 – 30 V
Gerilim Dönüştürücü	Giriş Gerilimi : 0 – 370 V Çıkış : 0 – 10 V Besleme Gerilimi : 20 – 30 V
Isıl çift(Thermocouple) Dönüştürücü	Ölçüm Aralığı : - 150 – 1200 ^{O}C Çıkış : 0 – 5 V
SSR	Dayanma Akımı : 40 A Besleme Gerilimi : 5 – 30 V
Mikro Denetleyici 18F4620	İşlemci Hızı : 10 MIPS Çalışma Frekansı : 31 KHz – 32 MHz Program Hafızası : 64 Kb RAM :3968 Byte ADC : 13 Adet 10 Bit 100K sample/sec.
Grafik LCD	İşlemci : KS108 Boyut : 64 x 128 piksel Besleme Gerilimi : 5 – 30 V
Güç Kaynağı	Giriş : 220 V AC Çıkış Gerilimleri: 5 V – 12 V – 24 V Çıkış Akımı : 3 A

Sistem elektronik donanım ve donanım için oluşturulan yazılım olmak üzere iki kısımda anlatılacaktır.

5.1. Elektronik Donanım

Sistemin kontrolü için PIC**18F4620** mikro denetleyicisi kullanılmıştır. Bu mikro denetleyicinin içinde UART haberleşme modülü ve Analog – Digital Dönüştürücü (ADC) modülleri bulunmaktadır. Bilgisayarla haberleşmek için ve akım, gerilim ve sıcaklık verilerini işlemek için ek bir donanıma ihtiyaç kalmamıştır. Ölçülen değerlerin gösterilmesi için KS108 yongasına sahip 64x128 piksel HDM64GS12 Grafik LCD, bazı ayarları yapabilmek için eklenmiş altı adet buton ile bir kullanıcı arabirimi oluşturulmuştur.

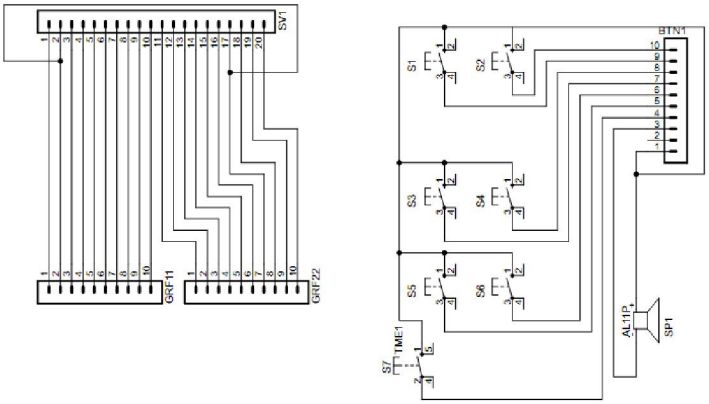
Sistemin genel blok diyagramı Şekil 5.3' de verilmektedir.



Şekil 5.3 : Sistemin Genel Blok Diyagramı

Şekil 5.3’ de görülen kontrol biriminin bulunduğu blok içinde, SSR yi sürmek için kullanılan optokuplör, Buzzer ı sürmek için transistör gibi bir takım giriş ve çıkış modülleri bulunmakta olup devrelerin ayrıntılı şemalarında görülebilir.

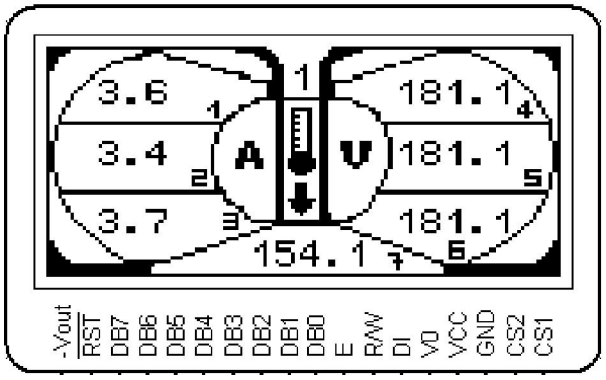
Grafik LCD ve tuş takımı için Eagle Baskı devre (PCB) programında oluşturulan devre şeması Şekil 5.4’ de görülmektedir.



Şekil 5.4: Grafik LCD ve Tuş Takımı Şeması

Deney düzeneğinde 6 adet buton bulunmaktadır. Menü tuşu mikro denetleyicinin RB0 kesmesini aktif yapan porta bağlanmıştır. Böylece PIC başka işlemler yaparken kullanıcı tuşa basarsa işlemi yarıda kesip sistemi ayarlama konumuna geçirmektedir. Bu sayede tuşların etkin kullanımı sağlanmış ve sistem tuşa ilk basıldığı anda tuşa atanan görevi yerine getirebilmektedir. Menü ayarlama kısmında kullanıcı okunan değerlere yazılımsal olarak ekleme veya çıkarma yapabilmektedir.

Şekil 5.5’ de ayar modundaki ekran görüntüsü verilmektedir. Ekrandaki termometre şeklinin üzerinde görünen “1” sayısı ayar moduna geçildiğini göstermektedir. Her bir hücrenin yanında küçük olarak yazılan sayılar (1 – 7 arasında) hücrenin numarasını göstermektedir. Bunlardan değiştirilmek istenen hücre seçilir.

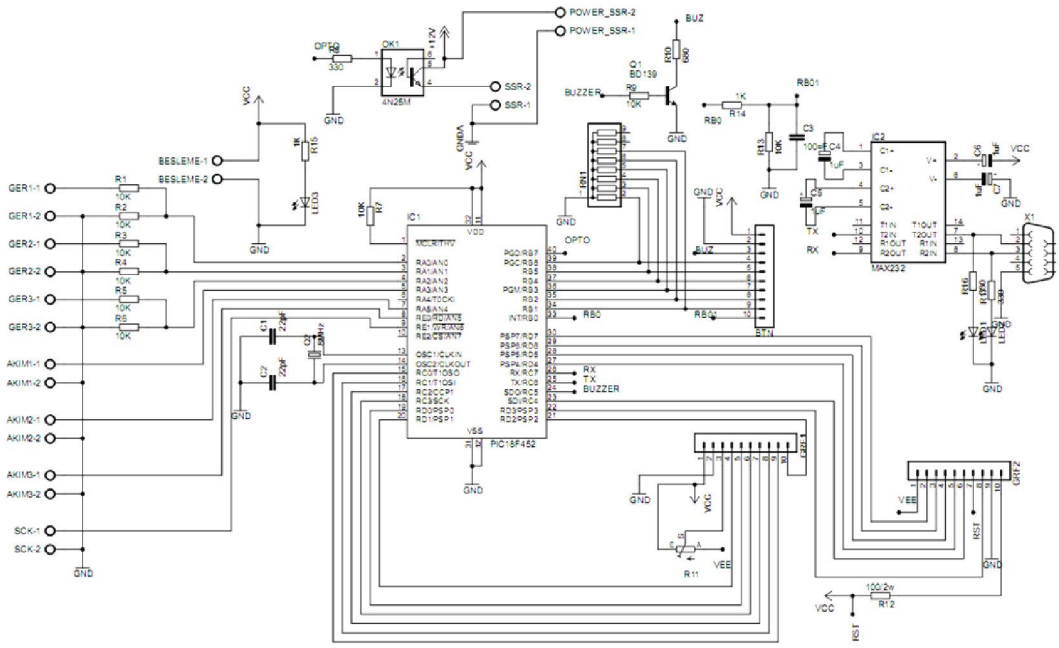


Şekil 5.5 : Sistem Ayar Menüsü Modunda

Ayarlama işlemleri için aşağıdaki adımlar izlenmelidir.

- Menü tuşuna bas.
- Yukarı ve Aşağı tuşları ile ayarlama yapılacak hücreyi seç(1 – 7 arasında)
- Seçimi tamamlamak için tekrar Menü tuşuna bas.
- Seçili alandaki değeri Artı ve Eksi tuşları ile ayarla.
- Değişiklikleri onaylamak için onay tuşuna bas.
- Akım dengesizliği hatasını iptal etmek için menüden 8 seç
- Düşük gerilim hatasını iptal etmek için menüden 9 seç

Sistemin kontrolünü sağlayan ana modüle ait devre şeması ve üstten görünüşü Şekil 5.6’ da verilmektedir.



Şekil 5.6 : Kontrol Sisteminin Devre Şeması

Devre şemasını kısaca açıklayalım. Mikro denetleyicinin ADC uçlarına bağlı olan konektörlerde; akım, gerilim ve sıcaklık dönüştürücülerden gelen DC gerilimler vardır. Gerilim dönüştürücü çıkışı 0 – 10 V arasında gerilim ürettiği için ve PIC e 5 V dan fazla gerilime izin verilmediği için, gerilim bölücü kullanılmıştır. Gerilim bölücü dirençler sıcaklıktan dolayı direnci değiştiğinde okuma doğruluğunu bozmaması için metal film dirençlerden seçilmiştir.

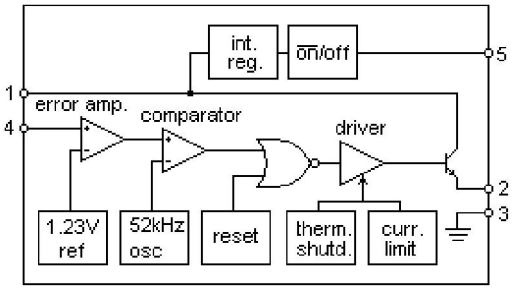
Sistemin saat palsini sağlamak için 8 MHz kristal ve buna bağlı iki adet 22pF kondansatör ile bir osilatör oluşturulmuştur. Mikro denetleyici içerisinde PLL(Phase Locked Loop) ayarı ile çalışma frekansı 4 katına yani denetleyicinin maksimum çalışma frekansına ulaşılabilmektedir.

GR1, GR2 ve BTN isimli konektörler Grafik LCD ve butonların bulunduğu modüle bağlanmak için kullanılmıştır.

Devredeki MAX232 entegresi, seri iletişim standardı TTL uyumlu olmadığı için kullanılmıştır. RS232 de lojik – 0, +3 ile 25 V arasında, lojik – 1 ise -3 ile 25 V arasında tanımlanmaktadır. TTL de lojik – 1 3-5 V, lojik – 0 ise yaklaşık 0 – 2,5 V

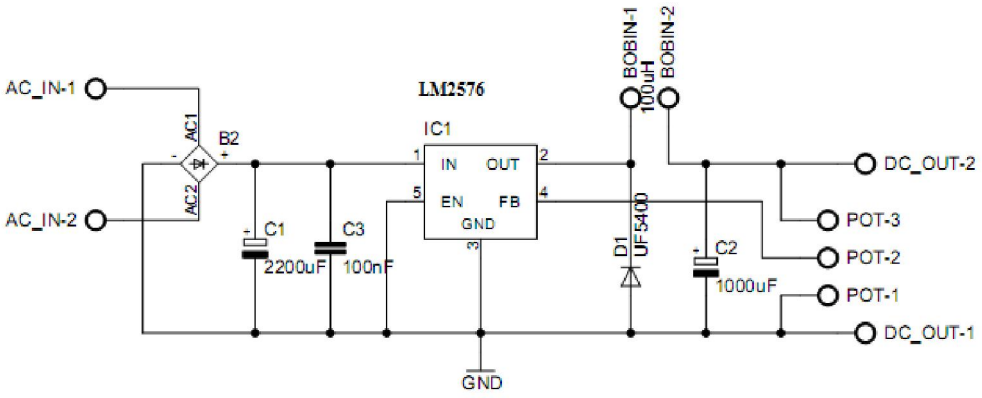
arasındadır. Bu nedenle gerilim dönüştürücü devreler veya entegreler kullanmak gerekmektedir. Devrede ayrıca SSR yi sürmek için bir opto kuplör ve sesli uyarı için kullanılan buzzer ı sürmek için bir transistör vardır.

Sistemi beslemek için kullanılan güç kaynaklarında LM2576 entegresinin çeşitleri kullanılmıştır. Bu entegre sayesinde çok daha az elemanla yüksek akıma ve düşük gürültü seviyelerine sahip, anahtarlamalı mod mantığıyla çalışan bir güç kaynağı elde edilmiştir. 52KHz sabit frekansta çalışır. Kısa devre koruması ve aşırı ısı koruması vardır. Entegreye ait prensip iç şema Şekil 5.7' da görülmektedir.



Şekil 5.7 : LM2576 İç Yapısı

Güç kaynaklarına ait devre şemaları benzer olduğu için devrelerden sadece bir tanesine yer verilmiştir. Şekil 5.8' deki devrede bulunan R1 ve R2 dirençleri ayarlanarak dönüştürücüleri besleyecek 24 V luk sabit bir gerilim elde edilmiştir. Diğer güç kaynaklarında 5 V ve 12 V gerektiği için LM2576-12-5 entegreleri kullanılmış ve R1 – R2 gerilim bölücüleri iptal edilerek geri besleme Cout kondansatörü üzerinden verilmiştir.



Şekil 5.8 : Güç Kaynağı Şeması

Akım ölçmek için 400 A e kadar ölçüm yapabilen hall effect prensibi ile çalışan dönüştürücü kullanılmıştır. Dönüştürücü üzerinden ölçüm aralığı 50/100/200 olarak seçilebilmektedir. Oluşturulan sistemde en yüksek akım 50 A i geçmeyeceği için anahtar 50 A konumuna ayarlanmıştır. Böylece çözünürlük artırılmış oldu. Çünkü dönüştürücü okunan akım değeriyle orantılı olarak 0 – 5 V arasında gerilim üretmektedir. Sistemde kullanılan Analog-Digital dönüştürücü 10 bit çözünürlüğe sahip olduğundan 5/1023 = 4,88 mV çözünürlükte bilgi okuyabilmektedir.

5000 mV	50 A
4,88 mV	X

X = 48,8 mA çözünürlükte akım bilgisi okunabilmektedir.

Gerilim okumak için 370 V a kadar ölçüm yapabilen, okunan gerilim ile doğru orantılı olarak 0-10V arasında gerilim üreten bir dönüştürücü kullanılmıştır. Sıcaklık okumak için J veya K ısıl çifti(thermocouple) ile 1200 ^{O}C e kadar ölçüm yapabilen ve ölçüm aralığı ayarlanabilen bir dönüştürücü kullanılmıştır. Dönüştürücü, J tipi ısıl çifti ile 0 – 300 derece arasında sıcaklıkla orantılı olarak 0 – 5 V üretecek şekilde ayarlanmıştır.

Akım ve gerilim dönüştürücüleri eğer regüleli bir kaynaktan besleniyorsa ki bu çalışmada oluşturulan deney setinde bu böyledir, kalibrasyon ayarı yapılması gerekmektedir. Bunun için dönüştürücülere bağlanan 3 faz gerilim hattı sökülerek çıkışlar 0 V olana kadar Zero/Span trimpotları ile ayarlama yapılmıştır.

Motor kontrolü için SSR(Solid State Relay = Katı Hal Rölesi) kullanılmıştır. SSR nin kontrol uçlarına optokuplör vasıtasıyla 12V verilerek motorun çalışması sağlanmaktadır. Optik yalıtıcı sayesinde motor kısmında oluşan arkların ve gürültünün kontrol sistemini etkilemesi önlenmiştir.

Deney setindeki tüm baskı devreler Eagle paket programıyla çizilmiştir. Çizilen baskı devreyi plakete aktarmak için şu adımlar izlenmiştir.

- Lazer yazıcı ile kuşe kağıda çıktı alındı.
- Kağıdın toner bulunan kısmı plakete sıkıca bantlandı.
- Ütü ile yaklaşık 5 dakika ütülendi.
- Plaket üstündeki kağıtları temizlemek için plaket su dolu kapta bekletildi.
- Toner aktarılmış plaket tuz ruhu – pelhidrol karışımına atıldı.
- Plakette kalan tonerleri temizlemek için tiner kullanılarak işlem tamamlandı.

5.2. Tasarım Özellikleri

Gerçekleştirilen sistemin özellikleri Tablo 2' de verilmektedir. Hata durumları için seçilen izin verilen sınırlar, NEMA standartlarına ve TSE' nin TS-3205 EN 60034-1 standardına uygun seçilmiştir.

Tablo 5.2 : Tasarlanan Sistemin Özellikleri

Seçilen Tasarım Özellikleri		
3 Faz Gerilimi	380 V AC	
Frekans	50 Hz	
Aşırı Gerilim Sınırları	% 10	240 V
Aşırı Akım Sınırları	% 15	5,5 A
Sargı Sıcaklığı	% 10	135 ^{O}C
Gerilim Dengesizliği	% 10	20 V
Akım Dengesizliği	% 10	0,5 A
Düşük Gerilim	% 10	200
Yol verme gecikmesi	2 sn	
Ölçüm Hassasiyetleri		
Akım	% 0,097	48,8 mA
Gerilim	% 0,097	361,12 mV
Sıcaklık	% 0,78	0,29 ^{O}C

5.3. Sistem Yazılımı

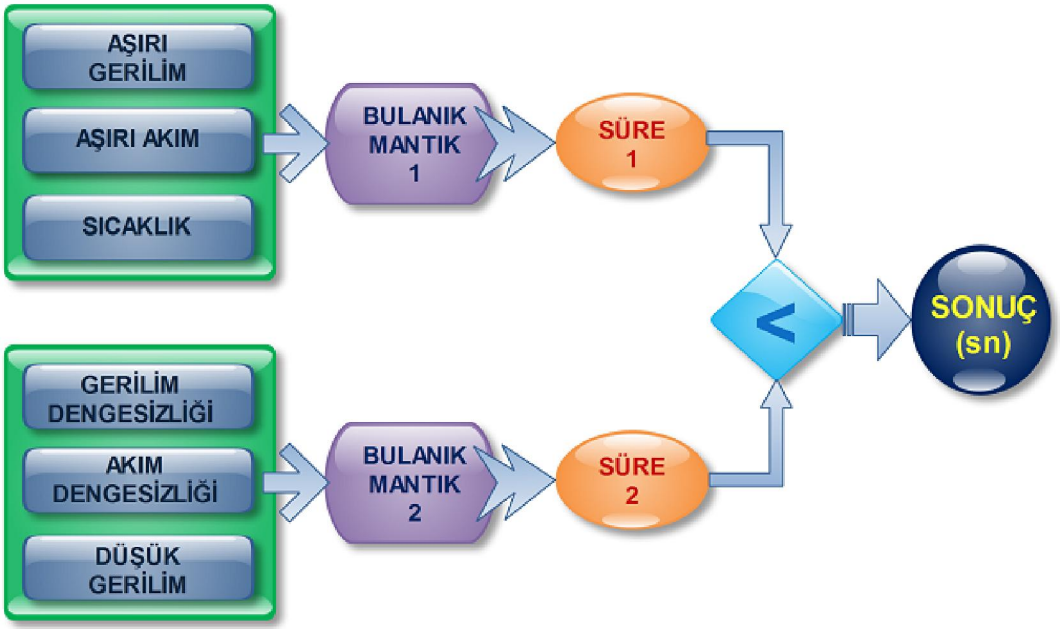
Mikro denetleyici en az kaynak kullanarak ve en hızlı çalışacak şekilde kullanabilmek için ilk akla gelen makine diline en yakın olan Assembly gelmektedir. Ancak programı bu kadar verimli hale getirmek bu dil ile oldukça zordur. Çünkü mikro denetleyicinin bütün donanımsal kontrolünü sizin yapmanızı bekler ve bu da zorlu bir süreçtir Kontrolün tüm aşamalarıyla programcı uğraştığı için programlar uzun olmakta ve hata kontrolü de o denli zor olmaktadır. Tüm bu sakıncalarını göz önüne alan birçok firma, programlama için daha üst seviyeli diller geliştirmektedir.

Günümüzde en çok kullanılan derleyicileri şöyle sıralayabiliriz: Proton Basic, Pic Basic Plus, Micro Basic, Mikro C, Hi-Tech C ve CCS C. Sistemin yazılımı için CCS C programlama dili seçilmiştir. Bu derleyici diğerlerinden farklı olarak hemen hemen tümüyle ANSI C dilini desteklemektedir. Ayrıca derleyici PIC12XX, PIC14XX, PIC16XX, PIC18XX ürünlerini desteklemekte, 24 bitlik PIC ile dsPIC ürünleri için de ayrı versiyonları bulunmaktadır. CCS C' nin içinde bulunan hazır birçok kütüphane, çevresel birimler ve iletişim protokolleri için hazır birçok fonksiyonu bulunmaktadır. Ayrıca yaygın olarak kullanıldığı için internetten yardım almak konusunda da oldukça kullanışlı bir derleyicidir (Çiçek 2007).

Yazılımın temelini bulanık mantık oluşturduğu için öncelikle oluşturulan giriş çıkış kümelerini ve kural tanımına ait bilgiler verilecektir.

5.3.1. Yazılımla İlgili Bulanık Mantık Bilgileri

Kural tabanını azaltmak için 6 farklı giriş değerini ikiye ayırarak, 2 ayrı sonuç üretilmekte ve üretilen sonuçlardan küçük olanı nihai sonuç olarak kullanılmaktadır. Şekil 5.8' de oluşturulan bulanık kontrol sisteminin blok diyagramı verilmektedir.



Şekil 5.9 : Bulanık Kontrol Sistemi

Grafiklerde ve tablolarda kullanılan dilsel ifadelerin açıklamaları Tablo 5.3' de verilmiştir.

Tablo 5.3 : Bulanık İfadelerin Kısaltma ve Açıklamaları

KISALTMA	AÇIKLAMASI	KISALTMA	AÇIKLAMASI
AA	Aşırı Akım	ÇK	Çok Kısa
AG	Aşırı Gerilim	K	Kısa
S	Sıcaklık	N	Normal
AD	Akım Dengesizliği	U	Uzun
GD	Gerilim Dengesizliği	ÇU	Çok Uzun
DG	Düşük Gerilim	**ÖRNEK KISALTMA**	**AÇIKLAMASI**
D	Düşük	AAD	Aşırı Akım Düşük
O	Orta	AGO	Aşırı Gerilim Orta
Y	Yüksek	SY	Sıcaklık Yüksek

Tablo 5.4 : Giriş ve Çıkış Değerlerinin Aralıkları

DEĞİŞKEN	MIN	MAX	BİRİMİ
Aşırı Gerilim	240	> 270	V
Aşırı Akım	5,5	> 8,4	A
Sıcaklık	135	> 155	^{O}C
Gerilim Dengesizliği	20	> 50	V
Akım Dengesizliği	0,5	> 2	A
Düşük Gerilim	200	< 160	V
Süre (Çıkış)	0	4,5	sn

Tablo 5.5 ve Tablo 5.6' da iki gruba ait kural tablolarının bir kısmı bulunmaktadır. Kural tablolarının tamamını ekler kısmında verilmiştir.

Tablo 5.5 : Kural Tabanı 1 İçin Bazı Örnekler

KURAL TABANI 1				
KURAL NO	**ASIRI GERILIM**	**ASIRI AKIM**	**SICAKLIK**	**ÇIKIŞ**
1	AGD	AAD	SD	ÇU
2	AGD	AAD	SO	ÇU
3	AGD	AAO	SY	N
4	AGD	AAY	SD	U
5	AGO	AAY	SY	ÇK
6	AGY	AAD	SD	U
7	AGD	AAO		U
8	AGD		SD	ÇU
9		AAD	SD	ÇU
10	AGD			U
11		AAO		N

Tablo 5.6 : Kural Tabanı 2 İçin Bazı Örnekler

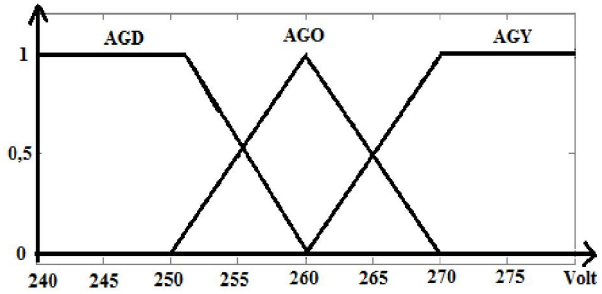
KURAL TABANI 2				
KURAL NO	**GERILIM DENG.**	**AKIM DENG.**	**DUSUK GER.**	**ÇIKIŞ**
1	GDD	ADD	DGD	ÇU
2	GDD	ADD	DGO	ÇU
3	GDD	ADD	DGY	U
4	GDD	ADO	DGD	ÇU
5	GDD	ADO	DGO	U
6	GDD	ADO	DGY	N
7	GDD	ADY	DGD	U
8	GDO	ADO		N
9	GDD		DGD	ÇU
10		ADD	DGD	ÇU
11	GDD			U

Üyelik fonksiyonları ve bunların dereceleri, formülleri ile birlikte Tablo 5.7' de verilmiştir.

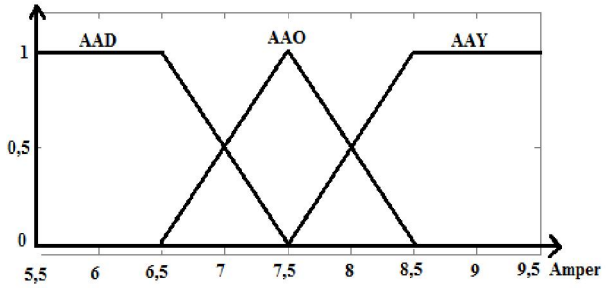
Tablo 5.7 : Üyelik Fonksiyonları ve Formülleri

	Üyelik Fonksiyonu	SÖZEL İFADE	Formül	
GİRİŞLER	***Aşırı Gerilim***	AGD	$\mu_{AGD}(x) = 1$ $= 260 - x / 10$	$240 <= x < 250$ $250 <= x < 260$
		AGO	$\mu_{AGO}(x) = 260 - x / 10$ $= 270 - x / 10$	$250 <= x < 260$ $260 <= x < 270$
		AGY	$\mu_{AGY}(x) = 260 - x / 10$ $= 1$	$260 <= x < 270$ $270 <= x$
	Aşırı Akım	AAD	$\mu_{AAD}(x) = 1$ $= 7,5 - x$	$5,5 <= x < 6,5$ $6,5 <= x < 7,5$
		AAO	$\mu_{AAO}(x) = 7,5 - x$ $= 8,5 - x$	$6,5 <= x < 7,5$ $7,5 <= x < 8,5$
		AAY	$\mu_{AAY}(x) = 8,5 - x$ $= 1$	$7,5 <= x < 8,5$ $8,5 <= x$
	Sıcaklık	SD	$\mu_{SD}(x) = 1$ $= 145 - x / 5$	$135 <= x < 140$ $140 <= x < 145$
		SO	$\mu_{SO}(x) = 145 - x / 5$ $= 150 - x / 5$	$140 <= x < 145$ $145 <= x < 150$
		SY	$\mu_{SY}(x) = 150 - x / 5$ $= 1$	$145 <= x < 150$ $150 <= x$
	Gerilim Dengesizliği	GDD	$\mu_{GDD}(x) = 1$ $= 40 - x / 10$	$20 <= x < 30$ $30 <= x < 40$
		GDO	$\mu_{GDO}(x) = 40 - x / 10$ $= 50 - x / 10$	$30 <= x < 40$ $40 <= x < 50$
		GDY	$\mu_{GDY}(x) = 50 - x / 10$ $= 1$	$40 <= x < 50$ $50 <= x$
	Akım Dengesizliği	ADD	$\mu_{ADD}(x) = 1$ $= 1,5 - x / 0,5$	$0,5 <= x < 1$ $1 <= x < 1,5$
		ADO	$\mu_{ADO}(x) = 1,5 - x / 0,5$ $= 2 - x / 0,5$	$1 <= x < 1,5$ $1,5 <= x < 2$
		ADY	$\mu_{ADY}(x) = 2 - x / 0,5$ $= 1$	$1,5 <= x < 2$ $2 <= x$
	Düşük Gerilim	DGY	$\mu_{DGY}(x) = 1$ $= 180 - x / 10$	$160 <= x < 170$ $170 <= x < 180$
		DGO	$\mu_{DGO}(x) = 180 - x / 10$ $= 190 - x / 10$	$170 <= x < 180$ $180 <= x < 190$
		DGD	$\mu_{DGD}(x) = 190 - x / 10$ $= 200 - x / 10$	$180 <= x < 190$ $190 <= x < 200$
ÇIKIŞ	***Süre***	ÇK	$\mu_{ÇK}(x) = 1$ $= 1,5 - x / 0,75$	$0 <= x < 0,75$ $0,75 <= x < 1,5$
		K	$\mu_{K}(x) = 1,5 - x / 0,75$ $= 2,25 - x / 0,75$	$0,75 <= x < 1,5$ $1,5 <= x < 2,25$
		N	$\mu_{N}(x) = 2,25 - x / 0,75$ $= 3 - x / 0,75$	$1,5 <= x < 2,25$ $2,25 <= x < 3$
		U	$\mu_{U}(x) = 3 - x / 0,75$ $= 3,75 - x / 0,75$	$2,25 <= x < 3$ $3 <= x < 3,75$
		ÇU	$\mu_{ÇU}(x) = 3,75 - x / 0,75$ $= 1$	$3 <= x < 3,75$ $3,75 <= x$

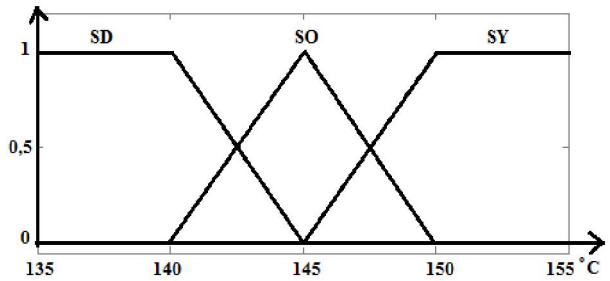
Bulanık kümelere ait grafikler aşağıda verilmiştir.



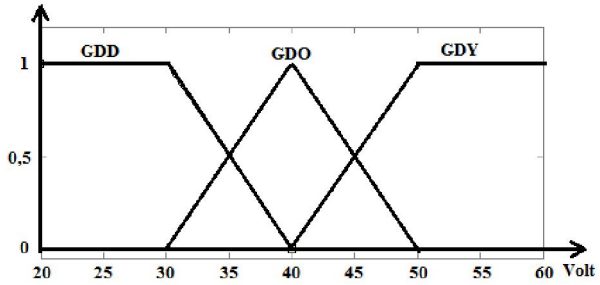
Şekil 5.10 : Aşırı Gerilim Girişine Ait Üyelik Fonksiyonları



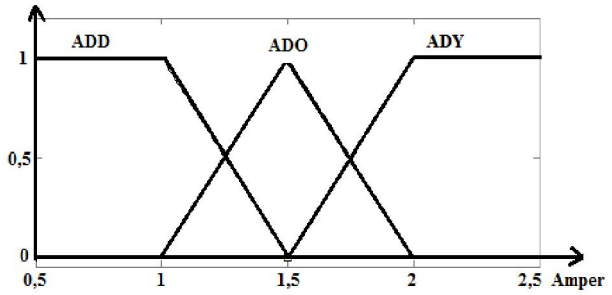
Şekil 5.11 : Aşırı Akım Girişine Ait Üyelik Fonksiyonları



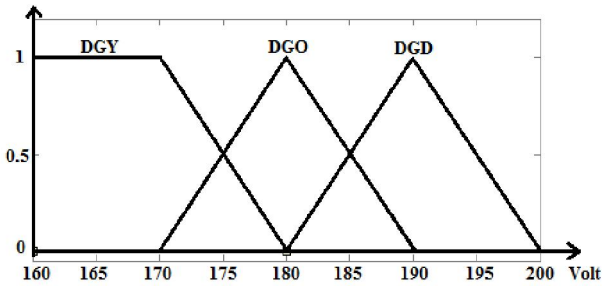
Şekil 5.12 : Sıcaklık Girişine Ait Üyelik Fonksiyonları



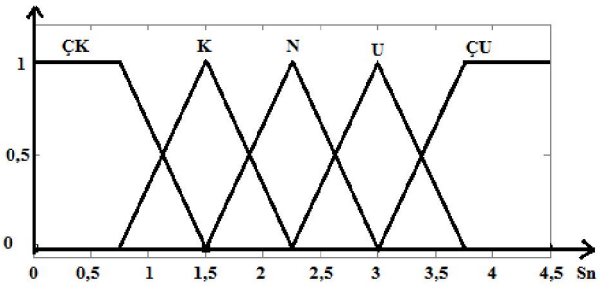
Şekil 5.13 : Gerilim Dengesizliği Girişine Ait Üyelik Fonksiyonları



Şekil 5.14 : Akım Dengesizliği Girişine Ait Üyelik Fonksiyonları



Şekil 5.15: Düşük Gerilim Girişine Ait Üyelik Fonksiyonları



Şekil 5.16 : Süre Çıkışına Ait Üyelik Fonksiyonları

Bulanık hesaplamalarda; literatür araştırılmalarında çok kullanıldığını görülen çıkarım mekanizması olarak Mamdani, durulaştırıcı olarak da Centroid metoduna kullanılmıştır.

5.3.2. Yazılım Algoritması

Yazılım algoritmasını anlatmak için blok diyagramlar kullanılırsa çok büyük boyutlu ve anlaşılması zor olacağı düşünüldüğünden Pseudocode(Sözde kod) ile yazılım açıklamaları yapılacaktır.

void main()

{

Değiskenleri_sifirla(); // Hesaplamalarda kullanılan değişkenler sıfırlanıyor. //

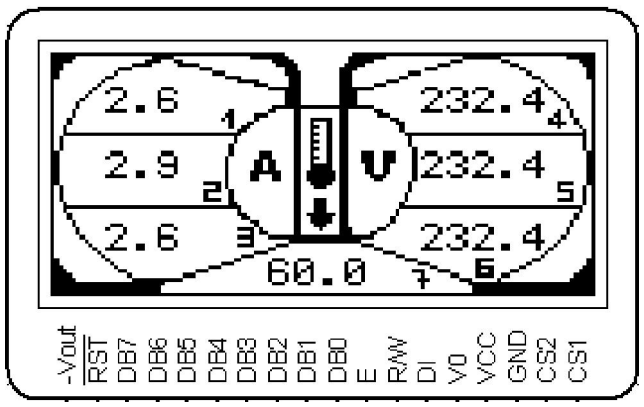
bas: // Motor durduktan sonra buradan devam et. //

menu(2); // Ölçülen değerlerin gösterileceği menü resmi yüklendi //

output_high(motor); // Motoru çalıştır. //

oku(); // 7 ADC portundaki değerin her biri 16 kez okunup toplandıktan sonra 4 bit sağa kaydırma yapılarak ortalamaları alındı. Ölçüm dalgalanmalarını azaltmak için kullanılmış bir yöntemdir. //

yaz(); // Okunan değerler belirtilen koordinatlara yazılıyor. Ekran görüntüsü Şekil 5.17' de verilmektedir. //



Şekil 5.17: Değerlerin Yazıldığı Ekran

delay_ms(2000); //program buraya kadar geldiğinde motor tekrar çalışmış demektir ve motor ilk kalkış anında fazla akım çektiğinden tekrar hemen hata durumuna geçmesini önlemek için 2 sn bekliyor. //

while(1) // Sonsuz döngü içinde aşağıdakileri yap. //

{

oku(); //Değerler sürekli okunuyor//

kontrol(); // okunan değerlerde değişiklik varsa o kısım yeniden yazılıyor//

ag=maxbul(g1f,g2f,g3f); // aşırı gerilim değeri bulundu.//

deger[0]=ag; // Hata ekranında eğer bu hata varsa ölçülen değer yazdırılır.//

*if (ag>270){ag=270;} if (ag<240){ag=*239;} //Okunan değerler bulanık kümelerin dışında ise bunları en uç değerden 1 eksiğine eşitlendi, bunu tetiklenen kuralları bulmada kullanıyoruz. //

if (ag!=239) hatane[0]=1; else hatane[0]=0; // ag sınırın dışında ise hata yok içinde ise hata var demek oluyor ve bu bilgi hatane[] dizisinde tutuluyor.//

aa=maxbul(a1f,a2f,a3f); // aşırı akım değeri bulundu.//

deger[1]=aa // Hata ekranında eğer bu hata varsa ölçülen değer yazdırılır.//

if (aa>8.4){aa=8.4;} if (aa<5.5){aa=5.4;} //Okunan değerler bulanık kümelerin dışında ise bunları işleniyor. //

if (aa!=0)hatane[1]=1;else hatane[1]=0; // aa sınırın dışında ise hata yok içinde ise hata var demek oluyor ve bu bilgi hatane[] dizisinde tutuluyor.//

s=sckf; // sıcaklık değeri

deger[2]=s; // Hata ekranında eğer bu hata varsa ölçülen değer yazdırılır.//

if (s>150){s=150;} if (s<135){s=134;} //Okunan değerler bulanık kümelerin dışında ise bunları işleniyor. //

if (s!=134)hatane[2]=1; else hatane[2]=0; // s sınırın dışında ise hata yok içinde ise hata var demek oluyor ve bu bilgi hatane[] dizisinde tutuluyor.//

gd=maxbul((abs(g1f-g2f)),(abs(g1f-g2f)),(abs(g2f-g3f))); //Gerilim dengesizliği hesaplandı. //

deger[3]=gd; // Hata ekranında eğer bu hata varsa ölçülen değer yazdırılır.//

if (gd<20){gd=19;}if (gd>50){gd=50;} //Okunan değerler bulanık kümelerin dışında ise bunları işleniyor. //

if (gd!=19) hatane[3]=1; else hatane[3]=0; // gd sınırın dışında ise hata yok içinde ise hata var demek oluyor ve bu bilgi hatane[] dizisinde tutuluyor.//

ad=maxbul((abs(a1f-a2f)),(abs(a1f-a3f)),(abs(a2f-a3f))); //Akım dengesizliği hesaplandı. //

deger[4]=ad; // Hata ekranında eğer bu hata varsa ölçülen değer yazdırılır.//

if (ad>2){ad=2;} if (ad<0.5){ad=0.4;} //Okunan değerler bulanık kümelerin dışında ise bunları işleniyor. //

if (bakma2==1){ad=0.4;} // Akım dengesizliği Menüden iptal edilebiliyor. //

if (adek!=0) hatane[4]=1; else hatane[4]=0; // gd sınırın dışında ise hata yok içinde ise hata var demek oluyor ve bu bilgi hatane[] dizisinde tutuluyor.//

dg=minbul(g1f,g2f,g3f); //Düşük Gerilim hesaplandı. //

deger[5]=dg; // Hata ekranında eğer bu hata varsa ölçülen değer yazdırılır.//

if (dg<170){dg=170;} if (dg>200){dg=201;} //Okunan değerler bulanık kümelerin dışında ise bunları işleniyor. //

if (bakma==1){dgek=201;} // Düşük Gerilim Menüden iptal edilebiliyor. //

if (dgek!=201) hatane[5]=1; else hatane[5]=0; // dg sınırın dışında ise hata yok içinde ise hata var demek oluyor ve bu bilgi hatane[] dizisinde tutuluyor.//

if (input(enter)){bastimi=2;biple();} //Enter tuşuna 1 kez basıldığında reset yapılana kadar basılı gibi davranacak//

if (bastimi==2) // Enter tuşuna basıldıysa süre hesaplama işlemi yap//

{

if((hata[0]==1)||(hata[1]==1)||(hata[2]==1)||(hata[3]==1)||(hata[4]==1)||(hata[5]==1))

// hata varsa *süre hesaplama işlemi yap//*

{

ag_bulan=bulandir(ag); // Degerler bulanıklaştırılıyor//

aa_bulan= bulandir(aa);

...Diğer 4 giriş değişkeni için de aynı işlemler yapılır.

Düşük, Orta, Yüksek İfadeleri için sırasıyla 1, 2, 3 sayıları belirlenmiştir. bulandır() fonksiyonunda üyelik derecesi ile hangi bulanık ifadeye girdiği toplanıyor. Örneğin 0,3 oranında Orta demek için 2,3 değeri döndürülmekte, bu veri kullanılırken sayının tam kısmına göre bulanık ifade çözülmektedir.

İki üyeliği birden kesme durumu varsa, üyelik fonksiyonları ikizkenar üçgen olduğu için diğer üyelik derecesi kolayca bulunmaktadır. Algoritma ilk üyeliği bulmak için hangi aralığa girdiğini kontrol ediyor. İlk aralığı bulduktan sonra üyelik derecesini buluyor. Geriye kalan üyelik derecesi o sayının 1 den farkıdır. Örneğin 0,3 oranında Ortayı kesiyor ise 0,7 oranında da Yüksek üyelik derecesini kesmektedir.

İki üyeliği kesme durumunu anlamak için fonksiyon tarafından gönderilen sonuç değerine 5 sayısı ekleniyor. Böylece ana programda eğer gelen veri 5 den büyük ise iki üyelik olduğu anlaşılmakta ve program buna göre yürütülmektedir. Örneğin 0,3 Orta – 0,7 Yüksek için fonksiyon 5+2+0,7=7,7 sayısı gönderilmektedir.

kural1 [] = kural_bul(ag_bulan,aa_bulan,s_bulan); //tetiklenen kurallar bulunup değerleri iki boyutlu diziye atılıyor. //

kural2 [] = kural_bul(gd_bulan,ad_bulan,dg_bulan); //tetiklenen kurallar bulunup değerleri iki boyutlu diziye atılıyor. //

Kural bulma fonksiyonunda da bulandırma işlemine benzer bir yol izlenmiştir.

ÇK, K, N, U, ÇU değerleri için sırasıyla 1, 2, 3, 4, 5 sayıları verilmiştir. İki farklı üyelik durumunu göstermek için sonuca 6 sayısı eklenmiştir. Örneğin tetiklenen bir kural 0,4 ÇK, 0,6 K iken 6+1+0,4=7,4 bilgisi diziye atılıyor. Bu veriler daha sonra Centroid fonksiyonunda kullanılmaktadır. Gelen veriden 6 çıkarılarak ilk üyelik fonksiyonun hangisi olduğu (7,4-6 = 1,4 = ÇK) , virgüllü kısımı alınarak da(1,4-floor(1,4) = 0,4 işlemi ile) üyelik derecesi bulunmaktadır. Geriye kalan 0,6 oranında Kısa üyelik fonksiyonudur.

sure1=centroid(kural1 []) //1.kural tabanı için Centroid yöntemi ile durulama yapılıyor.//

sure2=centroid(kural2 []) //2.kural tabanı için Centroid yöntemi ile durulama yapılıyor.//

Centroid metodunda integral işlemi vardır. Ancak mikro denetleyicide integral işlemi yapılamadığı için Mamdani sonucunda oluşan alanı bulmak için alan 0,1 lik parçalara bölünerek toplam alan hesaplanmıştır.

*if (sure1<=sure2) sureson=sure1*1000; else sureson=sure2*1000;*

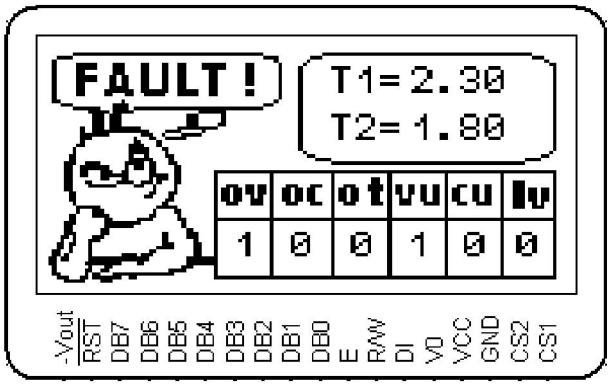
delay_ms(sureson-10); //Hesaplanan süre sonunda motoru durduracak//

oku(); // değerler tekrar okunuyor.

cevap=duzeldimi(); // hatanın düzelip düzelmediğine bakıyor.

if (cevap==0){output_low(motor);} // hata düzelmediyse motoru kapat

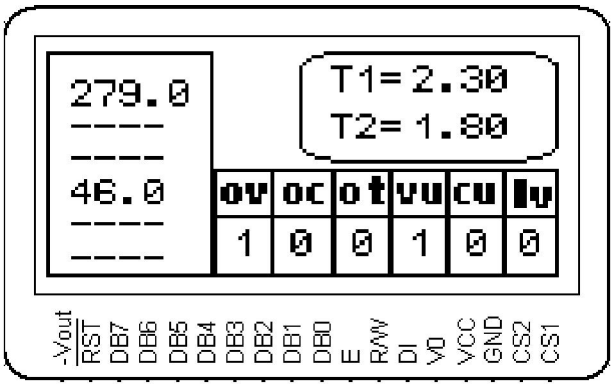
while(input(pc)) // başa dönmek için kilitleme düğmesinin açılmasını bekliyor. Bu düğme basılı iken sistem hata ekranında bekliyor. Hata ekranı Şekil 5.18' de verilmektedir.



Şekil 5.18 : Hata Ekranı, İlk Durum

{

if(input(ileri))//ileri tuşuna basılırsa hata oluşturan değerler görüntülenir. Bu ekran Şekil 5.17' da görülmektedir.//



Şekil 5.19 : Hata Ekranı , Durum Bildirme Modu

{

durum_bildir();

}

goto bas;

}

5.4. Deneysel Sonuçlar

Hata parametrelerini denemek için hata çeşidine göre değişik adımlar izlenmiştir.

Aşırı Gerilim : Motora bağlı olan 3 faz gerilim 0 – 380 V ayarlı varyaka bağlı olduğundan komütatör vasıtasıyla gerilim değeri kolayca yükseltilmektedir.

Aşırı Akım : Motorun ucuna bağlı DC jeneratöre yük dirençleri bağlayarak ve uyartım gerilimini ayarlayarak bu hata denenmektedir. Ayrıca, DC jeneratörü kullanmadan, düşük gerilim hatası iptal edilip gerilim düşürüldükten sonra motorun rotoru kilitlenerek aşırı akım deneyi gerçekleştirilebilmektedir.

Sıcaklık : Sıcaklığı kolayca değiştirebilmek için motor sargılarının olduğu bölüme termokuplör bağlanmamıştır. Ayarlı lehim makinesi ile termokuplörü ısıtarak, ayrıca yazılımsal olarak da sıcaklık değeri yükseltilip azaltılabilmektedir.

Gerilim Dengesizliği : Varyak komütatörü 3 fazın gerilimini aynı anda değiştirilecek şekilde bağlandığından faz gerilimlerini ayrı ayrı değiştirmek mümkün olmadı. Bunun için ayar menüsünden yazılımsal olarak gerilim değeri değiştirilmiştir. Bu hatayı denemek için ayrıca fazlardan birisi kopartılmıştır. Böylece gerilim dengesizliğinin maksimum olduğu durumlar test edilebilmiştir.

Akım Dengesizliği : Ayar menüsünden yazılımsal olarak akım değerleri değiştirilmiştir. Ayrıca fazlardan birisi kopartıldığında bu hatanın da diğer fazlardan çekilen akıma göre oluşan akım fark değeri test edilebilmiştir.

Düşük Gerilim : Varyak ile yukarıda anlatıldığı gibi ayarlanabilmektedir.

Deney setinde tüm hata parametrelerine ait birçok örnek denenmiş ve sonuçlar Tablo 5,8 ve Tablo 5.9’ de listelenmiştir.

Tablo 5.8 : Kural Tabanı 1 İçin Test Sonuçları

KURAL TABANI 1								
KURAL NO	ASIRI GERILIM (V)		ASIRI AKIM (A)		SICAKLIK (°C)		SÜRE (sn)	
	BULANIK İFADE	SAYISAL DEĞER	BULANIK İFADE	SAYISAL DEĞER	BULANIK İFADE	SAYISAL DEĞER	BULANIK İFADE	SAYISAL DEĞER
1	AGO	256,5	AAD	6,4	SO	146,7	U	2,5
2	AGO	256,8	AAO	7,7	SY	154,1	K	1,9
3	AGO	260,9	AAY	8,6	SY	155,2	ÇK	1,5
4	AGY	277,4	AAD	6,2	SO	147,9	N	1,8
5	AGO	257,2	AAD	5,7			U	2,3
6	AGO	256,9	AAY	8,8			K	2
7	AGD	246,6			SD	138,2	ÇU	3,5
8	AGY	276,8			SY	155,2	ÇK	1,1
9			AAY	8,6	SY	155,5	ÇK	1,2
10	AGY	278,2					K	2,3
11			AAD	6,3			U	3
12					SY	153,8	K	1,5

Tablo 5.9 : Kural Tabanı 2 İçin Test Sonuçları

KURAL TABANI 2								
KURAL NO	GERİLİM DENGESİZLİĞİ (V)		AKIM DENGESİZLİĞİ (A)		DÜŞÜK GERİLİM (°C)		SÜRE (sn)	
	BULANIK İFADE	SAYISAL DEĞER	BULANIK İFADE	SAYISAL DEĞER	BULANIK İFADE	SAYISAL DEĞER	BULANIK İFADE	SAYISAL DEĞER
1	GDD	23,8	ADD	0,9	DGD	192,5	ÇU	3,4
2	GDD	30,9	ADO	1,6	DGO	186,2	U	2,8
3	GDY	54	ADO	1,5	DGO	187,4	K	2,1
4	GDY	51,6	ADO	1,6	DGY	165,4	ÇK	1,5
5	GDY	56,4	ADY	2,1	DGD	184,8	K	1,7
6	GDO	37,6	ADO	1,5			N	2,5
7	GDD	23,4			DGD	192,5	ÇU	3,3
8	GDY	59,8			DGY	168,3	ÇK	1,1
9			ADY	2,6	DGY	168,8	K	1,1
10	GDY	50,2					K	1,5
11			ADD	0,8			U	3
12					DGO	182,1	N	2,4

Tablo 5.8 ve Tablo 5.9' da verilen test sonuçlarının doğruluğunu kıyaslamak için, sistemin giriş kümeleri ve kural tabanı Matlab ın Fuzzy Logic toolbox ı olan FIS GUI ye girilmiştir. Test için kullanılan değerler Matlab ile hesaplanıp Tablo 5.10 ve Tablo 5.11' de gerçek deney sonuçları ile birlikte verilmiştir. Kural numaraları Tablo 5.8 ve Tablo 5.9' a göre verilmiştir. Örneğin;

Aşırı Gerilim : 256,5

Aşırı Akım : 6,4

Sıcaklık : 146,7

Çıkış (hesaplanan bekleme süresi) : 2,5 sn

Tablo 5.10: Kural 1 İçin Matlab ve Deney Sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Deneysel Sonuçlar	2,5	1,9	1,5	1,8	2,3	2	3,5	1,1	1,2	2,3	3	1,5
Matlab Sonuçları	2,6	2	1,5	2	2,2	2,1	3,5	1,1	1,2	2,3	3	1,5
Fark	+0,1	+0,1	0	+0,2	-0,1	+0,1	0	0	0	0	0	0

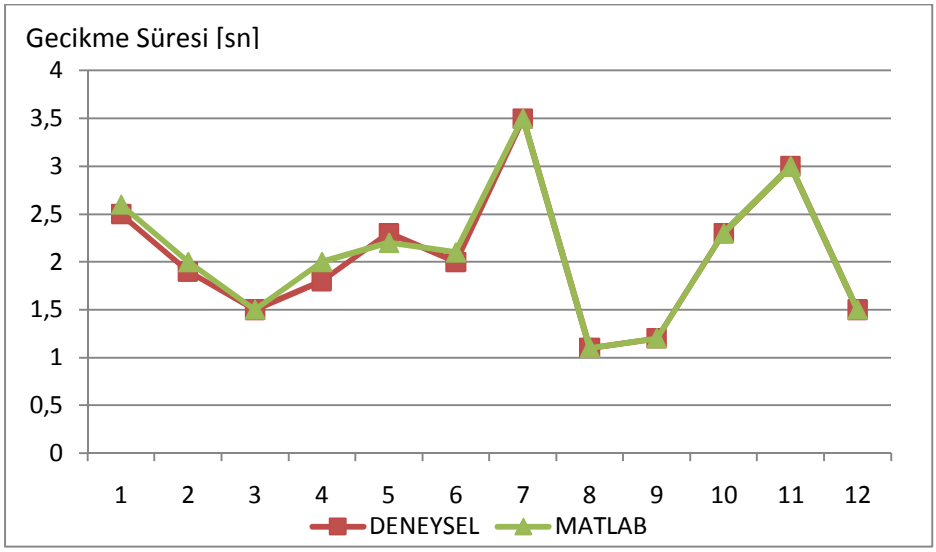
Tablo 5.11 : Kural 2 İçin Matlab ve Deney Sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Deneysel Sonuçlar	3,4	2,8	2,1	1,5	1,7	2,5	3,3	1,1	1,1	1,5	3	2,4
Matlab Sonuçları	3,4	2,8	2,2	1,5	1,7	2,5	3,2	1,1	1,1	1,5	3	2,4
Fark	0	0	+0,1	0	0	0	-0,1	0	0	0	0	0

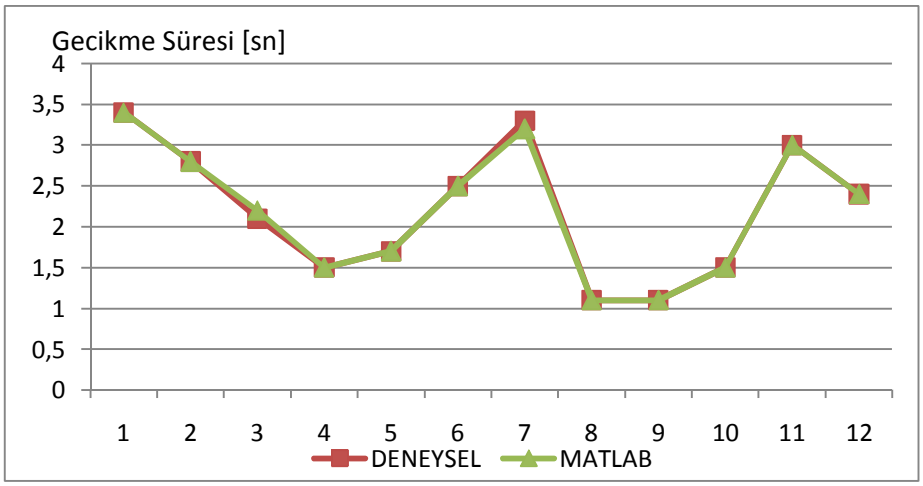
Tablo 5.10 ve Tablo 5.11 de görüldüğü gibi Matlab' ın ürettiği sonuçlar ve deneysel sonuçlar arasında -0,1 sn ile +0,2 sn arasında farklar görülmektedir.

Bu fark, işlemlerin virgülden sonra tek hane olarak yapılmasından ve Matlab' ın kayan noktalı işlemleri daha hassas olarak yapmasından ve Centroid metodunda alanı bulma işleminde integral işlemini kullanmadan oluşmaktadır. Mekanik ve Elektronik Motor koruma rölelerinin bu kadar yüksek hassasiyetle ayarlamalar yapamadığı ve bu sürenin sistemi etkilemeyeceği düşünüldüğünden söz konusu farkın önemli olmadığı sonucuna varılmıştır.

Şekil 5.20 ve 5.21' dan da görüldüğü gibi deneysel olarak elde edilen sonuçlar ile Matlab tarafından üretilen sonuçlar çok büyük bir oranda aynı çıkmıştır.



Şekil 5.20: Kural 1 İçin Matlab İle Deney Setinin Karşılaştırılması



Şekil 5.21 : Kural 2 İçin Matlab İle Deney Setinin Karşılaştırılması

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde sanayi kuruluşlarının neredeyse tamamında hareketli sistemler oluşturmak için motorlardan yararlanılmaktadır. Asenkron motorlar, karmaşık olmayan ve dayanıklı yapıları, oldukça ucuz üretim maliyetleri ve talep edilen güçlerde kolaylıkla üretilebilmeleri gibi nedenlerden dolayı endüstride çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bundan dolayı, asenkron motorlar; birçok endüstriyel üretim hattında kritik öneme sahip bileşenlerindendir. Üretim hattında önemli bir yeri olan bu motorların arızalanması, zaman kaybı ve bakım maliyeti gibi zararlara yol açacaktır. Bu yüzden motorlar arızalanmadan önlem alınması, bakım ve iş gücü kayıplarının önüne geçecektir.

Asenkron motorları hatalara karşı korumak için oluşturulan bu sistemde, aşırı gerilim, aşırı akım, sıcaklık, gerilim dengesizliği, akım dengesizliği ve düşük gerilim durumlarında motoru durduracak bir gömülü kontrol sistemi tasarlanmıştır. Koruma rölelerinin birçoğunda olduğu gibi, sistem bir hata algıladığında belirli bir süre bekler ve hata düzelmemişse motoru durdurur. Beklenecek bu süre mekanik koruma rölelerinde elle ayarlanmaktadır. Elektronik rölelerin çoğunda ise hata çeşidine göre önceden sabit olarak belirlenmektedir.

Motoru devre dışı bırakmak için beklenecek süre kritik bir öneme sahiptir ve uzman kişiler tarafından belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada birçok farklı kombinasyonun farklı dereceleri için bekleme süresi bulanık olarak üretilmektedir. Uzman kişiler tarafından oluşturulan kural tabanı sayesinde hata çeşidine ve derecesine göre bekleme süresi esnek olarak hesaplanmaktadır. Böylece arızanın çeşidi ve durumuna göre bekleme süresi optimum bir şekilde ayarlanmaktadır. Ayrıca, simülasyon sonuçları ile deneysel çalışma sonuçlarının uyumlu olması sistemin güvenilirliğini göstermektedir.

Klasik sistem arıza farkı gözetmeksizin sabit bekleme süresi ile (örneğin 3 sn) motoru durdururken, gerçekleştirilen bulanık tabanlı sistem oluşan hata çeşidine göre daha esnek durdurma süresi (0 sn ile 4,5 sn) seçeneği ile motoru durdurmaktadır.

Gerçekleştirilen sistemde tek bir motorun parametrelerine göre sonuçlar üretilmektedir. Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda herhangi bir motorun parametrelerine göre sistemi adapte edebilecek şekilde yazılım geliştirilebilir. Ayrıca giriş sayısı farklı hata değişkenleri ile artırılabilir.

KAYNAKLAR

Bayındır, R., Sefa, İ., 2007 Novel Approach Based On Microcontroller to Online Protection of Induction Motors. Energy Conversion and Management, 48:850-856.

Bayındır, R., Demirbaş, Ş., Irmak, E., Bekiroğlu, E. 2007 Asenkron Motorlar İçin Denetleyici Tabanlı Yol Verme ve Koruma Rölesinin Gerçekleştirilmesi, Politeknik Dergisi, 10:1-5.

Bayındır, R., Sefa, İ. , Çolak, İ., Bektaş, A. 2008 Fault Detection and Protection of Induction Motors Using Sensors. IEEE Transactions On Energy Conversion, 734 – 741

Boduroğlu, T. 1994. Elektrik Makinaları Dersleri, Beta yay. , İstanbul.

Çiçek, S. 2007. CCS İle PIC Programlama, Altaş yay. , İstanbul.

Çolak, İ. , Çelik, H., Sefa, İ., Demirbaş, Ş. 2005. On Line Protection Systems For Induction Motors, Energy Conversion and Management, 46:2773-2786.

Çunkaş, M., Akkaya, R., Öztürk, A. 2000. Protection of AC Motors by Means of Microcontrollers. Melecon 2000, Cyprus, 3:1093 – 1096.

Duran, M., Duran, J., Perez, F., Fernandez, J. 2006. Induction-Motor Sensorless Vector Control With Online Parameter Estimation and Overcurrent Protection, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 53:154- 161.

Elmas, Ç. 2007. Yapay Zeka Uygulamaları, Seçkin yay. , Ankara.

Kaya, A. 2008. Gömülü Sistemler ve Uygulama Alanları, Akademik Bilişim 2008, 677-683. Akademik Bilişim 2008. , Çanakkale.

Lebaroud A. , Clerc G. 2007. On-line Diagnosis of Induction Motor Faults, 4th International Conference: Sciences of Electronic, Technologies of Information and Telecommunications, 1-5

MEGEP 2007. Ders Notları, Koruma Röleleri 1-2, Ankara.

Saçkıran, H.A. 1992. Elektrik Makinaları III, M.E.B yay., Ankara.

Sudha M. , Anbalagan P. 2007. A Novel Protecting Method for Induction Motor Against Faults Due to Voltage Unbalance and Single Phasing, The 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON), 5-8.

Yaralıoğlu, K. 2005. Bulanık Mantık Ders Notları.

Zidani, F., Mohamed , B., Demba, D., Mohamed, N. 2003. Induction Motor Stator Faults Diagnosis by a Current Concordia Pattern-Based Fuzzy Decision System, IEEE Transactions On Energy Conversion, 18:469- 475.

tr.wikipedia.org : Son ziyaret tarihi : 12.06.2010

www.yapay-zeka.org : Son ziyaret tarihi : 25.06.2010

EKLER

Ek A : Kural Tabanları 2 şer parça olarak verilmiştir.

Ek B : PIC18F4620 ye ait bilgi sayfaları

Ek C : HDM64GS12 Grafik LCD bilgi sayfası

Ek D :LM2576 Regülatörü bilgi sayfaları

Ek E : Deney Düzeneğine ait fotoğraflar

EK A : Kural Tabanları

KURAL TABANI 1				
KURAL NO	**ASIRI GERILIM**	**ASIRI AKIM**	**SICAKLIK**	**ÇIKIŞ**
1	AGD	AAD	SD	ÇU
2	AGD	AAD	SO	ÇU
3	AGD	AAD	SY	U
4	AGD	AAO	SD	ÇU
5	AGD	AAO	SO	U
6	AGD	AAO	SY	N
7	AGD	AAY	SD	U
8	AGD	AAY	SO	N
9	AGD	AAY	SY	K
10	AGO	AAD	SD	ÇU
11	AGO	AAD	SO	U
12	AGO	AAD	SY	N
13	AGO	AAO	SD	U
14	AGO	AAO	SO	N
15	AGO	AAO	SY	K
16	AGO	AAY	SD	N
17	AGO	AAY	SO	K
18	AGO	AAY	SY	ÇK
19	AGY	AAD	SD	U
20	AGY	AAD	SO	N
21	AGY	AAD	SY	K
22	AGY	AAO	SD	N
23	AGY	AAO	SO	K
24	AGY	AAO	SY	ÇK
25	AGY	AAY	SD	K
26	AGY	AAY	SO	ÇK
27	AGY	AAY	SY	ÇK

KURAL TABANI 1+				
KURAL NO	**ASIRI GERILIM**	**ASIRI AKIM**	**SICAKLIK**	**ÇIKIŞ**
28	AGD	AAD		ÇU
29	AGD	AAO		U
30	AGD	AAY		N
31	AGO	AAD		U
32	AGO	AAO		N
33	AGO	AAY		K
34	AGY	AAD		N
35	AGY	AAO		K
36	AGY	AAY		ÇK
37	AGD		SD	ÇU
38	AGD		SO	U
39	AGD		SY	N
40	AGO		SD	U
41	AGO		SO	N
42	AGO		SY	K
43	AGY		SD	N
44	AGY		SO	K
45	AGY		SY	ÇK
46		AAD	SD	ÇU
47		AAO	SO	U
48		AAY	SY	N
49		AAD	SD	U
50		AAO	SO	N
51		AAY	SY	K
52		AAD	SD	N
53		AAO	SO	K
54		AAY	SY	ÇK
55	AGD			U
56	AGO			N
57	AGY			K
58		AAD		U
59		AAO		N
60		AAY		K
61			SD	U
62			SO	N
63			SY	K

KURAL TABANI 2				
KURAL NO	**GERILIM DENG.**	**AKIM DENG.**	**DUSUK GER.**	**ÇIKIŞ**
1	GDD	ADD	DGD	ÇU
2	GDD	ADD	DGO	ÇU
3	GDD	ADD	DGY	U
4	GDD	ADO	DGD	ÇU
5	GDD	ADO	DGO	U
6	GDD	ADO	DGY	N
7	GDD	ADY	DGD	U
8	GDD	ADY	DGO	N
9	GDD	ADY	DGY	K
10	GDO	ADD	DGD	ÇU
11	GDO	ADD	DGO	U
12	GDO	ADD	DGY	N
13	GDO	ADO	DGD	U
14	GDO	ADO	DGO	N
15	GDO	ADO	DGY	K
16	GDO	ADY	DGD	N
17	GDO	ADY	DGO	K
18	GDO	ADY	DGY	ÇK
19	GDY	ADD	DGD	U
20	GDY	ADD	DGO	N
21	GDY	ADD	DGY	K
22	GDY	ADO	DGD	N
23	GDY	ADO	DGO	K
24	GDY	ADO	DGY	ÇK
25	GDY	ADY	DGD	K
26	GDY	ADY	DGO	ÇK
27	GDY	ADY	DGY	ÇK

KURAL TABANI 2+				
KURAL NO	**GERILIM DENG.**	**AKIM DENG.**	**DUSUK GER.**	**ÇIKIŞ**
28	GDD	ADD		ÇU
29	GDD	ADO		U
30	GDD	ADY		N
31	GDO	ADD		U
32	GDO	ADO		N
33	GDO	ADY		K
34	GDY	ADD		N
35	GDY	ADO		K
36	GDY	ADY		ÇK
37	GDD		DGD	ÇU
38	GDD		DGO	U
39	GDD		DGY	N
40	GDO		DGD	U
41	GDO		DGO	N
42	GDO		DGY	K
43	GDY		DGD	N
44	GDY		DGO	K
45	GDY		DGY	ÇK
46		ADD	DGD	ÇU
47		ADO	DGO	U
48		ADY	DGY	N
49		ADD	DGD	U
50		ADO	DGO	N
51		ADY	DGY	K
52		ADD	DGD	N
53		ADO	DGO	K
54		ADY	DGY	ÇK
55	GDD			U
56	GDO			N
57	GDY			K
58		ADD		U
59		ADO		N
60		ADY		K
61			DGD	U
62			DGO	N
63			DGY	K

Ek B :

MICROCHIP **PIC18F2525/2620/4525/4620**

28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers with 10-Bit A/D and nanoWatt Technology

Power Managed Modes:

- Run: CPU on, peripherals on
- Idle: CPU off, peripherals on
- Sleep: CPU off, peripherals off
- Idle mode currents down to 2.5 µA typical
- Sleep mode current down to 100 nA typical
- Timer1 Oscillator: 1.8 µA, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 1.4 µA, 2V typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

Flexible Oscillator Structure:

- Four Crystal modes, up to 40 MHz
- 4x Phase Lock Loop (PLL) – available for crystal and internal oscillators)
- Two External RC modes, up to 4 MHz
- Two External Clock modes, up to 40 MHz
- Internal oscillator block:
  - 8 user selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
  - Provides a complete range of clock speeds from 31 kHz to 32 MHz when used with PLL
  - User tunable to compensate for frequency drift
- Secondary oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Fail-Safe Clock Monitor
  - Allows for safe shutdown if peripheral clock stops

Peripheral Highlights:

- High-current sink/source 25 mA/25 mA
- Three programmable external interrupts
- Four input change interrupts
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules, one with Auto-Shutdown (28-pin devices)
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module (40/44-pin devices only):
  - One, two or four PWM outputs
  - Selectable polarity
  - Programmable dead time
  - Auto-Shutdown and Auto-Restart

Peripheral Highlights (Continued):

- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module supporting 3-wire SPI™ (all 4 modes) and I^2C™ Master and Slave modes
- Enhanced Addressable USART module:
  - Supports RS-485, RS-232 and LIN 1.2
  - RS-232 operation using internal oscillator block (no external crystal required)
  - Auto-Wake-up on Start bit
  - Auto-Baud Detect
- 10-bit, up to 13-channel Analog-to-Digital Converter module (A/D):
  - Auto-acquisition capability
  - Conversion available during Sleep
- Dual analog comparators with input multiplexing
- Programmable 16-level High/Low-Voltage Detection (HLVD) module:
  - Supports interrupt on High/Low-Voltage Detection

Special Microcontroller Features:

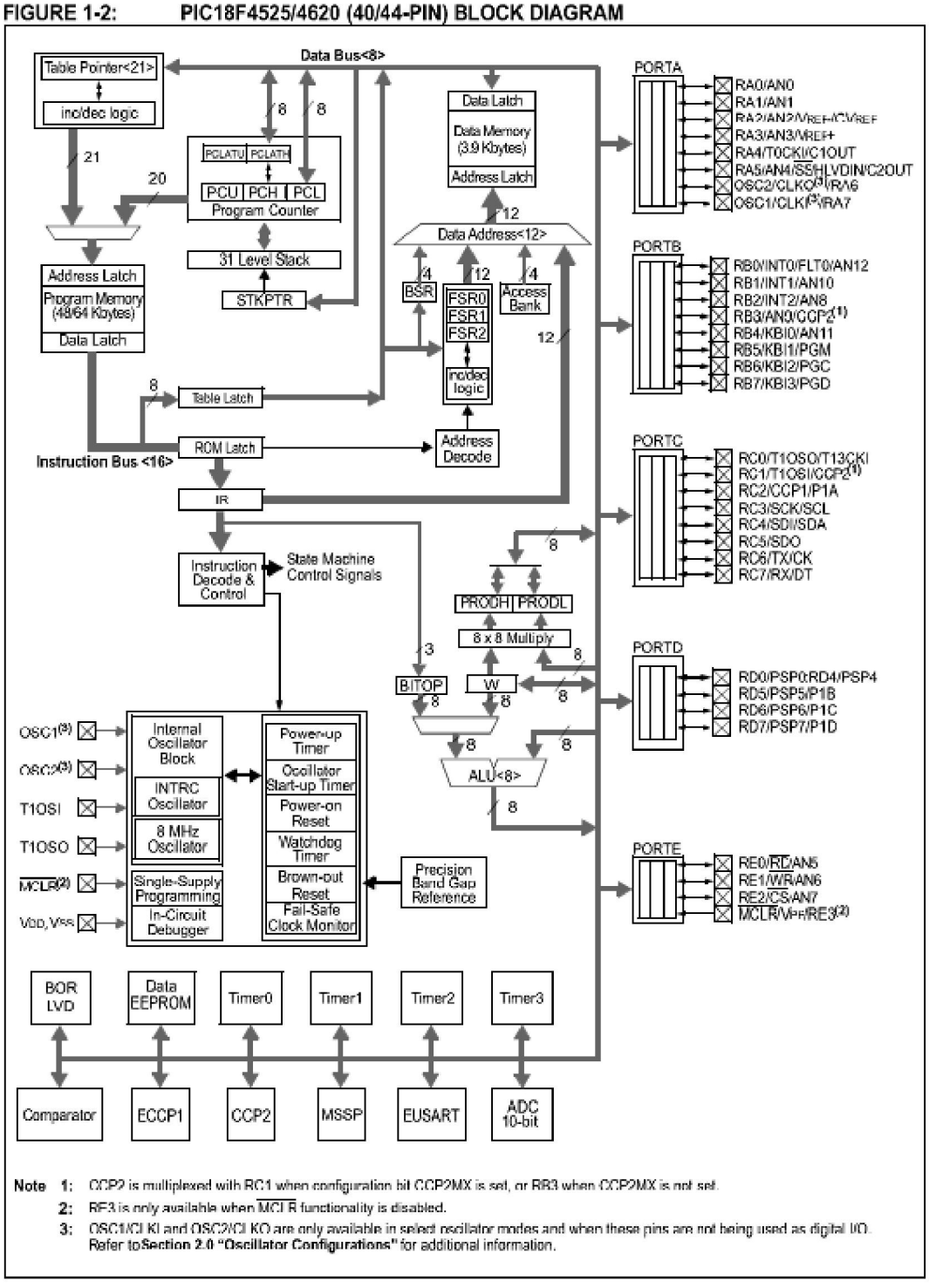
- C compiler optimized architecture:
  - Optional extended instruction set designed to optimize re-entrant code
- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory typical
- Flash/Data EEPROM Retention: 100 years typical
- Self-programmable under software control
- Priority levels for interrupts
- 8 x 8 Single Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
  - Programmable period from 4 ms to 131s
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- Programmable Brown-out Reset (BOR) with software enable option

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-bit A/D (ch)	CCP/ ECCP (PWM)	MSSP		EUSART	Comp.	Timers 8/16-bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)				SPI™	Master I^2C™			
PIC18F2525	48K	24576	3986	1024	25	10	2/0	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2620	64K	32768	3986	1024	25	10	2/0	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4525	48K	24576	3986	1024	36	13	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4620	64K	32768	3986	1024	36	13	1/1	Y	Y	1	2	1/3

TABLE 1-1: DEVICE FEATURES

Features	PIC18F2525	PIC18F2620	PIC18F4525	PIC18F4620
Operating Frequency	DC – 40 MHz	DC – 40 MHz	DC – 40 MHz	DC – 40 MHz
Program Memory (Bytes)	49152	65536	49152	65536
Program Memory (Instructions)	24576	32768	24576	32768
Data Memory (Bytes)	3968	3968	3968	3968
Data EEPROM Memory (Bytes)	1024	1024	1024	1024
Interrupt Sources	19	19	20	20
I/O Ports	Ports A, B, C, (E)	Ports A, B, C, (E)	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C, D, E
Timers	4	4	4	4
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	1	1
Enhanced Capture/Compare/ PWM Modules	0	0	1	1
Serial Communications	MSSP, Enhanced USART	MSSP, Enhanced USART	MSSP, Enhanced USART	MSSP, Enhanced USART
Parallel Communications (PSP)	No	No	Yes	Yes
10-bit Analog-to-Digital Module	10 Input Channels	10 Input Channels	13 Input Channels	13 Input Channels
Resets (and Delays)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), $\overline{MCLR}$ (optional), WDT	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), $\overline{MCLR}$ (optional), WDT	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), $\overline{MCLR}$ (optional), WDT	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), $\overline{MCLR}$ (optional), WDT
Programmable Low-Voltage Detect	Yes	Yes	Yes	Yes
Programmable Brown-out Reset	Yes	Yes	Yes	Yes
Instruction Set	75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled	75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled	75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled	75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled
Packages	28-pin SPDIP 28-pin SOIC	28-pin SPDIP 28-pin SOIC	40-pin PDIP 44-pin QFN 44-pin TQFP	40-pin PDIP 44-pin QFN 44-pin TQFP

FIGURE 1-2: PIC18F4525/4620 (40/44-PIN) BLOCK DIAGRAM

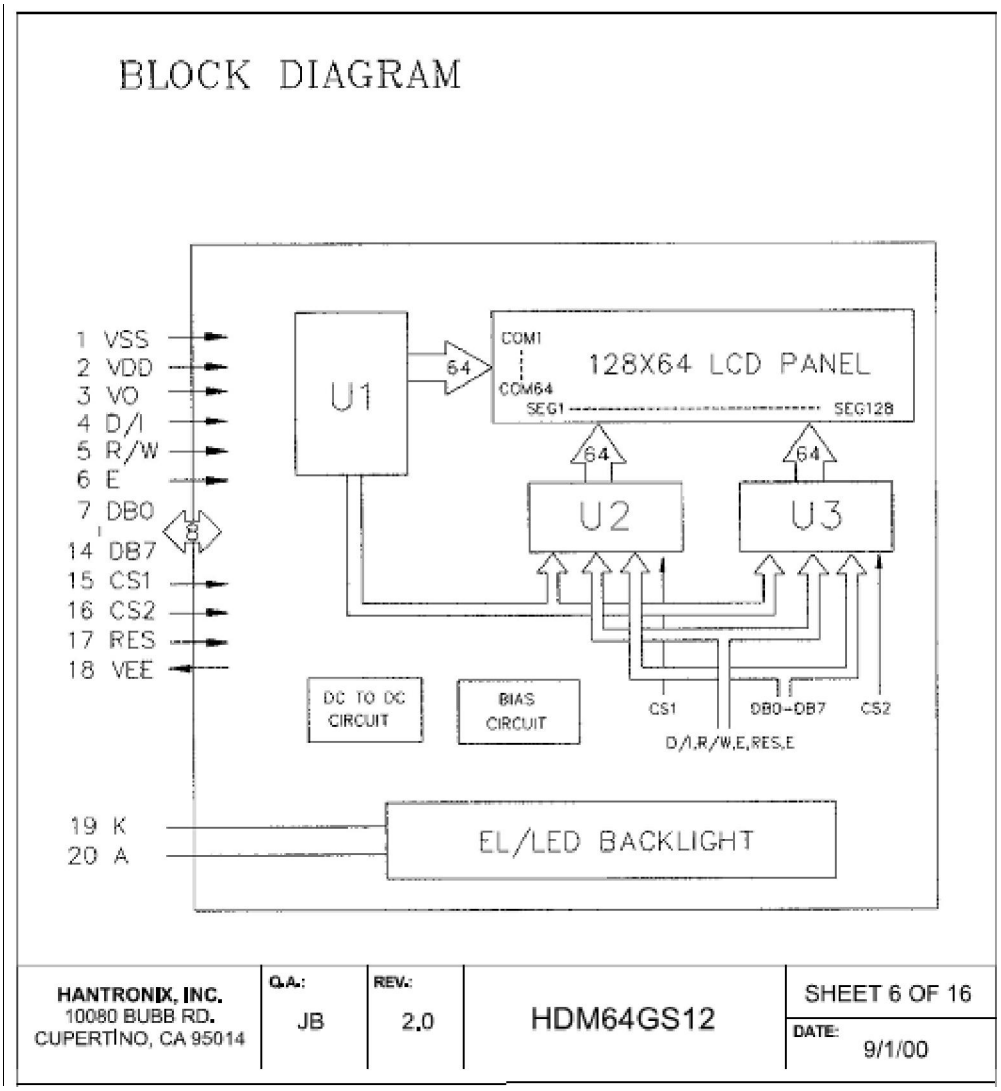


Note 1: CCP2 is multiplexed with RC1 when configuration bit CCP2MX is set, or RB3 when CCP2MX is not set.

2: RE3 is only available when MCLR functionality is disabled.

3: OSC1/CLKI and OSC2/CLKO are only available in select oscillator modes and when these pins are not being used as digital I/O. Refer to **Section 2.0 "Oscillator Configurations"** for additional information.

Ek C :

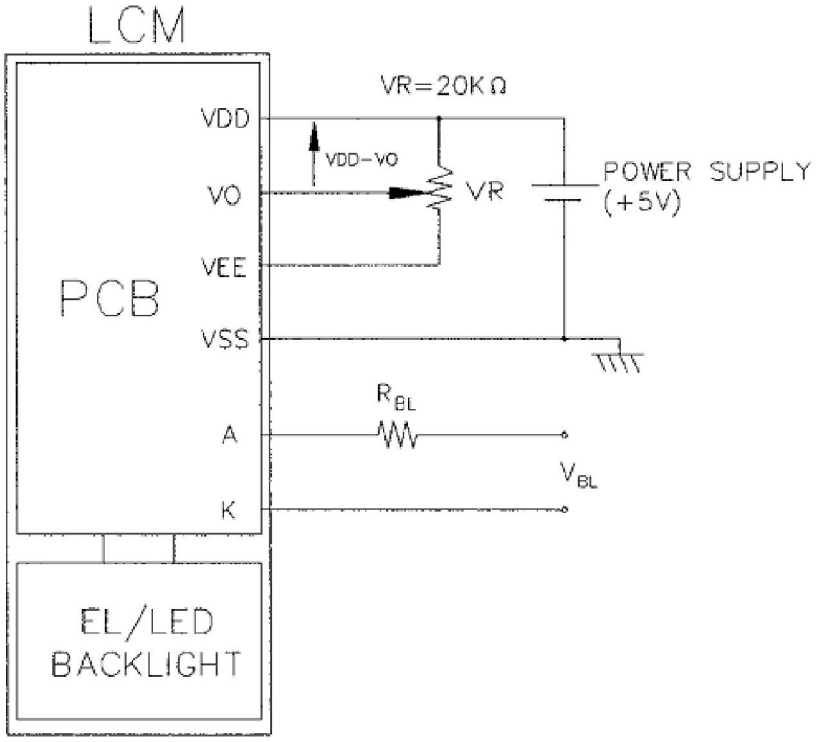

BLOCK DIAGRAM
1 VSS
2 VDD
3 VO
4 D/I
5 R/W
6 E
7 DB0
8
14 DB7
15 CS1
16 CS2
17 RES
18 VEE
U1
64
COM1
COM64
128X64 LCD PANEL
SEG1
SEG128
64
64
U2
U3
DC TO DC CIRCUIT
BIAS CIRCUIT
CS1
DB0-DB7
CS2
D/I,R/W,E,RES,E
19 K
20 A
EL/LED BACKLIGHT
HANTRONIX, INC.
10080 BUBB RD.
CUPERTINO, CA 95014
Q.A.:
JB
REV.:
2.0
HDM64GS12
SHEET 6 OF 16
DATE:
9/1/00

INTERNAL PIN CONNECTION

Pin No.	Symbol	Level	Function	
1	V_{SS}	—	0V	Power Supply
2	V_{DD}	—	+5V	
3	V_O	—	OPERATING VOLTAGE FOR LCD DRIVING	
4	D/I	H/L	H: DATA INPUT L: INSTRUCTION CODE INPUT	
5	R/W	H/L	H: DATA READ (LCM TO MPU) L: DATA WRITE (MPU TO LCM)	
6	E	H,H→L	ENABLE SIGNAL	
7	DB0	H/L	DATA BUS LINE	
8	DB1	H/L		
9	DB2	H/L		
10	DB3	H/L		
11	DB4	H/L		
12	DB5	H/L		
13	DB6	H/L		
14	DB7	H/L		
15	CS1	H	CHIP SELECT FOR IC1	
16	CS2	H	CHIP SELECT FOR IC2	
17	RES	L	RESET ACTIVE "L"	
18	VEE	—	NEGATIVE VOLTAGE OUTPUT	
19	K	—	CATHODE FOR EL/LED BACKLIGHT	
20	A	—	ANODE FOR EL/LED BACKLIGHT	

HANTRONIX, INC. 10080 BUBB RD. CUPERTINO, CA 95014	Q.A.: JB	REV.: 2.0	HDM64GS12	SHEET 7 OF 16 DATE: 9/1/00

POWER SUPPLY



Recommended Value for R_{BL} and V_{BL}

ITEM / Back Light / Interface	R_{BL}			V_{BL}		
	EL	LED		EL	LED	
19,20 PIN	0Ω	5Ω	10Ω	110 VAC 400Hz	5VDC	10VDC

HANTRONIX, INC. 10080 BUBB RD. CUPERTINO, CA 95014	**Q.A.:** JB	**REV.:** 2.0	HDM64GS12	SHEET 8 OF 16 **DATE:** 9/1/00

Ek D :

National Semiconductor

August 2004

LM2576/LM2576HV Series
SIMPLE SWITCHER® 3A Step-Down Voltage Regulator

General Description

The LM2576 series of regulators are monolithic integrated circuits that provide all the active functions for a step-down (buck) switching regulator, capable of driving 3A load with excellent line and load regulation. These devices are available in fixed output voltages of 3.3V, 5V, 12V, 15V, and an adjustable output version.

Requiring a minimum number of external components, these regulators are simple to use and include internal frequency compensation and a fixed-frequency oscillator.

The LM2576 series offers a high-efficiency replacement for popular three-terminal linear regulators. It substantially reduces the size of the heat sink, and in some cases no heat sink is required.

A standard series of inductors optimized for use with the LM2576 are available from several different manufacturers. This feature greatly simplifies the design of switch-mode power supplies.

Other features include a guaranteed ±4% tolerance on output voltage within specified input voltages and output load conditions, and ±10% on the oscillator frequency. External shutdown is included, featuring 50 µA (typical) standby current. The output switch includes cycle-by-cycle current limiting, as well as thermal shutdown for full protection under fault conditions.

Features

- 3.3V, 5V, 12V, 15V, and adjustable output versions
- Adjustable version output voltage range, 1.23V to 37V (57V for HV version) ±4% max over line and load conditions
- Guaranteed 3A output current
- Wide input voltage range, 40V up to 60V for HV version
- Requires only 4 external components
- 52 kHz fixed frequency internal oscillator
- TTL shutdown capability, low power standby mode
- High efficiency
- Uses readily available standard inductors
- Thermal shutdown and current limit protection
- P+ Product Enhancement tested

Applications

- Simple high-efficiency step-down (buck) regulator
- Efficient pre-regulator for linear regulators
- On-card switching regulators
- Positive to negative converter (Buck-Boost)

Typical Application (Fixed Output Voltage Versions)

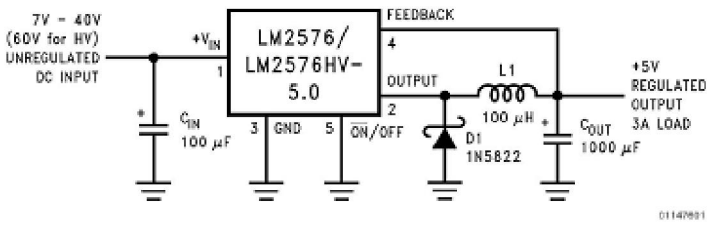
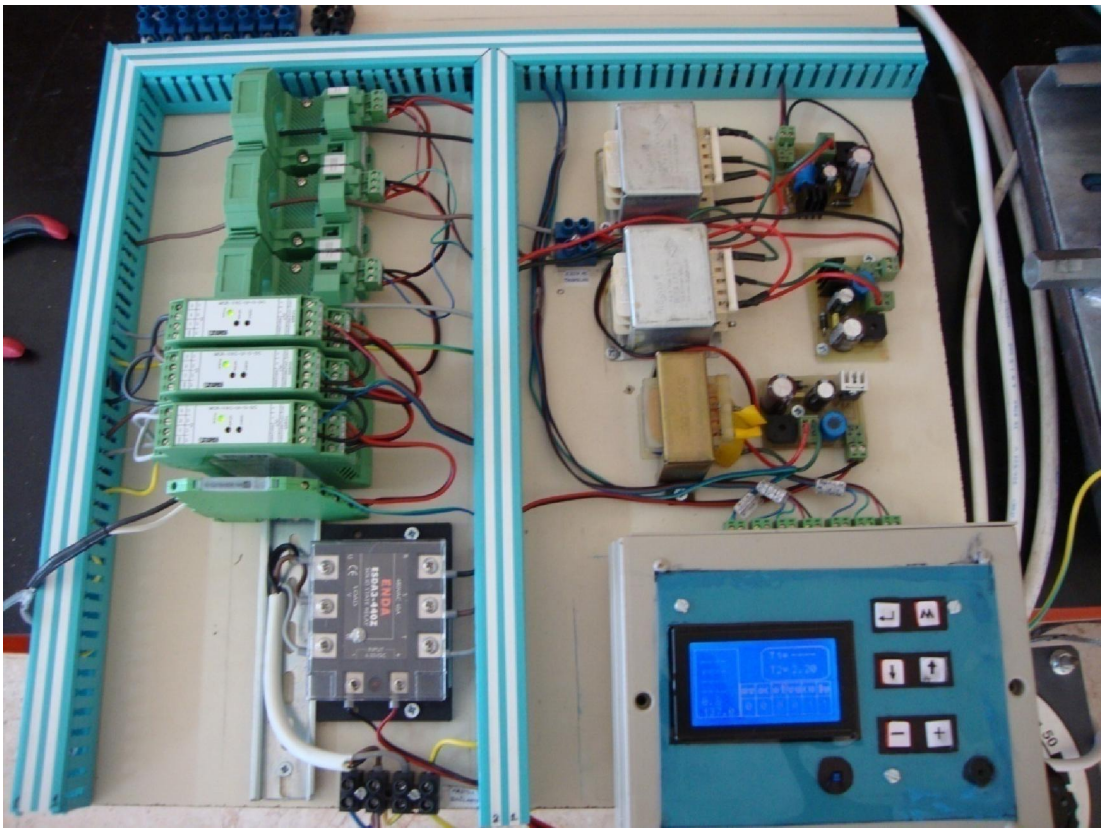


FIGURE 1.

SIMPLE SWITCHER® is a registered trademark of National Semiconductor Corporation.

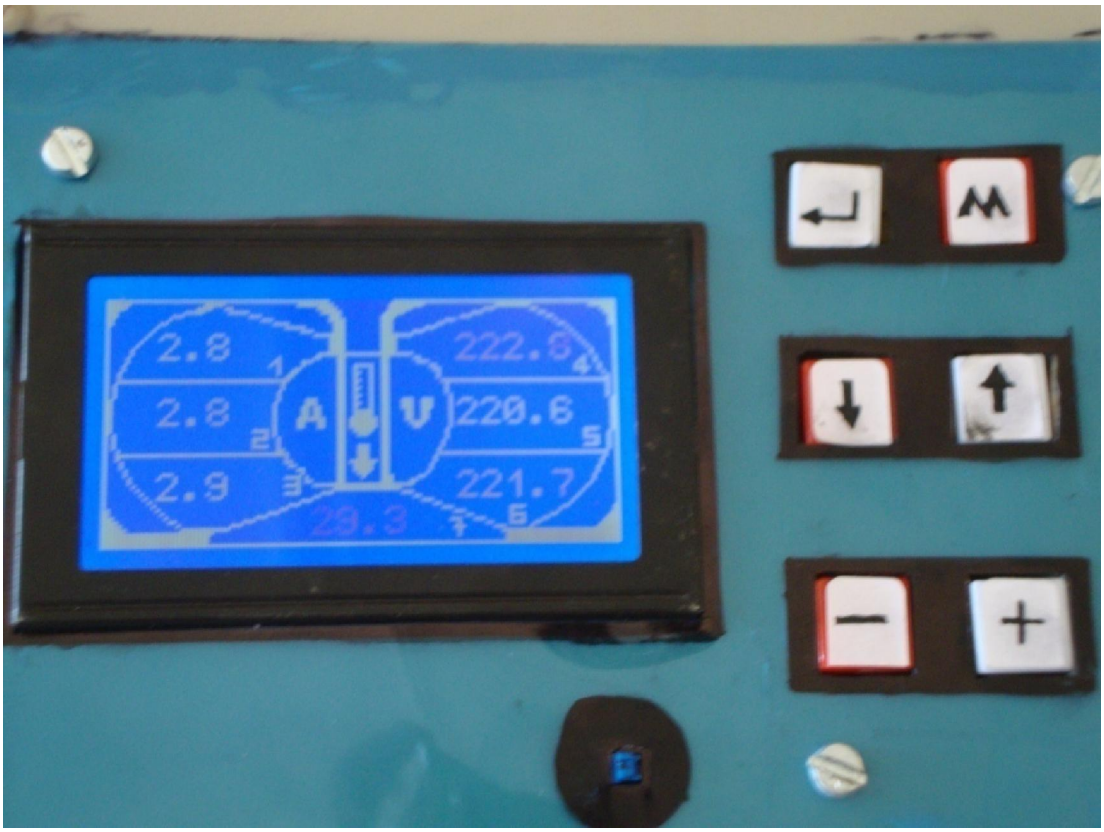
Ek E :

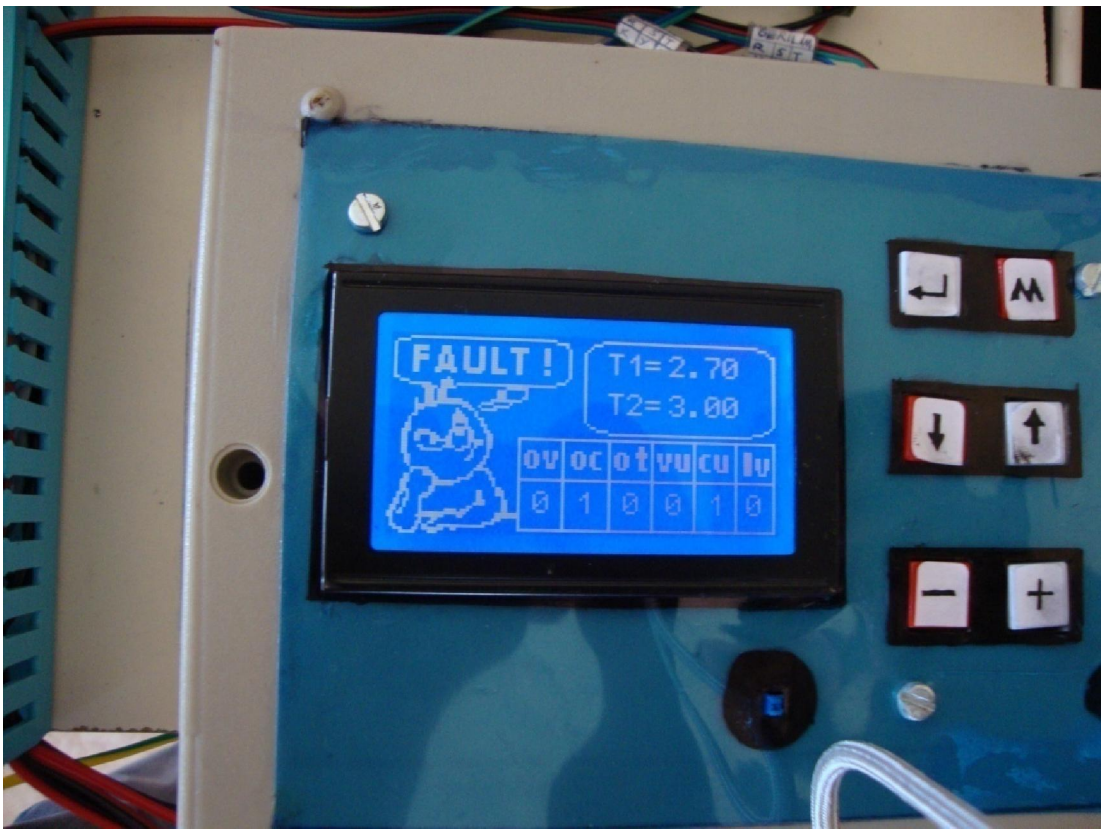


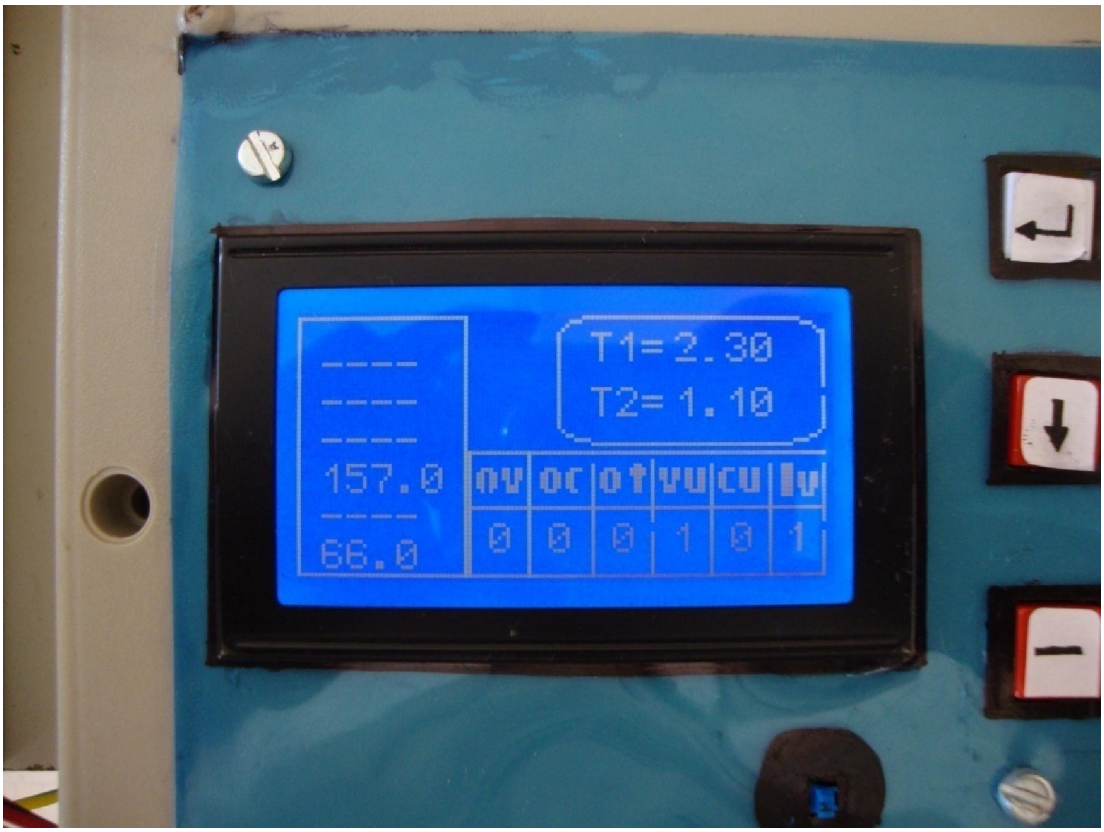


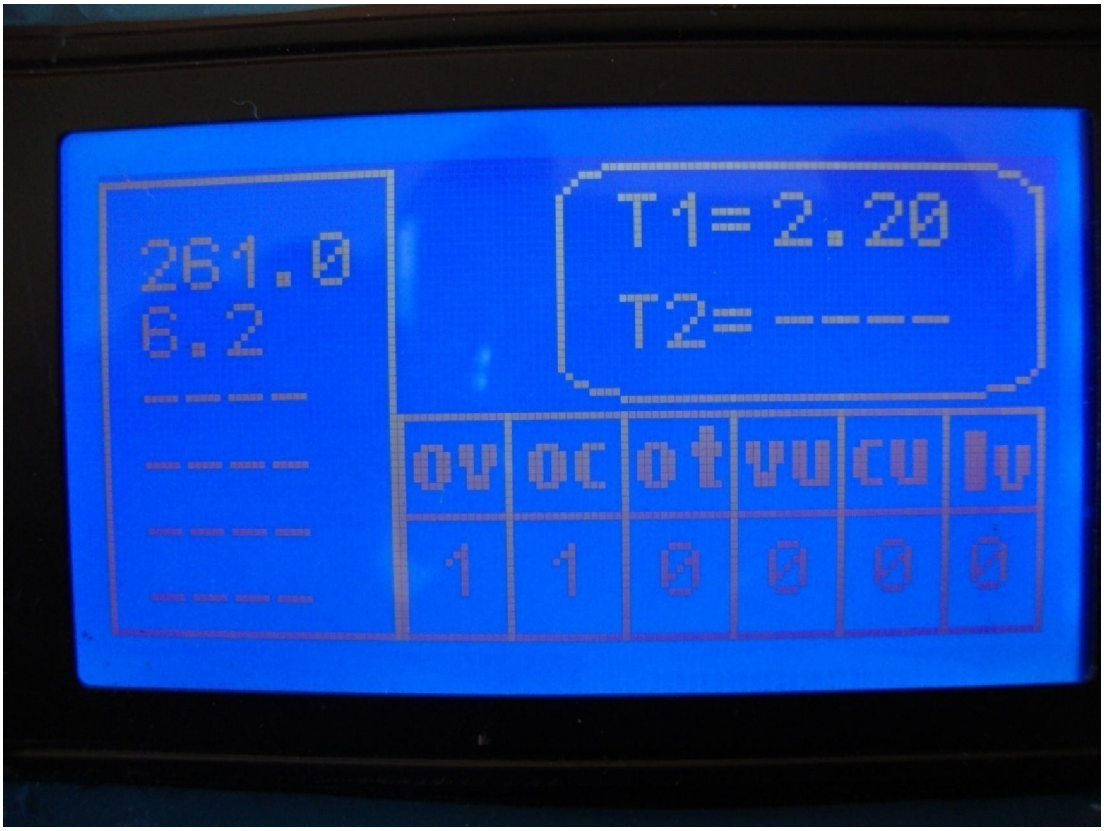


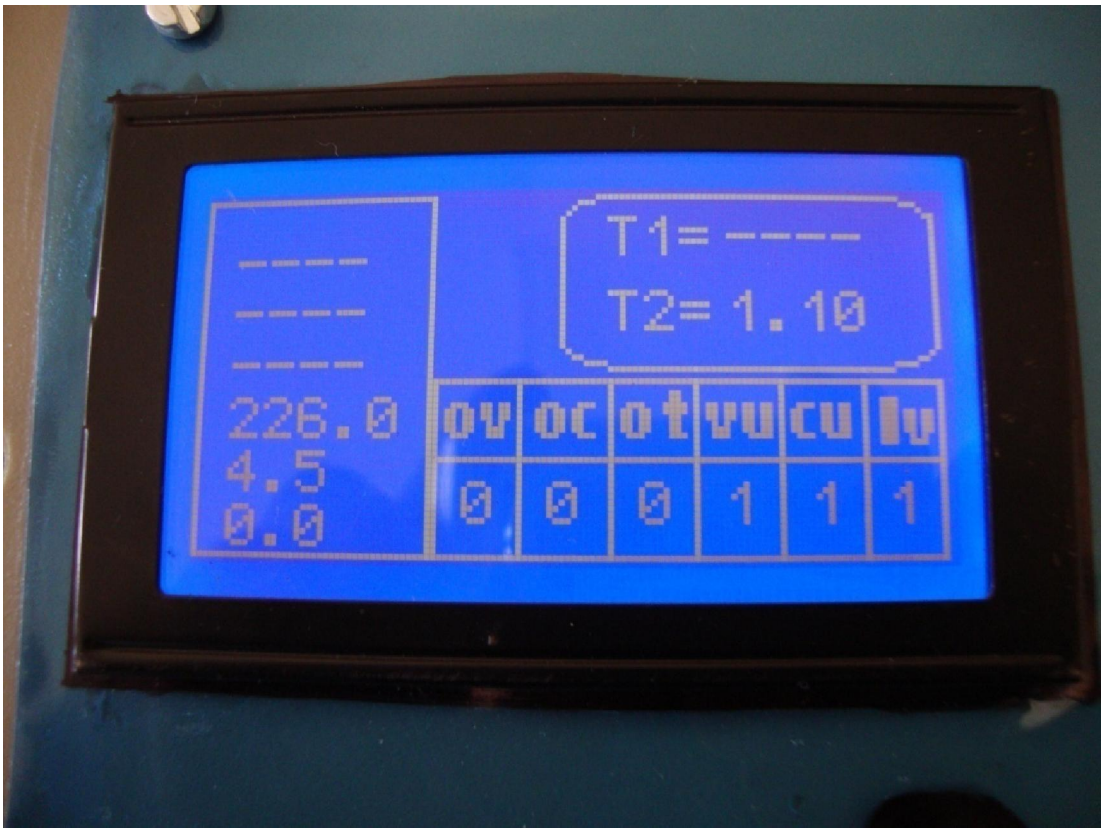


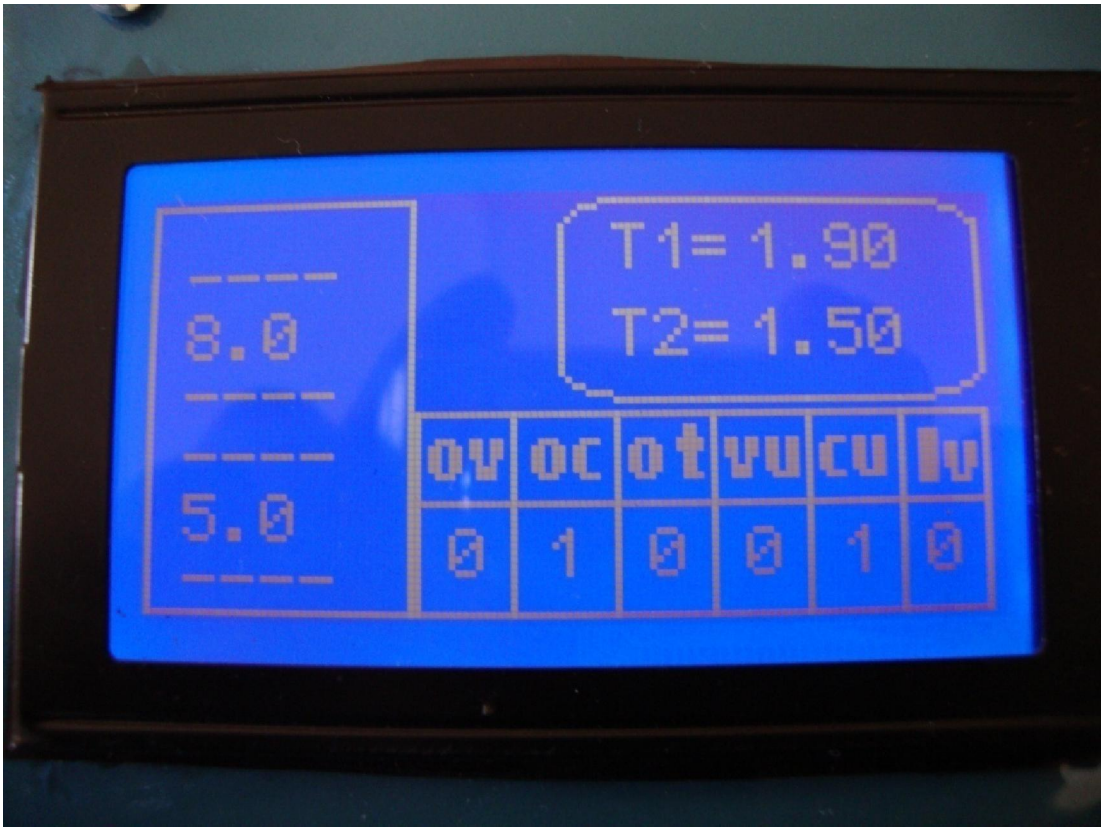

2.8
2.8
2.9
A
V
222.6
220.6
221.7
29.3


FAULT !
T1=2.70
T2=3.00
ov oc ot vu cu lv
0 1 0 0 1 0


T1= 2.30
T2= 1.10
157.0
66.0
ov oc ot vu cu lv
0 0 0 1 0 1


261.0
6.2
T1= 2.20
T2=
ov oc ot vu cu lv
1 1 0 0 0 0


T1= -----
T2= 1.10
226.0
4.5
0.0
ov oc ot vu cu lv
0 0 0 1 1 1


T1= 1.90
T2= 1.50
8.0
5.0
ov oc ot vu cu lv
0 1 0 0 1 0